

## Lista prihvaćenih prijava sa sažecima

**Ninoslav Holjevac, Matija Zidar, Igor Kuzle, Josip Kožar, Katarina Mikulić and Renato Čučić. Tehno-ekonomska analiza i optimizacija spremnika energije u distribucijskoj mreži**

**Abstract:** Operatori distribucijskih sustava moraju pronaći načine prilagodbe novim trendovima u energetici koji podrazumijevaju rastuću integraciju obnovljivih izvora energije u distribucijsku mrežu te udio električnih automobila u transportu, odnosno prelazak iz konvencionalne mreže u naprednu mrežu. Navedeno je ostvarivo uz investiranje u razvoj distribucijske mreže te uz primjenu novih tehnologija i elemenata naprednih mreža. Operatori distribucijskih sustava moraju se pripremiti na takve promjene u budućnosti na pouzdan, prihvatljiv i održiv način uvažavajući specifičnosti određenog područja, a jedan od ključnih elementa je ugradnja spremnika električne energije. Spremnici električne energije mogu poboljšati pouzdanost i sigurnost sustava te vođenje distribucijske mreže i smanjiti troškove kroz lokalnu primjenu spremnika pomicanjem vršnog opterećenja sustava i održavanjem ravnoteže proizvodnje i potrošnje električne energije

Ovaj rad daje tehno-ekonomsku evaluaciju potencijalnih rješenja na primjeru slučaja ostvarivanja n-1 kriterija za pojno područje TS 35/10 kV Čazma. Rješenja uključuju kapitalne investicije u 35 kV mrežu, kapitalne investicije u 10 kV mrežu u vidu pojačanja vodova ili prelaska na 20 kV pogone te investiciju u baterijski spremnik energije pri čemu određuje optimalnu snagu i kapacitet baterijskog spremnika u TS 35/10 kV Čazma uvažavajući dnevne krivulje opterećenja i strujno-naponska ograničenja.

**Viktor Milardić and Anica Šešok. Nesimetrična izolacija na dvosistemskom 110 kV dalekovodu**

**Abstract:** U 110 kV dalekovod može pogoditi munja. Udar munje može biti u vrh stupa ili zaštitni vodič te u nekim slučajevima, obično manjih amplituda struje munje, izravno u fazni vodič.

Udari munje u zaštitno uže ili vrh stupa mogu izazvati povratni preskok na jedan ili više faznih vodiča. Da li će doći do preskoka ovisi o amplitudi i strmini struje munje, otporu rasprostiranja uzemljivača pogođenog stupa ili susjednih stupova (pri udaru munje u zaštitno uže u rasponu) broju zaštitnih užadi, trenutnim faznim naponima u trenutku udara munje, polaritetu munje itd.

Iz navedenog, jasne su zaštitne mjere u cilju smanjenja broja povratnih preskoka:

1. Povećanje broja zaštitnih užeta i uzemljenih vodiča - mjera koju je gotovo nemoguće provesti na izgrađenim dalekovodima;
2. Povećanje izolacije dalekovoda - mjera koja se može provesti ali treba zadovoljiti prostorna ograničenja, sigurnosne visine i udaljenosti itd;
3. Smanjenje otpora rasprostiranja uzemljivača stupova - mjera je opravdana ako se može provesti, što ovisi o lokalnim karakteristikama tla. Npr. ako je neki stup na "živoj" stijeni tada je vrlo teško smanjiti njegov otpor rasprostiranja uzemljivača;
4. Ugradnja odvodnika prenapona na vod (eng. Line Surge Arrester - LSA) - mjera je sve popularnija u svijetu zbog razvoje tehnologije MO odvodnika prenapona s polimernim kućištem, koji ne izazivaju značajnija dodatna mehanička naprezanja konstrukcije dalekovodnih stupova a i cijena im je sve pristupačnija.

Kao što je kazano, kako bi se smanjio broj ispada dalekovoda jedna od mogućih mjera je i povećanje izolacije dalekovoda. Naravno, mora se voditi računa o prostornim ograničenjima i sigurnosnim visinama i udaljenostima.

U radu će biti prikazana simulacija udar munje u dvosistemski 110 kV dalekovod s nesimetričnom izolacijom, kada bi takva mjera bila djelotvorna u smanjenju povratnih preskoka na sustavu s povećanom izolacijom a u kojim slučajevima ta mjera ne bi pomogla.

## Tomislav Tišljar, Miroslav Koletić and Mijo Husnjak. SUSTAV ZA UKLANJANJE GRAFITNE PRAŠINE S UREĐAJA ČETKICA ROTACIJSKIH STROJEVA

**Abstract:** Na generatorima i motorima sa statičkom uzbudom na uređajima četkica, s kliznim kolutima ili kolektorom, u unutrašnjosti kape uzbude, tj. na uređaju četkica i u unutrašnjosti skuplja se grafitna prašina od četkica koje se troše, što često uzrokuje pojavu puzajnih staza na dovodima prema rotoru i prema masi što može prouzrokovati dozemni spoj rotora i dovodi do izbacivanja stroja s mreže. S mehaničke strane prevelika kontaminacija prašinom nepovoljno djeluje na zagrijavanje četkica i kliznih koluta, te njihovo pojačano trošenje. S druge strane unutrašnjost kape je kontaminirana prašinom, koja prijeti da putem ventilacije izađe izvan prostora kape i onečisti okolinu oko stroja. Sama prašina se teško čisti, a posebno ukoliko u okolini ima uljnih para ili povećane vlage. Problem nije samo tehničke, već i ekološke prirode, te sigurnosti za zdravlje posade elektrane ili postrojenja.

Stoga se već duže vrijeme razmišlja na koje načine ublažiti ili spriječiti probleme koji nastaju kontaminacijom grafitne prašine u generatorima i motorima. Zaključak se nameće sam po sebi. Da problem treba suzbiti na izvoru, tj. tamo gdje nastaje prašina a to su upravo četkice.

U članku su prezentirana razna rješenja i smjerovi razvoja sustava za usisavanje ili blokiranje prašine.

Temeljem više godišnjih prikupljanja podataka i iskustava od raznih korisnika, te posjetima raznim elektranama imali smo bolji uvid u stanje problema i kako su se krajnji korisnici snašli. Ovo nam je mnogo pomoglo da sami donesemo neke zaključke i krenemo u razvoj novog sustava. Pošto je ključan dio cijelog sustava uređaj četkica (četkica i držači) koje samo ne proizvodimo, već dobivamo od svjetski renomiranim proizvođača odlučili smo se na zajednički razvoj s našim najznačajnijim dobavljačem, koji je nakon godina negovanja konačno bio spreman s nama krenuti u razvoj nečega novog. Stoga je u članku detaljnije opisan odabrani sistem za odsisavanje grafitne prašine koji je razvijen u suradnji s tvrtkom Schunk GmbH.

Na kraju članka se zaključuje kako se početna skupa investicija u ugradnju kompleksnog sustava za usisavanje grafitne prašine dugoročno isplati jer smanjuje potrebu za učestalim održavanjem uređaja četkica i čišćenjem stroja, te povećava pogonsku sigurnost stroja i pridonosi pouzdanijim radom kliznih koluta i kolektora, te ujedno i smanjuje potrošnju četkica. Da ne spominjemo ekološke benefite i zaštitu ljudi od izlaganja grafitnoj prašini.

## Davorin Burgund, Mario Šargač. UTJECAJ KONTINUIRANOG TIRISTORSKOG MODULA NA POTROŠNJU JALOVE ENERGIJE U ELEKTRIČNOJ MREŽI

**Abstract:** U radu se obrađuje utjecaj kontinuiranih tiristorskih modula na obračun potrošnje jalove električne energije.

Primjena takvih načina procesne regulacije može se naći u preradi plastike, stakla, keramike, prehrambenoj industriji, kotlogradnji, strojogradnji, tehnici grijanja i hlađenja, klimatizaciji itd.

Razmatranje se temelji na ponašanju rada tiristorskih modula kod kontinuiranog upravljanja snagom, strujom ili naponom na otpornim teretima.

Princip regulacije obavlja se preko kuta propaljivanja tiristora koji je upravljačka veličina.

U radu se objašnjava fenomen regulacije otpornog tereta te promjena iznosa jalove snage.

Pošto oblik struje tereta nakon izlaza iz tiristorskog modula više nije sinusnog oblika već je „odrezani“ sinus, postavlja se pitanje faznog pomaka resultantne struje po svim harmonicima te njen utjecaj na gubitke u prijenosnim vodovima i utjecaj na pojavu novog iznosa izmjerene jalove energije.

U radu se prilažu rezultati mjerenja potrošnje jalove energije na tiristorskom modulu sa otpornim teretom. Brojilo na kojem se mjeri je klase 1 za radnu energiju te klase 2 za jalovu energiju .

Razmatra se međudjelovanje tiristorskog kontinuiranog modula sa otpornim teretom te električne mreže sa dominantno kapacitivnom karakteristikom. Dokazuje se smanjenje troškova jalove energije u slučaju korištenja navedenog tiristorskog modula i otpornog tereta.

**Damir Batinić, Zvonimir Šunjić and Igor Nazor. Napredno korištenje 3D snimki EE objekata na informacijskoj platformi HOPS-a**

**Abstract:** U svrhu povezivanja različitih poslovnih i procesnih aplikacija te analize podataka, HOPS-Split koristi centralizirani aplikacijski sustav SGM (eng. Smart Grid Manager). SGM kao informacijska platforma omogućava praćenje velikog broja kompleksnih informacija užim specijalistima zaštite, upravljanja, telekomunikacija, mjerenja, te automatiziranu analitiku i unaprjeđenje funkcionalnosti procesa. Modul za napredno korištenje 3D snimki elektroenergetskih (EE) objekata je razvijen i implementiran kao dio informacijske platforme SGM.

Zadaća novog programskog modula je povećanje kvalitete upravljanja primarnom i sekundarnom opremom korištenjem 3D snimki trafostanica koje daju vjerodostojan prikaz s mogućnošću unosa dodatnih informacija o ugrađenoj opremi. Glavne značajke ovog programskog rješenja su upravljanje prostornim podacima i prikaz polja točaka, koja se koriste za manipulaciju trodimenzionalnim snimkama, s ciljem pružanja naprednih informacija o primarnoj opremi HOPS-a.

Podaci dobiveni 3D laserskim snimanjem se obrađuju tako da se iz njih uklanjaju šumovi i nečistoće. Obradeni podaci se prenose u aplikaciju pomoću datoteke formata las, gdje se pretvaraju u polje točaka. Tako generiranom polju točaka se dodaju različiti metapodatci kao što su: pozicija snimljenog objekta u prostoru (georeferenciranje), navigacijske staze ili panoramske (360°) fotografije objekta. Uređaji, koji su već uneseni u glavni sustav SGM, se prikazuju na svojim stvarnim lokacijama u polju točaka.

Sučelje za prikaz dokumenata koji pripadaju pojedinoj snimljenoj lokaciji sadrže sljedeće attribute: naziv dokumenta, poveznicu prema datoteci dokumenta, vrstu dokumenta, kao i attribute specifične za pojedinu vrstu dokumenta. Korisnik, ovisno o razini ovlasti koje su mu dodijeljene, dokumente može pregledavati, dodavati, brisati ili koristiti napredne funkcionalnosti (npr. generirati polje točaka).

3D prikaze uređaja koji su uklonjeni ili zamijenjeni je moguće arhivirati na način da se u sustavu izdvoji isječak dijela snimljenog prostora i zamijeni novom snimkom. Tako izdvojeni isječak se nalazi u statusu arhivirano, povezan je s karticom pripadajućeg uređaja te ga je moguće prikazati kao zasebni sloj na 3D snimci.

Preglednik 3D skeniranog objekta, zasnovan na generatoru polja točaka otvorenog koda Potree, razvijen na TU Wien, podržava različite prostorne obrade kao što su: mjerenje udaljenosti među točkama u prostoru, prikaz presjeka objekta po proizvoljnoj osi uz mogućnost spremanja presjeka kao Auto Cad crteža, mjerenje udaljenosti među točkama na presjeku,

mjerenje površine i zapremine dijela snimljenog objekta. Kako je korisničko sučelje 3D preglednika prilagođeno različitim veličinama ekrana, mogu mu pristupiti i mobilni uređaji uz zadržavanje gotovo svih naprednih funkcionalnosti.

#### Petar Sarajcev and Tea Matas. Primjena strojnog učenja u analizi indeksa zdravlja transformatora

**Abstract:** Procjena stanja ispravnosti transformatora, iskorištenja njegove životne dobi, kao i sve odluke vezane za njegovo preventivno održavanje, sadrže određenu nesigurnost i rizik povezan s financijskim gubicima koji su posljedica pogrešnih odluka. Zbog svoje kompleksnosti, "zdravstveno" stanje transformatora najčešće se iskazuje pomoću tzv. indeksa zdravlja (engl. health index). Ova veličina, koja može biti realan broj ili češće kategorija, opisuje opće stanje ispravnosti transformatora u određenom trenutku njegova životnog vijeka, agregiranjem niza indikatora koji ukazuju na stanje njegove izolacije (probojni napon ulja, kiselost, količina i sastav disociranih plinova, boja, itd.), namota, povijesti terećenja, i mnogih drugih. Rezultati cijelog niza najrazličitijih testova transformatora kombiniraju se, vrlo često korištenjem privatnih (engl. proprietary) zatvorenih modela, na nepoznate načine, da bi se opisalo zdravstveno stanje transformatora. U ovom radu će se prikazati primjena strojnog učenja u analizi zdravstvenog stanja transformatora, koja ima zadaću pronaći skrivene veze između parametara koji opisuju stanje izolacije transformatora i njegovog indeksa zdravlja. Primijeniti će se, između ostalog, sljedeći algoritmi strojnog učenja: Multiclass logistic regression, Gradient Boosting, Random Forrest i Extra Trees. Modeli će se dalje kombinirati principom glasovanja (engl. voting ensemble). Analiza će se provesti na konkretnim podacima energetskih transformatora.

#### Petar Sarajcev. Bayesova optimizacija Gaussovima procesom sustava gromobranskih hvataljki postrojenja

**Abstract:** Projektiranje sustava zaštite od munje postrojenja (engl. lightning protection system, LPS) predstavlja iterativni proces koji započinje s odabirom incijalnog razmještaja i visine gromobranskih hvataljki, ispitivanjem područja postrojenja koje je pokriveno (zaštićeno) sustavom hvataljki, te promjenu visine (i/ili položaja) pojedinih hvataljki i ponovnog ispitivanja zaštitne zone, sve dok se ne zadovolji određeni uvjet pokrivenosti postrojenja zaštitnom zonom. Može se pritom koristiti više različitih metoda kojima se ispituje područje pokrivenosti postrojenja zaštitnom zonom koju formiraju (isključivo pasivne) gromobranske hvataljke, kao što su npr. metoda zaštitnog kuta ili metoda kotrljajuće kugle. Međutim, optimiranje sustava hvataljki (LPS) je uvijek iterativan proces. U ovom radu će se prikazati metoda optimizacije visine (i razmještaja) gromobranskih hvataljki sustava LPS visokonaponskog postrojenja temeljena na Bayesovoj optimizaciji Gaussovima procesom (engl. Bayesian optimization with Gaussian processes). Ova optimizacijska metoda je posebno atraktivna u slučajevima kada proces koji se optimira nije jednoznačno definiran, kao što je to slučaj sa zaštitnom zonom. Metoda analize pokrivenosti postrojenja zaštitnom zonom temeljena je pritom na statističkom principu i Monte Carlo simulaciji. Primjena metode prikazati će se na konkretnom postrojenju.

#### Mirna Gržanić and Tomislav Capuder. Metode podjele troškova aktivnih potrošača unutar energetske zajednice

**Abstract:** Tranzicijom prema čistoj i zelenoj energiji nastoje se smanjiti emisije štetnih plinova integracijom obnovljivih izvora energije (OIE) te električnih vozila u elektroenergetski sustav. Trend stalnog porasta OIE na distribucijskoj razini potencijalno bi mogao uzrokovati nedopuštena kolebanja napona i frekvencije, reverzne tokove snaga te preopterećenje transformatorske stanice prema prijenosnoj mreži. Kako bi se izbjeglo nepotrebno ulaganje u pojačanje mreže, ulogu pružatelja fleksibilnosti također mogu preuzeti i krajnji potrošači elektroenergetskog sustava. Krajnji potrošači sustava udružuju se u energetske zajednice međusobno izmjenjujući električnu energiju na lokalnoj razini te programima upravljive potrošnje smanjuju račun za električnu energiju reagirajući na cjenovne signale od strane opskrbljivača.

U radu će biti modelirani aktivni potrošači električne energije s vlastitom proizvodnjom koji višak električne energije iz solarnih panela prodaju opskrbljivaču. Fleksibilnost aktivnih potrošača postiže se promijenjivim punjenjem električnih vozila, ugradnjom baterije, fleksibilnom termalnom potrošnjom te upravljivim početkom ciklusa perilica suđa i rublja te sušilica. Krajnji korisnici izloženi su dinamičkim cijenama za kupnju i prodaju električne energije, ali zbog nesigurnosti vlastite potrošnje i proizvodnje penalizirani su od strane opskrbljivača u slučaju odstupanja od planiranog rasporeda.

Pri formiranju energetske zajednice, trošak kupnje električne energije te trošak odstupanja od predviđenog rasporeda snosi upravitelj energetske zajednice koji upravlja svim fleksibilnim uređajima unutar zajednice. Upravitelj zajednice omogućuje niži trošak električne energije svim svojim članovima u usporedbi s individualnim direktnim ugovor s opskrbljivačem. Trošak (profit) potrošača unutar zajednice određuje voditelj u post procesu (dan nakon završetka isporuke električne energije). Rad će usporediti podjelu troškova krajnjim potrošačima na temelju tri metode: podjela računa (eng. Bill Sharing), srednja tržišna cijena (eng. Mid-Market Rate) te omjer proizvodnje i potrošnje (eng. Supply-Demand Ratio). Podjela troškova bazirana je na neto-potrošnji svakog pojedinog člana energetske zajednice. Rezultati pokazuju da svi fleksibilni potrošači unutar energetske zajednice imaju manji trošak električne energije ukoliko je podjela troškova bazirana na metodama srednje tržišne cijene te omjeru proizvodnje i potrošnje.

**Luka Curin, Srecko Aljinovic and Ivan Stojanovic. SAZNANJA VEZANA ZA IZVEDBU SPOJNICE ZA IZJEDNAČAVANJE POTENCIJALA NA 110 kV PODMORSKIM JEDNOŽILNIM KABELIMA ZAJEDNO S KATODNOM ZAŠTITOM**

**Abstract:** Nakon polaganja jednožilnih XLPE kabela utvrđena je pojava induciranih struja u armaturi kabela. Kako bi se smanjile struje kroz armature na pozicijama gdje kabele izlaze iz formacije ravnine i prelaze u formaciju trolista montirani su prstenovi, odnosno spojnice koje imaju ulogu izjednačavanja potencijala armatura jer su međusobno spojene vodičima. Nakon instalacije uočena su oštećenja, tj. formirao se galvanski članak koji je izazvao koroziju armature kabela, a koju je ubrzavala struja armature podmorskog kabela. Sljedeći korak je bila koordinacija s proizvođačem podmorskih kabela da bi se modificirala izvedba spojnica. Na modificiranom rješenju je uočeno smanjeno korozijsko oštećenje armature, ali i dalje nije bio riješen problem. Sljedeće rješenje je bilo razrada i montiranje katodne zaštite na način da se sustav spojnica spoji na žrtvovane anode. Prvi takav sustav spojnica s katodnom zaštitom postavljen je prije nešto više od jedne godine i u referatu su data prva iskustva izvedbe modificiranih spojnica zajedno s katodnom zaštitom.

**Detlef Wald. Thermoplastic Insulation system for power cable insulation**

**Abstract:** In the last ten years the public opinion has changed a lot. More and more people are asking for a more sustainable product.

Therefore cable companies have been looking into different materials than XLPE to be used for power cable insulation.

One of the obvious polymers that has been looked at is polypropylene. There are various products of polypropylene on the market. However there are also other materials that might be suitable for this application that has not been looked at might give me worthwhile to be evaluated for future use. The paper will highlight current developments of polypropylene insulated cables used for medium voltage up to 35 kV.

Several cable companies have developed an insulation system with polypropylene and came up with different solutions. The requirements in different countries like Italy, the Netherlands, Korea and China are slightly different. In the first two countries several thousands of these cables have been installed. In the two latter, test lines have been installed into the grid and are under evaluation.

The paper will further highlight some interesting developments using other polymers for this application.

## **Zdenko Balaž. KOGNITIVNA KIBERNETIKA U ANALIZI ZNAČAJKI ELEKTROENERGETSKIH SUSTAVA**

**Abstract:** Kognitivna kibernetika nalazi svoju primjenu u evoluciji kreiranih računalnih programa koji su razvijeni na temeljima teorijskih podloga kao modeli. Namjena takvih računalnih programa osim za specifične pogonske prilike može biti i za napredne analize koje se provode bazama velikih podataka. Primjer je obrada podataka izvorno razvijenog elektromagnetskog modela za izračun raspodjele struje zemljospoja za primjenu u 3D vizualizaciji pogonskog stanja.

Specifičnost razvijenog elektromagnetskog modela koji predstavlja teorijsko i numeričko unaprjeđenje je u tome što može uzeti u račun cjelovitu elektromagnetsku spregu između svih komponenti koje sudjeluju u raspodjeli. Kada se primjeri izračuna nakon provedene analize vizualiziraju lako se i brzo uočavaju detalji koji su posljedica uključene konduktivne komponente u izračune a koji se numerički baš ne prepoznaju lako.

Također obrađivani elektroenergetski sustav 3D vizualizacijom, budući je u realnom topološkom okruženju može se povezivati s bilo kojim podsustavom u cilju obrade alatima i tehnikama za neke druge konkretne pogonske uvjete ili ekstremne poremećaje. Ako se podloga elektromagnetskog modela nekog elektroenergetskog sustava koristi na primjer za alate pronalaska mjesta kvara rješavanje problema se temelji na heurističkim pravilima dobivenim iz prethodnog iskustva dispečera koja se povezuju s bazama podataka. Arhiva informacija iz opreme sklopnih postrojenja, (osigurači, prekidači, releji, terminalna oprema i sl.) katkad je prikladna za procjenu i sekcioniranje kvara na sustavu, ali za kvarove koji za posljedicu imaju pregaranje osigurača između primarnih grana i potrošača neće biti moguće dobiti informaciju s prekidača koji nije isklopio. Prekidač strujnog kruga na nekom glavnom čvoru primarnog voda neće funkcionirati za kvarove koji se događaju na bočnim granama, distribucijskih transformatora i pridruženih uređaja a poznato je da su to kvarovi koji se događaju češće od onih na primarnom vodu. Iz takvih baza podataka kognitivnom se kibernetikom takva pogonska iskustva koriste za kreiranje algoritama prosudbe koji su naučeni iz baza znanja profesionalnih postupanja.

Svrhu promišljanja a samim tim i inženjersko znanje s obzirom na mogućnosti i raspoloživosti interaktivnih inteligentnih tehnologija potrebno je prilagođavati novim činjenicama sadržanim u bazama velikih podataka, (kako kazuje Lyotard), da se brže dostigne konačna podudarnost znanja.

## **Edy Baborsky and Žarko Janić. Prednosti automatizacije 3D modela unutar sustava za upravljanje životnim ciklusom proizvoda**

**Abstract:** Zbog sve većih zahtjeva kupaca, te kraćih rokova isporuke, potrebno je unaprijediti sustav isporuke dokumentacije. Moderni sustavi za upravljanje životnim ciklusom proizvoda (PLM - Product Lifecycle Management) nude niz mogućnosti za podizanje kvalitete i smanjenje potrebnog vremena pri razradi konstrukcije i izradi dokumentacije. U ovom radu je opisano kako skratiti izrađivanje dokumentacije korištenjem predložaka 3D modela upravljanih vanjskom aplikacijom u jednom od sustava za upravljanje životnim ciklusom - Windchill. Winchill sustav služi za razmjenu dokumentacije te praćenje promjena na istoj u stvarnom vremenu. Svi podaci spremaju se na server i dostupni su na mreži. Skraćenje vremena potrebnog za izradu dokumentacije postiže se korištenjem što većeg broj standardnih dijelova i standardnih oblika. Standardni dijelovi su 3D modeli kataloških dijelova dobiveni od dobavljača ili dijelovi koji se često ponavljaju. Ubacuju se u sklop bez da se ponovo crtaju ili mijenjaju.

Pri izradi nove dokumentacije kopira se postojeći predložak. Na taj način štedi se na vremenu izrade dijelova i crteža, te smanjuje mogućnost grešaka u dokumentaciji. Korištenjem Windchill sustava omogućena je paralelna izrada više sklopova istovremeno. Značajka paralelnog rada omogućuje da svi korisnici vide u realnom vremenu trenutno aktualno stanje sklopa,

uključujući sve promjene koje su rađene na danom sklopu. Promjene su vidljive svim korisnicima koji dani sklop koriste. Sustav ima mogućnost slanja obavijesti za pregled i odobravanje dokumentacije. Nakon što je odobrena, dokumentacija se šalje u drugi sustav na korištenje drugim odjelima.

Korištenjem vanjskih aplikacija, izrađenih primjerice pomoću Jave, moguće je dodatno ubrzati izradu 3D modela. Ulazni podaci dobiveni iz drugih odjela ili programskih paketa se učitavaju u aplikaciju preko datoteke za razmjenjivanje podataka (primjerice XML). Unutar aplikacije se izračunaju vrijednosti, i aplikacija ažurira model sa novim vrijednostima. Propagiranje parametara se koristi za prijenos podataka između raznih odjela. Parametri koji se prenose mogu biti vrijednosti neke duljine, broj komada ili napomena koju treba staviti na crtež. Time se smanjuje mogućnost greške prilikom prepisivanja navedenih parametara, te ujedno skraćuje vrijeme izrade dokumentacije.

Korištenjem PLM-a za razmjenu modela prilikom izrade dokumentacije vrijeme izrade dokumentacije se u prosjeku smanjuje za 15 posto, dok upotrebom aplikacija koje upravljaju 3D modelima unutar PLM sustava, to vrijeme je moguće skratiti i do 40 posto. Time se ubrzava vrijeme isporuke dokumentacije za kupce i smanjuju greške u dokumentaciji, što pozitivno utječe na kvalitetu proizvoda.

**Srećko Aljinović, Toni Dropulic and Leo Štrbac. Zamjena 110 kV podmorskih uljnih kabela s trožilnim XLPE kabelima na Jadranu**

**Abstract:** Projekt zamjene podmorskih 110 kV kabela predstavlja jedan od strateških investicijskih projekata HOPS-a u narednom trogodišnjem razdoblju.

Značaj projekta je prije svega zadržavanje sigurnosti opskrbe kupaca na jadranskim otocima, omogućavanje izuzetno značajne turističke djelatnosti, daljnja izgradnja turističkih i industrijskih kapaciteta, zadržavanje ljudi na otocima i značajan ekološki doprinos u očuvanju čistoće Jadranskog mora. Republika Hrvatska je potpisala i Inicijativu Europske Unije pod nazivom "Čista energija za EU otoke" koja sadrži dugoročni okvir koji će pomoći otočanima da proizvode vlastitu održivu, jeftinu energiju. Bez kvalitetne povezanosti tih novih izvora na ostatak elektroenergetskog sustava (EES-a) razmjena te energije neće biti moguća.

Podmorski 110 kV kabele u mreži HOPS-a koriste se za napajanje jadranskih otoka, a ovdje predviđeni za zamjenu su stari između 32 i 50 godina. Vijek trajanja podmorskih 110 kV kabela je približno 35 godina, ovisan je o opterećenju u pogonu samih kabela.

Svim ovim kabelima je istekao ili je pred istekom predviđeni vijek trajanja. Kabelske veze 110 kV Dugi rat - Pastira (o. Brač) i Crikvenica - Krk su van pogona zbog nepopravljivih kvarova, što elektroenergetsku mrežu u njihovom okruženju čini još nesigurnijom.

Sigurnost opskrbe električnom energijom jadranskih otoka je prioritet. Okosnicu ovog napajanja, naročito velikih otoka, čine 110 kV kabele. Ovo je posebno izraženo u ljetnim mjesecima kada su najveća opterećenja. U slučaju kvara na nekoj od ovih kabelskih veza ugrožena je sigurnost napajanja otoka električnom energijom, jer se na nižim naponskim razinama ne može isporučiti dostatna snaga, što bi moglo rezultirati potencijalnim redukcijama električne energije na nekim otocima.

Uz navedeno bitno je naglasiti da su postojeći kabele napravljeni sa izolacijom papir-ulje pod tlakom koja se koristila u vrijeme njihove ugradnje (osim na kabelskoj vezi Cres (Osor 1) - Lošinj

(Osor 2) gdje su ugrađeni kabele s plastičnom XLPE izolacijom. Havarija na postojećim kabelima, pored ugrožavanja sigurnosti napajanja otoka električnom energijom, može dovesti i do ekološkog incidenta te ugrožavanja turizma i ribarstva izuzetno važnih gospodarskih grana za ljude koji žive na otocima.

Podmorske 110 kV kabelske veze koje je potrebno prioritarno zamijeniti su:

1.KB 110 kV DUGI RAT- BRAČ (Pastira) /8.000 m/  
2.KB 11 O kV BRAC (Slatina)- HVAR (Travna) /4.800 m/  
3.KB 110 kV HVAR (Medvidbad)- KORCULA (Prapratna) /17.000 m/  
4.KB 11 O kV CRIKVENICA- KRK (Konjin) /4.600 m/  
5.KB 11 O kV KRK (Mali Bok)- CRES (Merag) /7.600 m/  
6.KB 11 O kV CRES (Osor 1)- LOSINJ (Osor2) /1.000 m/  
UKUPNO: 43.000

**Damir Jakus, Josip Vasilj and Petar Sarajčev. TSO – DSO - koordinirana razmjena jalove snage u svrhu regulacije napona u prijenosnoj mreži**

**Abstract:** Postojeći trendovi u elektroenergetskim sustavima, koji između ostalog uključuju snažan razvoj sektora obnovljivih izvora energije i sektora elektromobilnosti s velikim brojem korisnika priključenih na distribucijsku mrežu, zahtijevaju koordinaciju između OPS-a i ODS-a u mjeri znatno većoj od sadašnje. U srcu ovih promjena nalaze se potrošači koji započinju preuzimati aktivnu ulogu u načinu na koji međudjeluju sa sustavom pri čemu isti postoji aktivni potrošači ili uvođenjem dvosmjernih komunikacijskih kanala ispunjavaju uvjete za sudjelovanje u uslugama upravljanja potrošnje. S druge strane, integracija navedenih subjekata istiskuje djelom konvencionalne jedinice van pogona što bitno utječe na način vođenja i upravljanja sustavom i zahtjeva značajan odmak od postojećih mjera regulacije. Kako bi se nastavila transformacija elektroenergetskih sustava u istom smjeru nužna je revizija načina upravljanja i vođenja sustavom te revizija pravila interakcije između OPS i ODS kako bi se otključao regulacijski potencijal u spomenutim segmentima.

Značajnijom integracijom OIE u EES dolazi do smanjenja regulacijskih sposobnosti u dijelu regulacije napona i frekvencije budući da klasične elektrane koje su se tradicionalne koristile u te svrhe izlaze van pogona. S obzirom na to nužno je uključiti distribuirane izvore u sustav pružanja pomoćnih usluga te definirati njihov način korištenja kroz interakciju između OPS i ODS. Dosada se regulacija napona i jalove snage u prijenosnoj i distribucijskoj mreži odvijala u većoj mjeri nekoordinirano s obzirom na ograničene upravljačke mogućnosti na razini distribucijske mreže. Distribucijske mreže uglavnom su bile pasivne s mjerama kontrole napona koje su se uglavnom svodile na automatsko i ručno upravljanje radom regulacijskih transformatora te korekciju faktora snage kroz ugradnju uređaja za kompenzaciju. S povećanjem integracije OIE na razini distribucijskih mreža povećavaju se regulacijski rasponi na razini distribucijskih mreža pri čemu je nužno koordinirati rad proizvodnih jedinica sa klasičnim mehanizmima upravljanja na razini distribucijske mreže u svrhu optimalnog pogona distribucijske mreže te pružanju potpore prijenosnoj mreži.

U ovom radu dati će se prikaz praktične metode koordinacije napona između OPS i ODS bazirane na sekvencijalnoj optimizaciji temeljene na procjeni raspona regulacije jalove snage na razini pojedinačnog sučelja između prijenosne i distribucijske mreže. Temeljem procijenjenog regulacijskog raspona na razini pojedinačnih sučelja te raspoloživih regulacijskih resursa na razini prijenosne mreže odrediti će se optimalne postavke rada na razini obiju mreža.

**Damir Jakus, Rade Čađenović, Josip Vasilj and Petar Sarajčev. MAKSIMIZACIJA PRIHVATA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKE MREŽE**

**Abstract:** Veliki broj potencijalnih elektrana planiranih za priključak na distribucijsku mrežu zahtjeva značajna pojačanja i nadogradnju distribucijske mreže u svrhu povećanja prihvatne sposobnosti mreže (eng. network hosting capacity). U situacijama kada investicije u razvoj distribucijske mreže ne prate trendove integracije distribuiranih izvora energije, dolazi do stagnacije razvoja sektora OIE te svaki daljnji priključak u pravilu zahtjeva značajne zahvate u mreži koji ponekad mogu predstavljati značajno financijsko opterećenje za investitore. Takve okolnosti trenutno su prisutne na razini prijenosne mreže HOPS-a gdje između ostalog postoje ograničenja vezana uz mogućnost priključka OIE (prvenstveno VE) zbog zagušenja u prijenosnoj mreži u određenim specifičnim pogonskim stanjima te izvanrednim pogonskim

stanjima koja podrazumijevaju neraspoloživost određenih elemenata mreže. Eksplicitno zadovoljenje N-1 kriterija kao uvjeta priključka na mrežu tada dovodi do okolnosti i skupih rješenja koja zahtijevaju evakuaciju energije u mreže 220 i 400 kV čak i za manje nazivne snage elektrana.

Slični trendovi u srednjoročnom razdoblju mogu se očekivati i na razini distribucijskih mreža gdje se očekuje značajnija integracija FNE (na razini mreža SN i NN) i manjih VE, a u nešto daljem periodu i električnih vozila. Analize priključka na mrežu uobičajeno ne uvažavaju fleksibilnost distribucijske mreže koja se očituje kroz topološku fleksibilnost mreže, mogućnost kontrole napona na razini pojne trafostanice, regulaciju jalove snage pomoću KB ili drugih uređaja za regulaciju jalove snage, upravljanje potrošnjom i pohranom električne energije,.... Također u takvim analizama ne razmatra se ni mogućnost ograničenja plasmata radne energije iz proizvodnih jedinica koje se priključuju na mrežu u kritičnim pogonskim stanjima. Implementacija i aktivno korištenje svih navedenih faktora nužna je za brzu i efikasnu tranziciju distribucijskih mreža prema konceptu pametnih mreža. Uvažavanjem svih spomenutih faktora koji se u na raspolaganju ODS-u bitno se povećavaju prihvatne sposobnosti mreže te ubrzava dinamika izgradnje i priključenja elektrana. U ovom radu dati će matematički model za maksimizaciju priključnih sposobnosti mreže te utvrđivanja optimalnog rješenja priključka na mrežu uvažavanjem prethodno navedenih faktora koji definiraju fleksibilnost pogona distribucijske mreže. U tu svrhu predstaviti će se model baziran na cjelobrojnom matematičkom programiranju uz aproksimaciju stošcem drugog reda. Na konkretnom primjeru mreže ispitati će se granične mogućnosti prihvata OIE u postojeću distribucijsku mrežu razmatrajući pri tom implementaciju različitih izvora fleksibilnog upravljanja distribucijskom mrežom kao i različite varijante priključka na mrežu.

**Mario Gotovac, Branko Šumberac and Josip Kršulja. Dijagnostika stanja izolacije namota statora tijekom pogona generatora**

**Abstract:** Klasična ispitivanja generatora, koja se provode tijekom punog ili djelomičnog remonta, koriste se dugi niz godina kao pouzdan pokazatelj stanja vitalnih dijelova generatora. Poznata je činjenica da stanje generatora u mirovanju i vrtnji nije isto pa se u tom smislu i rezultati pojedinih ispitivanja trebaju tumačiti i primjenjivati.

Parcijalna izbijanja se koriste već dugi niz godina u dijagnostici stanja izolacije statora namota i to prvenstveno mjerenjima tijekom zastoja generatora (off-line mjerenja), a u posljednje vrijeme mjerenjima tijekom pogona generatora tj. tzv. on-line načinu mjerenja. Ovaj način mjerenja parcijalnih izbijanja daje mogućnost praćenja stanja izolacije statorskog namota pri realnom stanju generatora, kada se na namot primjenjuju stvarni električki, mehanički i termički utjecaji ovisno o stanju generatora i trenutnim pogonskim parametrima (struja, napon).

Šira primjena sustava za mjerenja parcijalnih izbijanja u pogonu je započela nakon ozbiljnijeg sazrijevanja same tehnologije mjerenja. Ona se očituje ponajprije kroz efikasno razlikovanje signala parcijalnih izbijanja od smetnji iz ostatka postrojenja, kao i u primjeni vjerodostojnih kriterija koji su dobiveni temeljem statističke obrade rezultata velikog broja mjerenja na različitim tipovima generatora. Potvrda je dana i od Međunarodnog elektrotehničkog povjerenstva (IEC) kroz izdavanje tehničke specifikacije IEC TS 60034-27-2:2012 Rotating electrical machines - Part 27-2: On-line partial discharge measurements on the stator winding insulation of rotating electrical machines.

U radu će se na konkretnom primjeru jednog turbogeneratora prikazati utjecaj radnog stanja generatora na razinu parcijalnih izbijanja. Pri tome će se koristiti rezultati kontinuiranog mjerenja parcijalnih izbijanja u raznim režimima rada generatora. Analizi će se pridodati i prijašnji rezultati mjerenja parcijalnih izbijanja tijekom remonta generatora.

Analizom rezultata će se pokazati da određeni režimi rada generatora bitno mijenjaju razine parcijalnih izbijanja i povoljno utječu na brzinu degradacije izolacijskog sustava statorskog

namota generatora. Primjenom ovih radnih režima se postiže produljeno vrijeme eksploatacije agregata uz kontinuirano nadziranje stanja izolacijskog sustava namota statora.

Pokazat će se na konkretnom primjeru turbogeneratora da je praćenjem stanja parcijalnih izbijanja (tj. stanja izolacije statorskog namota) i primjenom preporučenih radnih režima generatora dostignut planirani termin zamjene namota statora, s mogućnošću da se zamjena provede i ranije ako bi se uočio nestabilan i nepovoljan trend rezultata mjerenja.

#### **Mate Dabro and Ivica Jurić-Grgić. REVERZIBILNA HIDROELEKTRANA BLACA U SLIVU RIJEKE CETINE**

**Abstract:** Reverzibilna hidroelektrana (RHE) Blaca ima za cilj povećati iskoristivost raspoloživog hidroenergetskog potencijala rijeke Cetine i stvoriti uvjete za sigurniju zaštitu od poplava i bolje funkcioniranje budućeg sustava odvodnje i navodnjavanja u Sinjskom polju. Energetski doprinos RHE Blaca je u povećanju proizvodnje vršne i regulacijske energije te optimizaciji rada postojećih hidroelektrana na slivu, kao i regulaciji vodnog vala što osigurava uvjete za rad HE Orlovac maksimalnom snagom tijekom velikih voda.

Koncepcija projektnog rješenja se zasniva na izgradnji: donjeg bazena u lijevom zaobalju Sinjskog polja kod naselja Otok, gornjeg bazena na oko 600 m višem području Blaca, podzemne strojarnice, tlačnog cjevovoda, gornjeg tunela s vodnom i zasunskom komorom i donjeg tunela s vodnom komorom. Donji bazen bi se koristio za prihvaćanje velikih voda rijeke Cetine i njihovo prebacivanje crpljenjem u gornji bazen u povoljno vrijeme crpnog rada tijekom noćnih sati. Volumen donjeg bazena od 5 milijuna m<sup>3</sup> je dovoljan za 10 satni crpni rad, a može se napuniti kroz 8 sati turbinskog rada. Instalirani protok RHE Blaca je za turbinski rad 171 m<sup>3</sup>/s a za crpni rad 135 m<sup>3</sup>/s. Volumen gornjeg bazena od 31 milijun m<sup>3</sup> služi za akumuliranje dodatnih količina vode i proizvodnju visoko vrijedne električne energije u podzemnoj strojarnici uz optimizaciju protoka za rad na nizvodnim hidroelektranama ili osiguranje vode za druge potrebe u sušnom razdoblju.

Crpnim radom RHE Blaca i izmjenom pogonskog pravilnika HE Peruča kojim se dopušta sniženje vodostaja u akumulaciji Peruča, omogućava se dodatna i optimalna proizvodnja u HE Peruča te reducira vodni val bez prelijevanja iz akumulacije Peruča ili bazena Prančevići i uz neprekidan rad HE Orlovac nazivnom snagom za vrijeme velikih voda.

#### **Nino Vrandečić, Mario Pisačić, Ante Šoštarić, Josip Klinc and Vladimir Čolić. Poboljšanje naponskih prilika uporabom regulatora napona u naselju Suševine**

**Abstract:** Rad prezentira tehničko rješenje za sanaciju naponskih prilika u vikend naselju Sušine, koje se napaja iz stupne TS Jarčevac kabelom duljine 1200 m. Naponske prilike na kraju mreže zbog toga su toliko loše da je nemoguće korištenje većine trošila. Kako je izgradnja nove TS, koja bi bila bliže konzumu, uvjetovana rješavanjem upravne dokumentacije, vremenski zahtjevnja, odlučilo se pristupiti privremenom rješavanju problema ugradnjom regulatora napona. Ugrađen je trofazni regulator napona s proširenim opsegom regulacije od +- 20% u 9 položaja, smješten u samostojećem ormariću u neposrednoj blizini konzuma. Rad daje kratak osvrt na način montaže, probleme pri podešavanju i puštanju u rad te prva iskustva s operativnom uporabom regulatora. Također se razmatra primjenjivost sličnih regulatora pri rješavanju problema prevelikih napona zbog sve većeg broja solarnih elektrana priključenih na distribucijsku mrežu.

#### **Josip Mišura, Krešimir Komljenović and Dražen Balenović. Black start plinske kogeneracijske elektrane uz pomoć diesel agregata S=2.5 MVA**

**Abstract:** Elektrana toplana Zagreb ( EL-TO Zagreb) je kogeneracijsko postrojenje smješteno na zagrebačkoj Trešnjevci u srcu potrošnje električne i toplinske energije. Proizvodni blokovi B (TG2), H (PTA1) i J (PTA2) su putem blok transformatora +T3, 1BAT i 2BAT povezani na 110 kV mrežu. Pored elektroenergetskog sustava putem trasa vrelovoda i parovoda pogon tvori svojevrsan vrelovodni i parovodni sustav te je glavni čimbenik sigurne i pouzdane opskrbe istoga.

Sukladno prethodno navedenom na lokaciji pogona EL-TO Zagreb postoje tri različita tipa energetskih sustava: elektroenergetski, vrelovodni i parovodni. Svaki od nabrojanih energetskih sustava prisutnih na lokaciji pogona ima svoje zakonitosti, zahtijevane tehničke parametre i na kraju potrošača kao krajnjeg kupca. Sigurnost opskrbe električnom energijom u nadležnosti je Operatora prijenosnog sustava međutim sigurnost opskrbe parnih i vrelovodnih potrošača u nadležnosti je pogona EL-TO Zagreb kada je riječ o zapadnom dijelu grada Zagreba. Vrelovodni konzum kao kategorija potrošača zbog skladištenja energije u vodi i tromosti istoga nije izrazito osjetljiv na kratkotrajne prekide u opskrbi međutim prekid opskrbe parnog konzuma (industrija koja koristi tehnološku paru: Frank, Pliva, Zagrebačka pivovara ...) ima za posljedicu direktnog gubitka proizvodnog ciklusa. Kako bi se rizik za krajnjeg potrošača u što većoj mjeri smanjio pogon je krajem 2017 godine instalirao diesel agregat snage  $S=2.5$  MVA. U ljeto 2018 godine isproban je black start dvaju niskotlačnih kotlova ( $2 \times 40$  t/h) i pomoćnih postrojenja te je uspostavljena proizvodnja pare za opskrbu parnih potrošača. U 2019 godini planira se provođenje black starta jednog od dvaju plinskih blokova H(PTA1)/J(PTA2) preko diesel agregata. Ukoliko sve prođe uredno za slučaj gubitka vanjske mreže biti će moguće pokrenuti plinske blokove na lokaciji EL-TO Zagreb te u dogovoru sa operatorom prijenosnog i distribucijskog sustava u kontroliranim uvjetima vršiti postupno napajanje potrošača u dijelu grada Zagreba. Jednako tako u istim uvjetima pogon će moći napojiti vlastitu potrošnju i pokrenuti ciklus proizvodnje ogrjevnje topline i tehnološke pare.

**Tamara Tarnik, Ivana Roksa and Nikola Plavec. Mogućnosti korištenja pepela od izgaranja biomase u poljoprivredi i građevinskoj industriji**

**Abstract:** Hrvatska elektroprivreda izgradila je dvije bioenergane koje kao pogonsko gorivo koriste netretiranu drvenu sječku. Energane su smještene u Sisku i Osijeku. Izgaranjem drvene sječke nastaje pepeo kojim je potrebno gospodariti u skladu s redom prvenstva u gospodarenju otpadom i ciljevima kružne ekonomije. U radu su opisane mogućnosti korištenja pepela koji nastaje u HEP-ovim bioenerganama u poljoprivrednoj proizvodnji kao poboljšivač tla kojim se neutraliziraju kiselina tla te u građevinskoj industriji kao nadomjestak prirodnim mineralnim sirovinama.

**Danko Blažević, Tomislav Plavšić and Ivan Periša. Formaliziranje suradnje između operatora prijenosnog i distribucijskog sustava u području vođenja sustava**

**Abstract:** Hrvatski operator prijenosnog sustava HOPS i operator distribucijskog sustava HEP ODS su do prije nekoliko godina bili sastavni dijelovi vertikalno integriranog poduzeća (VIS). Međusobni odnosi bili su određeni internim aktima VIS-a. Procesom razdvajanja i restrukturiranja VIS-a zbog zahtjeva iz zakonodavstva Europske unije, operator prijenosnog sustava izdvojio se kao posebno poduzeće, te je, iako u vlasništvu VIS-a, potpuno poslovno neovisan o VIS-u. Slijedom toga više nije bilo moguće suradnju operatora prijenosnog i distribucijskog sustava regulirati internim aktima, nego je odnose potrebno regulirati na ugovornoj osnovi, kao što to i inače čine druga poduzeća. Kako se proces razdvajanja odvijao i odvija širom Europe, potreba za formaliziranjem suradnje je prepoznata i kroz najznačajnije dokumente Europske unije, te tako UREDBA KOMISIJE (EU) 2017/1485 od 2. kolovoza 2017. o uspostavljanju smjernica za pogon elektroenergetskog prijenosnog sustava nalaže da operator prijenosnog sustava mora sa operatorima distribucijskog sustava u svom regulacijskom području ugovorom riješiti pojedine aspekte vođenja pogona, sigurnosti pogona, razmjene podataka i sl. Svojevrсна nadopuna toj uredbi je UREDBA KOMISIJE (EU) 2017/2196 od 24. studenoga 2017. o uspostavljanju mrežnog kodeksa za poremećeni pogon i ponovnu uspostavu elektroenergetskih sustava koja se također bavi odnosima operatora prijenosnog i distribucijskog sustava, ali u uvjetima poremećenog pogona, odnosno pripreme za eventualni rad u poremećenom pogonu. Nacionalno zakonodavstvo, ne tako detaljno kao uredbe, također prepoznaje potrebu reguliranja pogonskih pitanja između operatora te tako Opći uvjeti za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom propisuju da se međusobni odnosi operatora sustava moraju urediti ugovorom i u području vođenja pogona mreže i razmjene pogonskih podataka na sučelju prijenosne i distribucijske mreže. S obzirom da su sastavni dijelovi

elektroenergetskog sustava: proizvodnja, prijenos, distribucija i kupci neraskidivo povezani, predmetni ugovor se ne može baviti samo operatorima u užem smislu nego je nužno na odgovarajući način uključiti i šire područje, a to su poglavito odnosi sa sve brojnijim proizvođačima na distribucijskoj mreži, čiji broj se značajno povećava zadnjih godina

#### Robert Noskov, Ivica Petrović and Krešimir Kopic. NEKI ASPEKTI PRAKTIČNIH SLUČAJEVA POVEĆANJA SIGURNOSTI POGONA I IZBJEGAVANJA UGROZE EES-a U PRP OSIJEK

**Abstract:** Mrežna pravila, različiti propisi i uredbe EU, brinu o sigurnosti EES-a i prienosne mreže te određuju dostatnu razinu sigurnosti sustava. Sigurnost je pak ovisna o tehničkim karakteristikama elemenata sustava da izdrže poremećaje, pomognu u sprječavanju širenja poremećaja i povratku u normalno stanje. Funkcioniranje sustava ovisi o odzivu svih elemenata mreže na odstupanja od graničnih vrijednosti struja, napona i/ili nazivne frekvencije. Poremećaji izazvani ispadima značajnijih proizvodnih jedinica ili značajnim smanjenjem mogućnosti opskrbe zbog ispada vodova ili transformatora u pravilu se događaju vrlo brzo i u vrlo kratkom vremenu. Praktični slučajevi pokazuju da je mogućnost pravovremene reakcije čovjeka za uklanjanje tih uzroka i ublažavanja neželjenih posljedica vrlo mala. Također, postoji mogućnost da nova preopterećenja ili kaskadna isključenja elemenata mreže ugroze i preostali dio mreže.

U ovom radu u osnovi daje se praktičan prikaz mogućnosti primjene nekih mjera oblikovanja konfiguracije i pripreme mreže s ciljem održanja i dovođenje EES-a u normalno pogonsko stanje kod neispunjavanja kriterija sigurnosti. Različiti ispadi sabirničkih sustava glavnih pojmih točaka, prvenstveno TS Ernestinovo i TS Đakovo, karakteriziraju povećanje opterećenja vodova i/ili transformatora u mreži PrP-a Osijek i utječu na ispunjavanje tih kriterija sigurnosti. Biti će opisana problematika održavanja sigurnosti sustava i zadržavanja normalnog pogona u prienosnoj mreži PrP-a Osijek pri djelovanju sabirničke zaštite u prienosnoj mreži. Pri tim analizama događaja, koje karakterizira naponski slom u 110 kV mreži te znatno opterećenje ili preopterećenja vodova i/ili mrežnih transformatora, pokazala se potreba za pravovremenim zahvatima u mreži. Te analize biti će provedene sa ciljem povećanja sigurnosti i očuvanja osnovne konture prienosne mreže radi brže uspostave napajanja konzuma i uspostavu normalnog pogona sustava.

U svim tim analizama sigurnosti pokazalo se korisnim primijeniti neke od postupaka za sprječavanja nastanka preopterećenja elemenata mreže i naponskog sloma, a sve radi sprečavanja dalje ugroze sustava. Pri tome se smanjila mogućnost ugroze sustava i skratilo vrijeme povratka u normalno pogonsko stanje, a u konačnici povećala sigurnost cijelog EES-a.

#### Marin Mandić, Nedjeljka Grulović-Plavljanić and Ivica Jurić-Grgić. NUMERIČKI MODEL ZA ANALIZU KUTNE STABILNOSTI U EES-U

**Abstract:** Analiza stabilnosti elektroenergetskog sustava (EES-a) jedan je od temeljnih kriterija u analizi rada sustava. Pitanje stabilnosti elektroenergetskog sustava (EES-a) jedno je od temeljnih pitanja koje se rješava prikladnom analizom stabilnosti sustava. Programi za simulaciju stabilnosti elektroenergetskog sustava u vremenskoj domeni sastavni su dio alata za analizu elektroenergetskih sustava. S programima za simulaciju u vremenskoj domeni dinamički odziv elektroenergetskog sustava na poremećaje ili promjene u stanju sustava može se izračunati upotrebom odgovarajućih matematičkih modela zasnovanih na numeričkim algoritmima.

Razvijeni numerički model za analizu kutne stabilnosti u elektroenergetskom sustavu (EES-u), utemeljen je na tehnici konačnih elemenata i vremenski promjenjivim fazorima. Složena numerička analiza istovremeno se provela u vremenskom i fazorskom području. Osnova razvijenog numeričkog modela za analizu kutne stabilnosti u EES-u je primjena tehnike konačnih elemenata na EES tako da se razmatrani sustav podijeli na manje dijelove, koji su u postupku izračuna tretirani kao zasebni konačni elementi s određenim brojem lokalnih čvorova. Kao najznačajniji dio elektroenergetskog sustava, u prvom koraku, razvijen je subtranzijentni numerički model sinkronog generatora koji se definira i tretira kao konačni element s tri lokalna čvora. U razvijeni numerički model sinkronog generatora za analizu kutne stabilnosti u EES-u uključen je i izvorno razvijeni numerički model turbinskog regulatora kao i izvorno razvijeni numerički model regulatora uzbude. Također su se, na temelju odgovarajućih matematičkih modela, razvili numerički modeli ostalih dijelova elektroenergetskog sustava (transformatora, vodova, ekvivalentne mreže), koji su u postupku izračuna tretirani kao zasebni konačni elementi. Sustav diferencijalnih jednadžbi generatora, turbinskog regulatora i regulatora uzbude uključujemo u numerički model na način da koristimo numeričku integraciju navedenih diferencijalnih jednadžbi koristeći Heunovu metodu i poopćeno trapezno pravilo (theta - metodu). Dakle, uz pomoć ovog postupka, odnosno Heunove i theta - metode, sustav diferencijalnih jednadžbi se u jednom vremenskom inkrementu svodi na sustav algebarskih jednadžbi.

Točnost razvijenog numeričkog modela za analizu kutne stabilnosti u elektroenergetskom sustavu potvrđena je usporedbom rezultata izračuna s rezultatima dobivenim pomoću programskog paketa EMTP (Elecromagnetic Transient Program). Rezultati izračuna dobiveni Heunovom metodom su točniji od rezultata dobivenih theta-metodom.

**Josip Ćurković, Franjo Hlavati and Antonio Ergotić. Problematika pokretanja asinkronog motora u TE TO Zagreb**

**Abstract:** Za dobavu tehničke vode parnog kotla bloka C koriste se dvije napojne pumpe pogonjene asinkronim motorima nazivnih podataka:

- Nazivna snaga (KW) – 5000 kW
- Nazivni napon (V) – 6000 V
- Nazivna brzina (rpm) – 2985 rpm
- Nazivna struja (A)- 538 A

Predmetni elektromotori se startaju direktno s 6,3 kV postrojenja bloka C, prilikom čega dolazi do:

- propada napona do 40% na SN sekciji
- iznos potezne struja ide do 4,5 kA odnosno do 8,36 In
- vrijeme trajanja zaleta traje do 6,7 sekundi

Sukladno takvim izmjerenim parametrima izvedena je električna relejna zaštita sa podešenjema:

$U < 0,5 U_N$

$t < 4s$

Podešene vrijednosti nisu optimalno prilagođene i štite postrojenje samo tijekom zaleta napojne pumpe. Kako se napojne pumpe uključuju/startaju samo nekoliko puta godišnje sljedi da postrojenje nije optimalno štićeno i kao takvo odstupa od projektne dokumentacije te elaborata podešenja električke zaštite.

Zbog propada napona na sekciji prilikom starta dolazi do ispada dijela pomoćnih postrojenja. U referatu će se razmotriti ugradnja soft startera kako bi se otklonile negativne posljedice direktnog starta elektromotora napojnih pumpi.

**Eduard Plavec, Mladen Vidović and Ivan Ladišić. PRIMJENA NEURONSKIH MREŽA U SUSTAVU MONITORINGA VISOKONAPONSKOG PREKIDAČA – PREDNOSTI I NEDOSTACI**

**Abstract:** Neuronske mreže su jedna od metoda umjetne inteligencije koje prilikom analize dostupnih podataka koriste matematičke alate te strukturu ljudskog mozga. Neuronske mreže karakterizira visok stupanj tolerancije na pogreške zbog čega imaju mogućnost uspješno analizirati situacije s nepotpunim podacima, najčešće se primjenjuju u području predviđanja i klasifikacije.

U ovom radu analizirana je primjena neuronskih mreža za analizu dohvaćenih podataka u sustavu monitoringa visokonaponskog prekidača, odnosno prednosti i nedostaci uporabe istih. Primjena neuronskih mreža analizirana je na karakterističnim krivuljama struje uklopnih i isklopnih okidača, struje istosmjernih motora te krivuljama puta pomičnih kontakata prekidača.

**Slavko Vujević, Tonči Modrić and Ivan Krolo. NEITERATIVNI ALGORITAM ZA IZRAČUN DOPUŠTENOG NAPONA NAPAJANJA ZA DODIR**

**Abstract:** Dopušteni napon napajanja za dodir u ovisnosti o trajanju kvara prema normi HRN EN 50522 izračunat je iterativno. Pritom su tablično dane vrijednosti dopuštene struje kroz ljudsko tijelo u ovisnosti o trajanju kvara očitane s krivulje dane u normi HRN IEC/TS 60479-1. Tablične vrijednosti ukupne impedancije ljudskog tijela u ovisnosti o naponu na ljudskom tijelu za strujnu stazu između ruku preuzete su, također, iz norme HRN IEC/TS 60479-1. U normi HRN EN 50522, iz navedenih podataka iterativno je izračunat dopušteni napon na ljudskom tijelu u ovisnosti o struji kroz ljudsko tijelo za izabranu strujnu stazu. Nakon toga je za izabrano trajanje kvara, uz uzimanje u račun dodatnih otpora, iterativno izračunata težinska vrijednost dopuštenog napona napajanja za dodir, gdje su težinski usrednjene vrijednosti dopuštenog napona napajanja za dodir izračunate za četiri različite strujne staze. Za svaku pojedinu strujnu stazu uzeti su u račun pripadni srčani strujni faktor i pripadni korekcijski faktor ukupne impedancije ljudskog tijela. Za izabrano trajanje kvara, iz krivulja danih u normi HRN EN 50522 može se očitati iznos dopuštenog napona napajanja za dodir.

U ovom je radu opisan izvorno razvijeni neiterativni algoritam za izračun dopuštenog napona napajanja za dodir. Iterativni postupak smo izbjegli tako što smo iz tabličnih vrijednosti ukupne impedancije ljudskog tijela u ovisnosti o naponu na ljudskom tijelu za strujnu stazu između ruku dobili krivulju koja opisuje ovisnost dopuštenog napona na ljudskom tijelu o struji kroz ljudsko tijelo, koristeći Hermiteovu kubnu interpolaciju. Za izabrano trajanje kvara, uz uzimanje u račun dodatnih otpora, neiterativno se računa težinska vrijednost dopuštenog napona napajanja za dodir. Za svaku pojedinu strujnu stazu uzimaju se u račun pripadni srčani strujni faktor i pripadni korekcijski faktor ukupne impedancije ljudskog tijela. Osim ovih faktora i dodatnih otpora, za neiterativni izračun dopuštenog napona napajanja za dodir koriste se još samo tablično dane uzorkovane vrijednosti: dopuštenog napona na ljudskom tijelu, dopuštene struje kroz ljudsko tijelo i njihovih derivacija po trajanju kvara. Korištenjem ovih uzorkovanih vrijednosti, pomoću Hermiteove kubne interpolacije, lako se može izračunati dopušteni napon na ljudskom tijelu i dopuštena struja kroz ljudsko tijelo za bilo koje trajanje kvara.

**Boris Marčić, Karlo Prahin and Kresimir Komljenović. DODATNO POBOLJŠANJE ISKORISTIVOSTI POGONA EL-TO SMANJENJEM OTPADNE TOPLINE DIMNIH PLINOVA NA PLINSKO TURBINSKOM POSTROJENJU**

**Abstract:** U svjetlu rastućih cijena prirodnog plina koji se koristi na termoenergetskim postrojenjima postavlja se zahtjev za visoku učinkovitost postrojenja. Jedno od takvih postrojenja je i pogon Hrvatske elektroprivrede - Elektrana-toplana (EL-TO) Zagreb koje proizvodi električnu i toplinsku energiju (primarno). EL-TO Zagreb ima u pogonu dva plinsko turbinska agregata, svaki 23,9 MW. Oba turboagregata zajedno nose oznaku PTE (plinsko turbinska elektrana). Turboagregati imaju prigradene kotlove utilizatore topline ispušnih plinova izgaranja goriva za pogon plinskih turbina (1999. g.). Gorivo je prirodni plin, a kotlovi utilizatori nose tehnološke oznake UT1 i UT2. U kotlovima utilizatorima se proizvodi industrijska para za potrošače pare i toplina za grijanje mrežne vode sustava daljinskog grijanja grada Zagreba.

Pogon EL-TO Zagreb je 2015. g. je uspješno izvršio ugradnju dodatnih zagrijača mrežnih vode svaki snage 3,8 MW koji su u serijskom spoju s postojećim zagrijačima (trenutno dva zagrijača po svakom kotlu). Izvršenim garantnim mjerenjem i na temelju dodatne tehno-ekonomske analize iz 2016. godine, moglo se konstatirati kako je moguća nadogradnja postojećeg sustava zagrijača mrežne vode (izmjenjivač topline: dimni plinovi/povrat mrežne vode vrelovoda) na kotlovima UT1 i UT2, svaki snage minimalno 2,8 MW. Analiza je također pokazala da je povrat investicija relativno kratak - ispod 2 godine prosječnog rada jedinica što u opravdava investiciju. Novi zagrijači s pratećom opremom (pumpe, cjevovodi, sustav regulacije i mjerenja i sl.) su u paralelnom spoju u odnosu na prethodna dva zagrijača mrežne vode.

Sustav svih zagrijača koncipiran je na način da se uzima mrežna voda iz povratnog vrelovoda centralnog toplinskog sustava, a prije ulaska u centralnu toplinsku stanicu te izvrši dodatno zagrijavanje u cilju povećanja iskoristivosti cjelokupnog pogona tj. iskorištenja otpadne topline. Povrat zagrijane mrežne vode se vrši također zajednički prije ulaska u centralnu toplinsku stanicu.

Implementacija novih zagrijača je izvršena unutar ugovorenog roka u prosincu, 2018. g. te se u konačnici u svakom kotlu utilizatoru nalaziti ukupno 3 zagrijača dimni plinovi/mrežna voda ukupne snage do 14 MWt po kotlu.

**Endi Miletić and Vitomir Komen. Statistička mjera za povećanje pouzdanosti napajanja u srednjenaponskim distribucijskim mrežama**

**Abstract:** Uvjeti kvalitete opskrbe električnom energijom, doneseni 31. ožujka 2018. godine od strane Hrvatske energetske regulatorne agencije, opisuju razinu kvalitete usluga, kvalitete napona i pouzdanost napajanja električnom energijom koju operator distribucijskog sustava mora osigurati. Povećanje pouzdanosti napajanja najčešće zahtjeva ulaganje u infrastrukturu distribucijske mreže. S druge strane postoje mjere koje ne zahtijevaju velika ulaganja, ali mogu donijeti značajne rezultate.

U ovom radu opisana je statistička mjera za povećanje pouzdanosti napajanja srednjenaponske distribucijske mreže koja se temelji na primjeni indeksa kvara i indeksa obnovljivosti. Primjenom navedenih indeksa, operator distribucijskog sustava djeluje na pokazatelje pouzdanosti napajanja SAIDI i SAIFI. Doprinos opisane mjere analiziran je na stvarnim podacima distribucijske mreže operatora distribucijskog sustava PREdistribuce a.s. u Pragu koji je početkom svibnja 2018. godine implementirao navedenu mjeru za povećanje pouzdanosti napajanja.

Electricity supply quality standards, issued by the Croatian Energy Regulatory Agency on March 31st 2018, describe the level of quality of service, voltage quality and reliability of electricity supply that the distribution system operator has to provide. Increasing the reliability of the supply usually requires investment in the distribution network infrastructure. On the other hand, there are measures that do not require large investments, but can bring significant results.

This paper describes a statistical measure to increase the reliability of the power supply of the medium voltage distribution network based on the application of the Failure Index and the Renewability Index. Reliability indicators SAIDI and SAIFI can be influenced by using the before mentioned indexes. The contribution of the described measure was analyzed on the actual data of distribution network of the distribution system operator PREdistribuce a.s. in Prague, which in early May 2018 implemented this measure to increase the reliability of the power supply.

**Alen Hrga, Tomislav Capuder and Hrvoje Pandžić. Tehnologije raspodijeljenih knjiga u energetsom sektoru**

**Abstract:** Raspodijeljene knjige su nove tehnologije u energetsom sektoru i energetskim sustavima. Porastom važnosti obnovljivih izvora energije i upravljanja raspodijeljenim izvorima dobile su na važnosti i stekle popularnost među stručnjacima u energetici. Prijelaz prema alternativnim izvorima energije stvara mogućnosti i izazove vezane za sigurnost energetske infrastrukture. U tom prijelazu, ulančani blokovi i tehnologije raspodijeljenih knjiga su predstavljene kao rješenje za integraciju novih entiteta i novih poslovnih modela zbog svoje decentralizirane prirode i bez potrebe za posrednicima. Rješenja koja uključuju raspodijeljene knjige istražuju se u područjima tokenizacije energije te novih poslovnih modela koji su omogućeni tim novim konceptom, u radu energetskih zajednica, u području energetskih tržišta na svim razinama, te za integraciju električnih vozila u elektroenergetski sustav.

U ovom radu predstavljen je pregled istraživačkih projekata i tvrtki koje istražuju primjenu tehnologije raspodijeljenih knjiga u energetsom sektoru i energetskim sustavima. Razmatraju se najvažnije specijalizirane implementacije raspodijeljenih knjiga poput ulančanih blokova i usmjerenih acikličnih grafova te se navode korisnost i izazovi u implementaciji u domeni energetike. Predlažu se tehnologije, platforme i koncepti koji se mogu koristiti s rješenjima koji uključuju raspodijeljene knjige i koji mogu smanjiti troškove razvoja i implementacije.

Raspodijeljene knjige u javnom okruženju ponašaju se kao globalno računalo kojemu svatko može imati pristup, a obrada transakcija se potiče pomoću jedinice kriptovalute koja je ugrađena u samu platformu. Privatna okruženja implementiraju kontrolu pristupa i stoga su polu-centralizirana. Tehnologije raspodijeljenih knjiga mogu se smatrati determinističkim konačnim automatima s podatkovnim strukturama koje definiraju stanja i transakcijama koje definiraju prijelaz između stanja. Takva arhitektura omogućuje decentraliziranost izvođenja transakcija, ali donosi i mnogo izazova za implementaciju u postojeće sustave i rješenja. U ovom radu pruža se uvid u prednosti i ograničenja korištenja distribuiranih tehnologija, kao i tehničke izazove koje je potrebno riješiti kako bi se omogućilo široko rasprostranjeno korištenje tehnologija raspodijeljenih knjiga u energetskim sustavima i energetsom sektoru.

**Dejan Živaković. Sustav za nadzor kvalitete električne energije u Elektroslavoniji Osijek**

**Abstract:** Električna energija na tržištu se tretira kao i svaka druga roba, pa shodno tome mora zadovoljavati određenu razinu kvalitete. U našu regulativu kvaliteta električne energije ulazi 2004. godine, a zakonom o tržištu električne energije određuje se odgovornost OPS- a i ODS-a za održavanje KEE koja su definirana mrežnim pravilima. Kako se kvaliteta električne energije određuje na mjestu primopredaje energije, na tom mjestu bi se trebala i nadzirati što je u distribucijskoj mreži tehno-ekonomski ne isplativo. Zadnjih godina sve je veći broj velikih distributivnih izvora koji predstavljaju potencijalne narušitelje parametara kvalitete električne energije. Iz tog razloga Elektroslavonija je instalirala sustav za trajno praćenje kvalitete električne energije koji pokriva odabrane srednjenaponske transformatorske stanice, mjesta predaje energije iz distributivnih izvora priključenih na SN mrežu i specifične kupce. U radu će biti opisan moderni sustav za trajno praćenje kvalitete električne energije koji se koristi u Elektroslavoniji. Sustav se sastoji od samih uređaja za praćenje kvalitete električne energije priključenih na transformatorska ili vodna polja u samim elektroenergetskim postrojenjima, komunikacijske infrastrukture i programskog paketa. Takao koncipiran sustav omogućava daljinsku konfiguraciju uređaja, preuzimanje i pohranjivanje podataka u SQL bazu i prikaz mjerenje. Dodatni plus takvog sustava je i da podaci prikupljeni uređajima za trajno praćenje kvalitete električne energije osim svoje osnovne namjene koriste se i za dodatnu analizu poremećaja i stanja elektroenergetske mreže. To je posebno zanimljivo ako smetnja nije uzrokovana kvarom u SN mrežu i uređaji relejne zaštite nemaju nikakve zabilješke o poremećaju u sustavu. U tom slučaju se snimke i zapisi o poremećaju mogu preuzeti s uređaja za trajno praćenje kvalitete električne energije koji su ugrađeni u određene točke mreže. U

radu će biti predstavljena pogonska iskustva u radu sa sustavom za trajni nadzor kvalitete električne energije.

**Matija Balić and Bogoljub Sember. Iskustva u primjeni programa praćenja reguliranih motornih ventila u NE Krško**

**Abstract:** Sredinom devedesetih godina u NEK se pristupilo aktivnostima, naloženim od strane NRC (Nuclear Regulatory Commission), vezanim uz potencijalna otkazivanja MOV (Motor Operated Valves) koja bi mogla uzrokovati njihovu nemogućnost izvršavanja dizajnom elektrane predviđenih sigurnosnih funkcija. Tema je bila objavljena u IE Bulletin 85-03, Generic Letter (GL) 89-10, te njihovim naknadno izdanim dopunama GL 95-07 in 96-05. U NEK-u je tada donijeta odluka da se ustanovi MOV program i organizira sve neophodne inženjerske i testne aktivnosti koje će osiguravati sigurno i pouzdano djelovanje za sigurnost značajnih MOV-a u NEK (važnih za sigurno zaustavljanje elektrane u slučaju nezgode).

Dokumentacija NEK MOV programa je inicijalno razvijana na temelju metodologije »VECTRA Technologies« za analizu i predviđanje ponašanja MOV-a. U nastavku je zbog upotrebe »CRANE Nuclear« testne opreme i njihove podrške i pristupa testiranju, kao i suradnje s »Kalsi Engineering«, dokumentacija revidirana.

U suradnji s tvrtkom NUTEC (danas ENCONET d.o.o.) razvijen je i softver koji omogućava opširan i iscrpan program upravljanja. Riječ je o NEK MOV Bazi podataka, koja sadrži sve podatke relevantne za svaki pojedini ventil, omogućava izračunavanje kriterija za funkcije ventila, arhivira testne rezultate, te pruža funkciju evaluacije i inženjerske analize testnih podataka. I definiranje kriterija za funkciju ventila, i ocjenjivanje performansi postignutih na testu obavlja se kroz softverske funkcije i njezinih ugrađenih matematičkih algoritama.

Ukupni program je razvijen 1999 godine i podijeljen na tri faze: pregled i analiza dizajna (završeno); statički test svih MOV-a uključenih u program (završeno 2009.g) te periodičko testiranje, dinamički testovi, održavanje i trendiranje (u toku).

Od ukupne NEK MOV populacije, u program su uključeni samo oni sa sigurnosnom funkcijom (124 ventila). Posljednjih godina, kao rezultat post-Fukushima sigurnosnih nadogradnji, dvanaest novih MOV-a se uključuje u MOV program.

Ovaj izvještaj predstavlja iskustva stečena u dvadeset godina provedbe MOV programa, rezultate, spoznaje, i očekivani razvoj.

**Antonio Josipović, Jurica Puškarić and Milan Sabljak. Zamjena generatora i prilagodba pripadajućih sustava hidroelektrane Gojak**

**Abstract:** U sklopu višegodišnjeg programa revitalizacije hidroelektrane Gojak, u periodu od 2017. do 2019. godine, obavljena je zamjena tri generatora (A, B i C) te prilagodba pripadajućih sustava hidroelektrane Gojak.

Zamjena generatora obuhvaćala je projektiranje tri nova sinkrona generatora snage 25 MVA svaki kao i njihovih podsustava (hlađenje generatora i ležajeva, kočenje i podizanje, rasvjetu bačve), proizvodnju i isporuku opreme, demontažu postojećih generatora, montažu nove opreme u elektrani, ispitivanje i puštanje u pogon.

Radovi na prilagodbi pripadajućih sustava hidroelektrane potrebnih za uspješan rad novih generatora uključivali su sljedeće aktivnosti za svaki od generatora:

- projektiranje, proizvodnju, montažu i puštanje u pogon novog sustava dobave zraka u radno kolo turbine

- parametriranje postojećeg sustava turbinske regulacije prema novoj snazi generatora
- parametriranje postojećeg sustava uzbude i električnog kočenja prema novoj snazi generatora
- izradu dokumentacije za odabir otpornika i pripadajućeg naponskog transformatora u zvjezdištu generatora, nabavu i ugradnju opreme, demontažu postojeće, ispitivanje te puštanje u pogon
- reviziju elaborata podešenja relejne zaštite te parametriranje i ispitivanje relejne zaštite
- projektiranje novog sustava vatrodojave generatora, nabavu, ugradnju i spajanje opreme u postojeći vatrodojavni sustav elektrane, demontažu postojećeg PPZ sustava generatora, te ispitivanje i puštanje u pogon istog
- projektiranje novog sustava USZMR i PROCIS, izradu opreme, montažu, demontažu starog sustava, ispitivanje i puštanje u pogon.

Tijekom realizacije prve etape projekta, točnije nakon demontaže generatora A i provedene provjere stanja temeljnih blokova na koje se oslanja donji nosač, utvrđena je potreba za njihovom zamjenom. U vrlo kratkom vremenu izrađen je projekt rekonstrukcije temeljnih blokova za sva tri generatora te su ovi radovi implementirani u opseg isporuke.

Članak detaljno opisuje tijek i izazove u realizaciji ovog višegodišnjeg projekta koji je u tri etape uključivao logistiku oko organizacije i transporta opreme na gradilište, organizaciju gradilišta i aktivnosti na gradilištu kako bi se osigurali neometani uvjeti za izvođenje i usklađenost građevinskih, strojarskih i elektromontažnih radova, izazove u vidu nepredviđenih radova, ispitivanje i puštanje u rad te u konačnici primopredaju opreme i radova u vlasništvo Naručitelja.

Iz razloga kompleksnosti kao i velikog broja dionika koji su bili uključeni, u cilju uspješne realizacije projekta, neophodno je bilo u ranoj fazi projekta jasno definirati uloge i ovlasti odgovornih osoba te osigurati dobru i učinkovitu komunikaciju.

#### **Alen Bernadić. Određivanje vrste kvara u elektroenergetskoj mreži pomoću umjetnih neuronskih mreža s povratnim širenjem greške u programskom okruženju TensorFlow**

**Abstract:** Metode umjetne inteligencije i dubokog učenja u elektroenergetskom sustavu testiraju se i pripremaju za praktičnu primjenu u sve većem broju aplikacija. U ovome radu predložen je model umjetne neuronske mreže s povratnim širenjem greške u klasificiranju vrste kvara u srednjenaponskoj mreži implementiran u Googleovom Python baziranom alatu Tensorflow s pripadajućim bibliotekama. Za potrebe modela urađeno je više tisuća simulacija kako bi se ostvario dovoljan broj uzoraka struje kvara za treniranje (učenje) i testiranje neuronske mreže. Postignuta točnost i brzina modela u prototipu otvara mogućnost primjene u digitalnim uređajima relejne zaštite ili upravljačkim modulima centara za vođenje sustava kao dijelom šire upravljačko-zaštitne logike.

#### **Sanja Vinter, Šutej Milivoj and Marin Ištvanović. Privremeni spoj DV 2x220 kV Pehlin – Plomin i DV 220 kV Divača – Pehlin**

**Abstract:** Rekonstrukciju DV 2x220 kV Pehlin – Plomin bilo je potrebno provesti zbog izgradnje županijske ceste Ž 5025 Rujevica – Marčelji, dionica Marinići – Viškovo. Rekonstrukcija se sastojala od demontaže dva postojeća stupa i ugradnje tri nova stupa čime su se predmetni nadzemni vod i nova prometnica međusobno uskladili. Radovi na rekonstrukciji predmetnog nadzemnog voda započeli su u jesen 2017. godine kada su se izveli oni radovi na rekonstrukciji koje je bilo moguće izvoditi bez potrebe isključivanja DV 2x220 kV Pehlin – Plomin, odnosno izvedeni su temelji novih stupova i temeljni dijelovi konstrukcije stupova. DV 2x220 kV Pehlin – Plomin vrlo je važan vod za evakuaciju proizvedene energije u TE Plomin i jedina je 220 kV veza kojom je Istra povezana s ostatkom hrvatskog elektroenergetskog sustava na 220 kV naponskoj razini te je izuzetno važan za stabilno napajanje Istarskog poluotoka. Za nastavak radova koji su uključivali demontažu dva postojeća čeličnoredkasta stupa, demontažu vodiča i zaštitnog užeta u zateznom polju između stupova 8 i 11 u duljini približno od 1 km, montažu tri nova zatezna stupa te montažu elektromontažne opreme između stupova 8 – 9A – 9B – 10

-11, bilo je potrebno osigurati isključenje DV 2x220 kV Pehlin – Plomin od minimalno 7 dana što u tim trenucima prilike u mreži nisu dozvoljavale. Sagledavajući geografsku konfiguraciju 220 kV mreže, kao i pogonske prilike u mreži, predložena je realizacija privremene nove raspoložive 220 kV veze između TE Plomin i TS Pehlin korištenjem dijela predmetnog nadzemnog voda i dijela DV 220 kV Divača – Pehlin njihovim međusobnim povezivanjem na mjestu njihova križanja u mjestu Jurdani. Time se dionica predmetnog DV 2x220 kV Pehlin – Plomin koju je bilo potrebno rekonstruirati dovela u beznaponsko stanje, a realizirana je nova privremena veza između TE Plomin i TS Pehlin. Prekogranična 220 kV veza Divača – Pehlin također je privremeno prekinuta. Dozvoljeno vrijeme isključenja bilo je tek jedan radni dan za uspostavu privremene veze te još jedan za demontažu privremenog spoja i puštanje u ponovni pogon DV 2x220 kV Plomin – Pehlin i DV 220 kV Divača – Pehlin. Privremeni spojevi visokonaponskih vodova uglavnom se izvode između dva stupa ili pri stupovima različitih vodova koji su u međusobnoj blizini. Ovdje je izazov bio izvesti 220 kV spoj dva nadzemna voda na mjestu njihova križanja u rasponima. U radu će se prikazati ostvarena tehnička rješenja i način izvođenja privremenog spoja, što je omogućilo izvođenje rekonstrukcije DV 2x220 kV Pehlin – Plomin i dovršetak ceste Ž5025.

#### Krešimir Komljenović. Elektrana kao crna kutija

**Abstract:** Svaki proces ima ulaze i izlaze. Termoenergetska postrojenja, kao lokacije složenih pretvorbi tvari i energije mjesta su gdje se ove transformacije odvijaju na veliki broj složenih načina, u pravilu za velike količine tj. volumene tvari i energije. Najvidljivije i najčešće tvari koje se mijenjaju, tj. koje ulaze i izlaze su: goriva, el.energija, voda, rezervni dijelovi, različite kemikalije, različite sirovine itd.

Tvari koje izlaze iz termoelektrane su: produkti izgaranja u vidu dimnih plinova, energija, otpadne vode, smeće različite otpadne tvari itd..

Kao način promatranja zbivanja u termoelektrani, može se pokušati obuhvatiti te različite transformacijske procese sa praćenjem transformacije pojedinog medija kroz sve faze onoga što on na svom putu kroz elektranu prolazi. Primjer dobave, skladištenja, stavljanja u cirkulaciju, izgaranja tekućeg goriva, a nakon toga i praćenje kretanja dimnog plina do izlaza iz dimnjaka primjer je analize složenog procesa po etapama. Kako bi se ovaj proces obuhvatio potreban je veliki broj najrazličitijih mjera praćenja, od vaganja, mjerenja razina goriva u spremniku, temperatura, protoka prema gorionicima, protoka zraka, kontrole plamena na najrazličitije načine, kontrole sastavnica dimnih plinova itd.. To i je uobičajeni način spoznavanja procesa koji se odvijaju, ugradnja dovoljnog broja i obuhvata svih tih spoznajnih alata koji će doprinijeti vođenju i optimiranju cijelog ovog procesa. U tom poslu postoje značajni rizici da se neko od tih mjerenja krivo očita, interpretira, da se ne odrede dobro granice pojedinih procesa, da se nešto višestruko ili nedovoljno uzme u obzir itd.

Drugi pristup bio bi sagledavanje sa razine granica. Ulaz/izlaz u postrojenje, bez pretjeranog fokusa na ono što se događa između. Ovaj princip je princip crne kutije te je jedan od uobičajenih inženjerskih pokušaja i principa sagledavanja i pojednostavljivanje složenih događaja. Na primjeru nekoliko tvari i pretvorbi, sa fokusom na rubne uvjete i granice postrojenja, za pogon EL-TO sagledavaju se koristi i dosezi ovog principa.

Black Box simplification

#### Krešimir Komljenović. Kako povećati etu elektrane

**Abstract:** Kako povećati etu elektrane

Iako se na prvi pogled čini da je neko značajno povećanje ete jedne cijele termoelektrane gotovo pa nemoguća misija, uslijed očekivano krajnje temeljitog pristupa kod osmišljavanja, projektiranja i same gradnje elektrana od strane profesionalaca koji se praktički samo time bave, određena poboljšanja zasigurno su vremenom uvijek moguća. Iznimka je na primjer izgradnja novih jedinica po novim tehnologijama, npr. upotrebom austenitnih čelika ili povećanjem temperatura izgaranja u modernim plinskim turbinama, što je primjer gdje je

povećanje ostvareno samim razvojem novih tehnologije te su onda ta povećanja i značajna i kvantitativno velika. No to nije fokus ovog rada.

Naime, povećanja su moguće i kod starih, praktički dotrajalih elektrana, fokusiranim naporom usmjerenim na traženje koncepcijskih neusklađenosti sa zahtjevima modernog vremena, konzuma, pa i novih restrikcija koje proizlaze iz okolišnih propisa, a bez velike promjene koncepta ili izgradnje značajnih novih jedinica. Ulaskom u dubinu složenih procesa koji se odvijaju u termoelektrani, moguće je detektirati brojna mjesta gdje je primjenom različitih mjera moguće poboljšati procese, što se u konačnici manifestira na povećanoj ukupnoj iskoristivosti. Pri tom treba biti „otvorenih nazora“ i ne pristajati na postojanje „svetih krava“. Usmjerenim fokusom na očite točke mogućih poboljšanja, i traženjem specifičnih rješenja može se doći do značajnih efekata.

Primjer pogona EL-TO Zagreb, najstarije hrvatske termoelektrane pokazuje rezultate koji se ovim pristupom mogu ostvariti. Naime, u posljednjih 6 godina, ukupna godišnja iskoristivost goriva u pogonu povećana je sa oko 77% na oko 84.5%. Ovo je po svim kriterijima izniman doseg te je pogon EL-TO, sa ovako povećanom godišnjom etom, najbolji od svih značajnih hrvatskih termoenergetskih objekata.

Ovakav rezultat u skladu je sa svim recentnim nastojanjima modernog društva za smanjenjem utjecaja na okoliš. On izravno vodi smanjenju emisija CO<sub>2</sub> ali i ostalih polutanata. Pri tom ovakvo ulaganje u okoliš ne mora nužno imati negativne financijske konzekvence. Baš naprotiv. Na primjeru pogona EL-TO moguće je vidjeti da su različite preinake, investicije i ciljane rekonstrukcije moguće na komercijalno isplativ način, u pravilu sa brzim vremenima povrata investicije. U radu se daje prikaz većine upotrijebljenih mjera, ekonomski i tehnički parametri tamo gdje su dostupni te NPV za svaku od mjera, te za sumu svih mjera, kroz određeni vremenski period ali i kao trajan prihod (perpetuity). Ukupni iznosi ušteda energije goriva na godišnjoj razini kreću se oko reda veličine od oko 80 000 MWh, što čini oko 0,44% ukupne hrvatske električne energije.

**Igor Ivankovic, Dalibor Brnobić, Renata Rubeša and Marko Rekić. Uzdužna diferencijalna zaštita temeljena na sinkroniziranim mjernim podacima**

**Abstract:** Aplikacija PDC poslužitelja u WAM sustavu, koja se nalazi u NDC-u opremljena je programskim proširenjem za algoritma uzdužne diferencijalne zaštite dalekovoda (ANSI:87L) koji se temelji na principu vektorske razlike struja na krajevima dalekovoda. Za tu zadaću algoritam koristiti raspoložive sinkronizirane podatke iz elektroenergetskih (EE) objekata prijenosne mreže. Algoritam ima sljedeće funkcijske dijelove:

- modul za izračun vektorskih razlika sinkrofazora struja i napona na krajevima dalekovoda u realnom vremenu i njihovu pohranu u bazu podataka povijesnih mjerenja,
- modul za okidanje zaštitnih akcija prema postavljenim parametrima za uzdužnu diferencijalnu zaštitu dalekovoda,
- interaktivna stranica za vizualizaciju trenutnih i povijesnih podataka sa shematskim prikazom prijenosnog sustava,
- stranica za parametriziranje rada uzdužne diferencijalne zaštite,
- stranica s popisom alarma.

Modul za izračun vektorskih razlika sinkrofazora ima sljedeće karakteristike:

- izračunavanje vektorske razlike direktne komponente napona i struja na krajevima dalekovoda,
- izračunavanje vektorske razlike inverzne i nulte komponente napona i struja na dalekovodima koji su s obje strane opremljeni STERPMU-R1 uređajima,
- osiguranje izvođenje obrade paketa koji su sinkronizirani u vremenu uz posebno signaliziranje stanja kada algoritam uzdužne diferencijalne zaštite nije funkcionalan:

- § kada ne postoje podaci ili je slijed podataka prekinut,
- § kada nije garantirana vremenska sinkronizacija oba PMU koji sudjeluju u zaštitnoj akciji tj. kada se izgubi GPS signal (GPS status, 13. bit, "STAT flag"),
- funkcije se izvršavaju u realnom vremenu uz sinkroniziranje točnog vremena na poslužitelju gdje se algoritam izvršava,
- funkcija ima mogućnost podešavanja razlike diferencijalne zaštite u četiri stupnja,
- funkcija se podešavati neovisno za pozitivne, negativne i nulte komponente.

Modul za okidanje zaštitnih akcija uzdužne diferencijalne zaštite dalekovoda ima sljedeće karakteristike:

- zaštitni algoritam je usporediv s radom uređaja uzdužne diferencijalne ugrađenim na štice dalekovodima,
- praćenjem vektorske razlike struja signalizirati prelazak dopuštene razlike te pritom generira alarm zaštite s točnim vremenom nastanka i prestanka kvara,
- praćenjem napona i struja dalekovoda nakon prorade okidača uzdužne diferencijalne zaštite WAM sustava utvrditi situacije kada nije došlo do prorade zaštite dalekovoda u zadatom vremenu i o tome generirati posebni tip alarma,
- zaštitni algoritam ima signal statusa ispravnog rada zaštitne funkcije, a poseban alarm se generiran u slučaju blokade rada uzdužne zaštite zbog gubitka podataka ili vremenske sinkronizacije na sinkrofazorskim jedinicama.

#### Mihovil Ivas. OSIGURANJE KVALITETE KROZ KVALIFICIRANO VODENJE PROJEKTA GRADNJE U ELEKTROENERGETICI

**Abstract:** Kvalitetno vođenje projekta je uvijek bilo izuzetno bitno kod realizacije investicija u infrastrukturne objekte, međutim posebno zadnjih godina vođenje projekata izdvaja se kao zasebna „iznaddisciplinarna“ kategorija, s procedurama primjenjivim u različitim strukama i područjima. Danas standardizirane, a prije uvriježene, procedure vođenja projekata zapravo su pravila kontrole i osiguranja kvalitete u svim aspektima realizacije projekta. Vođenje projekta izgradnje ili rekonstrukcije elektroenergetskog objekta, u specifičnom slučaju transformatorske stanice, ima neke svoje zasebnosti, prikaz kojih će biti naveden u članku, na osnovi standardiziranih procedura vođenja projekata prema Project Management Institute. Sa češćom pojavom isticanja vođenja projekata kao zasebne aktivnosti, i u hrvatskom graditeljstvu je toj aktivnosti usvojena zakonska podloga, pa je „voditelj projekta gradnje“ jedan od „sudionika u gradnji“ prema Zakonu o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje, a za obavljanje tog posla/djelatnosti tvrtke moraju zadovoljiti određene uvjete i registrirati se. Obveza je zakonski nametnuta investitorima koji su obveznici javne nabave, da za određene kategorije investicijskih projekata moraju imati voditelja projekta. Za projekt izgradnje ili rekonstrukcije energetskog objekta (uključivo transformatorske stanice) ukupne investicijske vrijednosti veće od 10 milijuna kuna nužno moraju imenovati voditelja projekta. Vođenje projekta i nadzor gradnje ne mogu biti provedeni od strane iste osobe ili tvrtke. Privatni investitori nemaju navedenu zakonsku obvezu, iako je u njihovom slučaju aktivnost vođenja projekta gradnje u elektroenergetskoj struci više kritična nego u slučaju investicija operatora sustava (obveznika javne nabave). Povučena je paralela između aktivnosti „vođenja projekta gradnje“ i aktivnosti koja je u međunarodnim konzultantskim uslugama poznata kao „owner's engineer“, tj. „vlasnikov inženjer“, što bi kod nas kolokvijalno bio konzultant. Usluge raznih konzultanata se koriste od strane različitih sudionika u investiciji, ali te usluge nisu regulirane. Većina privatnih energetskih i drugih većih infrastrukturnih investicija uključuje izgradnju transformatorske stanice kao sučelja za priključenje na elektroenergetsku mrežu. Stručno vođenje projekta na strani privatnog investitora ključni je dio osiguranja kvalitete pri gradnji takvih objekata.

Željko Tomšić, Tomo Galić and Matea Pavić. OPTIMIRANJE PROIZVODNJE ENERGIJE MIKRO-KOGENERACIJSKOG SUSTAVA U UVJETIMA OTVORENOG ENERGETSKOG TRŽIŠTA

**Abstract:** Razvoj mikro-kogeneracijskih sustava u tehnologiji gorivnih članaka, koji kao gorivo mogu koristiti prirodni plin, predstavljaju novu visokoučinkovitu tehnologiju koja ima potencijal zamijeniti postojeće sustave za grijanje prostora i sanitarne vode u kućanstvima, a pored toga proizvode električnu energiju na visokoučinkovit način. Ovaj rad predstavlja mikro-kogeneracijski sustav u kućanstvu u uvjetima otvorenog energetskog tržišta koji se sastoji od mikro-CHP jedinice, spremnika toplinske energije, pomoćnog bojlera, sučelja električne energije koje povezuje proizvodnju električne energije mikro-CHP jedinice s potrošnjom električne energije kućanstva te s električnom distribucijskom mrežom.

Mikro-CHP sustavi imaju veliki potencijal za smanjenje troškova energije i CO<sub>2</sub> emisija u sektoru kućanstva i vrlo su privlačno rješenje za decentraliziranu proizvodnju električne energije s visokom učinkovitošću. Daljnji razvoj tehnologije gorivnih članaka i njezina primjena u različitim područjima života i rada može dovesti do značajnog smanjenja troškova proizvodnje i otvoriti perspektivu masovne primjene mikro-CHP sustava u kućanstvima. Uz cijenu uređaja tu su i operativni troškovi rada mikro-CHP jedinice, ali i cjelokupnog sustava, čije optimiranje također može odigrati važnu ulogu u smanjenju ukupnih troškova korištenja takvih sustava te time pozitivno utjecati na dinamiku njihovog ulaska u sektor kućanstva i druge sektore. Svako smanjenje operativnih troškova rada sustava smanjuje ukupne troškove korištenja sustava i povećava njihovu konkurentnost na tržištu u odnosu na druge tehnologije. Iz rezultata testiranja modela za optimiranje rada mikro-CHP sustava u uvjetima otvorenog energetskog tržišta je vidljivo da mikro-CHP sustav ima određenu fleksibilnost u radu i da se nastoji prilagoditi s proizvodnjom električne energije što je moguće više u sate s većom cijenom na tržištu električne energije. Ta fleksibilnost u upravljanju mikro-CHP sustavima može se iskoristiti za stvaranje dodane vrijednosti za proizvedenu električnu energiju i pozitivno utjecati na smanjenje troškova rada takvih sustava. Veća energetska učinkovitost, manji štetni utjecaji na okoliš, više-energijski sustav s lokalnom autonomijom u radu i većom funkcionalnom fleksibilnošću djeluju ohrabrujuće da će razvoj i primjena takvih sustava postati realnost u skoroj budućnosti.

**Dino Masle, Josip Benović, Kristijan Frlan and Zoran Zbunjak. Optimizacija parametara diferencijalne zaštite transformatora korištenjem Monte Carlo simulacije i metode roja čestica**

**Abstract:** U ovom tekstu će se prikazati robusna metoda određivanja parametara diferencijalne zaštite transformatora korištenjem metode roja čestica. Razvijena metoda se sastoji od tri glavna koraka. Prvo se definiraju parametri energetskog transformatora te okolne mreže, kako egzaktni, tako i statistički. U sljedećem koraku se slučajnim odabirom odabire vrsta simulacije koja može biti kvar izvan zone štice, kvar unutar zone štice, energizacija samostalnog energetskog transformatora te energizacija paralelnog energetskog transformatora. Ovisno o prethodnom odabiru dodatni parametri se slučajno odabiru iz vjerojatnosnih distribucija definiranih u prvom koraku, npr. za energizaciju energetskog transformatora odabire se vrijednost remanentnog toka, kut uklopa, rasipanje polova prekidača, napon primara i sl.. Na kraju simulacije se provjeri da li je prekidač ostao uključen (što bi za energizaciju i kvar izvan zone štice trebao ostati, dok za kvar unutar zone štice ne bi trebao ostati). Simulacije s fiksnim početnim podešenjima zaštite, ali promjenjivom vrstom simulacije i slučajnim parametrima se ponavlja dok uspješnost mjerena korektnim stanjima prekidača na kraju simulacije ne konvergira prema dovoljno niskoj standardnoj devijaciji binomne razdiobe. Time se jedan ciklus Monte Carlo simulacije smatra završenim i daje valjanost početnih (fiksni) podešenja zaštite (npr. zaštita reagira korektno u  $75 \pm 0,5\%$  slučajeva).

Ako se skup od  $n$  slučajnih podešenja zaštite dodijeli svakoj čestici u roju, gdje je svaki parametar zaštite koordinata čestice u jednoj dimenziji, tada trenutni položaj čestice u  $n$ -dimenzionalnom prostoru predstavlja skup parametara zaštite, a prethodno opisana Monte Carlo simulacija za svaki korak i svaku česticu daje vrijednost ciljne funkcije. Gibanjem čestica kroz  $n$ -dimenzionalni prostor podešenja zaštite poprimaju različite vrijednosti te se svaki skup

podešenja ocjenjuje. Zbog načina na koji metoda roja čestica funkcionira, ostale čestice se u n-dimenzionalnom prostoru uvijek gibaju prema najboljem globalnom rješenju i vlastitom najboljem rješenju koja su do te iteracije otkrivena. Treći korak završava konvergiranjem prema rješenju ili dosežanjem maksimalnog broja iteracija.

Pokazalo se da je metoda vrlo robusna zbog svoje dvokomponentnosti i black-box pristupa. Podešenja su redovno konvergirala u područje >99.9% korektnih reakcija zaštite. Rezultati koje metoda daje su podjednako kvalitetni neovisno o korištenom zaštitom uređaju i broju parametara. Minimalnim korekcijama kôda mogu se pronaći podešenja za druge zaštite, npr. diferencijalne zaštite voda ili kabela, odnosno bilo koje gdje se može čvrsto definirati što je uspješna, a što neuspješna prorada zaštite. Program je napisan u Pythonu dok je za izračune korišten DiGSILENT PowerFactory.

**Ivan Burul. Odabir optimalnog tarifnog modela za korištenje distribucijske elektroenergetske mreže u predstojećem razdoblju sa značajnim udjelom novih tehnologija**

**Abstract:** Nove tehnologije u elektroenergetici, od kojih se neke već i pojavljuju kod krajnjih korisnika, više i nisu novost. Trenutačno razvijene tehnologije kao što su fotonaponski (FN) sustavi, toplinske pumpe, elektromobili te baterije za pohranu električne energije, već su dostupne na tržištu i to po sve pristupačnijim cijenama, što omogućuje njihovu široku primjenu. Široka primjena novih tehnologija doprinijeti će promjenama u elektroenergetskom sustavu koji će postati puno složeniji i dinamičniji, dok će krajnji korisnici postati aktivni dio elektroenergetskog sustava te aktivno sudjelovati u potražnji i isporuci električne energije.

Široka primjena novih tehnologija će, pored tehničkih, imati i svoje ekonomske reperkusije, koje će se direktno odraziti na poslovanje operatora distribucijskog sustava (ODS). Poslovanje ODS-a se dominantno oslanja na prihode ostvarene iz naknade za korištenje mreže (mrežarine) koju plaćanju krajnji korisnici, dok se rashodi, pored troškova za opće poslovanje, dominantno odnose na održavanje postojeće te izgradnju nove elektroenergetske mreže.

Prihodi iz mrežarine reguliraju se tarifnim modelima za mrežarinu, a tarifni modeli koji su trenutno na snazi osmišljeni su u vrijeme dok su krajnji korisnici mreže bili isključivo kupci. Stoga je i temeljna komponenta za naplatu mrežarine prilagođena ubiranju naknade od krajnjih kupaca, a ta komponenta je energija preuzeta iz mreže. No, kako će nove tehnologije dovesti do novog načina korištenja energije, u kojem će se krajnji korisnici sve više oslanjati na vlastite resurse, to će za izravnu posljedicu imati umanjeno preuzimanje energije iz mreže, a posljedično i umanjene prihode ODS-a iz mrežarine.

S druge strane, sve veća integracija nestabilnih obnovljivih izvora energije, te pojava elektromobilnosti, dovodi do veće nesigurnosti u planiranju tokova snaga kroz mrežu te se očekuje povećanje vršnih snaga u dijelovima distribucijske mreže.

S obzirom da je upravo snaga električna veličina koja determinira opterećenje elemenata elektroenergetskog sustava, povećanje vršne snage te znatno povećanje oscilacija u iznosima, kao i smjeru snage, imati će za posljedicu nužnost rekonstrukcije postojeće kao i izgradnju nove elektroenergetske mreže, a što zapravo znači povećanje investicija ODS-a.

Dakle, s jedne se strane predviđa smanjenje prihoda ODS-a, a s druge strane se očekuje potreba za većim ulaganjima. Cilj ovog rada jest predvidjeti predstojeće promjene te osmisliti i predložiti nove tarifne modele koji će osigurati siguran i stabilan prihod ODS-a i u vremenima kada mrežom zavladaju nove tehnologije. Mogu se razviti različite strategije za odabir tarifnih modela, od kojih svaka ima različite tehničke i financijske koristi, a ovim radom pokušati će se odabrati optimalno rješenje.

**Ivan Pavić, Hrvoje Pandžić, Tomislav Capuder and Ivan Andročec. Tržišno orijentiran pogon elektroenergetskog sustava prilagođen novim distribuiranim tehnologijama – slučaj Francuska**

**Abstract:** Kao jedan od glavnih ciljeva nove energetske tranzicije Europska unija postavila je aktivno uključivanje novih distribuiranih tehnologija poput odziva potrošnje, električnih vozila i spremnika energije u sve segmente vođenja i pogona elektroenergetskog sustava. Isto tako, sve usluge potrebne sustavu moraju biti nabavljane preko tržišnih mehanizama s jasno definiranim i transparentnim pravilima te javno dostupnim rezultatima. Oba cilja usmjerena su povećanju fleksibilnosti za kojom su zahtjevi naglo porasli uslijed dekarbonizacije elektroenergetskog sustava kroz proteklo desetljeće. Francuski operator prijenosnog sustava RTE (franc. Réseau de Transport d'Électricité) trenutno prednjači u oba navedena cilja. Pogon francuskog elektroenergetskog sustav zasnovan je na tržišnim načelima u gotovo svim segmentima, od dugoročnog osiguranja adekvatnosti sustava, preko srednjoročnog trgovanja energijom i frekvencijskim pomoćnim uslugama, sve do kratkoročnih zahtjeva za uravnoteženjem sustava. Agregatori odziva potrošnje jasno su definirani u francuskom zakonodavstvu i mogu pristupiti svim navedenim tržišnim mehanizmima na jednaki način kao i bilo koja druga konvencionalna tehnologija (fosilne, nuklearne termoelektrane, hidroelektrane). Budući da francuski tržišni mehanizmi te mehanizmi agregacije distribuiranih tehnologija idu u korak s europskim zakonodavstvom, u nekim dijelovima i prednjače nad njime, mogu poslužiti kao referentan slučaj za sve ostale europske sustave koji još uvijek nemaju dovoljno razvijene navedene mehanizme. Rad će dati detaljan pregled svih tržišno orijentiranih mehanizama potrebnih za ispravan pogon sustava u Francuskoj te će za svaki od njih biti navedeno kako se odziv potrošnje može uključiti i kakav je trenutni status odziva potrošnje na tim mehanizmima.

Ivan Pavić, Hrvoje Pandžić and Tomislav Capuder. Agregator baterija električnih vozila – subjekt povezan s vozilima, a ne punjačima?

**Abstract:** Europska energetska strategija teži tranziciji proizvodnje električne energije s fosilnih goriva na obnovljive izvore. Takav pothvat neminovno znači porast neupravljivih izvora poput vjetroelektrana, a u isto vrijeme pad upravljivih izvora poput termoelektrana. Ukupno gledajući sustavu opada fleksibilnost, dok istovremeno raste potreba za istom. Međutim, na strani potrošnje također dolazi do značajne transformacije. Elektrifikacija cestovnog prometa stvara novog igrača vrlo bitnog na elektroenergetskom planu. Pasivnim punjenjem električnih vozila (EV), elektroenergetski sustav može pretrpiti dodatni udar na svoju već nedovoljnu fleksibilnost. S druge strane, kroz napredno upravljivo punjenje, EV mogu postati glavni pružatelj prijeko potrebne fleksibilnosti. Svako EV povezano je s elektroenergetskim sustavom preko punjača. Današnje shvaćanje korištenja fleksibilnosti iz EV isključivo se gleda kroz prizmu upravljanja punjačem. U kućanstvima punjači mogu djelovati kao dio pametne kuće ili može postojati agregator koji upravlja mnoštvom kućnih punjača. Na javnim ili komercijalnim parkiralištima punjači mogu djelovati kao pametna parkirališta ili kao dio pametne zgrade uz koju su izgrađena. Međutim, EV nisu element čije se radnje odvijaju po standardnim obrascima ponašanja energetske potrošača. Prije svega, EV nisu fiksirani za jedan punjač, već mijenjaju svoju lokaciju tijekom vremena. Prema tome, EV bi kod svake promjene punjača morali definirati opseg fleksibilnosti koju žele nuditi te bi se fleksibilnost nudila isključivo u periodu dok je EV priključeno na točno taj punjač. Fleksibilnost EV kroz period od nekoliko procesa punjenja bi bila izgubljena, a vozači bi bili primorani konstantno pratiti kakve opcije fleksibilnosti postoje i koliki opseg fleksibilnosti mogu nuditi. Nova ideja u ovom radu je ne razmatrati upravljanje punjačima kao izvor fleksibilnosti, već razmatrati upravljanje samim vozilima dok su punjači samo infrastruktura preko koje se ta fleksibilnost ostvaruje. Prednost ovog pristupa je značajno veća ekstrakcija fleksibilnosti iz EV te jednostavnije upravljanje pružanjem fleksibilnosti. Ipak, takav pristup veže sa sobom i složenu problematiku i u sustavu elektromobilnosti i u sustavu elektroenergije. Rad će dati uvod u pružanje fleksibilnosti iz EV kroz konvencionalni pristup agregiranju vozila (agregator punjača električnih vozila) te novi pristup agregatora baterija električnih vozila. Isto tako rad će obrazložiti prednosti i mane i jednog i drugog pristupa te definirati potrebne regulativne i tehničke promjene kako bi se novi pristup mogao ostvariti.

**Karlo Prahin, Krešimir Komljenović and Boris Marčić. TEHNIČKO RJEŠENJE SANACIJE BUKE NA SIGURNOSNIM VENTILIMA PARE UNUTAR POSTROJENJA POGONA EL-TO ZAGREB**

**Abstract:** Elektrana-toplana EL-TO Zagreb energetska je kompleks prvenstveno namijenjen za proizvodnju toplinske energije, proizvodnju pare za potrošače u industriji te električne energije. Njen angažirani kapacitet prilagođen je zahtjevima potrošača toplinske energije i sezonskog je karaktera.

Proizvodnja električne energije, koja je rezultat kogeneracijskog procesa, nije vodeći parametar angažmana EL-TO, nego je varijabilna i ovisna o toplinskom konzumu, tj. o potrebnom kapacitetu za njegovo podmirenje.

Lokacija proizvodnog pogona EL-TO Zagreb nalazi se na katastarskoj čestici br. 561/1, k.o. Trešnjevka. Tehničkim rješenjem sanacije buke bilo je potrebno smanjiti intenzitet buke proizvedene proradom sigurnosnih, anfar i odzračnih armatura unutar njenih gabarita na razine buke koje su dozvoljene na njenim granicama.

Kao polazišna točka za određivanje najviše dopuštene razine buke u području pogona „EL-TO Zagreb“ korišten je trenutno važeći „Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave“ (NN 145/04) u kombinaciji s generalnim urbanističkim planom grada Zagreba (GUP).

GUP grada Zagreba korišten je u svrhu određivanja namjene prostora u okolini EL-TO Zagreb, dok pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke (NN 145/04) definira najviše dopuštenu razinu buke za pojedine zone namjene.

Na osnovu pregleda aktualnih procesnih shema pojedine proizvodne jedinice, prema iskustveno utvrđenoj potrebi za sanacijom buke od strane pogonskog osoblja te na osnovu učestalosti prorade (aktivaciji) pojedinih izvora utvrđena je konačna lista sigurnosnih armatura (na sustavima srednjetačne i niskotlačne pare) koje potencijalno predstavljaju izvore neželjene buke i koje su ušle u projekt sanacije buke.

Za tako utvrđene, tj. identificirane izvore buke izvršena je procjene trenutnog stanja ispušnih sustava i prikupljena je dokumentacija potrebna za izradu projekta i narudžbu opreme za prigušenje.

Po ugradnji opreme za prigušenje buke izvršeno je dokazivanje garantnih parametara dopuštene razine buke.

**Monika Babačić, Hrvoje Žura, Sara Sivec Martinec and Mario Posavec. Implementacija sustava upravljanja energijom prema norme ISO 50001:2011 u postojeći sustav upravljanja okolišem i kvalitetom u HEP-Proizvodnji**

**Abstract:** Zakonom o energetska učinkovitosti (NN 127/14) i Pravilnikom o energetska pregledu za velika poduzeća (NN 123/15), velika poduzeća dužna su provesti energetska pregled na način utvrđen odredbama ovog zakona i pravilnika svake 4 godine ili uvesti sustav upravljanja energijom po normi HRN ISO 50001:2011 na temelju certifikata izdanog od strane akreditiranog neovisnog tijela prema relevantnim europskim ili međunarodnim normama. Ovim se Pravilnikom u zakonodavstvo Republike Hrvatske prenosi Direktiva 2012/27/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 25. listopada 2012. o energetska učinkovitosti.

ISO 50001, Sustav upravljanja energijom, međunarodna je norma razvijena od strane ISO organizacije (International Organization for Standardisation). Ova norma određuje zahtjeve sustava upravljanja energijom (energy management systems, EnMS) koji su primjenjivi za sve organizacije bez obzira na njihovu vrstu i veličinu. Norma ISO 50001:2011 bazira se na modelu sustava upravljanja koji se koristi i u ostalim normama o sustavima upravljanja (proces planiraj-uradi-provjeri-djeluj, eng. Plan-Do-Check-Act, PDCA, za kontinuirano poboljšavanje sustava) te je stoga moguća integracija s drugim sustavima upravljanja, npr. kvalitetom i okolišem.

ISO 50001 ima za cilj poboljšanje energetska učinkovitosti: uspostavljanje baze za korištenje energije, identificiranje i prepoznavanje područja od značajnog utjecaja na potrošnju energije, uspostavljanje energetska osnove, prognoziranje buduće potrošnje energije, kontinuirano praćenje i nadzor korištenja energije, te poboljšavanje upravljanja energijom. Ukratko, norma

ISO 50001 daje okvir i alate za uspostavljanje, sustavno praćenje i stalno poboljšavanje upravljanja energijom.

HEP-Proizvodnja d.o.o. započinje sa uvođenjem sustava upravljanja okolišem i kvalitetom u svoje pogone još 2002., a TE-TO Zagreb ujedno i prvi pogon u HEP grupi koji je 2005. godine ishodio certifikat za sustav upravljanja okolišem prema normi ISO 14001. Sljedećih godina je uslijedilo daljnje uvođenje sustava prema obje norme u ostalim pogonima te certificiranje istih. 2016. godine HEP-Proizvodnja odlučuje objediniti sve sustave u jedinstveni sustav upravljanja okolišem i kvalitetom i to prema novim normama ISO 14001:2015 i ISO 9001:2015.

Tijekom 2017. godini u HEP-Proizvodnji se uvodi sustav upravljanja energijom te se provode aktivnosti integracije u postojeći sustav upravljanja okolišem i kvalitetom, a u srpnju 2018. taj je sustav i potvrđen od strane certifikacijske kuće. U ovom radu prikazan je način implementacije norme ISO 50001:2011 u postojeći sustav upravljanja okolišem i kvalitetom prema ISO 14001:2015 i ISO 9001:2015 u HEP-Proizvodnji d.o.o.

**Mateja Kaurlo, Toni Pavić and Boris Kaurlo. Opravdanost upotrebe ACCC vodiča nove generacije na dalekovodima u područjima djelovanja izrazito velikih vjetrova i normalnih dodatnih opterećenja leda**

**Abstract:** Potreba za povećanjem prijenosne moći postao je nužan zahtjev za sve veći broj postojećih nadzemnih vodova prijenosne elektroenergetske mreže Republike Hrvatske.

Vlasnik iste je zbog prethodno navedenog razloga unazad nekoliko godina revitalizacijom pojedinih nadzemnih dalekovoda prepoznao korist zamjene standardnih alučeličnih vodiča novim visokotemperaturnim niskoprovjesnim vodičima (HTLS), a naročito ACCC (Aluminum Conductor Composite Core) vodičima. Osim znatnih povećanja prijenosne moći, spomenutom zamjenom, ostvarila su se i smanjenja provjesa pri visokim temperaturama, uz istodobno zadržavanje koridora postojećih nadzemnih vodova bez potrebe za pojačavanjem čelično – rešetkaste konstrukcije.

Dosadašnjim analizama primjenjivosti „klasičnog“ ACCC vodiča u prijenosnoj mreži Republike Hrvatske utvrđena su određena ograničenja primjene u uvjetima pojave značajnijih dodatnih opterećenja ledom, posebice uz istodobno djelovanje pojačanih tlakova vjetrova. Primjenjujući „klasični“ ACCC vodič u ovakvim okolišnim uvjetima, zbog njegovih mehaničkih karakteristika, dolazi do povećanja provjesa odnosno gubitka benefita smanjenih provjesa u odnosu na klasični alučelični vodič.

Godine 2018. renomirani svjetski proizvođači uvode novu generaciju ACCC vodiča, tzv. ACCC -AZR (Aluminum Conductor Composite Core – Aluminum Zirconium Reinforced). Plašt spomenutog vodiča sastavljen je od legure aluminija i cirkonija, kojim se ostvaruje znatno veća otpornost na velika dodatna opterećenja ledom te jake vjetrove u usporedbi s klasičnim ACCC vodičima čiji je plašt izrađen od potpuno žarenog aluminija. Obzirom na geografski položaj pojedinih dijelova prijenosne elektroenergetske mreže u Republici Hrvatskoj na kojima su česte pojave djelovanja izrazito velikih vjetrova i izrazito velikih normalnih dodatnih opterećenja ledom, prepoznata je mogućnost primjene upravo ove generacije HTLS vodiča u budućim planiranim revitalizacijama.

Predloženi rad će temeljito obraditi i objasniti razlike između „klasičnog“ ACCC vodiča i ACCC - AZR vodiča, pružanjem slikovitih primjera te uspoređujući njihovu prijenosnu moć, provjes pri maksimalno dozvoljenoj radnoj temperaturi vodiča, provjes pri temperaturi okoline (ujedno i temperaturi vodiča) od -5°C s normalnim dodatnim opterećenjem, jakog vjetrova, kao i druge aspekte performansi proizvoda, razmatranja dizajna i načina instalacije u različitim scenarijima.

Tomislav Radosevic, Aleksandra Stojisavljevic, Zoran Suboticaneć, Domagoj Rubić and Krunoslav Turk. Uspostava provizornog napajanja za potrebe rekonstrukcije 110 kV postrojenja u TS 110/35 kV PRAČNO

**Abstract:** U cilju osiguranja napajanja električnom energijom konzuma koji se napaja iz 110 kV postrojenja u TS 110/35 kV PRAČNO, tijekom izvođenja odgovarajućih građevinskih i elektromontažnih radova na zamjeni sabirničkog sustava 110 kV te zamjeni primarne i sekundarne opreme 110 kV postrojenja potrebno je osigurati provizorno napajanje. Kako se radi o transformatorskoj stanici koja u mreži HOPS-a i šire ima bitnu ulogu, provizornom napajanju posvećena je posebna pažnja. U ovom radu analizirana je mogućnost uspostave provizornog napajanja polaganjem 110 kV kabela na način kojim bi se omogućilo beznaponsko stanje kompletnog 110 kV postrojenja izuzev polja energetske transformatora za cijelo vrijeme izvođenja radova.

Sanja Vinter, Igor Lukačević, Kristian Horvath and Kristijan Pavić. Analiza uzroka havarije DV 110 kV Našice – Donji Miholjac

**Abstract:** Početkom kolovoza 2018. godine jako grmljavinsko nevrijeme s olujnim vjetrom i kišom zahvatilo je slavonska sela Malinovac i Beničanci smještena približno 15 km od Našica prema Donjem Miholjcu. Tom je prilikom došlo i do prekida pogona DV 110 kV Našice – Donji Miholjac zbog potpunog rušenja čelično rešetkastog stupa broj 53 i posljedično oštećenja čelično rešetkastih stupova 51, 52 i 54. Mediji i svjedoci izvještavaju o padu stabala, dizanju krovova i prekidu električne energije na niskonaponskoj mreži. Havarije visokonaponskih nadzemnih vodova uzrokovane isključivo vjetrom bez pojave dodatnog tereta od snijega ili leda rijetka su pojava na području Slavonije i središnje Hrvatske što je dodatna motivacija za detaljnije istraživanje prilika i uzroka koji su doveli do teških oštećenja 110 kV nadzemnog voda, kako bi se isti uvažili prilikom projektiranja novih, pritom pouzdanijih, nadzemnih vodova na promatranom području. Analiza će uključivati zabilježene podatke na meteorološkim postajama, analize radarskih slika, starost i stanje predmetnog nadzemnog voda koji je u pogonu od 1971. godine, osvrt na statički proračun stupa s ulaznim klimatskim parametrima koji odgovaraju tadašnjim prilikama. Usporedit će se dobiveni rezultati s ulaznim klimatskim parametrima sukladno kojima je predmetni nadzemni vod dimenzioniran, ali i s klimatskim parametrima s kojima će se projektirati nadzemni vodovi kada u primjenu uđe norma HRN EN 50341 Nadzemni električni vodovi izmjenične struje iznad 1 kV – 1. dio: Opći zahtjevi – Uobičajene specifikacije (EN 50341-1:2012) i njezin hrvatski nacionalni normativni dodatak koji je trenutačno u izradi. U nacionalnom normativnom dodatku uvažavaju se nacionalne klimatske i ostale specifičnosti, a sastavni dio nacionalnog normativnog dodatka su i karta vjetrova iz HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2012 uz koju se, kad govorimo o opterećenjima nastalima od vodiča, veže i temperatura pri kojoj se taj vjetar javlja, karte srednje godišnje, maksimalne i minimalne temperature, kao i određivanje razine pouzdanosti novoprojektiranih nadzemnih vodova. Rad je multidisciplinarnog karaktera te zahtjeva poznavanje elektromehaničkog proračuna stanja vodiča, statičko dimenzioniranje čeličnih konstrukcija i meteoroloških analiza.

Renata Rubeša, Igor Ivankovic, Marko Rekic, Dalibor Brnobić and Vedran Grudenić. Alat za detekciju i analizu elektromehaničkih oscilacija u elektroenergetskom sustavu zasnovano na sinkroniziranim mjerenjima fazora

**Abstract:** Elektroenergetski sustav primjer je nelinearnog sustava s mnogo različitih izvora oscilacija, time i oscilatornih tipova, među kojima su elektromehaničke oscilacije, oscilacije uzrokovane regulacijskim elementima ili subsinkrone oscilacije. Estimacija oscilacija u EES-u daje izravnu mogućnost uvida u stanje stabilnosti sustava. Neprigušene, odnosno raspirujuće oscilacije mogu rezultirati ispadima pojedinih dijelova EES-a pa je stoga mogućnost brze estimacije parametara modova oscilacija u sustavu nadzora od velike važnosti za pravovremenu reakciju dispečera. Mogućnost estimacije oscilacija u realnom vremenu olakšana je ugradnjom WAM (Wide Area Monitoring) sustava, koji omogućuje prihvrat mjerenja s vrlo preciznom vremenskom oznakom. Koncentrator sinkrofazora u HOPS-u osim svoje

glavne uloge za prikupljanje i obradu sinkrofazorskih mjerenja ima ugrađen i modul za analizu elektromehaničkih oscilacija. U referatu je opisan alat za detekciju oscilacija na povijesnim podacima s ciljem integracije sustava za automatsku detekciju oscilacija, tj. potencionalno nestabilnih događaja u stvarnom vremenu

Elektromehaničke oscilacije koje se analiziraju u alatu su oscilacije malih frekvencija (LFO – low frequency oscillations) povezane sa stabilnošću sustava za male poremećaje. Tipovi elektromehaničkih oscilacija malih frekvencija koje se detektiraju su:

1. Međupodručne oscilacije (0.1 Hz – 0.7 Hz) koje se odnose na njihanje jedne grupe generatora u jednom dijelu sustava s drugom grupom generatora na drugom dijelu sustava uzrokovane slabim spojnim vezama između njih.

2. Lokalne oscilacije (0.7 Hz - 2.5 Hz) koje se odnose na osciliranje jednog generatora prema ostatku sustava ili dva generatora jedan prema drugome (generatori nisu električni udaljeni, npr. u istoj elektrani)

Međupodručne oscilacije koje se danas detektiraju u spojenom sustavu kontinentalne Europe su stalno prisutne oscilacije europskog sjevera prema jugu, iznosa približno 0.25 Hz i oscilacije istoka prema zapadu iznosa približno 0.15 Hz. Najčešće korištena matematička metoda za analizu signala i identifikaciju sustava sa sinkroniziranim mjerenjima fazora je Prony analiza. Prednosti Prony analize u usporedbi s drugim matematičkim metodama je što se originalni mjereni signal dekomponira na način da osim informacije o frekvenciji, amplitudi i fazi oscilatornih modova dobiva i iznos prigušenja pojedinog moda. U referatu je opisana implementacija Prony analize na način koji omogućuje učitavanje sinkroniziranih mjerenja fazora te nad odabranim vremenskim signalom (u korisnički definiranom vremenskom prozoru) provodi dekompoziciju signala na oscilatorne modove za koje će se dati informacija o broju oscilatornih modova, prepoznati dominantni oscilatorni mod, frekvencija, fazni kut, amplituda i konstanta prigušenja. Omogućena je analiza signala mjerenja napona, struje, radne i jalove snage i frekvencije s detekcijom dominantnog oscilatornog moda.

**Paula Mamić, Mirna Gržanić and Tomislav Capuder. Programska platforma za aktivno upravljanje distribucijskom mrežom**

**Abstract:** Operatori elektroenergetskog sustava moraju omogućiti kvalitetnu, pouzdanu i neprekidnu opskrbu električne energije svim krajnjim potrošačima. Stalni trend porasta potrošnje električne energije može uzrokovati povećanje gubitaka u mreži, pad napona, zagušenja vodova te time smanjiti kvalitetu opskrbe. Iako su kritični trenuci u mreži rijetki, operatori sustava dugoročnim planiranjem investiraju u pojačanje mreže kako bi se izbjegli spomenuti problemi što u većini slučajeva rezultira predimenziranjem mreže.

Alternativno ulaganju u pojačanje mreže, operator sustava može iskoristiti fleksibilnost distribuiranih izvora i upravljivih potrošača. Trenutno ne postoje zakonske regulative koje bi omogućile sudjelovanje krajnjih potrošača na tržištu električne energije, tržištu rezerve i tržištu pomoćnih usluga. U ovom radu bit će predstavljena analiza regulativnih okvira i tržišta na području EU te objašnjen koncept pružanja usluga fleksibilnosti od strane aktivnih potrošača. Prikazat ćemo koncept platforme pružanja usluga fleksibilnosti krajnjih potrošača operatoru sustava u okviru današnjih regulativa.

Platforma predstavlja program gospodarenja energijom u elektroenergetskoj mreži te pruža mogućnost izravne komunikacije operatora sustava s aktivnim potrošačima. Platforma je podijeljena na 4 modula: dugoročno planiranje, kratkoročne operacija dan-unaprijed, unutarдневно planiranje te modulom za pregled svih novčanih transakcija i razmijenjenih profila energije.

Modulom dugoročnog planiranja operator sustava prema povijesnim podacima o potrošnji, tehničkim ograničenjima u mreži i financijskim parametrima (inflacija, ponderirani prosječni trošak kapitala eng. WACC, odgode u investiranje) određuje jediničnu cijenu rezervacije i aktivacije usluga fleksibilnosti, penale u slučaju nemogućnosti isporuke, raspored aktivacija te

maksimalni iznos fleksibilnosti koji pojedini potrošač može pružiti za sljedeću godinu. Na platformi je podržano pregovaranje između operatora sustava i pružatelja usluga fleksibilnosti s rezultatom sklapanja ugovora.

Kratkoročnim planiranjem operator sustava aktivira ugovorenu fleksibilnost za dan-unaprijed koja je izračunata prema modelu optimalnih tokova snaga u mreži. Unutardnevni modul omogućava aktivaciju fleksibilnosti prema stvarnom stanju i zahtjevima mreže. Platforma je povezana s komercijalnim alatom proračuna tokova snaga Neplan te pruža tehničko rješenje za komunikacijski protokl te grafičko sučelje za operatora sustava.

#### **Ivan Jurić, Joško Grašo, Ante Čović and Mario Šulc. IZGRADNJA SAMOSTOJEĆE TRANSFORMATORSKE STANICE TS 10(20)/0,4 kV INSTALIRANE SNAGE TRANSFORMATORA 2x2000 kVA**

**Abstract:** Razvojem društva i većom potrebom za električnom energijom dolazi do konstantnog povećanja instalirane snage transformatora u distribucijskim transformatorskim stanicama. U transformatorskim stanicama smještenim u građevinama instalirane snage transformatora odavno su veće od 1000 kVA, dok je u samostojećim transformatorskim stanicama instalirana snaga transformatora uglavnom do 1000 kVA.

Upravo zbog potrebe za povećanjem instalirane snage transformatorskih stanica, Elektra Zagreb izradila je uputu s osnovnim gabaritima i nacrtima rasporeda opreme za samostojeće transformatorske stanice i transformatorske stanice u objektu snage 1(2)(3)x2000 kVA. Na temelju upute izrađen je glavni projekt transformatorske stanice TS 10(20)/0,4 kV, 1x2000 kVA, dok je još 2013. godine izgrađena prva samostojeća distribucijska transformatorska stanica s instaliranom snagom transformatora od 2000 kVA.

Referatom će biti obuhvaćena izgradnja prve samostojeće distribucijske transformatorske stanice instalirane snage 2x2000 kVA za potrebe napajanja poslovne građevine. Kako se radi o prvom takvome objektu na prostoru Republike Hrvatske, cijeli objekt trebalo je od početka osmisлити, građevinski projektirati, proizvesti i na kraju izgraditi.

#### **Krešimir Komljenović, Marinko Matić and Marko Klasiček. Zamjena sustava vođenja kotlova UT1 i UT2 u pogonu EL-TO**

**Abstract:** U pogonu EL-TO postrojenje PTE Zagreb zapad( blok H i blok J) je izgrađeno i pušteno u funkcionalni pogon 1998 godine. Funkcija postrojenja je proizvodnja električne energije, tehnološke pare za industriju i grijanje, kao i dogrijavanje mrežne vode za potrebe vrelodnog sustava. Postrojenje se sastoji od dvije plinske turbine 2x26MW( PTA1, PTA2), dva kotla na otpadnu toplinu UT1, UT2 (2x64t/h pare) te pomoćnih postrojenja ( otpadne vode, napajanje kotlova, energetska dioda). Kako je postojeći sustav vođenja na kotlovskom dijelu i pomoćnim postrojenjima Siemens Simatic S5 u dugogodišnjoj uporabi, pojavljuju se kvarovi čije otklanjanje je sve teže, kao i nabava pričuvnih dijelova za navedeni sustav čija je proizvodnja odavno prestala. Zbog navedenih razloga pristupilo se zamjeni sustava vođenja sa novim Siemens SPPA T-3000 sustavom.

U referatu će biti opisana modularna struktura SPPA T-3000 sustava, njegova učinkovitost te korištenje jednog korisničkog sučelja za projektiranje, konfiguriranje, dijagnostiku, upravljanje i nadzor. Također, bit će dan osvrt na zamjenu upravljačkog ormara kotla UT1, upravljačkog ormara kotla UT2, upravljačkog ormara zajedničkog dijela postrojenja te zamjenu ormara za nadzor rada elektroenergetskog postrojenja. Prikazana će biti zamjena procesno mjerne opreme u polju, pretvarača tlaka, pretvarača diferencijalnog tlaka te pretvarača temperature . Analizirat će se metode mjerenja, prednosti i nedostaci za određenu vrstu medija, te sama strojarska implementacija u polju. Ugradnja novih elektromotornih prigona analizirat će se sa aspekta prilagodbe na izvršene članove, načina upravljanja te funkcionalne implementacije u novi sustav vođenja.

U komandi PTE osim radnih stanica za nadzor rada postrojenja ugrađena je i radna stanica za nadzor rada VT plinovoda. Pomoću ove radne stanice i instaliranog SCADA sustava obavlja se nadzor stanja i upravljanje radom blokadnih stanica na VT plinovodu (BS EL-TO, BS Sava i BS

Botinec) kao i nadzor rada PMRS-a (tlakovi, protoci, temperatura). U referatu će se prikazati uklapanje postojećeg SCADA sustava nadzora VT plinovoda u novi sustav vođenja putem OPC-a.

U pogonu EL-TO instaliran je sustav za upravljanje procesnim podacima PIM (Process Information Management) koji služi za prikupljanje i analizu procesnih podataka iz postojećih sustava za upravljanje. U referatu će biti prikazano proširivanje sustava PIM s novim mjerenjima sa sustava PMRS i VT plinovoda.

Na kraju referata analizirat će se mogućnosti za poboljšanje te optimiranje novog sustava vođenja.

#### **Ervin Černetić, Hrvoje Bulat and Ratko Ivković. SANIRANJE LIJEVE OBALE STARE DRAVE RADI OSIGURANJA DALEKOVODNOG STUPA BR.45 NA DV 110 kV KOPRIVNICA-HE DUBRAVA**

**Abstract:** Radi iskorištenja velikog hidropotencijala rijeke Drave šezdesetih godina prošlog stoljeća na gornjem i srednjem toku izgrađen je niz hidroelektrana, pa je tijekom vremena gotovo sva količina vode preusmjerena na proizvodnju električne energije, dok starim koritima Drave protječe minimalan protok. Izgradnjom hidroelektrana praktički je prekinut transport nanosa, te iako starim koritom protječe minimalni protok, dolazi do pojave formiranja koncentriranog toka i lokalne erozije koja se ne nadoknađuje nanosom s uzvodnih dionica Drave.

Unatoč tome, redovitim pregledom trase dalekovoda 2011.g. utvrđeno je znatno napredovanje erozionog procesa i približavanje obala rijeke Drave dalekovodnom stupu broj 45 na DV 110 kV Koprivnica-HE Dubrava.

Sam vod izgrađen je 1986.god., dužine: 17,1 km, vodiča: Al/ Fe 3 x 240/40, izolatora: KT-120, 51 stup, čelično-rešetkasti, tipa "Jela" (ujedno i stup br. 45).

Udaljenost temelja stupova do rijeke Drave iznosila je 1986.god. 116,0 metara, 2002.god. udaljenost je bila 41,0 metar, dok je te 2011.god. ona iznosila 15,50 metara.

Isto tako, važno je napomenuti da se u neposrednoj blizini rijeke Drave nalazi i vod DV 2x400 kV Žerjavinec-Heviz.

Kako bi se utvrdio stvarni intenzitet ove pojave koja se pratila nekoliko godina, u proljeće 2011.god. napravljena je geodetska izmjera predmetne lokacije te su prikupljeni podaci preklapljeni sa digitalnom orto-foto snimkom iz 2002.god. za to područje.

Slijedeći korak bila je izrada Idejnog rješenja zahvata (sanacije obale) na predmetnoj lokaciji.

Elaboratom zaštite lijeve obale stare Drave radi osiguranja dalekovodnog stupa br.45 DV 110 kV Koprivnica – HE Dubrava analizan je problem i predloženo rješenje zaštite obale i stupa.

Elaboratom je predviđena zaštita obale u dužini od cca 150 m uzvodno od stupa 45. Pojas širine oko 4 m zasipa se najprije slojem sitnog kamena (promjer 5-15 cm), te na njega dolazi sloj krupnog lomljenog kamena (promjer 25-30 cm). Preostali dio pokosa utvrđuje se travnatim busenom i sadnicama drugog autohtonog bilja, a dopunski se zaštićuje s posjećenim manjim stablima sa granama (dužine 5-6 m) koje usporava tok vode uz obalu.

Prilikom izvođenja radova treba sačuvati obalni obraštaj, a pristup mehanizacije omogućiti pristupnim putovima iza pojasa šume.

U proljeće 2018.god., uslijed poplava i učestale erozije tla u blizini stupa, udaljenost rijeke od stupa spustila se na 9 m, te je bilo nužno odmah reagirati izvedbom zaštite dijela obale od daljnje erozije u skladu sa prijedlogom i mjerama zaštite okoliša iz dokumentacije za ocjenu utjecaja zahvata na prirodu i okoliš, te rješenjem danom u Elaboratu zaštite obale Drave.

Zahvat je izveden kamenim nabačajem čime je obala zaštićena od daljnje erozije. Prvi kameni nabačaj bio je u slojevima (sitni, pa krupni, lomljeni kamen), dužine od cca 25 m.

Krajem 2018.god. napravljen je ponovni zahvat, ovaj puta u dužini od 150 m, čime je u potpunosti zaštićen i stup br.202 na trasi dvostrukog 400 kV voda.

#### **Dragan Ljubičić, Hrvoje Bulat and Tomislav Stjepandić. Rekonstrukcija TS 110/35 kV Koprivnica uspostavom provizornog napajanja**

**Abstract:** TS 110/35 kV Koprivnica predstavlja jedno od većih elektroenergetskih čvorišta 110 kV naponske razine i poveznicu sjevera RH s ostatkom EES-a preko susjednih TS Križevci i TS Bjelovar. Postojeća TS Koprivnica projektirana je i građena u više etapa, a 110 kV postrojenje u pogon je uključeno 1969. godine. Zbog starosti postrojenja, njegove veličine i položaja u EES-u, bilo je nužno izvršiti rekonstrukciju 110 kV postrojenja TS 110/35 kV Koprivnica.

Postrojenje 110 kV u TS 110/35 kV Koprivnica, osim kao značajno čvorište ima i veliku važnost za napajanje električnom energijom šireg konzuma grada Koprivnice te za napajanje glavnog željezničkog prometnog koridora od Mađarske (preko Zagreba) do luke Rijeka. Osim navedenog, 110 kV dalekovodom Koprivnica -Virje radijalno je povezana TS 110/35 kV Virje na čiju 35 kV naponsku razinu je priključeno najveće plinsko energetska postrojenje u RH - CPS Molve.

Zbog specifičnosti proizvodnje dravskih elektrana koje se nalaze u neposrednoj blizini TS Koprivnica, napajanja konzuma HEP-ODS d.o.o. Elektra Koprivnica i HŽ Infrastrukture, trajanja isključenja vodnih i transformatorskih polja bila su minimalna i ograničavajući faktor pri izvedbi radova u vanjskom djelu postrojenja.

Uslijed navedenog, a zbog važnosti i opsežnosti obuhvata zahvata, te potrebe za uspostavom beznaponskog stanja kompletnog postrojenja 110 kV (uz izuzetak dijela polja energetskih transformatora) kao preduvjeta za početak radova, prije početka same rekonstrukcije bilo je nužno izvesti prespajanje 110 kV vodova na način da se osigura poveznica elektroenergetske prijenosne mreže PrP Zagreb sjever-jug i napoje transformatorska polja HEP-ODS d.o.o. Elektra Koprivnica i HŽ-infrastrukture d.o.o., te osigura napajanje CPS Molve preko radijalnog 110 kV dalekovoda Koprivnica -Virje

Uspostavom provizorija i suradnjom investitora HOPS d.o.o. PrP Zagreb s korisnicima 110 kV postrojenja - HEP-ODS d.o.o., Elektra Koprivnica i HŽ infrastruktura, postojeća 110 kV polja energetskih transformatora su tijekom cjelokupne rekonstrukcije konstantno bila u pogonu te je osigurano napajanje korisnika bez prekida.

Cjelokupni projekt rekonstrukcije postojećeg postrojenja 110 kV u TS Koprivnica realiziran je u manje od dvije godine od početka izrade i uspostave provizorija.

**Petar Romac. Harmonijski odziv zamašnjaka u tranzijentnim uvjetima**

**Abstract:** Glavna funkcija zamašne mase rotora je ublažavanje naglih promjena kutne brzine vratila uzrokovanih fluktuacijama momenata koji djeluju na rotor generatora. Pri projektiranju generatora stoga treba voditi računa o zamašnoj masi rotora koja je vrlo često ulazni podatak postavljen kao zahtjev od strane kupca. Kako bi se ti zahtjevi ispunili, potrebno povećanje momenta tromosti rotora može se postići povećanjem promjera aktivnog dijela rotora ili postavljanjem zamašnjaka na rotor. Kada postoje dimenzijska ograničenja, kao što je slučaj u proizvodnji kompaktnih generatora, momenti tromosti zamašnjaka mogu, ovisno o zahtjevima kupca, prelaziti čak polovinu ukupne zamašne mase rotora. Takav odnos zamašnih masa može pod određenim uvjetima rezultirati velikim momentnim odzivom na zamašnjaku, te shodno tome i uzrokovati velika naprezanja u vratilu. Također, tranzijentni momenti koji djeluju na rotor često su i red veličine veći od nominalnog, a pri analizi momentnog odziva na zamašnjaku treba voditi računa i o harmonijskom karakteru momenata kratkog spoja i momenta pogrešne sinkronizacije. U programu kompaktnih generatora Končar GiM se radi zaštite od preopterećenja vratila, ali i zbog jednostavnosti ugradnje koriste spojevi sa steznim elementima kao metoda učvršćenja zamašnjaka na vratilo. Korištenjem takvih elemenata se ostvaruje stezni spoj, te se moment na zamašnjak prenosi trenjem. Iznos najvećeg momenta koji se može prenijeti, a time i najveće torzijsko naprezanje u vratilu, moguće je regulirati ovisno o tlaku u spoju. Kako bi se analizirala mehanička interakcija rotora i harmonijskog opterećenja, postavljen je model harmonijskog oscilatora koji se sastoji od dvije zamašne mase spojene preko torzijske opruge, koja opisuje torzijsku krutost vratila, i elementa s Coulombovim prigušenjem, koji opisuje proklizavanje steznog spoja vratila i zamašnjaka. U okviru ovog rada također su dana analitička rješenja za slučaj bez proklizavanja spoja, te su postavljene jednadžbe za numeričko rješavanje problema s proklizavanjem, temeljem kojih

je, za potrebe Končar GiM, razvijen računalni program. Nadalje, analiziran je utjecaj omjera zamašnih masa, krutosti vratila, rezonancije i drugih faktora na elastični odziv vratila s proklizavanjem zamašnjaka.

**Marina Mrđa Lalić, Sanja Martinez and Ivana Šioć. THE NEW QUANTITATIVE COATING QUALITY TEST FOR LABORATORY AND FIELD MEASUREMENTS**

**Abstract:** The new technique of quantitative coating quality monitoring is based on electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and the use of an innovative electrode assembly with gel electrolyte suitable for laboratory and field measurements of coating electrical resistance.

The proposed measuring technique is particularly suited to testing the slightly different coating formulations for development purposes and in the case of coating quality assessment and control because it gives quantitative results compared to the commonly used visual assessment. It is possible to detect very small differences in the properties of high-quality coating systems (impedances  $> 10^{10} \Omega$ ). It is also possible to monitor the degradation of coatings due to exposure to the aggressive environment before the appearance of visual changes on the surface of the coating.

The technique was applied on high-durability coatings intended for the protection of transformers in the coastal and offshore areas corresponding to C5- (H) and CX corrosivity categories in accordance with ISO 12944. Monitoring the impedance of the coating during exposure in the salt chamber according to ISO 9227 has proved that the long-term effectiveness of the coating may be estimated based on the results of the first 100 hours of exposure which can bring down test costs for the material significantly, as well as later maintenance costs due to the selection of the most effective coating based on the quantitative test results.

**Mario Tot. Opcije proizvodnje električne energije na području jugoistočne Europe do 2050. godine**

**Abstract:** U razdoblju do 2050. godine potrebno je u potpunosti promijeniti strukturu proizvodnje električne energije što će bitno utjecati na visinu investicija i strukturu troškova. U radu se razmatraju scenariji opskrbe-proizvodnje električne energije na području jugoistočne Europe za razdoblje do 2050. godine. Modeliran je regionalni povezani elektroenergetski sustav primjenom linearnog i mješovitog cjelobrojnog programa.

Analizirani su scenariji proizvodnje električne energije ovisno o očekivanom razvoju nekoliko važnih utjecajnih parametara – obveze i ciljevi smanjenja emisije stakleničkih plinova, raspoloživost primarnih goriva (prirodni plin kao tranzicijsko rješenje), očekivani razvoj tehnologija za proizvodnju niskougljične električne energije (OIE, nuklearne elektrane, CCS), mogućnost razvoja velikih hidroelektrana na promatranom području i mogućnosti spremanja električne energije (namjenski spremnici tj. baterije, povezivanje s drugim dijelovima energetskeg sustava, spremnici na strani korisnika i sl.).

**Sonja Ravlić Begić, Velimir Ravlić, Neven Lang Kosić and Mario Pernar. IZGRADNJA ZAMJENSKE TS 110/10(20) kV KRŠNJAVOGA (UKLOPNA I)**

**Abstract:** Primjena metalom oklopljenih i plinom SF6 izoliranih postrojenja omogućila je, zbog znatno smanjenih dimenzija, primjenu TS 110/10(20) kV na onim mjestima gdje se teško dolazi do slobodne površine zemljišta. U tom slučaju omogućena je zamjena postojeće TS 30(35)/10 kV u klasičnoj AIS izvedbi s TS 110/10(20) kV na istom prostoru. Ovim člankom će se razmotriti mogućnost zamjene postojeće TS 30/10 kV KRŠNJAVOGA novom TS 110/10(20) kV KRŠNJAVOGA na lokaciji postojeće TS 30/10 kV.

Renata Rubeša, Krešimir Mesić, Mate Lasic, Tomislav Stupić and Matej Nikola Raič. Uspostava procesnih sustava za podršku vođenju elektroenergetskog sustava u sklopu Sincro.Grid projekta

**Abstract:** Svrha projekta Sincro.Grid je da se ugradnjom novih kompenzacijskih uređaja te korištenjem naprednih procesnih sustava i algoritama upravlja tokovima snaga na način da se poboljša kvaliteta napona u EES-u i poveća prijenosna moć postojećih vodova. Ciljevi projekta ostvaruju se, među ostalim, u funkcijskim cjelinama sustava za koordiniranu regulaciju napona i kompenzaciju jalove snage, sustava za dinamičko praćenje opterećenja dalekovoda te IT sustava koji povezuje i integrira spomenute sustave u jedinstvenu IT infrastrukturu. Ciljevi Sincro.Grid projekta ostvariti će se:

- uspostavom naprednog i modernog informacijskog sustava procesnog dijela infrastrukture podatkovnog centra na lokaciji Nacionalnog dispečerskog centra HOPS-a uzimajući u obzir postojeće trendove u području ICT tehnologije. Programska podrška obuhvatit će uspostavu lokalnog centra za optimizaciju napona i jalove snage s mogućnošću automatskog slanja upravljačkih naloga prema postojećim i novim kompenzacijskim uređajima u HOPS-u te uključivanje vjetroelektrana u sustav optimizacije i regulacije napona.
- povećanje prijenosne moći postojećih prijenosnih kapaciteta dalekovoda osigurat će se uspostavom sustava za dinamičko praćenje opterećenja nadzemnih vodova za tri dalekovoda naponske razine 220 kV u hrvatskoj prijenosnoj mreži.
- integracijom novih komponenti poslužiteljske i komunikacijske opreme kao i cjelokupne programske podrške u postojeće IT sustave HOPS-a.

Dizajn i implementacija sustava za regulaciju napona i jalove snage bazirana je na funkciji VVC (eng. Volt Var Control) proizvođača ABB koji omogućava upravljanje uređajima za regulaciju napona i jalove snage poštujući hijerarhijsku strukturu upravljanja EES-om u HOPS-u na način da se VVC sustav povezuje s postojećim SCADA/EMS sustavom HOPS-a. VVC sustav u svom radu koristi podatke zaprimljene u stvarnom vremenu i model mreže sa svim podacima potrebnim za rad EMS aplikacija (funkcija estimator stanja, analiza sigurnosti i Volt-VAR) što uključuje SCADA i EMS funkcije.

Dizajn i implementacija sustava za dinamičko praćenje opterećenja dalekovoda temeljena je na meteorološkim modelima, proračunu tokova snaga i analizi sigurnosti za trenutačno i kratkoročno buduće stanje sustava te je integrirana s postojećim procesima proračuna tokova snaga sustava.

U referatu je dan opis tehničkog rješenja nadogradnje sustava vođenja i analize rada EES-a na način da su svi sustavi uključeni u Sincro.Grid projekt implementirani kao cjelina koja se integrira u postojeće sustave za vođenje i analizu rada EES-a. Na ovaj način je osigurana visoka kvaliteta integracije, pouzdanost rada sustava i kraće vrijeme integracije novih sustava s postojećima. Napredni procesni tehnički sustavi za podršku vođenja EES-a kroz projekt Sincro.Grid instaliraju se u NDC-u uz poštivanje hijerarhije sustava upravljanja i vođenja EES-a u HOPS-u te maksimalno osiguranje robusnosti sustava i informacijske sigurnosti sustava.

Marko Kelava, Martina Vajdić and Ivica Toljan. Projekt tržišnog povezivanja temeljen na metodi proračuna tokova snaga

**Abstract:** Projekt tržišnog povezivanja temeljen na metodi proračuna tokova snaga (eng. the Core Flow-Based Market Coupling project, skr. Core FB MC) radi na razvoju i provedbi dnevnih aktivnosti tržišnog povezivanja u Core regiji (eng. Core Capacity calculation region, skr. Core

CCR) u okviru jedinstvenog dan unaprijed tržišta (eng. the Single Day-Ahead Coupling, skr. SDAC). Osnovu CCR-a čine sljedeće države članice Europske unije (EU): Austrija, Belgija, Hrvatska, Češka, Francuska, Njemačka, Mađarska, Luksemburg, Nizozemska, Poljska, Rumunjska, Slovačka i Slovenija.

Metoda proračuna tokova snaga (eng. Flow-Based, skr. FB) je metoda u kojoj se fizička ograničenja mreže dobivaju na osnovi dostupnih ograničenja na kritičnim elementima mreže (grane) i faktorima raspodjele prijenosa snage koji su definirani za svaku kritičnu granu i svaku zonu trgovanja (eng. Bidding zone) unutar Core CCR. Ti faktori opisuju kako se mijenja položaj svake zone trgovanja kada se promijeni protok energije u kritičnoj grani. Računalni algoritam zatim traži optimalniju razmjenu energije između zona trgovanja.

U usporedbi s postojećom metodom proračuna mrežnih prijenosnih kapaciteta (eng. Net Transmission Capacity, skr. NTC), metoda FB uzima u obzir višestruke parametre i optimizacijske uvjete te stoga bolje odražava stvarne okolnosti u mreži. Metoda proračuna tokova snaga proizlazi iz Uredbe Komisije (EU) 2015/1222 o uspostavljanju smjernica za dodjelu kapaciteta i upravljanje zagušenjima (članak 20.), poznatija kao Uredba CACM te predstavlja važan dio europskog ciljnog modela.

Metodologija doprinosi smanjenju razlike u cijenama između nacionalnih tržišta električne energije (stabilnije cijene) i povećava društvenu dobrobit uključenih država.

U radu će se opisati povijest projekta Core FB MC koji je temeljen na odluci Agencije za suradnju energetske regulatora (eng. Agency for the Cooperation of Energy Regulators, skr. ACER) iz 2016. godine. S obzirom na to da je projekt u tijeku, te da je Hrvatska dio njega, dat će se pogled iz lokalne perspektive te očekivanja od trenutka kad projekt zaživi. Realizacija projekta očekuje se u četvrtom tromjesečju 2020. godine.

**Matej Žigić, Dario Polančec and Zoran Budak. Izazov objedinjavanja dispečerskog centra Elektroslavonije ususret reorganizaciji HEP ODS-a**

**Abstract:** U ovom referatu obraditi ćemo temu pod naslovom „Izazov objedinjavanja dispečerskog centra Elektroslavonije ususret reorganizaciji HEP ODS-a“. U prijašnjem modelu rada dispečeri DP Elektroslavonije bili su fizički razmješteni po tadašnjim pogonima bez direktne nadležnosti rukovoditelja Službe za vođenje pogona. Tada su rukovoditelji pogona imali ulogu šefa dispečera te je time bilo jako teško uvoditi promjene i vršiti nadzor nad radom svakog pojedinog dispečerskog mjesta. Svako od dispečerskih mjesta po pogonima je radilo na svoj način te su postojala razna tumačenja pravila koja su raznoliko i provođena u praksi. Da bi takav model rada bio održiv bilo je potrebno raspolagati sa oko 18 ljudi s time da pojedina područja vođenja nisu bila pod direktnim nadzorom dispečera 24h. Kod pogona Đakovo, Valpovo i Đakovo je noću smjene preuzimao dispečer 35 kV strane. Našice su imali smjenski rad u punom turnusu i bili su nadležni i za područje Orahovice i Donjeg Miholjca. Nakon reorganizacije dispečerska mjesta su objedinjena u jednom centru za vođenje te su područja rada vođenja strateški podijeljena na tri radna mjesta. Time smo postigli bolju kontrolu i jednakost rada na svim radnim mjestima. Savladani su mnogi izazovi poput nedostatka broja ljudi zbog odlazaka u mirovinu, do stvaranja tehničkih preduvjeta kako bi dispečerski upravljački centar mogao funkcionirati kao jedna cjelina. Dodatni izazov je bio izdvajanje tadašnjih 35kV dispečera u novu organizaciju DDC – distribucijski dispečerski centar u Sektoru za upravljanje mrežom. Novom organizacijom dispečeri DDC-a su radnim mjestom ostali u prostorijama bivšeg upravljačkog centra zajedno sa dispečerima DUC-a. Da bismo mogli sagledati sve prednosti i nedostatke novog modela rada trebala je proći barem jedna godina u novom načinu rada. Ta godina je prošla te sada kroz ovaj rad želimo pokazati koje su prednosti, a koji su nedostaci ovakvog načina rada, te sa kojim smo se problemima susreli prilikom uspostavljanja novog načina rada.

**Rino Lucić and Ivica Jurić-Grgić. IZRAČUN EFEKTIVNE DULJINE METALNE TRAKE HORIZONTALNO UKOPANE U ZEMLJU PRIMJENOM TEORIJE VIŠEŽIČNOG VODA**

**Abstract:** Efektivna duljina metalne trake kao i efektivna površina uzemljivača je pojam koji je povezan sa dinamičkim karakteristikama uzemljivača. Eksperimentalno je utvrđeno da samo jedan dio duljine horizontalno položene uzemljivačke elektrode, počevši od mjesta ulaska struje munje, efektivno utječe na vrijednost impulsne impedancije. Postoji nekoliko definicija efektivne duljine horizontalno položene uzemljivačke trake. Međutim sve te definicije se svode na odabir kriterija za izračun duljine metalne trake pri kojoj nema više promjene odnosno smanjenja vrijednosti impulsne impedancije. Kada duljina uzemljivačke elektrode prelazi određenu vrijednost, daljnji porast duljine uzemljivačke elektrode ima vrlo mali utjecaj na maksimalnu vrijednost prenapona a sami time i na vrijednosti impulsne impedancije. U radu će biti prikazan izračun efektivne duljine metalne trake horizontalno ukopane u zemlju. Kao podloga za izračun efektivne duljine horizontalno ukopane metalne trake koristit će se poboljšani model višezličnog voda za rješavanje problema širenja elektromagnetskog vala primjenom metode konačnih elemenata. Tako dobiveni rezultati će biti uspoređeni sa empirijskim formulama koje se nalaze u literaturi a koje su temeljene na eksperimentalno dobivenim rezultatima.

**Boris Sučić, Stane Merše and Željko Tomšić. MODELIRANJE I OPTIMIRANJE POTROŠNJE ENERGIJE U ZGRADARSTVU - ANALIZA SLUČAJA UNUTAR KOMPLEKSA ZGRADA KOJE PRIPADAJU ZNANSTVENOISTRAŽIVAČKOJ INSTITUCIJI**

**Abstract:** Deklarativno je energetska učinkovitost prepoznata kao najjeftiniji i za okoliš najčišći energetski izvor jer se s povećanjem učinkovitosti uporabe postojećih energetskih izvora izravno smanjuju potrebe za dodatnom proizvodnjom energije. Na žalost, većina europskih država ima dobro napisane planove kako oživiti tržište energetske učinkovitosti koji se u praksi slabo primjenjuju. Naime, iako se u teoriji često navode takozvana univerzalno primjenjiva rješenja poticanja energetske učinkovitosti, bez kvalitetne prilagodbe stvarnim uvjetima na lokaciji i kreiranja proaktivnog provedbenog okruženja ne može se očekivati uspješna provedba početno definiranih programa. Pravilno razumijevanje potrošnje energije temelj je za donošenje optimalnih odluka i energetski učinkovito upravljanje u zgradarstvu. Bez pravog razumijevanja konteksta potrošnje energije nemoguće je predlagati sustavna i održiva rješenja za poboljšanje energetske učinkovitosti. Uvođenjem naprednih mjernih sustava krajnji bi korisnik uvijek trebao imati na raspolaganju detaljne podatke o potrošnji svih oblika energije što dodatno otvara prostor za nove energetske usluge. Osim koristi za krajnjega korisnika distributeri električne energije očekuju da će napredni mjerni sustavi uz pravilne cjenovne signale potaknuti krajnje korisnike da dio svoje potrošnje dinamički prilagođavaju potrebama elektroenergetskog sustava. Razumijevanjem konteksta potrošnje energije lakše bi se usmjerilo krajnje korisnike da uz primjerenu naknadu dio svojih trošila uključe u zajednički sustav upravljanja potrošnjom i reguliranja vršnog opterećenja čime bi se operatoru distribucijskog sustava omogućilo dodatno optimiranje poslovanja.

U ovom su radu prikazani rezultati sveobuhvatnog modeliranja i optimizacije potrošnje energije unutar kompleksa zgrada koje pripadaju znanstvenoistraživačkoj instituciji. Prilikom modeliranja je korištena metoda analize potrošnje energije preko energetskih troškovnih centara koja proizlazi iz metode integracije procesa te se temelji na povezivanju energetskih tokova i pravilna razumijevanja aktivnosti na analiziranoj lokaciji, tj. na povezivanju energetskih i procesnih dijagrama. Radi potvrđivanja predloženog modela na analiziranoj su lokaciji instalirana dodatna brojila za mjerenje potrošnje električne energije. Vrijedno je napomenuti da je u konkretnom slučaju instaliranjem dodatne mjerne opreme za praćenje potrošnje te uspostavljanjem sustava za gospodarenje energijom stvoren okvir za provedbu drugih, kompleksnijih mjera energetske učinkovitosti. Predloženi je pristup omogućio pravilnu identifikaciju energetske opreme i infrastrukture što je bio nužan preduvjet za održivu nadgradnju postojećeg sustava nužnog napajanja na analiziranoj lokaciji te omogućavanje nuđenja novih usluga na tržištu pomoćnih usluga kao što je tercijarna regulacija frekvencije.

**Oktay Akkas, Johannes Hämmer and Tobias Gruber. Advantages of a centralized embedded transformer operating system for power transformers**

**Abstract:** An embedded transformer operating system is a centralized digital data hub, which, depending on the configuration of the required functions, performs various tasks for controlling, regulating and monitoring a power transformer. It also communicates with higher-level control technology systems.

Measured values from sensors attached to the transformer and tap-changer are recorded by the secondary system and subsequently processed in evaluation, control and monitoring functions. Based on defined parameters, such as voltage and oil temperature, the embedded transformer operating system regulates the actuators on the transformer, typically the tap-changer and the cooling of the transformer.

With an integrated system solution for all automation, control and monitoring functions on the power transformer it provides an optimized operation with maximum operational reliability in energy networks and simultaneously reduces life cycle costs. A central communication interface between field level and control level is created. A modular design of hardware and software architecture will meet a wide variety of customer requirements. With increasing demands on energy networks and the average age of power transformers rising, intelligent equipment is a basic requirement. Therefore it is necessary to digitalize important transformer to be capable for the grid challenges of tomorrow.

Viktor Lovrenčić, Primož Ribič, Robert Maruša and Rado Ferlič. SUGURAN RAD U BLIZINI DIJELOVA POD NAPONOM NA VISOKONAPONSKIM DVOSUSTAVNIM NADZEMNIM VODOVIMA ELES-a

**Abstract:** Na elektroenergetskoj mreži radove održavanja i montaže na nadzemnim vodovima potrebno je često provoditi na način da se aktivnosti izvode u blizini dijelova pod naponom odnosno u blizini visokog napona. Sukladno propisima, rad u blizini dijelova pod naponom je svaki rad kod kojeg radnik s dijelom svojega tijela, alatom ili bilo kojim drugim predmetom ulazi u zonu približavanja, ali bez prodiranja u zonu rada pod naponom. Pri tome radnik mora paziti na sigurnosnu udaljenost, koja je udaljenost u bilo kojem smjeru između dijelova pod naponom i bilo kojeg dijela tijela radnika ili sredstva kojeg koristi kada više nisu potrebne nikakve mjere zaštite. Ona je, u pravilu, jednaka graničnom razmaku zone približavanja, ali može biti i veća kod radova na dizalicama, transportnim sredstvima i sličnim sredstvima. U praksi, često se rad obavlja na dvosustavnim ili više sustavnim nadzemnim vodovima, kada se konkretni radovi izvode na isključenom sustavu, a istodobno je drugi sustav pod naponom. Pod električnim radovima smatramo radove sa, na ili u blizini električnih postrojenja, poput provjeravanja i mjerenja, popravaka, održavanja, otklanjanja kvarova, premještanja, prilagođavanja, proširivanja, stavljanja pod napon, nadzor i drugo. Zna se da je propisano da električna postrojenja, instalacije i oprema te zaštitna oprema za osobnu zaštitu pri radu s električnom energijom moraju ispunjavati zahtjeve važećih propisa o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom. Zato je poslodavac dužan napraviti procjenu rizika sa stajališta osiguranja sigurnosti i zdravlja pri radu i, ako je potrebno, pripremiti interne pisane upute za sigurno obavljanje poslova. Kako bi se smanjili rizici koji se mogu definirati kao rizik od električnog udara zbog induciranog napona, prenapona ili kapacitivnog napona, posebnu pozornost treba posvetiti osiguravanju sigurnosti i zdravlja pri radu u smislu odgovarajućih propisa. Stoga je provedena detaljna analiza internih praksi i opasnih pojava u ELES-u, kao i pregled globalnih iskustava. Spoznaje su zapisane u studiji koja nudi operativna rješenja i sistemska usmjerenja za daljnji rad u ELES-u. S ciljem uvođenja odgovarajuće organizacije, poboljšanja radnih postupaka i opreme te dosljedne uporabe propisane osobne zaštitne opreme, napisan je priručnik za sigurnu primjenu radova u blizini dijelova pod naponom. Priručnik će biti sastavni dio internih sigurnosnih pravila ELES-a i izvrsna osnova za dopunu procjene rizika, utvrđivanje općih i posebnih uvjeta rada, osposobljavanje izvođača takvih radova i vršenje nadzora nad provedbom radova u blizini dijelova pod naponom.

Igor Žiger, Robert Maruša, Rado Ferlič, Darko Malek, Rok Judnič and Viktor Lovrenčić. ISKUSTVO PRIMJENE NAPONSKIH TRANSFORMATORA VELIKE SNAGE

**Abstract:** Naponski transformatori velike snage jednofazne su jedinice namijenjene prijenosu energije izravno s visokog napona prijenosnih razina (110 kV i više) na niski napon. Motivacija za primjenu ovakvog rješenja slijedi iz želje operatera prijenosnog sustava da napajanje vlastite potrošnje ima pod svojim nadzorom i kontrolom, te da nije ovisan o naponskim prilikama i potencijalnim kvarovima u srednjenaponskom sustavu. Pri tome ih je moguće koristiti za različite namjene u različitim topologijama trafostanica.

Glavna ideja ovog rada je predstaviti iskustvo korištenja naponskih transformatora velike snage za napajanje vlastite potrošnje trafostanica, koje je prikupljeno radom ovakvih transformatora u postrojenjima slovenskog operatera prijenosnog sustava ELES-a. Konkretno, radi se o dvije trafostanice 110 kV, RTP Karbid i RTP Selce koje su izabrane kao testni poligon za primjenu ovakvih transformatora.

Autori rada sudjelovali su u svim fazama ovog projekta, od definiranja koncepta, topologije trafostanice, zahtjeva na sam transformator i njegove implementacije. Stoga je cilj rada obuhvatiti sve navedene aspekte i služiti kao primjer dobre prakse za sve stadije nabave i implementacije ovog tipa transformatora.

U nedostatku jedinstvenog standarda za naponske transformatore velike snage, vrlo je bitno detaljno definirati zahtjeve na ovaj tip transformatora, uključivo osnovne postavke dizajna, opseg rutinskih, tipskih, specijalnih i prijemnih ispitivanja, te optimalan opseg dodatne opreme za nadzor transformatora u pogonu.

S obzirom da su naponski transformatori velike snage i njihova primjena i dalje novitet u elektroenergetskim sustavima okruženja, jednaka razina pozornosti posvećena je implementaciji ovakvih transformatora, izboru adekvatnih trafostanica za probni rad, te adekvatne topologije unutar same trafostanice, s ciljem formiranja tipskog rješenja koje bi bilo primjenjivo na većini trafostanica unutar energetskeg sustava Slovenije.

Krajnji cilj rada je stručnoj javnosti, te svim sadašnjim i potencijalnim korisnicima naponskih transformatora velike snage, prezentirati sažetak dosadašnjeg iskustva s ovim tipom proizvoda, te iznijeti zaključke, preporuke i dobre principe prikupljene kroz suradnju s korisnicima transformatora i kroz vlastitu ekspertizu temeljenu na dugogodišnjem radu i razvoju.

**Daibor Brnobić, Igor Ivanković, Srđan Skok and Renata Rubeša. Analiza osjetljivosti i potencijalna poboljšanja sinkronizacije vremena u sinkrofazorskim sustavima i aplikacijama**

**Abstract:** Sinkrofazorski mjerni uređaji (Phasor Measurement Unit - PMU) i na njima temeljeni sustavi za sistemski nadzor (Wide Area Monitoring System - WAMS) su dosegli svoju zrelu fazu razvoja. Ipak, potpuna automatizacija sustava upravljanja i zaštite korištenjem naprednih algoritama PMU tehnologije primjenjuje se samo na vrlo ograničenim dijelovima sustava. Potpunu automatizaciju na nivou cijelog sustava danas još uvijek nije moguće primijeniti. Glavno ograničenje proizlazi iz činjenice da svaki PMU uređaj mora bit precizno sinkroniziran na globalno UTC (Coordinated Universal Time) vrijeme s dopuštenim odstupanjem reda jedne mikrosekunde. Stručna javnost očekuje da će se robusna sinkronizacija vremena na PMU uređajima postići uvođenjem novih tehnoloških rješenja u idućih pet godina.

Danas postoje različita tehnološka rješenja koja mogu osigurati potrebni stupanj vremenske sinkronizacije, ali su sve tehnologije osim sustava satelitske navigacije GNSS (Global Navigation Satellite System) u široj praksi neprimjenjive zbog tehničkih ograničenja ili previsoke cijene. Nedostatak GNSS je vrlo niska niske razine prijemnog signala. Ispravan prijem se može blokirati, a posljedično narušiti vremenska sinkronizacija i ispravnost rada složenih zaštitnih ili upravljačkih algoritama, signalnim smetnjama male snage koje nastaju

kao rezultat prirodnih pojava, tehničkih sustava ili napada na prijemnik. Kako bi se utvrdile opasnosti koje može prouzročiti neispravna sinkronizacija PMU uređaja, u radu su najprije analizirani najvažniji sklopovski elementi WAMS sustava te njihova podložnost negativnom utjecaju vanjskih smetnji. Potom je analiza negativnog utjecaja proširena na programsku potporu PDC poslužitelja i karakteristične algoritme upravljanja i zaštite. Na temelju analize određeni su zahtjevi u pogledu točnosti vremena koje mora ispuniti redundantni sustav za vremensku sinkronizaciju. Na kraju je dan pregled alternativnih trenutno dostupnih tehnoloških rješenja koje bi mogle povećati stupanj robusnosti vremenske sinkronizacije u WAMS sustavima.

Ksenija Žubrinić-Kostović, Aleksandar Šuša, Igor Ivanković, Boris Avramović, Domagoj Peharda, Ana Kekelj, Zoran Zbunjak and Dean Dobrec. Informacijski sustavi u naprednim mrežama za analizu stanja prekidača

**Abstract:** Prekidač je vitalni element elektroenergetskog sustava (EES) prijenosne mreže. Pouzdan rad prekidača je od najveće važnosti. Neplanirani kvarovi na prekidačima mogu uzrokovati katastrofalne posljedice za vitalnu opremu EES-a.

Prema pravilima o održavanju postrojenja i opreme elektroenergetskih građevina prijenosne mreže utvrđeni su postupci i pravila održavanja postrojenja koja obuhvaćaju i održavanje prekidača. Predviđene su aktivnosti preventivnog održavanja kao što su redoviti pregled, redoviti periodični pregled, nadzor, revizija i remont. Današnje tehnologije za praćenje stanja opreme postale su mnogo sofisticiranije i veći je broj ulaznih podataka iz raznih informacijski sustava te se uz navedena pravila mogu se uvesti i analize prema stanju prekidača. Na temelju toga može se donijeti ocjena stanja opreme ili ocjena njene istrošenosti / degradacije kroz promatrani vremenski period.

U radu će biti opisane osnovne usluge održavanja prekidača i potrebne aktivnosti kontrole.

Opisati će se tehnologije praćenja pogona prekidača i njihov utjecaj na maksimalni dozvoljeni broj prekidanja prekidača.

Zbog napretka u telekomunikacijama i računalnoj snazi servera, moderni SCADA sustavi se podešavaju tako da skupljaju gotovo sve dostupne podatke iz sustava koje nadziru i upravljaju. Ovi raznoliki podaci su, pored glavnih funkcionalnosti nadzora i upravljanja, korišteni i u naprednim sustavima upravljanja prijenosnom mrežom (Smart Grid) od strane mnoštva različitih alata i aplikacija. Neki podaci dostupni u modernim SCADA sustavima uključuju tipove podataka koji mogu biti korišteni za centralizirani nadzor prekidača, rastavljača i druge sklopne opreme. Podaci SCADA sustava mogu dati informaciju o stanju plina i evidenciji kvarova na prekidaču.

Osim toga u radu će se opisati kontrola provjere da li je postignut broj isključenja prema krivulji maksimalnog dopuštenog broja prekida kao funkcija prekidne struje.

Tijekom analize prate se podaci broja uklopa na samom prekidaču i iznosi struja kod prekidanja tijekom poremećaja u elektroenergetskom sustavu. Obuhvaćeni su informacijski sustavi relejne zaštite odnosno praćene struje kvara kod svakog APU-a i ispada. Prate se također i podaci SCADA sustava i isklopi prekidača bez napona i pod naponom. Osim navedenog izvor informacija ukopa i isklopa može se dobiti sa brojila iskapanja samog prekidača.

U radu će se prikazati iznosi struja kvara po fazama za pojedina polja, primjer izračuna dozvoljenih kratkih spojeva, te dijagram koji prikazuje broj prekida struje u ovisnosti o iznosu struje kratkog spoja, analiza kvarova na prekidaču iz SCADA sustava, te na temelju svih dostupnih podataka napraviti procjena degradacije stanja prekidača

Analiza stanja prekidača u sadašnjem trenutku bazira se na praćenje u realnom vremenu (SCADA sustav) i van realnog vremena, zbog važnosti prekidača potrebno je osmisliti povezivanje svih informacija kako bi se analiza mogla obavljati u realnom vremenu.

Neven Vujičić, Marko Nevistić, Mladen Penava, Mate Kutleša, Stipe Lelas and Marin Ištvanović. DOSADAŠNJA ISKUSTVA PRIMJENE HAVARIJSKIH MODULARNIH STUPOVA U REPUBLICI HRVATSKOJ

**Abstract:** Ovisno o slučaju, iznenađan ispad dalekovoda iz pogona može uzrokovati prekid opskrbe potrošača električnom energijom i imati različite posljedice, kako za operatore prijenosnih i distribucijskih sustava – potencijalni trošak neisporučene električne energije, povećani troškovi zbog prijenosa energije alternativnim dalekovodima; tako i za potrošače – gubici zbog prekida proizvodnje i slično.

Prekidi pogona najčešće nastaju zbog prirodnih nepogoda – klizište, led, vjetar, padovi stabala na vodiče. Međutim, prekid može biti i planirani, npr. rekonstrukcija ili dogradnja trafostanice, stupova itd.

Kako bi se skratilo vrijeme koje je potrebno za ponovnu uspostavu normalnog pogona uslijed težih havarija koje zahtijevaju izgradnju novih stupova, posljednjih godina su primjenjivana rješenja uspostavom privremenog pogona pomoću havarijskih modularnih stupova (eng. Emergency Restoration System, skraćeno ERS). Navedeni stupovi omogućuju privremeno postavljanje novog havarijskog modularnog stupa pokraj oštećenog te izvedbu privremenog obilaska (by-pass) prebacivanjem vodiča na havarijski stup. Spomenuti se postupak montaže privremenog stupa i prebacivanja vodiča s planiranjem i pripremom može izvesti u dva dana. Od 2016. godine kada su se počeli primjenjivati havarijski modularni stupovi u Republici Hrvatskoj, zabilježeni su različiti slučajevi primjene ovog tipa stupova.

U ovom radu će biti prikazana dosadašnja iskustva u primjeni havarijskih modularnih stupova, uzroci zbog kojih su se dogodili ispadi dalekovoda i načini njihova rješavanja, kako s projektantskog gledišta, tako i s gledišta izvođača radova te nadzornih inženjera.

Statistički, najčešći uzrok ispada vodova je bilo nakupljanje leda na vodičima dalekovoda, kada uz dodatnu pojavu značajnijeg vjetra neminovno dolazi do težih oštećenja konstrukcije pa i rušenja stupova. Zatim je zabilježeno oštećenje stupova zbog pada stabala na vodiče dalekovoda prilikom ilegalne sječe šume. Također će biti obrađen slučaj primjene havarijskih modularnih stupova i uspostavljanja privremenog pogona dalekovoda te zamjene postojećeg stupa zbog deformacije temelja stupa. Na kraju će biti prikazan slučaj uspostave privremenog prespoja dva dalekovoda pomoću havarijskog modularnog stupa u funkciji refleksnog stupa radi rekonstrukcije vodnih polja unutar trafo stanice.

**Josip Šiljeg, Josip Grabovac and Zvonimir Martinović. POBOLJŠANJA NAKON UGRADNJE MULTIFUNKCIJSKIH BROJILA I REKONSTRUKCIJE SUSTAVA ZA PRIKUPLJANJE I OBRADU PODATAKA ZA OBRČUNSKO MJERENJE U OP MOSTAR**

**Abstract:** Projektom zamjene sustava za daljinsko prikupljanje i obradu podataka za obračunsko mjerenje u OP Mostar obavljena je nabavka i implementacija novog sustava. Projektom implementirani sustav u potpunosti je prilagođen potrebama odjela za obračunsko mjerenje OP Mostar svakodnevnom primjenom i dodatnim finim udešavanjem sustava. Paralelno implementaciji novog sustava obavljena je i zamjena brojila starije generacije novim multifunkcijskim brojlilima, čime su sva obračunska mjerna mjesta u prijenosnoj mreži pokrivena brojlilima zadnje generacije. Na ovaj je način ostvaren veliki napredak u funkcionalnosti cijelog sustava, koja je ostvarena odgovarajućim korištenjem dodatnih mogućnosti novih brojila i njihovim prihvaćanjem i obradom u novom AMR sustavu.

Sustav ima brojna poboljšanja među kojima se ističe upotreba web servisa za razmjenu podataka s ostalim sudionicima EES-a. Web servisi predstavljaju poboljšanje u smislu transparentnosti pristupa podacima prema vanjskim AMR sustavima trećih strana, koji imaju mogućnost izravnog pristupa do validiranih podataka, a s druge strane osiguravaju nemogućnost utjecanja na podatke u vlasništvu OP Mostar

Novi AMR sustav ima visok stupanj pouzdanosti očitavanja i sigurnosti podataka zbog korištenja vlastite infrastrukture. Implementacijom nove sklopovske platforme i modernog aplikativnog rješenja ostvaren je veliki napredak u osuvremenjivanju cijelog sustava, a posebno na polju sigurnosti, dodatnih funkcionalnosti i sigurnoj pohrani podataka.

**Dalibor Gorenc, Teo Klepo and Božidar Filipović-Grčić. Analiza kvara VN prekidača 123 kV u TS Mostar 2 uslijed grmljavinskog nevremena**

**Abstract:** Za vrijeme grmljavinskog nevremena 21.06.2018 g. došlo je do kvara u 110 kV postrojenju TS Mostar 2 pri čemu je došlo do eksplozije polnog stupa VN prekidača tip 8E1-I-123 proizvođača Končar, u fazi L2 dalekovodnog polja 110 kV Nevesinje. Posljedica kvara su ispadi 110 kV dalekovoda i oba transformatora 110/x kV tj. beznaponsko stanje TS Mostar 2. Na osnovu KRD zapisa iz TS Mostar 2, analizom programa za praćenje i lociranje atmosferskih pražnjenja te pregledom prekidnih komora prekidača L1 i L3, rekonstruiran je redoslijed događaja koji je u konačnici doveo do eksplozije polnog stupa u fazi L2. Na osnovu KRD zapisa zaključeno je da je do inicijalnog kvara na prekidaču došlo uslijed udara munje u dalekovod DV 110 kV Nevesinje koji je uzrokovao dvopolni kratki spoj s zemljospojem na dalekovodu i preskok između otvorenih kontakata prekidača na polovima L1 i L2 te formiranje vodljive staze u međukontaktom prostoru na polu L2 prekidača. Konačno, do eksplozije polnog stupa L2 došlo je zbog unutanjeg luka koji se formirao između otvorenih kontakata najprije sa strujom 2,4 kA u trajanju 2,4 s, a nakon toga sa strujom od 111 A u trajanju od oko 60 s. Obzirom da je inicijalni kvar koji je doveo do eksplozije polnog stupa L2 uzrokovao preskok na polovima L1 i L2 prekidača, za očekivati je bilo da će se nakon otvaranja komora, tragovi preskoka vidjeti samo na polu L1 dok je pol L3 trebao biti bez vidljivih tragova preskoka. To je i potvrđeno tj. nakon otvaranja polnih stupova L1 i L3 na polu L1 uočeni su tragovi dielektričkog preskoka s unutarnje strane glavne sapnice i vanjske strane pomoćne sapnice. Na vanjskoj i pomoćnoj sapnici pola L3 nisu uočeni nikakvi tragovi preskoka. Uz pomoć sustava za praćenje i lociranje munja i KRD zapisa, pronađeni su udari munja koji su mogli uzrokovati kvarove na DV Nevesinje kao i na samom prekidaču. Kako bi se u budućnosti spriječili ovakvi događaji, predloženo je nekoliko mjera, a primarna mjera je ugradnja odvodnika prenapona u dalekovodna polja čime bi se poboljšala koordinacija izolacije u TS Mostar 2.

#### **Marijo Šundrica. Izračun generatorske struje kratkog spoja**

**Abstract:** U ovom radu je obrađena specifičnost generatorske struje kratkog spoja. Osim komponente struje kratkog spoja koja dolazi iz krute mreže, kvar se napaja i strujom iz najbliže generatorske jedinice. Potonju se naziva generatorska struja kratkog spoja. Njezina specifičnost je da osim izmjenične sadrži i značajnu istosmjernu komponentu struje. Istosmjerna komponenta uzrokuje odgođeni prolazak valnog oblika struje kroz nulu. Zbog toga postoje specifični zahtjevi za odabir prekidača koji treba prekinuti generatorsku komponentu struje kvara.

U radu su obavljene analize kratkog spoja za dva električna sustava. U prvom slučaju se radi o klasičnom sustavu sa sinkronim strojem koji se koristi samo za proizvodnju energije. Obavljena je analiza mogućeg kvara kroz cijelo generatorsko područje rada. Pritom su korišteni svi potrebni podaci sustava kao što su podaci stroja, pogonska karta, V-krivulje, itd. Obrađena je struja kvara u svim specifičnim radnim točkama: induktivno, radno i kapacitivno opterećenje. Posebnost drugog sustava je rad sinkronog stroja u motorskom području koji se koristi za pumpanje. Prelazak u pumpni režim se obavlja sinkronim zaletom pomoću frekvencijskog pretvarača. Analiza struja pri mogućem kratkom spoju je obavljena u karakterističnim točkama zaleta. Pritom su korišteni podaci sinkronog stroja, karakteristika zaleta (ovisnost napona armature o brzini vrtnje itd.). Također su analizirane sporija i brža varijanta sinkronog zaleta.

Za izračun valnih oblika struje potrebno je koristiti adekvatan simulacijski alat. Radi toga su u radu izrađene simulacijske studije u programskom paketu Matlab/Simulink. Opisani su i svi uvjeti pri kojem su simulacije obavljene. Tu se prije svega misli na postavljanje početne radne točke te na odabir najmanje povoljnog trenutka kvara. Prikazani su rezultati u svim karakterističnim radnim točkama. Obavljena je analiza rezultata sukladno najnovijim tehničkim smjernicama. Budući da simulacijske studije obuhvaćaju cjelokupne električne sustave ukratko je obuhvaćena i analiza mrežne komponente struje kratkog spoja. Na osnovi svega navedenog obavljen je i osvrt na izbor generatorskog prekidača.

**Ivica Pavić, Zdravko Šojat, Branimir Đikić and Damir Mišćenić. Primjena energetskih transformatora s kosom regulacijom**

**Abstract:** Problem zagušenja u dijelu prijenosne mreže u okolini TS Senj 220/110 kV riješen je ugradnjom novog transformatora s kosom regulacijom nazivne snage 200 MVA. Navedeni transformator ima mogućnost rada u režimima uzdužne ili jedne od dvije kose regulacije, čime je značajno povećana fleksibilnost pogona te održavanje naponskih prilika i tokova snaga u ovom dijelu prijenosne mreže. U HE Senj instalirana su tri generatora nazivnih snaga 72 MW, pri čemu je jedan generator snage priključen na sabirnice naponske razine 220 kV, a druga dva na sabirnice 110 kV. Generatori su na prijenosnu mrežu priključeni preko blok-transformatora BT1, BT2 i BT3. Prije tri godine stari blok-transformatori, koji nisu imali mogućnost regulacije napona u pogonu zamijenjeni su novim blok-transformatorima s ugrađenom regulacijskom sklopkom kojom je moguće upravljati pod naponom (Load Tap Changer). Instalacijom novih blok-transformatora BT1, BT2 i BT3 s regulacijskom sklopkom omogućena je promjena njihovog prijenosnog omjera u pogonu. Time su dodatno proširene regulacijske mogućnosti u HE Senj, odnosno TS Senj 220/110 kV.

**Filip Plečaš, Igor Mladinić and Darko Biuk. TRANSFORMATORSKA STANICA 110/35 kV OPUZEN - REKONSTRUKCIJA 110 kV POSTROJENJA I UVOĐENJE U SDV**

**Abstract:** Transformatorska stanica TS 110/35 Opuzen izgrađena je i puštena je u pogon 1979. godine. Osim što je oprema u postrojenju bila stara i nepouzdana, raspored polja 110 kV na sabirnicama bio je vrlo nepovoljan, jer nije bilo omogućeno održavanje opreme sabirnica i sabirničkih rastavljača bez potpunog beznaponskog stanja. Transformatorska stanica nalazi se u neposrednoj blizini elektrovrhne podstanice koja je priključena na sabirnice 110 kV. Pri rekonstrukciji sabirnica 110 kV trebalo je voditi računa o napajanju EVP-a. U postrojenju 110 kV izgrađene su jednostruke sabirnice za priključak 11 polja (=E1 do =E11). Nakon rekonstrukcije izvedenim tehničkim rješenjem dobiveno je uzdužno dvostruko sekcioniranje sabirnica na sekciju A i sekciju B uz preraspodjelu polja. Prilikom rekonstrukcije transformatorske stanice zbog preraspodjela polja, bilo je potrebno voditi računa o prilagodbi krajnjih stupova međunarodnih vodova DV Neum i DV Čapljina.

**Ozren Husnjak, Tihomir Tonković, Davor Bojić, Nikša Vrkić and Anthea Štor. EKSPERIMENTALNA IDENTIFIKACIJA MEHANIČKIH IMPEDANCIJA GLAVA NAMOTA GENERATORA NA OSNOVI KONTINUIRANOG MJERENJA VIBRACIJA**

**Abstract:** Mjerenja vibracija glava namota provode se najčešće pomoću optičkih akcelerometara, koji se ugrađuju direktno na glave namota. Optički akcelerometri su napravljeni od keramičkog kućišta i optičkih vlakana te ne sadrže metalne dijelove, što ih čini sigurnim za instalaciju na opremu pod visokim naponom.

Vibracije glava namota izrazito variraju u radu generatora i ovise o trenutnom iznosu snage, ali i o termičkim uvjetima u namotima i paketu. Iznosi vibracija se često mijenjaju višestruko, čak i kod stalnih iznosa radne i jalove snage, u periodu u kojem se značajno mijenja termičko stanje namota i paketa. Stoga je praćenje i dijagnostika vibracijskog stanja na osnovi mjerenja i analize ukupnih iznosa vibracija jako otežana, pogotovo zbog činjenice da se vibracije glava namota u radu generatora dominantno pojavljuju na frekvenciji 100 Hz (ili 120 Hz u elektro-energetskim sustavima gdje je frekvencija 60 Hz). U tim uvjetima je vrlo teško iz praćenja vibracija glava namota ocijeniti uzroke njihovih čestih promjena.

U cilju preciznije dijagnostike mehaničkog stanja vijenca glava namota razvijen je i implementiran postupak kontinuiranog praćenja mehaničke impedancije glava namota na položajima na kojima su ugrađeni davači vibracija.

Konfiguracija je izvedena na reverzibilnom agregatu snage 155 MVA (138 MW u generatorskom radu i 125 MW u pumpnom radu). Posebno su analizirane promjene mehaničke impedancije glava namota u procesu progrijavanja i uočene su velike razlike mehaničke impedancije u početku rada generatora (kada su namoti i paket statora na niskim temperaturama) od stanja nakon nekoliko sati rada (radnog stanja).

Osim ispitivanja u radu na mreži, vrlo važne rezultate daju mjerenja u pumpnom zaletu i električnom kočenju. Ovi režimi su najbolji način da se detektiraju frekvencijske karakteristike mehaničke impedancije u području frekvencija 0 – 105 Hz, što uključuje i identifikaciju rezonantnih frekvencija glava namota.

Kontinuirano praćenje mehaničkih impedancija glava namota je najbolji način detekcije popuštanja sustava ukrućenja namota unutar i izvan paketa statora, kada se takvo popuštanje dogodi.

Optimiranje vibracijskog odziva glava namota se, primjenom analize mehaničkih impedancija u radu, svodi na određivanje najvećeg iznosa mehaničke impedancije u dinamičkim i termičkim uvjetima, koji su prisutni u zoni glava namota. Ako se detaljno identificiraju opisani uvjeti – pojava najvećih mehaničkih impedancija se može uspješno realizirati i na fizičkim modelima u laboratoriju.

#### Mislav Čurin, Saša Cazin, Goran Levačić and Alan Zupan. MJERE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU

**Abstract:** Energetska učinkovitost, jedan od strateških prioriteta Europske unije, predstavlja upotrebu manje količine energije i energenata za obavljanje istog posla. Prijenosna i distribucijska mreža obuhvaća sve elemente sustava između proizvodnih jedinica električne energije i krajnjih kupaca. Dio proizvedene električne energije na putu od proizvodnog objekta do krajnjih kupaca nepovratno se izgubi prolaskom kroz postrojenja i opremu elektroenergetskog sustava (EES-a). Kako je udio navedenih gubitaka značajan i u konačnici predstavlja trošak od velike je važnosti gubitke u prijenosnoj i distribucijskoj mreži svesti na minimum. Nakon utvrđivanja principa i identifikacije mjesta nastanka gubitaka u elektroenergetskom sustavu moguće je odrediti niz mjera energetske učinkovitosti.

Postoje brojne mjere za smanjenje gubitaka u prijenosnoj i distribucijskoj mreži, koje je potrebno uzeti u obzir prilikom planiranja razvoja elektroenergetskog sustava. Mjere povećanja energetske učinkovitosti u EES-u moguće je podijeliti u dvije temeljne skupine: povećanje energetske učinkovitosti zamjenom elektroenergetske opreme i mjere vezane uz vođenje pogona EES-om. S obzirom da svaka od mjera utječe na niz faktora, kvalitetna procjena doprinosa pojedine mjere energetske učinkovitosti ovisiti će o identifikaciji mjesta nastanka gubitaka i načinu na koji pojedina mjera dovodi do smanjenja promatranih gubitaka. Nadalje, manja potreba za proizvodnjom električne energije za pokriće gubitaka ujedno znači i smanjenje emisije stakleničkih plinova u atmosferu, ali i povećanje energetske neovisnosti uslijed manje potrebe za uvozom energije i energenata. Znatna ulaganja u napredne tehnologije i razvoj mjera energetske učinkovitosti predstavljaju veliki potencijal za smanjenje postojećih gubitaka i stvaranje održivog i ekonomski učinkovitog elektroenergetskog sustava u budućnosti.

U radu je dan pregled zakonskih obaveza operatora prijenosnog i distribucijskog sustava po pitanju energetske učinkovitosti, te su navedeni najčešći gubitci i optimalna rješenja za postizanje energetske učinkovitosti u EES-u. Dodatno, iskazane su vrijednosti mogućih ušteda u gubicima elektroenergetske mreže Republike Hrvatske, koje se procjenjuju i objavljuju svake godine u sklopu desetgodišnjih planova razvoja hrvatske prijenosne i distribucijske mreže.

#### Milan Puharić. Utjecaj obnovljivih izvora energije na proizvodnji portfelj HEP Proizvodnje

**Abstract:** Hrvatski EES ima sve veći udio OIE, poglavito vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana stoga je potrebno sagledati utjecaj novih izvora energije na bilancu HEP Proizvodnje te prognozirati kako će se u budućnosti HEP-ovi proizvodni kapaciteti suočiti s rastućim udjelom obnovljivih izvora energije. U članku će se također obratiti pozornost na sigurnost hrvatskog EES-a, analizirati njegovu samodostatnost ( općenito) kao i ovisnost o uvozu električne energije.

#### Damir Tomerlin. PRIMJENA POSTUPKA TVRDOG LEMLJENJA NA TERENU KOD IZVODA POLNOG NAMOTA HIDROGENERATORA

**Abstract:** SAŽETAK

U članku je opisan slučaj lomnog otkaza izvoda polnog namota te tehnološki prikladan postupak reparature. Tokom eksploatacijskog perioda hidrogeneratora, jedan od izvoda odlomio se od pripadajućeg polnog namota, uzrokujući pritom prekid međupolne veze. Hidrogenerator je posljedično ostao izvan funkcije. Dat je kratak opis polnog namota i njegove izvedbe.

Reparaturni postupak bilo je potrebno hitno provesti na terenu, kako bi se finansijski gubici vezani uz period stroja izvan funkcije, smanjili na minimum. Provedba reparature na terenu uvijek je zahtjevnija od reparature u tvorničkim uvjetima, gdje postoji značajna logistička i tehnološka podrška. U navedenom slučaju bio je potreban odabir tehnološki provedivog procesa koji bi omogućavao spajanje odlomljenog izvoda i polnog namota te garantirao kvalitetu dobivenog spoja.

U članku je naveden pregled mogućih metoda (tehnologija) reparature; TIG zavarivanje i tvrdo lemljenje. Opisana je tehnologija tvrdog lemljenja bakra, odabrana kao najprikladnija za izvođenje reparature. Probe i ispitivanja lemnih bakrenih uzoraka su prethodno izvršene u tvornici, kako bi se odredila mehanička svojstva materijala i lemnih spojeva. Na temelju dobivenih rezultata moguće je krenuti u fazu planiranja i provedbu reparature. Reparaturni postupak proveden na terenu detaljno je opisan. Posebno je bitna priprema spoja te zaštita okolnog područja. S obzirom na visoki toplinski unos prilikom tvrdog lemljenja, zaštita izolacije postojećeg polnog namota je od presudne važnosti. U slučaju toplinskog oštećenja ili pregaranja izolacije namota, potrebna je demontaža kompletnog pola sa rotora generatora te preizoliranje polnog namota u tvornici. Praćenjem i odvođenjem topline pomoću termičke zaštite omogućena je kvalitetna provedba reparaturnog procesa.

Nakon provedbe procesa, pomoću dostupnih NDT metoda izvršena je provjera ishoda reparacije i prikladnost spoja za daljnju upotrebu.

U članku je na konkretnom slučaju iz prakse opisana moguća primjena tvrdog lemljenja kao metode reparacije odlomljenih bakrenih izvoda polnog namota. Zaključak je kako se na ovaj ili srodan način mogu provoditi reparature sličnih oštećenih strojnih elemenata energetskih postrojenja, i to u otežanim terenskim uvjetima.

**Matija Mance, Ana Jukić and Renata Rubeša. Utjecaj veličine nadzirane mreže Italije na proračun analize sigurnosti**

**Abstract:** Analiza sigurnosti N-1 jedan je od važnijih proračuna koji se koriste za vođenje elektroenergetskog sustava (EES-a) u realnom vremenu. Ona predstavlja N-1 mjeru za robusnost EES-a, odnosno mogućnost zadržavanja stabilnosti sustava nakon ispada pojedinog elementa.

Proračuni prikazani u ovom radu provedeni su u NetVision DAM sustavu za nadzor i planiranje rada elektroenergetskog sustava instaliranog u nacionalnom dispečerskom centru HOPS-a. NetVision DAM sustav koristi se za praćenje i analizu rada EES-a u stvarnom vremenu, studijske analize u vremenu bliskom stvarnom vremenu, post mortem analize, provjere izvodivosti dan (DA CF) i dva dana unaprijed (D2 CF) te unutar dnevnih provjere izvodivosti (ID CF).

Ulazni podaci za analizu sigurnosti su model mreže EES-a i rezultati proračuna estimacije stanja. Osim o kvaliteti navedenih ulaznih podataka, točnost rezultata analize sigurnosti značajno ovisi o širini observabilnog područja nad kojim se provode proračuni. Observabilno područje obuhvaća onaj dio prijenosne mreže za koji su dostupna mjerenja i uklopna stanja u stvarnom vremenu. U prikazanom slučaju, ono obuhvaća 400/220/110 kV prijenosnu mrežu HOPS-a te nadziranu mrežu susjednih i obližnjih operatora prijenosnog sustava.

U ovom radu biti će prikazan utjecaj veličine nadzirane mreže na točnost rezultata analize sigurnosti na primjeru proširenja nadzirane mreže na područje sjeverne Italije. Nadzor mreže u tom području od velike je važnosti za analizu mogućih preopterećenja u mreži prijenosnog područja Rijeka, prilikom ispada značajnijih elemenata u okolini, npr. PST Divača ili vod 400 kV TS Divača – TS Berićevo.

Proširenjem nadzirane mreže za X stanica na području sjeverne Italije, uz integraciju vanjskog WARD ekvivalenta za dio 400 i 220 kV mreže Italije, ostvareno je povezivanje sa 220 kV mrežom Austrije (TS Lienz), što omogućava realnije zatvaranje tokova snaga u 400 i 220 kV mreži prijenosnog područja Rijeka u slučaju ispada značajnijih elemenata u okolini.

U radu će biti opisani problemi u analizi sigurnosti koji proizlaze iz nedovoljnog opsega nadzirane mreže. Također, biti će prikazan način na koji je ostvareno proširenje nadzirane mreže na područje sjeverne Italije te će se proračunom pokazati značaj prikazanog proširenja.

**Toni Dropulić, Stipe Pandža, Dalibor Škarica and Branko Čosić. ODABIR PRESJEKA PODZEMNIH 110 kV I 220 kV KABELA PO PRIJENOSNOJ MOĆI EKVIVALENTNIH HTLS VODIČIMA DALEKOVODA**

**Abstract:** Ugradnjom HTLS (engl. High Temperature Low Sag – visokotemperaturnih niskoprovjesnih) vodiča na dalekovodima se postiže značajno, praktički čak i dvostruko, povećanje prijenosne moći nadzemnih vodova. Time se rješavaju problemi zagušenosti prijenosnih vodova u određenim slučajevima pogona u mreži. U mreži HOPS-a su već neki HTLS vodiči ugrađeni na 110 kV dalekovode, te su u planu ugradnje na 220 kV dalekovode.

Kako se određeni broj nadzemnih vodova nastavlja u kableske dionice, potrebno je definirati karakteristike podzemnih 110 kV i 220 kV kabela, prvenstveno materijal i presjek vodiča kabela, te uvjete polaganja, kod kojih će prijenosne moći podzemnih dionica biti usklađene s nadzemnim dionicama na kojima su ugrađeni HTLS vodiči.

Poznavanje prijenosne moći visokonaponskih (VN) kabelskih vodova općenito je važno za pouzdano i sigurno vođenje pogona prijenosne mreže u normalnim i izvanrednim pogonskim stanjima.

Radom će se sažeto prikazati aktivnosti kojima se odabiru odgovarajući presjeci 110 kV i 220 kV kabela koji bi po prijenosnoj moći odgovarali HTLS vodičima na nadzemnim vodovima. Pritom će se uzeti u obzir načine polaganja kabela i sljedeće specifičnosti okoline kabelskog voda: toplinska otpornost okolnog tla, dubina ukapanja, način polaganja kabela, primijenjeno uzemljenje i izvedba spajanja električne zaštite (ekrana) kabela, izvedba (materijal i dimenzije) kableske posteljice. Obraditi će se i utjecaj paralelnog polaganja dvaju i/ili više kabelskih trojki u istom rovu, analizirati utjecaje različitih razmaka trojki te ukupnu širinu kabelskih rovova za te varijante.

U analizama će se koristiti standardni presjeci vodiča kabela prema katalogima proizvođača VN kabela, s fokusom na mogućnosti upotrebe do sada primjenjivanih tipova i presjeka 110 kV i 220 kV kabela u mreži HOPS-a, radi tipizacije presjeka i lakših eventualnih popravaka zbog rezervi materijala.

Proračuni prijenosnih moći kabelskih vodova će biti provedeni za 100% faktor opterećenja, znači kod trajnog opterećenja nazivnom prijenosnom moći kabelskog voda, sukladno normi HRN IEC 60287. Ovo je slučaj opterećenja kakav se u mreži, osim možda u slučaju spajanja proizvodnih jedinica na mrežu, naprimjer termoelektrana i hidroelektrana koje mogu raditi trajnom snagom u dužim periodima, teško susreće.

**Krešimir Komljenović, Dražen Balenović and Tomislav Havrlišan. Utjecaj elektroenergetskih poremećaja i kvarova na proizvodnju i isporuku tehnološke pare u pogonu EL-TO Zagreb**

**Abstract:** Elektrana-toplana (EL-TO) Zagreb elektroenergetsko je postrojenje za kogeneracijsku proizvodnju električne i toplinske energije. Prvenstveno je namijenjena za proizvodnju toplinske energije u količini koja se prilagođava potrebama potrošača. Budući da su energetska postrojenja i proizvodne jedinice za proizvodnju toplinske energije smještene u blizini potrošača, centralno u odnosu na pripadajuću distribucijsku vrelodvodnu mrežu, nenadomjestive su toplinskom energijom iz drugih izvora. Kako je EL-TO Zagreb i osnovni proizvođač pare za potrošače priključene na parovodnu mrežu Zapad (isporuka tehnološke pare industrijskim potrošačima) i vrela vode za zapadni dio CTS-a (Centralnog Toplinskog Sustava) tj. isporuku topline za grijanje stambenih i poslovnih objekata te sanitarne vode u gradu Zagrebu, sigurnost opskrbe potrošača izravno je ovisna o raspoloživosti i pouzdanosti njenih proizvodnih jedinica.

U radu će biti opisan utjecaj elektroenergetskih poremećaja i kvarova na proizvodnju i isporuku pregrijane nezasićene pare. Opisati će se načela proizvodnje pare i karakteristične mjerne jedinice u ovom procesu. Navesti će se više pogonskih događaja i primjera utjecaja prekida i isporuke električne energije u pogonu EL-TO na proizvodnju i isporuku pare. Biti će dan osvrt na napajanje vlastite potrošnje, razlozi nepostojanja automatike prekapčanja vlastite potrošnje te svrha i instalacija novog diesel agregata koji je nabavljen prvenstveno radi povećanja sigurnosti opskrbe parom krajnjih kupaca.

**Marjan Ostrun, Bernard Ivančević and Igor Ivanković. Vježba mrežnog rata**

**Abstract:** U sklopu podizanja znanja i vještina na području kibernetičke sigurnosti, osmišljene su vježbe u realnom vremenu na konkretnim primjerima. Razni scenariji se mogu pripremiti, a najčešće se provode u više razina za koje su potrebna različita znanja.

Grid NetWars je skup praktičnih i interaktivnih scenarija učenja koji omogućuju stručnjacima zaduženim za sigurnost operativnih tehnologija da razvijaju, testiraju i ovladaju stvarnim, jezgrovitim vještinama koje su im potrebne za obranu sustava u stvarnom vremenu. Osmišljen je kao natjecanje i podijeljen je na odvojene razine kako bi se sudionicima omogućilo brzi prolazak početnih razina na temelju njihove stručnosti. Grid NetWars tematiziran je za elektroenergetsku industriju, a scenarij je prethodno korišten za višestruke vježbe u elektroenergetskom sektoru. Grid NetWars je osmišljen kako bi omogućio sudjelovanje sudionicima na svim razinama znanja i vještina iz bilo kojeg sektora (ne samo sektora električne energije). Sudionici se upoznaju s veoma kvalitetnim sadržajima koji se tiču kibernetičke sigurnosti s kojima nemaju prilike često doći u doticaj. Na primjeru sljedećeg scenarija održana je vježba.

Fiktivna tvrtka posjeduje i upravlja sredstvima za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije. Tvrtka aktivno sudjeluje u aktivnostima usklađivanja i izrade standarda, razmjeni informacija sa svojim partnerima i velikom zajednicom sustava industrijskog nadzora, kao i cjelokupnim IT i OT sustavom za kibernetičku sigurnost. Tvrtka iskusi je brojne neobjašnjive kvarove sustava – sukladno događajima porasla je sumnja u učinkovitost njihovog sustava za kibernetičku sigurnost. U razinama 1 i 2, sudionici imaju zadatak postići razumijevanje okoline i utvrditi što se događa. Sudionici postaju dio "Blue Team" koji ima zadatak uspostaviti pristup i napraviti temeljne analize sustava u kojemu se nalaze. U konkretnom slučaju vježba se provodila na 4 razine. Pri tome sudionici se nalaze u obje uloge, napadača (Red Team) i branitelja (Blue team).

Na početnim razinama sudionici vježbe trebaju proučiti arhitekturu ICS mreže, trebaju koristiti javne izvore za prikupljanje relevantnih informacija, proučavati logove. Zatim se obavlja određena forenzika. Na višim razinama sudionici vježbe upoznaju se s virtualnom korporativnom okolinom i mrežnom arhitekturom te pokušavaju utjecati na industrijske sustave.

U radu će se detaljno opisati scenariji za jednu takvu vježbu. Također će se dati i osvrt na postojeću zakonsku regulativu o kibernetičkoj sigurnosti.

**Dario Kraljević, Kristian Gručić, Ivan Triplat and Darko Šeremt. Snižavanje vibracija statora kod hladnog starta**

**Abstract:** Na elektrani koja ima dva konstrukcijski istovjetna generatora snage 100 MVA, tipa S 4758-16, izvedbe IM 8421, statorsku jezgru i kućište izrađeni su iz tri dijela, uočena je povišena buka agregata 1 u odnosu na agregat 2. Na samom generatoru otkrivene su povišene vibracije statorske jezgre i kućišta nakon uzbuđivanja generatora prilikom starta generatora iz hladnog stanja. U mehaničkoj vrtnji generator nema značajnijih vibracija statorske jezgre i kućišta. Povišene vibracije se zagrijavanjem generatora smanjuju unutar 15-20 minuta. Detaljnim mjerenjima vibracija ustanovljeno je da statorska jezgra u hladnom stanju ima vlastitu frekvenciju vrlo blizu uzbudnoj frekvenciji od 100Hz, te zagrijavanjem generatora vlastita frekvencija statorske jezgre raste i udaljava se od pobudne frekvencije čime se smanjuju vibracije a posljedično i buka. Na zahtjev kupca odlučeno je da će se napraviti

korekcije na učvršćenju statorsche jezgre kako bi prilikom tranzijentne pojave vibracije bile niže. Za potrebe pronalaska optimalnog rješenja napravljena je MKE analiza vlastitih frekvencija sa studijom osjetljivosti na rubne uvijete, te je napravljeno detaljno mjerenje formi vibriranja na samom generatoru. Osim toga napravljen je proračun termičkog širenja statorsche jezgre sa studijom osjetljivosti na razne varijante učvršćenja jezgre u odnosu na kućište statora i razrađen je te testiran postupak postavljanja dodatnih učvršćenja. U konačnici je odabrano rješenje koje je omogućilo smanjenje nivo vibracija prilikom hladnog starta za 5 do 6 puta u odnosu na početno rješenje. Za primjenu odabranog rješenja nije bilo potrebno vađenje rotora generatora odnosno nije bilo potrebno razdvajati segmente statorsche jezgre nego je bilo dovoljno skinuti hladnjake s kućišta i kroz otvore postaviti dodatna učvršćenja između jezgre kućišta.

U radu je opisan postupak utvrđivanja vlastite frekvencije statorsche jezgre mjerenjem na generatoru, izrada MKE analize vlastitih frekvencija statorsche jezgre, pokazano je određivanje forme vibriranja mjerenjem, opisan je način odabira rješenja za redukciju vibracija tijekom prijelazne pojave, te su prezentirani dobiveni rezultati nakon primjene rješenja.

**Luka Čuković, Damir Sumina and Marko Džeba. Analiza utjecaja adaptivnog regulatora s promjenjivim pojačanjem na rad hidroturbine**

**Abstract:** U sklopu rada analiziran je rad adaptivnog regulatora s promjenjivim pojačanjem na rad hidroturbine. Opisana je problematika regulacije hidroturbine (neminimalno fazni sustav, pojava vodenog udara) te princip rada regulatora s promjenjivim pojačanjem. Regulator hidroturbine je izrađen i ispitan na simulacijskom modelu u Matlab Simulink simulacijskom okruženju. Opisan je simulacijski model koji se sastoji od modela hidrauličkog dijela regulatora turbine, detaljnog modela hidroturbine i sustava cjevovoda te modela gibanja rotora generatora. Prikazani su vremenski odzivi pojedinih veličina dobiveni provedenim simulacijama te sukladno s istim, izneseni zaključci.

Zlatan Sičanica and Hrvoje Keko. Pregled načina korištenja tehnologija mekog računarstva u SCADA sustavima i prijedlog generičkog okvira za njihovu integraciju

**Abstract:** Tehnologije mekog računarstva u zadnjih 10 godina revolucionarizirale su načine programatskog rješavanja problema za koje ne postoje egzaktni algoritmi. Primjene se pronalaze u raznim, potpuno nepovezanim industrijama poput automobilske ili medicinske – potencijal za primjenu postoji gotovo bilo gdje gdje se koristi softver i gdje se radi s dovoljno dobrim skupovima podataka. Još jedno od područja primjene je i industrijska automatizacija. Algoritmi mekog računarstva koriste se za detekciju potencijalnih opasnosti u postrojenjima, predviđanje potrošnje energije, optimizaciju procesa u postrojenjima i slično. Jedno od centralnih mjesta istine o događanjima u industrijskom postrojenju je SCADA sustav. Informacije iz takvog sustava mogu predstavljati kvalitetne ulazne podatke za algoritme mekog računarstva koji ih mogu koristiti za različita neegzaktna zaključivanja.

U ovom radu prvo su analizirani načini na koje se tehnologije mekog računarstva koriste u industrijskoj automatizaciji. Promatraju se kroz perspektive najčešćih korisničkih obrazaca poput predikcije potrošnje energije ili detekcije opasnosti. Analizira se kakvi algoritmi se koriste i mogu li se naći neke zajedničke značajke poput porodice mekog računarstva kojoj pripadaju (strojno učenje, metaheurističke optimizacije, ...). Ako su prepoznate porodice, traže se dodatne značajke unutar porodice (parametrizirani ili generativni algoritmi u strojnom učenju, dinamičko ili evolucijsko programiranje u metaheurističkim optimizacijama te slični odnosi). Također, promatra se što ti algoritmi primaju kao ulazne podatke, izmjenjuju li se ti podaci na neki način prije unosa u algoritam (preprocesiranje) te kakva je njihova uspješnost. Nastoje se izdvojiti specifični korisnički obrasci pri upotrebi ovakvih tehnologija. U drugom dijelu rada predlaže se generički okvir za pružanje programskog sučelja algoritama mekog računarstva u SCADA sustavu zasnovanom na događajima. Analiziraju se minimalna sučelja i funkcionalnosti koje bi takav sustav trebao imati da bi zadovoljio korisničke obrasce iz prvog dijela rada.

Razmatra se kako bi takav sustav bilo moguće integrirati u SCADA-u, kako bi pristupao podacima i vraćao ih nazad te koliku kontrolu bi smio imati.

### Lucija Krpina, Tomislav Capuder and Mirna Gržanić. Uloge baterijskih spremnika u niskouglačnim elektroenergetskim sustavima

**Abstract:** Klimatske promjene, politika održivog razvoja, učinak staklenika te porast broja stanovnika stvaraju sve veće zahtjeve za korištenjem obnovljivih izvora energije širom svijeta. Integracija obnovljivih izvora energije predstavlja tehnološki i ekonomski izazov za elektroenergetski sustav te zahtijeva veću fleksibilnost u planiranju i upravljanju zbog održavanja pouzdanosti i stabilnosti sustava. Takva fleksibilnost može se postići na razne načine: operativnim strategijama, novim tržišnim modelima te modificiranjem infrastrukture dodavanjem distribuiranih izvora fleksibilnosti. Ovaj rad bavit će se sustavima za pohranu energije, odnosno baterijskim spremnicima. Baterije spadaju u spremnike srednje snage i kapaciteta. Prema načinu punjenja dijele se na primarne (nisu punjive), sekundarne (punjive) te rezervne (jedna komponenta izolirana od ostatka baterije). Primjenu u elektroenergetskom sustavu nalaze sekundarne i rezervne baterije. Sekundarne baterije koriste se u svrhu uštede i na mjestima gdje se zahtijevaju baterije veće snage. Najpoznatije i najraširenije baterije ove skupine su olovno-kiselinske, natrij-sumporne i litij-ionske baterije. Radi kratkog vremena odziva (manjeg od jednu sekundu) omogućavaju brz odgovor na promjenu tereta te tako osiguravaju stabilnost sustava. Također se primjenjuju za regulaciju frekvencije, povećanje kvalitete napona i pouzdanosti napajanja, smanjenje vršnog opterećenja te kao pomoć u integraciji obnovljivih izvora energije u sustav. Svoju primjenu našle su i u industriji električnih i hibridnih vozila. Rezervne ili protočne baterije, za razliku od sekundarnih, nisu u potpunosti zrele za razvoj komercijalnih razmjera. Ističu se velikim kapacitetima i snagama (reda MW), kratkim vremenom odziva (nekoliko milisekundi) te izdržljivosti. Najpoznatiji predstavnici su vanadij redoks i cink-brom baterije. Zbog svojih karakteristika pogodne su za korištenje kao pomoć u smanjenju nepredvidljivosti proizvodnje električne energije iz energije vjetra ili sunca, ali i kao pomoć generatorima kad su zahtjevi mreže veliki. Uz analizu baterijskih spremnika i njihovih uloga, rad će praktičnim modeliranjem baterija pokazati njihov pozitivan utjecaj na elektroenergetski sustav.

### Krunoslav Hrnjak, Karmen Karlušić, Dubravka Bartula and Igor Ivankovic. Projektiranje i implementacija visoko dostupnog sustava baza podataka korištenjem pričuvnih sustava

**Abstract:** Rad prezentira planiranje i implementaciju Oracle klastera za baze podataka baziranog na Oracle Grid infrastrukturi verzije 12c. Visokodostupni sustavi (engl. High Availability (HA)) omogućavaju kontinuirano pružanje usluge i prilikom ispada pojedine komponente sustava. Visoka dostupnost u informatičkim sustavima uglavnom se kreće od redova veličina 99% do 99,999% godišnje (pri čemu je trajanje ispada od 3.65 dana za dvije devetke odnosno 52.60 sati za pet devetki). Visoka dostupnost postiže se dodavanjem redundantnih komponenti u sustav koji čini klaster, ali je pritom potrebno upravljati servisima kako bi klaster ispravno prepoznao kvar komponente te servis prebacio na ispravnu komponentu. Klaster sustav je skupina računala koja tijesno surađuju u izvršavanju određenih zadataka tako da funkcioniraju kao jedno računalo. Čvorovi klaster sustava često su povezani brzom LAN mrežom, a namjena im je povećati performanse i/ili dostupnost u usporedbi s jednim računalom koje izvršava iste zadatke. Pri tome su ovi sustavi daleko jeftiniji od pojedinačnih računala usporedivih performansi. Svojstva visoke dostupnosti i redundancije ne garantiraju 100 postotnu sigurnost bez ispada, ali pomažu u povećavanju dostupnosti servisa. Njihova implementacija u mnogim situacijama nije jednostavna i potrebna je detaljna analiza sustava u kojega se žele implementirati.

Redundantne komponente u sustavi visoke dostupnosti mogu raditi u primarnom (engl. Active/Active) ili zamjenskom (engl. Active/Standby) načinu rada. Zamjenski (engl. Active/Standby) način rada naziva se još i korištenjem pričuvni sustav (eng. failover).

U zamjenskom načinom rada baze podataka omogućena redundancija i visoka dostupnost, pri kojoj jedan poslužitelj aktivno procesira podatke, a drugi je u stanju pripravnosti, te počinje s radom ako primarni poslužitelj postane nedostupan.

Oracle Grid infrastruktura u verziji 12c nudi sve potrebne komponente za uspostavu visoko dostupnog sustava Oracle 11g i 12c baze podataka bez potrebe za dodatnim licencama. Korištenjem najbolje prakse u implementaciji postiže se fleksibilnost i robusnost servisa, a ujedno i jednostavnost bez potrebe za skriptiranjem i dodatnim intervencijama na sustavu.

Sama implementacija izvodi se na redundantnoj hardverskoj platformi bez jedinstvene točke ispada (engl. SPOF - single point of failure) uz obavezno korištenje polja dijeljenih diskova. Osim za visoku dostupnost baza podataka Oracle Grid infrastruktura u verziji 12c omogućava stvaranje klastera i za druge informacijske servise (DNS, DHCP, NIS i slično).

**Nenad Gubelj, Bojan Banić, Matej Kovač and Viktor Lovrenčić. Sistem za kontinuirano praćenje izduženja za sprječavanje prekomjernog provjesa vodiča DV na kritičnim mjestima raspona**

**Abstract:** Napenjanje vodiča dalekovoda je postupak kojim se sprječava prekoračenje dozvoljenog provjesa vodiča odnosno spuštanje vodiča ispod kritičnih visina u vrijeme najviših temperatura vodiča i okolice u ljetno vrijeme. Mjerenje trajnog izduženja vodiča se vrši u okviru aktivnosti održavanja dalekovoda različitim mjernim tehnikama kao što su teodolidska laserska mjerenja, mjerenja digitalnim kamerama pomoću dronovima što zahtjeva izlaženje na lokaciju. U članku su predstavljene nove proširene mogućnosti mjerenja izduženja vodiča korištenjem postojećeg OTLM uređaja. OTLM sistem kojeg sačinjava uređaj i programska oprema mjeri temperaturu i kut vodiča na mjestu pričvršćenja uređaja te rezultate šalje u OTLM centar putem GSM mreže. Na osnovu izmjerenog kuta na poznatoj temperaturi vodiča je moguće odrediti geometriju lančanice, a time provjes i visinu vodiča iznad kritičnih mjesta na kritičnom rasponu DV. Pošto su vrijednosti kuta obično ispod  $10^\circ$  kuta, samo mjerenje kuta obično prati izrazito rasipanje rezultata, zbog čega je bilo potrebno razviti primjerenu tehnologiju za analizu, koja temelji na statističkoj on-line obradi rezultata. OTLM sistem pomoću računarske podrške kontinuirano bilježi izmjerene parametre (na svakih 5 do 10 minuta), statistički obrađuje, analizira te uspoređuje trenutne vrijednosti sa statistički obrađenim podacima u proteklom jednogodišnjem razdoblju na istoj temperaturi i približno u isto vrijeme uz približno ista strujna prijenosna opterećenja. Ukoliko novo izračunana geometrije odn. dužina vodiča uzrokuje prekomjeren provjes, koji bi u ljetnom razdoblju na višim radnim temperaturama doveo do toga da se vodič spusti ispod kritične visine, tada sistem omogućuje pravodobno upozoravanje operatera, da je potrebno izvršiti novo napenjanje vodiča, te s kojom silom zatezanja pri montaži i za koliko je potrebno skratiti dužinu vodiča između točaka pričvršćenja na kritičnom rasponu.

**Senad Aganović and Edina Aganović. Priključna snaga u procesu planiranja distributivnog kapaciteta**

**Abstract:** Politika poslovanja operatora distributivnih sistema (ODS) jeste da na energetske i ekonomski prihvatljiv način izgrađuju, upravljaju i održavaju elektrodistributivnu mrežu. Potrebe za priključnom snagom korisnik rješava kroz ugovorni odnos. Ako korisnik tokom korištenja ugovorene priključne snage ostvaruje manje vršno opterećenje od ugovorene priključne snage, nastaju nepotrebni troškovi investiranja, upravljanja i održavanja ugovorenog, a ne korištenog kapaciteta. Jedan od ulaznih podataka za planiranje izgradnje elektrodistributivne mreže jeste i planirani broj pojedinačnih priključnih snaga korisnika sistema. Korisnici sistema kategorije domaćinstvo, tokom godine veći vremenski period koriste manji kapacitet od odobrene priključne snage. Ova pojava uzrokuje neopravdane troškove kako investiranja tako i održavanja neiskorištenog kapaciteta. Analizom raspoloživosti

distributivnog kapaciteta i stvarnih vrijednosti angažovanja tokom godine moguće je odrediti vrijednost investiranja, održavanja i upravljanja neiskorištenog distributivnog kapaciteta.

Na primjeru dijela distributivne niskonaponske 0,4 kV mreže, napajane iz 48 transformatorskih stanica TS10(20)/0,4 kV, ovaj rad analizira stvarnu opterećenost transformatorskih stanica u odnosu na odobrenu priključnu snagu korisnika sistema, iskorištenost raspoloživog elektrodistributivnog kapaciteta. Ukupna instalirana snaga trafostanica analiziranog dijela mreže najvećim dijelom je neiskorištena.

Analizom utvrđen, neiskorišteni raspoloživi distributivni kapacitet, ekonomski je neopravdan. Ovaj rad predlaže moguća rješenja izmjene tarifnog dizajna sa ciljem efikasnijeg korištenja raspoloživog distributivnog kapaciteta. Moguće načine vrednovanja i obračuna zakupa i korištenja distributivnog kapaciteta.

**Mirko Vladović, Đani Kosor and Ante Pivčević. KORIŠTENJE SPL NETWORK MANAGER PROGRAMSKOG MODULA ZA OBRADU MJERENJA I PRIKAZ U LISTAMA**

**Abstract:** Kod kvarova na dalekovodima HOPS-a dolazi do prorade relejnih zaštita koje isključuju prekidače u trafostanicama. U listama SCADA sustava ti se kvarovi prikazuju i analiziraju kao jednostruki signali koji obavještavaju i alarmiraju lokalni mrežni centar o proradi zaštite, te uz to dolazi numerička analogna vrijednost u kilometrima koje daje lokaciju mjesta na dalekovodu gdje se dogodio kvar. Taj broj je važan kolegama iz Službe za primarnu opremu (Odjelu za VN vodove) kao smjernica pri traženju lokacije kvara prilikom pregledavanja dalekovoda. Koristeći već ugrađene i dostupne alate ABB Network Manager SCADA sustava u mrežnim centrima kilometri se prikazuju na dinamičkoj slici trafostanice (jednopolnoj shemi) kao numerička analogna vrijednost. Navedeni način pamti samu jednu numeričku vrijednost, onu koja je zadnja došla, i ona će prebrisati prethodne vrijednosti. Dalekovod može imati više prorada zaštite s različitim lokacijama kvara u kilometrima, čak i u jako kratkom vremenu. Koristeći dostupne funkcionalnosti Network Managera SCADA sustava, podatak jedino može biti obrađen kao mjerenje i prikazan kao numerička vrijednost na slici, ali pošto se on ne ponaša kao ostala mjerenja, ne mijenja se stalno, nego povremeno bez ikakvih vremenskih pravila, bilo ga je potrebno obraditi kao događaj i kao takvog ispisati u listi događaja.

Network Manager SCADA sustav ima mogućnost izrade dodatne funkcionalnosti koristeći SPL programski jezik. Programiranjem takvog modula moguće je mjerenje obraditi kao događaj i prikazati ga u listi događaja. Pokretanje programa je odabrano tako da okida na događaj (praćenje promjene u signalima o radu relejne zaštite), što je bolje rješenje nego ciklički pokretati proceduru radi nepotrebnih korištenja resursa računala i redundantnih ispisa u listu događaja.

Opisana dodatna funkcionalnost kreirana koristeći SPL programski modul Network Managera donosi veću preglednost, te jednostavniju i bržu analizu kvarova, jer se brojčane vrijednosti udaljenosti kvara ispisuju u listu događaja, zajedno sa signalima relejne zaštite koja ju je izračunala.

**Jakov Ungarov, Maja Fištrić, Tomislav Lepoglavec, Željko Petrušić, Miroslav Macan and Dubravko Krušelj. Analiza rada postrojenja za kompenzaciju jalove energije u EVP Mrzlo Polje**

**Abstract:** Problem kompenzacije jalove energije kod izmjeničnog sustava električne vuče 25 kV 50 Hz na prugama HŽ Infrastrukture prisutan je i analiziran gotovo od samog početka elektrifikacije tim sustavom vuče. Elektrovučna vozila s kolektorskim istosmjernim motorima, napajani valovitom strujom su pored radne i veliki potrošači jalove energije.

U tijeku 1997. godine dolazi do izgradnje prvih postrojenja za kompenzaciju jalove energije (Resnik i Mraclin) te je do sada izgrađeno 12 postrojenja. Tehničko rješenje kod do sada

izgrađenih postrojenja je fiksna kompenzacija. Primarni dio postrojenja fiksne kompenzacije sastoji se od kondenzatorskih jedinica i filterske prigušnice.

Početkom 2007. godine stupio je na snagu Tarifni sustav za prijenos električne energije, bez visine tarifnih stavki i istim je definirano da se prilikom utvrđivanja prekomjerno preuzete jalove energije sumiraju induktivna i kapacitivna jalova energija. Primjena obračuna s kapacitivnom stavkom započela je u rujnu 2008. godine i danas je kapacitivna stavka značajna u naknadi za korištenje prijenosne mreže za preuzetu električnu energiju za električnu vuču, na naponskom nivou 110 kV. Rješenje s fiksnom kompenzacijom jalove energije, ne samo da više ne zadovoljava, nego je u većini postrojenja nepoželjno i isključeno iz pogona.

Kao idealno rješenje za smanjenje troškova za prekomjernu preuzetu jalovu energiju projektirana je izgradnja postrojenja za kompenzaciju jalove snage sastavljenog od fiksnog sustava (kao u dosadašnjim postrojenjima – kondenzatori i prigušnica) i promjenjivog sustava koji se sastoji od prilagodnog transformatora (25/0,4 kV) i potrebnog broja statičkih pretvarača (snage od 225 kvar). U elektrovučnoj podstanici 110/25 kV Mrzlo Polje, u 25 kV dijelu postrojenja, u 2018. godini izgrađeno je takvo postrojenje za dinamičku kompenzaciju jalove energije.

U ovom radu bit će obavljena analiza rada postrojenja za kompenzaciju jalove energije u EVP 110/25 kV Mrzlo Polje. Analiza rada postrojenja obavljena je s ciljem utvrđivanja ispunjenja temeljne svrhe postrojenja i obavljena je u dva dijela. Prvi dio uključivao je mjerenja na samom postrojenju i kasniju analizu prikupljenih podataka, dok je drugi dio uključivao analizu obračunskih podataka.

**Antonela Jokić, Valentina Čosić, Karolina Kovač and Igor Provči. MOGUĆNOSTI PRIMJENE IEC 61850 STANDARDA U ODRŽAVANJU VISOKONAPONSKE SKLOPNE OPREME**

**Abstract:** IEC 61850 je međunarodni standard koji definira komunikacijske protokole za inteligentne elektroničke uređaje u transformatorskim stanicama. On definira stroga pravila za realizaciju interoperabilnosti između funkcija i uređaja koji se koriste za zaštitu, nadzor, upravljanje i automatizaciju u transformatorskoj stanici, neovisno o njihovim proizvođačima. IEC 61850 standard može pomoći u razvoju drugih aplikacija povezanih s električnim nadzornim sustavima, a jedno od područja primjene koje bi moglo biti od velike koristi usvajanjem standarda IEC 61850 i resursa za nadzor koji nudi je i održavanje visokonaponskih aparata.

Praćenje stanja visokonaponske sklopne opreme može se koristiti za postizanje raznih koristi, uključujući predviđanje održavanja, sprječavanje kvarova, aktivnu kontrolu i točniju procjenu vijeka trajanja. Primjer primjene koji bi mogao biti od velike koristi usvajanjem IEC 61850 kao standarda za komunikaciju u elektroenergetskoj industriji je praćenje održavanja na temelju stanja.

U radu će biti opisana primjena standarda IEC 61850 na filozofiju održavanja visokonaponskih aparata kao i nove mogućnosti i dobiti koje primjena standarda može donijeti u planiranju i u samom održavanju visokonaponskih sklopnih aparata. Na kraju će biti opisane mogućnosti koje IEC 61850 može ponuditi u području održavanja visokonaponskih sklopnih aparata na temelju stanja (condition based maintenance - CBM).

**Branko Šumberac and Damir Zarko. POGONSKA ISKUSTVA I ODRŽAVANJE VISOKONAPONSKIH ASINKRONIH ELEKTROMOTORA U TERMoeLEKTRANI**

**Abstract:** U radu su na primjeru praćenja gotovo dvadesetogodišnjeg rada boka 2 termoelektre Plomin opisana pogonska iskustva i iskustva u održavanju visokonaponskih asinkronih elektromotora koji pogone dvadeset i pet radnih mehanizama različitih snaga, izvedbi, mjesta ugradnje i pogonskih uvjeta. U uvodu je dat kratki tehnički opis pojedinih grupa elektromotornih pogona s aspekta odabira, izvedbe i uloge u radu termoelektre. Obrađena je tematika kontinuiranog praćenja pogonskih parametara i ugrađenog sustava zaštita. Zatim

je dat pregled korištenih dijagnostičkih metoda u okviru preventivnog održavanja. Opisani su i osnovni uzroci i vremena neraspoloživosti pojedinih elektromotora te organizacija, načini, mjesto i vrijeme popravka. Skupljena iskustva u proteklom periodu vremena mogu osim podloge za daljnje praćenje biti i podstrek za daljnja poboljšanja u pogonu, održavanju kao i kod izbora elektromotornih pogona za eventualna buduća ulaganja na lokaciji.

**Ivan Radmanović, Ruđer Dimnjaković, Bernarda Ostojić and Monika Kirin. KORIŠTENJE NAPREDNIH MJERNIH UREĐAJA U SVRHU UTVRĐIVANJA NETEHNIČKIH GUBITAKA**

**Abstract:** Moguća primjena naprednih mjernih uređaja za detekciju gubitaka u distribucijskoj mreži pruža mogućnost lakše detekcije tehničkih i netehničkih gubitaka i olakšava djelovanje operatora distribucijskog sustava na smanjenju gubitaka. U ovom referatu obrađen je primjer primjene naprednih mjernih uređaja u tu svrhu. Sva obračunska mjerna mjesta napajana iz jedne transformatorske stanice opremljena su naprednim mjernim uređajima, dok je u transformatorskoj stanici ugrađen koncentrador. U transformatorskoj stanici su kao kontrola postavljeni mjerni instrumenti koji su mjerili iznos napona u transformatorskoj stanici i struje po strujnim krugovima niskonaponske mreže. Ukupni gubici dobiveni su iz podataka dobivenih iz mjernih uređaja. Uz poznavanje topologije mreže i podataka dobivenih iz mjernih uređaja, izračunati su tehnički gubici, dok su netehnički gubici prikazani kao razlika ukupnih i tehničkih gubitaka.

**Mile Međugorac, Nikolina Ćorluka and Marin Bakula. Rezultati rada 3Smart EMS platforme u upravljanju energijom mikromreže na lokaciji poslovne zgrade EPHZHB u Tomislavgradu**

**Abstract:** 3Smart projekt se sufinancira iz Dunavskog međunarodnog programa Interreg koji promiče suradnju u zemljama Dunavske regije. U EPHZHB se 3Smart projekt realizira na lokaciji poslovne zgrade OJ Proizvodnja u Tomislavgradu. Ukupna vrijednost projekta u EPHZHB iznosi 321.413,96 eura od čega je sufinanciranje iz Dunavskog međunarodnog programa kroz Instrument prepristupne pomoći - IPA fond u iznosu 85% vrijednosti projekta. Glavni rezultat projekta je modularna platforma za upravljanje energijom - 3Smart EMS platforma. Platforma se sastoji od modula - programskih rješenja koji izvršavaju zadatke sukladno modelu sustava za koji su namijenjeni. Postoje moduli sa stajališta zgrade (eng. building-side modules) i moduli sa stajališta mreže (eng. grid-side modules) koji međusobno razmjenjuju podatke i određuju kako će se koristiti energija zgrade. Ukupno se radi o 18 building-side modula i 3 grid-side modula. Building-side moduli upravljaju temperaturama u prostoru, načinom rada izvora toplinske i rashladne energije, načinom rada izvora električne energije. Izvori električne energije koji na navedenoj lokaciji čine mikromrežu su fotonaponska elektrana snage 49,8 kWp te baterijski sustav kapaciteta 32 kWh i snage 10 kW (proširivo do 40 kW). Moduli za nadzor i upravljanje mikromrežom zaduženi su za optimalno upravljanje tokovima električne energije i razmjenom informacija u zadanoj mikromreži.

Grid-side moduli služe za izračunavanje fleksibilnosti koje distribucijska mreža traži od zgrade, sklapanje dugoročnih ugovora između mreže i zgrade te svakodnevno izračunavanje, za sutrašnji dan, iznosa fleksibilnosti kojeg zgrada treba isporučiti mreži od ugovorenog iznosa kroz dugoročne ugovore.

U radu su prikazani rezultati kada energijom zgrade upravlja 3Smart EMS platforma u odnosu na slučaj kada energijom zgrade upravlja komercijalni sustav Desigo CC.

**Amir Tokić, Viktor Milardić and Ivo Uglešić. MODEL ODVODNIKA PRENAPONA U SIMULACIJAMA ATMOSFERSKIH PRENAPONA**

**Abstract:** Moderni odvodnici prenapona predstavljaju jedno od naj značajnih sredstava prenaponske zaštite u elektroenergetskom sustavu. S tim u vezi je veoma važno razviti odgovarajući model odvodnika prenapona koji je primjenjiv u frekvencijskom spektru analizirane pojave.

U ovom radu će se predstaviti osnovni modeli odvodnika prenapona koji su već implementirani u programskim paketima EMTP-ATP i MATLAB/SPS-ST. Biti će prikazan način predstavljanja nelinearne krivulje odvodnika prenapona preko skupa eksponencijalnih segmenata. U radu će

biti detaljno predstavljeni IEEE, Pinceti i Fernandez frekvencijski ovisni modeli odvodnika prenapona koji su primjenljivi u simulacijama atmosferskih prenapona.

Biti će prikazani rezultati simulacija i njihova komparativna analiza pri testovima udarnih strujnih impulsa različitog valnog oblika (dužina čela i cijelog vala). U radu će se također pokazati način određivanja osnovnih parametara sva tri spomenuta modela odvodnika prenapona. Pokazati će se osnovne komparativne prednosti i mane predloženih modela odvodnika prenapona koji su primjenljivi u analizama visokofrekvencijskih prelaznih pojava u elektroenergetskom sustavu.

**Josip Vasilj, Marko Lovrić, Damir Jakus, Dajana Vrbičić Tendera and Petra Sagrestano Štambuk. PRIMJENA STROJNOG UČENJA U PROGNOZI DNEVNOG DIJAGRAMA OPTEREĆENJA**

**Abstract:** Prognoza dnevnog dijagrama opterećenja sastavni je dio planiranja i vođenja elektroenergetskog sustava. Operator sustava kontinuirano prognozira opterećenje i sukladno prognozama osigurava pogonsku rezervu i provjerava sigurnost mreže za prijenos električne energije. Stoga kvaliteta prognoze dnevnog dijagrama opterećenja ima izravan utjecaj na troškove i sigurnost pogona elektroenergetskog sustava.

Razvoj algoritama strojnog učenja i pripadne računalne infrastrukture omogućio je primjenu strojnog učenja u širokom spektru problema. Prikladan problem za ovakve algoritme je i problem prognoze dnevnog dijagrama opterećenja. U ovom referatu dan je kratak pregled algoritama korištenih za prognozu dnevnog dijagrama opterećenja. Također, u referatu su izloženi rezultati primjene jednostavnog algoritma strojnog učenja na prognozu dnevnog dijagrama opterećenja u Republici Hrvatskoj.

**Mile Međugorac, Matej Marijanović, Nikolina Čorluka and Zoran Arapović. Utjecaj fotonaponske elektrane i baterijskog sustava na kvalitetu električne energije distribucijske mreže u Tomislavgradu**

**Abstract:** U radu je prikazano djelovanje fotonaponske elektrane snage 49,8 kWp i baterijskog sustava kapaciteta 32 kWh i snage 10 kW (proširivo do 40 kW) na parametre kvalitete električne energije poštujući Mrežna pravila distribucije operatora distribucijskog sustava JP Elektroprivreda Hrvatske zajednice Herceg Bosne d.d. Mostar i europsku normu EN 50160. Fotonaponska elektrana i baterijski sustav se nalaze na lokaciji poslovne zgrade EPHZHB u Tomislavgradu. Oprema je ugrađena kroz projekt 3Smart - veliki međunarodni projekt čiji je glavni rezultat modularna platforma za upravljanje energijom - 3Smart EMS platforma. FNE i baterijski sustav su povezani s distribucijskom mrežom na niskom naponu (0,4 kV) u priključno-mjernom ormaru. Radi se o distribucijskoj mreži u vlasništvu EPHZHB, Distribucija električne energije, Pogon Livno, poslovnica Elektro Tomislavgrad. Radom baterijskog sustava izravno upravlja 3Smart EMS platforma.

Autori su izvršili 7-dnevno mjerenje u zajedničkoj točki priključenja i obradili rezultate mjerenja grafički i analitički. Obradeni su parametri: mrežna frekvencija, veličina opskrbnog napona, promjene napona, jakost treperenja (fliker), propadi opskrbnog napona, prekidi opskrbnog napona, sklopni prenaponi, napon višeg harmonika. Na kraju je prikazan zaključak utjecaja rada fotonaponske elektrane i baterijskog sustava na parametre kvalitete električne energije.

**Ante Ravlić and Velimir Ravlić. Korozijsko ponašanje materijala za uzemljivački sustav - Corrosion behaviour of earthing material**

**Abstract:** Ovaj članak obrađuje probleme korozije koji nastaju spajanjem dijelova uzemljivačkog sustava koji su iz različitih materijala u elektroenergetskim postrojenjima kao i zbog spojeva dijelova uzemljivačkog sustava s drugim uzemljenim metalnim konstrukcijama. Korozijsko ponašanje, zasnovano na razvoju elektrokemijskih članaka i s djelovanjem dodatnih izmjeničnih (AC) struja je analizirano u razvojnom projektu u SR Njemačkoj. Pri tome su izvršena ispitivanja u laboratoriju i na terenu kod definiranih uvjeta.

This report deals with corrosion problems due to the interconnection of earth electrodes made from different materials at electrical power plants and due to interconnection of earth electrodes with other earthed metal structures. Corrosion behaviour, based on development of electrochemical cells and with superimposed AC current was examined in a research project in Germany. To do this, laboratory and field tests were made under defined conditions.

**Ana Kekelj, Andreja Mihalić Milavec, Marjan Ostrun and Igor Ivanković. Primjena regulative o kibernetičkoj sigurnosti kritične infrastrukture u HOPS-u**

**Abstract:** Na razini Europske unije 2017. godine usvojena je Uredba o mrežnoj i informacijskoj sigurnosti (NIS direktiva) koja propisuje svim operatorima ključnih usluga provođenje mjera za uspostavu sustava informacijske sigurnosti. Cilj Uredbe je spriječiti scenarije kojima se kibernetičkim napadima uzrokuju prekidi ključnih usluga koji posljedično utječu na obavljanje značajne količine usluga ili na normalan život značajnijeg broja stanovnika na razini država članica EU. U takve kritične djelatnosti spadaju npr. prijenos i distribucija električne energije, transport plina, zdravstveni sustav, vodoopskrba i sl. Primjer kibernetičkog napada koji je uzrokovao prekid opskrbe električnom energijom u Ukrajini dogodio se 2016. i 2018. godine. Uredba propisuje skup tehničkih i organizacijskih mjera upravljanja rizicima informacijske sigurnosti, te mjere za sprječavanje i ublažavanje učinaka incidenata informacijske sigurnosti. Prijenos električne energije proglašen je ključnom uslugom te je HOPS obveznik Uredbe i posljedično Zakona o kibernetičkoj sigurnosti operatora ključnih usluga i davatelja digitalnih usluga. Napravljen je prvi korak prema usklađivanju sa navedenim zakonodavstvom, koji se odnosi na tehničke i organizacijske mjere za upravljanje rizicima informacijske sigurnosti. Tema referata će biti uspostava sustava informacijske sigurnosti na kritičnoj infrastrukturi HOPS-a, te tehnički i organizacijski izazovi s kojima se HOPS mora nositi u tom procesu. U prvom dijelu će biti opisana usvojena metodologija upravljanja rizicima koja definira obuhvat sustava kritične infrastrukture, uloge u procesu upravljanja rizicima, način evaluacije i vrednovanja rizika te navedeni neki konkretni primjeri detektiranih rizika informacijske sigurnosti ključnih sustava. U drugom dijelu referata će biti dan osvrt na procese i procedure koje je potrebno uspostaviti kako bi se zadovoljile obveze iz Uredbe i postigle mjere za postizanje visoke razine kibernetičke sigurnosti. U trećem dijelu referata biti će obrađene obveze upravljanja incidentima na mrežnom i informacijskom sustavu koje kao posljedicu imaju prekid ključne usluge. U četvrtom dijelu referata dat će se osvrt na specifičnosti okoline procesnih sustava koji se koriste za nadzor i upravljanje prijenosnim elektroenergetskim sustavom, te izazovi kod implementacije mjera kibernetičke sigurnosti u procesnom okruženju.

**Mario Sinković, Domagoj Pavlović, Tomislav Sever and Igor Ivanković. Implementacija Microsoft Exchange 2016 poslužitelja**

**Abstract:** Zbog potrebe za implementacijom nove, suvremene, verzije mail sustava kojom bi se iskoristile sve prednosti novih tehnologija, Hrvatski operator prijenosnog sustava d.o.o. (HOPS) se odlučio na nadogradnju postojeće Microsoft Exchange 2010 okoline sa novom Microsoft Exchange 2016 okolinom. Kao prvi korak u ovom procesu migracije kreiran je dizajn visoke razine Exchange 2016. Dizajn obuhvaća trenutne postavke hardvera i softvera te implementaciju na HOPS-ovu infrastrukturu po najboljim praksama i preporukama proizvođača (Microsoft). Navedeni dizajn temelji se na krajnjem stanju, tj. dizajn bi trebao biti sposoban podržati HOPS-ovo okruženje u narednih tri do pet godina bez potreba za promjenom. Dva virtualna poslužitelja Exchange 2016 su podignuta na postojećoj lokaciji podatkovnog centra kako bi se osigurala visoka dostupnost i redundantnost. Poslužitelji su podignuti na već kupljeni hardver te su virtualizirani preko VMware sustava. Osim toga, poslužitelji koriste novo stečenu opremu za balansiranje opterećenja "F5". Također, kako bi implementacija novog sustava prošla sa što je moguće manje problema u ovom radu su opisane faze tj. predradnje koje su izvršene, u što je bilo uključeno sljedeće: U prvoj fazi napravljena je snimka stanja postojećeg Exchange sustava (popis svih servera u okolini (CAS i Mailbox), pregled funkcionalnosti DAG

okruženja, popis i raspored baza u DAG okruženju, popis zadnjih nadogradnji na postojećim serverima, putanje (eng. "Mail flow") mail poruka sa i prema postojećem mail sustavu). Zatim je slijedila provjera postojećeg backup sustava i prikupljanje svih mogućih podataka koji su vezani za povrat podataka uslijed scenarija eventualnog gubitka postojećih podataka. Treća faza je sadržavala instalaciju zadnjih preporučenih nadogradnji koje su bile obavezne prije implementacije novog Exchange sustava. U četvrtoj fazi napravljen je popis svih kritičnih aplikacija koje su integrirane s Exchange sustavom. U radu će se prezentirati cijeli projekt novog sustava Exchange, zajedno za zahtjevnom fazom paralelnog rada starog i novog sustava te završnog ispitivanja.

**Ante Ravlić and Velimir Ravlić. Povećanje nazivne struje sabirnica u visokonaponskim postrojenjima primjenom termootpornih vodiča iz aluminijskih legura - Uprating of existing substations by the use of thermo-resistant aluminium alloy conductors**

**Abstract:** Kontinuirani porast opterećenja zahtjeva rekonstrukciju i dogradnju visokonaponskih postrojenja i nadzemnih vodova zbog povećanja nazivnih struja. Primjenom termootpornih vodiča iz aluminijskih legura moguće je u visokonaponskim postrojenjima izvesti radove s vrlo kratkim vremenom bez napona i s manjim troškovima jer u većini slučajeva nije potrebno izvršiti zamjenu nosivih čeličnih konstrukcija kao i zamjenu ili adaptaciju armirano betonskih temelja. U članku je opisano rješenje zamjene 220 kV sabirnice sa svrhom povećanja nazivne struje sabirnice s 2500 A na 4000 A.

The continuous rate of rise of electricity consumption requires the adaptation of overhead lines and substations to higher rated currents. By the use of the thermo-resistant aluminium alloy conductors the uprating of substations can be managed in a very short out-of-service time and with relatively low cost because in most cases no reinforcement of the supporting steel constructions and foundations is necessary. On example of the first Austrian substation equipped with such a conductor material the technical and commercial consequences are given and compared with previous methods.

**Dino Masle, Marin Schönberger, Krunoslav Benović and Sergej Kovbanovski. Statistika pojavnosti udarne struje magnetiziranja u energetske transformatorima**

**Abstract:** Na temelju snimljenih krivulja magnetiziranja jezgre i poznatih tvorničkih podataka različitih energetskih transformatora izrađuje se računalni model u DigSILENT PowerFactory softveru. Izvršava se simulacija vrlo velikog broja uklopa sa slučajnim početnim parametrima za koje je poznato da utječu na pojavu udarne struje magnetiziranja - kut uklopa primarnog napona i remanentni tok željezne jezgre. Svaka simulacija kao rezultat daje dva podatka - amplitudu udarne struje magnetiziranja te udio drugog harmonika u ukupnom spektralnom rastavu. Navedeni podaci se za sve tri faze prikazuju u 3D grafu koji brzim pregledom otkriva mnogo o ponašanju energetskog transformatoru prilikom uklopa te služi kao svojevrsna pogonska karta. Ona može poslužiti kao polazna točka za korektno podešenje zaštite, ali i kao korisna informacija za konstruktora i/ili kupca energetskog transformatora.

**Mihaela Gec, Krešimir Vrdoljak, Krešimir Mesić and Ivan Pećušak. Pilot projekt modernizacije sustava automatske sekundarne regulacije u Hrvatskom operatoru prijenosnog sustava**

**Abstract:** Funkciju automatske sekundarne regulacije (ASR) operator prijenosnog sustava koristi kako bi izračunao snage regulacijskih elektrana u regulacijskom području potrebne za održavanje frekvencije i djelatne snage razmjene regulacijskog područja na ugovorenim vrijednostima. Navedenu regulaciju provodi AGC (eng. Automatic Generation Control) funkcija u sklopu Network Manager (NM) sustava, koja se trenutno koristi u Hrvatskom operatoru prijenosnog sustava (HOPS). Sustav je u pogonu od 2013. godine i instaliran je u Nacionalnom dispečerskom centru (NDC) te u Rezervnom dispečerskom centru (RDC).

Obzirom na sve veće zahtjeve za dodatnim funkcionalnostima AGC-a koja propisuje ENTSO-e, kao i potrebama za prilagodbu na nove tržišne uvjete i standarde, u skoroj budućnosti će biti nužno zamijeniti ili nadograditi postojeći AGC sustav. Novi AGC sustav bi trebao biti temeljen na modernom rješenju i prilagođenom novim standardima. Također bi trebao imati mogućnosti brze modifikacije i prilagodbe te ne bi trebao biti ovisan o korištenom SCADA sustavu.

PROZA AGC sustav, uz standardne ima i brojne napredne AGC funkcionalnosti koje su u današnje vrijeme potrebne HOPS-u, kao što su:

- podesiv period izvođenja AGC proračuna,
- podrška za netiranje greške sekundarne regulacije,
- angažiranje elektrana po prioritetima,
- neograničen broj izvora za sva AGC mjerenja,
- apsolutni ili relativni oblik zahtjev koji se šalje elektranama,
- uvoz planskih vrijednosti za: postavnu snagu razmjene, postavnu frekvenciju, prioritete elektrana, tržišne cijene te gornju, donju i baznu regulacijsku snagu
- detekcija zamrzavanja mjerenja,
- izrada korisnički definiranih alarma,
- nadzor odziva elektrane na poslone joj zahtjeve.

Kako bi se demonstrirale mogućnosti i provjerio algoritam PROZA AGC sustava, dogovoren je pilot projekt između HOPS-a i Končar-KET-a. Pilot projekt ima 3 faze.

Prva faza se odnosi na izradu idejnog rješenja.

U drugoj fazi pilot projekta se PROZA AGC sustav povezuje s postojećim NM AGC sustavom i vanjskim sustavima u NDC-u i od njih preuzima sva potrebna mjerenja i indikacije koji su nužni za AGC algoritam. PROZA AGC će obavljati proračune paralelno s NM AGC sustavom i svoje će rezultate prosljeđivati u NM AGC, gdje će se raditi usporedbe proračunanih snaga elektrana u oba AGC sustava. Cijelo to vrijeme će se samo iz NM AGC moći direktno upravljati regulacijskim elektranama. Tek kada se utvrdi da PROZA AGC sustav, uz iste ulaze i vrijednosti parametara, izračunava podjednake postavne snage elektrana kao i NM AGC, prijeći će se na direktno slanje postavnih snaga iz PROZA AGC sustava.

Treća faza projekta se odnosi na analizu kvalitete upravljanja dok PROZA AGC regulira snage regulacijskih elektrana. Ako se kroz niz testnih scenarija pokaže da PROZA AGC uspješno regulira grešku sekundarne regulacije prema nuli (uz dovoljno dostupne regulacijske rezerve), pilot projekt će se proglasiti uspješnim.

#### **Miljenko Brezovec, Tomislav Pintarić and Hrvoje Medvedović. ANALIZA KVARA CIJEVNOG GENERATORA USLIJED JEDNOPOLNOG UKLJUČENJA NA MREŽU**

**Abstract:** Prilikom uključenja agregata A HE Čakovec 29.11.2017. na elektroenergetsku mrežu, došlo je do kvara na 110 kV prekidaču u polju blok-transformatora (u ingerenciji HOPS-a).

Kvar je detektiran na zaštitama generatora najprije u vidu nesimetrije koje su dale nalog za isključenje generatorskog prekidača. S obzirom da je došlo do mehaničkog oštećenja mehanizma za uklop/isklop prekidača, jedan pol prekidača ostao je uključen te je generator tako ostao nesimetrično priključen na mrežu. Nesimetrija se preko uzбудnih transformatora, uzbude spojene s izvoda generatora 6,3 kV, detektirala kao kvar na jedinici za nadzor rotirajućih dioda u vidu izmjenične komponente u struji uzbude uzbudnika i pokrenula sekvencu zaustavljanja agregata uslijed električkog kvara. Neposredno zatvaranje privodnog kola turbine je rezultiralo s radom generatora u motorskom režimu.

Osoblje HE Čakovec je brzo reagiralo, no s obzirom da se prekidač nije mogao niti ručno isključiti, generator je isključen s mreže preko prekidača spojnog polja nakon što je izoliran na jednom sistemu sabirnica.

Odmah je uslijedilo utvrđivanje uzroka i posljedica ovog izvanrednog događaja. Već prvim pregledom ustanovljeno je oštećenje prigušnog namota rotora generatora koje je nastalo kao posljedica velikog termičkog naprezanja kao direktna posljedica pregrijavanja čeonih dijelova

polova zbog inverzne komponente struje uslijed nesimetričnog opterećenja koje je trajalo 7 minuta.

S obzirom na karakter i opseg oštećenja rotora generatora, pristupilo se sanaciji koja je obuhvatila zamjenu svih 96 fleksibilnih međupolnih veza prigušnog namota koje su uništene uslijed ekstremno visokih temperatura. Osim popravka prekidača (HOPS) i popravka rotora generatora, obavljene su sve potrebne provjere na ostaloj opremi te je agregat nakon 25 dana ponovo pušten u rad.

U radu su analizirani aspekti uzroka i posljedica kvara prekidača u polju blok-transformatora agregata i posebno režimi rada generatora u razdoblju do zaustavljanja i konačnog isključenja generatora. Uz analizu kvara, u radu će se obraditi i opisati prijedlozi i smjernice za održavanje opreme, poboljšanja na sustavu zaštita, poboljšanja u programu ispitivanja sustava zaštita s mjerama za sprečavanje i ublažavanje posljedica takvih ili sličnih kvarova.

**Tomislav Baškarad and Igor Kuzle. Utjecaj fotonaponskih elektrana na stabilnost frekvencije u elektroenergetskom sustavu**

**Abstract:** Integracija fotonaponskih elektrana u elektroenergetski sustav u stalnom je porastu te ukupna instalirana snaga u fotonaponskim elektranama u svijetu iznosila je oko 415 GW na kraju 2017. godine što je približno 100 GW više u odnosu na stanje krajem 2016. godine. U sustavima koji imaju visok udio proizvodnje električne energije iz fotonaponskih elektrana mogu se pojaviti problemi u održavanju frekvencijske stabilnosti. Neki razlozi zbog kojih fotonaponske elektrane negativno utječu na frekvencijsku stabilnost elektroenergetskog sustava su: nemaju rotirajućih dijelova koji bi mogli pružiti inercijski odziv; njihovim priključenjem na mrežu smanjuje se broj konvencionalnih sinkronih generatora u pogonu čime se smanjuje rotirajuća kinetička energija; rade s ciljem maksimalne proizvodnje snage čime se smanjuje ukupna snaga rezerve potrebna za osiguravanje primarne regulacije frekvencije; spojene su na mrežu preko pretvarača čime su u potpunosti neosjetljive na promjenu mrežne frekvencije. Navedeni razlozi dovode do smanjenja tromosti sustava što se očituje u većoj brzini promjene frekvencije te u većem odstupanju frekvencije od nazivne vrijednosti tijekom poremećaja. U radu će se detaljno objasniti utjecaj fotonaponskih elektrana na frekvencijsku stabilnost te će se istražiti mogućnosti i predložiti koncepti sudjelovanja fotonaponskih elektrana u regulaciji frekvencije.

**Nina Stipetić, Bojan Franc, Božidar Filipović-Grčić, Viktor Milardić and Ivo Uglešić. Analiza atmosferskih pražnjenja na lokacijama vjetroelektrana i prenapona uzrokovanih direktnim udarima munja u lopaticu vjetroatregata**

**Abstract:** S porastom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana u svijetu, kvarovi i štete u vjetroelektranama uzrokovani atmosferskim pražnjenjima privukli su veliku pozornost, posebice u regijama s intenzivnom grmljavinskom aktivnošću. Statistička obrada prijavljenih šteta uzrokovanih atmosferskim pražnjenjima u ranom periodu nalog porasta instalacija vjetroelektrana u svijetu, pokazala je da je najčešća šteta bio kvar niskonaponske opreme i upravljačkih sustava unutar stupa vjetroatregata, čija je izolacijski razina niska, dok je ekonomski najnepovoljnije oštećenje lopatica vjetroturbine. Upravo zbog brojnih kvarova, važno je pratiti izloženost pojedinog vjetroatregata atmosferskim pražnjenjima te na temelju izloženosti valjano odrediti prenaponsku zaštitu te procijeniti pravovremeno održavanje gromobranske zaštite. Za praćenje izloženosti vjetroatregata atmosferskim pražnjenjima, mogu se analizirati podatci iz sustava za lociranje atmosferskih pražnjenja (SLAP). Prema podacima iz SLAP-a, primijećen je znatan porast u gustoći udara munja na mikrolokacijama nakon postavljanja vjetroatregata. Međutim, ovi podatci ne daju točne rezultate o broju direktnih udara u pojedini vjetroatregat, odnosno lopaticu. Uzrok tome su uzlazni udari čije se struje razlikuju od struja silaznih udara, od oblaka prema zemlji. Mjerenja struja munja na tornjevima pokazala su da uzlazni udari sadrže početnu kontinuiranu struju (engl. initial continuous current, ICC) niskih amplituda i relativno dugog trajanja. Ukoliko početna kontinuirana struja nema superponiranih impulsnih struja, sustavi za lociranje atmosferskih

pražnjenja ne mogu detektirati munju. Stoga su u nekim vjetroelektranama, u lopatice ugrađeni brojači udara munja. U ovom radu, uz povećanje gustoće udara na mikrolokaciji jedne vjetroelektrane, pokazat će se i razlike u procjeni izloženosti vjetroatregata udarima munja koristeći podatke iz SLAP-a, podatke iz brojača udara munja postavljenih u lopatice jedne vjetroelektrane te koristeći preporuku standarda IEC 61400-24. Analizom podataka iz SLAP korelatora, također je primijećeno kako se velik broj isklopa prekidača uslijed bliskih udara munja u 2018. godini dogodio upravo na vodovima koji povezuju pojedine vjetroelektrane na prijenosnu mrežu.

U radu je također prikazana simulacija direktnog udara munje u lopaticu vjetroturbine na modelu jednog vjetroatregata, u svrhu analize prenapona i energetske opterećenosti odvodnika prenapona koji štite opremu unutar vjetroatregata.

**Zvonimir Zegnal and Matija Kršić. Rekonstrukcija dalekovoda DV 110 kV Slavonski Brod – Slavonski Brod 2 – problematika izvođenja radova u urbanom području s naglaskom na problematiku prijelaza preko infrastrukturnih objekata**

**Abstract:** Rekonstrukciju postojeće građevine DV 110 kV Slavonski Brod – Slavonski Brod 2 predviđeno je izvesti tako da se predmetni dalekovod rekonstruira u dvosistemi dalekovod i na taj način eliminira potreba izgradnje još jednog paralelnog dalekovoda, odnosno stvaranje još jednog energetskog koridora.

Rekonstruirani dalekovod predviđen je kao dvostruki 110 kV dalekovod u skladu sa suvremenom tehnologijom, odnosno na čeličnoredetkastim i poligonalnim stupovima, zadržavajući pritom trasu postojećeg dalekovoda.

Nova stupna mjesta locirana su na istim mjestima ili s minimalnim pomakom u odnosu na postojeća kako bi se temelji i temeljni dijelovi novih stupova mogli graditi dok je postojeći vod u pogonu, uvažavajući pritom sve odredbe Zakona o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 154/14) i pravilnika koji reguliraju ovo područje.

Budući da trasa predmetnog dalekovoda prolazi kroz urbano područje, predmetni dalekovod ostvaruje križanja sa raznim infrastrukturnim objektima, kao i sa gospodarskim i stambenim objektima.

Predmetni dalekovod ostvaruje križanja sa sljedećim infrastrukturnim objektima: autocesta Zagreb – Lipovac; Elektrificirana međunarodna željeznička pruga Zagreb – Beograd, industrijska pruga, plinovod Plinacro, magistralni naftovod JANAF, dvije državne ceste, Lokalni plinovod Brod-Plin, nekoliko 10 kV dalekovoda, 35 kV dalekovod, te razne objekte komunalne infrastrukture i gradske ulice.

Pošto predmetni dalekovod ostvaruje križanja sa objektima koji su u nadležnosti javnih tijela osim same tehnologije izvođenja radova dolazi i do problematike pravnih procedura sa javnim tijelima koje treba poštovati, jer većina javnih tijela traže da Investitor ishoduje suglasnosti od istih, na radove u okolini njihovih objekata prije samog početka radova.

Sam početak rješavanja pravnih procedura sa javnim tijelima počinje još u fazi projektiranja na način da sva javna tijela koja imaju objekte u svojoj nadležnosti, a ostvaruju križanje sa predmetnim dalekovod izdaju posebne uvjete građenja. Nakon izdavanja posebnih uvjeta

građenja projektant projektira Glavni projekt na način da predmetni dalekovod zadovolji sve posebne uvjete koje su izdala javna tijela.

Javna tijela u svojim posebnim uvjetima gradnje znaju postaviti uvjete koje se odnose na početak izvođenja radova. U tom slučaju Investitor ne može krenuti sa izgradnjom predmetnog dalekovoda dok ne ispuni zahtjeve iz posebnih uvjeta koje se odnose na početak gradnje i ne dobije suglasnost na izvođenje radova od istih.

Nakon što se dobiju sve suglasnosti i odobrenja za izvođenje radova od javnih tijela kreće se u izvođenje radova. Kod izvođenja radova na križanjima sa nekim infrastrukturnim objektima potrebna je posebna tehnologija, primjer su autoceste i elektrificirana željeznica.

**Zoran Augustinović and Tomislav Lederhas. : IZGRADNJA TS ORIKUM I TS HIMARE U ALBANIJI**

**Abstract:** U sklopu izgradnje dalekovodnog prstena 110 kV za južnu Albaniju 110 kV Circuit Line South Albania, KONČAR – Inženjering za energetiku i transport (KET) u cijelosti je izveo izradu projektne dokumentacije, organizaciju gradnje te montažu i ispitivanje opreme, kao i puštanje u pogon dvije nove transformatorske stanice Orikum 110/35/20 kV i Himare 110/35/20 kV.

Organizacija visokonaponskog 110kV postrojenja je u obliku H sheme s dva vodna polja na 110 kV, cijevnim sabirnicama sa sabirničkim sekcijskim rastavljačem, jednim transformatorskim poljem te tronamotnim trofaznim energetske transformatorom 110/35/20 kV, a prostorno je uzeto u obzir i buduće proširenje svake trafostanice s još jednim transformatorskim poljem te pripadnim energetske transformatorom. Srednji napon se sastoji od četiri 35kV polja i devet 20kV polja. Osim trafostanica, opseg radova je obuhvaćao i tri nova 35kV dalekovodna stupa po stanici te samu integraciju novih stanica na 35 kV razini kao i na 110 kV razini u cilju redundantnog napajanja elektroenergetske mreže. 20kV postrojenje, iako je u cijelosti instalirano i funkcionalno, se trenutno koristi samo za napajanje vlastite potrošnje trafostanica, a u budućnosti je planiran i kabelski rasplet. DC napajanje je u svakoj trafostanici riješeno pomoću dva baterijska sustava napona 110VDC i prikladnih ispravljača, za potrebe zaštitnih i upravljačkih releja i nužne rasvjete, te dva baterijska sustava 48VDC za telekomunikacijsku opremu.

SCADA, zaštitna, upravljačka i telekomunikacijska oprema je smještena u zgradi, kao i AC/DC razvodi. Za zaštitnu i upravljačku opremu su ugrađeni numerički releji najnovije generacije s podržanim IEC 61850 protokolom. Preko SCADA sustava, trafostanice su povezane s NDC-om u glavnom gradu Tirani.

Projekt je financiran od strane KfW- Njemačka razvojna banka a krajnji korisnik je OSHEE-distributer električne energije u Albaniji. Projekt je ugovoren na principu ključ u ruke. Operativni dio projekta je bio vođen od strane OST-a (Operator prijenosnog područja) s angažiranom konzultantskom kućom Fichtner s kojom je Končar već imao iskustva na izgradnji trafostanice Zemblak, također u Albaniji.

Kao posebnost ugovora ističe se da je gotovo 90 posto opreme za trafostanice su proizvodi KONČAR Grupe. Tako uz SCADA sustav, dualna SCADA ProzaNET verzije 3.4.1 (KET-ov proizvod, na projektu su sudjelovala i KONČAREVA društva Aparati i postrojenja, Elektronika i informatika, Mjerni transformatori te Distributivni i specijalni transformatori.

Unatoč kratkom vremenskom roku od 14 mjeseci od potpisivanja ugovora do puštanja obje stanice u pogon, te zakonodavnim izazovima oko ishoda građevinske dozvole, iza Končar KET-a stoji uspješno završen projekt u inozemstvu.

**Milivoj Šutej, Zaviša Klobas, Robert Špehar, Srećko Bojić and Boris Babić. Aktivnosti poduzete pri pokušaju pronalaska mjesta oštećenja trožilnog uljnog kabela 110 kV Crikvenica – Krk**

**Abstract:** Napajanje električnom energijom otoka Krka, Cresa i Lošinja vrši se iz najbližih dijelova 110kV kopnene mreže. Dio ovog sustava predstavlja i kabela veza 110kV Crikvenica – Krk. Kabel 110kV Crikvenica – Krk je položen u srpnju 1972. i od 1973 do studenog 1976. bio je pod naponom od 35 kV, a potom je prebačen na 110 kV. Dana 26.11.2016. došlo je do havarije na jednopolnom kabelskom završetku u kabelskoj stanici Konjin na otoku Krku. Uzrok havarije je opadanje nivoa izolacionog ulja u kabelskim završecima što je za posljedicu imalo degradaciju stupnja izolacije, a u konačnici i eksploziju samog kabelskog završetka. Prije samog pristupanja sanaciji kabelskog završetka bilo je potrebno naći i sanirati mjesto kvara na hidrauličkom sistemu kabela te pratiti stanje izolacije samoga kabela mjerenjem otpora izolacije i kuta gubitaka tand kako bi se detektirao eventualni prodor vode u kabel. Pokušaj čisto vizualne identifikacije mjesta kvara duž trase kabela pokazao se neuspješnim, a prema prijašnjem iskustvu, mjesta spajanja kabelskog plašta sa tijelom kabelske spojnice pokazala su se kao slabe točke sistema. Iz tog razloga vršila se vizualna provjera kabelskih spojnica na onom dijelu trase na kojem je bilo fizički moguće do njih doći. Nakon toga se pristupilo i pregledu kabela u podmorju, uz istovremeni pregled morske površine plovilom i dronom kako bi se utvrdilo eventualno oštećenje na tom dijelu trase. Potom je otkopana te pregledana i podzemna dionica kabela od zaporne spojnice do mora uz sam hotel Kaštel, ali se nije uspjelo naći mjesto kvara. Na kraju svih poduzetih radnji te iz iskustva sa kabelima te vrste u prijenosnom području Split, nametnuo se zaključak da su postojeći 110 kV kabeli, koji su položeni krajem 60-ih i početkom 70-ih godina 20. stoljeća na kraju svog životnog vijeka te ih je potrebno što prije zamijeniti. Krajnji rezultat svih ovih napora bio je objedinjavanje svih projekata zamjene podmorskih kabela u PrP-u Split i PrP-u Rijeka u jedinstven projekt na nivou cijelog HOPS-a kako bi se time optimirali troškovi i dobila najbolja vrijednost za novac.

**Stipe Gašparini, Marko Mijač and Stjepan Tvorčić. UGRADNJA I ODRŽAVANJE OPREME ZA MJERENJE VIBRACIJA ROTACIJSKIH STROJEVA**

**Abstract:** U današnje vrijeme mjerenje vibracija predstavlja jedan od najvažnijih dijelova sustava održavanja i praćenja rada elektroenergetske opreme. Mjerila vibracija koriste se za praćenje i otkrivanje problema ili kvarova do kojih može doći na ključnim dijelovima strojeva unutar pogona. Točnost i pouzdanost u rezultate mjerenja vibracija omogućava kvalitetniji nadzor stroja te sprječava potencijalno nastajanje kvarova do kojih može doći tijekom rada.

Kod mjerenja vibracija koriste se različiti tipovi senzora, odnosno akcelerometara koji se ugrađuju na ispitivanu opremu. Sama ugradnja na opremu ovisi o tipu senzora koji se koristi. U većini slučajeva akcelerometri se pričvršćuju ljepilom ili magnetom na opremu koja se ispituje. Prilikom specifičnih mjerenja ugradnja zahtijeva korištenje različitih nastavaka i adaptera. Senzori mogu biti ugrađeni za privremeni ili trajni nadzor opreme. Također, prilikom ugradnje treba voditi računa da se senzoru može pristupiti radi lakšeg održavanja ili zamjene senzora. Navedene razlike prilikom ugradnje utječu na osjetljivost akcelerometra, pogotovo kod karakterističnih frekvencija.

U ovome radu korištena su dva tipa akcelerometara. Objašnjen je princip njihova rada i izvršena su mjerenja kojima se provjerava njihov rad u različitim ispitnim situacijama i uvjetima. U nastavku su prikazana mjerenja koja su izvedena za akcelerometar izlaznog signala naponskog tipa i akcelerometar izlaznog signala naboja. Postupak mjerenja vibracija se razlikuje ovisno o tipu senzora. Mjerenja su izvršena korištenjem specijaliziranog prijenosnog vibracijskog kalibratora koji se u industriji koristi u svrhu umjeravanja akcelerometara, senzora pomaka i senzora brzine. Mjerenjima je provedena analiza utjecaja različitih amplituda vibracije, kao i utjecaj različitih frekvencija vibracija na osjetljivost akcelerometara. Također, promatran je i utjecaj različitih načina ugradnje senzora. Jedini način da se osigura pouzdanost, raspoloživost i kvaliteta mjerenja vibracija jest da se akcelerometri redovito i periodički umjeravaju. Rad daje preporuke za ugradnju i održavanje senzora

vibracija kako bi mjerenja dobivena njima bila što pouzdanija i točnija te kako bi se produljio životni vijek senzora.

## Igor Ivanković, Goran Levačić, Alan Župan and Dean Dobrec. POGONSKA ISKUSTVA I MOGUĆA POBOLJŠANJA PRI ODRŽAVANJU ODVODNIKA PRENAPONA U VISOKONAPONSKIM POSTROJENJIMA

**Abstract:** Odvodnici prenapona su elementi prijenosnog elektroenergetskog sustava koji štite primarnu visokonaponsku opremu na način da ograničavaju prenapone ispod razine podnosivog napona opreme, a da se pri tome energetske ne preopterećuju. Da bi mogli učinkovito štititi primarnu opremu, odvodnici prenapona se ponašaju kao nelinearni otpornici čija se vrijednost mijenja u ovisnosti o amplitudi (narinutog) napona. U visokonaponskim prijenosnim sustavima odvodnici prenapona se najčešće nalaze u blizini energetske transformatora, dalekovodnim poljima ili na dalekovodima (tzv. linijski odvodnici prenapona).

Kada govorimo o odvodnicima prenapona, potrebno je istaknuti njihovu energetske sposobnost, koja se odnosi na energiju koju mogu apsorbirati bez gubitka termičke sposobnosti. Generalno, postoje dvije vrste energetske sposobnosti : energetske sposobnost jednog impulsa i termička energetske sposobnost. Energetske sposobnost jednog impulsa definira se kao maksimalna energija koju odvodnik može podnijeti u trajanju od 4 ms ili duže, a da pri tom ostane termički stabilan na nazivnom naponu  $U_r$  u trajanju od 10 s i trajnom radnom naponu  $U_c$  u trajanju 30 min, dok se termička energetske sposobnost definira kao maksimalna energija pri kojoj se odvodnik može ohladiti na normalnu pogonsku temperaturu. Navedene energetske sposobnosti nisu eksplicitno prikazane u međunarodnoj normi za odvodnike prenapona. Umjesto toga definirana je energetske klasa odvodnika. Da bi odvodnici prenapona mogli nesmetano obavljati svoju funkciju moraju biti ispravni odnosno moraju se redovno održavati.

U radu je dan osvrt na raspoložive alate i sustave kojima raspolaže HOPS, a koji mogu doprinijeti promjeni pristupa održavanja odvodnika prenapona u prijenosnoj mreži, posebice na temelju raspoloživih podataka iz SCADA sustava o broju sklopni operacija (skloni prenaponi te sustava za lociranje atmosferskih prenapona (atmosferski prenaponi). Uz navedeno, na praktičnom primjeru je prikazan proračun iznosa opterećenja odvodnika prenapona na modelu tipskog nadzemnog voda i transformatorske stanica u programskom alatu EMTP-RV. Simulacije su rađene na temelju statistike stvarnih ulaznih parametara i amplituda struja munje iz SLAP sustava. S obzirom na navedeno, predložen je širi pristup problematici ispitivanja odvodnika prenapona, koji na temelju dostupnih podataka te pogonskih iskustava može doprinijeti njihovom održavanju, odnosno sprečavanju termičkog preopterećenja. U skladu time, dane su preporuke vezane za održavanje.

## Nenad Papić. Vještačenje nesreća na radu uzrokovanih strujnim udarom

**Abstract:** Nesreće koje se događaju uslijed pojave opasnog napona na električnoj instalaciji i električnim uređajima (aparatura) i dodira čovjeka sa neispravnim dijelom instalacije ili kućištem uređaja mogu dovesti do strujnog udara koji može biti opasan za život i zdravlje čovjeka. Također se događaju i nesreće prilikom rada, većinom električara, na električnim instalacijama i postrojenjima.

Radovi na električnim instalacijama i postrojenjima s obzirom na način izvođenja i primjenu zaštitnih sredstava mogu se podijeliti na: radove u beznaponskom stanju, radove u blizini napona i radove pod naponom.

U referatu su opisane metode rada vještaka za elektrotehniku prilikom utvrđivanja tehničke ispravnosti električne instalacije i električnih uređaja (aparata) i metode pronalaženja kvarova na istima koji su mogli dovesti do strujnog udara. Opisani su realni slučajevi nesreća na radu

iz područja rada vještaka, te su prikazani tragovi kod nesreća uslijed strujnog udara kod visokog i niskog napona.

Izvršena je analiza i navedeni su mogući uzroci koji su doveli do prikazanih nesreća. Na jednom primjeru dana je usporedba pravilnog i nepravilnog načina rada koji je doveo do nesreće.

**Matej Kolarik, Dalibor Gržinić, Dino Jakovčić and Siniša Jergović. Zamjena 110/20 kV transformatora snage 2 x 40 MVA te prelazak mreže Rovinja na 20 kV naponsku razinu**

**Abstract:** Područje Rovinja je jedno od najpoznatijih turističkih destinacija što vodi do značajnog porasta novih priključenja na mrežu i potrošnje električne energije. Distribucijska mreža Rovinja bila je na 35 i 10 kV naponskoj razini te se zbog velikog ukupnog opterećenja, velikog broja 10/0,4 kV transformatorskih stanica i padova napona izvršio prelazak na 20 kV naponsku razinu. Osim prelaska potrebno je bilo zamijeniti stare transformatore nazivne snage 2 x 20 MVA sa novima snage 2 x 40 MVA. U radu je navedena priprema za prelazak, promjena zaštite distributivnih transformatora, razgraničenje sa HOPS-om te operativno izvođenje prelaska sa izazovima koji se pojavljuju kao što su opremanje privremenih 20 kV transformatorskih polja, zamjena i prespajanje 110/20 kV transformatora, privremeno napajanje iz okolnih 110 kV transformatorskih stanica, interventno polaganje kabela, probijanje odvodnika prenapona te promjena načina uzemljenja i kompenzacije mreže.

**Igor Ivanković, Alan Župan, Goran Levačić, Dean Dobrec, Boris Avramović and Ivan Pavičić. ZAŠTITA 110 KV PRIJENOSNIH VODOVA OD DIREKTNOG UDARA MUNJE U FAZNI VODIČ**

**Abstract:** Kvarovi na visokonaponskim prijenosnim vodovima najčešće su uzrokovani udarima munje u stup, zaštitno uže ili direktno u fazni vodič. Stoga prilikom planiranja trase, izgradnje prijenosnih vodova i projektiranja sustava zaštite od atmosferskih pražnjenja treba uzeti u obzir parametre kao što su gustoća udara munje na planiranoj trasi, specifični otpor tla te karakteristike planiranih stupova. Navedeni parametri predstavljaju osnovu za izbor nivoa izolacije, tipa uzemljenja kao i položaj i broj zaštitnih užeta na prijenosnom vodu.

Standardna prenaponaska zaštita dalekovoda sastoji se od uzemljivača i zaštitnog užeta koje sprečava direktan udar munje u fazni vodič i nastanak kvarova, ukoliko je amplituda munje veća od podnošljive izolacijske vrijednosti. Zaštitno uže štiti fazne vodiče na način da „prihvati“ struju munje i provede je u zemlju preko uzemljivača, koji je smješten u temelju svakog stupa prijenosnog voda. Kod struja munja manjih amplituda postoji veća šansa za direktni udar u fazni vodič, odnosno nastanka tzv. greške štice (engl. shielding failure). Udar munje u fazni vodič uzrokuje strujne valove u oba smjera. Uslijed direktnog udara munja su karakteristični valovi vrlo strmih čela, koji mogu uzrokovati prenapone koji u većini slučajeva prelaze vrijednost izolacijske razine voda, što može dovesti do preskoka između faza ili prema zemlji.

Prvi dio rada opisuje sustav za lociranje atmosferskih pražnjenja (SLAP), koji se primjenjuje u HOPS-u, statistiku udara munja u objekte prijenosnog sustava u nadležnosti HOPS-a u posljednjih deset godina, te statistiku amplituda struja munje. Drugi dio rada opisuje statistiku pogonskih događaja, za slučajeve prije i nakon instalacije linijskih odvodnika prenapona na tipskom dalekovodu s jednim zaštitnim užetom. U trećem djelu, na razvijenom modelu predmetnog voda je prikazana razlika štice tipskog 110 kV prijenosnog voda od struja munja malih amplituda, za slučaj sa jednim i dva zaštitna vodiča.

**Krešimir Komljenović. UTJECAJ SASTAVA ELEKTRANA I VLASNIŠTVA NAD MREŽAMA NA POSLOVNI USPJEH DOMICILNIH ELEKTRO ENERGETSKIH KOMPANIJA U NEKIM ZEMLJAMA SREDNJE EUROPE**

**Abstract:**

SADRŽAJ REFERATA:

Ulaskom zemalja istočne Europe u zapadne integracije, kompanije iz istočnih zemalja, koje su do tad mahom poslovale u reguliranim okolnostima, morale su se prilagoditi otvorenom tržištu. Liberalizacija i deregulacija nametnuti su im kao nove mantre, za razliku od osiguravanja opskrbe po svaku cijenu i rješavanja socijalnih pitanja, koje su do tad često prevladavale. Kako su se te kompanije snalazile u novim okolnostima, legitimna je tema za managersko istraživanje. U ovom članku daje se pregled utjecaja "hard assets"-a koje te kompanije posjeduju na njihov očekivani poslovni uspjeh, nakon višegodišnjeg perioda prilagodbe.

Pozitivistička istraživačka filozofija pri tom je korištena kao istraživački okvir. Istraživačka strategija je "case study", a pristup dedukcija. Podaci su sakupljeni uglavnom iz sekundarnih izvora.

Odabrana su 3 istraživačka cilja sa 3 odgovarajuća istraživačka pitanja. Na njih se pokušalo odgovoriti na primjeru 7 srednjeeuropskih zemalja te 11 kompanija, direktnih nasljednika originalnih, vertikalno integriranih kompanija iz doba. Imovina je grupirana u 3 grupe: klasične elektrane (nuklearne, hidro, termo), obnovljive elektrane (vjetar, solar, bio masa) te prijenosni kapaciteti (prijenos i distribucija).

Kriteriji uspjeha odabrani su prema uobičajenim ali i dostupnim podacima, dominantno iz godišnjih financijskih izvješća kompanija. Sakupljanjem podatak krenulo se u analizu te traženje povezanosti i uzročno posljedičnih veza.

Protivno razvijenoj intuiciji, a temeljeno na slučajevima analiziranih kompanija, nije pronađena značajna korelacija između odabranih kriterija uspjeha i promatranih klasa imovine, koje su služile kao neovisne varijable.

Najveći problem prilikom istraživanja bio je pristup podacima.

Ključne riječi: imovina, uspjeh, incumbents

**Tomislav Sekelez, Antonija Bekavac, Tomislav Matijević and Jerko Kovačević. Pogonska iskustva mHE Prančevići u radu na distribucijskoj mreži – zaštita od otočnog pogona**

**Abstract:** U radu se prezentiraju određena pogonska iskustva korisnika (vlasnika), za prve dvije godine rada novoizgrađene mHE Prančevići. Težina referata se stavlja na uvjete priključka elektrane na konkretnu lokalnu distribucijsku mrežu određene karakteristike i konfiguracije i uzvratni utjecaj te nesavršene mreže na rad elektrane.

Uvjeti priključenja elektrane na distribucijsku mrežu definirani zakonom i pravilnicima operatora distribucijskog sustava (ODS) zahtijevaju da elektrana bude odvojena od mreže prilikom poremećaja ili nastanka beznaponske pauze u istoj. Zbog toga je u 10kV vodnom polju elektrane ugrađen numerički višefunkcionalni zaštitni relej s aktiviranim određenim brojem zaštitnih funkcija.

Trenutno stanje lokalne distribucijske mreže i podešenja zaštitnih funkcija releja vodnog polja koji se službeno naziva „Zaštita od otočnog pogona“ dovode do učestalih ispada elektrane.

U radu su prezentirani određeni primjeri prorada zaštitnih funkcija koje dovode do ispada elektrane i sugestije na prepodešenja nekih zaštitnih funkcija.

**Filip Rabuzin, Damir Sumina and Zdravko Rabuzin. An active islanding detection method based on the sensitivity of reactive power**

**Abstract:** In electrical power systems, the share of distributed production based on renewable energy sources is increasing, and therefore the issue of detection of the island state is posed. The failure of detection of an unintended island state can result in: voltage and the frequency drift beyond the permitted limits, decreased safety of the workers on the transmission lines, the asynchronous connection due to the automatic reclosure and collapse of the entire distribution network. This paper will describe the division of islanding detection methods as local and remote. Local methods are further divided into: active, passive and hybrid. For each group of islanding detection methods, its advantages and disadvantages are highlighted. An active method of detection of an island state based on the sensitivity of reactive power is thoroughly described, and its mathematical background is explained in the paper. Also, the results of simulation of island state detection based on said active detection method is described. On the basis of the described method and other groups of methods, at the end of the work, a conclusion was made on the methods of detection.

**Vladimir Valentić, Davor Kotorac, Zoran Bunčec, Dubravko Franković, Zoran Grba and Ranko Jančić. Analiza mogućnosti upravljanja naponskim prilikama u 110 kV mreži sa značajnim udjelom kablskih i mješovitih dalekovoda**

**Abstract:** Cilj predmetnog članka je analiza mogućnosti upravljanja naponskim prilikama u 110 kV mreži sa značajnim udjelom kablskih i mješovitih dalekovoda na primjeru hrvatskog primorja (područje otočne veze: potez DV 110 kV Melina - Krk - Lošinj - Dunat - Rab - Novalja - Pag - Nin te šire riječko područje). Obzirom da je i u sadašnjem stanju izgrađenosti vidljiv višak jalove snage generiran neopterećenim kabelima, posebice u okolini TS 110 kV Krk, nakon puštanja u pogon novih kablskih dalekovoda (sanacija i ulazak u pogon novog 110 kV kabla DV 110 kV Krk - Crikvenica, ulazak u pogon kabla DV 110 kV Turnić - Sušak i ulazak u pogon TS 110 kV Zamet) očekuje se povećanje tokova jalovih snaga i pogoršanje lokalnih naponskih prilika što će za posljedicu imati dodatno naponsko naprezanje opreme i povećanje gubitaka. Iz gore navedenog nameće se potreba analize mogućnosti i opravdanosti ugradnje prigušnice za kompenzaciju prekomjerno generirane kapacitivne jalove snage u predmetnoj mreži. Zadatak članka je utvrditi doprinose pojedinih relevantnih dijelova mreže koji mogu generirati jalovu snagu uključivo i elemente koje će biti izgrađeni u planiranom desetogodišnjem planu razvoja prijenosne mreže. Na osnovu toga, definirat će se svi relevantni "N-1" scenariji za različita opterećenja mreže (utjecaj različite veličine konzuma na naponske prilike). Nadalje, pokušat će se definirati potrebna veličina prigušnice te odrediti optimalno mjesto i naponska razina moguće ugradnje (npr. 110 kV sabirnice ili tercijar transformatora). Prikazat će se tokovi snaga i naponske prilike prije i nakon ugradnje prigušnice. Ujedno, analizirat će se vođenje regulacijskih preklopki autotransformatora ATR 220/110 kV u TS Melina i u TS Pehlin, te vođenje regulacijske preklopke autotransformatora s kosom regulacijom ATR 220/110 kV u TS/HE Senj.

Na osnovu analize različitih scenarija predmetni članak pokušat će dati odgovor na tehničku i ekonomsku opravdanost upravljanja naponskim prilikama u 110 kV mreži ugradnjom prigušnice.

**Goran Licul and Tin Jakonišić. Sanacija naponskih prilika u niskonaponskoj mreži ugradnjom automatskog regulatora napona**

**Abstract:** Temeljem pritužbi kupaca električne energije na području naselja Rakalj na loše naponske prilike, kao i pojavom novih kupaca na promatranom području, analizirala se mogućnost ugradnje automatskog regulatora napona u niskonaponsku mrežu.

S obzirom da prostorni planovi promatranog područja ne planiraju značajnu izgradnju, odnosno značajno povećanje budućeg konzuma električne energije, izgradnja nove transformatorske

stanice 10(20)/0,4 kV nije opravdana. Proračuni su ukazivali da će ugradnja automatskog regulatora napona značajno doprinijeti kvaliteti napona na promatranom niskonaponskom izlazu.

U referatu će se prikazati naponske prilike promatranog niskonaponskog izvoda prije ugradnje automatskog regulatora napona, odabir optimalnog mjesta ugradnje regulatora, kao i potrebni zahvati na niskonaponskoj mreži. Isto tako, biti će prikazane naponske prilike na promatranom niskonaponskom izlazu nakon ugradnje automatskog regulatora napona.

#### **Mia Krnić and Dragutin Jordanić. Čistoća materijala i prostora za izoliranje SN i VN kabela**

**Abstract:** U brojnim proizvodnim područjima danas treba nadzirati i upravljati koncentracijom čestica u zraku. Čisti prostori koriste se u farmaceutskoj i medicinskoj industriji, kao i u elektronici, inženjerstvu, automobilskoj industriji, optičkoj, prehrambenoj i drugim industrijama.

Onečišćenja svih vrsta treba učinkovito sprječavati zbog toga što onečišćenja proizvodnog okruženja prašinom i česticama umanjuje kvalitetu proizvoda ili ih u potpunosti dovodi u pitanje. Kako bi se omogućilo tako čisto radno mjesto, nije dovoljno prostor samo opskrbiti čistim zrakom, treba spriječiti i nakupljanje nastalih onečišćenja u prostoriji.

Čistim se prostorom smatra definiran i kontrolirani prostor konstruiran na način da je unos, generiranje, sakupljanje i zadržavanje čestica (kontaminanata) minimizirano i kontrolirano. Zadatak tehnike za čiste prostore je suprostavljanje opasnostima koje čovjek ili radno mjesto predstavlja za radni postupak.

Osim osiguranog čistog prostora potrebno koristiti materijale sintentizirane sa sirovinama visoke čistoće. Karakterizacija sirovina igra važnu ulogu u procesu kontrole kvalitete proizvodnje i razvoja proizvoda, osiguravajući da onečišćenja koja su nastala prilikom sinteze, kao što su ostatna otapala, katalizatori, voda i ostale neželjene komponente te njihovi razgradbeni produkti, ne uđu u daljnji proizvodni proces i time naruše kvalitetu krajnjeg proizvoda. Čistoća polaznog materijala glavni je preduvjet kvalitetne proizvodnje.

Izolacijski materijal (umreživi polietilenski granulat – XLPE) za SN, a posebno za VN kabele prema kabelskom standardu HRN HD 620 S2 i HRN IEC 60840 mora biti homogeni materijal visoke čistoće, bez zagađivača kao što su čestice metala, prašina, zračni mikrobi, čestice aerosola i drugo. Ukoliko se takve čestice nađu u izolacijskom materijalu SN i VN kabela dolazi do degradacije različitih električnih parametara, stvaranja električnih „grančica“ koje mogu bitno skratiti životni vijek kabela i pojave električnog proboja. Zbog toga je za izoliranje SN i VN kabela potreban definiran i kontroliran prostor u kojem se provodi filtriranje zraka u dva stupnja (predfiltriranje i filtriranje).

Čisti prostori klasificiraju se prema broju i veličini dopuštenih čestica po volumenu zraka. Čisti prostori su dizajnirani na način da udovoljavaju zahtjevima za brojem čestica: u mirovanju (at-rest) i u radu (in-operation), a ti uvjeti moraju biti definirani za svaku prostoriju (klasu) zasebno. Prema standardu za čiste prostore i kontrolirane uvjete ISO 14644-1 klasifikacija je provedena kroz 9 razreda (klasa) čistoće sa rasponom veličine čestica od 0,1 do 5 µm. Čistoća tih prostora temelji se na filtriranom zraku koji ima pozitivan tlak u odnosu na okolne prostore u svim radnim uvjetima te na taj način zrak efikasno „ispire“ prostor. Prostor u kojemu su svi relevantni parametri strogo kontrolirani: temperatura, relativna vlaga, buka, osvjetljenje i ostali parametri.

#### **Ivan Penović, Ranko Goić and Joško Novaković. Testiranje mogućnosti upravljanja jalovom snagom/naponom vjetroelektrane sa dvostrano napajanim asinkronim generatorima**

**Abstract:** Temeljem dokumenta „Testiranje usuglašenosti rada proizvodnih objekata“ izdanog od NOSBIH u siječnju 2018.g. dani su osnovni zahtjevi za testiranje usuglašenosti rada energetskih parkova u BiH. Jedan od testova odnosi se na regulaciju napona/jalove snage na mjestu priključka a sastoji od tri režima regulacije i to prema zadanom iznosu: (1) napona, (2) jalove snage i (3) faktora snage.

Provjera mogućnosti upravljanja jalovom snagom/naponom napravljena je za VE Jelovača u BiH. VE Jelovača se sastoji od 18 vjetroagregata tipa G97-2.0MW, proizvođača Gamesa, pojedinačne instalirane snage 2 MW koji su opremljeni dvostrano napajanim asinkronim generatorima. Analiza je izvršena eksperimentalno u sklopu testiranja usuglašenosti rada VE Jelovača prema prethodno odobrenom Ispitnom protokolu od strane NOSBIH te je isto potvrđeno na simulacijskom modelu vjetroelektrane prethodno dostavljenom od strane proizvođača vjetroagregata.

Osvrt na dobivene rezultate dan je u odnosu na važeće zahtjeve u BiH, Hrvatskoj te smjernicama koje propisuje ENTSO-E.

**Marin Miletić, Maja Božičević Vrhovčak, Saša Cazin, Fištrek Željka, Ana Kojaković, Lovorko Marić, Boško Milešević, Duška Šaša and Margareta Zidar. Osnovne značajke zaštite okoliša pri planiranom razvoju južnog kraka 400 kV mreže Hrvatske i dodatnom povezivanju sa sustavom BiH**

**Abstract:** Kako bi uspješno proveli energetska tranziciju na društvo temeljeno na obnovljivim izvorima energije, potrebno je osigurati neophodnu infrastrukturu što uključuje i ojačavanje elektroenergetske mreže. Izgradnja novih kapaciteta za prijenos električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora dolazi s izazovima uslijed ograničenja u prostoru: prostorno planska ograničenja, konfiguracija terena, vrsta tla, potencijalni negativni utjecaji na prirodu i krajobraz, itd. Osim što može prouzročiti štetu u okolišu izgradnja i rad novih vodova mogu rezultirati fragmentacijom staništa i posljedično utjecati na migracijske putove ptica i ostalih divljih vrsta, kao i na održivost ranjivih ekosustava. Ovim radom se želi prikazati da sagledavanje utjecaja na okoliš i društvo u ranoj fazi projektiranja novih 400 kV dalekovoda u velikoj mjeri omogućuje postizanje prihvatljivog razvoja mreže kako za okoliš tako i za društvo. Primjer je provedena analiza potencijalnih utjecaja na okoliš i društvo za planirani 400 kV dalekovod TS Konjsko-TS Lika-TS Banja Luka na teritoriju Republike Hrvatske. Duljina novog dalekovoda na trasi TS Konjsko-TS Lika- granica HR/BiH bit će oko 275 km. Studija identificira najvažnije okolišne i društvene rizike povezane s izgradnjom i radom dalekovoda te utvrđuje mjere kojima će se ti rizici umanjiti. Uzimajući u obzir značajke prostora na trasi TS Konjsko-TS Lika- granica HR/BiH utvrđeno je da može doći do izravnih ili neizravnih utjecaja na bioekološke značajke prostora i na društvo. Procijenjeni su specifični utjecaji na pojedine receptore na širem prostoru glavnog područja utjecaja.

Ključan element u odabiru optimalne trase dalekovoda, koja će rezultirati prihvatljivim utjecajima na okoliš, a ujedno biti tehnički izvediva i financijski prihvatljiva, je kontinuirana interakcija inženjera zaduženih za dizajn, izgradnju i pogon, podugovarača, društvenih i okolišnih stručnjaka te zainteresiranih dionika.

**Domagoj Ožanić, Ivan Krapić, Marko Alerić, Goran Kekelj, Krešimir Markanović and Dejan Balkić. TS OSIJEK 2 – Prvi MicroSCADA Pro 9.4 sustav u redundanciji u Hrvatskoj / SS OSIJEK 2 – First redundant MicroSCADA Pro 9.4 system in Croatia**

**Abstract:** Projekt revitalizacije TS 110/35/10 kV Osijek 2 obuhvaća kompletnu zamjenu primarne i sekundarne opreme kao i uvođenje novog SCADA sustava u redundantnom načinu rada zbog važnosti postrojenja u EE sustavu PrP Osijek. Projekt se izvodi u više faza zbog kompleksnosti radova u postrojenju.

Posebni izazov u ovom projektu je ugradnja novih upravljačkih jedinica, jedinica zaštite vodova i transformatora kao i sabirničke zaštite koji su preko IEC61850 komunikacijskog protokola povezani sa najnovijom generacijom MicroSCADA Pro 9.4 SCADA sustava u redundantnoj konfiguraciji. Projekt je gotovo u cijelosti realiziran kao tipično ABB rješenje u transformatorskoj stanici uz dodatak specifičnosti koje su realizirane kao korisničke nadogradnje kako bi se kompletno rješenje sustava upravljanja i zaštite moglo prilagoditi standardnoj funkcionalnosti sustava HOPS-a. Nova generacija MicroSCADA Pro 9.4 sustava svojim je novim SCADA funkcijama omogućila nove mogućnosti koje su iskorištene u ovom projektu. Ovdje se posebno ističe novi automatizirani alati za IEC 61850 izradu konfiguracije i

procesne baze (IET 600). S druge strane poseban je značaj dodijeljen novoj Cyber Security ugrađenoj komponenti sustava (Security Compliance Manager).

U radu će se dati osvrt i detaljan opis preFAT i FAT ispitivanja, integracije SCADA sustava, faze ispitivanja postrojenja i na kraju puštanje novog u operativni pogon.

The revitalization project SS 110/35/10 kV Osijek 2 includes complete replacement of primary and secondary equipment as well as introduction of a MicroSCADA in HSB mode in TSO System in Osijek. The project is carried out in several stages due to complexity of the works in the plant.

The special challenge in this project is the installation of new generation bay control units, line protection and transformer protection units as well as busbar protection that are connected via IEC61850 communication protocol to MicroSCADA Pro 9.4 SCADA systems in HSB configuration. The project is realized as a typical ABB solution in the substation with the addition of specificities as user upgrades so that complete solution of the management, control and protection system can be adapted to the standard functionality of the Croatian TSO System. For the first time in this project, signal database was written in IET600 ABB tool. Special significance has been assigned to new Cyber Security embedded system component (Security Compliance Manager).

This paper will give a detailed overview of the pre FAT and FAT tests, integration of the SCADA system, plant phase testing, and finally energizing.

Ana Kekelj, Tomislav Sesnic, Tomislav Stupić, Marjan Ostrun, Hrvoje Tolić and Mario Poljak.  
Uvođenje SCADA sustava u centrima u neovisni nadzorni alat

**Abstract:** HOPS koristi Network manager v4.2.7. za daljinski nadzor i upravljanje elektroenergetskim objektima od 2013 godine. Sustav je instaliran na lokaciji mrežnih centara, rezervnog dispečerskog centra i nacionalnog dispečerskog centra. SCADA sustav je ključan sustav za obavljanje funkcije sigurnog prijenosa električne energije te se zahtjeva njegova raspoloživost 24/7.

Na razini SCADA sustava implementirane su neke osnovne funkcije samo-nadzora koje se tijekom korištenja sustava nisu pokazale dostatne. Radi toga je HOPS pokrenuo projekt uvođenja SCADA sustava u nadzorni sustav Zenoss koji nudi već u besplatnoj verziji široki skup mogućnosti nadzora te praćenje rada sustava kroz određeno povijesno razdoblje. Ovakav način nadzora može se koristiti za pravovremeno uočavanje kvarova i nedostataka, jednostavniju pronalaženje uzroka kvara, kao i za praćenje odzivnosti sustava i planiranje proširenja kapaciteta.

SCADA sustav je složen informacijski sustav kojeg čine različiti segmenti: aplikacijske komponente, baze podataka, operacijski sustavi, sklopovska oprema te mrežna i komunikacijska oprema. Aplikacijski sustavi su napravljeni modularno korištenjem raznih tehnologija jer se SCADA sustav u pravilu razvija i nadograđuje kroz dulji niz godina. Baze podataka koje se koriste u SCADA sustavima mogu biti RDBMS baze (POSTGRESQL, Oracle) i baze podataka u stvarnom vremenu. Koristi se i više operacijskih sustava: Windows Server, Linux, te Windows radne stanice.

U prvom dijelu referata biti će opisan koncept i mogućnosti sustava nadzora koji je HOPS odabrao za sveobuhvatni nadzor SCADA sustava.

U drugom dijelu referata biti će opisan način dohvata podataka s različitih dijelova SCADA sustava, te pripadajućih komunikacijskih i infrastrukturnih komponenti.

Treći dio referata navest će komponente SCADA sustava koje se nadziru, te veličine koje se prate (opterećenje procesora, memorije, stanje SCADA servisa, izvršenje zadanih planiranih zadataka i sl ).

Posljednji dio referata obradit će način prikazivanja praćenih veličina te način obrade i dojave alarma na sustavu. Navest će se primjeri u kojim je ovakav tip nadzora značajan u analizi uzroka grešaka na sustavu.

Vedran Đurina, Veronika Haramija and Dijana Vrsaljko. Međusobni utjecaj mineralnog ulja i sintetskog estera

**Abstract:** Kao tekući izolacijski materijal u transformatorima se osim mineralnih ulja sve češće koriste ulja na bazi sintetskih estera. Osim što takva ulja nude ekološki prihvatljiviju alternativu mineralnim uljima, također nude neka svojstva koja su poželjna zato što smanjuju rizik uslijed rada transformatora. Time ulja na bazi sintetskih estera nude više točke plamjenja i gorišta čime se smanjuje rizik zapaljenja uslijed kvara u transformatoru, te nižu točku staništa čime su također pogodnija za korištenje pri nižim temperaturama.

Negativne strane ulja na bazi sintetskih estera su viša viskoznost, čime se otežava prijenos topline u transformatoru, te vrlo velika razlika u temeljnom kemijskom sastavu, što dovodi do određenog stupnja nekompatibilnosti s mineralnim uljima, te također čini određene metode pogodne za ispitivanje i procjenu stanja mineralnih ulja neprikladnim za ispitivanje i procjenu stanja ulja na bazi sintetskih estera.

Tijekom rukovanja s transformatorskim uljima na mineralnoj bazi i uljima na bazi sintetskih estera i njihovog punjenja u različite vrste transformatora može doći do međusobnog kontakta ulja i time zagađenja transformatorskih ulja različitim bazama. Takva zagađenja mogu dovesti do značajnih promjena u mjeranim fizikalno-kemijskim svojstvima.

Zagađenja koja nastaju miješanjem ulja različitih mineralnih baza (parafinska i naftenska) relativno su malena i nemaju velik utjecaj na kriterije za ocjenu novih transformatorskih ulja (osim u slučaju miješanja inhibiranih i neinhibiranih mineralnih ulja). No, zagađenja mineralnih ulja sa sintetskim esterima (i obrnuto) mogu dovesti do nemogućnosti ispunjavanja kriterija za nova transformatorska ulja koji su dani u IEC 60296 (za mineralna ulja) ili IEC 61099 (za sintetske estere).

U radu će se pobliže motriti promjene značajnih fizikalno-kemijskih svojstava uslijed miješanja mineralnih transformatorskih ulja sa transformatorskim uljima na bazi sintetskih estera, i pokušati će se opisati ovisnost tih svojstava o udjelima zagađenja transformatorskih ulja.

Također će se pokušati dati metoda za ocjenu čistoće ulja (u smislu razlikovanja od zagađenih ulja) i pokušati naći metoda za procjenu stupnja zagađenja transformatorskih ulja.

Mato Rošić, Dino Masle and Željko Velić. ZAŠTITA SABIRNICA TEMELJENA NA USPOREDBI SMJERA UZ PRIMJENU STANDARDA IEC 61850

**Abstract:** Sabirnice su jedan od najkritičnijih dijelova elektroenergetskog sustava. Služe za povezivanje prijenosnih vodova, generatora i transformatora, te na taj način povezuju cjelokupni EES.

Kvarovi na sabirnicama su relativno rijetka pojava, ali ih nikako ne smijemo ignorirati jer predstavljaju veliku opasnost za stabilnost EES-a. Uz to su obično karakterizirani velikim strujama koje mogu dovesti do velikih šteta u postrojenju i do ugroze ljudskih života, pa ih treba eliminirati u što kraćem vremenu.

U visokonaponskim postrojenjima ove probleme se često rješava ugradnjom diferencijalne zaštite sabirnica. Kako njezina prorada ima veliki utjecaj na stabilnost EES-a i u konačnici može dovesti do raspada EES-a, nužno je osigurati da ona bude stabilna na vanjske kvarove i osjetljiva na kvarove u zoni štice, sve to u zadovoljavajućem vremenu.

U trafostanicama u kojima nemamo diferencijalnu zaštitu sabirnica štitimo ih drugim stupnjem distantne zaštite u susjednim postrojenjima ili reverznim stupnjem distantne zaštite u promatranom postrojenju. Najveći nedostatak ovakvog rješenja je vrijeme prorade koje u

ovom slučaju iznosi 0,3 ili 0,5 sekundi. To nam uz već spomenute probleme, povećava i probleme vezane uz oblikovanje i dimenzioniranje uzemljivača, iznošenje potencijala i inducirane prenapone.

Korištenjem postojećih releja u vodnim poljima koji imaju mogućnost određivanja smjera moguće je ostvariti zaštitu sabirnica temeljenu na usporedbi smjera. Princip rada je jednostavan, ako svi releji odrede smjer unatrag onda imamo kvar na sabirnicama, a ako samo jedan od releja pokaže smjer unaprijed onda imamo kvar na tomvodu, odnosno van sabirnica.

Pojavom numeričkih releja i njihovim povezivanjem pomoću standarda IEC61850, odnosno GOOSE porukama možemo uz male tehničke preinake i uz male troškove ostvariti brzu, sigurnu i pouzdanu zaštitu sabirnica temeljenu na usporedbi smjera. Ovim rješenjem bi se moglo koristiti kao osnovna zaštita sabirnica u nekim manje kritičnim trafostanicama (ili na srednje naponskim trafostanicama), ili kao redundancija postojećoj diferencijalnoj zaštiti sabirnica.

U radu ćemo na primjeru jedne trafostanice iz Prijenosnog Područja Osijek, obaviti potrebne modifikacije na konfiguraciji releja i u laboratorijskim uvjetima ispitati brzinu, pouzdanost i sigurnost ove vrste zaštite sabirnica. Ukoliko ispitivanja ukažu na ispravan rad, dobiveni rezultati bi zajedno s činjenicom da su za njenu primjenu potrebni minimalni troškovi i tehničke preinake, mogli poslužiti i za praktičnu primjenu zaštite sabirnica temeljene na usporedbi smjera.

**Josip Šiljeg, Dalibor Čuljak, Miroslav Penava, Dragana Pirner and Hrvoje Lovrić. PILOT PROJEKT PRIKUPLJANJA PODATAKA S BROJILA ELEKTRIČNE ENERGIJE POMOĆU MDC UREĐAJA I INTEGRACIJA U SCADA SUSTAV DISPEČERSKOG CENTRA OJ PROIZVODNJA**

**Abstract:** Za potrebe Organizacijske jedinice Proizvodnja električne energije unutar JP Elektroprivrede HZHB d.d. Mostar (u daljnjem tekstu: OJ Proizvodnja) napravljen je pilot projekt na proizvodnom pogonu VE Mesihovina. Pilot projektom obuhvaćeno je uvezivanje brojila električne energije na obračunskim mjernim mjestima priključka VE Mesihovina na prijenosnu mrežu putem MDC uređaja. Prikupljeni podaci uspješno su integrirani u SCADA sustav dispečerskog centra OJ Proizvodnja. Uvođenjem predmetnih podataka u SCADA sustav operativnom osoblju dispečerskog centra omogućen je točniji uvid u stanje na proizvodnom pogonu, kontrola podataka prikupljenih iz zaštitnih i upravljačkih uređaja i točnija informacija o trenutnoj vrijednosti injektirane energije u prijenosnu mrežu.

MDC uređaj predstavlja rješenje za uvezivanje podataka s brojila električne energije u SCADA sustav. MDC uređaj onemogućava neovlašten pristup podacima i promjene parametara brojila putem sučelja za očitavanje. Dva neovisna komunikacijska kanala omogućuju pristup podacima za dvije neovisne komunikacijske mreže, tj. omogućuje pristup podacima dva korisnika mreže na sučelju MDC uređaja.

Cilj provedbe pilot projekta bio je uvid u mogućnosti i dodatne funkcionalnosti koje integracija podataka preuzetih iz brojila električne energije u SCADA sustav daje sustavu nadzora i upravljanja dijelovima EES-a koji su u nadležnosti JP Elektroprivreda HZHB d.d. Mostar.

Uspješna realizacija pilot projekta ostvarila je preduvjete za sljedeće moguće korake:

- Ugradnja MDC uređaja u ostale proizvodne pogone OJ Proizvodnja
- Ugradnja MDC uređaja u trafostanice u točkama preuzimanja električne energije iz prijenosne mreže, gdje nije instaliran SCADA sustav

Ugradnja MDC uređaja u ostale proizvodne pogone OJ Proizvodnja i integracija podataka s obračunskih mjernih mjesta injektirane električne energije u prijenosnu mrežu omogućiti će kvalitetniji nadzor, vođenje i upravljanje proizvodnim objektima, kvalitetniji i pouzdaniji rad LFC sustava i smanjenje troškova debalansa.

Pojedine trafostanice koje se u nadležnosti Elektroprijenosa BiH nemaju instaliran SCADA sustav, pa nemaju ni mogućnost predaje „real time“ podataka. Ugradnja MDC uređaja u navedene trafostanice, u točkama preuzimanja električne energije iz prijenosne mreže, za potrebe prikupljanja „real time“ podataka, omogućiti će precizniju informaciju o količinama

preuzete električne energije, što će rezultirati kvalitetnijim upravljanjem sustavom i smanjenjem debalansa balansno odgovornih strana. Budući da MDC uređaj ima 2 neovisna komunikacijska kanala, moguće je da u predmetnom slučaju jedan izlaz koristi Elektroprijenos, a drugi balansno odgovorna strana.

**Tomislav Stupić, Ivan Krajnović, Ana Kekelj, Krešimir Mesić and Tomislav Šesnić. Implementacija komunikacijskog protokol konvertora u HOPS NDC-u za razmjenu podataka s IGCC sustavom**

**Abstract:** Projekt IGCC pokrenut je 2011. godine, kao udruženje operatora prijenosnih sustava, s ciljem izbjegavanja protudjelovanja aktivacije rezerve za ponovnu uspostavu frekvencije s automatskom aktivacijom (aFRR). Udruženje je raslo i od 2016. godine broji 11 operatora prijenosnih sustava koji unaprjeđuju proces razmjene odstupanja na koordiniran način preko IGCC-a.

Preduvjet za priključenje projektu je bila uspostava komunikacije s centralnim optimizatorom po IEC 60870-5-101 protokolu. HOPS koristi AGC sustav Network manager koji je integriran da SCADA sustavom i nije imao implementiran traženi komunikacijski protokol. Dogradnja tog modula od strane proizvođača SCADA/AGC sustava nije bila moguća.

Radi toga je HOPS ugovorio s Končar Inženjering za energetiku i transport razvoj, implementaciju, ispitivanja i puštanje u pogon komunikacijskog sučelja za IEC 60870-5-101 protokol sukladno zahtjevima IGCC-a. Projekt implementacije uspješno je završen u svim fazama te je dana 1. veljače 2019. godine, HOPS službeno postao član inicijative te je sustav započeo rad u produkcijskog okolini.

Članak opisuje tehničko rješenje nadogradnje postojećeg Network Manager AGC sustava komunikacijskim protokolima potrebnim za ostvarenje međudržavne komunikacije HOPS-a i IGCC centra u svrhu razmjene podataka. Projektom su nadograđeni komunikacijski protokoli „dual-mode“ balansirani IEC 60870-5-101 i IEC 60870-5-104 „slave“.

HOPS je uspostavio novu komunikacijsku vezu s IGCC centralnim optimizatorom u Njemačkoj preko 2 nezavisna namjenska serijska komunikacijska kanala prema centrima u gradovima Wendlingen i Esslingen i to korištenjem IEC60870-5-101 protokola u balansiranom „Dual-mode“ načinu rada. Veza prema AGC sustavu unutar Network Manager sustava u Nacionalnom Dispečerskom Centru ostvarena je putem API sučelja za bazu podataka Network Manager SCADA sustava. Tehničko rješenje je redundantno na nivou HOPS-a: u NDC-u i u RDC-u, ali i redundantno na nivou svakog od tih centara pojedinačno.

Intenzivan rad na projektu u završnoj fazi uključivo je i produkcijska ispitivanja te završna podešavanja sustava koje su proveli stručni timovi HOPS-a i Končar KET-a u suradnji s timovima iz TransnetBW, Njemačka.

**Goran Vidmar, Anđelko Tunjić, Ivan Baran, Nikola Bogunović and Željko Plantić. Implementacija modela upravljanja imovinom temeljena na procjeni rizika stanja postojeće imovine (AIM/CBRM Metodologije) u HEP ODS-u - Organizacija projekta i osiguranje podataka**

**Abstract:** S ciljem podizanja razine planiranja i realizacije zahvata u svim dijelovima distribucijske mreže, HEP ODS je tijekom restrukturiranja poslovanja i reorganizacije 2017. godine uspostavio Sektor za upravljanje imovinom u kojemu su Odjeli za operativno upravljanje imovinom Sjever, Jug, Istok i Zapad. Jedna od ključnih uloga regionalnih odjela je podići razinu planiranja i realizacije ulaganja u program revitalizacije elektroenergetskih objekata, s posebnom pažnjom na objekte naponske razine 10(20) kV i 0,4 kV. Kao glavni alati prilikom donošenja odluka o zahvatima u postojeću imovinu odabrane su:

a) C-I (Condition – Importance) metodologija koja se uspješno primjenjuje u DP Elektroprimorje Rijeka, kao jednostavniji alat i rješenje za prvo trogodišnje razdoblje, te  
b) AIM (Asset Investment Management)/CBRM (Condition Based Risk Management) metodologija, koju je razvila tvrtka EA Technology iz Ujedinjenog kraljevstva (UK), a koristi se kao obvezni alat kod svih operatora mreže u UK, kao ciljano rješenje.

U sklopu projekta unapređenja upravljanja imovinom u HEP ODS-u, pokrenutog 2018. godine, ključna aktivnost je usvajanje znanja i implementacija AIM/CBRM metodologije u HEP ODS-u. Ključnu podršku u implementaciji AIM/CBRM metodologije u HEP ODS-u pružaju EI Hrvoje Požar i već prije spomenuta tvrtka EA Technology. Danas je metodologija dio UK regulatornog okvira prilikom odobravanja planova ulaganja u distribucijsku mrežu.

U prvom dijelu referata opisat će se organizacija projekta i njegov obuhvat koji uključuje primjenu AIM/CBRM metodologije na tri vrlo bitne sastavnice distribucijske mreže, srednjenaponske kabele naponske razine 10(20) kV, podmorske kabele svih naponskih razina i TS 10(20)/0,4 kV. AIM/CBRM metodologija primijenjena je za dva distribucijska područja, DP Elektroprimorje Rijeka i DP Elektra Koprivnica, koji su odabrani kao pilot projekti. Važna odluka donesena pri definiranju opsega projekta i pratećeg ugovora bila je važnost usvajanja bitnih odrednica metodologije odnosno da se projekt definira kao implementacija metodologije, a ne nabavka aplikativnog rješenja.

Projekt su obilježile tri ključne radionice na kojima su definirani modeli pomoću kojih su se opisale spomenute sastavnice mreže, definirali su se ulazni podaci koje je bilo potrebno dostaviti, kalibrirali su se modeli te u konačnici prezentirali preliminarni rezultata.

U drugom dijelu referata поближе će se predstaviti svi modeli kojima su opisane predmetne sastavnice mreže, te izazovi kod prikupljanja podataka. Svi ulazni podaci mogu se klasificirati u tri osnovne grupe: Identificirajući podaci, podaci o pregledima te referentni podaci. Konačno, bitno je naglasiti da bez obzira na širok spektar podataka kojima se modificira rizik stanja opreme, ključni ulazni podatak za model bez kojeg nema daljnje analize je starost svakog pojedinog elementa mreže.

#### **Miha Bečan and Miha Oblak. DESIGN ASPECT OF THE MSCDN AND SIMULATIONS OF CONNECTED SWITCHING TRANSIENTS**

**Abstract:** In December, the tender documentation for 400 kV 100 MVar MSCDN installed in SS Divaca was published. The abbreviation MSCDN stands for Mechanical Switched Capacitor with Damping Network. This is the first such device in Slovenian transmission network. The article will cover the basic structure of the MSCDN device and the principles of determining basic parameters (capacitance, inductance and resistance). The occurrence of transient phenomena associated with the installation of the MSCDN and switching manoeuvres nearby will be examined. Most important simulations will be made.

#### **Dragan Ljubičić, Velimir Ravlić and Domagoj Rubić. Rekonstrukcija 400 kV sabirničkog sustava u TS 400/110 kV TUMBRI**

**Abstract:** U referatu se opisuje postupak pripreme, projektiranja, organizacije i izvođenja radova rekonstrukcije 400 kV sabirničkog sustava u TS 400/110 kV TUMBRI. Postojeći 400 kV dvostruki sabirnički sustav cijevnih sabirnica izgrađen je 1978. godine. Tijekom rekonstrukcije poduzete su mjere za sprječavanje pojave opasnih titranja uzrokovanih vjetrom malih brzina. Naglašeni su specifični zahvati nužni zbog radova u postrojenju koje mora biti u pogonu. Prostor i vrijeme za izvođenje radova bili su veoma ograničeni.

#### **Tomislav Radosevic and Tihomir Pavlović. Uspostava provizornog napajanja za potrebe rekonstrukcije i proširenja 110 kV postrojenja u TS 110/35 kV IVANIĆ GRAD**

**Abstract:** U cilju osiguranja napajanja električnom energijom konzuma koji se napaja iz 110 kV postrojenja u TS 110/35 kV IVANIĆ GRAD, tijekom izvođenja odgovarajućih građevinskih i elektromontažnih radova na zamjeni sabirničkog sustava 110 kV te zamjeni primarne i sekundarne opreme 110 kV postrojenja potrebno je osigurati provizorno napajanje. Kako se radi o transformatorskoj stanici koja u mreži HOPS-a i šire ima bitnu ulogu, provizornom napajanju posvećena je posebna pažnja. U ovom radu analizirana je mogućnost uspostave provizornog napajanja polaganjem 110 kV kabela na način kojim bi se omogućilo beznaponsko stanje kompletnog 110 kV postrojenja izuzev polja energetskih transformatora za cijelo vrijeme izvođenja radova.

Josip Čerkez, Mirna Marijić, Mihaela Gec, Krešimir Vrdoljak and Kristian Vidmar. SCADA sustav u Centru proizvodnje Zapad

**Abstract:** Sredinom 2018. godine je pušten u pogon Centar proizvodnje Zapad (CPZ). CPZ je smješten u HE Senj. CPZ služi za nadzor, planiranje i upravljanje s 9 hidroelektrana (HE Senj, HE Sklope, HE Gojak, HE Lešće, HE Vinodol, HE Ozalj I, HE Ozalj II, HE Rijeka i HE Zeleni Vir), CHE Fužine, RHE Lepenica, CS Lič i CS Križ te meteorološkim, hidrološkim i piezometarskim (MHP) postajama u sklopu Proizvodnog područja HE Zapad. Centralna aplikacija u CPZ je PROZA NET SCADA sustav. U sklopu SCADA sustava se obavlja: prikupljanje i obrada podataka, prilagodbe signala, jednostavne i napredne kalkulacije, vizualizacija procesnih i arhivskih podataka, arhiviranje te slanje komandi i postavnih vrijednosti. U SCADA sustavu se prikupljaju svi podaci iz nadziranih i upravljanih objekata u PP HE Zapad te oni podaci iz vanjskih aplikacija u CPZ, koji su nužni za aplikacije arhiviranja i izvještavanja. Između CPZ SCADA sustava i nadređenih procesnih stanica u HE uspostavljena je komunikacija korištenjem protokola IEC 60870-5-104.

Aplikacije koje šalju podatke u PROZA NET SCADA sustav su: AGC (Automatizirana regulacija proizvodnje), MARS sustav obračunskih mjerenja, Vozi red (posredno kroz Arhivsku bazu CPZ) te zasebni SCADA sustav zadužen za prikupljanje mjerenja iz MHP postaja na PP HE Zapad.

Osim osnovnih funkcionalnosti nadzora i upravljanja, u SCADA sustavu u CPZ se obavljaju i sljedeće napredne funkcionalnosti: obrada MHP podataka i njihova priprema za aplikacije planiranja pogona, izračuni međudotoka i preljeva za potrebe aplikacije prognoze dotoka, hidraulički mrežni model PP HE Zapad, grupiranje alarma, uvoz i izvoz meteoroloških i hidroloških podataka preko FTP-a, ograničavanje postavnih vrijednosti po radnoj i jalovoj snazi agregata (ako su izvan pogonskog dijagrama), sigurnosno spremanje parametara i arhivskih podataka i drugi. Za te se funkcionalnosti koristi modul PROZA Controller.

Kroz CPZ SCADA sustav se u realnom vremenu obavlja provođenje, nadzor i korekcije/intervencije u automatskom provođenju voznog reda, sekundarnoj regulaciji frekvencije i snage razmjene na razini regulacijskih elektrana u PP HE Zapad, tercijarne snage rotirajuće rezerve te stabilnosti napona regulacijom jalove snage.

Za sve SCADA podatke koje je potrebno arhivirati ili poslati prema izvještajnim aplikacijama (Web portal i Skladište podataka) se pripremaju minutne prosječne vrijednosti koje se šalju prema centralnoj Arhivskoj bazi CPZ sustava, odakle ih dohvaćaju vanjske aplikacije.

**Ivan Gašparović. Dijagnostika regulacijske sklopke – mjerenje dinamičkog otpora**

**Abstract:** Regulacijska sklopka je važan dio energetskog transformatora koji je u sustavu prijenosne mreže. Dosadašnje električke metode ispitivanja energetskog transformatora nisu obuhvatile potpunu dijagnostiku regulacijske sklopke. Zbog svoje važnosti regulacijskoj sklopki treba prikloniti više pažnje kako ne bi došlo do poremećaja ili zastoja u radu energetskog transformatora.

Tijekom operacije promjene položaja regulacijske sklopke transformator je u ranjivom stanju jer se tada događaju mnoge prijelazne pojave. Bitno je znati što se događa sa regulacijskom sklopkom dok traje čitav proces promjene položaja a ne samo kada je sklopka u mirovanju. U ovom radu biti će prikazano na koji se način može izvršiti napredna dijagnostika regulacijske sklopke. Prikazat će se najčešće vrste kvarova kao i način pronalaska uzroka koji mogu dovesti do kvara ili smanjene pouzdanosti rada regulacijskog transformatora. U radu će također biti objašnjeno koje prednosti nosi dijagnostika regulacijske sklopke.

OLTC is important part of power transformer which is in transmission system. So far, electric methods of testing power transformer did not cover full diagnostics of OLTC. Because of its

importance, there is need to take more care for OLTC to prevent disturbances or failure of power transformer.

During operation of switching taps of OLTC, transformer is in vulnerable condition because of many transients happening. It is important to know what is happening with OLTC during whole process of switching taps, not only when OLTC is stationary condition. It is going to be shown on which way advanced diagnostic of OLTC can be made. There will be shown most often types of failure and the way of finding cause which can lead to failure or reduced reliability of power transformer. In this paper will be explained what advantages diagnostics of OLTC has.

**Ivan Pavičić, Igor Ivankovic, Renata Rubesa and Marko Rekić. ODREĐIVANJE GUBITAKA KORONE NA PRIJENOSNIM VODOVIMA POMOĆU PMU UREĐAJA**

**Abstract:** U tržišnim uvjetima jedan od glavnih zadataka operatora prijenosnog sustava je osiguranje energije za gubitke u prijenosnom sustavu. U dereguliranom uvjetima energetskeg tržišta, javlja se potreba za prognoziranjem gubitaka prijenosne mreže tako da se energija može kupiti po najnižoj mogućoj cijeni. Prognoza gubitaka prijenosne mreže direktno utječe na troškove poslovanja operatora pa bi se točnijim planiranjem mogle ostvariti značajne financijske uštede.

U prijenosnom sustavu većinu gubitaka se stvara na dalekovodima u prijenosnom sustavu (70-80%). Većina gubitaka na dalekovodima su Joulovi gubitci, dok na naponskim nivoima 220 kV i 400 kV dolazi do pojave gubitak uslijed korone koja može značajno utjecati na ukupne gubitke. Predviđanje gubitaka na dalekovodima se temelji na predviđanju opterećenja, te kada se ono odredi jednostavno je procijeniti odgovarajuće gubitke za svaki dalekovod. Planiranjem gubitaka dan unaprijed moguće je predvidjeti veći dio ukupnih gubitaka i njihovu ovisnost o nepredviđenim faktorima (proizvodnja obnovljivih izvora i neplaniranih tokova), međutim utjecaj vremenskih prilika na 220 i 400 kV dalekovodima može značajno doprinijeti povećanju ukupnih gubitaka prijenosne mreže. Gubitci korone ovise o iznosu napona na dalekovodu i vremenskim uvjetima, te ni na koji način nisu u ovisnosti o opterećenju dalekovoda. S obzirom da je teško predvidjeti točan utjecaj vremenske prognoze za dalekovode za dan unaprijed teško je i odrediti iznos gubitaka uslijed pojave gubitaka korone. Izračun gubitaka uslijed korone potrebno je promatrati za svaki dalekovod zasebno na način da se iz postojećih podataka o geometriji dalekovoda izračunaju maksimalne vrijednosti očekivanih gubitaka i usporede s izmjerenim vrijednostima. Mjerenjima iz PMU uređaja moguće je za promatrani dalekovod detektirati udio Joulovih gubitaka i gubitke uslijed korone, te je moguć nadzor šireg područja i praćenja gubitaka u prijenosnoj mreži.

U radu će se predstaviti mogućnosti određivanja gubitaka korona na dalekovodima pomoću PMU mjerenjima. Navedenim pristupom za očekivati je da će se poboljšati mogućnosti praćenja gubitka korone u cijelom sustavu i bolje prognoziranje ukupnih gubitaka u prijenosnom sustavu unutar dana. Predstavljena istraživanja su rezultat praćenja i određivanja gubitaka u prijenosnom sustavu na temelju mjerenja i estimaciji gubitaka.

**Joško Moser and Domagoj Kranjčec. PRAĆENJE STANJA OKOLIŠA (MONITORING) NA TRASI DALEKOVODA DV 2x220 kV PRIKLJUČAK TE SISAK NA DV 220 kV MRACLIN – PRIJEDOR**

**Abstract:** Kroz Rješenje o prihvatljivosti na okoliš, utvrđene su mjere zaštite okoliša i provedbe programa praćenja stanja okoliša, kroz obavezu izrade jednogodišnjeg Monitoringa ornitofaune na trasi izgradnje dalekovoda 2x220 kV Priključak TE Sisak na DV 220 kV Mraclin – Prijedor.

Monitoring ornitofaune je proveden u trajanju od jedne godine i obuhvaća praćenje kretanja ptica na području zahvata s ciljem utvrđivanja mogućih kritičnih dionica u smislu stradavanja ptica od kolizije i kvantitativne procjene učestalosti preleta. Monitoring je obuhvatio sva 4 razdoblja u godišnjem ciklusu ptica (12 ophoda trase dalekovoda): zimovanje, proljetnu selidbu, gniježđenje i jesensku selidbu. Metoda monitoringa prilagođena je ekologiji vrsta koje

češće stradavaju od kolizije (rode, čaplje, patke i ostale vodarice, ptice grabljivice te ždralovi), pri čemu je korišten pas istreniran u tu svrhu.

Referat prikazuje i opisuje prvi cjelovito izvršen postupak praćenja stanja okoliša – monitoring ornitofaune na trasi visokonaponskog dalekovoda u Republici Hrvatskoj.

Trasa priključnog dalekovoda DV 2x220 kV od TE Sisak do priključka na postojeći DV 220 kV Mraclin – Prijedor u duljini od 16,7 km situiran je u zaštitni prostor parka prirode Lonjsko polje, te u granicama obuhvata nacionalne ekološke mreže (NEM) – Donja Posavina i zaštićenog krajobraza Kotar – Stari Gaj. Bitno je naglasiti da je trasa situirana u vrlo specifičnom prostoru od močvarnih staništa rubova Lonjskog Polja, naplavnih područja rijeke Save – naplavne livade, do brdskih krajeva – šumsko područje u kojima zbog minski sumljivog prostora nije vršena eksploatacija i lovstvo.

Na svakom od 12 izvršenih ophoda trase dalekovoda uz članove stručnog tima od strane odabrane tvrtke koja je vršila monitoring sudjelovao je i po jedan član Odjela za pripremu izgradnje i izgradnju HOPS-a.

Kroz referat se prikazuju i uspoređuju rezultati Izvješća o terenskim obilascima, te na osnovi kojih se u zaključnim napomenama dokazuje više različitih činjenica:

a) U nikakvom slučaju nije ostvariva elektrokucija;

b) Kroz terenska Izvješća opisana je sva utvrđena smrtnost ptica, a koja u svojim zaključnim napomenama naglašava izuzetno mali utjecaj od kolizije/sudara ptice sa stupom postojećeg dalekovoda.

Na temelju svega izrađenog, a zbog specifičnosti trase koja se nalazi u više različitih geomorfoloških i prirodnih područja i staništa, Studija utjecaja na okoliš, Rješenje o prihvatljivosti zahvata na okoliš sa mjerama zaštite i izvršeni Monitoringa ornitofaune na trasi izgradnje dalekovoda 2x220 kV Priključak TE Sisak na DV 220 kV Mraclin – Prijedor služiti će Hrvatskom operatoru prijenosnog sustava d.o.o. kao dokaz u slijedećim pokrenutim postupcima prihvaćanja Studija utjecaja na okoliš za visokonaponske objekte naponske razine (DV) 220 kV i 400 kV da nije potrebno provoditi monitoring ornitofaune za novo predložene trase u istim i/ili sličnim prostorima kontinentalne Hrvatske.

**Mrvoje Keko, Stjepan Sučić, Ivan Krajnović and Mrvoje Keserica. Standardizirana tehnička informacijska podloga za demokratizaciju fleksibilnosti kroz upravljanje potrošnjom**

**Abstract:** Ovaj članak opisuje informacijski sustav za potporu demokratizaciji pružanja usluga fleksibilnosti kroz pružanje usluga upravljanja potrošnjom, temeljen na međunarodnim standardima. Članak je u prvom redu usmjeren na tehnička rješenja i prikazuje glavne odrednice softverske arhitekture usuglašene sa standardom OpenADR 2.0b i s povezanim standardom IEC 62746-10, uz osvrt na ostale relevantne standarde.

Prikazana tehnička arhitektura sadrži podlogu za spajanje, registraciju, aktivaciju i izvještavanje na više razina granularnosti aktivnog upravljanja potrošnjom. U tehničkoj arhitekturi predviđeni su i posrednici poput agregatora ili energetskih zadruga, čija je uloga posredovanje između korisnika i pružatelja usluga fleksibilnosti. Posrednik tad nastupa u ime stvarnih pružatelja koje zastupa prema korisniku, a korisnik fleksibilnosti je sudionik tržišta zadužen za uravnoteženje. Ovisno o uređenju tržišta, riječ može biti o operatoru mreže ili operatoru bilančne grupe. Pružatelji usluga fleksibilnosti pritom mogu biti vrlo raznovrsni: od stacionarnih baterija preko upravljivih punjača električnih vozila do sustava za grijanje i

klimatizaciju koji iskorištavaju inerciju toplinskih sustava zgrada za arbitražu. Svi se navedeni resursi kroz predloženu arhitekturnu podlogu promatraju na jedinstven način kao pružatelji usluge fleksibilnosti i na taj se način pružanje usluga fleksibilnosti demokratizira. Članak ilustrira i način za procjenu kapaciteta za aktiviranje fleksibilnosti pri čemu su ograničenja vezana za zadržavanje komfora korisnika prostora ili izbjegavanje svih negativnih utjecaja na primarnu uslugu napajaju električnom energijom.

Predložena infrastruktura može biti temelj za trgovanje na nove načine i uspostavu novih tržišnih mehanizama i uspostavu novih sudionika – no ovaj rad primarno je usmjeren na rješavanje tehničke potpore i daje primjer moguće tranzicije od današnjih mreža prema aktivnijim, kroz vrijeme intenzivnije varijabilnim i tržišno intenzivnijim distribucijskim mrežama budućnosti.

U tom kontekstu, u radu je prikazan i odnos komunikacijskih shema iz protokola poput IEC 62746 prema izravnim standardima za upravljanje poput IEC 61850. Saznanja iz članka dijelom su utemeljena na iskustvima autora prikupljenim tijekom provedbe dvaju projekata financiranih kroz europski program Obzor 2020 – FLEXCoop i HOLISDER.

**Mario Ličanin and Ivan Kufner. Sustav zaštite od udara munje na spremnicima naftnih derivata u Luci Ploče**

**Abstract:** Atmosferski spremnici čija je namjena skladištenje motornih benzina i dizel goriva sa svojom specifičnom konstrukcijom te laganim rešetkastim aluminijskim krovom su karakteristične građevine koje na pitanje ugradnje sustava zaštite od udara munje otvaraju mnogobrojna pitanja te nameću pitanja opravdanosti ulaganja u pouzdani sustav zaštite od udara munje. Ovim referatom prikazana je primjenjivost sustava zaštite od udara munje s obzirom na važeće zakone, propise i norme za karakteristične spremnike naftnih derivata koji su izgrađeni u sklopu Terminala tekućih tereta u Luci Ploče.

U sklopu referata je prikazana problematika instalacije sustava zaštite od udara munje na spremnike derivata koji su klasificirani s eksplozivnim zonama opasnosti ali isto tako način kako se ista problematika razjasnila i na kraju kako je sustav zaštite od udara munje ugrađen na predmetne spremnike.

**Hrvoje Batinić and Goran Jurišić. Primjena proširene stvarnost u inženjersko-tehničkim poslovima**

**Abstract:** Referat obrađuje tematiku primjene proširene stvarnosti u poslovanju, odnosno kroz prizmu tehničara i inženjera u industrijskim postrojenjima. Temeljem potrebe poslovanja kroz iskustvo naših djelatnika i razvojem informacijsko-komunikacijskih tehnologija sadašnjice, nametnula se mogućnost korištenja proširene stvarnosti u tehničko/inženjerskim poslovima i ostvarivanju trenutne interaktivne audio-vizualne komunikacije između više djelatnika na različitim lokacijama. Referat opisuje moguće pozitivne i negativne utjecaje proširene stvarnosti, prvenstveno sigurnost djelatnika i okoline, kvalitetu izvedenih radova, edukaciju novih i starih zaposlenika, dijeljenje znanja i iskustva u trenutku - neovisno o lokaciji i stvaranje multimedijalne baze znanja. Cilj referata je ukazati i senzibilizirati tehničare i inženjere na korištenje novih tehnologija, ubrzati proces prilagodbe, kako bi bili konkurentni kako na stranom, tako i na domaćem tržištu!

**Nenad Jovanovski, Tamara Arminovska and Jasmina Kacaniclik. IMPLEMENTACIJA PRAVILA URAMNOTEŽENJA I NOVI BALANSNI MEHANIZAM ZA VODJENJE ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA U REPUBLICI MAKEDONII**

**Abstract:** U radu se daje pregled primjene novog mehanizma uravnoteženja za vođenje i upravljanje elektroenergetskim sustavom u Republici Makedoniji u skladu s Pravilima za uravnoteženje i novim Zakonom o energetici. Također je detaljno objašnjen proces zakupa balansnih kapaciteta i aktiviranja energije uravnoteženja od pružatelja balansnih usluga (BSP), uloge balansno odgovornih strana (BOS) i načina financijskog poravnanja odstupanja BOS-a.

U pravilima uravnoteženja implementirani su smjernice koje sadrži novi Electricity Balancing Guideline Code koji je pripremila European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E) i usvojila Europska komisija 23. studenog 2017. Do sada su tvrtke "Makedonski elektroprijenosni sistem operator" (AD MEPSO), "Elektrane Makedonije" (AD ELEM) i tvrtka za distribuciju i opskrbu električnom energijom "EVN Macedonia" bile izuzete iz bilančne odgovornosti odlukom Regulatorne komisije za energetiku i vodne usluge Republike Makedonije (ERC). Takav mehanizam uravnoteženja sa strane Sekretarijata Energetske zajednice (EnCS) bio je ocijenjen kao nedovoljno transparentan, nedovoljno konkurentan i kao mehanizam koji ne osigurava jednakost za sve sudionike na tržištu električne energije. Usvajanjem ovih pravila, kao i primjenom novog mehanizma uravnoteženja u upravljanju makedonskim elektroenergetskim sustavom, ovi su nedostaci uklonjeni. To će omogućiti povećanje konkurentnosti među proizvođačima električne energije u pružanju pomoćnih usluga sustava, kao i uključivanje potrošača u balansni mehanizam, s ciljem stvaranja i razvoja regionalnog tržišta regionalno tržište energije uravnoteženja.

#### **Ozren Husnjak, Ozren Orešković and Darinko Stich. DIJAGNOSTIČKE METODE ZA USTANOVLJAVANJE LABAVOSTI STATORSKOG PAKETA – PRIMJER HIDROAGREGAT 25 MW**

**Abstract:** Na vertikalnom hidro-agregatu snage 25 MW, gljivaste izvedbe, pogonjenog Kaplan turbinom ustanovljen je porast trenda parcijalnih izbijanja. Kako bi se ustanovio uzrok, donešena je odluka da se naprave dodatna dijagnostička mjerenja. Ta dijagnostička mjerenja su uključivala mjerenja oblika rotora i statora kao i mjerenja vibracija rotora agregata te vibracija kućišta ležajeva i statora (kućište i paket).

Oblik rotora i statora je određen uz pomoć dva kapacitivna davača za mjerenje udaljenosti. Jedan davač je postavljen na paket statora, a drugi, u istoj vertikalnoj ravnini, na odabrani pol rotora. Rotor je zarotiran u ručnoj vrtnji na podiznom ulju čime se dobio oblik rotora i statora. Radi se o segmentiranom statoru (3 segmenta) i mjerenja oblika statora su pokazala da postoji odstupanje od idealno kružnog oblika – koje je izmjereno  $\sim 11.5\%$  u donjoj, a čak  $\sim 22.5\%$  u gornjoj ravnini statorske jezgre.

Kao daljnji korak u dijagnostici, napravljena su mjerenja vibracija. U prvom koraku je naglasak bio na standardnim mjerenjima vibracija u ravninama ležajeva, ali je dodatno jedan davač apsolutnih vibracija postavljen na spoj segmenata kućišta statora. Tijekom mjerenja je uočeno da vibracije rastu s teretom (kako se i očekuje jer statorskim namotima teku veće struje, pa su tako veće i elektromagnetske sile), ali da se dodatno mijenjaju na istom teretu i s porastom temperature što nije bilo očekivano. Analizom podataka je utvrđeno da se radilo o prolazu kroz rezonantno stanje uslijed progrijavanja statorskog paketa i kućišta i posljedične promjene vlastite frekvencije paketa. Pretpostavljeno je da se krutost paketa mijenja uslijed postojanja zazora između spoja segmenata paketa koji se, tijekom progrijavanja, šire pa mijenjaju mehanička svojstva.

U svrhu daljnje dijagnostike stanja statora, napravljena su detaljnija mjerenja vibracija paketa i kućišta u okolini jednog spoja segmenata – s jedne i druge strane spoja. Ta mjerenja su dodatno potvrdila postojanje problema rezonantnog odziva i karakteristične promjene vibracija s temperaturom. Izmjereni su vibracijski odzivi i preko  $\sim 30$  mm/s. Iako još ne postoji standard koji propisuje koje su razine vibracija paketa (i kućišta) statora prihvatljive, prema nekim preporukama radi se o iznosima  $\sim 6.6$  mm/s (srednja efektivna vrijednost) na dvostrukoj frekvenciji mreže (100 Hz). Vibracije paketa su višestruko nadmašile taj iznos i, radi daljnje opasnosti od proboja odlučeno je da se ide u sanaciju agregata.

U vrijeme pisanja sažetka, sanacija je još u tijeku, a sadrži rastav spojeva segmenata, micanje namota u zoni spoja segmenata i zapunjivanje segmenata odgovarajućom masom, koja treba paketu dati kompaktnost. Treba napomenuti da je nakon rastavljanja ustanovljeno postojanje zazora između segmenata paketa, kako su mjerenja vibracija i indicirala.

Nakon sanacije u planu su ponovljena mjerenja vibracija kao potvrda da je sanacija napravljena korektno.

## Damir Zarko and Stjepan Stipetic. Optimiranje generatora s feritnim permanentnim magnetima za male hidroelektrane

**Abstract:** Klasični sinkroni generatori s uzбудnim namotom za male hidroelektrane mogu raditi povezani s mrežom ili u otočnom načinu u udaljenim područjima budući da njihova uzbuda nije ovisna o mreži. Oni također omogućuju regulaciju napona regulacijom jalove snage pomoću uzbudne struje. Određeni nedostatak je potreba za održavanjem konstantne brzine vrtnje turbine i generatora kako bi frekvencija napona generatora odgovarala frekvenciji mreže.

Suvremeni sustavi za pretvorbu energije u malim hidroelektranama se temelje na turbini promjenjive brzine vrtnje i na generatoru spojenom na energetske pretvarač. Za takve sustave pogodni su generatori bazirani na permanentnim magnetima koji imaju fiksnu uzbudu, a izlaznim naponom i frekvencijom upravlja pretvarač. Magneti bazirani na elementima rijetkih zemalja imaju najbolje magnetske karakteristike, no podložni su varijabilnosti cijene na tržištu, a postoji i zabrinutost vezana uz njihovu buduću dostupnost zbog visoke koncentracije proizvodnje tih elemenata u Kini. Kao alternativa javljaju se feritni magneti niske cijene, no slabijih magnetskih karakteristika. Konfiguracije rotora generatora s feritnim magnetima magnetiziranim u tangencijalnom smjeru koje primjenjuju princip koncentracije magnetskog toka postižu magnetske indukcije u zračnom rasporu usporedive s magnetima rijetkih zemalja što omogućava primjenu ove vrste magneta u električnim strojevima.

U ovom radu će biti opisan postupak projektiranja generatora s feritnim permanentnim magnetima za malu hidroelektranu baziran na modelu realiziranom primjenom metode konačnih elemenata u kombinaciji s optimizacijskim algoritmom diferencijalne evolucije. Cilj optimizacije je postići traženu izlaznu snagu generatora uz minimalne dimenzije, tj. uz maksimalnu gustoću momenta. Pri tome će biti uzeta u obzir razna ograničenja koja su uvjetovana fizikalnim karakteristikama materijala, standardima, dozvoljenim zagrijavanjem, mehaničkim naprezanjima u rotoru i sl.

## Božidar Filipović-Grčić, Bruno Jurišić, Ivo Uglešić and Dalibor Gorenc. Modeliranje vakuumske prekidača pri prekidanju malih kapacitivnih struja

**Abstract:** Prilikom isklapanja kapacitivnog tereta (npr. kompenzacijski kondenzatori), prekidač prekida kapacitivnu struju prije prirodnog prolaska kroz nulu u iznosu koji odgovara struji rezanja. Nakon razdvajanja kontakata i gašenja električnog luka na teretu ostaje maksimalan napon, dok se napon na mrežnoj strani mijenja u skladu s pogonskom frekvencijom. Polovinu periode nakon prekidanja struje napon mreže ima isti iznos kao i napon na teretu, ali suprotan predznak, što znači da je prijelazni povratni napon (PPN) na prekidaču jednak dvostrukoj vršnoj vrijednosti napona mreže. Ukoliko je PPN na prekidaču, koji je jednak razlici napona sa strane mreže i sa strane tereta, veći od dielektrične čvrstoće koja se uspostavlja ovisno o brzini kontakata, postoji opasnost od pojave povratnog preskoka između kontakata prekidača. Mjerenjima je pokazano da se pri isklapanju vakuumskim prekidačem može pojaviti veliki broj uzastopnih preskoka, a rizik od pojave preskoka je veći što je brzina otvaranja kontakata manja. Amplituda sklopnih prenapona uslijed sklapanja vakuumskim prekidačem obično nije velika, ali su frekvencije pojave visoke, tj. dolazi do pojave vrlo strmih prenapona koji su uzrokovani povratnim preskocima na kontaktima prekidača. Ovakvi prenaponi mogu uzrokovati dielektrična naprezanja izolacije ili rezonantne prenapone u uređajima koji imaju namote (npr. energetske transformatori, induktivni naponski mjerni transformatori, kompenzacijske prigušnice, itd.). Poznato je da nelinearna raspodjela strmih prenapona po namotu uzrokuje dielektrična naprezanja izolacije, a u nekim slučajevima može dovesti i do proboja izolacije namota.

U radu je opisan model SN vakuumskog prekidača kojim se može simulirati pojava uzastopnih povratnih preskoka na kontaktima kod isklopa kapacitivnog tereta. U modelu je u obzir uzeta karakteristika brzine uspostavljanja dielektrične čvrstoće među kontaktima prekidača. Povratni preskok uzrokuje visokofrekvencijsku struju električnog luka koja se nakon određenog vremena prekida i između kontakata se ponovno počinje uspostavljati PPN. Sposobnost gašenja električnog luka nakon pojave povratnog preskoka definirana je strminom visokofrekvencijske struje pri prolasku kroz nulu. Visokofrekvencijska struja se prekida u trenutku kada su ispunjeni sljedeći uvjeti: trenutna vrijednost struje kroz prekidač manja je od definirane struje rezanja i derivacija struje pri prolasku kroz nulu manja je od sposobnosti gašenja električnog luka. U radu je prikazan primjer proračuna sklopnih prenapona uslijed isklopa kapacitivnog tereta vakuumskim prekidačem u SN postrojenju u programu za proračun elektromagnetskih prijelaznih pojava EMTP-RV.

Karlo Bingula, Vjekoslav Marenić, Goran Taslak and Nikola Pejda. OSNOVNE ZNAČAJKE GIS-a 252 kV

**Abstract:** Metalom oklopljeno SF6 plinom izolirano postrojenje tipa ZF9-252 nazivnog napona 252 kV izvedeno je s jednopolno oklopljenim aparatima te trolno oklopljenim sabirnicama sa oklopom od aluminija. Dizajn postrojenja je primjeren i za vanjsku ugradnju. Glavni dio polja su horizontalno postavljeni jednopolno oklopljeni prekidači. Na prekidače se spajaju ostale komponente tipičnog polja. Tipska ispitivanja postrojenja započeti će sredinom 2019. godine u Laboratoriju KEMA u Nizozemskoj. Budući da su masa i dimenzije postrojenja male, a posljedično i male količine SF6 plina u postrojenju, te da je postrojenje dimenzionirano i za vanjsku ugradnju, očekuje se brzo prihvaćanje i plasman postrojenja na domaćem tržištu kao i na inozemnim tržištima.

Tibor Dolenc, Zoran Rubinić, Vitomir Komen, Filip Jelavić and Domagoj Hart. Analiza mogućnosti transformacije postojećih AC nadzemnih vodova u DC

**Abstract:** Uslijed sve izraženije urbanizacije, očuvanja okoliša kroz klasifikacijsku zaštitu područja prirode te izraženog vizualnog utjecaja, ostvarivanje novih koridora za visokonaponske nadzemne vodove postaje sve veći izazov. Vlasnici elektroenergetskih mreža iz tog razloga povećavaju svoja nastojanja da postojeću infrastrukturu optimiziraju u smislu prijenosne moći i gubitaka.

Rješavanje navedene problematike moguće je razmotriti kroz prizmu transformacije AC sustava u DC sustav na razini visokonaponskih nadzemnih vodova. Napretkom tehnologije i tehnoloških rješenja, a posljedično i reduciranjem vezanih troškova opreme, transformacija visokonaponskih AC vodova u DC više ne predstavlja ekonomski neisplativu opciju te se sve ozbiljnije razmatra kao primjenjivo rješenje u smislu dugih elektroenergetskih pravaca gdje gubici predstavljaju značajan faktor u prijenosu energije.

U sklopu navedene teme, potrebno je razmotriti nekoliko aspekata problematike koji značajno utječu na primjenjivost i isplativost transformacije AC nadzemnog voda u DC. Konkretno, potrebno je razmotriti mogućnost transformacije postojećeg AC voda u DC u uvjetima rada u blizini napona, odnosno transformacije dvosistemskog voda na principu zamjene jednog sustava uz paralelan rad drugog sustava trojki. Također, ovaj će članak kroz usporedbe AC i DC sustava razmotriti tipske naponske razine obaju vrsta prijenosa, gubitke, koronu, utjecaj buke te ostale relevantne električke i mehaničke parametre pouzdanog i sigurnog pogona visokonaponskog nadzemnog voda.

Vjekoslav Marenić, Karlo Bingula, Goran Taslak and Nikola Pejda. OSNOVNE ZNAČAJKE GIS-a 420 kV

**Abstract:** Metalom oklopljeno SF6 plinom izolirano postrojenje tipa ZF9-420 nazivnog napona 420 kV izvedeno je s jednopolno oklopljenim aparatima te jednopolno oklopljenim sabirnicama sa oklopom od aluminija. Dizajn postrojenja je primjeren i za vanjsku ugradnju. Glavni dio polja su horizontalno postavljeni jednopolno oklopljeni prekidači. Na prekidače se spajaju ostale komponente tipičnog polja. Tipska ispitivanja postrojenja započeti će početkom 2020.

godine u Laboratoriju KEMA u Nizozemskoj. Budući da su masa i dimenzije postrojenja male, a posljedično i male količine SF6 plina u postrojenju, te da je postrojenje dimenzionirano i za vanjsku ugradnju, očekuje se brzo prihvaćanje i plasman na domaćem i na inozemnim tržištima.

Željko Štefan, Miljenko Brezovec, Tomislav Pintarić, Darko Marković, Bruno Đula and Krunoslav Horvat. Prilagodba turbinskih regulatora proizvodnih jedinica za sudjelovanje u primarnoj regulaciji frekvencije

**Abstract:** Primarna regulacija frekvencije, odnosno pružanje usluge primarne rezerve (FCR) u procesu održavanja frekvencije je automatsko regulacijsko djelovanje s brzim odzivom na poremećaj frekvencije, odnosno sa svrhom kompenziranja neravnoteže između proizvodnje i potrošnje u sinkronoj mreži unutar perioda do 30 sekundi, ovisno o inercijskim svojstvima sustava. Na razini EES za osiguranje primarne rezerve zadužen je operator prijenosnog sustava (HOPS), a usluga se realizira djelovanjem turbinskih regulatora proizvodnih jedinica operatora proizvodnje (HEP Proizvodnja).

Iako je opseg zahtijevane primarne rezerve hrvatskog EES relativno malen u interkonekciji u ENTSO-E mreži i izračunato godišnje iznosi nešto više od 10 MW, sukladno Mrežnim pravilima sve proizvodne jedinice priključene na prijenosnu mrežu moraju sudjelovati u primarnoj regulaciji, na način da se ona treba aktivirati ako odstupanje frekvencije od zadane vrijednosti prekorači iznos od  $\pm 20$  mHz.

U slučaju da HOPS procijeni da za pojedine proizvodne jedinice nije potreban rad u primarnoj regulaciji, turbinski regulator u tom slučaju ne smije biti blokiran nego mora imati ugođenu veću zonu neosjetljivosti (200 mHz), što pruža prostor HEP Proizvodnji da provjeri mogućnosti proizvodnih jedinica i selektira pojedine za pružanje usluge primarne regulacije, tim više što je u većini država u interkonekciji primarna regulacija komercijalna usluga te bi u budućnosti takvim odabirom bilo jednostavnije certificiranje i evaluacija te usluge.

Pilot projektom kontinuiranog monitoringa agregata u primarnoj regulaciji frekvencije iz 2014. godine HOPS je na cijevnim agregatima, po jednom na HE Čakovec i HE Dubrava, probno pristupio vrednovanju sudjelovanja odabranih agregata PP HE Sjever u primarnoj regulaciji, kojim su bilježeni brojni frekvencijski događaji, no odzivi agregata nisu bili odgovarajući, što je prvenstveno posljedica programske izvedbe i postavnih vrijednosti turbinskih regulatora. Monitoring je aktualiziran dodatnim mjerenjima i detaljnije analiziran 2019.

Tijekom 2019. provedena su ispitivanja u kojima su mijenjanjem statičkih i programskih karakteristika turbinskih regulatora agregata na HE Čakovec i HE Dubrava, promjenom statizma i zone neosjetljivosti, izmjereni i analizirani stvarni odzivi agregata na poremećaje frekvencije, odnosno sudjelovanje u primarnoj regulaciji, što je prikazano u ovom radu.

Analizom odziva kod određenih postavki regulatora, primijećene su učestale i relativno nagle promjene oko postavne vrijednosti snage te je u takvim slučajevima potrebno voditi računa o tehničkim ograničenjima budući da stalne promjene polažaja radnog i privodnog kola bitno utječu na rad i životni vijek agregata.

U zaključnom dijelu navedene su pretpostavke za eventualni trajni angažman cijevnih agregata u primarnoj regulaciji frekvencije primjenom nove regulacijske sprege u tzv. sleeping runner modu kao i dane preporuke za konkretne postavne vrijednosti statizma i zone neosjetljivosti.

Mato Gjuranović, Dora Mijaković and Ingvar Hagman. SUVREMENA KONSTRUKCIJA EKRANA KABELA I PROBLEMI KOROZIJE

**Abstract:** Ukupni troškovi vlasništva i smanjenje troškova reciklaže postavljaju se kao novi uvjeti u razvoju suvremene konstrukcije kabela. U prošlosti su uglavnom samo bakrene žice korištene za konstrukciju ekrana. Kombinacija različitih metala u kabelu (aluminij i bakar) značajno poskupljuje reciklažu. Velika prednost aluminija su u startu niža cijena i manja težina te su se iz toga razloga počeli proizvoditi aluminijski ekrani. No njegov je nedostatak, za razliku od bakra, da je znatno podložniji koroziji. Relativno novi trend na tržištu su kabeli s ekranom od aluminijskih žica i aluminijskom folijom za radijalnu vodonepropusnost. Unatoč vanjskom plaštu i bubrivoj vrpici koji zajedno omogućuju postizanje bolje zaštite od prodiranja vode u unutrašnjost kabela, postoje brojne okolnosti u kojima voda ipak može prodrijeti u kabel: oštećenja nastala prilikom transporta i polaganja, nemar prilikom instaliranja – loše zabrtvljeni krajevi kabela, oštećenja izazvana vanjskim čimbenicima, kvarovi na spojnicama. U tim okolnostima ekran u kabelu može doći u dodir s vodom i tlom. Aluminij u kontaktu s elektrolitom (npr. vodom) i izmjeničnom strujom započinje korozivni proces nazvan AC korozija, koja postupno uništava funkciju ekrana. Drugi mehanizam korozije je galvanska korozija koja se razvija ako postoje dva različita metala i elektrolit. Izloženost ekrana koroziji, postupno dovodi do gubitka njegove funkcije, čime se ugrožava stabilnost u pogonu, što rezultira potrebom popravka ili čak i zamjene kabela. Suvremeno rješenje predstavlja plastikom prekriveni aluminijski ekran koji sprječava mehanizme korozije. Slična tehnologija se primjenjuje i na aluminijsko užice za uzemljenje.

**Boris Firšt and Senka Ritz. Utjecaj hidroelektrana na okoliš i najbolje raspoložive tehnike za smanjenje utjecaja na staništa i vrste**

**Abstract:** Članstvo Republike Hrvatske u Europskoj uniji donosi zahtjevne aktivnosti u smislu usklađivanja propisa i obveza s pravnom stečevinom EU s područja upravljanja vodama, prirode i okoliša. Zakonodavstvo EU stalno se razvija u cilju štednje energije i sirovina, promicanja obnovljivih izvora energije, smanjenja utjecaja i onečišćenja te očuvanja bioraznolikosti.

Direktiva Europskog parlamenta i vijeća o uspostavi okvira za djelovanje Zajednice u području vodne politike (Water Framework Directive = Okvirna direktiva o vodama) ključni je alat za upravljanje vodama koji bi trebao pomiriti ciljeve zaštite voda s gospodarskim i socijalnim ciljevima. Odredbe Okvirne direktive o vodama implementirane su u pravni sustav Republike Hrvatske kroz Zakon o vodama i podzakonske provedbene propise. Provedba Okvirne direktive o vodama podijeljena je na tri planska razdoblja kako slijedi: 2009.-2015., 2016.-2021., 2022.-2027. godine.

Ključan planski dokument vezan za upravljanje vodama je Plan upravljanja vodnim područjima koji sadrži i mjere za provedbu plana odnosno mjere za postizanje ciljeva zaštite voda, a koji se prvenstveno odnose na postizanje dobrog stanja za prirodna vodna tijela i dobrog ekološkog potencijala za znatno promijenjena vodna tijela i/ili umjetna vodna tijela.

Ekološko stanje je izraz kvalitetne strukture i funkcioniranja vodnih ekosustava povezanih s površinskim vodama, a u Republici Hrvatskoj je postupak utvrđivanja stanja voda definiran Uredbom o standardu kakvoće voda koja će doživjeti izmjene i dopune nakon što se definira klasifikacija ekološkog potencijala. Posebno je značajna poveznica Zakona o vodama s propisima vezanim za zaštitu prirode i okoliša s obzirom da su pojavnost i opstanak određenih stanišnih tipova i vrsta ovisni o hidrološkom režimu pojedinog područja.

U pomirenju okolišnih, gospodarskih i socijalnih ciljeva potrebne je voditi računa o dodirnim točkama Direktive (EU) Europskog vijeća i parlamenta o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora (tzv. RED), Okvirne direktive o vodama (tzv. WFD) i Direktive vijeća o očuvanju prirodnih staništa i divlje flore i faune (tzv. Habitat directive).

Hidroenergetika daje značajan doprinos postizanju ciljeva Republike Hrvatske koji proizlaze iz RED. U radu se daje sažeti pregled utjecaja hidroelektrana na okoliš te, slijedno, analiza najboljih raspoloživih tehnika za smanjenje utjecaja na staništa i vrste uzimajući pri tome u obzir sve mogućnosti koje pružaju Vodiči za provedbu Okvirne direktive o vodama (WFD CIS Guidance Documents). Rad je usmjeren na podizanje nivoa znanja o izazovima hidroenergetike

u okviru integralnog upravljanja vodama te o staništima i vrstama ovisnim o vodenim ekosustavima.

## Tihomir Kovačić, Ivan Čarmak and Tomislav Miletić. MODIFIKACIJA METODE RETARDACIJE ZA MJERENJE GUBITAKA GENERATORA

**Abstract:** U sklopu rekonstrukcije HE Ozalj 1 zamijenjena su tri generatora i podignuta je snaga na 1,7 MVA.

Nakon rekonstrukcije trebalo je izmjeriti gubitke novog generatora koje je bilo moguće provesti jedino metodom retardacije.

Metoda se temelji na zaustavljanju generatora uslijed gubitaka u tri režima: mehanička vrtnja, prazni hod i kratki spoj. Pri zaustavljanju između 110% i 80% brzine potrebno je snimiti brzinu u ovisnosti o vremenu te izmjeriti snagu u režimu praznog hoda i na osnovu mjerenja odrediti parcijalne gubitke.

Provođenje metode može se podijeliti u tri koraka: dovođenje ispitivanog generatora u početnu radnu točku, snimanje  $n(t)$  karakteristika zaustavljanja generatora i grafičko određivanje gubitaka iz dobivenih mjerenja.

Iz turbinske komore se isprazni voda. Zatim se ispitni generator u motorskom režimu rada zalijeće drugim generatorom na elektrani od mirnog stanja do 110%. Uzbudni sustavi oba stroja su u nezavisnom spoju.

Zalijetanje ispitivanog generatora u motorskom radu je bez znatnih dodatnih zahvata u energetskom krugu i u softveru za automatsko pokretanje nesigurno pri niskim brzinama vrtnje. Pri vrlo niskim frekvencijama na početku pokretanja motor- generator grupe je struja armature približno istosmjerna, što za posljedicu ima:

- Mjerni transformatori ne mogu mjeriti struju na niskim frekvencijama
- Električne zaštite ne mogu djelovati zbog izostanka mjernog signala.
- Prekidači u generatorskim poljima imaju znatno smanjenu prekidnu struju kad se radi o istosmjernoj struji.
- Softver na turbinskim regulatorima potrebno je modificirati.
- Potrebna su dva transformatora za napajanje sustava uzbude.

Da bi se izbjegli navedeni nedostaci u koraku dovođenja ispitivanog generatora u početnu radnu točku, predložena je i provedena modifikacija postupka.

Turbinska komora agregata tako je konstruirana da se u slučaju zatvaranja ulaznog zatvarača komora sama potpuno drenira, što je jedan od uvjeta provedbe pokusa.

Ispitivani generator u nezavisnom spoju uzbude, se u početnu radnu točku dovodi slijedećim postupkom:

Ispitivani generator se sinkronizira na mrežu i radi na mreži u generatorskom radu uz minimalnu snagu. Pogonski generator također se sinkronizira na mrežu i radi na mreži u generatorskom radu uz minimalnu snagu.

Zatvaranjem ulaznog zatvarača ispitivani generator prelazi u motorski rad, a voda se drenira iz turbinske komore.

Na pogonskom generatoru referenca snage se podesi tako da u mrežu daje nešto veću snagu nego što ispitni generator uzima iz mreže.

U SN postrojenju na generatorskom naponu generatori se odvoje od mreže ali ostanu međusobno električki povezani. Razlika snage koju je pogonski generator davao u mrežu prije

odvajanja ubrzava grupu do željenih 110% brzine vrtnje kada se ispitivani generator odvaja od pogonskog.

Izvedenom modifikacijom postupka dovođenja generatora u početnu radnu točku izbjegnuta su kritična radna stanja dok su dodatni zahvati na postrojenje minimalni.

**Zlatko Ofak and Tin Bobetko. Regionalna koordinacija pogonske sigurnosti unutar CORE regije za proračun prekozonskih prijenosnih kapaciteta**

**Abstract:** Prema uputama iz članka 76. Uredbe Europske Komisije 2017/1485 o uspostavljanju smjernica za pogon elektroenergetskog prijenosnog sustava, sve regije za proračun prekozonskih prijenosnih kapaciteta dužne su izraditi metodologiju za regionalnu koordinaciju pogonske sigurnosti. Cilj metodologije je da se unutar svake regije sigurnost elektroenergetskog sustava osigura na najefikasniji i najekonomičniji način. Da bi se osigurala sigurnost pogona koja predstavlja prioritet vođenja elektroenergetskog sustava, određeno je da svi operatori pojedine regije moraju koordinirano sudjelovati u otklanjanju zagušenja i osiguravanju N-1 kriterija u regiji sukladno svojim mogućnostima. U svrhu postizanja optimalnog pogona regionalnog elektroenergetskog sustava, svaki operator prijenosnog sustava dužan je na dnevnoj bazi dijeliti informacije o raspoloživim protumjerama sa svojim regionalnim koordinatorom za sigurnost. Regionalni koordinator za sigurnost korištenjem centralnog optimizatora protumjera osigurava najefikasnije i najekonomičnije korištenje protumjera u regiji, poštujući ograničenja i specifičnosti protumjera, kao i nacionalnih elektroenergetskih sustava. Članak se bavi metodologijom razvijenom u CORE regiji u čijoj je izradi sudjelovao HOPS kao hrvatski operator prijenosnog sustava i njezinim utjecajem na trenutačni način vođenje elektroenergetskog sustava Hrvatske.

**Zoran Čeralinac and Marina Mrđa Lalić. CORROSION RESISTANCE TESTING OF TRANSFORMER CONNECTION JOINTS**

**Abstract:** Choosing an appropriate corrosion protection coating system includes several factors that need to be considered to ensure the most economical and technically best solution. When choosing the appropriate coating, the factors that should be considered are the type of surface to be protected, corrosion class, required system durability and mechanical loads. Due to all the above mentioned, it is of great importance that qualitative examinations of the corrosion protection system are performed by simulation testing with conditions similar to the exploitation conditions. The results of these tests demonstrate the suitability of the selected corrosion protection system for the intended purpose.

Laboratory tests have been carried out on various coating systems used in the protection of transformers for high corrosion class C4 according to standard HRN EN ISO 12944. Corrosion tests were performed on the transformer connection joints. Characteristics of the corrosion protection system such as thickness, hardness, adhesion properties and resistance to accelerated ageing in salt mist chamber according to standard HRN EN ISO 9227 were determined.

The analysis of the test results of standard solutions was used to evaluate different coating protection systems used to protect transformer from corrosion. With the offered development solutions, we have obtained the optimum solution that would mostly reduce the corrosion damage at the connection joints and increase the overall durability of the corrosion protection system in exploitation conditions.

**Franjo Sukser, Andrija Bilek, Zvonimir Popović and Dalibor Cinek. Praktičan primjer mjerenja napona koraka i napona dodira u urbanom okruženju**

**Abstract:** Kako bi se postigla propisana razina sigurnosti, za uzemljivače se postavlja zahtjev da svojom konstrukcijom i oblikom smanjuju razliku potencijala koja bi se mogla pojaviti između čovjekovih nogu kada on hoda po površini tla u vrijeme provođenja struje kroz sam uzemljivač. Ta razlika potencijala naziva se napon koraka. Također za uzemljivače se postavljaju zahtjevi da svojom konstrukcijom i oblikom smanjuju razinu potencijala koji se

može pojaviti kada bi čovjek stajao na nekoj udaljenosti od zaštićenog objekta i koji bi rukom dotaknuo zaštićeni objekt (ili neki objekt u blizini) kroz čiji uzemljivač u tom trenutku teče struja. Ta razlika potencijala naziva se napon dodira. Veličina napona koraka i dodirnog napona ovisi o iznosu struje koja teče kroz zemlju, zatim o otporu uzemljenja i krivulji raspodjele potencijala. Dopušteni iznosi dodirnog napona i napona koraka u ovisnosti o trajanju struje kroz uzemljivač propisani su pravilnicima i normama.

U uvjetima pojave kratkog spoja, a istodobnog spoja sa zemljom u mrežama s uzemljenim zvjezdastim transformatorima (izravno ili posredno) mogu se pojaviti u sustavu uzemljenja postrojenja kao i u njegovoj okolini (zemlji) velike struje. Te struje koje za vrijeme trajanja dozemnog kratkog spoja prolaze kroz uzemljenje postrojenja i odvoje se u zemlju tvore u njegovoj blizini polje potencijala koje slabi udaljavanjem od uzemljivača. To polje potencijala može u perspektivi stvoriti spomenuti opasni napon koraka u okolini postrojenja odnosno dodirni napon na postrojenju ili njegovoj okolini (niskonaponski neutralni vodiči, vodovodne instalacije, cjevovodi, željeznički kolosijeci, metalne, metalne ograde itd). U radu je prikazan praktičan primjer i analiza mjerenja napona koraka i napona dodira, a ujedno i potencijala uzemljivača srednjenaponskog postrojenja. Opisana je U-I metoda mjerenja napona dodira i koraka na konkretnom primjeru TS 10(20)/0,4 kV u „Elektri“ Bjelovar. Također su prikazani zakonski okviri i norme prema kojima je potrebno dimenzionirati postrojenja odnosno kojima postrojenje kao takvo mora udovoljavati u svrhu zaštite od previsokih napona koraka i napona dodira.

**Goran Levačić, Ljupko Teklić and Mate Lasić. RAZMATRANJE O MOGUĆNOSTI PRIMJENE HVDC SUSTAVA U PRIJENOSNOJ ELEKTROENERGETSKOJ MREŽI RH S OBZIROM NA SVE VEĆU INTEGRACIJU OIE**

**Abstract:** Hrvatski elektroenergetski sustav (EES) čine proizvodna postrojenja, prijenosna i distribucijska mreža te potrošači električne energije. Radi što sigurnije i kvalitetnije opskrbe kupaca električnom energijom i razmjene električne energije, hrvatski EES je povezan s EES-ima susjednih država tvoreći sinkronu mrežu kontinentalne Europe. Osnovna zadaća operatora prijenosnog sustava (OPS) jest sigurnost prijenosa električne energije te očuvanje stabilnosti elektroenergetskog sustava. Također jedna od djelatnosti OPS-a jest i razvoj prijenosne mreže, imajući u vidu sigurnost opskrbe kupaca, potrebe tržišnih sudionika, zahtjeve za priključak novih korisnika mreže i povećanja priključne snage postojećih korisnika.

U današnje vrijeme, svjedočimo sve većoj integraciji obnovljivih izvora energije u EES-ove na području cijele kontinentalne Europe. Također, i hrvatski operator prijenosnog sustava (HOPS) je posljednjih godina zaprimio velik broj zahtjeva za priključak novih vjetroelektrana (VE) i solarnih elektrana (SE). Zahtjevi za priključak VE su ukupne snage veće od 2000 MW, a SE ukupne snage veće od 800 MW. S obzirom na veličinu i karakteristike hrvatskog elektroenergetskog sustava, posebno u pogledu mogućnosti regulacije snage i frekvencije, procijenjeno je da trenutno nije moguće integrirati sve elektrane za koje su investitori pokazali interes, bez adekvatnog razvoja prijenosne mreže. Slična predviđanja oko povećane integracije obnovljivih izvora energije u prijenosnu mrežu RH, su u skladu sa desetogodišnjim razvojnim planovima (TYNDP) europske mreže operatora prijenosnih sustava (ENTSO-E) te u strategiji energetske razvoja RH (Zelena knjiga). S obzirom na navedene izazove, u radu se analizira odnosno aktualizira mogućnost primjene visokonaponskog sustava za prijenos istosmjernom strujom (engl. High Voltage Direct Current - skraćeno HVDC), kao jedno od mogućih rješenja u prijenosu energije u nadolazećim godinama.

HVDC tehnologija omogućuje prijenos velike količine električne energije na velikim udaljenostima, i to sa znatno manjim gubicima u usporedbi sa izmjeničnim sustavima. Općenito, moguća primjena HVDC tehnologije je u: priključenju udaljenih proizvodnih jedinica, interkonekciji (susjednih) EES-a, priključenju off-shore vjetroelektrana kao i proizvodnih objekata sa kopna, pojačanju postojećih AC mreža, primjeni u urbanim sredinama, priključenju udaljenih potrošača itd.

U radu je dan pregled razvijenih HVDC tehnologija s obzirom na upravljanje odnosno tehnologiju pretvarača (engl. Line Commutated Converter - LCC i engl. Voltage Source Converter - VSC), troškove, prostorni smještaj itd. Za sada, jedna od mana HVDC sustava svakako predstavlja visoka cijena pretvaračkih stanica, pri čemu je cijela tehnologija isplativija uspoređujući sa izmjeničnom, pri većim udaljenostima. Posebno su istaknute potencijalne koristi od takvog sustava za istosmjerni „upravljivi“ prijenos električne energije, s obzirom na sve veću integraciju OIE.

#### Neven Višić, Krešimir Šimleša and Doroteja Hranjec. Pravila o priključenju na prijenosnu mrežu

**Abstract:** Na temelju članka 26. i 68. b stavka 1. Zakona o tržištu električne energije, te članka 21. stavka 2. Uredbe o izdavanju energetske suglasnosti i utvrđivanju uvjeta i rokova priključenja na elektroenergetsku mrežu (Uredba), HOPS je donio Pravila o priključenju na prijenosnu mrežu (Pravila) uz prethodno ishodoeno odobrenje Hrvatske energetske regulatorne agencije. Stupanjem na snagu Uredbe i Pravila, izvan snage se stavljaju Opći uvjeti za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom („Narodne novine“, br. 14/06). Pravilima se uređuju međusobni odnosi operatora prijenosnog sustava i investitora u postupku ostvarivanja prava na priključenje građevine na prijenosnu mrežu i izgradnju potrebne infrastrukture za takvo priključenje. Pravilima o priključenju na prijenosnu mrežu se osobito utvrđuje izdavanje posebnih uvjeta za građevinu investitora i posebnih uvjeta priključenja građevine na prijenosnu mrežu u postupku izdavanja lokacijske dozvole, izrada elaborata optimalnog tehničkog rješenja priključenja na elektroenergetsku mrežu (EOTRP), sklapanje ugovora o priključenju, izdavanje elektroenergetske suglasnosti, priključenje i sklapanje ugovora o korištenju mreže u postupku izdavanja uporabne dozvole. Sukladno Pravilima o priključenju na prijenosnu mrežu više se ne izrađuje preliminarna analiza mogućnosti priključenja postrojenja investitora na prijenosnu mrežu niti se izdaje prethodna elektroenergetska suglasnost. Način priključenja postrojenja na prijenosnu mrežu se utvrđuje EOTRP-om. Temeljem usuglašenog EOTRP-a investitor i HOPS sklapaju ugovor o priključenju te se korisniku izdaje elektroenergetska suglasnost (EES). Sklapanjem ugovora o priključenju investitor se obavezuje uplatiti 5% iznosa naknade za priključenje kao avans HOPS-u. Nakon dobivanja EES-a investitor može ishoditi građevinske dozvole te nastaviti postupak izgradnje postrojenja. Sklapanjem ugovora o korištenju mreže i izdavanjem potvrde o početku korištenja mreže omogućuje se Investitoru privremeno priključenje i provođenje verifikacijskih ispitivanja u pokusnom radu. Izdavanjem suglasnosti na konačno izvješće o pokusnom radu zadovoljeni su uvjeti za dobivanje potvrde o trajnom pogonu postrojenja na prijenosnoj mreži. U članku se posebno analiziraju razlike između prijašnjeg te novog postupka priključenja nakon stupanja na snagu Pravila o priključenju na prijenosnu mrežu, dodatno se pojašnjavaju novi obrasci zahtjeva koje investitori ispunjavaju sukladno Pravilima o priključenju na prijenosnu mrežu prilikom postupka priključenja.

#### Zdravko Tomašić, Krešimir Šimleša and Neven Višić. Izrada elaborata optimalnog tehničkog rješenja priključenja na elektroenergetsku mrežu

**Abstract:** Elaborat optimalnog tehničkog rješenja priključenja na elektroenergetsku mrežu (u daljnjem tekstu: EOTRP) je definiran Mrežnim pravilima prijenosnog sustava, Uredbom o izdavanju energetske suglasnosti i utvrđivanju uvjeta i rokova priključenja na elektroenergetsku mrežu i Pravilima o priključenju na prijenosnu mrežu. Izrada elaborata optimalnog tehničkog rješenja priključenja (EOTRP) na prijenosnu mrežu započinje zaprimanjem Obrasca HOPS-X3 (Obrazac HOPS-X3 Zahtjev za izdavanjem Elaborata optimalnog tehničkog rješenja priključenja (EOTRP) na prijenosnu mrežu i sklapanjem Ugovora o priključenju). U Obrascu se popunjavaju opće informacije o podnositelju zahtjeva, zatim informacije potrebne za izradu ugovora o priključenju, navode se opće informacije o postrojenju koje se planira priključiti, definiraju se osnovni energetski podaci o postrojenju, definiraju se dodatni obavezni prilozi i dodatni dokumenti koji se prilažu zahtjevu.

EOTRP je dokument koji izrađuje operator sustava, a njime se utvrđuje mogući način priključenja postrojenja korisnika mreže na prijenosnu mrežu u skladu s godinom ulaska u pogon uvažavajući važeći plan razvoja prijenosne mreže, zatim se tehnički i financijski vrednuje više mogućih varijanti priključenja te se obrazlaže i predlaže optimalno tehničko rješenje, analizira se utjecaj postrojenja investitora u utjecajnoj okolini prijenosne mreže te se definira potreba za stvaranjem tehničkih uvjeta u mreži (STUM). Rok za izradu i izdavanje EOTRP-a za postrojenja i instalacije investitora za snagu 5 – 20 MW je 90 dana, za snagu veću od 20 MW je 180 dana, a rok za priključenje proizvodnog postrojenja i instalacija proizvođača te za priključenja postrojenja i instalacija kupca s vlastitom proizvodnjom za priključnu snagu 5 – 20 MW je 180 dana, a za snagu veću od 20 MW je 12 mjeseci.

Zahtjev za izradom EOTRP-a se ujedno smatra i zahtjevom za sklapanje ugovora o priključenju, tj. zahtjevom za početak postupka priključenja postrojenja korisnika mreže/investitora na prijenosnu mrežu.

Nakon izrade EOTRP-a operator je dužan podnositelju zahtjeva izdati EOTRP zajedno s prijedlogom ugovora o priključenju. Investitor, odnosno vlasnik građevine dužan je u roku od 270 dana od primitka EOTRP-a predati operatoru sustava zahtjev za izdavanje elektroenergetske suglasnosti te sklopiti ugovor o priključenju.

**Željko Plantić, Tomislav Baričević, Alenka Kinderman Lončarević, Vlatka Kos Grabar Robina and Tanja Marijanić. Predviđanje trendova potrošnje električne energije i opterećenja distribucijske mreže Republike Hrvatske**

**Abstract:** Uvjet za dobro planiranje i razvoj distribucijske mreže predstavlja poznavanje najvažnijih značajki mreže i predviđanje trendova potrošnje električne energije i opterećenja distribucijske mreže. Planiranje u elektroenergetskom sustavu uobičajeno se temelji na procjeni buduće potrošnje, odnosno opterećenju elektroenergetskog sustava, koje se može provoditi za višegodišnje razdoblje, kao i za kraća razdoblja poput jedne godine, mjesec dana, jedan tjedan, dan ili sat.

Predviđanje trendova potrošnje električne energije temelji se na ostvarenju potrošnje u prošlosti, a sastoji se od određivanja analitičke funkcije koja će najbolje opisati zakonitost ostvarenja potrošnje uz pretpostavku da će se takva zakonitost zadržati i u budućnosti.

Cilj predviđanja potrošnje električne energije je na temelju višegodišnjih podataka odrediti na mjesečnoj razini funkcijsku ovisnost potrošnje električne energije o bruto domaćem proizvodu i srednjim mjesečnim temperaturama, kako bi se odredile buduće mjesečne energetske potrebe. Prognoziranje je izvedeno tako da se za pojedine kategorije potrošača ili potrošače individualno pronalazi vlastita jednadžba potrošnje pomoću koje se računaju buduće potrebe. Za prognoziranje potrošnje električne energije potrebno je osigurati sezonske, odnosno mjesečne potrošnje električne energije za neko proteklo razdoblje, kao i informacije o bruto domaćem proizvodu i srednjoj mjesečnoj temperaturi zraka. Prednost takvog pristupa je prikaz utjecaja važnih čimbenika na potrošnju električne energije, a to su promjene bruto domaćeg proizvoda, utjecaj vremenskih prilika odnosno temperature vanjskog zraka te sezonski i temperaturni utjecaj.

U svrhu predviđanja trendova potrošnje korištena je linearna regresijska funkcija s četrnaest varijabli. Pri tome je zavisna varijabla mjesečna potrošnja električne energije, a nezavisne varijable su bruto domaći proizvod, broj stupanj dana kao temperaturni utjecaj i mjeseci u godini koji predstavljaju sezonski utjecaj.

Naveden pristup predviđanja trendova potrošnje električne energije primjenjiv je za svako distribucijsko područje zasebno, za čitavu distribucijsku mrežu, kao i zasebno priobalni i kontinentalni dio distribucijske mreže. Također je moguće obraditi različite kategorije potrošnje, primjerice kućanstvo i poduzetništvo.

**Doroteja Hranjec, Igor Šumonja and Ksenija Katavić. Integracija i dinamika priključenja obnovljivih izvora energije na hrvatski prijenosni sustav**

**Abstract:** Posljednjih desetak godina pojavio se veliki interes investitora za ulaganje u obnovljive izvore energije te je priključna snaga takvih postrojenja, prema podacima Hrvatskog operatora tržišta energije, nedavno dosegla 770 MW na elektroenergetskoj mreži Hrvatske, a najveći udio u snazi uvjerljivo čine vjetroeletktrane. Strategijom energetskeg razvoja Republike Hrvatske (2002. i 2009.) došlo je do donošenja nove i izmjene postojeće zakonske regulative te je omogućeno nositeljima projekata između ostalog i stjecanje statusa povlaštenog proizvođača te time pravo na poticajnu otkupnu cijenu. Od 2005. do ožujka 2018. godine priključena je 21 vjetroeletktrana s ukupnom priključnom snagom od 575 MW od čega je 16 elektrana (529 MW) priključeno na prijenosnu mrežu. Ako se uzmu u obzir svi projekti koji su u tijeku ili koji bi se uskoro trebali početi ostvarivati (gotovo 35 vjetroeletktrana u raznim fazama postupka priključenja), postoji mogućnost za priključivanjem dodatnih 1000 MW iz vjetroeletktrana. Posljednjih godina, osim vjetroeletktrana, podneseni su zahtjevi za priključenjem novih, velikih sunčanih elektrana na prijenosnu mrežu, a snaga tih projekata je do prosinca 2018. godine već dosegla oko 600 MW.

Većina izgrađenih, ali i potencijalnih elektrana nalazi se na manjem geografskom području sličnih klimatskih uvjeta te se stoga javljaju problemi prijenosa proizvedene električne energije u ostale dijelove elektroenergetskog sustava, energije uravnoteženja, planiranja rada postrojenja i stanja elektroenergetske mreže. Izuzev tehničkih problema, uz integraciju obnovljivih izvora energije veže se i problem složenosti postupka priključenja, izmjena zakonske regulative, kvote za prihvati vjetroeletktrana. Navedene prepreke dovode do dugotrajnog postupka priključenja (prosjeke dosadašnjih priključenih elektrana na prijenosni sustav iznosi 5 godina), odnosno do dužeg vremenskog razvoja projekata od trenutka ishoda prethodne elektroenergetske suglasnosti, kao dosadašnje početne točke u postupku priključenja, do ishoda uporabe dozvole, što istovremeno dovodi do potencijalne ekonomske neisplativosti projekta i nesigurnosti priključenja postrojenja na prijenosnu mrežu. U ovom radu dan je osvrt na dosad priključene vjetroeletktrane, planiranje daljnjih projekata obnovljivih izvora energije te poboljšanje postupka priključenja provođenjem novih zakonskih okvira i podzakonskih akata.

**Ksenija Katavić, Igor Šumonja and Zdravko Tomašić. Specifični slučajevi priključenja na prijenosnu mrežu**

**Abstract:** Zakon o tržištu električne energije propisuje da se budući korisnik mreže koji se priključuje na prijenosnu mrežu može deklarirati kao kupac ili kao proizvođač. Sukladno zakonskoj regulativi kupci priključeni na prijenosnu mrežu plaćaju naknadu za korištenje mreže dok proizvođači priključeni na prijenosnu mrežu ne plaćaju naknadu za korištenje mreže. Na prijenosnu mrežu mogu se priključiti i proizvođači koji imaju vlastitu potrošnju napajanu iz prijenosne mreže kao i kupci koji imaju vlastitu proizvodnju električne energije. Proizvođači i kupci mogu na prijenosnu mrežu biti priključeni preko jednog ili više obračunskih mjernih mjesta. U slučaju priključenja korisnika mreže preko jednog obračunskog mjernog mjesta, korisnik mreže može na tom obračunskom mjernom mjestu biti i proizvođač i kupac. U slučaju priključenja jednog korisnika mreže preko nekoliko obračunskih mjernih mjesta ne provodi se sumiranje preuzete električne energije iz mreže i predane električne energije u mrežu (tzv. složeno obračunsko mjerno mjesto), nego se provodi zasebno mjerenje na svakom obračunskom mjernom mjestu. Iz toga proizlazi da svi korisnici mreže koji su i kupci na prijenosnoj mreži moraju platiti naknadu za korištenje mreže. Izmjenama i dopunama zakona o tržištu električne energije reverzibilne hidroelektrane mogu osigurati električnu energiju na veleprodajnom tržištu za potrebe pumpnog rada. Reverzibilne hidroelektrane moraju platiti naknadu za korištenje mreže, ali ne moraju platiti naknadu za obnovljive izvore energije prilikom pumpnog rada.

Metodologija utvrđivanja naknade za priključenje na elektroenergetsku mrežu novih korisnika mreže i za povećanje priključne snage postojećih korisnika mreže definira plaćanje naknade za priključenje na prijenosnu mrežu. Proizvođači plaćaju po stvarnim troškovima priključenja dok kupci plaćaju sukladno jediničnoj cijeni. Jedinična cijena se izračunava množenjem

priključne snage i jedinične naknade koja iznosi 1350 kn/kW. U slučaju da je korisnik mreže i kupac i proizvođač plaća samo jednu naknadu i to onu koja je veća.

U ovom članku biti će dan pregled specifičnih situacija s kojima se HOPS susretao prilikom priključenja korisnika mreže na prijenosnu mrežu. Neke od specifičnih situacija koje će biti opisane su priključenje proizvođača velike snage koji preko istog obračunskog mjernog mjesta napaja i svoju vlastitu potrošnju male snage, priključenje kupca s vlastitom proizvodnjom, priključenje korisnika mreže koji prenosi dio priključne snage s operatora distribucijskog sustava, priključenje proizvođača s velikom priključnom snagom, priključenje kupaca s velikom priključnom snagom.

**Ivan Pejanović, Nikola Bašić and Dalibor Gorenc. Sustav za monitoring parcijalnih izbijanja u GIS-u 145 kV UHF metodom**

**Abstract:** Ispitivanje parcijalnih izbijanja metalom oklopljenog, plinom SF6 izoliranog sklopnog postrojenja (GIS - Gas Insulated Switchgear) obavezno se vrši pri tipskim i rutinskim ispitivanjima prema normi IEC 62271-203 "Visokonaponska sklopna aparatura - Dio 203: Plinom izolirana, metalom oklopljena postrojenja za nazivne napone iznad 52 kV".

Svrha ispitivanja je uočiti eventualne nedostatke u materijalu ili u samom procesu izrade i montaže postrojenja. Ispitivanje parcijalnih izbijanja provodi se nakon rutinskih mehaničkih ispitivanja koja uključuju sklapanja svih aparata u polju čime se osigurava da se otkriju i eventualni nedostaci u kontaktima aparata. Mjerenje parcijalnih izbijanja se provodi pri naponu definiranom normom, u iznosu od  $U_{isp} = 1.2 \cdot U_n$  gdje je  $U_n$  nazivni napon postrojenja. Tehnika mjerenja definirana je normom IEC 60270 "Visokonaponske ispitne tehnike – Dio 2: Mjerenje parcijalnih izbijanja".

Razvojem tehnologije, a pogotovo promjenom načina razmišljanja o metodama održavanja GIS postrojenja zbog sve strožih zahtjeva za kvalitetom i neprekinutošću napajanja, uz već standardno preventivno održavanje sve se više naglašavaju prednosti održavanja prema stanju, za koje je potrebno kontinuirano mjerenje bitnih parametara. Kada je riječ o visokonaponskoj sklopnoj opremi, bitna su izolacijska svojstva izolacijskih medija i praćenje degradacije krute izolacije. U tu svrhu razvijeni su mobilni sustavi i sustavi trajnog nadzora parcijalnih izbijanja koji koristeći posredne metode za mjerenje intenziteta i određivanje lokacije parcijalnih izbijanja mogu pomoći u otkrivanju mogućih kvarova u izolaciji.

Metoda koja se pokazala najboljom za detektiranje parcijalnih izbijanja u polju pod naponom je visokofrekventna metoda ili UHF metoda (UHF - Ultra High Frequency). Navedena metoda bit će opisana u radu. Sustav se sastoji od senzora, uređaja za prikupljanje podataka i programske podrške kojom se interpretiraju dobivene vrijednosti. Cijeli sustav je mobilan, što omogućuje periodičko praćenje parcijalnih izbijanja, ako na GIS postrojenju postoje unaprijed ugrađeni senzori. Za trajni nadzor potreban je sustav koji je trajno spojen na sve senzore i umrežen u transformatorskoj stanici.

Monitoring parcijalnih izbijanja će za rezultat imati održavanje usmjereno na točan modul GIS postrojenja u transformatorskoj stanici, kao i predvidivo vrijeme u kojem će biti potrebno održavanje.

**Mrvoje Bulat, Tomislav Stjepandić and Dalibor Šamec. Analiza djelovanja sustava relejne zaštite transformatora kod dvostrukog kratkog spoja sa zemljom u srednjenaponskoj mreži**

**Abstract:** Moderni numerički uređaji relejne zaštite sadrže veliki broj podesivih parametara i mogućnost korištenja brojnih zaštitnih funkcija i podfunkcijskih opcija. Kada govorimo o nekoj konkretnoj zaštitnoj funkciji, kao što je funkcija diferencijalne zaštite transformatora, moguće je npr. podesiti/parametrirati niz opsijskih parametara koji se odnose na stabilizaciju funkcije diferencijalne zaštite, kao što su blokada djelovanja kod pojave viših harmonika, blokada djelovanja kod detekcije kvara izvan zone štice i zasićenja strujnih mjernih transformatora itd. Ove opsijske podfunkcije nadalje imaju mogućnost korištenja takozvane crossblocking

funkcije, mogućnosti podešenja vremena djelovanja pojedinih blokada, definiranja proradnih veličina.

Povod za pisanje ovog referata su dva kvara do kojih je došlo 06.02.2019. godine u TS Pokupje i u okolnoj srednjenaponskoj mreži. Prvi kvar nastao je u fazi S srednjenaponske mreže u krugu transformatorske stanice. Tijekom trajanja ovog kvara razvio se i kvar u fazi T na jednom od srednjenaponskih dalekovoda na nepoznatoj lokaciji izvan transformatorske stanice. Ono što je u kod ovog pogonskog događaja posebno interesantno je činjenica da se radilo o dvostrukom kratkom spoju sa zemljom od kojih je jedan bio unutar zone šticećenja diferencijalne zaštite transformatora. Referat analizira djelovanje sustava relejne zaštite transformatora od trenutka nastanka prvog kvara i dalje tijekom istodobnog kvara sa zemljom u fazama S i T srednjenaponske mreže, pa sve do konačnog otklanjanja oba kvara, uz kritički osvrt na odabrane funkcije i podešenja.

TS Pokupje nalazi se u neposrednoj blizini grada Karlovca. Unutar trafostanice ugrađena su dva energetska transformatora pojedinačne nazivne snage 40 MVA i prijenosnog omjera 110/35 kV. Zvezdišta visokonaponskih namota svakog pojedinog transformatora kruto su uzemljena dok su zvezdišta srednjenaponskih namota uzemljena preko zajedničkog malog djelatnog otpora.

Ovakva koncepcija uzemljenja srednjenaponske mreže počela se primjenjivati osamdesetih godina prošlog stoljeća i danas je nerijetko prisutna u transformatorskim stanicama Prijenosnog područja Zagreb. Navedena koncepcija bitno utječe na odabir i primjenu zaštitnih funkcija u sklopu sustava relejne zaštite energetskih transformatora što će se obraditi u sklopu ovog referata.

Sustav relejne zaštite transformatora odabran je u skladu sa tipskim rješenjem koje se dugi niz godina koristi u Prijenosnom području Zagreb.

**Marko Greganić, Zdenko Kramar and Zoran Kovač. Optimiranje paralelnog rada transformatora u Prijenosnom području Osijek**

**Abstract:** Elektroenergetski prijenosni sustav Hrvatskog operatora prijenosnog sustava sastoji se od četiri Prijenosna područja od kojih je Prijenosno područje Osijek najmanje sa vršnom snagom u iznosu 410 MW zabilježeno 2007 g. Od zabilježenog maksimuma do danas vršna snaga Prijenosnog područja Osijek je u padu (penetracija velikog broja distribuiranih proizvođača električne energije, iseljavanje stanovništva,...). Mreža Prijenosnog područja Osijek se sastoji od transformatorske stanice (TS) 400/110 kV, TS 220/110 kV i dvadeset i dvije TS 110/x kV te spojnih vodova kojima upravlja područni mrežni centar. U 23 transformatorske stanice 110/x ugrađena su po dva transformatora. U većini transformatorskih stanica s dva transformatora je moguć paralelan rad transformatora. S obzirom na nisko opterećenje transformatorskih stanica poput TS Donji Miholjac koji je u noćnim satima maksimalno opterećen 0,5 MW u pogonu su transformatori u paralelnom radu nazivne snage 20 MVA. U Prijenosnom području Osijek najčešći razlog uključivanja transformatora 110/x kV u paralelni pogon su vanjske temperature, primjerice zimi se transformatori uključuju u paralelni rad neovisno o opterećenju zbog smrzavanje ventilatora hlađenja. Također ponekad su transformatori u paralelnom radu zbog sigurnosti napajanja korisnika mreže. Odluke o načinu rada u MC Osijek usmeno donosi Rukovoditelj odjela.

Cilj ovog referata je analizirati sve pozitivne i negativne (tehničke, ekonomske) aspekte paralelnog rada transformatora Prijenosnog područja Osijek. U radu će se analizirati slijedeće:

- Opterećenje TS koje imaju mogućnost paralelnog rada transformatora 110/x kV
- SPD za transformatore PrP-a Osijek
- Tehnoekonomska analiza rada trafostanica odnosno transformatora

Na temelju provedenih analiza predložiti ćemo uvjete rada paralelnog pogona transformatora.

**Ivan Triplat, Dario Kraljević, Tomislav Tišljar and Nenad Skala. Smanjenje buke na kompakt generatoru**

**Abstract:** Poznato je da se kompakt generatori prije isporuke kupcu u tvornici završe i ispituju te nakon uspješnih ispitivanja otpremaju kupcu. Prilikom redovnih ispitivanja u tvornici, na horizontalnom generatoru tip SB 1809 – 22, oznake IM 7311 prema IEC 60034-7, nazivne snage 3000 kVA, prilikom uzbuđivanja stroja uočena je prekomjerna buka. Pod prekomjernom bukom se ovdje misli na izračunatu zvučnu snagu i na premašenu dozvoljenu vrijednost za taj stroj prema IEC-u 60034-9. Postavilo se pitanje što je izvor te buke i kako je smanjiti. Brzo je ustanovljeno da je izvor buke vezan uz elektromagnetsko polje jer buke nema u mehaničkoj vrtnji. Kako bi se našlo rješenje i izvor problema, napravljena su neka probna ispitivanja, jedno je bilo dodatno zaklinjenje statora u odnosu na kućište čeličnim klinovima na sredini paketa, pa promjena spoja generatora iz zvijezde u trokut, pa bump testovi na statoru i kućištu s ciljem provjere vlastitih frekvencija. Isto tako u nizu probnih ispitivanja je napravljeno ispitivanje buke uzbuđenog stroja u praznom hodu, praznom hodu s promjenom brzine vrtnje i pod različitim teretom. Zadnjim ispitivanjem, promjenom broja okretaja uzbuđenog stroja, se ustvari mijenja pobudna frekvencija i to ispitivanje je pokazalo da se točno na nazivnom broju okretaja dobiva znatno povećana buka, dok se promjenom na veći broj okretaja ili na manji broj okretaja buka znatno smanjila. Upravo to je bila indikacija da se radi o problemu s rezonancijom statorskog paketa. Nakon te sumnje bilo je potrebno napraviti 3D model i izračunati vlastite frekvencije statorskog paketa i kućišta čime bi se pokazalo što se dešava, te kako bi se moglo bolje pristupiti rješavanju problema. U ovom radu će biti pokazano što je sve rađeno pri pokušajima smanjenja buke, kakvi su bili rezultati od tih pokušaja te put kako se došlo do konačnog rješenja koje je znatno smanjilo buku. Konačno rješenje je smanjilo buku za 9.4 dB(A) tj. decibela zvučne snage.

**Zoran Kovač and Saša Maligec. Pregled statistike pogonskih događaja i prekida napajanja u prijenosnoj mreži**

**Abstract:** U radu je dan prikaz statistike pogonskih događaja i prekida napajanja hrvatske prijenosne mreže u periodu deset godina. Posebno je iskazano stanje komponenti koje se prate unazad deset godina i podacima o prekidima napajanja u prijenosnoj mreži te usporedivost s parametrima iskazanim u Uvjetima kvalitete opskrbe električnom energijom (NN 37/2017). S obzirom da su u proteklom vremenu uloženi značajni naponi u revitalizaciji prijenosne mreže na temelju analize procijenit će se daljnja ulaganja u promatrane jedinice prijenosne mreže u cilju povećanja pouzdanosti napajanja korisnika prijenosne mreže.

**Robert Lindič, Rok Judnič, Aleš Zagoričnik, Dr. Robi Maruša and Mag. Drago Pavlič. Izgradnja transformacije 400/110 kV u RTP 400/220/110 kV Podlog**

**Abstract:** Svaka nadogradnja ili rekonstrukcija RTP-a, pod uvjetom da rasklopna stanica mora raditi kontinuirano i pouzdano tijekom vremenskog razdoblja, predstavlja jedinstven izazov. Tijekom pripreme projekta potrebno je procijeniti sve rizike i temeljito ispitati sve međufaze, tako da tijekom provedbe projekta imamo što je moguće manje nepredviđenih situacija koje bi mogle dovesti do kvara jednog VN polja, sabirnice ili, u najgorem slučaju, čak i kvarova VN polja u susjednom području. rasklopne stanice. U sklopu transformacije 400/110 kV u RTP 400/220/110 kV Podlog, osim proširenja 400 kV sabirnice, izgradnja 400 kV i 110 kV polja, rekonstrukcija 110 kV spojnog polja i zamjena zaštitnih i LR ormara u 400 kV postrojenju i instalacija TR 110/20 kV za napajanje LR, također se izvršila zamjena 110 kV sabirnica. Točna zamjena 110 kV sabirnica bio je najveći izazov, jer su promjene u ELES-u vrlo rijetke, ali je rad vrlo rizičan i zahtjevan.

**Srđan Skok, Igor Ivankovic, Renata Rubeša and Elvis Mikac. WIDE AREA MONITORING, PROTECTION AND CONTROL SYSTEMS – SUPPORT FOR CONTROL ROOM APPLICATIONS**

**Abstract:** Synchrophasor measurements and Wide Area Monitoring (WAM) systems are now widely deployed in power systems worldwide, and have proven to be a very valuable resource to observe and understand the dynamics of power systems. The focus of this paper is on the information that can be derived from raw synchrophasor measurements and used to provide observability and decision support in a control room environment as well as for protection engineers. As power systems worldwide experience a transition to low carbon resources, the lower inertia and greater variability influence the dynamic characteristics of the power system, and the task of supervising dynamic characteristics of the power system is increasingly important.

Monitoring real-time dynamic characteristics of the power system in the control room is not new. But after the last two severe Continental Europe power system disturbances in 2003 and 2006 the related reports concluded by asking for a more intense use of WAM systems.

In fact WAM systems do not differ too much from the classical state-of-the-art supervisory control and data acquisition (SCADA) system, or energy measurement system (EMS), their main advantage is that the measurements are perfectly aligned due to exact time stamping of each measurement sample and creating therefore the prerequisite for accurate and powerful phasor handling and computation.

There is a further need in larger interconnected power systems for an agreed logical approach to sharing key measurements to achieve sufficient shared observability to address dynamics issues as they arise. Different models of data sharing have been used around the world, ranging from a highly centralized approach where all data is aggregated by a central coordinator, to decentralized bilateral data sharing between partners. In interconnections involving multiple transmission system operators (TSOs), such as the European networks, it can be practical to share a relatively small number of phasor measurements throughout the interconnection. This would allow individual TSOs to incorporate a high level external interconnection view with a more detailed internal TSO view, providing the flexibility to apply the TSO's required systems and applications. A decentralized structure would enable many of the wide area applications to provide valuable stability information without excessive burdens on communications infrastructure or data management, with only the real-time PDC data routing function as a shared service.

This paper presents an overview of experience of using WAM systems for operational purposes gathered from a wide range of users around the world, where the users have provided excellent examples of the benefits of the use of such systems. It also reviews the WAM application areas that are available now, those that are under development, and the needs expressed by TSOs to address practical requirements.

**Nikola Bunčić, Goran Levačić, Alan Župan, Ljupko Teklić, Neven Vukadinović and Ivan Šimunić.**  
**Utjecaj transformatora na struju jednofaznog kratkog spoja**

**Abstract:** Jedna od osnovnih djelatnosti Hrvatskog operatora prijenosnog sustava (HOPS) je razvoj prijenosne mreže. Sukladno tome, HOPS izrađuje Desetogodišnji plan razvoja prijenosne mreže te prilikom izrade uz analize tokova snaga, analize sigurnosti N-1, provodi i proračun kratkog spoja. Iznos struje kratkog spoja, u svrhu planiranja i razvoja, provodi se prvenstveno s ciljem dimenzioniranja opreme i detektiranja kritičnih mjesta na kojima struja kratkog spoja prelazi prekidne moći prekidača. Postavlja se pitanje koliko detaljno je potrebno modelirati transformator da se ostane na strani sigurnosti, a greška svede na minimum.

Za potrebe razvoja računaju se struje trofaznog i jednofaznog kratkog spoja budući da će jedna od te dvije biti maksimalna i mjerodavna za dimenzioniranje opreme. Maksimalna struja kratkog spoja diktirat će razvoj i konfiguraciju tog dijela mreže. Za razliku od trofaznog kratkog spoja koji je rijedak slučaj u mreži, prema nekim istraživanjima jednofazni kratki spoj čini i do 80% svih kratkih spojeva u mreži. Ovaj rad detaljnije će opisati problematiku modeliranja transformatora te kako način njihovog modeliranja utječe na iznos struje jednofaznog kratkog spoja. Za potrebe ovog članka kratki spoj računat će se na neopterećenoj mreži, uz punu topologiju sa uključenim svim elementima.

Budući da se dosada pri modeliranju nije pridavao poseban značaj tipu jezgre transformatora, bit će pokazana maksimalna pogreška struje u slučaju kad se transformatori modeliraju s tri odvojene i s jednom trostupnom jezgrom. Proračun će se provest pomoću programskog paketa PSS/E na testnoj mreži koja se sastoji od 400, 220 i 110 kV razine. Nadalje, analizirat će se utjecaj modeliranja distribucijskih transformatora te njihovo ekvivalentiranje pomoću shuntova u nultom sustavu. Prikazat će se i razlika pri modeliranju elektrana koja nastaje uslijed zanemarivanja blok transformatora preko koji su generatori spojeni na visokonaponske sabirnice. Također bit će razmotren kumulativni utjecaj modeliranja blok transformatora i distribucijskih transformatora. Osim razlike u iznosu struje jednofaznog kratkog spoja prikazat će se i odstupanje u Théveninovoj impedanciji.

**Kruno Trupinić, Renato Čučić, Marijo Brkić, Ivan Dundović, Ante Višić and Krešimir Vlahov. Utjecaj hrvatske norme HRN EN 50341-1:2013 i pripadnih nacionalnih normativnih aspekata na planiranje, projektiranje, izgradnju i održavanje distribucijske SN mreže**

**Abstract:** Osnovna norma HRN EN 50341-1:2013 i pripadajući NNA primjenjivat će se na izgradnju novih nadzemnih SN vodova i rekonstrukciju postojećih kada se mijenjaju njihova bitna svojstva. Osim vodova sa neizoliranim vodičima, obuhvaćat će i nadzemne vodove sa izoliranim vodičima i kabelima, što će omogućiti kvalitetnije planiranje i projektiranje SN mreže u teškim okolišnim uvjetima, kao što su područja sa izraženijim djelovanjima vjetra i leda, posolice, ptica, te u šumskim područjima.

Pri proračunu opterećenja komponenti nadzemnih vodova prelazi se sa sadašnje metode maksimalnih dopuštenih naprezanja na novu metodu provjere i dokazivanja pouzdanosti, sigurnosti i zaštite proračunom graničnih stanja konstruktivnih elemenata, uz primjenu važećih Eurokodova.

Promjene obuhvaćaju i vanjske faktore koji utječu na dizajn nadzemnog voda, kao na primjer povećanje maksimalne temperature standardnih vodiča zbog okoline i strujnog opterećenja na iznos od 80°C, te provjera na istovremeno djelovanje vjetra i leda u područjima sa težim uvjetima okoline, uz izradu i primjenu karte leda u Republici Hrvatskoj.

Sve ove promjene uzrokovat će potrebu provjere tipiziranih komponenti nadzemnih SN vodova na nove uvjete proračuna, kako mehaničkih i statičkih, tako i električnih u vidu sigurnosnih udaljenosti vodiča.

U konačnici, novi pristup projektiranju nadzemnih vodova imat će utjecaja na sam proces planiranja SN mreže u HEP-ODS-u u smislu izbora optimalnih tehničkih rješenja izgradnje i rekonstrukcije SN mreže u područjima sa težim okolišnim uvjetima.

**Boško Milešević, Goran Levačić, Goran Majstrovic, Ljupko Teklić, Danko Blažević and Saša Cazin. IMPLEMENTACIJA UREDBI KOMISIJE (EU) KROZ IZMJENE I DOPUNE U POSTOJEĆA MREŽNA PRAVILA PRIJENOSNOG SUSTAVA**

**Abstract:** Uredbe Komisije (EU) (engl. Network codes) predstavljaju skup pravila koja je izradio ENTSO-E (engl. European Network of Transmission System Operators for Electricity), uz nadzor Agencije za suradnju energetske regulatora (ACER). Svaka Uredba Komisije (EU) je sastavni dio cilja koji teži kompletiranju unutarnjeg energetske tržišta i postizanju energetske ciljeva Europske unije, a to su; smanjenje emisije stakleničkih plinova, potrošnja iz obnovljivih izvora energije te ušteda energije u usporedbi sa scenarijem uobičajenog poslovanja .

Težnja je uredbi ujednačiti pravila za prključenje proizvođača, kupaca i sustava visokog napona istosmjerne struje na elektroenergetsku mrežu te povećanje sigurnosti pogona. U uredbama su propisana ograničenja i dane upute koje je potrebno implementirati u nacionalna zakonodavstva.

Doneseno je ukupno osam Uredbi Komisije (EU), koje su operatori prijenosnih sustava (OPS) dužni implementirati u nacionalnu legislativu: iz područja priključenja proizvodnih jedinica, kupaca i HVDC sustava (eng. Network code on requirements for grid connection of generators, Network code on Demand Connection i Network code on requirements for grid connection of high voltage direct current systems and direct current-connected power park modules), područja vođena sustava (eng. Emergency and Restoration, System Operations) te područja tržišta (eng. Forward Capacity Allocation, Electricity Balancing, Capacity Allocation&Congestion Management).

U skladu s time, Hrvatski operator prijenosnog sustava je u suradnji s stručnjacima iz predmetnog područja izradio prijedlog izmjena i dopuna važećih Mrežnih pravila prijenosnog sustava (NN 67/2017). Naglasak je na promjenama u području priključenja dok uredbama iz područja vođenja sustava u manjoj mjeri mijenjaju važeća Mrežna pravila prijenosnog sustava. U prvom djelu rada je dan osnovni prikaz predmetnih Uredbi Komisije (EU) te su predstavljena tijela zadužena za nadzor njihove implementacije u nacionalnu legislativu. U drugom djelu je dan osvrt na iskustva stečena u implementaciji predmetnih Uredbi te provedena javna savjetovanja od strane Hrvatski operator prijenosnog sustava. U trećem dijelu rada, prikazuje se status predmetnih Uredbi na razini Europske unije, te poteškoće s kojima su se susreli ostali OPS-ovi.

**Kosjenka Capuder Bikić, Goran Plišić and Janko Novosel. Utjecaj odabira usmjerenih zaštitnih releja na proces projektiranja energetskeg transformatora**

**Abstract:** Temeljna funkcija elektroenergetskog sustava je isporuka dostatne i kvalitetne količine električne energije potrošačima. Na pouzdanost isporuke električne energije utječe oblik mreže, uzemljenje neutralne točke, razne vrste kvarova i smetnji. Potpuno osiguranje sustava od kvarova je nemoguće te se zbog toga u mrežu ugrađuju zaštitni uređaji (releji) sa zadatkom da otkriju poremećaj u sustavu te ga, ovisno o njegovu karakteru, isključe ili dojavu kvar. Usmjerenom zaštitom se naziva ona zaštita koja reagira pri određenom smjeru snage kratkog spoja. Iz tog razloga, usmjereni releji zahtijevaju referencu smjera toka snage kako bi se mogli aktivirati u slučaju kvara. Riječ je najčešće o struji ili naponu nultog sustava, a pri tome je ključno da se referentni polaritet struje odnosno napona ne mijenja, neovisno o vrsti i mjestu kvara, kako bi usmjereni zaštitni relej mogao adekvatno reagirati i funkcionirati.

Referentni polaritet struje kao referenca za aktivaciju usmjerenog zaštitnog releja koristi se na onim mjestima u elektroenergetskom sustavu na kojima se nalaze energetske transformatori s uzemljenom neutralnom točkom. Pri tome se kao referenca polariteta najčešće koristi struja koja teče kroz neutralnu točku transformatora ili struja koja teče kroz tercijarni namot transformatora. Važno je napomenuti da unatoč tome što se na određenom mjestu u mreži nalazi transformator s uzemljenom neutralnom točkom, to nije garancija da će on biti stabilan i odgovarajući izvor referentnog polariteta struje za djelovanje usmjerenog zaštitnog releja, odnosno da se referentni polaritet struje neće mijenjati te tako, pri pojedinim kvarovima, onemogućiti zaštitu da djeluje.

Prilikom projektiranja i proizvodnje energetskeg transformatora, potrebno je imati na umu postojanje usmjerenih zaštitnih releja u mreži ako je planirano da oni kao referencu polariteta koriste navedeni transformator. U ovom radu bit će opisani upravo uvjeti koje energetske transformator mora zadovoljiti kako bi nulta komponenta struje kroz njegovu neutralnu točku ili tercijar mogla poslužiti kao referenca polariteta za uspješno djelovanje usmjerenog zaštitnog releja.

**Ivan Šimunić, Dragutin Mihalic, Nikola Bunčić and Goran Levačić. Mogućnosti primjene etapnog pristupa priključenju obnovljivih izvora u razvoju prijenosne mreže**

**Abstract:** Osnovne zadaće Hrvatskog operatora prijenosnog sustava (HOPS) su razvoj, izgradnja i održavanje prijenosne mreže te vođenje elektroenergetskog sustava (EES) sa svrhom pouzdane opskrbe korisnika uz minimalne troškove i brigu o očuvanju okoliša, te uz misiju osiguranja prijenosa električne energije od proizvodnih jedinica tj. priključenih elektrana do potrošačkih područja, odnosno distribucijske elektroenergetske mreže. U posljednjih

nekoliko godina svjedočimo sve većoj integraciji obnovljivih izvora energije (OIE) u prijenosni sustav, a posebice vjetroelektrana (VE) i solarnih elektrana (SE). Integracija VE i SE u EES dovodi do dodatnih zahtjeva u pogledu vođenja sustava i dimenzioniranja, odnosno potrebnog razvoja prijenosne elektroenergetske mreže.

Sve češće se javlja slučaj višestrukih zahtjeva za priključak OIE na pojedinim lokacijama gdje preostali kapacitet postojeće prijenosne mreže u pogledu prihvata dodatnih OIE nije više dostatan. Rješavanje višestrukih zahtjeva za priključak proizvođača u električki gledano iste ili bliske točke, čvorišta mreže, traži novi sustavni pristup u planiranju i razvoju prijenosne mreže. Jedan od mogućih rješenja jest „etapni pristup priključenju“ OIE na prijenosni sustav, sa ili bez primjene tzv. „zonskog priključenja“ odnosno realizacije posebnih zona za priključenje korisnika mreže.

U ovom radu se na jednom primjeru, korištenjem programskog alata PSS/E, koji je službeni računalni paket HOPS-a za analize mreža, prikazuje mogućnost primjene etapnog pristupa priključenja na području s povećanim zahtjevima za priključak proizvođača iz OIE. Također, kroz praktični primjer prikazat će se očekivani razvoj prijenosne mreže u više faza obzirom na priključak novih obnovljivih izvora, uzimajući u obzir neistovremenost razvoja pojedinih projekata. Takvim rješenjem omogućava se dodatni prihvati OIE, osigurava N-1 kriterij sigurnosti u prijenosnoj mreži te se uz minimalne troškove za sve sudionike procesa ostvaruje optimalno rješenje. Aktivnim sudjelovanjem operatora prijenosnog sustava, kao ključnog i nepristranog čimbenika u procesu planiranja razvoja prijenosne mreže i u procesu priključenja novih obnovljivih izvora energije izbjegavaju se nepotrebni troškovi te uspješno rješavaju izazovi koje donosi povećana integracija obnovljivih izvora energije.

**Krešimir Vrdoljak, Boris Žužul, Damir Ferenčak, Sanja Fruk, Vladimir Fabečić and Marko Kačić.**  
**Sustavi arhiviranja i izvještavanja u Centru proizvodnje Zapad**

**Abstract:** Sredinom 2018. godine je pušten u pogon Centar proizvodnje Zapad (CPZ) HEP Proizvodnje. Sustavi za arhiviranje i izvještavanje u CPZ uključuju: Arhivsku bazu podataka, Eksternu bazu podataka, Skladište podataka, sigurnosne kopije i Web portal.

Arhivska baza podataka je centralno mjesto za prihvati, obradu i pohranu podataka iz svih izvorišnih CPZ aplikacija i sustava. Baza je temeljena na Oracle tehnologijama. U Arhivskoj bazi podataka se nalaze podaci iz:

- PROZA NET SCADA sustava CPZ,
  - MARS sustava obračunskih mjerenja,
  - aplikacija za planiranje pogona: Prognoza dotoka, Vozni red i Simulacija tečenja,
  - SCADA sustava s meteorološkim, hidrološkim i piezometarskim (MHP) podacima,
- Arhivska baza također sadrži i tehničko-statičke podatke.

Podaci koji se šalju u Arhivsku bazu su pripremljeni kao minutne maksimalne, minimalne i srednje vrijednosti. U Arhivskoj bazi se iz tih podataka računaju 5-minutne, 15-minutne, 30-minutne i satne interpolacije. Minutni podaci se iz Arhivske baze brišu nakon godinu dana, dok se svi ostali interpolirani podaci čuvaju trajno.

Nad Arhivskom bazom su kroz Apex platformu generirane razne aplikacije za: upravljanje procesima prikupljanja i obrade podataka, prikaz podataka te konfiguriranje parametara za poslovne procese.

Podaci iz Arhivske baze podataka se prosljeđuju u Eksternu bazu podataka i u Skladište podataka. Ta je komunikacija jednosmjerna.

Eksterna baza podataka sadrži dio podataka iz Arhivske baze, koji se treba prikazivati na Web portalu CPZ i to samo 5-minutne i satne vrijednosti.

Svrha Skladišta podataka u CPZ je prikupljanje i obrada velikih količina podataka iz kojih se produciraju manji skupovi kvalitetnih informacija (izvještaji), a koji se koriste za poslovnu analizu i donošenje strateških korporativnih odluka.

U sklopu CPZ se sigurnosno kopiraju i čuvaju sljedeći podaci: SCADA baza podataka, Arhivska baza podataka i konfiguracijske datoteke aplikacija. Cjelovite sigurnosne kopije se rade jednom

tjedno, a inkrementalne sve ostale dane. Sigurnosne kopije se čuvaju na trakicama i na udaljenoj mrežnoj lokaciji.

Web portal je sustav za online prikaz i nadgledanje stanja pojedinih objekata u sustavu CPZ. Postoje tri instance CPZ Web portala: instanca za lokalne korisnike unutar CPZ sustava, instanca za ostale korisnike unutar HEP Grupe te instanca za vanjske korisnike. Prvoj instanci se pristupa preko lokalne CPZ mreže, a drugim dvjema putem interneta preko zaštićene HTTPS veze. Podaci na portalu se prikazuju u grafičkom i tabličnom obliku, a svi prikazi podataka se mogu izvesti u datoteke pogodne za prezentaciju, razmjenu i uređivanje (.pdf i .xls).

### **Hrvoje Bulat, Tomislav Stjepandić and Tihomir Dedić. Sustav relejne zaštite provizornog napajanja TS Koprivnica tijekom rekonstrukcije 110 kV postrojenja**

**Abstract:** TS 110/35 kV Koprivnica predstavlja jedno od većih elektroenergetskih čvorišta 110 kV naponske razine i poveznicu sjevera RH s ostatkom EES-a preko susjednih TS Križevci i TS Bjelovar. Postojeća TS Koprivnica projektirana je i građena u više etapa, a 110 kV postrojenje u pogon je uključeno 1969. godine. Zbog starosti postrojenja, njegove veličine i položaja u EES-u, bilo je nužno izvršiti rekonstrukciju 110 kV postrojenja TS 110/35 kV Koprivnica.

Postrojenje 110 kV u TS 110/35 kV Koprivnica, osim kao značajno čvorište ima i veliku važnost za napajanje električnom energijom šireg konzuma grada Koprivnice te za napajanje glavnog željezničkog prometnog koridora od Mađarske (preko Zagreba) do luke Rijeka. Osim navedenog, 110 kV dalekovodom Koprivnica -Virje radijalno je povezana TS 110/35 kV Virje na čiju 35 kV naponsku razinu je priključeno najveće plinsko energetska postrojenje u RH - CPS Molve.

Zbog specifičnosti proizvodnje dravskih elektrana (HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava) koje se nalaze u neposrednoj blizini TS Koprivnica i mogućnosti evakuacije električne energije iz istih, te napajanja konzuma HEP-ODS d.o.o. Elektra Koprivnica i HŽ Infrastrukture, moguća trajanja isključenja vodnih i transformatorskih polja bila su minimalna, što je predstavljalo ograničavajući faktor pri izvedbi radova u vanjskom djelu postrojenja.

Usljed navedenog, odlučeno je da se pristupi uspostavi provizornog napajanja polaganjem 110 kV kabela u rasklopnom postrojenju 110 kV na način kojim se omogućuje beznaponsko stanje kompletnog 110 kV rasklopnog postrojenja, izuzev polja energetska transformatora HEP-ODS d.o.o. Elektra Koprivnica i HŽ Infrastrukture, za cijelo vrijeme izvođenja radova. Istovremeno, ovim provizorijem zadržane su dvije poveznice elektroenergetske prijenosne mreže PrP-a Zagreb između sjevera i juga, što je bio zahtjev dispečera MC Zagreb, uz mogućnost napajanja konzuma HEP-ODS d.o.o. Elektra Koprivnica, radijalno napajane TS 110/35 kV Virje i HŽ Infrastrukture. Također, osigurana je evakuacija električne energije iz obližnjih dravskih elektrana HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava.

Uspostava ovakvog provizornog napajanja, osim radova povezivanja u primarnom dijelu postrojenja 110 kV, zahtjevala je i odgovarajuću modifikaciju sustava relejne zaštite koja uključuje opremu u TS Koprivnica i opremu u svim susjednim trafostanicama koje su povezane na provizorno napajanje. S obzirom na nespecifična uklopna stanja pojedinih elemenata mreže, osmišljavanje i izvedba koncepta štice ovakvih provizornih pogona predstavlja popriličan izazov.

Cjelokupni projekt rekonstrukcije postojećeg postrojenja 110 kV u TS Koprivnica realiziran je u manje od dvije godine od početka izrade i uspostave provizorija. Za vrijeme provizornog pogona desilo se nekoliko kvarova na dalekovodima koji su u provizorni pogon bili uključeni. Svi kvarovi otklonjeni su selektivno i u vremenu definiranom Mrežnim pravilima prijenosnog sustava.

**Siniša Jergović, Dino Jakovčić, Dalibor Gržinić and Matej Kolarik. Prelazak distribucijske mreže Pazina na 20 kV naponsku razinu**

**Abstract:** Tijekom srpnja 2016. godine u HEP-ODS d.o.o. DP Elektroistra Pula izvršen je prijelaz cjelokupne srednjenaponske mreže Pogona Pazin s napona 10 kV na 20 kV. Provedenim prelaskom ukinuta je i transformacija 35/10 kV odnosno naponska razina 35 kV te uvedena direktna transformacije 110/20 kV. Time je na području Pogona Pazin je dugoročno i kvalitetno riješena opskrba električnom energijom, što je u skladu sa strategijom HEP-Operatora distribucijskog sustava za uvođenjem direktne transformacije 110/20 kV, na čemu se u Elektroistri Pula provode pripreme još od 1975. godine. Riječ je o iznimno složenom projektu pripreman godinama, dok su od ožujka do rujna 2016. godine izvršeni završni radovi odnosno potrebne prilagodbe u TS 110/35/10(20) kV Pazin i djelomična rekonstrukcija četiri TS 35/10 kV koje su nakon prelaska postale rasklopišta 20 kV. Vrijedno je napomenuti da su kao izvor napona 20 kV korišteni postojeći transformatori 110/35 kV, 20 MVA preuzeti od HOPS-a, koji su netom prije odnosno nakon prelaska revidirani i prespojeni te su i dalje u pogonu, ali s prijenosnim omjerom 110/20 kV. Istovremeno s prelaskom na napon 20 kV provedeno je uzemljenje neutralne točke mreže 20 kV u TS 110/20 kV Pazin. O veličini projekta govori podatak da je prelaskom na 20 kV ukupno obuhvaćeno 254 TS 10(20)/0,4 kV i više od 300 km vodova od čega 270 km nadzemnih.

U referatu su predstavljeni izazovi iz razdoblja pripreme kao i provedbe projekta te su prikazana određena primijenjena tehnička rješenja u napojnim postrojenjima, te opisan tijek provedbe prelaska postrojenja na napon 20 kV odnosno gašenje napona 35 kV na tom području. Zaključno će u kratkom osvrtu biti prikazane promjene u SN distribucijskoj mreži Pogona Pazin odnosno koristi od prelaska na napon 20 kV promatrane mreže za distribucijsku mrežu DP Elektroistra Pula kao cjelinu.

Tracy Pears, Joanne Peacock, Anđelko Tunjić, Miroslav Pavelić and Tomislav Baričević.  
AIM/CBRM Methodology applied in HEP ODS - Trial Project Models for Substations MV/LV and MV Cables

**Abstract:** Risk-based methodologies are becoming increasingly commonplace in electricity network businesses to assist with planning and investment decision making. The methodology described in this paper has been progressively developed over a number of years as a result of working closely with electricity distribution and transmission companies to meet their specific requirements. It is a structured process that combines asset information, engineering knowledge and practical experience to define the current and future condition, performance and risk of network assets.

EA Technology has been working with HEP ODS and EIHP to develop AIM/CBRM (Asset Investment Management / Condition Based Risk Management) risk-based models for HEP ODS's MV/LV substation assets and MV cable assets. A trial project has been undertaken in two distribution areas which has enabled HEP ODS to gain an in-depth understanding of the methodology and the data requirements for the asset classes considered. The outputs from the trial have helped HEP ODS to make the best use of their current processes to drive efficiencies, plan investments and communicate results in a fast, efficient, fully auditable and transparent way.

This paper discusses the approach adopted in the trial project and presents results from the recent work with HEP ODS and EIHP. In addition, it summarises the benefits from the project and highlights opportunities for HEP ODS to further enhance their asset management and planning capabilities.

Marko Cmurk and Goran Jurišić. Primjena tehnologije proširene stvarnosti za vizualizaciju parametara sustava automatizacije transformatorske stanice

**Abstract:** Kontinuirani razvoj komunikacijskih tehnologija u transformatorskim stanicama omogućuje transformaciju elektroenergetskog sustava u digitalno okruženje. Uvođenje grupe standarda IEC 61850, temeljenog na semantičkom podatkovnom modelu, omogućuje formiranje jedinstvene komunikacijske struktura koja povezuje staničnu razinu, razinu polja i procesnu razinu transformatorskih stanica. Iako je osnovna primjena standarda u domeni

sustava automatizacije i numeričke zaštite transformatorskih stanica, potencijal primjene u domeni vizualizacije informacija nije u potpunosti iskorišten.

U radu je opisan potencijal primjene grafičkog programskog okruženja LabVIEW za akviziciju podataka iz sustava zaštite u transformatorskim stanicama temeljenim na IEC 61850. Pomoću laboratorijskog postava izvršena je analiza potencijalne primjene proširene stvarnosti za vizualizaciju prikupljenih informacija. Na temelju provedenih istraživanja predložene su nove metode vizualizacije informacija u digitalnim, komunikacijski temeljenim transformatorskim stanicama.

**Joško Moser and Ivana Duvnjak. Usklađenje razvoja prijenosne mreže s prostorno planskim dokumentima u postupku izrade Prostorno Integracijskog Sustava PIS - HOPS-a**

**Abstract:** Referat u uvodnom dijelu navodi i opisuje dokumente prostora Republike Hrvatske – državne razine i regionalne razine, te navodi zakonski okvir za upis infrastrukturnih sustava, te usklađenost i vertikalnu hierarhiju u prostorno planske dokumente višeg i nižega reda. Također, navodimo u kakvom obliku su prikazani prostorno planski dokumenti, odnosno navode se neskladi u grafičkom prikazu između dokumenta prostora Županija/Gradova i Općina, sa primjerima, te nezgrapnosti i neskladu u tekstualnim Odredbama za provođenje Plana.

Kroz referat opisujemo radnje koje je Služba za pripremu izgradnje i izgradnju od 2014. godine do danas izvršio:

- a) Upis svih postojećih visokonaponskih objekata i postrojenja (DV, KB, TS; EVP, KK) iz geotehničkih/geodetskih elaborata izvedenog stanja, te izvršio digitalizaciju i vektorizaciju cjelokupne postojeće mreže HOPS-a;
- b) Izvršen je uvid i kontrola svih Prostorno planskih dokumenata Županija, Gradova i Općina, te sustavan pregled svih planiranih trasa dalekovoda i lokacija predloženih za izgradnju TS i RP;
- c) Kroz pregled svih planiranih trasa dalekovoda izvršene su korekcije trasa onih dalekovoda koje svojom trasom imaju vidnu koliziju sa izgrađenim dijelovima građevinskih prostora, parkovima prirode (granice posebne zaštite), drugim kolizijama sa infrastrukturnim građevinama, vodozaštićenim prostorima isl.

Na osnovi svih obrađenih podataka HOPS je izradio osnovu za geoportal HOPS-a sa bazom podataka cjelokupne postojeće i planirane visokonaponske mreže i na platformi podloga dobivenih od Državne geodetske uprave (DGU), a sve sa više različitih ciljeva:

- a) dostave točnih podataka za postojeće i planirane visokonaponske objekte (DV i KB) i postrojenja (TS i RP) naponske razine 110 kV, 220 kV i 400 kV u Prostorno planske dokumente Županija/Gradova/Općina;
- b) Izrada Idejnih Rješenja za trase planiranih dalekovoda izvan pokrenutih upravnih postupaka L.D. i ostvariva izgradnja bez kolizije sa drugim sudionicima u neposrednom prostoru
- c) Ostvarivost ishoda Suglasnosti/Potvrde na elaborat izvedenog stanja nelegalno sagrađenih objekata, jer se kroz korekcije trase planiranih dalekovoda izbjegavala kolizija sa granicama nelegalno izgrađenih zona
- d) Lakša dostupnost i brža izrada posebnih uvjeta koje HOPS kao sudionik u prostoru daje na zahtjev investitora, ali i u postupcima u kojima je HOPS investitor u izgradnji, te tražitelj posebnih uvjeta

U zaključnim napomenama navodimo primjere iz prikazivanja zaštitnog pojasa planiranih dalekovoda iz prostorno planskih dokumenata Gradova i Općina (PPUG/GUP/UPU), postupaka ozakonjenja nelegalno izgrađenih objekata, postupaka usklađenja razvojnih planova HOPS-a na zahtjev ulagača iz OIE (VE i SE) i onih postupaka koji bez znanja HOPS-a vrše upis u prostorno planske dokumente

**Deni Prhal, Andrija Bilek, Zvonimir Popović and Dejan Ćulibrk. ANALIZA SMANJENJA GUBITAKA UGRADNJOM ENERGETSKI UČINKOVITIH TRANSFORMATORA**

**Abstract:** Transformatori su jedni od najstarijih elemenata mreže i njihova uloga u elektroenergetskom sustavu je značajna. Iako su distributivni transformatori električni uređaji koji imaju najveću korisnost, često oko 99% pri punom opterećenju, stalno su u pogonu i stvaraju značajne gubitke u mreži. Distributivni transformatori prosječno su opterećeni sa svega 20% nazivne snage osim u visoko industrijaliziranim područjima. Postoji veliki interes da se gubici smanje jer mali porast učinkovitosti može rezultirati značajnom uštedom energije zbog čega je Europska komisija donijela Uredbu u pogledu malih, srednjih i velikih transformatora kojom se propisuje znatno smanjivanje najvećih dozvoljenih razina gubitaka distributivnih i srednjih energetske transformatora snage do 40 MVA. U radu su opisani transformatori s jezgrom od amorfnih limova. Amorfni transformatori postižu niže gubitke u odnosu na klasične transformatore s magnetski orijentiranim limovima, posebice u pogledu gubitaka praznog hoda. Amorfni transformatori imaju višu početnu cijenu, ali donose uštedu zbog manjih troškova gubitaka tijekom vremena eksploatacije. Njihova glavna odlika su značajno manji gubici praznog hoda, u prosjeku oko 70%. Amorfne metale karakterizira nasumična atomska struktura, vrlo niski specifični gubici i lako magnetiziranje. U odnosu na konvencionalne magnetski orijentirane limove, debljina amorfnih limova iznosi oko 1/10, karakterizira ih manja snaga magnetiziranja i veća električna otpornost. Nedostaci su niža radna indukcija, veća specifična cijena amorfnih metala i kompleksan proces proizvodnje amorfnih limova. U periodu 2016. - 2018. na području HEP ODS d.o.o. Elektre Bjelovar ugrađeno je 70 transformatora s amorfnom jezgrom odnosno sa smanjenim gubicima. U programskom paketu NEPLAN napravljena je simulacija pogonskog stanja i usporedba gubitaka prije i nakon ugradnje energetske učinkovitih transformatora. Na simulacijskom primjeru mreže prikazana je tehno-ekonomska analiza zamjene postojećih distributivnih klasičnih transformatora s transformatorima s amorfnom jezgrom. Dana je kumulativna ušteda za promatranu distribucijsku mrežu u slučaju ugradnje distributivnih transformatora s amorfnom jezgrom. Prema investicijskom ciklusu ulaganja u zamjenu transformatora, prikazano je moguće smanjenje gubitaka koji će nastati kao rezultat ugradnje energetske učinkovitih transformatora u narednom periodu od 5 godina.

**Marijan Borić and Krunoslav Pavić. Utjecaj HVDC kabela MONITA na hrvatski EES**

**Abstract:** Istosmjerni HVDC (high-voltage, direct current) kabel MONITA je kabel koji povezuje Crnu Goru i Italiju. Projekt je započeo 2007. godine. Europska komisija je odobrila projekt kao PCI (Project of Common Interest) projekt i uključen je u desetogodišnji plan 2016. godine.

Kabel MONITA biti će spojen na 400 kV TS Lastva, TS Lastva će biti interpolirana u 400 kV dalekovod Trebinje – Podgorica. HVDC MONITA je kabel koji spaja TS Villanova u Italiji i TS Lastva u Crnoj Gori. Nazivna snaga kabela je 600 MW. U travnju 2019. godine očekuje se ulazak u testni pogon kabela Monita. Puštanje u komercijalnu uporabu je predviđeno do prosinca 2019..

Kabel je prvenstveno zamišljen kako bi se:

- Promovirati obnovljivi izvori energije
- Pojačala povezanost interkonekcije RG CE (regional group Central Europe)
- Povećanje sigurnosti u Italiji i u Balkanskoj regiji.

Prvotne analize koje su napravljene, predviđale su da bi većim dijelom godine energija išla iz smjera Crne Gore u Italiju, pošto je tijekom 2000 tih godina Italija bila značajan uvoznik energije. Kako u međuvremenu nije došlo do značajne izgradnje obnovljivih izvora na području SEE (South East Europe) regije, a došlo je do izgradnje obnovljivih izvora u sredini i na jugu Italije (velika količina solara), postojati će mogućnost da energija ide u smjeru iz Italije u Crnu Goru. Ovisno o situaciji na tržištu moguće su promjene smjera energije i više puta tijekom dana što ima značajan utjecaj na prienosnu mrežu.

Iz svega navedenog vidljivo je da zbog električke blizine kabela hrvatskom EES-u, kabel ima značajan utjecaj na tokove snaga u mreži HOPS-a.

U referatu će se napraviti analiza tokova snaga i N-1 kriterija sigurnosti i utjecaj na mrežu HOPS-a. Napraviti će se usporedba rezultata prije, nakon izgradnje kabela i što u slučaju ispada kabela. Kao najnepovoljniji scenariji u mreži HOPS-a uzeti će se scenariji visoke hidrologije, i eventualno visokog ljetnog konzuma kada smjer energije na kabelu ide iz Italije u Crnu Goru. Razmotriti će se utjecaj HVDC MONITA na gubitke u mreži HOPS-a.

#### **Kristian Lazarić, Damir Miščenić, Aleksandar Šuša and Dean Dobrec. ZAMJENA MREŽNOG TRANSFORMATORA 150 MVA U TS PEHLIN 220/110/35 kV**

**Abstract:** Transformatorska stanica 220/110/35 kV Pehlin sastoji se od vanjskog 220 kV postrojenja, te unutarnjeg 110 kV (GIS) i 35 kV postrojenja. Transformacija 220/110 kV omogućena je sa dva autotransformatora snage 150 MVA, a transformacija 110/35 kV sa tri transformatora snage 40 MVA. Predmetna transformatorska stanica jedna je od najvažnijih točaka opskrbe električnom energijom grada Rijeka i okolice. S obzirom na njezinu ulogu, pouzdanost i raspoloživost ugrađene primarne i sekundarne opreme, najznačajniji su faktori koji pridonose njezinom sigurnom radu i pogonu.

Energetski transformatori snage 150 MVA unutar Prijenosnog područja Rijeka jedni su od najvažnijih elemenata sigurne i kvalitetne opskrbe električne energije za navedeno područje. Shodno tome, zbog izrazito lošeg stanja i već iznadprosječne životne dobi (49 godina), pokrenut je postupak zamjene postojećeg energetskog transformatora 150 MVA u TS Pehlin 220/110/35 kV.

Cijeli projekt zamjene energetskog transformatora, obuhvaćao je izvođenje radova u više etapa. U prvom dijelu izrađeni su projekti za prilagodbu spajanja transformatora na postojeće primarne i sekundarne krugove, te je usklađena dokumentacija za odobrenje izrade transformatora. Druga etapa obuhvaćala je samu izradu transformatora u tvornici i završna tvornička ispitivanja (FAT). Sljedeći dio projekta zamjene obuhvaćao je transport novoga, izmještanje postojećeg transformatora, te elektromontažne i građevinske radove kako pri demontaži postojećeg, tako i pri montaži novog transformatora na pripadajuću lokaciju unutar trafostanice. Posljednji dio projekta obuhvaća terenska ispitivanja prije puštanja u pogon, parametriranje i ispitivanje sustava za monitoring transformatora, te samo puštanje u pogon. Svi radovi zamjene energetskog transformatora na objektu, u ukupnom trajanju od tri tjedna, izvođeni su u blizini napona, dok se 110 kV mreža napajala sa drugog mrežnog transformatora iste snage, čijom se uskorom zamjenom planira još više osigurati pouzdana isporuka i kvaliteta opskrbe električne energije.

Rad prikazuje detaljan tijek zamjene energetskog transformatora od izrade transformatora u tvornici, tvorničkih ispitivanja, montaže transformatora i ispitivanja na terenu, te puštanja u pogon, uz poseban osvrt kako na predviđene, tako i na nepredviđene radove.

Branko Tomičić and Ante Rajčić. Optimiranje visokonaponskih kavezničkih asinkronih motora u orebrenom kućištu

**Abstract:** Kavezni visokonaponski motori u orebrenom kućištu već su duže vrijeme dio proizvodnog asortimana tvrtke Končar-Generatori i motori. Obzirom na brojne izvedene strojeve, rezultate ispitivanja koji su na njima provedeni, te iskustava dobivenih njihovom primjenom, pokazala se potreba da se ta serija dodatno optimira. Analiza stanja razvoja drugih proizvođača iste vrste motora pokazala je potrebu za novim raspodjelama snaga po standardnim veličinama strojeva unutar istog polariteta motora i naponske razine. Nova raspodjela snaga u većini slučajeva znači povećanje najveće snage na određenoj veličini.

U sklopu rada prikazana je usporedba raspodjeli snaga po standardnim veličinama. Kako bi se smanjio opseg proračuna, odlučeno je da se definira, projektira i provjeri samo najopterećenija varijanta motora u pojedinoj visini vratila, jer ako ona zadovolji klasu zagrijavanja, onda se očekuje da će zadovoljiti i one manje opterećene varijante. Krenulo se s visinom vratila od 355 mm i nakon provedenih analitičkih elektromagnetsko - toplinskih proračuna, usvojen je projekt

najopterećenijeg 4-polnog motora u visini vratila 355. Analitički proračuni kalibrirani su u odnosu na numeričke proračune koji su provjereni na dva ispitana motora.

Odgovarajuće provjere najopterećenijih motora drugih visina vratila moguće je po potrebi provesti na temelju naknadno provedenih projekata, elektromagnetskih proračuna i osnutaka. Može se zaključiti da će zbog istih zakonitosti projektiranja i konstruiranja, zadovoljiti i ostali motori ako se budu primjenjivale iste smjernice i iskustava kao kod ovog motora s visinom vratila od 355 mm.

#### **Ivan Krajnović, Domagoj Ožanić and Goran Kekelj. Integracija centraliziranog LSA i distribuiranog GOOSE sustava blokada upravljanja na Proza LKKU platformi**

**Abstract:** Kao dio dugoročne strategije migracije i zamjene opreme u transformatorskim stanicama, Končar - KET je u suradnji s Hrvatskim operatorom prijenosnog sustava započeo rad na migraciji Sinaut LSA baziranih stanica. Sinaut LSA zatvoren je sustav automatizacije transformatorskih stanica, centraliziranog dizajna te integralne konfiguracije upravljačkih terminala polja i centralne jedinice koja osigurava i vertikalnu i horizontalnu komunikaciju u stanici. Ovaj sustav nalazi se u desetak prijenosnih stanica (uključujući i TS Ernestinovo i Žerjavinec), no potpuno je van podrške proizvođača i dobava rezervnih dijelova postala je veliki problem, pogotovo za same centralne jedinice.

U članku se opisuje rješenje za postupnu migraciju LSA stanica uz omogućavanje pune interoperabilnosti Sinaut LSA sustava i modernih IEC61850 terminala polja, s naglaskom na razmjenu procesnih informacija i izračun uvjeta blokade upravljanja. Samo rješenje temeljeno je na Končarevoj Proza LKKU platformi, procesnom "gatewayu" baziranom na Debian Linux "realtime" jezgri, namijenjenom za korištenje u transformatorskim stanicama i upravljačkim centrima.

Na LKKU platformi razvijeni su potrebni IEC 61850 GOOSE i Sinaut LSA komunikacijski stogovi i modul za izračun blokadnih uvjeta, a Proza NET iskorištena je kao radno mjesto i arhivska baza. Predložena arhitektura direktno odgovara funkcijama LSA centralne jedinice i WinCC radnog mjesta koje mijenja.

U planu migracije određeno je da se prvo uspostavi paralelni rada Proza LKKU i LSA sustava, a tek potom mijenjaju LSA centralne jedinice uz zadržavanje softverskih horizontalnih blokada. U budućnosti slijedi postupna zamjena 6MB524 terminala polja, zaštitnih numeričkih releja i ostale sekundarne opreme. Kompletnu migraciju potrebno je napraviti bez prekida rada, dodatnog ožičenja blokada ili smanjene sigurnosti i funkcionalnosti stanice u bilo kojem trenutku. Testni sustav pušten je u pogon u ljeto 2018., u probni paralelni rad s postojećim LSA sustavom na TS Zabok 110kV.

U članku su opisani standardni koncepti sustava blokada upravljanja (centralizirani, hibridni, distribuirani), njihov način rada i razmjena podataka. U nastavku je opisan blokovski programski jezik za izračun blokadnih uvjeta, implementacija, testiranje i dodatni alati razvijeni za migraciju, inženjering i integraciju LSA stanica u moderne IEC61850 sustave upravljanja.

#### **Gita Mihanović, Igor Nazor and Gordana Ćurin. Primjena novih programskih rješenja za gospodarenje imovinom u PrP - u Split**

**Abstract:** Primjena novih programskih rješenja za gospodarenje imovinom u PrP - u Split

Ključne riječi:

- SGM (eng.Smart Grid Manager)
- Investicijsko skladište
- ISOHOPS
- HOPS WEB

- Inventura
- Barkod
- Mobilna aplikacija
- LCC analiza (eng. Life Cycle Costing)

Gospodarenje imovinom je strateški, složen proces usmjeren ka postizanju maksimalnog iskorištenja operativne učinkovitosti tokom životnog vijeka primarne i sekundarne opreme . Ciljevi upravljanja materijalnom imovinom su optimiziranje operativne učinkovitosti opreme sa svrhom postizanja maksimalnog životnog vijeka i povrata uložених sredstava.

Stoga je potrebno imati detaljan uvid u informacije o uređajima koji su na investicijskom skladištu, ugrađenim uređajima te povijesti kretanja uređaja kako bi realno stanje na terenu bilo u skladu sa stanjem u poslovnim knjigama.

HOPS- PrP Split koristi centralizirani aplikacijski sustav SGM (eng. Smart Grid Manager) za povezivanje različitih poslovnih i procesnih aplikacija te analize podataka.

Zadatak nove aplikacije je ubrzanje i točnost procesa inventure primarne i sekundarne opreme u trafostanicama. Aplikacija bi se sinkronizirala s glavnom bazom podataka, pratila razliku stanja u bazi i na terenu te omogućila unos i evidentiranje primarne i sekundarne opreme koristeći barkod čitač čime bi se povećala kvaliteta upravljanja primarnom i sekundarnom opremom .

Barkod se osim za inventuru može koristiti za dohvat tehničkih karakteristika uređaja iz postojeće ISOHOPS baze te u budućnosti dohvat real time podataka za uređaje koji su u sustavu monitoringa procesne mreže.

Modul za gospodarenje imovinom na SGM informacijskoj platformi razvijen je s ciljevima:

- Objedinjavanje informacija o primarnoj i sekundarnoj opremi iz postojećih sustava ISOHOPS, HOPSWEB i HOPSINFO
- Smanjivanje mogućnosti pogrešaka u poslovnim knjigama i tehničkoj dokumentaciji
- Mogućnost prikupljanja podataka za LCC analizu (Life Cycle Costing)
- Automatizacija procesa inventure

Cilj LCC (trošak sredstva tijekom životnog ciklusa)

- Poboljšati saznanja o ukupnim troškovima
- Predvidjeti tok novca i performanse nasuprot cijene
- Razviti strategiju održavanja radi poboljšanja učinkovitosti
- Upravlјati rizicima

Programsko rješenje sastoji se od dogradnje postojećeg informacijskog sustava SGM i mobilne aplikacije.

Programska rješenja moraju omogućiti:

- Skeniranje barkoda
- Sinkronizaciju mobilnog uređaja i servera
- Mogućnost pristupa procesnoj mreži kroz VPN pristup
- Evidentiranje skenirane opreme na lokacijama
- Obrada inventurnih razlika
- Prikaz informacija o očitanoм uređaju

**Vjekoslav Milorad and Vladimir Čavlović. Metodologija C-I (Conditions – Importances) za ocjenu i definiranje prioriteta zahvata na postojećoj imovini u HEP ODS-u**

**Abstract:** Elektroenergetski objekti i oprema u njima imaju svoj životni vijek unutar kojega se očekuje da će raditi u skladu s deklariranim karakteristikama. U sustavu s većim brojem starih i dotrajalih jedinica čija je neraspoloživost povećana, dolazi do narušavanja pouzdanosti a time i do smanjene sigurnosti opskrbe korisnika mreže odnosno povećanih troškova rada elektroenergetskog sustava.

S porastom zahtjeva na kvalitetu opskrbe električnom energijom raste i značaj ocijene rizika koju stanje ključnih sastavnica distribucijske mreže predstavlja za poslovanje tvrtke. Od ranije postoji potreba unutar HEP ODS-a da se kriteriji za ocjenu i definiranje prioriteta zahvata na energetskim objektima ujednače za cijelo društvo.

Kao glavni alati prilikom donošenja odluka o zahvatima u postojeću imovinu odabrane su:

a) C-I (Condition – Importance) metodologija, kao jednostavniji alat i rješenje za prvo trogodišnje razdoblje, te

b) AIM (Asset Investment Management)/CBRM (Condition Based Risk Management) metodologija, koju je razvila tvrtka EA Technology iz Ujedinjenog kraljevstva (UK), a koristi se kao obvezni alat u svim operatorima mreže u UK, kao ciljano rješenje.

U C-I metodologiji, procjena svakog pojedinog objekta (imovine) temelji se na vrednovanju stanja opreme i važnosti u sustavu : C –stanje (condition), I - važnost (importance)). C-I metodologija je zamišljena kao alat koji će pomoći inženjerima kod donošenja odluka, planova na način da definiraju listu prioriteta zahvata na objektima uvažavajući pri tom određene kriterije. Temelji metodologije su bili „Kriteriji za revitalizaciju elektroenergetskih objekata” prvotno razvijani i korišteni u DP Elektroprimorje Rijeka.

U prvom dijelu referata će se opisati sam model rangiranja: koji su kriteriji ocjenjivanja, kako se računa svaki od kriterija te sam MS Excel model .

U drugom dijelu će se, na primjeru postojećeg trogodišnjeg programa revitalizacije dotrajale opreme, pokazati kako primjena metode utječe na prirodne i financijske elemente programa. Pilot projekt je izveden u tri distribucijska područja: Elektroslavonija Osijek, Elektra Vinkovci, Elektra Slavonski brod.

#### **Ivan Tolić, Ivan Rekić and Robert Nađ. Mjerenje naponskih prilika na uzemljivaču transformatorske stanice 110/x kV U-I metodom s dvjema različitim**

**Abstract:** U radu se opisuju načela niskonaponske U-I metode za mjerenje otpora rasprostiranja uzemljivača sukladno „Pravilniku o tehničkim zahtjevima za elektroenergetska postrojenja nazivnih izmjeničnih napona iznad 1 kV”. Ova metoda sadrži i svoje dvije podvrste. Prva metoda se provodi s naponom 50 Hz/400 V iz vlastite potrošnje transformatorske stanice te se eliminacija smetnji provodi zakretanjem faze struje za 180°. Druga metoda se provodi s naponom frekvencije 57 Hz pri čemu se eliminiraju uobičajene smetnje u elektroenergetskim postrojenjima frekvencije 50 Hz i njezinih višekratnika. Na praktičnom primjeru mjerenja naponskih prilika na uzemljivaču transformatorske stanice 110/x kV će biti provedeno usporedno mjerenje s pomoću obje metode te će se napraviti analiza rezultata s naglaskom na određene sličnosti i razlike među rezultatima.

#### **Neven Vukadinović, Ljupko Teklić, Nikola Bunčić and Ivan Šimunić. Analiza osjetljivosti 400 i 220 kV mreže obzirom na priključak novih korisnika mreže**

**Abstract:** Posljednja dva desetljeća HOPS je zaprimio veliki broj zahtjeva za priključenje novih objekata na prijenosnu mrežu. Najveći dio zahtjeva odnosio se na priključenja na 110 kV naponsku razinu i to prvenstveno zbog instalirane snage novih proizvodnih jedinica te zbog cijene priključka koja raste s porastom naponske razine. Trenutno je na prijenosnu mrežu na naponskim razinama 220 i 400 kV priključeno manje od deset proizvodnih jedinica što je zanemariv broj u odnosu na one priključene na 110 kV razinu.

Problem stvaraju proizvodne jedinice koje su priključene u čvorišta mreže koja imaju više od jedne naponske razine, odnosno, u čvorištima gdje postoji interakcija između dvije različite višenaponske razine, kao i kada se nova proizvodna jedinice priključuju na 220 kV i, rjeđe, 400 kV naponsku razinu. No, prateći trendove, planove razvoja prijenosne mreže te razvoj novih tehnologija, scenarij povećanog priključka proizvodnih jedinica na 220 i 400 kV razinu nije nemoguć.

U ovom radu, kroz analizu osjetljivosti, analizirat će utjecaj priključenja novih objekata, bilo kupaca bilo proizvođača, na 220 i 400 kV naponsku razinu. Priključak novih objekata, prvenstveno obnovljivih izvora energije, na prijenosnu mrežu koncentriran je na vrlo uskom području, poglavito na području Prijenosnog područja (PrP) Split. Analiza osjetljivosti bit će provedena za 220 i 400 kV čvorišta na području PrP-ova Split i Rijeka. Proračun analize osjetljivosti bit će napravljen u programskom paketu PSS/E na modelu prijenosne mreže Republike Hrvatske gdje će se 110 kV naponska razina ekvivalentirati na način da će doprinosi 110 kV mreže biti predstavljeni ekvivalentnim injekcijama snage u pripadna incidentna višenaponska čvorišta. Razmotrit će se i scenariji priključka velikih konvencionalnih proizvodnih objekata različitih snaga te njihov utjecaj na postojeću mrežu. Također, u obzir treba uzeti i utjecajnu okolinu, odnosno, prijenosne mreže susjednih zemalja te potencijalni priključak novih velikih elektrana na tom području te njihov utjecaj na prijenosnu mrežu hrvatske putem interkonektivnih vodova.

#### Krešimir Komljenović. Strategija razvijanja novog bloka KKE EL-TO

**Abstract:** Ulaskom RH u EU preuzete su brojne legislativne obaveze koje utječu na život i rad kako privrede tako i stanovništva. Jedno od pregovaračkih poglavlja sa najvećim utjecajem na HEP je bilo poglavlje zaštite okoliša. Kao posljedica preuzimanja okolišne legislative, HEP Proizvodnja se našla u situaciji da značajan broj dominantno termoelektrana, ne može zadovoljiti kriterij emisija onečišćujućih tvari u zrak, a što se dijelom odnosi i na pogon EL-TO, najstariju hrvatsku termoelektanu. Pored starosti i isluženosti jedinica u pogonu EL-TO, upravno je okolišni pritisak bio odlučujući faktor koji je pridonosio odluci o razvoju novog bloka KKE EL-TO.

Blok je do potpisa ugovora o gradnji, 24.7.2018, razvijan tijekom više od 10 godina, sa različitim brzinama i fazama. Takav razvoj rijetko je kad linearan, ispunjen je naime izuzetno velikom količinom "šuma" za cijelo vrijeme svog trajanja. Konačni ishod neizvjestan je gotovo po definiciji, a broj "velikih" energetske projekata koji su paralelno "otpali" u RH mjeri se i dvoznamenkastim brojem.

Gledajući u nazad, može se prepoznati ključne korake i odluke koji su smanjivali vjerojatnost obustave projekta. Ako se razvoj projekta podijeli na faze: faza do studije izvodljivosti, faza do pripreme tendera, faza do potpisa ugovora, faza realizacije, za prve 3 faze moguće je procijeniti odabire koji su pozitivno djelovali na realizaciju projekta. Odabir lokacije, veličine, koncepta, goriva, opsega opreme, pomoćnih funkcija, smještaja (mikrolokacije), razdiobe rizika između naručitelja i izvođača jedni su od najbitnijih. Neki, a možda i većina odabira, desili su se svjesno tj. ciljano, upravo sa namjerom povećanja šansi za realizaciju, što je ovim radom detaljnije prikazano.

#### Ljupko Teklić, Neven Vukadinović, Ivan Šimunić and Nikola Bunčić. Utjecaj distribuirane proizvodnje na planiranje razvoja prijenosne mreže

**Abstract:** Planiranje razvoja prijenosne mreže obveza je Hrvatskog operatora prijenosnog sustava (HOPS) koji izrađuje planove razvoja prijenosne mreže. Planovi razvoja rezultat su usvojenih kriterija planiranja mreže, informacija i očekivanja o planovima kretanja potrošnje električne energije te karakteristikama potrošnje (maksimalna i minimalna satna potrošnja, godišnja krivulja trajanja opterećenja), prostorne raspodjele potrošnje te izgradnje i priključka na prijenosnu mrežu novih proizvodnih postrojenja.

Elektroenergetski sustav u prošlosti sastojao se od velikih proizvodnih jedinica te prijenosnom mrežom koja je prilagođena i izgrađena kako bi omogućila prijenos električne energije do krajnjih potrošača. U posljednjih nekoliko godina učestala su priključenja elektrana na distribucijsku mrežu. Ukupna snaga izvora priključenih na distribucijsku mrežu na kraju 2016. godine je iznosila 279 MW, dok se u različitim fazama razvoja projekata (izdana PEES, izrađen

EOTRP ili izdana EES), za koje je u narednom periodu izgledna realizacija, nalaze proizvodni izvori ukupne predviđene snage veće od 450 MW.

Na distribucijsku mrežu prema važećim zakonskim propisima mogu se priključiti proizvodne jedinice priključne snage do 20 MW, pri čemu je za priključak proizvodne jedinice snage od 10 do 20 MW potrebno ishoditi suglasnost HOPS-a. Povećanje distribuirane proizvodnje utjecat će na promjenu karakteristike potrošnje pojedinih čvorišta prijenosne mreže, pri čemu su utjecaji novih izvora stohastičke prirode obzirom da dinamiku realizacije pojedinih projekata nije moguće predvidjeti. Opterećenje pojedinih čvorišta prijenosne mreže imat će „negativan predznak“ što je posljedica dvosmjernih tokova snaga u distribucijskoj mreži, odnosno proizvodnih izvora koji na distribucijskoj mreži prelaze opterećenje kupaca tog dijela distribucijske mreže. Uslijed stagnacije hrvatskog gospodarstva i značajnog smanjenja potrošnje velikih industrijskih potrošača u posljednjih deset godina prognoza porasta vršnog opterećenja elektroenergetskog sustava, sukladno scenarijima predviđanja kretanja (porasta) opterećenja, nije ostvarena. U narednom periodu očekuje se porast potrošnje električne energije uz porast vršnog opterećenja sustava, ali je isto značajno manjeg iznosa od prethodno očekivanih, pri čemu distribuirana proizvodnja predstavlja jedan od utjecajnih faktora.

Korištenjem programskog alata PSS/E u radu je na primjeru iz prakse prikazan utjecaj distribuiranih izvora energije na opterećenja elemenata prijenosne mreže. Kroz navedeni primjer razmatrana su dva scenarija (pojačani razvoj distribuirane proizvodnje i stagnacija) te je na osnovu rezultata proračuna prikazan utjecaj distribuirane proizvodnje na prijenosnu mrežu.

**Damir Jerčinović, Zoran Zbunjak, Frlan Kristijan and Dino Mađar. Analiza djelovanja relejne zaštite putem procesne sabirnice**

**Abstract:** Moderne trafostanice su sve kompleksnije uz sve veći broj uređaja potrebnih za ostvarenje rada. Razvojem tehnologije sekundarnih sustava omogućuje se sve veća raspodjela te veća integracija zaštitnih i upravljačkih uređaja u manje fizičkih uređaja. Uvođenjem standardiziranog protokola komunikacije IEC 61850 u trafostanice, u potpunosti se promijenio način prenošenja podataka. Danas se u takozvanim digitalnim trafostanicama, konvencionalni strujni i naponski transformatori, zamjenjuju nekonvencionalnim instrumentnim transformatorima (NCIT) te se postojeći analogni prijenos podataka može zamijeniti digitalnim IEC 61850 komunikacijskim protokolom. Također se konvencionalni strujni i naponski mjerni transformatori mogu opremiti akvizicijskim jedinicama, koje omogućuju konverziju mjerenih analognih vrijednosti u digitalne signale koji se putem procesne sabirnice distribuiraju pretplaćenim inteligentnim elektroničkim uređajima (IED).

Novi zaštitni releji s mikroprocesorom imaju mogućnost samotestiranja svojih digitalnih dijelova (elektronika, softver i dr.) te se otkazivanje pojedinih dijelova može signalizirati. Međutim, takvi releji i dalje imaju elektromehaničke komponente (analogni mjerni kanali, ulazni i izlazni kontakti), čije se djelovanje može promijeniti s vremenom te je potrebno njihovo testiranje. Procesna sabirnica sve elektromehaničke komponente s većom vjerojatnosti otkazivanja grupira u odvojene akvizicijske jedinice, udaljene ulazno/izlazne jedinice i jedinice procesnog sučelja. U takvom sustavu zaštitni releji i spomenute komponente imaju različite periode potrebnih testiranja te još bitnije mogu biti testirani odvojeno. Uz navedene prednosti izvedbe komunikacije uređaja relejne zaštite putem procesne sabirnice očitava se i u brzini prenošenja podataka, značajnom smanjenju potrebnog ožičenja, povećanju pouzdanosti rada (redundancija) i dr.

U ovom radu će se provesti laboratorijska ispitivanja nove tehnologije temeljene na procesnoj sabirnici. Iznijeti će se prednosti i mane ispitivanja relejne zaštite temeljene na procesnoj sabirnici. Utvrditi će se brzine prorade zaštitnih isklopa, uspoređujući konvencionalne konfiguracije opreme relejne zaštite s djelovanjem ostvarenim putem procesne sabirnice i pripadne opreme. Također će se analizirati nova sabirnička zaštita u postrojenju 110 kV TE Plomin, koja je trenutno u procesu montaže. Instalirani sustav sabirničke zaštite je tip REB500

v8.2, koji se bazira na tehnologiji procesne sabirnice. Pojedine jedinice polja generiraju uzorkovane vrijednosti napona i struja (protokol IEC 61850-9-2) i GOOSE poruke stanja sklopnih aparata, te ih putem procesne sabirnice šalju centralnoj jedinici sabirničke zaštite. Pri proradi sabirničke zaštite centralna jedinica putem GOOSE poruka šalje naloge isklopa prema pojedinoj jedinici polja. To će biti prva primjena tehnologije temeljene na procesnoj sabirnici u sklopu PrP-a Rijeka.

**Danko Vidović, Tomislav Baričević, Minea Skok, Marijana Borovac, Danijel Lukavečki, Igor Đurić, Miroslav Pavelić, Ivan Baran and Davor Jelenčić. Sažeti prikaz rezultata plana razvoja distribucijske SN mreže Elektre Varaždin za narednih 20 godina**

**Abstract:** U radu će biti prikazani sažeti rezultati studije Razvoj distribucijske mreže Elektre Varaždin za narednih 20 godina, izrađene u prosincu 2018. godine. Na početku će biti ukratko opisano postojeće stanje (tehnički podaci o distribucijskoj mreži, rezultati proračuna i analiza tokova snaga i naponskih prilika u mreži, kao i analize pouzdanosti opskrbe električnom energijom). Nakon toga, ukratko će biti prikazani rezultati predviđanja vršnog opterećenja i potrošnje električne energije za narednih 20 godina. Nešto opširnije nego prethodno nabrojani, u nastavku će biti prikazani četiri plana razvoja distribucijske SN mreže (sigurnost, (N-1) kriterij, pouzdanost napajanja i ekonomska opravdanost). Na koncu, u radu će biti prikazan odabrani scenarij razvoja distribucijske SN mreže Elektre Varaždin za narednih 20 godina. Sukladno odabranom scenariju razvoja, u radu će biti prikazani potrebni troškovi ulaganja i pokazatelji pouzdanosti napajanja po godinama, te očekivana vršna opterećenja TS VN/SN i TS SN/SN po petogodištima.

**Vladimir Špišić, Ivo Kezić, Krešimir Vrdoljak and Ivan Špalj. Sustav obračunskih mjerenja na PP HE Zapad**

**Abstract:** Jedna od aplikacija u Centru proizvodnje Zapad (CPZ) je MARS sustav obračunskih mjerenja. On je zadužen za sakupljanje, obradu i vizualizaciju podataka s obračunskih mjerenih mjesta u PP HE Zapad. Na tom se području nalazi ukupno 46 brojila u sljedećim proizvodnim objektima: HE Senj, HE Sklope, HE Gojak, HE Lešće, HE Rijeka, HE Vinodol, HE Zeleni vir, CHE Fužine i RHE Lepenica. Brojila su u vlasništvu HEP-ODS-a i HOPS-a. Brojila su vezana na generatore, transformatore i vlastitu potrošnju.

Brojila su s MARS aplikacijom spojena posredno kroz koncentratore tipa KTC ili DCI, a odabir koncentratora je ovisio o dostupnom načinu spajanja na pojedino brojilo. Na svaki je koncentrator spojeno 1-3 brojila. Sa brojila se u koncentratoru prikupljaju sljedeće mjerne veličine:

- predana i primljena radna energija,
- predana i primljena jalova energija,
- predana i primljena radna snaga,
- predana i primljena jalova snaga,
- faktor snage,
- frekvencija,
- napon faze L1 i
- struja faze L1.

Brojila se čitaju periodički svakih 15 minuta i podaci se prosljeđuju u MARS. Komunikacija između koncentratora i MARS-a se odvija preko Ethernet-a ili preko GPRS-a. Temeljem očitanih i obrađenih vrijednosti se u MARS aplikaciji u CPZ izrađuju periodički službeni obračuni električne energije koji se dostavljaju svim subjektima koji su uključeni u razmjenu tih podataka.

Dodatno je ostvarena i veza između MARS aplikacije i SCADA sustava u CPZ, kojom se podaci o predanim i primljenim energijama šalju iz MARS-a u SCADA-u, kako bi se trajno čuvali u Arhivskoj bazi CPZ, distribuirali u aplikaciju za izradu voznog reda i prikazivali na Web portalu CPZ-a.

Korištenjem aplikacije MARS je moguće napraviti analizu mjernih rezultata. Osim stvarnih brojila u aplikaciji su kreirana virtualna brojila (primjenom matematičkih operacija između mjernih podataka više brojila), čiji se podaci izračunavaju prilikom dolaska svakog mjernog podatka. Na pojedinim brojilima (stvarnim i virtualnim) postavljena su i validacijska pravila pomoću kojih je moguće dobiti alarm u trenutku prijema mjernog podatka, ako podatak ne ispunjava zadane uvjete.

#### Leonardo Štrac and Franjo Kelemen. Utjecajni faktori na harmonički sastav struje praznog hoda trofaznog transformatora

**Abstract:** Čelik je zbog svoje povoljne cijene i izvrsnih magnetskih svojstava nadmoćno dominantni materijal izbora za transformatorske jezgre. Jezgre energetskih transformatora izrađuju se od obostrano izoliranih hladno valjanih čeličnih limova usmjerenih domena uobičajene debljine 0.35 mm do 0.21 mm s dodatkom silicija. Međutim, pored dobrih magnetskih svojstava, čelik ima nelinearnu krivulju magnetiziranja koja sa sinusnom naponskom pobudom uzrokuje pojavu viših harmonika struje praznog hoda transformatora. Ovisno o stupnju nelinearnosti i ponašanje samog nelinearnog kruga se mijenja, što kod transformatora sugerira različito ponašanje ovisno o tome na kojem dijelu krivulje magnetiziranja se nalazi radna točka transformatora. Zbog toga je važno i mijenja li se u različitim regulacijskim položajima indukcija. U radu će fokus biti stavljen na transformatore u pokusu praznog hoda prilikom završnih ispitivanja transformatora. Ovdje je uobičajeno da se napaja niženaponska strana, odnosno, namoti nižeg napona. Važan utjecaj kod trofaznih transformatora ima grupa spoja namota, odnosno, kod energetskih transformatora, bitno je ima li naponskih nivoa s namotima spojenim u trokut. Dodatno, dominantan utjecaj očekuje se i zbog različitih mogućih izvedbi magnetskog puta. Uobičajeno je da se kod porasta razine nazivne snage transformatora javljaju sve više jedinice s ogrnutom jezgrom, tj. zatvorenim povratnim putem za magnetski tok nulte komponente i viših harmonika višestrukosti 3. Razmotrit će se razina upliva pojedinih očekivanih utjecajnih faktora na harmonike pri različitim iznosima indukcije koristeći jednostavni magnetski model s koncentriranim parametrima nelinearnih karakteristika. Parametri magnetskih reluktancija izvest će se uz korištenje odgovarajućih krivulja magnetiziranja transformatorskih limova i poznate geometrije magnetskog kruga. S druge strane, podaci će se kvalitativno i kvantitativno analizirati na skupu dostupnih mjerenja prilikom završnih ispitivanja. Analiziraju se rezultati mjerenja trećeg, petog i sedmog harmonika kod trofaznih trostupnih jezgara s namotima spojenim u trokut, trofaznih trostupnih jezgara s namotima spojenim u zvijezdu te trofaznih peterostupnih jezgara. Nakon analize na većem skupu podataka odredit će se koje su očekivane vrijednosti u najčešćim rasponima indukcija.

#### Danko Vidović, Tomislav Baričević, Marijana Borovac, Danijel Lukavečki, Igor Đurić, Miroslav Pavelić, Ivan Baran and Davor Jelenčić. Perspektiva prijelaza mreže 10 kV na 20 kV u Elektri Varaždin za razdoblje narednih 20 godina

**Abstract:** Prijelaz mreže srednjeg napona s pogonskog napona 10 kV na 20 kV strateški je projekt HEP ODS-a, koji se provodi već nekoliko desetljeća različitim intenzitetom u pojedinim dijelovima distribucijske mreže, ovisno o raspoloživim sredstvima i ocjeni stanja. S obzirom na raznoliki doseg dosadašnje izgradnje u smislu uvođenja napona 20 kV otežano je i donošenje odluka o tome gdje je potrebnije i opravdanije ulagati kako bi se strateški plan prijelaza na 20 kV povoljnije ostvarivao. Radi toga je postavljeno pitanje kriterija i metode odlučivanja koja bi mogla obuhvatiti sve važne značajke tog procesa.

Na temelju rezultata studije Razvoj distribucijske mreže Elektre Varaždin za narednih 20 godina, dovršene u prosincu 2018. godine, u radu će biti prikazana perspektiva prijelaza mreže s naponske razine 10 kV na 20 kV za Elektru Varaždin. Bit će opisani rezultati CBA analiza za pojedine dijelove distribucijske mreže, te shodno tome odabran scenarij razvoja distribucijske mreže Elektre Varaždin u pogledu prelaska na viši pogonski napon. Osim odabranih opcija prelaska, u radu će, također, biti prikazane i druge razmatrane opcije koje nisu odabrane kao povoljnije rješenje, ali su tehnički realno moguće. Na ovaj način dobiven detaljni plan uvođenja

naponske razine 20 kV bit će uspoređen s rezultatima AHP analize, koja perspektivu prelaska distribucijske mreže Elektre Varaždin na pogonski napon 20 kV stavljaju u kontekst usporedbe sa drugim distribucijskim područjima HEP-ODS-a.

Ivan Tomšić. Provedba ciljeva kružne ekonomije unutar HEP grupe

**Abstract:** Kružna ekonomija uključuje učinkovito korištenje, uporabu, recikliranje i ponovno korištenje resursa kako bi se smanjio utjecaj na okoliš i, osobito, troškovi gospodarskih aktivnosti.

Postojeći linearni model ekonomije zahtijeva cjelovitu promjenu, odnosno implementaciju proizvodnih procesa s manjim utroškom resursa, osobito materijala i energenata, bez otpada i s uključenim recikliranjem na kraju životnog vijeka proizvoda.

EU je predstavljanjem paketa o kružnom gospodarstvu napravila zaokret prema uspostavljanju resursno učinkovitog društva u skladu s konceptom „bez otpada“ (Zero Waste). Aktivno se radi na osiguranju odgovarajućeg regulatornog okvira za razvoj kružnog gospodarstva na jedinstvenom tržištu, određivanju dugoročnih ciljeva u pogledu otpada te provedbi konkretnih i ambicioznih mjera širokog opsega u cilju realizacije kružnog gospodarstva.

Kao članica EU, na razini RH je potrebno provoditi politiku održive proizvodnje i potrošnje, potaknuti održive obrasce ponašanja i poslovanja u svim gospodarskim sektorima, provoditi koncept „životni ciklus proizvoda i usluga“ (Life Cycle Approach, LCA), smanjiti nastanak opasnih i/ili štetnih tvari, emisije u okoliš te sprječavati stvaranje otpada na mjestu nastanka. Dakle, postojeći koncept gospodarenja otpadom u RH potrebno je poboljšati kako bi bio u skladu s najnovijim EU smjernicama definiranim paketom o kružnom gospodarstvu.

Hrvatska elektroprivreda - HEP, kao ključan dionik djelokruga energetske djelatnosti, pruža dobar primjer savjesnog djelovanja u cilju sustavnog očuvanja okoliša u regiji, a osobito u aktivnostima gospodarenja otpadom i odgovornom poslovanju karakterističnom za niskougljična društva.

U radu se daje pregled potencijala dodatnog doprinosa promociji kružnog gospodarstva u ovisnim društvima HEP -a, osobito proizvodnim objektima (bioelektranama - toplanama, hidropostrojenjima, termoelektranama, ODS i dr.). Aktualan je primjer termoelektrarnog postrojenja na lokaciji Plomin i komplementarnog djelovanja s gospodarskim subjektima u okruženju. Otpad, koji nastaje u termoelektrani, u vidu lebdećeg pepela i gipsa, koristi tvornica cementa kao mineralni dodatak u vlastitom procesu proizvodnje građevinskog materijala. Riječ je o dodatnim aktivnostima provođenja ciljeva kružnog gospodarstva te inovativnim rješenjima i ulaganjima koja doprinose očuvanom okolišu uz ekonomsku korist.

Danko Vidović. Metoda procjene broja kupaca po TS SN/NN

**Abstract:** Prilikom planiranja razvoja distribucijske mreže nekog područja potrebni su podaci o broju kupca po TS SN/NN, u cilju izračuna pokazatelja kvalitete napajanja. U slučaju neraspoloživosti takvih podataka potrebno je pristupiti modeliranju kako bi se na neki način isti pokušali procijeniti. U radu će biti opisana metoda procjene broja kupaca po TS SN/NN razvijena i korištena za potrebe izrade studije Razvoj distribucijske mreže Elektre Varaždin za razdoblje narednih 20 godina izrađene u prosincu 2018. godine.

Metoda se temelji na prostornoj analizi dostupnih podataka o koordinatama svih TS SN/NN te koordinatama svih kućnih brojeva na području Elektre Varaždin. U radu će biti opisan kriterij pridruživanja broja kupca pojedinom kućnom broju, te kriterij pridruživanja kućnih brojeva pojnim TS SN/NN. Predstavljena metoda također uzima u obzir činjenicu da neke trafostanice opskrbljuju samo jednog kupca (najčešće poduzetništvo), što će biti posebno opisano u radu. Na koncu, točnost korištenog modela bit će provjerena usporedbom sa podacima iz aplikacije „Informator“ HEP DOS-a, ako takvi podaci budu raspoloživi za Elektru Varaždin (do završetka spomenute studije takvi podaci nisu bili raspoloživi).

Luka Alujević and Irena Jakić. Utjecaj novih nuklearnih elektrana na okoliš

**Abstract:** Proizvodnja električne energije u nuklearnim elektranama mogla bi postati sve važnija zbog rastuće zabrinutosti oko globalnih klimatskih promjena. Nuklearna energija već je duži niz godina prepoznata kao vodeći izvor električne energije koji minimalno zagađuje okoliš te nudi mogućnost diversifikacije energetske izvora.

Za razliku od elektrana na fosilna goriva, nuklearne elektrane ne uzrokuju zagađenje zraka niti ne proizvode ugljik-dioksid za vrijeme pogona. Međutim, postupci vađenja i prerade uranijeve rude te izrada nuklearnog goriva zahtijevaju velike količine energije. Nuklearne elektrane sadrže i velike količine metala i betona, za čiju je proizvodnju također potrebna velika količina energije. Ukoliko pretpostavimo da se fosilna goriva upotrebljavaju za vađenje i preradu uranijeve rude te za izgradnju nuklearne elektrane, emisije od izgaranja tih goriva mogu se povezati sa električnom energijom koju proizvode nuklearne elektrane.

Jedan od glavnih utjecaja na okoliš nuklearnih elektrana je stvaranje radioaktivnog otpada kao što su ostaci vađenja i prerade uranija, istrošeno nuklearno gorivo i ostali radioaktivni otpad. Neki od tih materijala mogu ostati radioaktivni i biti opasni po ljudsko zdravlje više tisuća godina. Radioaktivni otpad je reguliran posebnim propisima koji uređuju njegovo rukovanje, transport, skladištenje i odlaganje u svrhu zaštite ljudskog zdravlja i okoliša.

Sve vrste proizvodnje električne energije proizvode neku vrstu otpada. Nuklearna industrija jedina preuzima punu odgovornost nad zbrinjavanjem cjelokupnog otpada. Radioaktivni otpad se najčešće kategorizira kao nisko, srednje i visoko radioaktivni otpad. Visoko radioaktivni otpad je većinom istrošeno nuklearno gorivo, ukupna količina istrošenog goriva koja nastane tijekom životnog ciklusa nuklearne elektrane je prilično mala, manje od 3% volumena ukupno nastalog radioaktivnog otpada.

Nekontrolirana nuklearna reakcija u nuklearnom reaktoru može rezultirati široko rasprostranjenom kontaminacijom zraka i vode. Vjerojatnost takvog događaja je izrazito mala, sigurnost nuklearne elektrane se postiže nizom mjera u fazi projektiranja, gradnje i tijekom pogona. Osnova filozofije projektiranja nuklearne elektrane sa stajališta sigurnosti je tzv. obrana po dubini. Obrana po dubini pretpostavlja postojanje višestrukih barijera za širenje radioaktivnosti i sigurnosnih sustava koji osiguravaju njihovu nepropusnost.

Nuklearne elektrane zauzimaju izrazito malo prostora u usporedbi sa vjetroparkovima i solarnim elektranama potrebnih za proizvodnju iste količine električne energije. Primjerice, nuklearna elektrana Hinkley Point C trebala bi po jedinici površine proizvoditi 500 puta više električne energije od London Array vjetroparka.

**Stjepan Tvorić, Ante Elez and Mario Brčić. Detekcija ekscentriciteta rotora kaveznog motora analizom magnetskog polja u zračnom rasporu**

**Abstract:** Pouzdanost i raspoloživost ključnih asinkronih motora od iznimne je važnosti za svaki pogon ili proizvodni proces. Kako bi se to osiguralo, potrebno je rano i pouzdano detektirati pojedinu vrstu kvara, ali i osigurati međusobno raspoznavanje kvarova. U svrhu detekcije, razvijen je niz metoda koje s više ili manje uspjeha omogućavaju pravovremeno otkrivanje pojedinog kvara asinkronog motora.

Jedan od vrlo čestih kvarova motora je pojava ekscentriciteta rotora. Uzrok ovog kvara može biti uslijed elektromagnetskih i mehaničkih prilika, ali i uvjeta okoline u kojoj motor radi. Ekscentricitet je pojava kada obod rotora nije jednoliko udaljen u odnosu na provrt statora, tj. postoji nejednoliki zračni raspor. Pojava ekscentričnosti rotora može se opisati položajem i vrstom gibanja rotora u odnosu na stator. Prilikom rada motora, jedna od vrsta ekscentriciteta koja se može pojaviti je statički ekscentricitet. To je gibanje kod kojeg se rotor motora vrti, dok točka najmanjega zračnog raspora miruje u prostoru. Stoga ova vrsta kvara, ako nije na vrijeme otkrivena može prouzročiti znatna oštećenja na samom motoru, ali i dovesti do većih zastoja u samom pogonu.

U sklopu ovog rada prikazana je nova metodologija detekcije statičkog ekscentriciteta rotora kaveznog asinkronog motora. Metodologija se temelji na analizi induciranog napona u mjernom svitku koji je ugrađen u zračni raspored motora i to na statorski zub. Za detekciju ekscentriciteta nužno je ugraditi četiri mjerna svitka koja su međusobno udaljena za polni korak. Mjerni svici koji se ugrađuju u zračni raspored izrađeni su PCB tehnicima. Na temelju valnog oblika i efektivne vrijednosti induciranog napona u mjernom svitku moguće je detektirati ekscentricitet rotora motora. U radu su prikazani rezultati dobiveni numeričkim proračunom na MKE modelu te rezultati dobiveni eksperimentalnim mjerenjima na motoru. Prvo je proveden MKE proračun motora za ispravno stanje. Zatim je na istom MKE modelu, uz odgovarajuće promjene proveden niz simulacijskih proračuna za različite iznose statičkog ekscentriciteta. Rezultati dobiveni proračunom verificirani su mjerenjima na asinkronom motoru koji je posebno dorađen s ciljem da je njime moguće simulirati pojavu statičkog ekscentriciteta rotora.

Primarni cilj i svrha ovog rada je da prikaže novi doprinos u ranoj i pouzdanoj detekciji statičkog ekscentriciteta rotora temeljem analize magnetskog polja u zračnom rasporedu i to na osnovu promjena koje se događaju u induciranom naponu mjernih svitaka.

**Ivana Milinković Turalija, Martina Mikulić and Dražen Jakšić. Analiza rezultata dugoročnog planiranja energetskeg sustava korištenjem modela za kratkoročno optimiranje elektroenergetskog sustava**

**Abstract:** Rezultati analiza prikazani u referatu dio su HORIZON 2020 projekta REEEM u okviru kojeg je razvijen integrirani europski model energetskeg sustava zemalja Europske unije te Norveške i Švicarske korištenjem modela za dugoročno energetske planiranje TIMES.

Za potrebe verifikacije godišnjih rezultata TIMES modela na satnoj razini korišten je model za simulaciju i optimizaciju tržišta električne energije (PLEXOS). Cilj istraživanja bio je utvrditi jesu li rezultati dobiveni modelom za dugoročno planiranje energetskeg sustava izvedivi i realni u okviru kratkoročnog optimiranja elektroenergetskog sustava na satnoj razini.

Korištenjem PLEXOS-a modelirani su elektroenergetski sustavi pet zemalja Europske unije na području jugoistočne Europe (Bugarska, Hrvatska, Mađarska, Rumunjska i Slovenija). Kratkoročni model elektroenergetskog sustava uzima u obzir tehničke i ekonomske karakteristike svih jedinica za proizvodnju električne energije te omogućava modeliranje različitih ograničenja sustava na satnoj razini koja nije moguće uzeti u obzir u modelima za dugoročno planiranje energetskeg sustava.

Ulazni podaci za PLEXOS model određeni su na temelju ulaznih/izlaznih podataka TIMES modela za pet zemalja JIE, a analizirana je 2030. godina. Budući da je u okviru projekta REEEM razvijeno nekoliko scenarija energetske tranzicije EU u razdoblju do 2050. godine, za analizu korištenjem PLEXOS modela odabrana su dva scenarija relevantna za regiju JIE - bazni (Base) i scenarij s većim udjelom obnovljivih izvora energije u odnosu na bazni (HighRES). U scenariju s većim udjelom OIE ukupna instalirana snaga za proizvodnju električne energije u zemljama JIE manja je u odnosu na bazni scenarij, dok je potrošnja električne energije veća, što predstavlja izazov za satno optimiranje elektroenergetskog sustava. Za svaki od navedenih scenarija modelirana su tri podscenarija s obzirom na različita ograničenja vezana za proizvodnju te prekograničnu razmjenu električne energije.

Rezultati optimizacije korištenjem PLEXOS modela u svim scenarijima su pokazali da je dispečiranje elektroenergetskih sustava zemalja JIE u 2030. godini moguće na satnoj razini. Međutim, postoje razlike između rezultata kratkoročne optimizacije korištenjem PLEXOS-a i dugoročne optimizacije korištenjem TIMES-a koje su detaljno analizirane u referatu.

**Nikša Vrkić, Davor Bojić, Joško Svalina, Šime Šimurina, Željko Ćosić and Branimir Đikić. Rekonstrukcija sustava vlastite potrošnje RHE Velebit**

**Abstract:** RHE Velebit jedno je od važnijih postrojenja za proizvodnju električne energije unutar elektroenergetskog sustava Republike Hrvatske pa je stoga njegova raspoloživost i sigurnost napajanja od izuzetne važnosti. Kako bi se osiguralo da RHE Velebit i dalje zauzima tu poziciju pristupilo se rekonstrukciji određenih sustava uključujući razvoje vlastite potrošnje koji već duže vremena u pogonu te su pri kraju životnog vijeka. Pri tome je bitno posvetiti

pažnju da se svi ostali pojedini sustavi tokom rekonstrukcije uklape u jednu funkcionalnu cjelinu. Kroz članak će se izložiti specifičnosti i zahtjevi koji su se trebali poštivati prilikom planiranja i izvedbe same revitalizacije sa aspekta složenosti sustava i vremenskog roka za samu izvedbu.

**Andjelko Tunjic, Tomislav Baričević, Mladen Vuksanić, Martina Biondić, Dora Mešić and Tin Tomašić. Podaci o kvarovima - važna karika za utvrđivanje rizika stanja elemenata mreže AIM/CBRM metodologijom u HEP ODS-u**

**Abstract:** Zbog sve složenije strukture i velikog broja elektroenergetskih objekata, složenosti poslovnih procesa te sve brojnih zahtjeva korisnika mreže za većom kvalitetom električne energije, raste značaj planiranja razvoja mreže ali i učinkovitog praćenja stanja elemenata mreže. Dobrim planiranjem, učinkovitim održavanjem, revitalizacijom ili zamjenom rizičnih elemenata mreže, moguće je izbjeći skupe katastrofične kvarove i prekide u opskrbi električnom energijom.

Zbog svega navedenog tvrtke s velikom vrijednošću imovine uvode koncept upravljanja imovinom kojim se ostvaruje veće povezivanje poslovnih aktivnosti održavanja elemenata mreže i investicijskih ulaganja u mrežu te sustavno utvrđivanje rizika i donošenje odluka o zahvatima kojima se rizici smanjuju.

U sklopu projekta unapređenja upravljanja imovinom u HEP ODS-u pokrenutog 2018. godine ključna aktivnost je usvajanje znanja i implementacija AIM/CBRM metodologije u poslovne procese. Kroz primjenu AIM/CBRM metodologije u HEP ODS-u, uz ključan parametar starosti elementa, uočena je važnost podataka o kvarovima koji se koriste kao modifikatori za utvrđivanje sadašnjeg i budućeg rizika stanja elemenata mreže.

Za registraciju dugotrajnih prekida u HEP ODS-u koristi se aplikacija DISPO. Prilikom analize stanja elemenata mreže AIM/CBRM metodologijom uzimaju se u obzir isključivo neplanirani prekidi naodajanja tipa kvar koji su izravna posljedica stanja komponenata, sukladno DISPO metodologiji uzrokovani lošim održavanjem ili tehničkim razlogom, a ne uzimaju se u obzir kvarovi nastali uslijed vanjskih uzroka ili više sile. S obzirom na posljedice, AIM/CBRM metodologija razlikuje tri kategorije (tipa) kvarova elemenata mreže: početne, degradirajuće i katastrofične.

U prvom dijelu rada će na primjeru AIM/CBRM metodologije biti prikazana primjena podataka o kvarovima za utvrđivanje stanja i rizika promatranih elemenata mreže i utjecaj učestalosti određene vrste kvara na rizik u budućnosti.

U drugom dijelu rada pozornost će biti usmjerena na unaprjeđenje praćenja kvarova i potreba za većom integracijom aplikacija u HEP ODS-u.

Za definiranje buduće vjerojatnosti kvara potrebno je voditi skup podataka o kvarovima koji sadrži informacije o mjestu, elementu mreže te njegovu proizvođaču i konstrukcijskoj izvedbi, tipu i opisu kvara, trajanju lokacije i popravka kvara, trajanju prekida napajanja i broju kupaca pogođenih kvarom te troškovima otklanjanja kvara. Da bi u HEP ODS-u mogli voditi spomenute podatke o kvarovima od njihovog nastanka do otklanjanja potrebno je svaki kvar imenovati, dodijeliti mu jedinstvenu oznaku (ID) te napraviti određene dorade u aplikacijama i u načinu dokumentiranja. Odgovarajućim praćenjem i dokumentiranjem kvarova uz rad na integraciji sustava bilo bi lakše vrednovati pouzdanost nekog tehničkog rješenja te ocijeniti sadašnji i budući rizik elemenata mreže.

**Štefan Ivičić, Igor Bujan, Andrija Bilek and Zvonimir Popović. Utjecaj distribuirane proizvodnje na gubitke u mreži**

**Abstract:** Distribucijsku mrežu Elektre Bjelovar odlikuje visok udio distribuiranih izvora. Distribuirane proizvođače čine pet bioplinskih elektrana ukupne instalirane snage od 7 MW, jedna bioenergana snage 1 MW, oko 30 solarnih elektrana te od prosinca 2018. godine i geotermalna elektrana instalirane snage 10 MW. Kako prosječna snaga cijelog distribucijskog područja iznosi približno 34 MW može se zaključiti kako je u normalnom pogonu učestala

pojava da distribuirani izvori opskrbljuju i više od polovice potrošnje cijelog distribucijskog područja.

Kako je planiranje gubitaka bitan segment rada operatora distribucijskog sustava, važno je kvantificirati utjecaj pojedinačnih distribuiranih izvora na gubitke u mreži, a s obzirom kako na distribucijskom području Elektre Bjelovar distribuirani izvori čine znatan udio ukupnog izvora energije, tokovi snaga su uvelike diktirani rasporedom distribuiranih izvora u mreži. Na taj su način distribuirani izvori nezaobilazan dio analize tehničkih gubitaka u mreži, naponskih prilika, struja kratkog spoja itd. Oni će imati utjecaja kako na izbor optimalnih uklopnih stanja, tako i na buduća ulaganja u razvoj distribucijske mreže. Kvantificiranje utjecaja pojedinog distribuiranog izvora ključno je pri analizi isplativosti ulaganja u pojedine segmente mreže.

Utjecaj geotermalne elektrane Velika 1 na gubitke osobito je značajan zbog njene visoke instalirane snage te činjenice kako ruralno područje u neposrednoj blizini elektrane ima relativno nisku potrošnju. To zahtjeva evakuaciju velike količine energije u industrijsko područje grada Bjelovara. Potrebno je odrediti optimalno uklopno stanje mreže s obzirom na gubitke ovisno o proizvodnji elektrane. Planira se gradnja novog 35 kV voda koji će direktno povezivati rasklopište geotermalne elektrane sa gradom Bjelovarom. Isto je tako cilj vođenje u prstenu dijela 35 kV mreže u kojem se nalazi elektrana što zahtjeva dodatna ulaganja u rekonstrukciju okolnih 35/10 kV trafostanica i relejnu zaštitu mreže.

Izračun gubitaka za različita uklopna stanja i različite snage distribuiranih izvora izvršen je u programskom paketu NEPLAN na modelu srednjenaponske mreže cijelog distribucijskog područja. Nužno je izvršiti vremenski proračun kako bi se uzeo u obzir utjecaj dnevnih krivulja promijenjene potrošnje.

**Dragutin Lajtman, Ivan Mihalić and Stjepan Tvorić. Izolacijski sustav frekventno upravljano vučnog motora**

**Abstract:** STUDENTSKI RAD

MENTOR: Stjepan Tvorić

Klasični automobili s unutrašnjim izgaranjem jedan su od glavnih onečišćivača okoliša i značajno pridonose globalnom zagrijavanju. Inovacijama i tehnološkim dostignućima u području automobilske industrije s pogledom u ekološko prihvatljivom smjeru moguće je smanjiti utjecaj moderne civilizacije na prirodu. Taj cilj, jedan je od glavnih pokretača razvoja električnih automobila.

Automobilska industrija je jedna od najvećih industrija koja je konstantno u potrazi za novim i boljim tehnološkim rješenjima. Električni automobili su upravo jedno od rješenja koja se ubrzano probijaju na tržište. Za daljnji održivi razvoj električnih automobila potrebno je ulaganje u nove tehnologije i napredak postojećih. Stoga je u interesu svih proizvođača ulagati u razvoj kako bi ostali konkurentni na tržištu električnih automobila.

U radu je opisana problematika izolacijskog sustava motora namijenjenog za pogon električnog automobila. Kod motora namijenjenih za pogon automobila veća su toplinska, električna i mehanička naprezanja. Izolacijski sustav standardnih elektromotora nije dimenzioniran niti prilagođen takvim uvjetima. Stoga, izvedba izolacijskog sustava motora u automobilu zahtjeva posebne uvjete. Kompleksnost izolacijskog sustava sužena je na izolaciju statorskog namota u kojem dolazi do neželjenih pojava koje mogu dovesti do oštećenja namota i u najgorem slučaju rezultirati kvarom stroja. Klasični elektromotori prvenstveno su bili namijenjeni za sinusni rad što nije slučaj kod pogona električnog automobila koji se napajaju preko frekvencijskog pretvarača. Opisani su problemi koji se javljaju kod motora takve izvedbe u usporedbi s klasičnim elektromotorima. Jedan od karakterističnih problema je pojava viših harmonika koji uzrokuju neželjene dodatne gubitke i skraćuju životni vijek motora. Uz više harmonike, javljaju se parcijalna izbijanja koja dodatno deterioriraju izolaciju. Zbog navedenih problema javljaju se specifični zahtjevi koje je potrebno zadovoljiti kod motora namijenjenih

za pogon električnih automobila. Ti zahtjevi se odnose na kvalitetno i pouzdano dimenzioniranje izolacije koja može podnijeti povećana električna i mehanička naprezanja, ali i osigurati bolju termičku vodljivost nego što je to slučaj kod klasičnih elektromotora. Ti zahtjevi nas tjeraju na nova istraživanja koja bi stvorila nove tehnike izrade motora specijaliziranih za električna vozila.

**Jelena Galešić and Robert Mec. Izazovi prilikom izgradnje, ispitivanja i puštanja u pogon kogeneracijskih postrojenja na drvenu biomasu**

**Abstract:** Kogeneracijska postrojenja na bazi izgaranja drvene biomase kao ekološki prihvatljiva rješenja za proizvodnju električne i toplinske energije predstavljaju izazove kako za izvođače i tako i za distribucijsku mrežu na koju se priključuju u kojoj postaju aktivna sastavnica mreže kao distribuirani izvor.

Bitne komponente kogeneracijskih postrojenja su: generator pare – parni kotao, prateći podsustavi kotlovoskog postrojenja, srednjenaponsko postrojenje, relejna zaštita, nisko naponsko postrojenje sa svojim podsustavima, sustavi besprekidnih napajanja, sustav upravljanja i nadzora postrojenja, instrumentacijska oprema, parna turbina sa generatorom. Sve navedene komponente potrebno je optimalno odabrati i povezati u cjelinu koja na kraju kao rezultat daje električnu i toplinsku energiju. Toplinsku energiju investitor kasnije koristi u svom tehnološkom procesu.

U radu je prikazan tehnološki opis izgrađenih kogeneracijskih postrojenja na bazi izgaranja drvene sječke, njegova implementacija na par uzastopnih projekata, te izazovi prilikom ispitivanja, puštanja u pogon te priključenja na mrežu HEP ODS-a.

**Ksenija Kušić, Sandro Mangovski and Tomislav Vuletić. Uporabljivost optimizacije sila užetnih sabirnica pri projektiranju visokonaponskih postrojenja**

**Abstract:** Posljednjih godina se pri projektiranju transformatorskih stanice koriste specijalizirani BIM (Building Information Modelling) programski paketi u kojima se zrakom izolirano visokonaponsko postrojenje modelira kao skup 3D objekata s pridruženim parametarskim značajkama. Tim je omogućen vizualni prikaz željenog rasporeda opreme uz provjeru rasporeda faza kao i provjeru sigurnosnih udaljenosti u postrojenju. Osim toga, moguće je generiranje popisa opreme, izračun sila između vodiča i proračun sustava zaštite od munje što skraćuje vrijeme za izradu projektne dokumentacije i smanjuje moguće greške. Jedna od ugrađenih funkcija kod BIM programskih paketa je i izračun tablica provjesa, montažnih tablica, sila uslijed napetosti užeta (statičke sile) te sila uslijed djelovanja struje kratkog spoja (dinamičke sile) kod užetnih sabirnica, visokih veza i veza među aparatima. Kao sastavni dio izračuna ugrađena je i funkcija optimizacije izabranih parametara.

Izračunate statičke i dinamičke sile ulazni su podatak za dimenzioniranje portala i pripadajućih temelja te se pri dimenzioniranju tretiraju sukladno važećim tehničkim propisima za građevinske konstrukcije, kao npr. Eurocode - harmonizirani skup normi obvezan u državama članicama EU.

U ovom radu je na stvarnim visokonaponskim postrojenjima analizirana smislenost optimizacije statičkih i dinamičkih sila uslijed djelovanja kratkog spoja iz objedinjene perspektive elektrotehničke i građevinske struke te je razmotrena mogućnost ušteda u količinama čelika konstrukcije portala te armaturnog čelika i betona u temeljima.

**Goran Čubra and Toni Pavić. KVAROVI UZROKOVANI DJELOVANJEM VJETRA NA NADZEMNIM VODOVIMA 110 kV U PRIJENOSNOJ MREŽI HOPS, PrP SPLIT**

**Abstract:** Ovim radom želja je autora obraditi dva kvara koji su se dogodili u prijenosnoj mreži HOPS, Prijenosnog područja Split (u daljnjem tekstu PrP Split) a čiji je uzrok djelovanje jakog vjetera. Prvi kvar dogodio se dana 12.02.2019.g. na nadzemnom vodu DV 110 kV D 122 KRALJEVAC – MAKARSKA kada je uslijed jake bure došlo je do ispada iz pogona navedenog dalekovoda. Razlog ispada bilo je pucanje zaštitnog užeta s ugrađenim opto nitima – OPGW-a, na nosivom stupu rednog broja 62, uslijed čega je zaštitno uže palo po faznim vodičima, te je djelovanjem uređaja relejne zaštite došlo do isključenja voda. Prije ovog događaja od strane odjela nadležnog za telekomunikacije zaprimljena dojava da je došlo do pucanja dijela opto niti (najprije 11, pa zatim 25 od ukupno 48 opto niti) na dionici koja je bliža krajnjoj točki, odnosno TS Makarska. Po dojavi obavljen je vizualni pregled s penjanjem na vrhove stupova i tom prilikom nisu bila vidljiva, odnosno nisu uočena vidljiva oštećenja samog zaštitnog užeta. Obzirom da nije pronađen fizički vidljivi trag oštećenja samog zaštitnog užeta, odlučeno je da se obave sva nužna i potrebna mjerenja na opto nitima za precizno određivanje mjesta pucanja samih niti. Mjerenje je obavljeno nakon 12 dana nakon vizualnog pregleda, a mjesto pucanja niti locirano je u blizini nosivog stupa br. 62. Dolaskom do stupa utvrđeno je oštećenje zaštitnog užeta u nosivoj stezaljci na samo stupu. Specifičnost ovog kvara je u tome što je ovo prvi ovakav slučaj u dosadašnjoj pogonskoj praksi u PrP Split, jer je prije došlo do pucanja niti nego samog zaštitnog užeta (OPGW je u centralnoj cjevčici unutar zaštitnog užeta). Temeljem dosadašnjih pogonskih iskustava, uzrok svemu je izvedba nosive stezaljke (tzv. AGS stezaljka) koja jest prikladna za zavješanje ovakvog tipa užadi, ali se u praksi pokazala izrazito neprikladnom u uvjetima okruženja gdje je dominantan vjetar, a pogotovo bura. Za ilustraciju, cijeli sklop zavješanja zamijenjen je i postavljen novi prije nepune 4 godine, u ožujku 2015. godine.

Drugi kvar, a čiji je uzrok orkanski vjetar u konkretnom slučaju bura dogodio se 23. veljače 2019. godine, kada je srušen nosivi stup br. 41, uslijed čega je došlo do oštećenja na nosivom stupu br. 42, te zateznom stupu br. 40. Osim stupova oštećeni su vodiči, zaštitno uže i izolacija. Navedeni stupovi smješteni su vrlo nepristupačnom terenu, na brdu Perun pored Splita a što je otežavajući faktor za brzu reakciju.

Analizom prethodno opisanih kvarova, kao i nekih sličnih od ranije, a pogotovo se to odnosi na opisano pucanje OPGW-a, uočeno je da su se određena tehnička rješenja koja su modificirana u svrhu ostvarivanja veće pouzdanosti i pogonske sigurnosti, nisu pokazala dovoljno dobrim, te će biti potrebna iznaći neka nova rješenja i modifikacije temeljem postojećih iskustava, a što će u najkraćem biti obrađeno ovim referatom.

## **Marina Čavlović and Ante Marušić. PROBLEMATIKA PODFREKVENCIJSKOG RASTEREĆENJA U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI S DISTRIBUIRANIM IZVORIMA**

**Abstract:** Podfrekvencijsko rasterećenje je propisani mehanizam stabilizacije frekvencije u cilju sprječavanja raspada EES-a.

Prilikom pada frekvencije na 49,20 Hz nastupa stanje poremećenog pogona mreže. Pri daljnjem padu frekvencije sustav se može podijeliti na više odvojenih mreža koje daljnji raspad sprječavaju podfrekvencijskim rasterećivanjem. Pri tome, bez prethodne obavijesti, dolazi do automatskog isključenja tereta prema planu podfrekvencijskog rasterećenja (PPR). Ovim planom se sprječava potpuni ili djelomični raspad EES-a dok je u izoliranom pogonu. PPR utvrđuje HOPS u suradnji s HEP ODS-om.

PPR koji se odnosi na distribucijsku mrežu podrazumijeva isključenje ili pojedinih SN izvoda i/ili transformatora u TS na sučelju prijenosa i distribucije (TS VN/SN), kako bi se isključenjem ciljanog dijela tereta kontrolirano rasteretio sustav.

PPR je jedno od prvih iskoraka u automatsko upravljanje u EES-u i u uspješnoj primjeni je već decenijama.

Međutim, s porastom udjela distribuirane proizvodnje u distribucijskoj mreži u sve se većem broju SN izvoda u TS VN/SN pojavljuje dominacija proizvodnje nad potrošnjom, zbog čega se ovi izvodi ponašaju kao izvor, a ne kao teret u mreži. Ako su oni obuhvaćeni PPR-om, njihov isključak bit će kontraproduktivan, jer će umjesto rasterećenja prouzročiti gubitak proizvodnje. U novije vrijeme proizvodnja distribuiranih izvora (DI) premašuje potrošnju trafopodručja, pa postoje i transformatori VN/SN u kojima se u normalnom pogonu okreće smjer energije, pa se pojne TS VN/SN sada ponašaju kao izvor prema prijenosnoj mreži. Isključenje takvih „izvora“ po naslijeđenim PPR-ovima dodatno pogoršava okolnosti u mreži koja je već u izvanrednom pogonu i suočava se s rizikom raspada sustava.

Trenutno se primjenjuje PPR koji je donesen prije pojave DI. Nije sustavno riješen mehanizam alociranja isklopa na izvode/transformatore s nedominantnom proizvodnjom.

Najjednostavnija mjera za sanaciju stanja je alociranje isklopa na izvod / transformator bez DI. Međutim, to rješenje je primjenjivo samo u početnoj fazi integracije DI, dok još postoje izvodi / trafopodručja u kojima nema DI. Ova početna faza u pojedinim dijelovima distribucijske mreže je na izmaku, te je nužno razraditi novi pristup podfrekvencijskom rasterećenju.

U radu će biti opisan mehanizam provedbe podfrekvencijskog rasterećenja. Analizirat će se mogući alternativni mehanizmi kojima bi se povećala učinkovitost podfrekvencijskog rasterećenja za različite stupnjeve integracije distribuirane proizvodnje s naglaskom na iskorištenje opcija koje nudi postojeća (ugrađena) sekundarna oprema. Za slučajeve gdje postojeća oprema nije dostatna, istražiti će se opcije minimalne dogradnje sekundarnog sustava u cilju osiguravanja djelotvorne provedbe podfrekvencijskog rasterećenja.

Zaključno, dat će se gantogram provedbe nužnih mjera za omogućavanje djelotvorne realizacije PPR u ovisnosti o udjelu DI u distribucijskoj mreži.

**Zoran Rubinić, Dragutin Mihalic, Goran Majstrovic, Dalibor Škarica, Gordan Mirošević and Mario Križić. ANALIZA PRIMJENE NORME HRN EN 50341-1:2013 U PROJEKTIRANJU, IZGRADNJI I ODRŽAVANJU NADZEMNIH VODOVA I POTREBA ZA IZRADOM NACIONALNIH NORMATIVNIH ASPEKATA ZA REPUBLIKU HRVATSKU**

**Abstract:** Europski odbor za elektrotehničku normizaciju (CENELEC) objavio je europsku normu EN 50341-1:2012 „Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV - Part 1: General requirements – Common specifications“ koju je u travnju 2013. godine HZN prihvatio kao hrvatsku normu sukladno preuzetim obavezama članstva Republike Hrvatske u EU.

Kako bi se norma kompletirala kao cjelovit dokument svaka država članica EU u obvezi je izraditi, pored usvojenih općih načela (prvi dio norme) i nacionalni normativni aspekt (drugi dio norme). Naime, predlagatelj norme svjestan je činjenice da je problematika projektiranja nadzemnih vodova složen i specifičan proces na koji veliki utjecaj ima čitav niz faktora, prije svega geografski položaj i klimatske specifičnosti i u tom smislu je predvidio primjenu tih specifičnosti kroz navedene nacionalne normativne aspekte koji bi, pored navedenog, sadržavali detaljna tumačenja koje opći zahtjevi ne obuhvaćaju, te bi na taj način omogućili primjenu norme uz uvažavanje svih aspekata dugogodišnje pozitivne prakse unutar pojedine članice EU-a.

Sukladno obavezama članstva u EU, Republika Hrvatska je prihvatila navedenu normu EN 50341-1:2012 (opća načela), međutim norme u Republici Hrvatskoj nisu obvezujuće dok se određenim pravnim aktom (Tehnički propis i sl.) na iste ne referira kao obvezujućim, tako da se sukladno „Zakonu o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjenjivanju sukladnosti (NN br. 80/13), članak 26., stavak (1), „Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV (Sl.list SFRJ, br. 65/88, NN br. 24/97)“ u Republici Hrvatskoj i dalje primjenjuje kao jedini relevantni tehnički propis za projektiranje i izgradnju nadzemnih vodova.

Rezimirajući izneseno, interes Republike Hrvatske je da se što prije donesu nacionalni normativni aspekti predmetne norme i usvoje kao obvezni kako bi se izbjegli mogući problemi a potencijalno i sankcije zbog nepridržavanja već prihvaćenih normativnih dokumenata u okviru EU, i da se kroz nacionalne normativne aspekte u što je većoj mogućoj mjeri predmetna norma harmonizira s navedenim propisom kako bi se postigla zadovoljavajuća razina pouzdanosti, sigurnosti i raspoloživosti nadzemnih vodova.

#### Mladen Marković, Branimir Čučić and Ivanka Radić. Metode procjene stanja izolacije energetskih transformatora

**Abstract:** Dimenzioniranje izolacijskog sustava energetskog transformatora jedan je od osnovnih koraka u njegovom projektiranju. Ispravno dimenzioniran izolacijski sustav, koji u pravilu podrazumijeva uljem impregniranu papirnu izolaciju, omogućuje ispravan rad transformatora tijekom njegovog životnog vijeka. Međutim, dielektrična svojstva uljem impregniranog izolacijskog materijala (celuloze) mogu biti narušena uslijed toplinskih, mehaničkih, kemijskih ili električnih naprezanja kojima je transformator izložen. Kako bi se moglo kvantificirati trenutno stanje izolacijskog materijala, razvijene su metode procjene stanja izolacijskog sustava koje su temeljene na raznim tehnologijama.

U ovom radu dat će se pregled metoda i tehnologija za procjenu stanja izolacijskog sustava energetskih transformatora, među koje između ostalog spadaju:

- metode mjerenja ovlaženosti izolacijske tekućine (mineralnog ulja) i celuloznih materijala (papira)
- metode mjerenja stupnja polimerizacije i količine furana u ulju
- metode mjerenja zapljinjenosti izolacijskih tekućina

Ovakav pregled metoda interesantan je širem krugu čitatelja iz područja elektroenergetike koji su direktno ili indirektno uključeni u proizvodnju, korištenje ili održavanje transformatora, transformatorskih podstanica i pripadajuće opreme.

#### Mario Rajn, Robert Pašičko and Stjepan Tvorčić. KRIŽEVAČKI SUNČANI KROVOVI – PRIMJER FOTONAPONSKE ELEKTRANE U VLASNIŠTVU LOKALNE ZAJEDNICE

**Abstract:** Križevački sunčani krovovi jedinstven su primjer projekta u Hrvatskoj gdje je lokalna zajednica uključena u razvoj, investiranje i korištenje obnovljivih izvora energije. Ovaj projekt prezentira snažnu tendenciju koja je prisutna u brojnim europskim zemljama, gdje se razvoj obnovljivih izvora energije temelji upravo na aktivnom uključanju građana. U radu će biti prikazani tehno-ekonomski aspekti razvoja fotonaponske elektrane nazivne snage 30 kW koja je postavljena u sklopu upravne zgrade Razvojnog centra i tehnološkog parka u Križevcima. Također, u sklopu rada će bit prikazan specifičan primjer financiranja izgradnje ove elektrane kroz proces crowdfundinga odnosno grupnog ulaganja. Ovo predstavlja svojevrsni alternativni model financiranja kroz kojeg se za različite projekte ili proizvode prikupljaju financijski doprinosi većeg broja osoba. Crowdfunding temeljen na mikro zajmovima podrazumijeva posuđivanje financijskih resursa između dionika, a u ovom konkretnom slučaju zainteresiranih ulagatelja i Zelene energetske zadruge. Projekt Križevački sunčani krovovi nastao je u suradnji Zelene energetske zadruge koja je nositelj projekta grupnog ulaganja te Grada Križevaca i Križevačkog poduzetničkog centra. Interes Grada i Križevačkog poduzetničkog centra je ostvariti uštede u potrošnji električne energije te potaknuti lokalnu zajednicu na pokretanje sličnih projekata postavljanjem mini fotonaponskih elektrana uz podršku Zadruga korištenjem njezinog know-howa u području obnovljivih izvora energije. Na krov upravne zgrade Razvojnog centra i tehnološkog parka postavljena je integrirana fotonaponska elektrane snage 30 kW koja prvenstveno pokriva potrebe KPC-a kao korisnika zgrade za električnom energijom, a viškove predaje u mrežu prema dogovoru s opskrbljivačem. U radu su opisani i pozitivni učinci projekta koji se ogledaju u smanjenju troškova za električnu energiju i smanjenju negativnih utjecaja na okoliš povezanih s proizvodnjom električne energije. Procjena i očekivanje je da bi se tijekom životnog vijeka elektrane od 25 godina ukupna emisija CO<sub>2</sub> mogla smanjiti za 1 031 250,00 kg ekvivalenta CO<sub>2</sub>. Stoga upravo ovaj projekt također doprinosi razvoju zelenih

i vezanih poslova u sklopu lokalne zajednice. Osim navedenih učinaka, namjera je zainteresiranih dionika da ovaj projekt postane model energetske održivosti razvoja lokalnih zajednica kako bi se s vremenom znatan broj javnih i privatnih ustanova i organizacija diljem Hrvatske orijentirao na proizvodnju i potrošnju električne energije iz obnovljivih izvora energije. Budući da ovaj projekt predstavlja jedinstven model ulaganja građana u obnovljive izvore energije po principu mikro zajmova, očekuje se da će ovakav trend slijediti i mnoge druge jedinice lokalne samouprave u Hrvatskoj.

Alen Žarković, Martina Kutija, Milan Stanić and Luka Pravica. Jalova snaga u nelinearnim mrežama

**Abstract:** U današnjim električnim mrežama sve više su prisutna nelinearna trošila (uređaji koji sadrže sklopove energetske elektronike, npr. frekvencijski pretvarači, UPS-ovi itd.) koja unose više harmonike struje u sustav i time izobličuju valni oblik struje, a posljedično i napona mreže. Za računanje prividne, radne i jalove snage u nelinearnim električnim mrežama ne može se koristiti klasična teorija snage za linearne sustave, a u akademskim i stručnim krugovima još uvijek ne postoji općeprihvaćena definicija jalove snage za nelinearne električne mreže. Samim time, mjerenje jalove snage u nelinearnim električnim mrežama također predstavlja izazov.

Prva, a ujedno i najpoznatija, teorija koje definira komponente električne snage u nelinearnim mrežama je teorija Constantina Budeanu-a iz 1927. godine. On je, uz prividnu, radnu i jalovu komponentu snage definirao i snagu izobličenja koja nastaje kao posljedica postojanja viših harmonika u sustavu. Nedostatak njegove teorije je nepostojanje fizikalnog tumačenja snage izobličenja, ali unatoč tome ta teorija je do 2010. godine bila dio IEEE standarda.

IEEE Std 1459-2010 je 2010. godine zamijenio IEEE Std 1459-2000 u kojem je snaga u nelinearnim sustavima bila definirana koristeći Budeanovu teoriju. IEEE Std 1459-2010 definira komponente električne snage u jednofaznim i trofaznim sustavima u linearnim i nelinearnim mrežama, kao i u slučajevima simetričnog i nesimetričnog opterećenja. Prema tom standardu se komponente električne snage u nelinearnim sustavima računaju koristeći rastav valnog oblika napona i struje na harmoničke komponente. Iako IEEE Std 1459-2010 daje definicije za mjerenje snage u nelinearnim sustavima, on nije prihvaćen kao norma u EU, niti u Hrvatskoj, pa mjerni uređaji koji se koriste za mjerenje jalove snage ne mjere snagu po tom standardu. Prihvaćene norme u Hrvatskoj i EU definiraju mjerenje jalove energije samo za linearne sustave (HRN EN 61557, HRN EN 62052, HRN EN 62053).

U ovom radu detaljno će se analizirati problematika računanja i mjerenja jalove snage u nelinearnim električnim mrežama, dat će se pregled najznačajnijih teorija i standarda koji definiraju komponente električne snage u nelinearnim električnim mrežama te će se eksperimentalnim ispitivanjima na Fakultetu elektrotehnike i računarstva utvrditi odstupanja jalove snage mjerene statičkim mjernim uređajem od jalove snage izračunate prema IEEE Std 1459-2010. Mjerenja će se obaviti na niskonaponskom razvodu Fakulteta elektrotehnike i računarstva pri čemu će se za snimanje valnih oblika napona i struje koristiti akvizicijski sustav SIRIUS, a izračun komponenti snage prema IEEE Std 1459-2010 će se provoditi u programskom okruženju MATLAB. Eksperimentalna ispitivanja će biti napravljena uz uključen aktivni filter ADF P300 koji se koristiti za uklanjanje viših harmonika struje i napona iz električne mreže te uz isključen aktivni filter. Dobiveni rezultati će se usporediti te detaljno analizirati.



**Abstract:** U svrhu optimalnog upravljanja proizvodnjom električne energije, te tokovima vode u tri sliva unutar PP HE Zapad, Hrvatska elektroprivreda odlučila je izgraditi Centar proizvodnje Zapad (CPZ). Iz tog razloga ugovoren je projekt nabave, ugradnje i puštanja u pogon procesne i komunikacijske opreme te programske podrške u svrhu uključenja pojedinih hidroelektrana u CPZ, pod nazivom „Procesno komunikacijski čvorovi“. U informacijski sustav Centra proizvodnje Zapad (CPZ) za planiranje proizvodnje, upravljanje pogonom i nadzor pripadnih hidro-energetskih sustava (HES) instalirane su: SCADA, aplikacije tzv. stvarnog vremena („real-time“) i aplikacije „off-line“, baze podataka (od stvarnog vremena do arhivske), web aplikacije, komunikacije s objektima nadzora i upravljanja (HE) te s drugim korisnicima unutar HEP Grupe i izvan HEP-a. U sustav su također integrirani podsustavi nadzora i prikupljanja meteoroloških, hidroloških i piezometarskih podataka.

U sklopu izgradnje CPZ-a napravljena je prilagodba i nadogradnja procesnih sustava u hidroelektranama (HE) pojedinih HES-ova u različitim međusobno odvojenim slivovima koji su pod nadzorom i upravljanjem Centra. To su: HE Senj i HE Sklope u slivu Like i Gacke, HE Vinodol u slivu Lokvarke i Ličanke, HE Gojak i HE Lešće u slivu Zagorske Mrežnice i Dobre, HE Ozalj u slivu Kupe te HE Rijeka u slivu Rječine. U svim HE su napravljene sklopovske i programske nadogradnje procesnih sustava s ciljem poboljšanja funkcija daljinskog nadzora i upravljanja. U HE su ugrađene nadređene procesne stanice (NPS) koje, osim za druge (procesne) funkcije, služe za komunikaciju s Centrom. Napravljen je reizbor i proširena je lista signala koja se šalju u CPZ. Nadograđeni su postojeći programi u procesnim stanicama na HE, te napravljeni novi programi u NPS-ovima. Dodatno su u SCADA sustav uvedeni i signali lokalnog procesnog sustava CPZ-a, jer se iz SCADA sustava obavlja i njegov nadzor. Ekonomski efekti (odnosno ekonomska dobit ili korist), kao i nadzor i upravljanje cijelim PP HE Zapad osnovni su cilj automatizacije HE i izgradnje Centra.

**Ivan Sudic and Tomislav Capuder. Primjena algoritama grupiranja/klasteriranja u optimizaciji nastupa agregatora električnih vozila na tržištu električnom energijom**

**Abstract:** Elektroenergetski sustav je u procesu promjene paradigme u načinu planiranja i vođenja. Povećanje udjela vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana u proizvodnji električne energije, dovodi do povećanja isprekidanosti proizvodnje. Kao odgovor na nestalnu proizvodnju, u sustavu se mogu iskoristiti novi elementi elektroenergetskog sustava: distribuirani izvori fleksibilnosti i distribuirani spremnici energije.

Proračun optimalnog upravljanja takvim sustavom usložnjava se uslijed velikog broja novih elemenata s obzirom da će modeli morati, umjesto nekoliko desetaka, procesirati tisuće upravljivih elemenata. Samim time zahtjevi za memorijom postaju preveliki za standardna računala te su vremena rješavanja veća nego što je u praksi prihvatljivo. Ovo dodatno dolazi do izražaja u modeliranju nesigurnosti pri čemu se broj elemenata multiplicira sa stohastičkim scenarijima te brojem promatranih vremenskih intervala. Srećom, takvi elementi imaju slična svojstva i obrasce ponašanja. Možemo smanjiti količinu potrebne memorije i vrijeme rješavanja modela ako ne promatramo svaki element zasebno, nego ih grupiramo (klasteriramo) po jednom ili više od tih svojstava i obrazaca ponašanja.

U ovom radu promatramo specijalni slučaj distribuiranih izvora fleksibilnosti: upravljivo punjenje flote električnih vozila (EV). Uz dodatak V2G sposobnosti, takve flote mogu se smatrati i distribuiranim spremnicima energije. Agregator EV djeluje kao posrednik između flote EV i tržišta električne energije. Na tržištu kupuje energiju te nudi pomoćne usluge, a EVima određuje profile punjenja. Proračun optimalnog ponašanja takvog agregatora primjer je već spomenute optimizacije sa prevelikim troškom računalnih resursa.

U radu pokazujemo da korištenjem k-means klasteriranja vozila, prije same optimizacije, dobivamo optimizacijski model koji zauzima značajno manje memorije te je vrijeme izvođenja modela značajno manje uz stvaranje greške od nekoliko postotaka. Ako prihvatimo grešku od 2% vrijeme izvođenja je 5 puta manje, a potrebna memorija se prepola.

**Igor Ivankovic, Domagoj Peharda, Goran Levačić and Alan Župan. Nadzor energetskih transformatora korištenjem podataka iz aplikacija u upravljačkom centru prijenosne mreže**

**Abstract:** Energetski transformatori su važan element prijenosne mreže te je zbog toga do današnjeg dana razvijeno više funkcionalnosti monitoringa i nadzora. Sustavi monitoringa su prema dosadašnjoj praksi ugrađivani uglavnom na većim jedinicama u prijenosnoj mreži. To su najčešće mrežni transformatori na spoju dviju prijenosnih mreža. Osim toga takvi sustavi postoje i na većim blok transformatorima. Te jedinice čine manji broj u ukupnom broju transformatora o kojem mora skrbiti prijenosno poduzeće.

Razvojem novih tehnologija i njihovom primjenom u tehničkim rješenjima implementiranim u svakodnevnom radu prijenosnog poduzeća, otvaraju se mogućnosti za unaprjeđenje održavanja flote energetskih transformatora.

U modernim upravljačkim centrima prijenosnih poduzeća se prikupljaju gotovo sve informacije o radu svih elemenata prijenosne mreže pa tako i energetskih transformatora. U radu će se prikazati mogućnosti tako prikupljenih podataka u svrhu unaprjeđenja održavanja energetskih transformatora. Sustavi u upravljačkom centru iz kojih se koriste podaci, su SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sustav, Sustav za lociranje atmosferskih prenapona, SLAP sustav, Geoinformacijski sustav, GIS. Ovi sustavi u upravljačkom centru prikupljaju i obrađuju podatke u realnom vremenu. To nam otvara mogućnost kreiranja automatskih rutina za dobivanje ciljanih alarma i obavijesti u proširenom realnom vremenu, a također je moguće na temelju tih podataka kreirati određene predefinirane izvještaje za održavanje na raznim vremenskim horizontima (dnevni, tjedni, mjesečni, godišnji ili neki drugi period).

Pomoću gore navedenih sustava mogu se ostvariti nadzori transformatora u sljedećim područjima. To je nadzor parametara koji ovise o opterećenju i vremenu transformatora provedenom u pogonu. U tim izvještajima mogu se pratiti veličine pogonskih struja i napona, odnosno radne, jalove i prividne snage, temperature ulja i namota. Također mogu se pratiti poremećaji kao što je kratki spoj koji se mogu dogoditi u blizini energetskih transformatora, u zoni štice zaštite transformatora ili u samom transformatoru. Može se nadzirati rad regulacijske sklopke. U radu će se prikazati i mogućnosti praćenja utjecaja udara groma u blizini transformatorske stanice. Na taj način može se pratiti količina energije koja ulazi u stanicu i dolazi do energetskog transformatora. Također određeni zaključci mogu se dobiti i o veličini atmosferskih prenapona koji mogu doći do transformatora.

Zoran Rubinić, Dalibor Škarica, Krešimir Laušić, Joško Moser and Tibor Dolenc. IZAZOVI PRI IZBORU TRASE I OSNOVNE ZNAČAJKE DV 400 kV KONJSKO – LIKA I INTERKONEKCIJSKOG DV 400 kV LIKA – BANJA LUKA

**Abstract:** Značajni udio u proizvodnji električne energije u Hrvatskoj predstavljaju hidroelektrane i termoelektrane, dok obnovljivi izvori energije sudjeluju u manjoj mjeri u ukupnoj proizvodnji. U tom smislu, Dalmacija posjeduje najveći hidro potencijal u smislu proizvodnje električne energije, a posljednjih godina postala je značajna i u segmentu proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora, posebno energije vjetra.

Prijenosna mreža RH 400 kV, 220 kV i 110 kV dalekovoda ukupne dužine preko 7000 km, uz dobre veze na prijenosne mreže susjednih zemalja Slovenija, Mađarska, Bosna i Hercegovina i Srbija preko sedam 400 kV, devet 220 kV i niz 110 kV dalekovoda. Međutim, južni dio Hrvatske (Dalmacija) je povezana sa ostatkom prijenosne mreže pomoću DV 400 kV Melina - RHP Velebit - Konjsko i DV 220 kV Brinje – Konjsko, čineći pri tom prijenosnu mrežu Dalmacije radijalnom, odnosno iznimno nepovoljnom u smislu pouzdanosti. U slučaju povoljne hidrologije, prijenosna mreža bi bila ugrožena u slučaju ispada DV 400 kV Melina - RHE Velebit, stoga trenutno ne postoje uvjeti za daljnji razvoj novih kapaciteta električne energije iz vjetra, hidro potencijala ili fosilnih goriva u Dalmaciji.

S druge strane, proizvodni dio elektroenergetskog sektora Bosne i Hercegovine uglavnom predstavljaju hidroelektrane (40%) i termoelektrane (60%). Bosna i Hercegovina je izvoznik električne energije, uglavnom zbog velikih rezervi lignita na području Tuzle, Kaknja, Ugljevika i Gacka.

Prijenosna mreža sastoji se od 400 kV, 220 kV i 110 kV nadzemnih vodova ukupne dužine preko 6000 km i ima vrlo dobru vezu s prijenosnim mrežama susjednih zemalja Hrvatske, Srbije i Crne Gore preko četiri 400 kV, 220 kV, te više 110 kV nadzemnih vodova.

Šire područje Banja Luke vezano je na prijenosnu mrežu radijalno preko DV 400 kV TS Tuzla 4 - TE Stanari - TS Banja Luka 6, što značajno utječe na smanjenu pouzdanost elektroenergetskog sustava na širem promatranom području.

Temeljem navedenog donesena odluka izradi Studije izvodljivosti DV 400 kV Konjsko – Lika i DV 400 kV Lika - Banja Luka 6. Uvažavajući teritorijalne, prostorne, prirodne, infrastrukturne, klimatske, kulturne i druge bitne aspekte provedena je detaljna analiza cjelokupne trase u duljini od oko 380 km, uz veliki broj varijantnih rješenja, te je u konačnici odabrana optimalna varijantna koja je tehnički obrađena na nivou idejnog projekta.

#### **Eduard Sinković. REKONSTRUKCIJA DIJELA DALEKOVODA 110 kV ŽERJAVINEC-RESNIK I IZGRADNJA 110 kV KABELSKIH PRIKLJUČAKA TRANSFORMATORSKE STANICE 110/10(20) kV SESVETE**

**Abstract:** Daljnjom izgradnjom i širenjem istočnog dijela Grada Zagreba a na temelju provedenih detaljnih studijskih analiza očekivanog porasta elektroenergetskog konzuma tog dijela Grada, HEP-ODS d.o.o., Elektra Zagreb izgradila je novu distributivnu transformatorsku stanicu TS 110/10(20) kV Sesevete. Postrojenje 110 kV transformatorske stanice TS 110/10(20) kV Sesevete izvedeno je kao trolno metalom oklopljeno i izolirano SF6 plinom (GIS postrojenje). Povezivanje TS 110/10(20) kV Sesevete na mrežu 110 kV izvedeno je kabelima 110 kV, po sistemu ulaz-izlaz, na obližnji 110 kV nadzemni vod 110 kV Žerjavinec-Resnik. Za ostvarivanje priključne 110 kV kableske veze korišteni su jednožilni kabeli nazivnog napona 64/110 kV s aluminijskim vodičem presjeka 1000 mm<sup>2</sup>/Cu 95 mm<sup>2</sup> (zaštitni ekran), izolacijom od umreženog polietilena (XPPE) i vanjskim HDPE plaštem. Jednožilni podzemni energetske kabeli složeni su u trolist koji tvori trofazni kabelski vod. Prijelaz kabelskih vodova u nadzemne ostvaren je izgradnjom dva nova zatezna čelično-rešetkasta stupa, oblika glave „jela“, s platformom za ugradnju kabelskih završetaka na stupu te s konstrukcijom za smještaj odvodnika prenapona uz kableske završetke.

Ovim će radom biti prikazana iskustva na izgradnji/polaganju te zaštiti priključnih 110 kV kabelskih vodova prilikom izvođenja radova na izgradnje nove komunalne infrastrukture (prometnice, javna rasvjeta, DTK, vodovod i kanalizacija) u neposrednoj blizini i koliziji s trasom 110 kV kabelskih vodova.

#### **Krešimir Laušić and Boris Babić. ISKUSTVA U PRIPREMAMA PUŠTANJA U PONOVI RAD DALEKOVODA 220 kV MRACLIN-PRIJEDOR NAKON INTERPOLACIJE DIONICE 2x220 kV ZA PRIKLJUČAK BLOKA C TE SISAK**

**Abstract:** Hrvatski operator prijenosnog sustava (HOPS) je u prosincu 2008. izdao Prethodnu elektroenergetsku suglasnost s uvjetima priključenja Kogeneracijske kombi elektrane Sisak 250MWe/50MWt u kojoj je između ostalog uvršten i zahtjev za izgradnjom dodatnog priključka TE Sisak na 220 kV mrežu uvođenjem dalekovoda (DV) 220 kV Mraclin – Prijedor u rasklopište (RP) 220 kV TE Sisak po sistemu „ulaz – izlaz“.

Tim rješenjem omogućilo se dodatno injektiranje snage u 220 kV čvorišta mreže Mraclin (važno za opskrbu grada Zagreba i dijela sjeverozapadne Hrvatske) i Međurić (važno za opskrbu Regije zapadne Slavonije), a pored navedenog mogući su i povoljni ekonomski učinci razmjene ili isporuke električne energije u sustave susjednih država.

Izgradnja navedenog DV 2x220 kV privodila se završetku u IV kvartalu 2018. godine, te je obzirom na međudržavni značaj, novu električku konfiguraciju dalekovoda, za potrebe točnog podešavanja relejne zaštite i mjerenja gubitaka na novonastalim dionicama dalekovoda, bilo potrebno izvršiti mjerenja električkih parametara dalekovoda.



za rad transformatora pod opterećenjem (u pokusu kratkog spoja - KS) karakteristična je dominantna razina buke na 100 Hz. Pri radu transformatora u pokus praznog hoda (PH) dominantne frekvencije mogu biti na 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 600 Hz uslijed nelinearnih harmoničnih deformacija lima.

U ovom radu opisani su postupci mjerenja razine buke u različitim režimima rada uz primjenu naprednih instrumenata za mjerenje zvučnih razina u ispitnoj stanici. Današnji uređaji omogućuju inovativno i precizno mjerenje zvučnih razina. Sadrže inovativnu kombinaciju hardvera i softvera za naknadnu vizualizaciju i obradu podataka. Uporabom navedenih instrumenata skraćuje se vrijeme mjerenja u ispitnoj stanici uz postizanje visoke razine preciznosti mjerenja. Također njihovom uporabom omogućena je primjena više različitih metoda mjerenja.

Mjerene razine buke analizirane su u spektru 1/3 oktave i užem frekvencijskom pojasu (Narrow-band measurements) FFT (Fast Fourier transform) metodom. Također navedeni su načini kako dijagnosticirati potencijalne greške odnosno neželjene pojave prilikom mjerenja zvučnih razina odabirom odgovarajuće metode ispitivanja te na koji način ih spriječiti.

Opisane su sličnosti i razlike između trenutno važećeg standarda IEC 60076-10 iz 2016. godine i standarda IEEE Std C57.12.90 iz 2015. godine. Navedeni standardi namijenjeni su za testna mjerenja transformatora, reaktora i njima pripadnih rashladnih sustava unutar ispitne stanice proizvodnih tvornica.

**Ivan Krapić, Igor Ibrahimpašić, Željko Kožić and Marko Alerić. OSPOSOBLJAVANJE CENTRA DALJINSKOG VOĐENJA U INI RAFINERIJU SISAK/ REVITALIZATION OF CONTROL SYSTEM IN INA RAFINERIJA SISAK**

**Abstract:** Autori:

Ivan Krapić – Končar KET d.d., ivan.krapic@koncar-ket.hr

Igor Ibrahimpašić – INA INDUSTRIJA NAFTE d.d. , igor.ibrahimpasic@ina.hr

Željko Kožić – INA INDUSTRIJA NAFTE d.d., zeljko.kozic@ina.hr

Marko Alerić – Končar KET d.d., marko.aleric@koncar-ket.hr

**Sažetak:**

Sustav daljinskog nadzora SCADA (Proza D/R, "Končar") elektroenergetike je izgrađen u periodu 1981. – 1983. godine. Zbog starosti opreme sustav je u potpunosti otkazao prije petnaest godina, te ga više nije bilo moguće osposobiti, jer rezervni dijelovi više nisu bili dobavljeni. Nakon toga postojeći sustav; dispečerski centar elektroenergetike Rafinerije nafte Sisak dijelom je zamjenjen sustavom nadzora elektroenergetskih postrojenja „OPTICON“ (Proizvođač „SCADA projekt“). Kako je i ovaj sustav tehnološki zastario, 2018. godine pristupilo se osposobljavanju sustava daljinskog vođenja.

Osposobljeni centar daljinskog vođenja u Rafineriji trebao se bazirati na najnovijoj računalnoj tehnologiji i normama otvorenosti kako bi kroz duži niz godina osigurao svoju nadogradivost i unaprjeđivanje te time osigurao potrebnu sigurnost u radu. Kao najnovija tehnologija smatra se sustav koji je kompatibilan s grupom normi po IEC 61968 i IEC 61970 koje su propisane za modele podataka sustava daljinskog vođenja (SCADA – Supervision, Control and Data Acquisition), te je odabran PROZA NET SCADA sustav (proizvođač "Končar").

Oprema u sustavu

U sustavu postoji 11 TS-ova s 10 (DS 802, proizvođač "Končar") daljinskih stanica i 50-tak numeričkih releja; dominantno, oprema je proizvodnje ABB.

Rješenje povezivanja objekata na novi SCADA sustav

U sklopu povećanih zahtjeva za daljnju iskoristivost postojeće opreme u objektima trafo stanica i osposobljavanja SCADA sustava u centrima Končar je razvio tehnološku podlogu i projektnu strategiju migracija na PROZA NET SCADA. Zahtjev za osposobljavanje SCADA sustava da

postoji istovremenost rada oba sustava; postojećeg sustava(OPTICON) i PROZA NET SCADA sustava.

**Abstract:**

The SCADA remote control system (Proza D / R, "Končar") was built in 1981-1983. Due to the age of the equipment, the system was completely canceled fifteen years ago, and it was no longer possible to train it because the spare parts were no longer available. Thereafter the existing system; the dispatch center of Sisak electric oil Refinery has been partially replaced by the "OPTICON" ("SCADA project") monitoring system. As this technology is obsolete technology, in 2018, reconstruction of the remote control system was started.

The reconstructed remote control center should be based on the latest computing technology and openness standards to ensure its upgradability and upgrading for a number of years, thus ensuring the necessary safety in the work.

**Equipment in the system**

There are 11 SS's with 10 (DS 802, "Koncar" manufacturer of remote stations )and 50 numeric relays in the system; dominant, ABB production equipment.

**Solution for linking objects to new SCADA system**

**Boris Avramović, Teo Prlić and Igor Ivankovic. Statički kompenzator s tiristorskim upravljanom kontinuiranom regulacijom u TS Konjsko**

**Abstract:** Vođenje pogona visokonaponske prijenosne mreže u Dalmaciji je zahtjevno s više aspekata. Jedan od tih aspekata je vrlo izražen, a to su povišeni naponi u prijenosnoj mreži. Prijenosno poduzeće je pokrenulo projekt ugradnje kompenzacijskog postrojenja s energetsom elektronikom u transformatorskoj prijenosnoj stanici Konjsko. Kompenzacijsko postrojenje bit će priključeno na sabirnice 220 kV nazivne snage 250 MVar. Glavna odlika je kontinuirana regulacija u velikog opsegu u induktivnom dijelu s ciljem održavanja napona na sabirnicama unutra granica propisanih mrežnim pravilima.

Postrojenje ima tri glavna dijela, kompenzacijsko postrojenje, energetski transformator i zgradu s pomoćnim pogonima i sustavima upravljanja i zaštite.

U sklopu zahvata u objektu, opremit će se jedno polje 220 kV, te će se ugraditi energetski transformator za povezivanje statičkog kompenzatora na mrežu. Postrojenje će sadržavati statički kompenzator (Static Var Compensator – SVC) koji je tiristorski upravljan. SVC postrojenje sastoji se od dvije grane sustava tiristorskih upravljanih prigušnica, te filterima za 5. i 7. harmonik i ostalim pomoćnim sustavima. Izvor induktivne energije u postrojenju jesu zračne prigušnice koje su tiristorski upravljane. Tiristorske sklopke jesu uređaji energetske elektronike koji omogućuju finu kontinuiranu regulaciju induktivne energije. Korištenje energetske elektronike, u ovom slučaju tiristorskih sklopki, dovodi do generiranja viših harmonika unutar kompenzacijskog postrojenja. Koristit će se filteri za 5. i 7. harmonik, a viši harmonici prema proračunima neće imati utjecaja. Snaga filtera za 5. harmonik je 50 MVar, a za 7. harmonik je 20 MVar.

Energetski transformator je nazivnog napona na višoj strani 220 kV, a donji napon transformatora određen je parametrima kompenzacijskog postrojenja koje ima atipične iznose za srednji napon.

U sklopu postrojenja izgraditi će se zasebna zgrada za smještaj pomoćnih pogona, sustava upravljanja (regulacije) i zaštite te sustava za rashladu tiristora.

U referatu će se dati detaljan pregled postrojenja s energetsom elektronikom koja će se koristiti u prijenosnoj mreži.

**Josip Popović, Zvonimir Popović, Dejan Čulibrk and Mirjana Padovan. REZERVA IZMEĐU RAZLIČITIH POGONSKIH SISTEMA I NAPONSKIH NIVOA**

**Abstract:** Gradska srednjenaponska elektroenergetska mreža Elektre Bjelovar je kabelska, izvedena tako da ima svojstvo pogoske rezerve, jer su njene distribucijske transformatorske

stanice 10(20)/0,4 kV međusobno povezane srednjenaponskim kabelima i tvore dobro razvijenu srednjenaponsku gradsku kabelsku mrežu.

Gradska srednjenaponska mreža ima dva različita pogonska sistema. Razlog tome su ishodišne točke iz različitih transformatorskih stanica 110/35/10(20) kV i 110/10(20) kV. Ta dva sistema pogonski su optimalno koncipirani svaki za sebe. Unutar svakog sistema mogući su svi pogonski manevri u kojima nema beznaponske pauze. To je još važnije jer su toj mreži funkcionalno zastupljena tri naponska nivoa. To su 35 kV i 10 kV naponski nivoi kroz koje se već duže vrijeme distribuira električna energija i 20 kV naponski nivo pripremljen za pogon unutar već postojećih.

Unutar svakog pogonskog sistema u gradskoj srednjenaponskoj elektroenergetskoj mreži mogući su razni pogonski manevri vođenja i upravljanja, a da to kupci uglavnom ne primjećuju kao bilo kakvi poremećaji u njihovoj redovitoj opskrbi električnom energijom, zato jer ona mora biti sigurna i pouzdana.

Uz to je koncipirano da su sva tri naponska sistema i međusobna pogonska rezerva. Primjena pogonske rezerve može se planirati unaprijed. Najvažnija korist od pogonske rezerve što se može brzo aktivirati kod iznenadnih, neplaniranih s tim u vezi nepoželjnih pogonskih događaja u krajnjoj mjeri i štetnih. S tim u vezi postignut je visoki nivo sigurne i redovite opskrbe kupaca električnom energijom bez obzira što se kod prespajanja na drugi sistem ne može izbjeći beznaponska pauza koja kvalitetnim planiranjem pogonskih manevara može biti vrlo kratka, a kod neplaniranih, iznenadnih i nepovoljnih pogonskih događaja svedena na najkraći vremenski period do uspostave normalnog pogonskog stanja.

U srednjenaponsku elektroenergetsku mrežu priključene su elektrane kao obnovljivi izvori energije i kao njihovi aktivni članovi bitno utječu na tokove snaga i energije. Uzevši to u obzir, proces i postupci upravljanja gradskom srednjenaponskom elektroenergetskom mrežom dobivaju još puno veću važnost.

**Srećko Bojić, Domagoj Božić, Dalibor Škarica, Branko Ćosić, Ivo Uglešić and Božidar Filipović-Grčić. ZNAČAJ POZNAVANJA FREKVENCIJSKI PROMJENJIVE IMPEDANCIJE UZEMLJIVAČA DALEKOVODNIH STUPOVA**

**Abstract:** Uzemljivač dalekovodnog stupa igra važnu ulogu pri definiranju vjerovatnosti nastanka povratnog preskoka na izolaciji pri udaru munje u stup ili zaštitno uže. Na mjestu povratnog preskoka sustav je u zemljospoju i dolazi do privremenog, a ponekad i trajnog ispada dalekovoda iz pogona što direktno utječe na njegovu pouzdanost i raspoloživost. Da bi se izbjegli povratni preskoci, otpor, odnosno impedancija uzemljenja, stupa, u pravilu treba biti što manja. Stacionarne karakteristike uzemljivača pri mrežnoj frekvenciji 50 Hz dobro su poznate, ali ponašanje uzemljivača pri višim frekvencijama uslijed odvođenja struje munje, može se u potpunosti razlikovati. Pri višim frekvencijama dolazi do izražaja frekvencijska ovisnost kapaciteta i induktiviteta pojedinih dijelova uzemljivača stupa, a isto tako i okolnog tla, pa se odnos napona i struje za potrebe proračuna ne može uzeti kao jednostavna i konstantna vrijednost. Takvo ponašanje uzemljivača, naročito je izraženo u tlu povišenog ili visokog specifičnog otpora, svojstveno kraškom području.

U radu se daje prikaz rezultata eksperimentalnih istraživanja električnih značajki nekih karakterističnih tipova uzemljivača dalekovodnih stupova u prijenosnoj mreži nazivnog napona 110 kV, u području krša i u tlu s povišenim ili visokim specifičnim otporom. Mjerenjem je obuhvaćeno određivanje specifičnog otpora tla, mjerenje impedancije uzemljivača uobičajenim mjernim metodama i instrumentarijem u području niskih frekvencija (50 Hz-5000 Hz). Odziv i prijelazna impedancija uzemljivača u području viših ili visokih frekvencija (do 410 kHz), utvrđena je uz pomoć prijenosnog impulsnog generatora injektiranjem struja s promjenjivom brzinom porasta čela vala. Na taj način utvrđen je karakteristični frekvencijski spektar odziva uzemljivača za istraženi frekvencijski pojas, prikladan za matematičko definiranje širokopojasnog modela uzemljivača i daljnje numeričke analize i računalne simulacije.



toka ANSYS Maxwell će se izračunati pomoću potprograma za kreiranje formula sadržanog u programskom paketu s kojim je moguće dodatno proizvoljno kreirati formule.

U referatu će biti provedena usporedna analiza u cilju ocjene točnosti proračuna polja pomoću programskog paketa ANSYS Maxwell. Rezultati dobiveni ručnim izračunom elektromagnetskih polja biti će također izračunati Maxwell-ovim jednadžbama. Teorijom magnetskih krugova ručno će se izračunati magnetsko polje u jezgri i magnetsko polje u zračnom rasporu. Ti rezultati će se usporediti s rezultatima dobivenim programskim paketom ANSYS Maxwell. Analizom će se utvrditi razlike u rezultatima oba provedena proračuna.

Analiza će pokazati da su navedene pogreške u ručnom proračunu posljedica zanemarivanja rasipanja magnetskog toka kao i pojednostavljena geometrija modela transformatora. Znajući da je transformator složen element, program ANSOFT Maxwell će se pokazati vrlo korisnim alatom. Sa tim modelom transformatora, koji je napravljen u programu ANSYS Maxwell biti će moguće spriječiti eventualne pogreške koje se mogu dogoditi pri konstrukciji pravog transformatora.

**Srećko Bojić, Dalibor Škarica, Goran Čubra, Branko Ćosić and Milivoj Šutej. STANJE I IZOLACIJSKA SVOJSTVA KOMPOZITNIH IZOLATORA NA PRIJENOSNIM VODOVIMA PRIOBALNOG PODRUČJA NAKON DUGOTRAJNE IZLOŽENOSTI ONEČIŠĆENJU POSOLICOM**

**Abstract:** Visokonaponska izolacija ključni je element pouzdanosti svakog visokonaponskog prijenosnog voda i postrojenja. Kad je riječ o vanjskoj izolaciji, izolacijska svojstva iste u direktnoj su vezi s atmosferilijama i površinskim stanjem izolatora.

Posolica, kao prirodni fenomen onečišćenja u dijelu našeg primorskog područja, glavni je uzrok intenzivne degradacije izolacijskih svojstava vanjske izolacije vodova i postrojenja u pogonskim uvjetima što posljedično dovodi do čestih spontanih ispada i neraspoloživosti istih u sustavu opskrbe potrošača električnom energijom.

Problem onečišćenja posolicom, generalno rečeno, posebno je izražen na otoku Pagu, duž vodova i postrojenja „Otočne veze“, s posljedicom bržeg starenja ugrađene izolacijske opreme, što je vidljivo iz površinskih i dubinskih oštećenja kompozitne strukture izolatora vodova, provodnih izolatora na kabelskim kućicama kao i kroz intenzivnu koroziju čeličnih dijelova pripadajućih izolacijskih konstrukcija.

Tijekom godina, stečena iskustva primjenjivana su u pogonu i na nekim drugim dalekovodima ugroženih većim onečišćenjem, i to kroz različitost vrste kompozitnog materijala i oblike izolacijskih elemenata, odnosno primjenom različitih duljina kliznih staza, s više ili manje uspjeha.

Iako je problem posolice prilično poznat, obzirom na topologiju današnje prijenosne mreže, pri izboru nove ili zamjene postojeće izolacije potrebno je ugraditi sva stečena iskustava iz dosadašnje primjene, ali isto tako i rezultate mjerodavnih standardnih i proširenih specifičnih laboratorijskih dielektričnih ispitivanja na željenim uzorcima, a uz maksimalno uvažavanje specifičnosti karakterističnih za pojedini promatrani lokalitet.

U ovom radu, u prvom dijelu daje se skraćeni prikaz najznačajnijih rezultata višegodišnjeg praćenja problematike pogona prijenosnih dalekovoda priobalnog i otočkog područja u uvjetima onečišćenja posolicom, s naglaskom na ugrožena područja, a vezano uz pogonske ispade, površinsko stanje i zabilježena karakteristična oštećenja izolacije uslijed dugotrajne izloženosti djelovanju površinskih struja.

U nastavku, temeljem vizualnog pregleda i dostupne fotodokumentacije karakterističnog uzorka izolatora iz dugogodišnjeg pogona na lokalitetima s velikim intenzitetom onečišćenja te temeljem provedenih opsežnijih laboratorijskih standardnih i proširenih ispitivanja, daje se prikaz površinskog stanja i karakterističnih oštećenja te usporedba dielektričnih svojstava istih s rezultatima ispitivanja na uzorku novih izolatora istog tipa.

Na kraju, zaključuje se o nužnosti potrebnih mjera pri izboru nove ili obnovi postojeće vanjske izolacije vodova i postrojenja na promatranom lokalitetima.

#### **Veronika Haramija, Vedran Đurina, Božena Musulin and Dijana Vrsaljko. Uzroci nekompatibilnosti gume s transformatorskim uljima**

**Abstract:** Željeni cilj proizvođača opreme i krajnjih korisnika je dugi vijek trajanja opreme. Da bi se to osiguralo, izbor materijala mora zadovoljiti specifičnu primjenu opreme. Praktični izbor materijala ovisi o glavnim radnim uvjetima kao npr. izolacijska tekućina, radna temperatura, tlak i mehanički zahtjevi. Što su radni uvjeti kritičniji, to bi proces izbora i kvalifikacije materijala trebao biti stroži.

Izbor materijala može biti temeljen na prethodnom iskustvu rada pod istim ili sličnim uvjetima, a može se i prepustiti dobavljaču da preporuči određeni materijal. Problem nastaje kada dobavljač, koji dobro poznaje svojstva materijala, nije upoznat sa svim pojedinostima primjene. Zbog toga je bitno da krajnji korisnik navede vrstu materijala koju dobavljač mora isporučiti, primjenjujući pri tome svoje znanje u tom području, a obveza dobavljača je da osigura materijal koji zadovoljava specifikacije i zahtjeve kontrole kvalitete.

Jedna od često korištenih skupina materijala u transformatorima su elastomeri, točnije gume. Oni pokazuju dobra svojstva kao što su elastičnost ili dobra kemijska kompatibilnost. Kompatibilnost između gume i izolacijske tekućine (transformatorskog ulja) mora biti ključni parametar u procesu projektiranja i izboru materijala. Ako izolacijska tekućina ima štetan učinak (kemijska reakcija, gubitak čvrstoće, degradacija ili druge promjene u fizikalnim svojstvima), to rezultira skraćenim vijekom trajanja gume, ili utjecajem gume na svojstva izolacijske tekućine. Izvrsna je praksa proučavanje uzajamnog utjecaja jednog ili više mogućih materijala. Kvalifikacijsko testiranje potrebno je kada je nepoznat međusobni utjecaj tekućine i materijala, kada su radni uvjeti pri kojima se planira upotrijebiti materijal stroži od prethodnog radnog iskustva ili se uvode novi materijali.

Promjene fizikalnih svojstava gume u izolacijskoj tekućini rezultat su dva različita postupka: a) tekućina difundira u gumu i uzrokuje bubrenje (raspad mreže elastomera) što rezultira omekšavanjem materijala ili b) kemijske komponente otapaju se ili ekstrahiraju iz smjese te se elastomer ukrućuje i na kraju postaje krhak ili se skuplja.

Određeni materijali mogu biti dostupni u različitim formulacijama i. Budući da se formulacije i aditivi često smatraju povjerljivim, potrebno je izvršiti testiranje kompatibilnosti prije ugradnje jer utjecaj različitih formulacija na izolacijsku tekućinu (i obratno) može varirati ovisno o korištenim aditivima.

U ovom radu biti će predloženi uzroci kemijske nekompatibilnosti gume i najčešćih tipova izolacijskih ulja.

#### **Ivan Bratić and Ivana Varžić. INTEGRACIJA PROZANET SUSTAVA S OPC DA SERVEROM U PCVUE SUSTAV NA HPP MASINGA**

**Abstract:** Hidroelektrana Masinga kapaciteta 2x20 MW smještena je na rijeci Tana, najdužoj rijeci u Keniji. Godine 2016. potpisan je ugovor pod nazivom „Rehabilitacija sustava zaštite“ između Naručitelja KENGEN i Izvođača Končar Inženjering za energetiku i transport u sklopu kojeg je zahtijevano povezivanje novih generatorskih, transformatorskih zaštita te zaštite sabirnica s postojećim PcVue SCADA sustavom. U tu svrhu izrađen je projekt te instaliran poslužitelj sučelja OPC DA servera i ProzaNET sustava potrebnog za komunikaciju između releja i PcVue SCADA sustava Naručitelja.

OPC je skraćeni naziv za skupinu specifikacija i normi koji omogućavaju pouzdanu izmjenu podataka unutar procesa koji su dio automatizacijske industrije. OPC norme propisuju metode kojima se omogućuje praćenje procesnog djelovanja, a samim time se omogućuje i sama automatizacija na modularan i implementacijski neovisan način.

OPC Data Access (OPC DA) u industriji je najčešće korištena skupina standarda unutar OPC-a. Ona propisuje serverska i klijentska sučelja koja omogućuju komunikaciju i izmjenu podataka između primjerice uređaja za automatizaciju u realnom vremenu (engl. real-time) kao što su PLC-ovi (serversko sučelje) i grafičkih sučelja namijenjenih korisnicima (klijentsko sučelje).

U ovom radu govorit ćemo o primjeni OPC DA servera za povezivanje ProzaNET SCADA sustava u HPP Masinga sa PC VUE SCADA sustavom u nadležnom centru. U ProzaNET sustav je integriran OPC DA Server koji će omogućiti povezivanje s klijentom u nadležnom centru i proslijeđivanje procesnih podataka u isti putem OPC protokola. Prosljeđeni podaci opisani su pomoću tri atributa - vrijednost, kvaliteta i vremenska oznaka.

**Katarina Musulin, Hrvoje Bulat, Mario Jurić and Ivan Petrić. Primjena koncepta neprekinutosti pogona postrojenja 110 kV u EL-TO Zagreb za vrijeme održavanja, popravka i proširenja postrojenja te dielektričnih ispitivanja na terenu**

**Abstract:** Sukladno potrebama korisnika priključenih na postojeće postrojenje 110 kV u GIS izvedbi te sagledavajući planove razvoja mreže 110 kV na području grada Zagreba, na lokaciji EL-TO Zagreb će se ugraditi zamjensko postrojenje 110 kV u postojećoj zgradi GIS-a. Zamjenom postojećeg postrojenja 110 kV s novim suvremene generacije omogućit će se, osim zamjene postojećih polja 110 kV postrojenja, ugradnja novih 110 kV polja u ograničenom prostoru postojeće zgrade GIS-a.

Ograničenost postojećeg kabelskog prostora, predefinirani kabelski ulazi u postojeću zgradu GIS-a, dispozicija postojećih energetskih transformatora na vanjskom platou te mogućnost smještaja zamjenskog postrojenja u definiranim gabaritima postojeće građevine, kao i visoki zahtjevi sigurnost napajanja, utjecali su na raspored polja GIS postrojenja 110 kV.

Na zamjensko postrojenje 110 kV predviđeno je priključenje postojećeg i novog proizvodnog bloka (6 polja blok transformatora), energetskog transformatora 110/20 kV za napajanje SN postrojenja na lokaciji (veliki konzum središnjeg dijela grada Zagreba, 3 polja) te trenutno dva kabelska voda 110 kV (a u konačnici 4).

U radu će biti prezentiran primijenjeni koncept neprekinutosti pogona postrojenja 110 kV (eng. Service continuity za MRE – Maintenance, Repair, Extension and Test) kod:

- održavanja prekidača i sabirničkih rastavljača,
- popravka prekidača i sabirničkih rastavljača,
- proširenja postrojenja,
- dielektričnih ispitivanja na terenu.

Bez primjene MRE koncepta, osim polja na kojem se izvode radovi potrebno je isključiti i više susjednih polja, a kod naknadnih dielektričnih ispitivanja i cijelo postrojenje. U postrojenju 110 kV EL-TO Zagreb, zbog postojećih dispozicijskih ograničenosti i konfiguracije postrojenja, izvođenje radova bez primijenjenog MRE koncepta uzrokovalo bi isključenje cijelog proizvodnog bloka.

Primijenjeni stupanj MRE-a utječe na raspoloživost postrojenja tijekom održavanja, popravka, proširenja te naknadnih dielektričnih ispitivanja na terenu, gdje je: MRE n (n = broj polja koja se isključuju). Viši stupanj MRE-a osigurava i višu sigurnost za osoblje koje provodi reviziju, remonte, zamjenu opreme i proširenja bez isključenja postrojenja, a kod naknadnih dielektričnih ispitivanja povećana je i sigurnost u slučaju proboja.

MRE se izvodi ugradnjom dodatnih odjeljaka s plinskim barijerama u GIS postrojenje, a sve zahtjeve je potrebno uzeti u obzir prilikom projektiranja postrojenja.

Zbog slijednosti radova i zahtijevane sigurnosti napajanja u provizoriju na lokaciji EL-TO Zagreb, u postrojenje 110 kV će se ugraditi naponski transformatori posebne izvedbe te će se provesti dielektrična ispitivanja naknadno ugrađenih oklopljenih vodova uz zadržavanje pogona ostatka postrojenja.

Koncept MRE-a je razvijen zbog zahtjeva kupca te je postao i dio norme (IEC 62271-203, Dodatak F) gdje su dane smjernice za njegovu primjenu.

**Goran Čubra. REVITALIZACIJA 110 kV DALEKOVODA IZMEĐU 110 kV TRAFOSTANICA TS METERIZE, TS DUJMOVAČA, TS VRBORAN**

**Abstract:** Povezanost između 110 kV trafostanice TS Meterize, TS Dujmovača i TS Vrboran temelji se na dva postojeća nadzemna dvosustavna dalekovoda izgrađena kao DV 2x110 kV između TS Meterize i TS Vrboran, te kao DV 2x110 kV između TS Dujmovača i TS Vrboran.

Izgradnjom nove TS 110/20(10) kV Dujmovača 2008.g., te njenim uvođenjem i spajanjem na prienosnu mrežu Prijenosnog područja Split (u daljnjem tekstu PrP Split), gore navedeni dvosustavni dalekovodi iskorišteni su za povezivanje između trafostanica TS Meterize, TS Dujmovača i TS Vrboran, te su nakon toga nastala u električnom smislu tri dalekovoda.

Vođenjem prienosne mreže 110 kV nazivnog naponskog nivoa na području PrP-a Split, a uvažavajući cjelokupnu proizvodnju električne energije na predmetnom području, evidentirano je kako je konfiguracija prienosne mreže, naročito u trokutu između 110 kV trafostanice TS Meterize, TS Dujmovača i TS Vrboran, uvažavajući njezine tehničke parametre i ograničenja koja ista postavljaju u smislu mogućnosti prijenosa energije, izrazito nepovoljna za evakuaciju proizvodnje električne energije u HE Zakućac. Navedeni problem je posebno izražen u trenucima vršne proizvodnje HE Zakućac, te posljedično i osiguranje (N-1) kriterija sigurnosti u prienosnoj mreži

Djelomično rješenje ovog problema je napravljeno ugradnjom serijske prigušnice u 110 kV vodnom polju u TS 110/35 kV Vrboran na koji je spojen jedan sustav nadzemnog dalekovoda između trafostanica TS Meterize i TS Vrboran, te dodatno prespajanjem nekih dalekovoda u neposrednom okruženju. Bilo je poznato da ovakvo rješenje neće biti zadovoljavajuće, a naročito nakon revitalizacije i povećanja snage HE Zakućac. Za rješavanje nastalog problema bilo je potrebno povećanje prienosne moći dalekovoda, a kao idealan medij za rješavanje nastalog problema pojavio se novi tip suvremenog visokotemperaturnog niskoprovjesnog (eng. High Temperature Low Sag – HTLS) vodiča nove tehnologije kojim će se uz istovremeno povećanje prienosne moći postići i drugi benefiti poput smanjenje provjesa, odnosno povećanje sigurnosnih visina, u svim standardnim uvjetima, a posebice kod visokih opterećenja uz najveću temperaturu okoline, uz uvjet da maksimalne mehaničke sile na stupove u svim uvjetima ostanu iste ili po mogućnosti i manje, što znači da se zadržavaju postojeći stupovi, bez dodatnih zahvata na njima.

Cilj ovog rada je pokušaj da se u najkraćem izloži problematika obavljene revitalizacije (od ideje do realizacije) na dalekovodima 110 kV između 110 kV trafostanica TS Meterize, TS Dujmovača i TS Vrboran.

## **Mihovil Ivas and Ante Marušić. POGONSKA KARTA FOTONAPONSKE ELEKTRANE S VIŠE IZMJENJIVAČA I ANALIZA VJEROJATNOSTI NASTANKA OTOČNOG POGONA**

**Abstract:** Otočni pogon distribuiranog izvora može se javiti u slučaju podudaranja proizvodnje distribuiranog izvora i potrošnje konzuma lokalne mreže u trenutku odvajanja takvog lokalnog sustava od ostatka mreže. U ovom radu obrađuje se vjerojatnost nastanka otočnog pogona s naglaskom na određeni tip elektrana - fotonaponske elektrane sastavljene od više izmjenjivača koja se priključuje na mrežu srednjeg napona.

U radu se prvo analizira struktura tipične fotonaponske elektrane sastavljene od više izmjenjivača koja se priključuje na mrežu srednjeg napona. Teoretski su određeni doprinosi ukupnoj radnoj i jalovoj snazi svih elemenata od kojih je elektrana sastavljena. Definiran je P-Q dijagram svih mogućih radnih točaka elektrane na mjestu priključka na mrežu te provedena usporedba mjerenja izvršenih na stvarnoj elektrani s izračunatim vrijednostima, analiza i korekcija modela, čime je kreirana pogonska karta sunčane elektrane s više izmjenjivača. Zatim je predložena metodologija za izračun vjerojatnosti pojave otočnog rada. Pri proračunu vjerojatnosti definiranom metodom koriste se kreirana pogonska karta sunčane elektrane, podaci o konfiguraciji mreže, statistički pogonski parametri mreže i potrošača te definirane krivulje gustoće vjerojatnosti snaga proizvodnje fotonaponske elektrane i potrošnje lokalne mreže modelirane trokutastom razdiobom. Trokutasta razdioba temelji se na analizi literature i dostupnih podataka iz mjerenja u mreži operatora distribucijskog sustava.



te su u konačnici uspoređeni dobiveni rezultati. Dodatno analiziran je i utjecaj plastične ispune i šupljina unutar kabela na rezultate proračuna kad se u istima nalazi zrak ili morska voda.

**Đordana Miličić and Gio Mili. Implementacija EU Uredbi za dostavu i objavu podatka o tržištima električne energije na ENTSO-E Transparency Platform**

**Abstract:** Europska Komisija je 14. lipnja 2013. izdala Uredbu (EU) br. 543/2013 Europskog parlamenta i Vijeća o dostavi i objavi podataka o tržištima električne energije te o izmjenama i dopunama I. Aneksa Uredbe (EK) br. 714/2009. Europska Komisija je 17. prosinca 2014. donijela Provedbenu Uredbu Komisije (EU) br. 1348/2014 o izvješćivanju o podacima i provedbi članka 8. stavaka 2. i 6. Uredbe (EU) br. 1227/2011 Europskog parlamenta i Vijeća o cjelovitosti i transparentnosti veleprodajnog tržišta energije u skladu s REMIT-om. Uz značenje i dinamiku objave podataka, navedene Uredbe propisuju i obveze ENTSO-E udruženja te ostalih sudionika integriranog unutarnjeg tržišta električnom energijom Europske unije, u prvom redu vlasnika zahtijevanih podataka i operatora prijenosnih sustava kao ovlaštenih dostavljača podataka. U skladu s 3. člankom Uredbe br. 543/2013, ENTSO-E, odnosno sve njegove članice imaju središnju ulogu u implementaciji centralne informacijske platforme za razvidnu objavu temeljnih energetske podataka. ENTSO-E je proteklih godina aktivno sudjelovao u raspravama oko implementacije temeljnih smjernica razvidnosti te je pokrenuo nabavu ugovora za razvoj, održavanje i smještaj nove ENTSO-E centralne informacijske platforme razvidnosti. ENTSO-E TP je puštena u produkciju 5. siječnja 2015. godine. U pripremi je puštanje u produkciju nove verzije platforme s poboljšanim grafičkim sučeljima i unapređenjima kvalitete objavljenih podataka kako bi svi zainteresirani mogli besplatno pristupiti velikom broju informacija s istim značenjem za cijelu Europu. Broj različitih tipova podataka se kontinuirano povećava jer se na ENTSO-E TP uključuju novi zahtjevi koji proizlaze iz Uredbi CACM - Capacity Allocation and Congestion Management Guideline (1222/2015) te SO GL - System Operation Guideline (2017/1485) i EB GL - Electricity Balancing Guideline (2017/2195). Referat će dati pregled aktivnosti potrebnih za implementaciju hrvatskog projekta razvidnosti tj. za osiguravanje standardizirane razmjene podataka između svih subjekata unutar I izvan RH koji su povezani s radom elektroenergetskog sustava RH u stvarnom i izvan stvarnog vremena radi ispunjavanja obveza vlasnika temeljnih elektroenergetskih podataka s jedne i HOPS-a s druge strane.

**Đordana Miličić, Nela Bilčar and Ivan Ubrekić. Programski sustavi za podršku implementacije novog poglavlja operativnog priručnika Policy 2 ENTSGE RG CE**

**Abstract:** Liberalizacija tržišta električne energije kao i povećana dinamika prekograničnog trgovanja u posljednjih desetak godina te nove uredbe Europske komisije predstavljaju okolnosti u kojima se pokazala potreba za unapređenjem postojećih operativnih procedura o vođenju EES-a vezanih za problematiku usuglašavanja prekograničnih programa razmjene. Regionalna grupa „kontinentalna Europa“ (eng. ENTSO-E Regional group central Europe – RG CE) pri udruženju europskih operatora prijenosnih sustava (ENTSGE RGCE) sinkrone zone kontinentalne Europe donosi i održava operativni priručnik za siguran koordinirani rad unutar sinkrone zone. Navedeni priručnik obuhvaća više područja poput operativne sigurnosti, koordiniranog operativnog planiranja, procedura u ugroženom pogonu, razmjene podataka, a jedno od njih je i „usuglašavanje prekograničnih programa razmjene i obračun“ (eng. Scheduling and accounting).

ENTSGE RG CE je u studenome 2016. godine prihvatio novo poglavlje A dijela Policy 2 ENTSGE RG CE operativnog priručnika. Nastavno na novo poglavlje donesen je i implementacijski priručnik koji je omogućio operatorima sustava razvoj programskih sustava za implementaciju novog procesa te dostavi usuglašanih prekograničnih programa razmjene (tržišne i među operatorima sustava) i program kompenzacije na Pan European Verification Platform (PEVP). Tijekom 2017. godine je donesen niz implementacijskih priručnika koji opisuju proces



se kasnije kvalitetno prenijelo na učenika. Do sada je bilo nekoliko pokušaja obuke, ali više kao pokazne vježbe, gdje učenik nije imao velikih mogućnosti samostalno rješavati problem. I sam simulator je imao određenih poteškoća i nedostataka, ali i problem je bio započeti nekakvu početnu obuku.

Ove godine započelo je rad simulatora za obuku dispečera (OTS) u Nacionalnom dispečerskom centru Hrvatskog operatora prijenosnog sustava (HOPS), a time je započela napredna obuka dispečera o vođenju elektroenergetskog sustava.

Ovime je napravljen značajan iskorak u početnoj i povremenoj obuci dispečera Nacionalnog dispečerskog centra te dispečera Mrežnih centara.

Kako simulator trenutno ima mogućnosti tri jedinice, moguće je imati jednog učitelja i dva učenika istovremeno na obuci, a time se otvaraju nove mogućnosti obuke. Primjerice između dva mrežna centra ili zajednička obuka jednog dispečera nacionalnog i jednog dispečera mrežnog centra.

U ovome članku će se opisati praktična primjena simulatora EES-a na unaprijed pripremljenom scenariju prilikom provođenja završnog ispita za dispečera NDC-a, te potencijalne mogućnosti obuke u budućnosti.

Hrvoje Horvatek, Miran Blažek and Blaženka Brkljač. Nadzor rotirajućih dioda beskontaktnog uzbudnika sinkronog generatora

**Abstract:** U članku će se predstaviti metoda za otkrivanje kvara u rotirajućem diodnom ispravljaču koji se koristi u sustavu beskontaktnu uzbude sinkronog generatora. Promatrana su dva moguća kvarna stanja, prekid i kratki spoj dioda. Algoritam za detekciju kvara diode bi osim same detekcije kvara trebao razlučiti o kojoj vrsti kvara je riječ. Tako, u slučaju prekida diode, generator može još neko vrijeme normalno raditi te zaustavljanje stroja u trenutku same detekcije kvara nije potrebno. Suprotno, u slučaju kratkog spoja diode, stroj je potrebno čim prije zaustaviti jer može doći do dodatnih oštećenja u namotima generatora i samom regulatoru uzbude.

Algoritam je implementiran na digitalnom regulatoru napona iz serije KONreg, Končareve proizvodnje. Ispitivanja su obavljena na uređaju tipa KONreg S1000 koji kao kompaktan uređaj ima ugrađen IGBT čoper nazivne struje do 25A. Tvorničkim ispitivanjima na dva generatora, prvom snage 100kVA te drugom snage 430kVA, potvrđen je zadovoljavajući rad algoritma te je napravljena njegova optimizacija kako bi se utrošilo što manje programskih resursa. Uzevši u obzir maksimalno vrijeme potrebno za prijavu kvara uslijed kratkog spoja rotirajućih dioda, algoritam se izvodi na nekoliko programskih niti procesora te tako dodatno smanjuje njegovo opterećenje. Osmišljen je i s ciljem da sakrije što je više moguće kompleksnost potrebnu za donošenje odluke o kvaru, te se tako od operatora očekuje unos samo osnovnih informacija o sinkronom generatoru. Dogodi li se kvar neke od dioda u rotirajućem ispravljaču, promatranjem valnog oblika struje uzbude uzbudnika, program je u stanju zaključiti o kojem tipu kvara se radi jer su za oba kvara specifični valni oblici struje (prikazani u članku). Iako interno algoritam proračunava kompleksni algoritam za analizu viših harmonika te istovremeno promatra njihovu međuovisnost, rezultat ove zaštite su logički signali, odnosno postoji li kvar ili ne te u slučaju da postoji, koji je tip kvara.

Bozo Djukanovic and Milica Glomazic. ELECTRICITY ENERGY MARK LIBERALIZATION STAGE IN MONTENEGRO

**Abstract:** As a candidate for membership in the European Union, Montenegro is obliged to comply with all the Energy Community's recommendations regarding the liberalization of the electricity market, to provide a competitive, non-discriminatory market, and to reach the national target of 33% of renewable energy in the overall energy consumption by 2020.

Like the neighboring countries, Montenegro also had one energy company that united the functions of the transmission, distribution, production, and supply of electricity. As the vertically oriented company was recognized as the biggest obstacle to the open market, the first step towards liberalization was the breakup of the Montenegrin Electric Company to several independent companies. After the decennial process of legal separation, Elektroprivreda Crne Gore has been separated from the Transmission System Operator, Market Operator, Distribution System Operator, and the Power Exchange have recently been formed. Yet, this process was neither painless nor simple, especially in the Balkans, where it is difficult to accept change. Newly-formed companies have (still have) the problem of finding their place in the energy scheme, while Elektroprivreda has had the problem of adapting to new trends and releasing the heritage of a unique company. Exclusion of these entities is not the ultimate goal of market deregulation, on the contrary. The purpose of the aforementioned companies is to enable existing and future participants in the market to operate under the same conditions as the "energy pulse" of the Montenegrin market and decide to position it in the most appropriate way to provide both demand and offer. In this paper, it is described how this process has been going on for the last fifteen years and what future projections are.

**Milica Glomazic and Bozo Djukanovic. RENEWABLE ENERGY SOURCES IMPACT ON THE ELECTRICITY MARKET AND POWER SYSTEM**

**Abstract:** The aim of the paper is to analyze the influence of the production of the privileged producers (small hydropower plants and wind power plants) on the electricity market and the Montenegrin electric power system in general. The emphasis was placed on the production of VE "Krnovo" (72 MW), as the biggest privileged electricity producer in Montenegro. Variability of production is the basic characteristic to be considered when analyzing the influence of these producers on EES, managing and regulating them, and the impact of the fluctuation in production (in case of planned lower and higher shares in total production) on the size of the regulatory reserve and balancing system. Economic analysis was carried out, taking into account the incentive price for renewable energy sources and the price of electricity on the power exchange

**Andrea Mihaldinec, Damjan Međimorec, Silvia Piliškić and Ivana Aralica. UTJECAJ NOVOG ZAKONODAVNO REGULATORNOG OKVIRA EUROPSKE UNIJE NA OPERATORE PRIJENOSNIH SUSTAVA**

**Abstract:** „Čista energija za sve Europljane“ (eng. CEP), novi prijedlog paketa energetske propisa Europske unije (EU), predstavlja važnu stepenicu između tzv. Trećeg energetske paketa i izazova s kojima će se elektroenergetski sektor EU suočavati u slijedećem desetljeću pa i dalje u budućnosti. Utjecaj ove nove regulative bit će značajan, kako za operatore prijenosnih sustava (OPS), tako i za ENTSO-E, krovno udruženje koje okuplja europske operatore prijenosnih sustava.

Europska komisija (EK) je 2016. godine predstavila prijedloge propisa iz CEP-a koji su postupno dorađivani i usuglašavani u tzv. trijalogu EK, Europskog Parlamenta (EP) i država članica predstavljenih u Vijeću EU. Dio propisa je već usvojen i stupio na snagu tijekom 2018. godine a posljednji propisi su usuglašeni na samom kraju 2018. i početku 2019. nakon završenih pregovora i postignutog dogovora svih triju strana. Krajem ožujka 2019. očekuje se konačno formalno usvajanje posljednjih propisa iz CEP-a od strane EP i Vijeća EU, a njegova objava se očekuje u svibnju, dok je stupanje na snagu predviđeno 20 dana nakon takve službene objave. Novi zakonodavni okvir uključuje četiri direktive i četiri uredbi za područje energetske učinkovitosti, energiju iz obnovljivih izvora, novi model tržišta električne energije, sigurnost opskrbe i pravila upravljanja za Energetsku uniju.

Novi okvir za model tržišta predviđa promjene ovlasti ENTSO-E, regionalne zadatke uspostave regionalnih koordinacijskih centara u regijama za izračun kapaciteta te time donosi nove zadatke i OPS-ovima. Nove obveze OPS-ova, u smislu novog modela tržišta, su i osiguravanje raspoloživosti prekograničnih prijenosnih kapaciteta u iznosu od 70% ukupnog termičkog

opterećenja interkonekcijskih vodova. U regulatornom smislu CEP predviđa jačanje ovlasti nacionalnih regulatora i ACER-a.

U okviru CEP-a, te u okviru suradnje i koordinacije OPS-ova u sklopu ENTSO-E, najveći izazov za sve OPS-ove u EU predstavljat će odredbe za uspostavu regionalnih koordinacijskih centara (eng. RCC) u smislu organizacije i strukture takvih centara uz implementaciju relevantnih metodologija i digitalnih alata za izvršenje novih zadataka.

Posebno su važni ali i izazovni rokovi jer mnoge odredbe imaju jasno određen rok koji je povezan sa stupanjem na snagu Uredbe o unutarnjem tržištu električne energije (preinaka). Općeniti zahtjevi bez specificiranog vremenskog roka povezanog sa stupanjem na snagu predmetne Uredbe morat će se primjenjivati veći od 1. siječnja 2020. godine.

ENTSO-E će izraditi Analizu utjecaja CEP-a, koja će biti završena u svibnju 2019. godine. Analizirat će se utjecaj CEP-a na ENTSO-E i na OPS-ove s ciljem procjene i preporuka o dodanoj vrijednosti rada ENTSO-E, posebice u slučajevima gdje OPS-ovi mogu djelovati pojedinačno ili na regionalnoj razini. Također, ista bi trebala dati kvalitativnu procjenu onih odredbi koje bi imale značajan utjecaj na OPS-ove.

### **Ivan Strnad and Ivan Višić. Komunikacijske mreže i protokoli za digitalne transformatorske stanice**

**Abstract:** Razvoj tehnologija i digitalizacija danas su glavni pokretači u svim granama industrije, pa tako i u elektroenergetici (EE). Današnje tehnologije omogućavaju potpunu digitalizaciju svih funkcija unutar EE postrojenja, ali i cijelog EE sustava. Upravo na temelju toga razvio se koncept potpuno digitalne transformatorske stanice u kojoj se sve informacije digitaliziraju i razmjenjuju preko Ethernet komunikacijske mreže bazirane na IEC 61850 normi. Takav pristup razmjeni informacija unutar EE postrojenja otvorio je nove mogućnosti za implementaciju naprednih mreža (Smart grid).

Kako bi se olakšala implementacija novih digitalnih tehnologija i osigurala interoperabilnost u EE postrojenjima razvijena je norma IEC 61850. To je norma koja je obuhvatila puno veći opseg od svih normi i protokola koji su se prije nje koristili u automatizaciji EES-a. Norma se naslanja na tehnologije, protokole i modele koji su već postojali u IT i industrijskim rješenjima, što je omogućilo da se ponajviše fokusira na elektroenergetsku domenu.

U ovom radu biti će dan pregled tehnika i protokola koji se koriste kod implementacije komunikacijskih mreža u digitalnim transformatorskim stanicama. Cilj je prikazati sve ključne elemente o kojima je potrebno voditi računa kod implementacije i korištenja takve komunikacijske mreže. Uz navedeno biti će prikazani rezultati testiranja prometa na procesnoj mreži u laboratorijskom okruženju.

Ivan Višić, Goran Pregrad and Ivan Strnad. Ispitivanje sekundarnih sustava u digitalnim transformatorskim stanicama

**Abstract:** Kontinuirani razvoj IEC61850 standarda nameće potrebe za drugačijim pristupom projektiranju, izvedbi, ispitivanju i održavanju sekundarnih sustava u transformatorskim stanicama. Razvoj i uvođenje procesne komunikacijske sabirnice u sekundarni sustav otvara put prema digitalnoj transformatorskoj stanici. To je transformatorska stanica u kojoj se ugrađuje nova oprema kao što su nekonvencionalni mjerni transformatori (NCIT) s akvizicijskim jedinicama (Merging Unit), samostojeće akvizicijske jedinice (Stand Alone Merging Unit) i jedinice za upravljanje s primarnom opremom (Switch Control Units), a čiji se sekundarni sustav temelji na IEC61850 standardu. Primjena komunikacijske sabirnice za prijenos uzorkovanih mjerenih veličina i signala otvara mogućnost primjene distribuiranih aplikacija u sekundarnim sustavima čija implementacija nameće potrebu za drugačijim pristupom ispitivanju sustava zaštite, upravljanja i automatizacije. S obzirom na to trebalo bi redefinirati proces ispitivanja vodeći računa o tome da se svaka funkcija u sekundarnom sustavu može ispitati i da za svaku funkciju treba postojati metoda ispitivanja. Postoji velik broj slučajeva koje treba sagledati, od samog ispitivanja logičkih čvorova, ispitivanja funkcijskih cjelina, integracijskih ispitivanja, tvorničkih ispitivanja, ispitivanja na terenu i

ispitivanja prilikom održavanja. Osim toga, treba iskoristiti funkcionalnosti koje osigurava IEC 61850 standard kako bi se nadzirao sekundarni sustav i smanjila količina potrebnog ispitivanja. U članku će biti dan pregled funkcionalnosti IEC 61850 standarda vezano uz ispitivanje sustava zaštite, upravljanja i automatizacije u digitalnoj transformatorskoj stanici, trenutne mogućnosti sekundarne opreme i neki praktični primjeri ispitivanja.

#### Stjepan Stipetić, Marinko Kovačić and Damir Žarko. Sinkroni reluktantni generatori za mikro hidroelektrane

**Abstract:** Učinkovita potrošnja energije i povećana upotreba energije iz obnovljivih izvora su promovirane strateškim planovima Europske unije i Republike Hrvatske. Mikro, mini i male hidroelektrane imaju značajan neiskorišteni potencijal i prednost pred energijom vjetra i sunčevom energijom u stabilnijoj i predvidivoj proizvodnji. Vodna turbina i električni generator su ključni elementi takvih sustava, koji trebaju imati nisku cijenu, visoku učinkovitost i pouzdanost. Novi sustavi za pretvorbu energije su temeljeni na turbini promjenjive brzine vrtnje i na generatoru spojenom na energetske pretvarač, čime se ostvaruje fleksibilan sustav za upravljanje radnom i jalovom snagom. Topologije generatora, koje nude visoku učinkovitost, temeljene su na stalnim magnetima s elementima rijetkih zemalja koji imaju visoku i nestabilnu cijenu na tržištu i čija proizvodnja ima iznimno negativan učinak na okoliš. Alternativa strojevima sa stalnim magnetima su sinkroni reluktantni strojevi, jednostavnog robusnog dizajna bez magneta, visoke učinkovitosti i niske cijene.

Fakultet elektrotehnike i računarstva kroz projekt HYDREL financiran od Hrvatske zaklade za znanost istražuje mogućnosti korištenja sinkronih reluktantnih strojeva kao generatora u mikro hidroelektranama. Istraživanja i inovacije na projektu HYDREL su usredotočeni na sljedeće ciljeve:

- (i) razvoj koncepta proizvodnje energije u mikro hidroelektranama temeljenog na sinkronim reluktantnim generatorima;
- (ii) istraživanje optimalnog oblika rotorskih barijera sinkronog reluktantnog generatora u svrhu povećanja korisnosti i gustoće momenta uz projektiranje i izradu dva prototipna generatora;
- (iii) razvoj metode za dizajn energetskog pretvarača optimiranog po gubicima i volumenu uz projektiranje i izradu prototipa pretvarača s optimalno odabranim poluvodičkim i filtarskim komponentama;
- (iv) istraživanje naprednih metoda upravljanja bez mjernog člana brzine vrtnje za energetske učinkovito upravljanje sinkronim reluktantnim generatorom i mrežnim pretvaračem;
- (v) eksperimentalna verifikacija sustava za proizvodnju električne energije na laboratorijskom postavu.

Temeljne istraživačke metode na projektu HYDREL uključuju razvoj simulacijskih modela komponenata, integraciju tih modela u računalno nezahtjevan integrirani simulacijski sustav i detaljnu eksperimentalnu verifikaciju s implementacijom razvijenih algoritama upravljanja.

Razvijeni koncept sustava proizvodnje električne energije bit će ispitan na laboratorijskom postavu sastavljenom od dva prototipna stroja, koji predstavljaju turbinu i generator, a spojeni su na mrežu preko prototipa energetskog pretvarača. Najvažniji učinak očekuje se na području energije kroz industrijsku primjenu prototipnog sustava mikro hidroelektrane. Nadalje, očekivani učinak je i veća primjena sinkronih reluktantnih strojeva u industriji, pogotovo zbog robusnog dizajna i visoke korisnosti.

#### Nikolina Čović and Hrvoje Pandžić. Optimalna investicija hotela u punionice za električna vozila i baterijski spremnik

**Abstract:** Hoteli su potrošači električne energije iz kategorije Poduzetništvo te, osim potrošene energije, plaćaju i mjesečnu angažiranu snagu koja se računa kao najveća prosječna potrošnja tijekom 15 minuta. S druge strane, s obzirom na sve veći broj električnih vozila i zahtjeve gostiju, u hotelima se javlja potreba za investiciju u punionice za električna vozila. Budući da su punionice za električna vozila potrošači velike snage, no male potrošnje električne energije, mogu značajno utjecati na povećanje angažirane snage hotela. Stoga se, uz instalaciju punionica za električna vozila, razmatra i instalacija baterijskog spremnika energije koji može smanjiti troškove angažirane snage, ali i prebaciti dio potrošnje iz visoke u nisku tarifu. Zadatak je definirati matematički model optimalne investicije hotela u punionice za električna vozila i baterijski spremnik energije. Matematička formulacija će se implementirati u optimizacijskom softveru GAMS, a proračuni će se provesti za različite zahtijevane snage punionica i cijene baterijskog spremnika.

Matea Vidan and Hrvoje Pandžić. Optimalni mjesečni pogon stanice za zamjenu baterija električnih vozila

**Abstract:** Još donedavno električna vozila predstavljana su kao dio budućnosti, no polako postaju svakodnevica. Svakim se danom sve veći broj korisnika odlučuje na kupnju istih. Upravo je zbog rastuće popularnosti električnih vozila potrebno prilagoditi elektroenergetski sustav. Elektroenergetski sustav sastoji se od 4 komponente, a to su proizvodnja, prijenos, distribucija te potrošnja. S obzirom na situaciju u svijetu što se tiče globalnog zatopljenja, emisija CO<sub>2</sub> plinova, izumiranja životinjskih vrsti, zagađenja mora itd., sve se više okrećemo „zelenoj energiji“ i električnim vozilima. Električna vozila pogone se pomoću elektromotora koji se napaja iz baterije, za razliku od motora s unutrašnjim izgaranjem kojeg pokreću benzin ili diesel. Upravo radi toga što električna vozila ne koriste benzin ili diesel smatraju se ekološki prihvatljivima. Prednosti korištenja električnih vozila su brojne, ali ona i dalje nisu većinski korištena vozila. Kako bi jednog dana postala, potrebno je privući nove korisnike. U cijelom svijetu je vrlo razvijen sustav benzinskih crpki na kojima korisnici automobila na benzin, diesel ili plin mogu napuniti svoje rezervoare. Kako bi električna vozila doživjela procvat, potrebno je izgraditi upravo takav sustav, no umjesto fosilnih goriva, potrebna je električna energija. Dakle, cilj je integrirati električna vozila u elektroenergetski sustav te omogućiti korisnicima punjenje baterija u svakom trenutku na velikom broju lokacija. Jedan od načina za punjenje baterije su punionice, a drugi način su stanice za zamjenu baterija. Koncept je vrlo jasan, korisnik dođe u stanicu za zamjenu te ostavi staru bateriju, a u vozilo mu se umetne nova, napunjena baterija. Stanica za zamjenu baterija upravlja baterijama te osigurava da u svakom trenutku ima bateriju na raspolaganju, ukoliko dođe do zamjene. Stanica za zamjenu mora sadržavati veći broj baterija te njima optimalno upravljati kako bi uspješno poslovala. Optimalno poslovanje odnosi se na određivanje rasporeda kada će se baterije puniti te koliko, kako bi se izbjegla velika količina punjenja po višoj tarifi i nedostatak napunjenih baterija za zamjenu. Time se minimiziraju troškovi stanice za zamjenu baterija. Drugi cilj je smanjiti vršnu potrošnju te imati što manju vrijednost mjesečne angažirane snage. U ovom je radu osmišljen pogon stanice za zamjenu baterija te su minimizirani troškovi. Model je implementiran u softveru GAMS.

Ivanka Radić, Vedran Maljković and Željko Tašner. Usporedba fizikalno - kemijskih karakteristika naftenskih i izoparafinskih izolacijskih ulja i njihov utjecaj na efikasnost hlađenja transformatora

**Abstract:** Izolacijsko ulje se koristi u uljnim transformatorima kao sredstvo za odvođenje topline s namota, jezgre te predaju topline na okolinu, impregnaciju izolacije, izoliranje dijelova pod naponom. To je i tekući medij koji prenosi informacije o stanju izolacijskog sustava ulje-papir.

Najčešće korišteni izolacijski medij je mineralno naftensko ulje dobiveno postupkom rafinacije iz sirove nafte. Dugogodišnjim korištenjem ovog dielektrika stečeno je veliko iskustvo i znanje o ponašanju navedenog izolacijskog medija.

Unatrag par godina na tržištu se pojavilo i ulje proizvedeno ukapljivanjem prirodnog plina metana (GTL ulje) koje je izoparafinske strukture. GTL ulje se već primijenjuje u transformatorima prvenstveno u energetske. Odlikuje se prije svega velikom čistoćom (bez prisustva sumpora ili drugih primjesa), nižom gustoćom i višom točkom plamjenja od mineralnih ulja dobivenih iz nafte.

Gustoća GTL ulja je niža u odnosu na tradicionalna mineralna ulja ali i u odnosu na ostale izolacijske tekućine, što predstavlja njegovu prednost jer je za isti volumen masa ulja manja (cca 7% u odnosu na mineralna ulja), a i sama težina transformatora je time nešto manja.

U radu je prezentirana usporedba kemijskih svojstava tradicionalnih naftenskih i izoparafinskih ulja. Uspoređene su također i fizikalne karakteristike ulja: viskoznost, toplinska vodljivost i gustoća. Karakteristike su prikazane grafički te opisane jednadžbama za pojedina ulja.

Temeljem fizikalno-matematičkog modela za izračun Nusseltove značajke za cilindrični namot napravljena je usporedba izračuna koeficijenta konvektivnog prijelaza topline tradicionalnih naftenskih i izoparafinskih ulja pri različitim toplinskim tokovima.

Potom su provedeni pokusi zagrijanja na istom transformatoru napunjenom prvo s naftenskim, a potom izoparafinskim uljem. Prezentirani su rezultati provedenih pokusa zagrijanja u ispitnoj stanici i dana usporedba s očekivanim zagrijanjima ulja i namota transformatora na temelju rezultata proračuna dobivenih uvrštavanjem fizikalnih svojstava dobivenih od proizvođača ulja.

#### Goran Grdenić and Marko Delimar. Power electronics in high-voltage direct-current transmission

**Abstract:** Although the ac current is widely used in electricity transmission, dc current is still utilized in a number of different applications. Namely, these are the connection of asynchronous grids, long-distance cable connections, and bulk power transmission using overhead lines. There are two types of power electronic devices in the application in HVDC transmission: Line-Commutated Converters (LCC) based on half controlled semiconductor switches or thyristors; and Self-Commutated Converters (SCC) or also called Forced-Commutated Converters (FCC) based on fully controlled semiconductor switches – transistors. In this paper, the structure, topology, operation and application of these converters are going to be described concisely and clearly. The newest technological developments and the most prominent projects in the world are going to be addressed.

#### Velimir Ilijanić, Alan Župan, Joško Moser and Marija Žmire. PROSTORNO – INTEGRACIJSKI SUSTAV HOPS-a

**Abstract:** U radu je dan funkcionalni prikaz sustava koji se sastoji od dvije glavne funkcionalne komponente: PIS preglednika te Sučelja za administraciju. Pristup PIS-u je omogućen korisnicima HOPS-a i drugim sustavima HOPS-a. Integracija PIS-a je ostvarena sa Geoportalom DGU-a, DeGIS sustavom, Upisnikom nekretnina, PLS CADD sustavom i sustavom 3D snimanja postrojenja.

Nadalje je dan prikaz fizičke arhitekture sustava i logičke arhitekture sustava. Fizička arhitektura sustava sastoji se od Servera baze podataka, Aplikacijskog servera i GIS servera. Logička arhitektura je troslojna (Prezentacijski sloj, servisni sloj, podatkovni sloj).

U Sustavu postoje tri glavne uloge korisnika koje osiguravaju različita prava prilikom njegovog korištenja: 1. Administrator; 2. Prijavljeni korisnik; 3. Anonimni korisnik. Administrator dobiva pristup administratorskoj kontrolnoj ploči za konfiguraciju Sustava, Prijavljeni korisnik je korisnik koji se korištenjem korisničkog računa (korisničko ime i lozinka) prijavi u sustav te mu sustav temeljem toga stavlja na raspolaganje korištenje dodatnog skupa mogućnosti koje anonimni korisnik nema.

PIS preglednik sastoji se od Zaglavlja, Stabla slojeva, Interaktivne karte, Odabira podloga i Glavne alatne trake.

Stablo slojeva omogućuje prikaz pojedinog sloja ili više slojeva zajedno. Podijeljeno je na grupe slojeva: HOPS objekti i ostali podaci.

Navigacija na kartama je moguća u 2D ili 3D načinu prikaza. Na raspolaganju je prikaz u nekoliko koordinatnih sustava.

Podloge se sastoje od prazne karte, OSM karte te niza geokodiranih karata (ortofoto, HOK, TK...).

U Glavnoj alatnoj traci se nalaze alati za pretraživanje podataka, te niz korisničkih alata (izbor objekta, izmjena atributa objekta, izmjena geometrije objekta, brisanje objekta, mjerenja duljine i površine, dodatna crtanja i unos teksta neovisno o objektu, ispis sadržaja vidljivog na ekranu u više formata, funkcija permalinka).

U dnu ekrana je u svakom trenutku vidljivo mjerilo, koordinatni sustav i koordinate položaja kursora.

PIS je napravljen u web okolini, te je vidljiv sa bilo kojeg PC-a u HOPS-u, a sve se odvija na serveru lociranom u HOPS-u.

### Perica Jukić. Improve heat-supply steam turbine efficiency

**Abstract:** Energy efficiency is important for sustainable energy development, primarily from environmental protection point of view, but also economic and social. Heat-supply Power Plants with installed heat-supply turbines are the plants that can achieve high heat efficiency factor by firing fossil fuel for the cogeneration of electricity and heat.

This thesis systematises common specific characteristics of different types of heat-supply turbines and defines basic efficiency indicators and methods for efficiency increase under specific conditions of electricity and heat cogeneration. It describes structural characteristics of heat-supply turbines (both small output turbines of 25 MW and large output turbines of 100-300 MW) and the experience gained through the exploitation of such turbines on the example of UTMZ manufactured turbines (one of the best known turbine manufacturers). Basic characteristics of heat-supply turbines and heat-supply in general are also given.

The potential for further improvement in the operating regime of heat-supply turbines was seen in the replacement of two-stage heating of district-heating water with a three-stage one performed in an additionally built-in tube bundle in the condenser (pučok) assisted by a minimum low pressure steam flow. The feasibility of three-stage heating of district-heating water was shown on the example of heat-supply turbines T-100/120-130-3 UTMZ, installed in TE-TO Zagreb by use of Cleaner Production Methodology.

For the need of such analysis original software was devised for the computation of operating regime diagrams for heat-supply turbines and other turbines of different types. The software is based on theoretical background, manufacturers' data, results obtained through standard tests and exploitation data.

### Petar Slivonja. Ispitivanje i traženje kvarova na vanjskim zaštitnim plaštevima VN kabela

**Abstract:** Tijekom izgradnje 110 kV kabelskih vodova predviđeno je ispitivanje 110 kV kabela i opreme prema IEC-u 60840 u slijedećim fazama izgradnje; ispitivanje kabela na bubnju, neposredno nakon polaganja kabela na posteljicu, nakon povezivanja kabela kabelskim spojnica, nakon zatrpavanja kabela s posteljicom, nakon zatrpavanja kabelskog rova i nakon povezivanja na priključne točke. Ispitivanje vanjskih zaštitnih plaštova 110 kV kabela se vrši istosmjernim naponom prema normi IEC 60229:2007 u svim prije navedenim fazama izgradnje kabelskog voda. Neuspjelo ispitivanje vanjskih zaštitnih plaštova VN kabela u fazi izgradnje je pokazatelj mehaničkog oštećenja vanjskog zaštitnog plašta ili nedovoljno dobro obrađenih i zaštićenih krajeva kabela uslijed čega dolazi do preskoka između ekrana kabela i uzemljenog dijela kabela, kabelske žile ili vanjskog zaštitnog plašta. Do mehaničkih oštećenja vanjskih zaštitnih plaštova najčešće dolazi prilikom izvođenja građevinskih radova nakon što su već kabela položeni. U većini slučajeva uzrok je nepažnja građevinskih radnika ili pad oštih predmeta sa ruba rova na već položene kabele. Na primjeru izgradnje kabelske veze 110 kV TS Pehlin – TS Turnić i 110 kV kabela Dugi Rat-Postira (Brač) – izrada priobalnih zaštita i polaganje podzemne dionice u Postirama dan je pregled ispitivanja koja su vršena te opis i analiza kvarova na kabelskom vanjskom zaštitnom plaštu s objašnjenjem zašto je do istih došlo te prijedlogom mjera kako bi se isti izbjegli prilikom izgradnje budućih 110 kV kabelskih vodova. Za određivanje lokacije kvarova na vanjskom plaštu korištena je metoda mjernog mosta pomoću koje je moguće vrlo precizno odrediti lokaciju kvara. Za mikrolociranje kvarova na kabelskoj trasi korišten je udarni generator i galvanometar. U radu je dan kratak opis korištenih metoda te iskustvo iz korištenja istih. Dan je i kratak osvrt za slučaj ukoliko na vanjskom zaštitnom plaštu postoji više od jednog kvara. Opisan je način kako postupati ukoliko postoji više od jednog kvara na vanjskom zaštitnom plaštu te je dan prikaz ponašanja galvanometra u tom slučaju te objašnjenje zašto do tog slučaja dolazi.

**Dino Jakovčić and Nenad Rudan. Praktična iskustva pri mjerenju kvalitete električne energije**

**Abstract:** U radu je dan pregled višegodišnjih mjerenja kvalitete električne energije na području distribucijskog područja Elektroistra Pula. Mjerenja su vršena temeljem godišnjih planova mjerenja kvalitete električne energije Elektroistre Pula, temeljem pritužbi korisnika mreže i temeljem zahtjeva pojedinih odjela unutar Elektroistre. Planirana mjerenja su vršena ovisno o maksimalnim opterećenjima distribucijske mreže i karakteru potrošnje, pretežito ljeti ili zimi.

Naglasak je dan na mjerenjima nesukladnim važećoj regulativi uz opis načina ili prijedloga rješenja uočenih nesukladnosti.

**Srđan Žutobradić and Lahorko Wagmann. NOVA METODOLOGIJA ZA ODREĐIVANJE IZNOSA TARIFNIH STAVKI ZA ZAJAMČENU OPSKRBU ELEKTRIČNOM ENERGIJOM**

**Abstract:** U referatu će se predstaviti značajke nove Metodologije za određivanje iznosa tarifnih stavki za zajamčenu opskrbu električnom energijom, koja je stupila na snagu 1. ožujka 2019. godine. HERA je izradila novu Metodologiju jer je u uvjetima porasta cijena električne energije na veleprodajnom tržištu prethodna Metodologija rezultirala tarifnim stavkama koje su bile niže od tržišnih cijena. Takva situacija bila je protivna odredbama Zakona o tržištu električne energije, te je prijetila narušavanjem odnosa na maloprodajnom tržištu električne energije. U novoj Metodologiji promijenjen je koncepcijski pristup koji bi trebao rezultirati primjerenim iznosima tarifnih stavki.

**Lahorko Wagmann and Srđan Žutobradić. ANALIZA ENERGETSKIH ZNAČAJKI KRAJNJIH KUPACA ELEKTRIČNE ENERGIJE KOD KOJIH SE PRIMJENJUJE TARIFNI ELEMENT OBRAČUNSKJE VRŠNE RADNE SNAGE PRILIKOM ODREĐIVANJA IZNOSA TARIFNIH STAVKI ZA PRIJENOS I DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE**

**Abstract:** U Metodologijama za određivanje iznosa tarifnih stavki za prijenos/distribuciju električne energije definirano je da se tarifni element obračunske vršne radne snage primjenjuje kod krajnjih kupaca iz kategorije poduzetništvo na visokom naponu, srednjem

naponu i niskom naponu – model Crveni, te kod krajnjih kupaca iz kategorije kućanstvo, tarifni model Crveni.

Poznata je činjenica da su troškovi elektroenergetske mreže prvenstveno uvjetovani opterećenjem (snagom), a ne energijom. Zbog toga je primjena tarifnog elementa obračunske vršne radne snage opravdana a u budućnosti će se vjerojatno proširiti i na krajnje kupce sa manjom priključnom snagom (tarifni modeli Plavi i Bijeli).

S obzirom da primjena tarifnog elementa obračunske vršne radne snage ponekad izaziva dvojbe pa i negativne reakcije krajnjih kupaca nužno je izvršiti detaljnu statističku analizu energetske značajke postojećih krajnjih kupaca iz navedenih tarifnih kategorija/modela.

Dobiveni rezultati će se izložiti u referatu, te će poslužiti kao podloga za daljnje aktivnosti u ovom području.

#### **Zora Luburić, Tonči Tadin and Antun Andrić. Europska platforma za razmjenu sekundarne rezerve (PICASSO) – analiza pristupanja operatora prijenosnog sustava**

**Abstract:** Integracijom velikih kapaciteta obnovljivih izvora energije u elektroenergetski sustav te potrebom optimiranja troškova aktivacije energije uravnoteženja javila se potreba za povezivanjem pojedinih tržišta energije s ciljem ostvarivanja ušteda i povećavanja pogonske sigurnosti. Zbog različitih zahtjeva pojedinih operatora prijenosnih sustava na lokalnim tržištima energije uravnoteženja, potrebno je utvrditi pravila koja se odnose na tehničke i operativne aspekte uravnoteženja sustava te mogućnosti trgovanja energijom na tržištu električne energije uravnoteženja koje bi obuhvaćalo i povezalo države članice EU te interkonekcije. Ovakvim pristupom očekuje se povećanje likvidnosti tržišta u duljem vremenskom roku jer se uklanjaju barijere za pristup tržištima energije uravnoteženja.

Europska platforma za razmjenu energije uravnoteženja iz rezervi za ponovnu uspostavu frekvencije s automatskom aktivacijom (engl. The Platform for the International Coordination of Automated Frequency Restoration and Stable System Operation (PICASSO)) jedan je od proizvoda EU Uredbe o uspostavljanju smjernica za električnu energiju uravnoteženja (EBGL) 2017/2195 od 23. studenog 2017. Ovom se Uredbom uspostavlja skup tehničkih, operativnih i tržišnih pravila na razini EU-a kojima se uređuje funkcioniranje tržišta električne energije uravnoteženja. Naime, u roku od jedne godine od stupanja na snagu EBGL-a bilo je potrebno izraditi prijedlog njenog provedbenog okvira obuhvaćen projektom kojim se definira dizajn, implementacija i pogon platforme. Dodatno, ključan dio prijedloga je i definicija funkcija potrebnih za njezin optimalan, pouzdan i učinkovit rad. Slijedno tome, cilj PICASSO projekta je uspostava jedinstvenog tržišta za razmjenu energije uravnoteženja iz rezervi za ponovnu uspostavu frekvencije s automatskom aktivacijom. Dio PICASSO projekta je i objašnjenje vezano za definiciju izračuna cijena te mogućnosti namirenja TSO-TSO.

Ovim referatom definirat će se svi tehnički uvjeti koje će biti potrebno izvršiti od strane Hrvatskog operatora prijenosnog sustava (HOPS-a) kako bi se provela implementacija, a kojima će se pobliže objasniti rad europske platforme. S druge strane, dat će se pregled potencijalnih prednosti za pogon hrvatskog elektroenergetskog sustava proizašlih njenom aktivacijom. Nadalje, dodatno će se provesti analiza mogućih troškova nastalih samom implementacijom i pogonom platforme za razmjenu energije uravnoteženja iz rezervi za ponovnu uspostavu frekvencije s automatskom aktivacijom.

#### **Jure Šimundić, Marijan Škoda, Boris Avramović and Igor Ivankovic. Vatrozidna zaštita na razini elektroenergetskog objekta**

**Abstract:** Procesima informatizacije i umrežavanja, procesna elektroenergetska (EE) okruženja postupno su se otvorila i povezala s drugim vanjskim procesnim sustavima, poslovnom mrežom i u konačnici s Internetom. Danas se većini procesnih sustava jednog energetskeg operatora može poprilično lako pristupiti s više strana- iz poslovne mreže, kroz site-to-site VPN tunele uspostavljene s ugovorim obveznicima kao i s Interneta u vidu udaljenih korisničkih veza. Jedan aspekt otvorenosti svakako je i onaj koji se može ostvariti na razini EE objekata koji su često povezani s vanjskim entitetima nefiltriranom IP vezom. Često je u

pitanju direktna mrežna veza dvaju SCADA računala u EE objektima različitih EE operatora. Ono što predstavlja dodatnu ranjivost u takvom okruženju, sama su SCADA računala i SCADA aplikacije koje rade povrh operativnih sustava kojima nedostaju odgovarajuće zakrpe i antivirusna zaštita zbog čega ih je moguće lako kompromitirati.

S obzirom na komunikacijsku povezanost samih EE objekata kao i na vezu koju objekti ostvaruju prema pozadinskim nadzorno-upravljačkim centrima, kompromitacija pojedinog EE objekta može lako dovesti do kompromitacije ostalih EE objekata ili pak cijele mreže. U skladu s tim, adekvatna kontrola pristupa i implementacija zaštitnih mehanizama na razini EE objekata postaju veoma bitan element u konstrukciji informatički sigurnog procesnog okruženja. Na tehničkoj je razini spomenute sigurnosne zahtjeve danas moguće ostvariti pomoću vatrozida nove generacije ciljano namijenjenih zaštiti procesnih okruženja. Takva rješenja pružaju raznoliki skup primarnih i proširenih sigurnosnih mehanizama kojima se u visokoj mjeri može osloviti i tretirati opisane ranjivosti i rizike.

Namjena je ovog referata predstaviti vatrozide namijenjene zaštiti procesnih okruženja, pružiti uvid u evoluciju i načine njihove implementacije u lokalne mreže EE objekata te opisati njihove sigurnosne funkcionalnosti.

**Zdravko Pamić. NORMA HRN HD 629.1 S3**

**Abstract:** Norma HRN HD 629.1 obuhvaća ispitne zahtjeve za pribor za energetske kabele nazivnog napona od 3,6/6 (7,2) kV do 20,8/35 (42) kV - 1.dio: Kabeli s ekstrudiranom izolacijom. U referatu će se prikazati razlike između trenutno važeće norme S2:2006/A1:2008 i verzije S3 koja treba biti objavljena tijekom 2019. s posebnim osvrtom na dijelove normi prema kojima se ispituju pribor za energetske kabele za potrebe HEP ODS-a.

Potrebno je naglasiti da je sadašnja norma HRN HD 629.1.S2: 2007/A1:2008 nastala kao dopuna S1 verzije norme iz 1996. godine. To sve ukazuje na činjenicu da se zemlje članice CENELEC-a ne mogu usuglasiti odjednom sa svim novonastalim izmjenama iste norme pojedinih zemalja. Istovremeno se treba imati u vidu i da se sama S1 verzija ove norme usuglašavala između svih članica CENELEC-a gotovo 11 godina što samo ukazuje na složenost izrade ove HD norme.

Kabelski pribor, koji je pokriven ovom normom, su vanjski i unutarnji završeci svih tipova, uključujući i za priključne kabelske ormariće, ravne spojnice, odvojne i zaporne spojnice svih tipova, prikladne za podzemno, unutarnje i vanjsko polaganje te zaslonjeni i nezaslonjeni utični i/ili vijčani rastavni kabelski spojnice

Ovom normom kabelski pribor pokriva naponske nivoe: 3,6/6(7,2) kV, 3,8/6,6(7,2) kV, 6/10/(12) kV, 6,35/11(12) kV, 8,7/15(17,5) kV, 12/20(24) kV, 12,7/22(24) kV, 18/30(36) kV, 19/33(36) kV i 20,8/36(42) kV.

Dopušteno strujno opterećenje završetaka i spojnica za kabele s ekstrudiranom izolacijom bit će u skladu s vrijednostima specificiranim u normi za kabele HRN HD 620 S2:2010 ili drugom odgovarajućom normom po kojoj je proizveden kabel i bit će u skladnosti s dopuštenim strujnim opterećenjem za kabele i unutar vrijednosti propisanim za uvjete struje kratkog spoja. U referatu će se dati neke od važnijih definicija kabelskog pribora definiranog u normi HRN EN 60050-461. Navest će se i ispitni sklopovi koje se određuju kabelima, na način da svi kabeli, s ugrađenim kabelskim priborom koji se ispituje, moraju odgovarati zahtjevima prema normi HRN HD 620 S2, ili nekoj drugoj odgovarajućoj normi koji će biti identificirani prema navodima u Aneksu A ove norme. Nadalje, tu su i spojne stezaljke koje će biti, zajedno s kabelskim priborom koji se ispituje, identificirane prema navodima u Aneksu B ove norme. Kabelski pribor koji se ugrađuje mora zadovoljiti svoj rok trajanja. Pribor koji se ispituje bit će identificiran s poštivanjem imena proizvođača, tipom, njegovom oznakom, datumom proizvodnje i krajnjim rokom trajanja, najmanjim i najvećim presjekom, vrstom materijala i oblikom vodiča kabela,

najmanjim i najvećim promjerom preko izolacije kabela, tipa kablenskog pribora, naponskog nivoa, uputama za ugradnju te popisom sadržaja kompleta kablenskog pribora.

Do pisanja samog referata autor očekuje izdavanje S3 verzije ove norme tako da će se u samom referatu dati novosti koje donosi S3 verzija ove norme

### **Zdravko Pamić. DOSADAŠNJA ISKUSTVA S PRODOROM VODE U ELEKTROENERGETSKE OBJEKTE**

**Abstract:** Kod ulaza kabela, ili cijevi, u elektroenergetske objekte, ili unutar njih, ugrađuju se odgovarajući brtveći sustavi. Njihova osnovna funkcija je brtvljenje i zaštita od vode, vatre, plina, prašine, prljavštine, sitnih glodavaca i drugih nepoželjnih stvari u objektima koji se ovim sustavima štite. Kod podzemne primjene ovih sustava potrebno je brtvljenje radi zaštite od konstantnog pritiska vode, što je posebno idealno rješenje za kabele koji ulaze kroz temelje objekata, koji moraju biti otporni na stalni pritisak vode čime se sprječavaju oštećenja opreme uslijed poplave ili vlage. Osim osnovne funkcije, a to je potpuna i trajna zaštita objekta u koji se ugrađuju, od njih se zahtijeva i da su jednostavni za montažu i funkcionalnim u svim prilikama. Najznačajnija funkcije modularnih brtvećih sustava je brtvljenje i zaštita od vode, zbog poplave ili pojave same vlage, posebno njezinog konstantnog pritiska na kabele koji ulaze kroz temelje objekata, kako bi se spriječila oštećenja samog objekta i opreme u njemu. To je nadasve tehnološki razvijeno i prilagodljivo rješenje s konceptom kojim se prati razvoj situacije na terenu i omogućava naknadnu zamjenu ili dodavanje kabela uz minimalne napore i troškove.

Međutim, osim nabrojanog, od posebne važnosti je da ovi sustavi štite i od vlage koja se može pojaviti u tim objektima kao posljedica raznih slučajeva u kojima ta postrojenja rade. Naime, relativna vlaga pojavljuje se u svim tim objektima kao posljedica duljeg djelovanja vode u tim prostorima i za posljedicu ima mogućnost pojave većih parcijalnih pražnjenja, od uobičajenih, na ugrađenim elementima postrojenja. Relativna vlaga ovisi o temperaturi zraka u određenoj prostoriji kao i njegovom pritisku. Naravno da bi bilo idealna situacija kada bi cjelokupan prostor takvog objekta bio hermetički zatvoren ali to u realnom vremenu korištenja tog objekta nije realno za očekivati. Pojam koji se koristi u ovakvim slučajevima je zasićena gustoća pare, koja se izražava u g/m<sup>3</sup> i ovisan je o temperaturi koja je u tom prostoru tj. da li je prisutna kiša, sunce, mraz ili neka druga vremenska nepogoda u okolici objekta kojeg promatramo, a koja može uzrokovati veću ili manju temperaturu zraka u tom prostoru a time i veću ili manju zasićenu gustoću pare. Naravno da se tu promatra i utjecaj položaja pojedinih vrata tog objekta, vrsta materijala od kojeg su ona načinjena. Jednako tako važan je i podatak o učestalosti kišnih dana, količini oborina u nekom periodu te smjer padanja kiše, često povezane i s vjetrom koji tada puše kao i njegovim smjerom i jačini. Sve ti faktori, kao i još mnogi drugi, utječu da stvaranje kondenzata u zraku, time i stvaranje korozije na nekim dijelovima postrojenja. Naravno da se mora uzeti u obzir i utjecaj temperature koju stvara samo postrojenje, koje time samo doprinosi povećanja ili smanjenja količine vlage u zraku

Branka Jakopović and Dominik Božiković. Korozija nehrđajućih čelika u transformatorskoj industriji

**Abstract:** Nehrđajući ili korozijski postojani visokolegirani čelici su važna skupina metalnih materijala koji se koriste u raznim industrijama, od strojarskih i građevinskih konstrukcija do raznih svakodnevnih predmeta. Godišnja potrošnja nehrđajućih čelika konstantno raste, te je zabilježena stopa rasta od 5% u zadnjih 20 godina, čime su ovi čelici višestruko nadmašili većinu drugih tehničkih materijala.

Nehrđajući čelik ima povećanu otpornost na koroziju zbog svojeg kemijskog sastava, što mu je glavna karakteristika, po čemu je i dobio ime. Međutim "korozijski postojani" ne znači da ti konstrukcijski materijali imaju apsolutnu zaštitu od korozijskih oštećenja. Upravo suprotno, u

određenim uvjetima oni postaju vrlo skloni lokalnim korozijskim oštećenjima vezanim uz narušavanje homogenosti pasivnog filma koji se nalazi na površini materijala i koji je ujedno glavna prepreka pojavi korozije. Do korozije nehrđajućeg čelika može doći zbog raznih mehaničkih oštećenja, vanjskih kontaminacija te agresivnih neprikladnih uvjeta okoline.

U transformatorskoj industriji nehrđajući čelici našli su široku primjenu, bilo u obliku konstrukcijskih ploča, tuljaka, ormarića, vijčanog materijala i sl.. Najčešći uzrok korozije nehrđajućih čelika u transformatorskoj proizvodnji su površinske kontaminacije česticama željeza ili ugljičnog čelika do kojih dolazi zbog pogrešaka u procesima proizvodnje, transporta ili skladištenja. Posljedica takvog zagađenja je pojava korozije koja nastupa već i u slabo agresivnim uvjetima te predstavlja veliki estetski i tehnološki problem. Kako bi se izbjegla, odnosno minimizirala korozija materijala od nehrđajućeg čelika, provodi se proces poliranja, kemijskog pranja i/ili pasivizacije. Tim se postupcima s površine materijala uklanja slobodno željezo - glavni razlog korozije, ostale nečistoće te diskoloracija (razni željezni oksidi) i ostaci varenja oko zavara koji onemogućuju stvaranje zaštitnog (pasivnog) filma krom oksida koji štiti nehrđajući čelik od korozije. Radom će se prikazati najčešće pogreške u proizvodnji koje dovode do pojave korozije nehrđajućih čelika, te na koji način se isto može smanjiti ili spriječiti, te adekvatno sanirati.

**Antun Andric, Tonči Tadin and Ivana Puljic. Pristupi otvaranju tržišta pomoćnih usluga u Republici Hrvatskoj**

**Abstract:** Pristupi otvaranju tržišta pomoćnih usluga u Republici Hrvatskoj

Temeljem zakona o tržištu električne energije (NN 102/15) HOPS je dužan uravnotežiti sustav ugovaranjem dovoljnih količina pomoćnih usluga i osiguravanjem ostalih mehanizama uravnoteženja na tržišnim načelima. Dio pomoćnih usluga moguće je osigurati i ugovorima s korisnicima mreže, krajnjim kupcima. U skladu s navedenim HOPS je pokrenuo "Pilot projekt osiguravanje rezerve snage tercijarne regulacije upravljivom potrošnjom" sa širokom lepezom aktivnosti, sve s ciljem otvaranja tržišta pomoćnih usluga koristeći raspoložive, a neiskorištene resurse, priključene na prijenosnu i distribucijsku mrežu.

Kao daljnji korak nameće se, obzirom da je prikupljen određen broj pružatelja pomoćnih usluga, otvaranje tržišta pomoćnih usluga što će se opisati u ovom radu. Kod otvaranja tržišta pomoćnih usluga mogući su razni pristupi. Važno je naglasiti da je uz samo otvaranje tržišta vrlo važno voditi brigu o troškovima rezerve snage koji su u većem djelu tarifni trošak kao i o troškovima koji se pridjeljuju bilančnim grupama povezanih s energijom uravnoteženja. S druge strane cjenovne barijere mogu negativno utjecati na interes pružatelja usluga za sudjelovanjem na tržištu pomoćnih usluga.

U radu će se izložiti presjek stanja pilot projekta, mogući koncepti otvaranja tržišta pomoćnih usluga te preostala otvorena pitanja s naglaskom potencijale daljnjeg razvoja tržišta pomoćnih usluga. Poseban osvrt dati će se i na povezivanje prema europskim platformama propisanim EU regulativom.

**Igor Bujan and Štefan Ivičić. Utjecaj geotermalne elektrane GTE Velika 1 na regulaciju napona sredjenaponske mreže Elektre Bjelovar**

**Abstract:** Priključenjem geotermalne elektrane GTE Velika 1 odnosno njenom interpolacijom u postojeću 35 kV mrežu Elektre Bjelovar očekuje se znatan utjecaj na postojeću razinu promjena napona u 35 kV sredjenaponskoj mreži u okruženju elektrane što je pokazano i elaboratom utjecaja na mrežu. Takva povećana promjena razine napona u 35 kV mreži, preko 35/10 kV transformatora u obližnjim trafostanicama prenosi se u 10 kV razdjelnu mrežu odnosno i dalje preko distributivnih trafostanica 10/0,4 kV i u niskonaponsku mrežu krajnjim korisnicima mreže.

Ugradnjom transformatora s automatskom regulacijom napona u tri obližnje napojne trafostanice 35/10 kV očekuje se stabilizacija napona u 10 kV mreži što se želi i pokazati provedenim mjerenjima napona po dubini SN i NN mreže prije i poslije ugradnje automatske regulacije.

Priključenje jednog takvog, relativno velikog proizvođača električne energije priključne snage 10 MW, a pogotovo ako se uzme u obzir da je prosječna vrijednost konzuma u okruženju tek pola toga iznosa, znači potrošnju tek dijela generirane električne energije u okruženju, a ostatak proizvedene energije nužno je prenijeti do napojnih trafostanica u urbanom dijelu mreže u sjedištu područja gdje se ona može i potrošiti. Proizvodnja od 10MW električne energije unutar distribucijske mreže istovremeno znači i smanjenje opterećenja transformacije na sučelju s HOPS-om te time i utjecaj na postavke regulatora 110/35 kV transformatora. Potrebno je pronaći optimalne postavke regulacije kako u periodu rada elektrane tako i bez nje na način da promjene u visini napona ne utječu na regulaciju napona po dubini u drugim dijelovima distribucijske mreže povezane na napojnu trafostanicu.

Ovakav značajan izvor u dubini srednjenaponske distribucijske mreže stavlja pred vođenje sustava nove izazove u smislu postizanja optimalne konfiguracije mreže i postavki sustava regulacije, kako automatskog tako i fiksnog, a osim toga na cijelu problematiku značajno utječe i želja za generiranjem što manjih gubitaka u distribuciji proizvedene energije budući se dobar dio nje nažalost ne može potrošiti u blizini elektrane te je stvaranje gubitaka u mreži distribucijom iste neizbježna realnost.

**Lucija Krstanović, Jurica Brajković, Davor Bajs and Goran Majstrovic. Financijska i ekonomska analiza pojačanja prijenosne mreže na potezu Konjsko-Lika-Banja Luka**

**Abstract:** Prilikom razmatranja opravdanosti ulaganja u nove prijenosne vodove potrebno je, uz tehničku analizu, napraviti i komplementarnu financijsku i ekonomsku analizu kako bi se mogla donijeti informirana odluka. U sklopu projekta analize izvodljivosti pojačanja prijenosne mreže Republike Hrvatske na potezu Konjsko-Lika-Melina te dodatnog povezivanja sa sustavom Bosne i Hercegovine napravljena je takva financijska i ekonomska analiza. Ona se nastavlja na tehničku analizu mreže i analizu tržišta električne energije, čiji rezultati služe kao ulazni podaci za ovu financijsku i ekonomsku analizu. Ekonomska analiza napravljena je kao analiza troškova i koristi (cost-benefit analysis) u skladu s ENTSO-E smjernicama definiranim u najnovije objavljenom dokumentu o procjeni projekata prijenosne mreže, „2nd ENTSO-E Guideline for Cost-Benefit Analysis of Grid Development Projects“, dok financijska analiza prikazuje potencijalan utjecaj izgradnje novih prijenosnih vodova na tarife za prijenos električne energije u obje zemlje koristeći metodu stope povrata (rate of return, RoR). Analizirana su dva scenarija. Prvi scenarij je 2028 godina, scenarij u kojem se u obzir uzimaju pretpostavke dobivene od operatora sustava RH i BiH te pretpostavke preuzete iz prethodno razvijenih SECI tržišnih modela za druge zemlje regije. Drugi scenarij je EUCO 2030, scenarij Europske komisije koji pretpostavlja dostizanje klimatskih i energetske ciljeve za 2030. godinu te je u skladu s ENTSO-E Desetogodišnjim planom razvoja 2018. godine, s pogledom na 2025., 2030. i 2040. godinu. U oba scenarija su inkrementalnom metodom analizirane tri varijante projekta: 1) vod 400 kV Konjsko-Lika-Melina 2, 2) vod 400 kV Lika-Banja Luka te 3) cluster projekata koji uključuje sve navedene vodove. Ovaj rad prikazuje metodologiju izrade financijske i ekonomske analize te dobivene rezultate.

**Martina Mikulić, Dražen Jakšić, Davor Bajs and Goran Majstrovic. Rezultati tržišnih analiza razvoja južnog kraka 400 kV mreže Hrvatske i dodatnog povezivanja sa sustavom BiH**

**Abstract:** Studija izvodljivosti izgradnje južnog kraja 400 kV mreže Hrvatske i dodatnog povezivanja sa sustavom BiH obuhvaćala je osam detaljnih izvještaja na preko 1100 stranica. Sastavni dio provedenih analiza bila je i analiza tržišta električne energije koja je provedena na modelu elektroenergetskih sustava zemalja Jugoistočne Europe korištenjem softvera za simulaciju i optimizaciju tržišta električne energije (PLEXOS® Integrated Energy Model). Model

je verificiran od strane svih regionalnih operatora prijenosnog sustava, uključujući HOPS i NOS BiH.

Analiziran je veći broj različitih scenarija ovisno o razmatranom razdoblju (2023., 2028. i 2030. godina), topologiji (bez i s DV 400 kV Lika - Banja Luka) i cijenama CO<sub>2</sub>. Konkretno, u ovom radu bit će predstavljeni rezultati za odabrani topološki scenarij 2023., 2028. i 2030. i to:

- 2023: postojeći DV 220 kV Konjsko - Brinje s vodičima HTLS,
- 2028: novi DV 400 kV Konjsko - Lika na novoj ruti  
o bez DV 400 kV Lika - Banja Luka,  
o s DV 400 kV Lika - Banja Luka,
- 2030: EUCO scenarij: novi DV 400 kV Konjsko - Lika na novoj ruti  
o bez DV 400 kV Lika - Banja Luka i  
o s DV 400 kV Lika - Banja Luka.

Simulacije tržišta električne energije za analizirane scenarije rezultirat će:

- pregledom elektroenergetske bilance zemalja u regiji (proizvodnja, potrošnja i razmjene),
- tržišnom cijenom električne energije u Hrvatskoj i BiH,
- ukupnim troškom proizvodnje u Hrvatskoj i BiH,
- iznosom i troškom emisije CO<sub>2</sub> u Hrvatskoj i BiH,
- prekograničnim razmjenama u regiji.

Za scenarij 2028. provedene su dodatne analize tržišta kako bi se napravila analiza osjetljivosti na cijenu emisije CO<sub>2</sub>. Tržišne simulacije provedene su za vremenski okvir 2028. uz pretpostavku 20% više i 20% niže cijenu u odnosu na pretpostavljenu referentnu razinu cijena u 2028. godini, dok sve ostale pretpostavke i pristup modeliranja ostaju iste.

**Davorin Brkić and Lahorko Wagmann. UREDBA ZA URAVNOTEŽENJE (tzv. Uredba GLEB ili tzv. Uredba EBGL) IZ 2017. - PROJEKTI I AKTIVNOSTI U PRAKSI OD 15. VELJAČE 2018. DO 19. VELJAČE 2019.**

**Abstract:** U članku se daje pregled najvažnijih aktivnosti od 15. veljače 2018. do 15. veljače 2019. vezanih za provedbu „UREDBE KOMISIJE (EU) 2017/2195 od 23. studenoga 2017. o uspostavljanju smjernica za električnu energiju uravnoteženja“. Riječ je o projektima koji su definirani tom uredbom (aFRR Platform - PICASSO, IN-Platform - IGCC, TERRE, mFRR Platform - MARI, FCR), a i o dokumentima koji bi trebali urediti okvir za neke druge elemente mehanizma uravnoteženja (npr. cijene odstupanja).

**Stipe Mikulić, Nina Meško and Branimir Čučić. Magnetsko polje u blizini distribucijskih transformatora za različite izvedbe NN priključaka**

**Abstract:** Članak se bavi problematikom određivanja magnetskog polja u blizini distribucijskih transformatora za različite izvedbe niskonaponskih (NN) priključaka. Vrijednosti magnetskog polja izračunate su za standardne izvedbe distribucijskih transformatora različitih snaga te su iste uspoređene s mjerenim vrijednostima.

Kako bi se što bolje odredio utjecaj pojedinog dijela transformatora / NN priključka na resultantno magnetsko polje, izračun magnetskog polja transformatora napravljen je pomoću analitičkog modela koji pojedinačno uzima u obzir dominantne izvore magnetskog polja, odnosno za potrebe članka transformatori su modelirani s:

- NN i VN namotima,
- NN i VN namotima i NN izvodima,
- NN i VN namotima, NN izvodima i NN priključnim kabelima,
- NN i VN namotima, NN izvodima i NN priključnim sabirnicama.

Temeljem tako postavljenih modela dobivene su očekivane tipične vrijednosti magnetskog polja u blizini standardnih izvedbi distribucijskih transformatora i to za nazivne snage u rasponu od 250 kVA do 1600 kVA. Vrijednosti magnetskog polja prikazane su u dvije karakteristične ravnine i to kao funkcija udaljenosti od transformatora.

Pored navedenog izračuna napravljen je i okvirni pregled relevantne hrvatske i europske legislative iz područja neionizirajućeg zračenja prilikom čega su zakonski dozvoljene / preporučene vrijednosti uspoređene s izračunatim i mjenim vrijednostima magnetskog polja. Relevantna legislativa prvenstveno se odnosi na:

- zakon o zaštiti od neionizirajućeg zračenja (NN 91/10, NN 114/2018)
- pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja (NN 146/14)
- direktivu 2013/35/EU o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima u odnosu na izloženost radnika rizicima uzrokovanim fizikalnim čimbenicima (elektromagnetska polja)
- smjernice međunarodne komisije za zaštitu od neionizirajućeg zračenja (ICNIRP) i
- švicarsku uredbu o zaštiti od neionizirajućeg zračenja (ONIR).

**Tonči Tadin, Antun Andrić, Krešimir Mesić and Ivan Pećušak. Pristup hrvatskog operatora prijenosnog sustava projektu IGCC**

**Abstract:** International Grid Control Cooperation (dalje: IGCC) je implementacijski projekt uspostave europske platforme za proces razmjene odstupanja (engl. Imbalance Netting Process) što je obaveza iz EU Uredbe o uspostavljanju smjernica za električnu energiju uravnoteženja (dalje: Uredba EBGL) 2017/2195 od 23. studenog 2017. godine. Ovom Uredbom se uspostavlja skup tehničkih, operativnih i tržišnih pravila na razini EU-a kojima se uređuje funkcioniranje tržišta električne energije uravnoteženja.

Svrha pristupa IGCC-u, osim pravovremenog ispunjenja obaveza iz Uredbe EBGL, je spriječiti/umanjiti djelovanje sekundarne regulacije u suprotnim smjerovima u stvarnom vremenu. Navedenim pristupom osigurava se veći ukupno raspoloživi opseg rezervi kao i potencijalne financijske uštede za operatore prijenosnih sustava. U trenutku pristupa IGCC-u, HOPS je bio aktivni član udruženja INC (engl. Imbalance Netting Cooperation) između austrijskog (APG), slovenskog (ELES) i hrvatskog (HOPS) operatora prijenosnog sustava. Priključenjem IGCC-u navedeni operatori su izašli iz INC udruženja koje je tada prestalo s radom.

Ovim referatom opisati će se svi tehnički uvjeti koje je bilo potrebno izvršiti od strane Hrvatskog operatora prijenosnog sustava (HOPS-a) kako bi se provela implementacija, te će se pobliže objasniti rad europske platforme platformu za proces razmjene odstupanja, kao i analiza rada. Podrška za IGCC sustav je realizirana u sklopu ABB Network Manager SCADA (engl. Supervisory Control And Data Acquisition) i AGC (eng. Automatic generation control) sustava. Povezivanje s centralnim optimizatorom ostvareno je dvostrukim redundantnim telekomunikacijskim vezama realiziranim preko slovenskog (ELES) i austrijskog (APG) operatora prijenosnog sustava između NDC-a (nacionalni dispečerski centar) i RDC-a (rezervni dispečerski centar) u HOPS-u i centra u njemačkom operatoru prijenosnog sustava TransnetBW gdje je lociran centralni optimizator IGCC sustava.

**Davor Bajš, Stipe Mikulić and Goran Majstrovic. Kriteriji i metodologija za odabir najpovoljnije varijante revitalizacije i razvoja južnog kraka 400 kV mreže Hrvatske i povezivanja sa sustavom BiH**

**Abstract:** Za potrebe definiranja najpovoljnije varijante revitalizacije i razvoja južnog kraka 400 kV mreže Hrvatske i povezivanja sa sustavom BiH bilo je potrebno prirediti jasnu i jednoznačnu metodologiju i kriterije odabira najpovoljnijeg rješenja između 5 inicijalno odabranih scenarija. Metodologija i kriteriji su potom prihvaćeni od strane nadležnih kompanija, odnosno operatora sustava (HOPS, Elektroprijenos BiH I NOS BiH). Za tu potrebu

formirana je evaluacijska matrica sa slijedećim faktorima: električki, tržišni, administrativni, troškovni i okolišni.

Električki faktor obuhvaćao je rezultate analize kriterija N, kriterija N-1, kriterija N-1-1 i gubitaka električne energije u mreži. Matrica vrednovanja za analizu sustava kreirana je na način da se rezultati analize sustava prenose na električne faktore koji se zatim vrednuju težinski i zbrajaju.

Tržišni faktori vrednovali su pet topoloških scenarija obzirom na sljedeće tržišne kriterije: veleprodajna cijena električne energije na tržištu, ukupni troškovi proizvodnje i neto uvozni troškovi.

Svaki topološki scenarij ima različite administrativne preduvjete prema sljedećem: uključivanje u 10-godišnji plan razvoja HOPS-a, zahtjev za regulatornu dozvolu i odobrenje HERA-e, nužnost promjene prostornih planova (nacionalnih i lokalnih), priprema procjene utjecaja na okoliš, nužnost izrade odgovarajuće dokumentacije i podnošenja zahtjeva za različite dozvole (lokacijska, građevinska dozvola), aktivnosti oko otkupa zemljišta, raspisivanje natječaja i izgradnja. Administrativni faktor je korišten kao neka vrsta kriterija isključenja kako bi se uklonile varijante revitalizacije koje je nemoguće realizirati u planiranom vremenu.

Različiti topološki scenariji trebali su se usporediti i obzirom na ukupne investicijske troškove (CAPEX). Investicijski troškovi ocijenjeni su prema dosadašnjim natjecajima vezanim za slične projekte u Hrvatskoj, iskustvo u troškovima stjecanja zemljišta, prikupljene cijene za različite vrste i presjeke analiziranih vodiča (ACSR 360 mm<sup>2</sup>, ACCC Stockholm 3E, ACSR 2x490 mm<sup>2</sup>) i procijenjene jedinične troškove za nove 400 kV vodove u Hrvatskoj, uključujući moguće troškove razgradnje.

Cilj okolišne valorizacije scenarija bio je identificirati najprihvatljiviji scenarij s obzirom na njegove ekološke i društvene aspekte tj. relativnu razliku između scenarija. Primijenjena je multikriterijska analiza kako bi se procijenili učinci scenarija u odnosu na okolišne, društvene i klimatske promjene. Pokazatelji su definirani na temelju tehničkih karakteristika svakog scenarija, EBRD-ovih zahtjeva za izvedbom ESP-a (PR) te ekoloških i socijalnih prilika na promatranoj trasi.

Konačno, svim navedenim pojedinačnim faktorima pridijeljeni su odgovarajući težinski faktori te su odabrana rješenja s najpovoljnijim ukupnim faktorom.

**Tin Bobetko, Zoran Bunčec, Marin Plečko and Zlatko Ofak. Proces regulacije napona korištenjem potencijala elektrana**

**Abstract:** Prema važećim Mrežnim pravilima prijenosnog sustava (NN 67/2017) te u skladu s Uredbom komisije (EU) 2017/1485, HOPS je odgovoran za održavanje napona u granicama u normalnom pogonu i nakon ispada, kao i za uravnoteženo upravljanje jalovom snagom u svim čvorištima prijenosne mreže. U navedenu svrhu HOPS može poduzeti jednu ili više korektivnih mjera, uvažavajući tehničke mogućnosti proizvodnih jedinica, među kojima je i promjena postavne vrijednosti izlazne jalove snage ili napona sinkronih proizvodnih modula ili pretvarača asinkronih proizvodnih modula priključenih na prijenosni sustav.

Istovremeno, proizvodne jedinice priključene na prijenosni sustav dužne su osiguravati obvezni opseg regulacije jalove snage uz mogućnost osiguravanja i dodatnog opsega, kojeg je nužno prepoznati u okviru pomoćnih usluga.

Uvažavajući gore navedeno, HOPS je inicijalnim analizama odredio značajne potencijale po pitanju resursa za regulaciju napona u konvencionalnim elektranama i vjetroelektranama. Temeljem navedenoga, uređenje odnosa s korisnicima prijenosne mreže uz definiranje internih procedura po pitanju regulacije napona prepoznato je kao prioritet sa strane HOPS-a te je u navedenu svrhu od strane HOPS-a iniciran projekt NAPEL sa sljedećim ciljevima:

- poboljšanje naponskih prilika,
- promicanje kulture poštivanja propisa od strane korisnika mreže,
- optimizacija troškova regulacije napona,
- praćenje najnovijih trendova i stjecanje know-how iz područja regulacije napona.

Također, treba istaknuti da je kao dugoročno rješenje u tijeku projekt SINCRO.GRID kojim će se u hrvatskom EES-u osigurati dodatni kompenzacijski uređaji kao i napredna platforma za optimiranje i upravljanje naponskim prilikama. Važno je naglasiti da se projekt NAPEL savršeno nadopunjuje s gore spomenutim SINCRO.GRID projektom iz razloga što će povećati broj i opseg kontrolnih varijabli na raspolaganju centralnom optimizatoru (VCBCC), što u konačnici znači veće uštede (kako fizičke u gubicima [MWh] tako i financijske [€]).

U okviru navedenoga NAPEL projekta uspostavljena je redovna procedura planiranja voznog reda jalove snage elektrana kao i cjelokupan sustav praćenja rada regulacije napona, kao temelja za budući proces obračuna pomoćne usluge.

U ovom radu fokus je upravo na prezentaciji osmišljenog procesa koji u probnom radu funkcionira od studenoga 2018 s ciljem potpune formalizacije procesa nakon definiranja cijene pomoćne usluge regulacije napona te ugovornih odnosa.

**Stipe Ćurlin, Ljupko Teklić, Goran Levačić and Vladimir Valentić. ANALIZA SIGURNOSTI POGONA 110 KV PRIJENOSNE MREŽE HRVATSKIH OTOKA**

**Abstract:** Problematika napajanja hrvatskih otoka već je dulje vrijeme u fokusu operatora prijenosnog i distribucijskog sustava. Značajan dio aktivnosti je već predviđen desetogodišnjim planom razvoja prijenosne i distribucijske mreže Hrvatske, dok su za ostali dio provedene detaljne analize i predložena rješenja. U ovom članku analizirana su određena pogonska stanja za postojeće i buduća razdoblja s posebnim naglaskom na prijenosnu mrežu hrvatskih otoka.

Filip Relić, Denis Pelin and Hrvoje Glavaš. Utjecaj elektroničkih energetske pretvarača u FACTS uređajima na elektroenergetsku mrežu

**Abstract:** Kroz zadnjih nekoliko desetljeća elektroenergetska mreža bilježi značajne promjene vezano za količine potrebne energije koju treba distribuirati konzumu, ali i integracije novih distribuiranih izvora energije u sustav pri čemu se zbog povezivanja takvih sustava ali i osiguranja tehničkih zahtjeva prijenosa električne energije razvijala visokonaponska energetska elektronika. Upravo je primjena elektroničkih energetske pretvarača u elektroenergetici doprinijela uvođenju i razvoju istosmjernog veleprijenosa, kao i sve većem korištenju fleksibilnih sustava izmjeničnog prijenosa (FACTS uređaji). Znatno povećanje udjela promjenjivih malih izvora energije u elektroenergetskom sustavu početkom 21. stoljeća dovelo je do povećane potrebe za automatskom regulacijom relevantnih parametara – tok snage, kompenzacija jalove snage i kvaliteta električne energije prema normi EN 50160.

U radu će se objasniti princip rada energetske sklopke koje se koriste u FACTS uređajima, njihov utjecaj na naponske prilike na mjestu i u blizini mjesta spoja. Tipični elektronički energetski pretvarači koji se koriste poznati su pod nazivom: tiristorski upravljive prigušnice/tiristorski upravljivi kondenzatori te naponski pretvarači (eng. VSC – Voltage Source Converter). Drugi dio rada objasniti će različite implementacije navedenih pretvarača, te njihove prednosti i mane. Tip spoja također ima utjecaj na konfiguraciju uređaja pa će se navesti načini spajanja na mrežu. Razvoj upravljanja naponskih pretvarača, pri čemu se koriste tehnike pulsno-širinske modulacije utjecao je na poboljšanje kvalitete električne energije na način da su se smanjili sklopni gubici komponenata pretvarača ali i injekcija viših harmonika u

mrežu. Još jedan trend je uočljiv vezano za topologije pretvarača. Primjena višerazinskih pretvarača, omogućila je niže sklopne gubitke uslijed smanjenja sklopne frekvencije i nisko harmoničko izobličenje napona.

**Lino Prka, Vlatko Debeljuh, Frano Tomašević, Gašper Lakota, Renata Rubeša and Krešimir Mesić. Integracija SUMO DTR sustava za dinamičko određivanje prijenosne snage vodova i NetVision DAM sustava**

**Abstract:** Dinamičko određivanje parametara elektroenergetske mreže, umjesto korištenja konzervativnih, statičkih procjena istih, osigurava veću pouzdanost EMS proračuna, a samim time i veću sigurnost te ekonomičan pogon EES-a. Implementacijom sustava za dinamičko određivanje prijenosne snage nadzemnih vodova (eng. Dynamic Thermal Rating, DTR) moguće je na osnovu mjerenih ili prognoziranih meteoroloških podataka i trenutnog strujnog opterećenja vodiča ostvariti pouzdaniji uvid u stvarno stanje prijenosnih kapaciteta vodova, te na taj način osigurati njihovo efikasnije korištenje.

Unutar projekta SINCRO.GRID planirana je implementacija SUMO DTR sustava na tri dalekovoda u hrvatskoj prijenosnoj mreži: DV 220 kV Konjsko – Brinje, DV 220 kV Senj – Melina, i DV 220 kV Konjsko-Zakućac. Integracijom SUMO DTR sustava i NetVision DAM EMS-a biti će omogućena dvosmjerna razmjena podataka. Estimirane vrijednosti opterećenja razmatranih vodova, te rezultati proračuna analize sigurnosti N-1, koji predstavljaju neizostavne ulazne podatke za SUMO DTR proračun, će biti preuzete iz NetVision DAM-a. S druge strane, dinamičke vrijednosti prijenosnih kapaciteta vodova, određene na temelju SUMO DTR proračuna, će biti korištene u EMS proračunima, odnosno procjeni stanja EES-a i analizi sigurnosti N-1, te u proračunima unutardnevne prognoze zagušenja (eng. Intraday Congestion Forecast, IDCF). Planirana razmjena podataka dvaju sustava biti će temeljena na primjeni SUMO web servisa (SOAP/XML) i na IEC 60870 – 5 – 104 protokolu.

DTR sustav se povezuje s NetVision DAM sustavom:

- U svrhu davanja rezultata proračuna algoritma DTR o trenutno dozvoljenom opterećenju dalekovoda u NetVision DAM sustav.
- Za prihvrat rezultata analize sigurnosti N-1 za stvarno vrijeme i za prognozirano vrijeme u budućnosti iz NetVision DAM sustava svakih 5 minuta za trenutke prognoze.
- Netvision DAM sustav obavlja proračune tokova snaga na temelju ulaznih podataka DTR sustava i DACF datoteka sustava za prognozu zagušenja.

NetVision DAM šalje N-1 rezultate za proračune u stvarnom vremenu u minutnoj rezoluciji, dok se rezultati za buduće vrijeme šalju iz NetVision IDCF sustava u satnoj rezoluciji. DTR sustav će osigurati i implementirati sve potrebne mehanizme prebacivanja primljenih podataka u vremenske okvire koji se koriste u algoritmima DTR sustava. Procesni model se proširuje za predefinirane ključeve s novim dodatnim definicijama podataka te dodavanjem novih ključeva za prihvrat dinamičkih limita iz DTR sustava.

U referatu će se dati opis realizacije proširenja procesnog modela podataka NetVision DAM sustava, te integracije dinamički proračunatih limita u energetske proračune.

**Josip Srdanović, Dinko Marijan and Domagoj Milun. Pogonska iskustva - Metode za prevenciju štete uzrokovane posolicom na nadzemnim vodovima**

**Abstract:** Bura nadzemnim vodovima u probalju često načini veliku štetu. Često istragne vodiče, slomi drvene stupove, rasprsnje izolatore pa čak i u klupko savije čelično rešetkaste stupove.

U ovom bi se radu obradila tema utjecaja posolice, uzrokovane burom, na izolatore 10 kV dalekovoda, te načini na koje se možemo zaštititi od utjecaja posolice. Zbog blizine mora i

čestog utjecaja bure, unutar priobalnih terenskih jedinica, posolica predstavlja veliki problem u sigurnosti i pouzdanosti opskrbe električnom energijom.

Posolica nastaje tako što se sitne kapljice mora i kristali soli nošeni burom talože na izolatoru. Taloženje raste eksponencijalno sa brzinom vjetra. Nakon taloženja, zbog pada temperature i porasta relativne vlažnosti zraka dolazi do orošavanja izolatora - kristali soli se otapaju, nastaje otopina elektrolita unutar kojih su nositelji naboja koji uzrokuju struju odvođenja. Na izolatoru se stvara puzna staza, dolazi do proboja izolatora te često i trajnih ispada dalekovoda. Uz ispade dalekovoda, popratni učinci mogu biti i oštećenje površinskog sloja izolatora, intenzivna korozija, korona praćena svjetlosnim efektima, te moguće zapaljenje drvenog stupa što može uzrokovati i veći požar.

Tijekom godina se na razne načine pokušavalo prevenirati utjecaj posolice na izolatore - ručnim ispiranjem poslije svake veće bure, izborom hidrofobnih materijala, premazivanjem silikonskom masti i silikonskim uljem, prstenovanjem stupova pocinčanim trakama te ugradnjom kompozitnih izolatora kod kojih je znatno povećana puzna staza. Upravo su se kompozitni EVA izolatori koji su ugrađeni u nekim terenskim jedinicama na području DP Elektrodalmacija pokazali kao najkvalitetnije rješenje za spriječavanje utjecaja posolice. Iako se iskustveno utvrdilo da prva generacija kompozitnih izolatora nije kvalitetno rješenje iz razloga što su ih ptice uništavale, druga generacija ovih izolatora zasada polučuje izvrsne rezultate.

U radu će se opisati svaka od ovih metoda korištenih na DP Elektrodalmacija te će se na temelju višegodišnje analize i pogonskog iskustva dati smjernice za buduće djelovanje na područjima koja imaju problema sa posolicom.

**Miro Antonijević, Stjepan Sučić and Hrvoje Keserica. Primjena Hololens naočala sa SCADA integracijom za virtualni nadzor vjetroparka**

**Abstract:** Velika industrijska elektroenergetska postrojenja su od ključne vrijednosti za današnje funkcioniranje energetske mreže civilizacije. Obzirom na kompleksnost izvedbe takvih postrojenja te financijsku i vremensku komponentu izrade i održavanja takvih industrijskih podsustava, jako je bitno da postoje intuitivni i lako upotrebljivi alati za njihov nadzor i održavanje. Svaki današnji energetski podsustav očekivano sadrži softverski sustav kojem je zadaća prikupljanje digitalnih podataka o trenutnom stanju opreme u podsustavu te njihova obrada i vizualizacija u svrhu nadzora i upravljanja. Takvi sustavi se zovu SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sustavi i implementiraju velik raspon industrijskih komunikacijskih standarda da bi mogli komunicirati sa svom opremom u podsustavu. Koriste se u kontrolnim dijelovima podsustava da bi se nadzirale funkcije postrojenja te kontrolirala oprema. Samo održavanje i nadzor velikog raspona opreme zahtjeva prilagođene prikaze za svaku situaciju koja se može dogoditi u podsustavu. U tu svrhu se izrađuju brojni ekranski prikazi koji zahtijevaju puno vremena za izradu i konfiguraciju. Rješenja van SCADA sustava koja se ponekad koriste u svrhu nadzora i održavanja moraju biti donekle integrirana u pripadni SCADA sustav ukoliko želimo pristup trenutnim podacima o stanju opreme što je teško za postići. Ovaj rad prikazuje novo rješenje za nadzor i održavanje vjetroparka i sličnih elektroenergetskih podsustava koristeći virtualnu stvarnost. Izrađena aplikacija koja će biti opisana u ovom radu je napravljena za naočale miješane stvarnosti pod nazivom Microsoft Hololens te omogućuje udaljeni nadzor same opreme promatrajući virtualnu kopiju energetskog podsustava. Aplikacija je integrirana sa SCADA sustavom pod nazivom PROZA NET te koristeći tu integraciju može prikazivati trenutno stanje stvarne opreme u njihovoj virtualnoj kopiji za vrijeme udaljenog pregleda. Tu integraciju ostvaruje preko mreže te nije inherentno dio SCADA sustava, već vanjska aplikacija koju je moguće spojiti na bilo koju instancu PROZA NET sustava. Budući da je 3D modeliranje opreme u elektroenergetskim

postrojenjima postao standard kod bilo kojeg novog projekta izrade podsustava, eliminira se potreba za dodatnu izradu 3D modela opreme, te je aplikacija sposobna koristiti već pripremljene 3D prikaze.

#### Lahorko Wagmann and Hrvoje Miličić. KOORDINIRANI REDISPEČING I TRGOVANJE U SUPROTNOM SMJERU U CORE REGIJI

**Abstract:** Model zona trgovanja koji se koristi kod povezivanja tržišta električne energije u EU dovodi do povećanih potreba za otklanjanjem zagušenja. U skladu s Uredbom CACM, otklanjanje zagušenja na kritičnim elementima mreže koji su od značaja za prekozonsko trgovanje te raspodjela troškova otklanjanja zagušenja provodi se na regionalnoj razini. U radu je dan osvrt na prijedloge metodologija za koordinirani redispečing i trgovanje u suprotnom smjeru (engl. redispatching and countertrading) operatora prijenosnih sustava u pogledu aktivacije i raspodjele troškova u Core regiji.

#### Tonči Tadin and Marko Janković. Active System Management - Strategija integracije korisnika distribucijskog sustava u tržište električne energije

**Abstract:** Na putu prema ispunjavanju europskog cilja od dvadesetpostotnog udjela energije iz obnovljivih izvora energije (OIE) u ukupnoj potrošnji do 2020. god., udio opskrbe električnom energijom iz OIE je u konstantnom porastu. Veliki dio tih izvora, ponajprije male solarne elektrane i vjetroe elektrane bit će priključene na niski i srednji napon distribucijske mreže. Nekoliko europskih zemalja već sada ima visoku penetraciju takvih distribuiranih izvora, npr. Galicija (Španjolska), Bavarska (Njemačka) i dijelovi Irske, gdje instaliran kapacitet OIE priključen na distribucijsku mrežu premašuje maksimalnu potrošnju tog distributivnog područja. Rast obnovljivih izvora električne energije i drugih alternativnih izvora (baterija), aktivnog sudjelovanja krajnjih kupaca (upravljiva potrošnja), ali i sve veći broj električnih automobila, jednostavno nameću pitanje dalje tranzicije energetskeg sektora i tržišta električne energije.

U referatu su predstavljeni mogući koncepti integracije korisnika distribucijskog sustava u tržište električne energije, odnosno korištenja njihovih resursa za pružanje usluga otklanjanja zagušenja i uravnoteženja sustava. Active System Management (ASM) pored definiranja strategije integracije spomenutih korisnika elektroenergetskog sustava u tržište električne energije trebao bi pružiti buduće smjernice suradnje između operatora prijenosnog i operatora distribucijskog sustava. ASM definira moguće pravce daljnjeg razvoja pametnih i digitalnih mreža, ali i operativnih procesa planiranja elektroenergetskog sustava u različitim vremenskim okvirima i područjima, a sve u cilju ekonomičnog i pouzdanog upravljanja elektroenergetskim sustavom.

#### Ivan Šturlić, Marija Žmire, Željko Višnjić, Stjepan Kirigjija, Zvonko Mihelić and Boris Golub. XBID – Podrška za prekogranično unutar dnevno tržište

**Abstract:** XBID (eng. Cross-border Intraday Market Project) je projekt pokrenut 2012. godine kao zajednička inicijativa grupacije operatora prijenosnog sustava, operatora tržišta električne energije odnosno burzi energije iz 11 zemalja sa ciljem kreiranja rješenja za kontinuirano unutar dnevno trgovanje električnom energijom u okviru Europe te kako bi se postigla veća učinkovitost unutar jedinstvenog tržišta. Projekt odgovara na zahtjeve tržišta za transparentnijim i efikasnijim poslovnim okruženjem koje bi omogućilo tržišnim sudionicima

da lakše trguju svojim pozicijama unutar Europskog tržišta te bez potrebe za eksplicitnim alokacijama prekograničnih kapaciteta.

Osmišljeno rješenje se zasniva na zajedničkom centralnom IT sustavu koji uparuje zahtjeve s lokalnih tržišta kojima upravljaju nominirani operatori tržišta (eng. Nominated Electricity Market Operators – NEMO) te dostupne prijenosne kapacitete koje osigurava TSO. Korištenjem centraliziranog rješenja ponude pristigle od tržišnih sudionika unutar jedne zemlje mogu se spojiti sa zahtjevima tržišnih sudionika unutar bilo koje druge obuhvaćene zemlje ukoliko postoji dostupan kapacitet između njih. XBID rješenje podržava implicitno i eksplicitno kontinuirano trgovanje te je u potpunosti u skladu sa uredbom Europske Komisije (EU) 2015/1222 od 24. srpnja 2015. o uspostavljanju smjernica za dodjelu kapaciteta i upravljanje zagušenjima (eng. CACM Regulation) koje se odnose na unutardnevno tržište električne energije.

Tijekom 2017. tehnički dio projekta je dovršen te je uslijedila faza pripreme lokalnih implementacija (eng. Local Implementation Projects – LIP) kojem su se 22. kolovoza 2017. kao LIP 15 priključili i Hrvatski operator prijenosnog sustava d.o.o. (HOPS) i Hrvatska burza električne energije d.o.o. (CROPEX) s predviđenim rokom implementacije tijekom 2019. godine.

Temeljem navedenog uključeni operatori obvezuju se nadograditi i uskladiti svoje poslovne procese unutar dana provedbe. Unutar ovoga rada dati će se opis faza XBID procesa koji započinje eng. Pre-Coupling procesom koji se odvija jednom dnevno prije dana provedbe, nastavlja eng. Coupling procesom koji se u potpunosti odvija na DBAG XBID platformi te potom nastavlja eng. Post-Coupling procesom. Post-Coupling proces se odvija u 15-min iteracijama unutar dana provedbe i počinje sa slanjem datoteka s XBID platforme. Opisat će se svi elementi programske potpore (interne i eksterne) a koja služi kao potpora provođenju XBID procesa te izazovima kojima se susrelo, a s naglaskom na proces formalnog ispitivanja.

Krešimir Starčević, Mladen Piteša, Mladen Čuljak and Hrvoje Čop. ZAMJENA 35 kV POSTROJENJA TS 110/35/20/10 kV KRASICA

**Abstract:** TS 110/35/20/10 kV Krasica je važno čvorište elektroenergetskog sustava iz kojeg se kao glavni kupac na 35 kV naponskoj razini napaja Rafinerija nafte Rijeka. Zbog potrebe za stabilnom i kvalitetnom opskrbom električnom energijom, javila se potreba za zamjenom tehnološki zastarjelog i nepouzdanog postojećeg 35 kV postrojenja. Postojeće 35 kV postrojenje izvedeno kao klasične zidane dvosustavne ćelije s fiksno ugrađenom opremom zamijenjeno je novim zrakom izoliranim sklopnim blokovima tipa 2BVK38 proizvođača „Končar“ s dvostrukim sustavom sabirnica i izvlačivim prekidačem.

Sklopni blokovi 2BVK38 predstavljaju proširenje proizvodnog programa poduzeća Končar – Aparati i postrojenja d.d., dok novo 35 kV postrojenje TS Krasica predstavlja osobito postrojenje u elektroenergetskom sustavu Hrvatske.

Kroz referat je predstavljen opis projektnog rješenja i implementacija. Poseban naglasak stavljen je na specifičnosti pri montaži 35 kV postrojenja i funkcionalnosti sklopnih blokova 2BVK38.

**Marko Poljak. UREDBA O PRIPREMLJENOSTI ZA RIZIKE U SEKTORU ELEKTRIČNE ENERGIJE: ANALIZA I USPOREDBA S POSTOJEĆIM PRAVNIM OKVIROM**

**Abstract:** U radu će se dati pregled prijedloga UREDBE EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA o pripremljenosti za rizike u sektoru električne energije i stavljanju izvan snage Direktive 2005/89/EZ (dio Paketa čiste energije za sve Europljane) koji je prihvaćen od strane Europske Komisije 30. studenoga 2016. godine. Postojeća regulativa je dosad primjenjivana na individualnoj razini država članica te je davala vrlo širok okvir ciljeva u području sigurnosti

opskrbe. Umjesto toga, navedena Uredba će propisati jasni pravni okvir primjenjiv na EU i nacionalnoj razini te potaknuti međunarodnu suradnju.

Navedena Uredba također je usklađena i nadopunjuje DIREKTIVU (EU) 2016/1148 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 6. srpnja 2016. o mjerama za visoku zajedničku razinu sigurnosti mrežnih i informacijskih sustava širom Unije (NIS Direktiva).

**Ivan Karlo Cingesar, Ivan Sušec, Laura Šoić and Domagoj Vrsaljko. Utjecaj vremena naknadnog očvršćivanja na fizikalno-kemijska, mehanička i toplinska svojstva poliakrilatne smole "High Temperature"**

**Abstract:** Tehnologije aditivne proizvodnje, poznatije pod nazivom 3D-printanje ili 3D-ispis spadaju u proizvodno strojarstvo te se bave izradom predmeta sloj po sloj. Četiri najčešće korištene tehnologije aditivne proizvodnje za polimerne materijale su: stereolitografija (SLA), selektivno lasersko sinteriranje (SLS), proizvodnja rastaljenim filamentom (FFF) i PolyJet postupak (PJM). Aditivna proizvodnja omogućuje nam izradu predmeta vrlo složene geometrije koje konvencionalnim tehnologijama izrade, npr. tokarenjem, ne bi mogli izraditi.

Cilj ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj različitog kuta ispisa i naknadnog očvršćivanja poliakrilatne smole „High Temperature“ proizvođača Formlabs na njena fizikalno-kemijska, mehanička i toplinska svojstva. Za dizajn ispitnih tijela korišten je program Blender. Izrađena su dva oblika ispitnih tijela, epruveta prema normi ISO 572-2/2012 model 1BA te kutijasti model. Naknadno očvršćivanje provodi se u komori na temperaturi 60 °C i osvijetljeno svjetlošću valne duljine 405 nm. Naknadno očvršćivanje utječe na stupanj umreženosti te je praćen utjecaj na svojstva smole. Mehanička svojstva ispitana su na kidalici. Utjecaj vremena naknadnog očvršćivanja na toplinska svojstva ispitan je diferencijalnom pretražnom kalorimetrijom (DSC). Ispitana fizikalno-kemijska svojstva na koja bi vremena naknadnog očvršćivanja imala utjecaj su bubrenje, kontaktni kut i dimenzijska točnost izrade.

Rezultati dobiveni ispitivanjem na kidalici pokazali su postojanje ovisnosti vremena naknadnog očvršćivanja i mehaničkih svojstava. Povećavanjem vremena naknadnog očvršćivanja ispitivane epruvete postaju čvršće i krtije. Diferencijalnom pretražnom kalorimetrijom utvrđeno je da povećanjem stupnja umreženosti dolazi do smanjenja entalpije potpunog umreživanja. Povećavanjem vremena naknadnog očvršćivanja smanjuje se bubrenje materijala, što znači da dolazi do smanjenja apsorpcije otapala. Kod kontaktnog kuta s različitim otapalima ne dolazi do postupnih promjena samog kuta, što je u skladu s pretpostavkom jer naknadnim očvršćivanjem ne dolazi do promjena na površini materijala. Prilikom mjerenja karakterističnih dimenzija pojedinih dijelova na kutijastom modelu dolazi do odstupanja tih veličina što je u skladu s pretpostavkom. Prilikom mjerenja prvo dolazi do povećanja karakterističnih dimenzija te se ta razlika s povećavanjem vremena naknadnog očvršćivanja smanjuje.

**Krešimir Mesić, Ivan Pečušak and Marko Rekic. Budući izazovi hrvatskog elektroenergetskog sustava vezani uz elektromobilnost**

**Abstract:** Trend porasta broja električnih automobila u zadnjih nekoliko godina potencijalno ukazuje na moguću transformaciju pogonskog motora u automobilima s konvencionalnih motora s unutrašnjim izgaranjem na električne motore. Isto tako porast broja punionica električnih vozila ukazuje na moguću nadolazeću promjenu. Povećanje autonomije električnih automobila, niža cijena pogonskog goriva i poticaji prilikom kupnje neki su od razloga kupovine električnog automobila. Osim električnih automobila, na cestama su se pojavili električni bicikli, romobili, motocikli, električni autobusi te najavljen dolazak električnih teretnih vozila.

Električna vozila spojena na kućnu instalaciju, gdje se radi o nešto manjoj snazi punjenja (ispod 5 kW) ili spojena na punjaču velike snage (50 – 100 kW) utječu na prilike u okolnoj mreži pa tako i ukupan broj električnih vozila spojenih na električnu mrežu utječe na prilike u elektroenergetskom sustavu. Prvenstveno utječe na opterećenje elektroenergetskog sustava, a pojavljuje se i utjecaj elemenata energetske elektronike na EES jer punjači trebaju izmjeničnu električnu energiju pretvoriti u istosmjernu koja je nužna za punjenje električnih vozila. U ovom radu razmatran je mogući budući utjecaj električnih vozila na opterećenje sustava. Simuliran je utjecaj mogućeg budućeg broja električnih vozila na opterećenje hrvatskog EES-a s pretpostavljenom količinom električnih vozila na temelju dosadašnjih izvještaja o prodaji električnih vozila. Iz podataka o ukupnoj količini tekućih naftnih goriva prodanoj tijekom godine u Republici Hrvatskoj i na temelju podataka o prosječnoj učinkovitosti dizelskih i benzinskih motora izračunata je energija koju automobili s motorima s unutrašnjim izgaranjem potroše tijekom godine za svoje kretanje. Na osnovu tih podataka i na temelju podataka o prosječnoj učinkovitosti električnih automobila izračunata je količina energije koja bi trebala biti preuzeta iz električne mreže. Pokušano je kroz nekoliko scenarija prikazati mogući budući utjecaj električnih vozila na hrvatski elektroenergetski sustav. Svi scenariji temeljeni su na pretpostavljenoj budućoj količini električnih vozila u Hrvatskoj i služe samo kao projekcija mogućeg budućeg stanja u elektroenergetskom sustavu. U radu se htjelo ukazati na izazove koji mogu biti očekivani mogućom transformacijom voznog parka s konvencionalnih motora na električne motore.

**Laura Šoić, Ivan Sušec, Ivan Karlo Cingesar and Domagoj Vrsaljko. Utjecaj dodatnog očvršćivanja na svojstva smole za stereolitografiju**

**Abstract:** Stereolitografija (engl. Stereolithography, SLA) je postupak aditivne proizvodnje koji se koristi za izradu modela i prototipova korištenjem fotokemijskih procesa u kojima svjetlost uzrokuje povezivanje monomera u polimere. Poliakrilatna smola „Clear“ komercijalna je smola tvrtke FormLabs. Poliakrilat je polimer na osnovi estera akrilne kiseline ili monomera sličnog sastava. Značajka ove smole je da pod utjecajem svjetlosti fotopolimerizira.

Nakon što se SLA postupkom izradi model on ostaje na platformi u tzv. „green state“ obliku, što znači da unatoč tome što je uzorak poprimio svoj konačan oblik, proces polimerizacije nije potpuno dovršen. Naknadnim očvršćivanjem, izlaganjem materijala svjetlu i toplini, nastoji se postići veća umreženost modela.

Cilj ovog rada je istražiti utjecaj duljine naknadnog očvršćivanja i različitog kuta ispisa na primjenska svojstva poliakrilatne smole „Clear“. Polazi se od hipoteze kako će različiti kutovi ispisa utjecati na mehanička svojstva, dok će različita vremena naknadnog očvršćivanja utjecati na mehanička i toplinska svojstva kao i otpornost ispisnog modela na utjecaj različitih otapala.

Za izradu ispitnih tijela korišten je programski paket Blender, kojim su izrađena dva modela, epruveta prema normi ISO 572-2 model 1BA te kutijasti model. Epruvete su izrađivane pod kutom od 0° , 45° te 90° . Naknadno očvršćivanje provedeno je u termostetiranoj komori pri 60 °C pomoću svjetlosti valne duljine 405 nm.

Mehanička svojstva određena su statičkim vlačnim testom na kidalici. Toplinska svojstva određena su na temelju karakterističnih vrijednosti temperatura i entalpija diferencijalnom pretražnom kalorimetrijom (engl. Differential Scanning Calorimetry, DSC). Od fizikalnih svojstava određen je kontaktni kut (hidrofilnost i hidrofobnost materijala), a od kemijskih bubrenje (korištena otapala: etanol, aceton i redestilirana voda).

Rezultati pokazuju ovisnost mehaničkih svojstava o vremenu naknadnog očvršćivanja odnosno, povećanjem vremena naknadnog očvršćivanja epruvete postaju krutije i čvršće. Utjecaj vidimo i kod toplinskih i kemijskih svojstava materijala. Povećanjem vremena naknadnog očvršćivanja entalpija potpunog umrežavanja se smanjuje kao i bubrenje materijala. Kod mjerenja kontaktnog kuta primijećeno je kako ne dolazi do velikih promjena samog kuta primjenom različitih otapala. Kutijasti model korišten je za mjerenje

karakterističnih dimenzija. Uočeno je kako dolazi do odstupanja određenih veličina što je u skladu sa pretpostavkom.

**Dijana Vrsaljko, Božena Musulin and Veronika Haramija. TEKUĆINSKA KROMATOGRAFIJA KAO TEHNIKA ZA OCJENU STANJA IZOLACIJSKIH I KONSTRUKCIJSKIH MATERIJALA**

**Abstract:** Kromatografske metode, kao što su plinska i tekućinska kromatografija, spadaju u vrlo moćne analitičke i dijagnostičke tehnike, kako na području analitičke kemije, farmaceutske industrije tako i u području dijagnostike stanja izolacijskog sustava energetskih transformatora. Plinska kromatografija (GC engl. Gas Chromatography) koristi se za analizu otopljenih plinova u ulju, nastalih normalnim starenjem ili ubrzanom razgradnjom izolacijskog sustava ulje/papir uslijed pojačanih električkih, toplinskih i mehaničkih naprezanja. Tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti (HPLC engl. High Performance Liquid Chromatography), u dijagnostici stanja izolacijskog sustava transformatora, prvenstveno se koristi za analizu furana, karakterističnih produkata razgradnje čvrste izolacije na bazi celuloze. Iako se tekućinske kromatografija prvenstveno koristi za dijagnostiku stanja te procjenu životnog vijeka papirne izolacije, tijekom analize, na karakterističnim kromatogramima sa signalima furana, moguće je detektirati i druge spojeve. Navedeni spojevi mogu biti indikacija stanja drugih materijala korištenih u proizvodnji transformatora, njihove kompatibilnosti s uljem, razgrađenosti i/ili ovlaženosti. U radu će biti prikazani i diskutirani upravo ti slučajevi kroz primjere HPLC analiza nakon ubrzanog laboratorijskog starenja materijala u ulju ali i HPLC analiza stvarnih uzoraka ulja iz transformatora s terena.

**Katarina Musulin, Mario Jurić, Ivan Šeparović and Miroslav Plantarić. Primjena naponskih transformatora kod visokonaponskih ispitivanja na terenu za 110 kV postrojenje (GIS) EL-TO Zagreb**

**Abstract:** Za GIS postrojenje 110 kV predviđena su prema normi HRN EN 62271-203 „Visokonaponske sklopne aparature s metalnim oklopom za napone 52 kV i više“ ispitivanja na terenu kako bi se potvrdila ispravnost montaže i funkcioniranje postrojenja te dielektrična čvrstoća izolacije.

Dielektričnim ispitivanjima na terenu potvrđuje se da prilikom transporta i montaže nije došlo do oštećenja komponenata postrojenja te da su svi dijelovi postrojenja ugrađeni točno prema uputama proizvođača. Prilikom ispitivanja postrojenje mora biti kompletno montirano i napunjeno plinom nazivne gustoće. Dijelovi postrojenja, kao što su visokonaponski kabeli i nadzemni vodovi, transformatori, odvodnici prenapona koji mogu utjecati na ograničavanje napona ili uzrokovati visoke struje izbijanja prilikom ovih ispitivanja trebaju biti odspojeni.

Sukladno HRN EN 62271-203, Dodatak C, za visokonaponska ispitivanja na terenu može se koristiti ispitna oprema s konvencionalnim ispitnim transformatorom, ispitna oprema za rezonantna ispitivanja s promjenjivom frekvencijom ili promjenjivim induktivitetom te set opreme za VN ispitivanje preko ugrađenih naponskih transformatora.

Na lokaciji EL-TO Zagreb predviđena je ugradnja zamjenskog postrojenja 110 kV u postojećoj zgradi GIS-a. Zamjenom postojećeg postrojenja 110 kV s novim suvremene generacije, omogućit će se, osim zamjene postojećih polja 110 kV u postojećoj zgradi GIS-a, ugradnja novih 110 kV polja u ograničenom prostoru postojeće zgrade GIS-a. Nakon montaže 110 kV postrojenja izvest će se rezonantno ispitivanje promjenjivom frekvencijom, koje se već niz godina uspješno provodi za ispitivanje na terenu visokonaponskih GIS postrojenja, kabela i druge primarne opreme.

Zbog slijednosti radova i sigurnosti napajanja u provizoriju 110 kV na lokaciji EL-TO Zagreb te naknadne ugradnje oklopljenih vodova potrebna su nakon puštanja postrojenja pod napon i dodatna dielektrična ispitivanja, stoga su dodatnim plinskim barijerama i naponskim transformatorima snage osigurana ispitivanja naknadno ugrađenih dijelova postrojenja bez prekida rada ostatka 110 kV postrojenja.

U radu će se sagledati primjenjivost metode visokonaponskih ispitivanja GIS postrojenja injektiranjem na niskonaponsku stranu naponskih transformatora specijalne izvedbe u usporedbi sa ostalim standardnim metodama ispitivanja na terenu te analizirati prihvatljivost takve metode ispitivanja s obzirom na konfiguraciju postrojenja, dispoziciju, slijed radova i ekonomski benefit.

**Irena Jakić and Goran Marijan. Proizvodnja ogrjevnog i rashladnog energije na lokaciji TE-TO Zagreb pomoću dizalica topline**

**Abstract:** Hrvatska elektroprivreda, kao glavni proizvođač toplinske i električne energije u Zagrebu, razmatra i analizira nove potencijalno primjenjive koncepte i tehnologije proizvodnje toplinske i rashladne energije na lokaciji pogona TE-TO Zagreb. Koncept se bazira na proizvodnji ogrjevnog topline i rashladne energije na lokaciji TE-TO Zagreb pomoću dizalica topline električne snage 30 MW (toplinske snage 100 MJ/s). Riječ je o strateškim razmatranjima radi korištenja novih i učinkovitijih tehnologija proizvodnje toplinske i rashladne energije koje se neće koristiti fosilnim gorivima (očekuje se smanjivanje troškova poslovanja i CO<sub>2</sub> otisak lokacije).

Novi prijedlog Direktive predviđa mjere koje se odnose na sve vidove proizvodnje i potrošnje energije (električna energije, toplinska i rashladna energije i transport). Iako na sektor grijanja i hlađenja otpada gotovo polovina ukupne potrošnje energije u Europskoj Uniji, povećanje udjela energije iz obnovljivih izvora u tom sektoru nije pratio razvoj u ostalim sektorima (ukupan rast bio je nešto manji od 3 postotna boda od 2009. do 2015.)

Pogon TE-TO Zagreb iznimnog je značenja jer je to pogon za pretvorbu energije smješten uz najveći konzum toplinske i električne energije u Republici Hrvatskoj (a toplinski konzum i nadalje raste). Upravo to, blizina konzuma, osigurava stabilnost i utječe na smanjenje transportnih gubitaka. Uz to, suproizvodnja električne i toplinske energije bitno povećava učinkovitost energetske transformacije. Na obali je rijeke Save što pruža mogućnost izgradnju dizalica topline koje bi se koristile savskom vodom kao ogrjevnim spremnikom toplinske energije.

U ovom slučaju to podrazumijeva mogućnosti da se dio toplinske/rashladne energije proizvede temeljem toplinske energije sadržane u rashladnoj savskoj vodi prethodno iskorištenoj za hlađenje u kondenzatorima blokova C, K i L, odnosno temeljem toplinske energije preostale u dimnim plinovima blokova K i L. Riječ je o potencijalno velikoj toplinskoj energiji na relativno niskoj temperaturnoj razini zbog čega je nužno u sustav ugraditi dizalice topline kojima bi se premostio temperaturni jaz između niske temperature toplinskog izvora i relativno visoke temperature mrežne vode.

**Mislav Javor, Mladen Perković, Ivan Periša and Edo Jerkić. Blockchain + IoT energetska platforma**

**Abstract:** Članak će prikazati koja nova rješenja postoje za upravljanje dijelom distributivne mreže u uvjetima decentralizirane proizvodnje i skladištenja energije, veće elektrifikacije prometa i grijanja, primjene smart home rješenja i upravljanja energijom u stambenim i poslovnim objektima, te novih tržišta električne energije čiji će se cjenovni signali prenositi na krajnje potrošače u gotovo realnom vremenu.

Opisati će se projekt koji će pokazati mogućnosti novih tehnologija baziran na IoT rješenjima za upravljanje potrošnjom i automatizaciju upravljanja mrežom, te na blockchain tehnologiji koja će omogućiti interakciju IoT rješenja za prosumerima na razini automatizacije financijskih usluga povezanih sa signalima s tržišta, sljedivost i transparentnost jamstava podrijetla i na razini malih projekata, te testiranje rješenja za peer to peer tržišta električne energije budućnosti i upravljanje distribucijskim mikro)mrežama.

**Aleksandar Milković, Tin Bobetko, Antun Andrić and Zlatko Ofak. Određivanje stvarnih troškova regulacije napona proizvodnih jedinica s ciljem definiranja cijene pomoćne usluge**

**Abstract:** Mrežna pravila prijenosnog sustava (NN 67/2017) u članku 61. definiraju pravila za upravljanje jalovom snagom elektrana prema kojemu je svaka elektrana dužna voditi pogon s faktorom snage prema zahtjevu Hrvatskog Operatora Prijenosnog Sustava d.o.o. (HOPS-a), a u skladu s tehničkim mogućnostima. U svrhu upravljanja jalovom snagom, proizvođač je za svaku elektranu priključenu na prijenosnu mrežu dužan HOPS-u dostaviti aktualnu pogonsku kartu svih proizvodnih jedinica i podešenja svih limitera i ostale karakteristike uzbude. Ukoliko je zahtijevani faktor snage isporučene snage u prijenosnu mrežu unutar granica  $\cos\varphi \geq 0,95$  (induktivno ili kapacitivno) pri naponima prijenosne mreže u normalnim pogonskim uvjetima, navedeno se neće smatrati pomoćnom uslugom i ne smije utjecati na isporuku djelatne snage elektrane. Nadalje, Mrežna pravila prijenosnog sustava (NN 67/2017) u članku 52. definiraju pomoćnu uslugu regulacije napona i jalove snage proizvodnjom ili potrošnjom jalove energije. Rad elektrane, odnosno zahtjev HOPS-a za radom elektrane s  $\cos\varphi < 0,95$  (induktivno ili kapacitivno) smatrat će se pomoćnom uslugom koju HOPS osigurava te uređuje ugovornim odnosima s korisnicima mreže (elektranama). Izbor isporučitelja jalove snage temelji se na tehničkim zahtjevima, minimalnim troškovima i osiguranju raspoloživosti rezerve jalove snage u pojedinim dijelovima prijenosne mreže.

U navedenu svrhu, HOPS je odlučio inicirati interni projekt naziva "Iskorištenje potencijala regulacije napona u elektranama - NAPEL" kroz koji želi urediti odnos s elektranama kao korisnicima prijenosne mreže. U okviru projekta predviđena je i izrada prijedloga izmjena postojeće Metodologije za određivanje cijena pomoćnih usluga s ciljem uvrštenja pomoćne usluge regulacije napona koja bi omogućila formalizaciju procesa rada elektrana s faktorom snage  $\cos\varphi < 0,95$  (induktivno ili kapacitivno).

S ciljem definiranja formule za izračun cijene pomoćne usluge regulacije napona, HOPS je u suradnji s Institutom za elektroprivredu izradio opširnu analizu s ciljem definiranja stvarnih troškova regulacije napona proizvodnih jedinica uslijed rada s faktorom snage  $\cos\varphi < \pm 0,95$ .

U okviru ovog rada prezentirani su upravo rezultati istraživanja s naglaskom na sljedeće teme:

- pregled teorijskog mehanizma regulacije jalove snage/napona pomoću generatora
- detaljna procjena troškova regulacije napona pri faktoru snage  $\cos\varphi < \pm 0,95$ , uvažavajući troškove gubitaka, održavanja te skraćenja životnog vijeka
- pregled relevantnih svjetskih iskustava
- prijedlog formule određivanja cijene pomoćne usluge koja uključuje i cjelokupan popis troškova i razmatranih parametara.

Ano! Pečenковић, Vjekoslav Solić and Mirko Bižaca. MODERNIZACIJA PRUGE UVOĐENJEM NADZORA I UPRAVLJANJA NA VIŠE RAZINA SUSTAVA

**Abstract:** SCADA sustav za nadzor i upravljanje rastavljačima kontaktne mreže

Sustav daljinskog i mjesnog upravljanja u željezničkom elektroenergetskom podsustavu se razvija paralelno s razvojem primijenjenih tehnologija. Pojednostavljenje i centralizacija s većom mogućnosti kontrole i nadzora nad opremom i tokom prometa nameće se kao imperativ koji je potrebno ispuniti zbog zahtjeva za sigurnost elektroenergetskog podsustava i veće kvalitete prometa.

Funkcionalnost RTU jedinica (eng. Remote Terminal Unit) koriste se za automatizacije 25kV kontaktne mreže osobito na mjestima gdje se zahtjeva upravljanje manjim brojem aparata kao npr. u kolodvorima opremljenim s rastavljačima s elektromotornim pogonom koji su ili u službi sekcioniranja kontaktne mreže ili u službi sustava grijanja skretnica.

## SCADA sustav za nadzor i upravljanje nesigurnosnim funkcijama na željeznici

Funkcije prometno upravljačkog i signalno sigurnosnog podsustava na željeznici koje nisu sigurnosnog karaktera te zbog toga ne smiju biti integrirane u signalno sigurnosne uređaje potrebno je nadzirati i upravljati iz jednog centraliziranog mjesta koje mora biti dostupno prometnom osoblju i osoblju održavanja. SCADA sustav za nesigurnosne funkcije na željeznici uobičajeno nadzire i upravlja rasvjetom skretničkih i isklizničkih likova, sustavom napajanja kolodvorskih i pružnih uređaja, sustavom grijanja skretnica te telekomunikacijskim uređajima. Navedeni podsustavi nisu centralizirani već su distribuirani duž cijelog kolodvora ili čak duž cijele dionice pruge što zahtijeva veliki broj RTU jedinica (eng. Remote Terminal Unit) i razgranatu komunikacijsku mrežu.

Zbog opisane topologije mreže, komunikacija sa drugim sustavima elektroenergetskog podsustava kao npr. sustavom mjesnog i daljinskog upravljanja je lako izvediva.

**Melita Perčec Tadić and Renata Sokol Jurković. Karta koeficijenta dodatnog tereta od leda za potrebe izrade nacionalnog dodatka norme HRN EN 50341-1:2012**

**Abstract:** Za potrebu izrade nacionalnog dodatka norme "HRN EN 50341-1:2012 Nadzemni električni vodovi izmjenične struje iznad 1 kV - 1. Dio: Opći zahtjevi – Uobičajene specifikacije" zahtijeva se analiza klimatskih podataka na području Republike Hrvatske s naglaskom na klimatološkim parametrima koji predstavljaju opterećenja za funkcioniranje sustava, a to su vjetar i led. U nedostatku specijalnih mjerenja tereta od leda na vodovima koja bi pružila najtočniju informaciju o opterećenju, uvjeti za zaleđivanje predviđaju se pojavom niske temperature zraka i oborine. Na lokaciji meteorološke postaje računa se 98. percentil godišnjeg broja dana s uvjetima za zaleđivanje. Procjena na lokacijama meteoroloških postaja se geostatističkom metodom regresijskog kriginga interpolira na pravilnu mrežu u svrhu izrade karte ugroženosti ledom. Koeficijenti dodatnog tereta od ledase u idućem koraku modeliraju metodom multi-logističke regresije u ovisnosti o klimatskim prediktorima. Dobivena karta s koeficijentima dodatnog tereta od leda osnova je za izradu prijedloga nacionalnog dodatka za procjenu dodatnog tereta od leda na nadzemne vodove.

**Karla Draženović, Aleksander Radovan, Viktor Šunde and Željko Ban. Optimiranje hibridnog sustava za pohranu električne energije**

**Abstract:** Obnovljivi izvori zasnovani na vjetru i suncu predstavljaju izvore sa stohastičkom raspoloživošću i snagom. Održavanje stabilnosti mreže u kojoj značajno sudjeluje ova vrsta obnovljivih izvora zahtjeva primjenu konvencionalnih izvora u interventnom modu ili primjenu sustava za skladištenje energije. Primjena konvencionalnih interventnih elektrana u svrhu osiguranja stabilnosti mreže poništava prednosti obnovljivih izvora na osnovi sunca i vjetra kao čistih izvora energije. Primjena sustava za skladištenje energije zajedno s obnovljivim izvorima stohastičkog karaktera omogućava grupiranje izvora u virtualne elektrane koje se prema vanjskom energetsom sustavu ponašaju kao konvencionalne elektrane. Kao skladišta energije mogu se koristiti superkondenzatori, baterije, reverzibilne elektrane i sustavi pohrane na osnovi vodika. Svaki od navedenih sustava skladištenja određuje njegov kapacitet, snaga, vrijeme reakcije te učinkovitost. Da bi se postigao zadovoljavajući kapacitet spremanja energije i maksimalna učinkovitost, potrebno je optimirati tokove energije unutar sustava pohrane.

U radu se razmatra predikcija proizvodnje energije obnovljivih izvora zasnovana na satnoj vremenskoj prognozi. Takva procjena daje srednju vrijednost satne proizvodnje i definira krivulju maksimalne moguće proizvodnje koju može tražiti dispečer energetskog sustava. Varijacije u proizvodnji unutar satnog razdoblja pokrivaju se korištenjem sustava pohrane. U radu se definira način određivanja potrebnog kapaciteta sustava pohrane kao i funkcija cilja te funkcije ograničenja za optimiranje tokova energije unutar sustava pohrane.

Funkcija cilja zasnovana je na postizanju maksimalne učinkovitosti sustava s obzirom na učinkovitosti pojedinih sustava pohrane. Funkcije ograničenja sastoje se od ograničenja po kapacitetu, ograničenja po snazi i ograničenja po vremenu reakcije sustava.

Postupkom optimiranja funkcije cilja uz zadana ograničenja određuje se algoritam upotrebe pojedinih sustava pohrane za prihvata, odnosno za oslobađanje energije sa svrhom postizanja maksimalnog odnosa isporučene i proizvedene energije unutar ograničenja definiranih estimiranim srednjim vrijednostima moguće proizvodnje na osnovi vremenske prognoze.

Primjenom algoritma upravljanja tokovima energije unutar mikromreže sustava pohrane i sustava stohastičkih obnovljivih izvora energije moguće je ostvariti učinkoviti sustav virtualne elektrane.

#### Tomislav Popek. Mogućnosti primjene aksijalnih ventilatora sa uzdignutim vrhovima lopatica za hlađenje električnih strojeva

**Abstract:** Proces energetske pretvorbe u električnim strojevima popraćen je različitim oblicima gubitaka. Kako bi se rad stroja odvijao u optimalnom području, stroj je potrebno ohladiti do odgovarajućeg temperaturnog raspona. Osim toga, hlađenje stroja mora biti izvedeno tako da ventilacijski gubici budu što manji. Ventilator je ključni element ventilacijskog kruga svakog električnog stroja, a izvodi se kao aksijalni i centrifugalni.

Lopaticе aksijalnih ventilatora za hlađenje električnih strojeva mogu biti izvedene iz ravnih ili savijenih limova ili kao profilirane lopaticе sa konstantnim profilom po cijeloj širini. Oblik, dimenzije i broj lopatica aksijalnog ventilatora izravno utječu na njegovu efikasnost. Bježanje zraka između vrha lopaticе i zaslona aksijalnog ventilatora događa se zbog razlike tlakova na tlačnoj i usisnoj strani lopaticе, a predstavlja i dodatni izvor gubitaka. Modifikacijom oblika vrha lopaticе na jednostavan i tehnologičan način se ti gubici mogu smanjiti.

U ovom radu provest će se serija numeričkih proračuna kako bi se utvrdio eventualni utjecaj uzdignutog vrha lopaticе na učinkovitost aksijalnog ventilatora. Prethodno će se vjerodostojnost matematičkog modela utvrditi usporedbom rezultata dobivenih numeričkim proračunima i rezultata internih modelnih ispitivanja na aksijalnim ventilatorima.

#### Zdeslav Čerina, Tin Bobetko and Mario Princip. Transformacija regionalnih sigurnosnih centara (RSC) u regionalne koordinacijske centre (RCC)

**Abstract:** U posljednjih desetak godina svjedoci smo velikih promjena u načinu vođenja i korištenja elektroenergetskog sustava u Europi, prije svega potaknutih idejom uspostave jedinstvenog tržišta električna energije te snažnom penetracijom obnovljivih izvora energije. Upravo su navedeni izazovi potaknuli osnovne promjene u načinu vođenja elektroenergetskih sustava od strane Operatora prijenosnih sustava budući da se brzo došlo do spoznaje o potrebi za snažnom koordinacijom između OPS-ova s ciljem osiguranja sigurnosti pogona europske mreže.

Osiguranje sigurnost napajanja potrošača uvijek je prepoznato kao temeljni cilj OPS-ova te je stoga pokrenuta inicijativa od strane OPS-ova za osnivanjem regionalnih koordinacijskih centara koji će pomoći upravo u ostvarenju navedenog cilja.

Trenutačno je na razini Europe osnovano pet (5) Regionalnih sigurnosnih koordinatora čiji su temeljni zadaci unaprijediti suradnju između OPS-ova s ciljem povećanja sigurnosti cjelokupnog Europskog prijenosnog sustava i osiguranja sigurnosti opskrbe te ispuniti zahtjeve koji proizlaze iz postojećih EU Mrežnih kodova (CACM GL, FCA GL, SO GL, NCER).

Upravo su zahtjevi iz postojećih Mrežnih kodova definirali pet (obveznih) usluga koje su regionalni sigurnosni koordinatori dužni pružati OPS-ovima: Uspostava zajedničkog modela mreže, Koordinirana analiza sigurnosti (CSA), Koordinirani proračun kapaciteta (CC), Kratkoročna procjena dostatnosti (STA), Koordinirano planirane isključenja (OPC).

HOPS je sudjelovao u osnivanju u osnivanju zajedničkog ureda za koordinaciju 2012.godine (TSO Security Cooperation – TSC) koji je 2014. prerastao u tvrtku TSCNET Services GmbH, sa sjedištem u Münchenu koja je u tadašnje vrijeme pružala i uspostavljala usluge prema OPS-ovima u regijama za proračun kapacitet CEE (središnja Europa) i NBI (sjeverna Italija).

Odlukom Agencije za suradnju energetske regulatora (ACER) krajem 2016. godine o spajanju regija za proračun kapaciteta CWE i CEE u zajedničku Core CCR, pred OPS-ove novostvorene regije i dva RSC-a koji su djelovali unutar novostvorene regije (Coreso, TSCNET) postavljen je novi izazov u vidu usklađenja rada dva RSC-a te efikasnog pružanja usluga unutar jedinstvene regije.

U postupku donošenja nove energetske strategije EU poznate pod imenom Zelena energija za sve Europljane (CEP) u postupku donošenja je Uredba o unutarnjem tržištu za električnu energiju. Jedan od najvažnijih elemenata ove direktive je obveza OPS-ova za osnivanje regionalnih koordinacijskih centara (RCC). Zadatak RCC-ova je proširen s dodatnim brojem usluga u odnosu na trenutno navedenih pet obveznih.

Upravo je navedena problematika transformacije postojećih RSC u RCC kao i broj novih predviđenih usluga opisana i prezentirana u radu.

**Marin Uzelac and Krunoslav Pavić. Funkcionalnosti nove AMICA-e 1.2 u vođenje elektroenergetskog sustava**

**Abstract:** TSCNET Services je jedan od vodećih europskih regionalnih koordinatora za sigurnost. Od strane TSCNET-a razvijen je jedan od glavnih alata za razmjenu podataka i procjenu sigurnosti elektroenergetskog sustava Europe AMICA (Advanced Multisite Integral Congestion Assessment). Ulaskom u TSC (Transmission System Operator Security Cooperation) i korištenjem alata AMICA, proces planiranja i vođenja elektroenergetskog sustava ima uvid u širu sliku elektroenergetske mreže Europe. Alati pomoću kojih se radi provjera tokova snaga, te analiza zagušenja u mreži zahtijevaju što precizniji model prijenosne mreže. Ograničenja kao što su relativno mali broj mjerenja koje nam dolaze od susjednih operatora prijenosnog sustava su time riješena.

AMICA je alat koji između ostalih mogućnosti, služi za povezivanje DACF (Day Ahead Congestion Forecast) datoteka u jedan model na kojem se radi analiza tokova snaga i analiza mogućih zagušenja u mreži, tj. analizu tokova snaga u slučaju ispada bilo kojeg elementa mreže.

Osim korištenja AMICA-e za analizu tokova snaga za dan unaprijed, možemo ga koristiti u tekućem danu pomoću IDCF datoteka (Intra Day Congestion Forecast), te moguće je lako po potrebi u bilo kojem trenutku napraviti analizu tokova stanja i zagušenja za trenutno stanje sustava. Na taj način dobili smo alat kojim imamo uvid u trenutno stanje elektroenergetskog sustava cijele Europe. Time je omogućena koordinirana prognoza i rješavanje zagušenja u mreži, djelovanjem jednog operatora prijenosnog sustava koji često može svojim protumjerama uvelike utjecati na pomoći drugim operatorima prijenosnog sustava, bilo promjenom topologije, proizvodnje ili promjenom preklopke na transformatorima sa poprečnom regulacijom.

Također u AMICA-i se lako može koordinirano primijeniti i proračunati multilateralna protumjera (MRA) za otklanjanje zagušenja.

Svi rezultati različitih proračuna u AMICA-i se mogu vidjeti u preglednim tabličnim prikazima i u obliku trendova čime je uvelike olakšan uvid i pregled u moguća preopterećenja ili probleme u elektroenergetskom sustavu.

U ovom članku će biti opisane nove funkcionalnosti AMICA-e 1.2 nadogradnje alata, te mogućnosti korištenja istih od strane operatora prijenosnog sustava.

Mario Stanić, Marin Uzelac and Tomislav Tendera. Unutardnevno trgovanje električnom energijom sa gledišta vođenja elektroenergetskog sustava

**Abstract:** Unutardnevno tržišno povezivanje cijele Europe ključna je sastavnica za dovršavanje europskog unutarnjeg tržišta energije. Uslijed rastućeg udjela varijabilne proizvodnje u ukupnoj europskoj proizvodnji električne energije, povezivanje unutardnevnih tržišta prekograničnim trgovanjem sve je važniji alat tržišnih sudionika za zadržavanje njihovih tržišnih pozicija uravnoteženima. Kako se unutardnevno tržište bude razvijalo, omogućit će povećanu optimizaciju korištenja proizvodnih jedinica - poglavito varijabilnih obnovljivih izvora energije i omogućit će i razvoj proizvoda upravljive potrošnje.

U Republici Hrvatskoj trenutno postoji funkcionalno dan unaprijed i unutardnevno tržište električne energije koje se odvija na Hrvatskoj burzi električne energije (CROPEX). Ona je započela s radom 10.02.2016. godine. U prvih 100 dana rada CROPEX-a zabilježeno je ukupno trgovanje energijom u iznosu od 100 GWh, a volumen dnevnog trgovanja povećava se s vremenom, što je na neki način i očekivano. Na početku su na unutardnevnom trgovanju postojali samo prekogranični prijenosni kapaciteti sa Slovenijom (ELES), Srbijom (EMS) i BiH (NOSBiH). Dana 27.3.2018. započinje dodjela prekograničnih kapaciteta na hrvatsko – mađarskoj granici. Također od 31.12.2018. Hrvatski operator tržišta energije postaje sudionik na CROPEX unutardnevnom tržištu čime kao voditelj EKO bilančne grupe započinje s tržišnom prodajom ili kupnjom preostalih 30 % energije koje se preuzima obnovljivih izvora energije i visokoučinkovite kogeneracije.

Važan dio posla dispečera nacionalnog dispečerskog centra obuhvaća upravo unutardnevno trgovanje i usuglašavanje transakcija na pojedinim granicama. Navedeni poslovi se obavljaju kroz aplikacije Plan razmjene, Ugovori OS i Kapaciteti. Trenutni proces se odvija tako da dispečer u aplikaciji Plan razmjene ručno pregledava i kontrolira svaku transakciju. Odnosno postupak je da tržišni sudionik rezervira kapacitet na odgovarajućoj granici, prijavi transakciju putem odgovarajuće XML datoteke, te nazove NDC da potvrdi prijavu, nakon čega dispečer navedenu transakciju provjeri i učitava u sustav ukoliko je ispravna. No sa sve većim povećanjem broja transakcija došlo je do potrebe za automatizacijom procesa učitavanja i usuglašavanja. Time se ubrzava sam proces usuglašavanja, te ujedno i umanjuje mogućnost ljudske pogreške. U ovom članku je opisan proces unutardnevnog trgovanja od strane dispečera, te mogućnosti i zahtjevi za automatizaciju istog. Takva automatska aplikacija mora provjeravati ispravnost datoteka, te u slučaju ispravnosti istih automatski učitavati i usuglasiti tržišnu transakciju, ukoliko transakcija nije ispravna pravoremeno mora alarmirati dispečera kako bi se moglo na vrijeme obavijestiti tržišnog sudionika u čemu je greška i kako je popraviti.

**Luka Pehar, Andrea Brajko and Danijel Beljan. NASTUP EKO BILANČNE GRUPE NA UNUTARDNEVNOM TRŽIŠTU**

**Abstract:** Dana 1. siječnja 2019. godine s radom je krenula EKO bilančna grupa, čiji je voditelj HRVATSKI OPERATOR TRŽIŠTA ENERGIJE d.o.o. (dalje: HROTE) postao odgovoran za odstupanje prema HRVATSKOM OPERATORU PRIJENOSNOG SUSTAVA d.o.o. (dalje: HOPS). Unutardnevno tržište električne energije u RH otvara se nakon 18 sati u danu koji prethodi danu isporuke do najkasnije 15 minuta prije sata isporuke. Do 2017. godine unutardnevno tržište električne energije je bilo organizirano isključivo kao bilateralno tržište, a od 2017. je omogućeno i trgovanje na unutardnevnom tržištu električne energije na HRVATSKOJ BURZI ELEKTRIČNE ENERGIJE d.o.o. (dalje: CROPEX).

U svrhu što točnijeg planiranja rada elektroenergetskog sustava, nužnog za bolju integraciju velikog broja intermitentnih obnovljivih izvora energije u elektroenergetski sustav, kao što su vjetroelektrane, sunčane elektrane i male hidroelektrane, te za procjenu nastupa na tržištu električne energije koriste se dugoročne prognoze proizvodnje električne energije, do deset dana unaprijed i mnogo važnije kratkoročne prognoze za dan unaprijed. Izrađene prognoze proizvodnje za dan unaprijed moguće je naknadno poboljšavati tako da se korigiraju temeljem novih meteoroloških prognoza ili korištenjem statističkog modela za ultrakratko planiranje za nekoliko sati unaprijed za koji su potrebni podaci o proizvodnji vjetroelektrana u realnom vremenu. Prognoze proizvodnje upravljivih obnovljivih izvora energije, kao što su elektrane na biomasu i bioplin te visokoučinkovite kogeneracije, također je moguće korigirati unutar dana

isporuke u slučajevima iznenadnih kvarova ili drugih nepredviđenih promjena u proizvodnji. Izrađene prognoze za dan unaprijed nakon vremena zatvaranja trgovine za dan unaprijed moguće je mijenjati isključivo trgovanjem na unutardnevnom tržištu, tako da se kupuje ili prodaje električna energija ovisno o tome jesu li nove prognoze veće ili manje od onih za dan unaprijed.

Trgovanjem na unutardnevnom tržištu umanjuje se trošak odstupanja koji uzrokuju OIEiVUK postrojenja te se smanjuje potreba za rezervom snage od strane operatora prijenosnog sustava, a tržišni sudionici s visokom fleksibilnošću mogu profitirati kroz više prihode od trgovine električnom energijom.

U radu će biti prikazana analiza rada EKO bilančne grupe na unutardnevnom tržištu električne energije tijekom 2019. godine te postignute prednosti u pogledu smanjenja troškova odstupanja.

#### **Dražen Balić, Dražen Jakšić, Danijel Beljan and Andrea Brajko. MOGUĆNOSTI NASTUPA VIRTUALNE ELEKTRANE S DOMINANTNIM KAPACITETOM U VJETRU NA TRŽIŠTU POMOĆNIH USLUGA**

**Abstract:** Dana 23. studenoga 2017. u Službenom listu EU objavljena je Uredba Europske komisije 2017/2195 o uspostavljanju smjernica za električnu energiju uravnoteženja (dalje: Smjernice za uravnoteženje). Smjernice za uravnoteženje predviđaju otvaranje i integraciju tržišta pomoćnih usluga u EU što će biti dodatni poticaj pružanju pomoćnih usluga od strane virtualnih elektrana. Dodatno Smjernice za uravnoteženje u pravilima nabave kapaciteta za uravnoteženje sustava definiraju da se nabava rezerviranog kapaciteta za uravnoteženje sustava regulacijom prema gore i regulacijom prema dolje provodi zasebno te da bi se postupak nabave trebao provoditi na kratkoročnoj osnovi u mjeri u kojoj je to moguće i kad je to ekonomski učinkovito.

Navedena načela za nabavu kapaciteta za uravnoteženje sustava biti će dodatan poticaj vjetroelektranama i sunčanim elektranama u pružanju pomoćnih usluga operatorima prijenosnog sustava. U sklopu rada provedeno je istraživanje možebitnih implikacija primjene smjernica za uravnoteženje na virtualnu elektranu.

Razmatrane su tehničke mogućnosti i ograničenja koje se odražavaju na virtualnu elektranu s dominantnim kapacitetom u vjetru te manjim u kogeneracijskom postrojenju. Za navedeno je izrađen matematički model u programskom alatu PLEXOS te su provedene simulacije za jednu referentu godinu na satnoj bazi. Rezultati simulacija pokazuju da virtualne elektrane mogu ostvariti određene ekonomske dobrobiti te imati bitnu ulogu na tržištu pomoćnih usluga.

#### **Hrvoje Klicper, Ana Skaramuca, Luka Pehar and Danijel Beljan. PRIMJENA CIJENE NESTAŠICE KOD OBRAČUNA ODSUPANJA**

**Abstract:** Mrežna pravila i smjernice vezane za tržište električne energije na razini EU su paket pravila i smjernica koja promiču usklađivanje zakonodavstva na razini EU članica tj. tržišta električne energije. Mrežna pravila i smjernice su bitan element u uvođenju internog, zajedničkog, tržišta električne energije iz trećeg energetske paketa.

Dana 23. studenoga 2017. objavljena je UREDBA KOMISIJE (EU) 2017/2195 o uspostavljanju smjernica za električnu energiju uravnoteženja (dalje: Smjernice za uravnoteženje, engl: Electricity Balancing Guideline). Bitna odredba Smjernica za uravnoteženje je uvođenje obveze državama članicama EU da obračunati troškovi odstupanja voditeljima bilančnih grupa odgovaraju troškovima aktivirane energije uravnoteženja od strane operatora prijenosnog sustava.

Smjernice za uravnoteženje prepoznaju primjenu dvaju sustava izračuna cijene za odstupanje:

- jedinstvena cijena odstupanja (engl.: single price) i
- dvostruka cijena odstupanja (engl: dual price)

pri čemu se preferira primjena sustava jedinstvene cijene odstupanja za sva odstupanja bilančnih grupa.

Smjernice za uravnoteženje također predviđaju mogućnost izrade dodatnog mehanizma kod obračuna odstupanja, koji je odvojen od obračuna odstupanja, za obračun troškova nabave rezerviranog kapaciteta za uravnoteženje sustava, administrativnih troškova i drugih troškova povezanih s uravnoteženjem. Dodatni se mehanizam obračuna primjenjuje na voditelje bilančnih grupa, što je moguće postići uvođenjem funkcije određivanja cijena nestašice (engl. Scarcity Pricing).

Primjenom dodatnog mehanizma obračuna odstupanja, u trenucima veće iskorištenosti rezervi za uravnoteženje sustava, bilančne grupe će biti dodatno motivirane smanjiti svoja odstupanja, a ako se isti mehanizam ne primjeni i na cijene aktivacija rezervi za uravnoteženje, operatoru prijenosnog sustava će se nadoknaditi dio ili svi troškovi nabave rezervi za uravnoteženje.

U ovom radu će se ukratko pojasniti određene odredbe Smjernica za uravnoteženje te će se analizirati primjena dodatnog mehanizma kod obračuna odstupanja primjenom funkcije određivanja cijene nestašice te će se opisati primjeri iz prakse u državama u kojima je navedeni mehanizam u primjeni.

Silvia Piliškić, Dalibor Škarica, Goran Levačić, Luka Ćurin. SKUSTVA U PRIMJENI ODVODNIKA PRENAPONA NA DALEKOVODIMA U PRIJENOSNOJ ELEKTROENERGETSKOJ MREŽI RH

**Abstract:** U posljednje vrijeme, u svijetu se sve više primjenjuju odvodnici prenapona u svrhu ublažavanja posljedica atmosferskih pražnjenja odnosno poboljšanja preskočnih karakteristika dalekovoda.

Grmljavinske aktivnosti jedan su od najčešćih uzroka kvarova nadzemnih prijenosnih vodova. Zaštita dalekovoda od grmljavinskih udara, odnosno prenaponska zaštita dalekovoda, vrlo je važna za sigurnost pogona elektroenergetskog sustava. Stoga su sa ciljem što manjeg broja ispada dalekovoda iz pogona zbog djelovanja atmosferskih pražnjenja, osiguranja kvalitete opskrbe, te izbjegavanja materijalnih šteta provedene brojne analize pogona prijenosnih dalekovoda obzirom na grmljavinske aktivnosti.

Za prenaponsku zaštitu prijenosnih vodova uobičajeno se primjenjuju sljedeće metode: poboljšanje otpora uzemljenja stupova, povećanje kritičnog preskočnog napona izolatora (engl. critical flashover voltage - CFO), primjena odvodnika prenapona na dalekovodu (engl. line surge arresters), primjena zaštitnih vodiča itd.

U prijenosnoj mreži Hrvatskog operatora prijenosnog sustava d.o.o. (HOPS), u sklopu pilot projekta instalirani su (metaloksidni) odvodnici prenapona u srpnju 2007. godine na dalekovodu 110 kV Ston – Komolac. Prema raspoloživim iskustvenim kartama, izokeraunička razina za promatrano područje iznosi 40 grmljavinskih dana godišnje. Tlo u okolini promatranog dalekovoda je pretežno stjenovito i karakteriziraju ga visoke vrijednosti specifičnog otpora tla, što dodatno otežava učinkovitost prenaponske zaštite dalekovoda.

Dalekovod 110 kV Ston – Komolac, ukupne dužine 44 km, s ugrađena 144 stupa izgrađen je 1961. godine, a tijekom godina eksploatacija, zamijenjena je elektrooprema te je ugrađen vodič BTAL/Stalum 154/19 mm<sup>2</sup>, zaštitno uže s opto-nitima i stakleni izolatori. Radi smanjenja broja ispada dalekovoda uslijed atmosferskih pražnjenja na istom je ugrađeno 110 linijskih odvodnika prenapona (LSA) i 49 senzora za registraciju prorada koji pokazuju stanje odvodnika i vrijednost struje groma svrstanu u pet kategorija.

U prvom dijelu rada su dana pogonska iskustva s primjenom linijskih odvodnika prenapona na dalekovodu 110 kV Ston – Rudine – Komolac s osnovnim prikazom snimljenih rezultata (broj ispada, broj prorada, rezultata mjerenja otpora uzemljenja stupova) te izvršenih intervencija u smislu