

Jandro Šimić, Zvonko Benčić

Područje elektromagnetske kompatibilnosti u Elektrotehničkom institutu *Rade Končar* (1972. – 1990.)

Sažetak: Bavljenje područjem elektromagnetske kompatibilnosti počelo je mjerenjem konduktivnih i zračenih elektromagnetskih smetnji za potrebe razvoja vojnih i poštanskih uređaja učinske elektronike. Kasnih sedamdesetih godina mjerenje i rješavanje djelovanja smetnji proširilo se i na ostale *Končareve* električne proizvode, primjerice na diodnu i tiristorsku lokomotivu te kućanske aparate. Zatim su se počeli rješavati problemi elektromagnetske kompatibilnosti u pogonima drugih tvrtki u Hrvatskoj, primjerice u tvrtkama Elka i Pliva. Laboratorij za elektromagnetsku kompatibilnost ovlašten je od 1972. za mjerenje i certificiranje električnih proizvoda.

Ključne riječi: Zvonko Benčić, certificiranje, Faradayev kavez, elektromagnetska kompatibilnost, *Končar* – Laboratorij za elektromagnetsku kompatibilnost, RSO-atest, Jandro Šimić, Ervin Zentner

Uvod

Prvi problemi elektromagnetskih smetnji pojavljuju se krajem XIX. stoljeća, kad je američka mornarica počela koristiti bežični telegraf (izum Guglielma Marconija iz 1859.). Tad se prvi put uočavaju smetnje jer su svi odašiljači bili ugođeni na jednaku radnu frekvenciju. Nije se mogla primiti suvisla informacija ako su istodobno radila dva ili više odašiljača.

Početak XX. stoljeća objavljuju se prva pravila iz elektromagnetske kompatibilnosti u okviru FCC-a (engl. *Federal Communications Commission*), sa zadaćom reguliranja postojeće vrste komunikacija (radio, žičane i kabelske komunikacije). Ta pravila značajno su smanjila probleme međusobnog ometajućeg djelovanja.

1. Osnivanje Tehničkog odbora JEK-a¹ za elektromagnetsku kompatibilnost

Godine 1934. u okviru IEC-a (engl. *International Electrotechnical Commission*) osnovan je Tehnički komitet CISPR (franc. *Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques*; engl. *International Special Committee on Radio Interference*, hrv. Međunarodni specijalni odbor za radiointerferenciju²). Svrha Odbora bila je uspostava i donošenje normi za potiskivanje elektromagnetskih smetnji od električnih i elektroničkih uređaja.

Godine 1973. osnovan je u okviru IEC-a Tehnički komitet za elektromagnetsku kompatibilnost IEC-TC 77 (engl. *Technical committee for electromagnetic compatibility*). Svrha njegova osnivanja bilo je donošenje normi glede konduktivnih i zračenih smetnji u električnim mrežama. U početku se TC 77 bavi niskofrekvencijskim zračenim smetnjama, višim harmonicima i propadima i nadvišenjima mrežnog napona zbog rada elektroničkih učinkovitih pretvarača te treperenjem rasvjete (tzv. flaker-činak).

Godine 1975. u okviru JEK-a osnovan je, po uzoru na međunarodni IEC-TC 77, Jugoslavenski tehnički odbor TO 77 nazvan Elektromagnetska kompatibilnost između električne opreme, uključujući mreže. Prvi predsjednik Odbora TO 77 je bio prof. dr. sc. Zvonko Benčić³ iz Elektrotehničkog instituta *Rade Končar*. Predložio ga je prof. dr. sc. France Mlakar⁴. Postoji zapisnik s drugog sastanka TO 77, održanog 8. lipnja 1976. pod predsjedanjem prof. dr. sc. Zvonka Benčića.

Godine 1982. (1. ožujka) predsjedništvo Odbora TO 77 preuzima inženjer Janoš Rajda jer profesor Benčić preuzima predsjedništvo Tehničkog odbora 22 (Učinska elektronika) od profesora Zlatka Plenkovića. Nakon odlaska Rajde u Kanadu (1987.), predsjedništvo TO 77 preuzima mr. sc. Jandro Šimić.

¹Jugoslavenski elektrotehnički komitet

²Djelovanje radiovalova međusobno i djelovanje radiovalova na elektroničke uređaje.

³Svugdje su navedena najviša postignuta zvanja.

⁴France Mlakar (1921. – 1992.), inženjer elektrotehnike, sveučilišni profesor; autor udžbenika *Opća električna mjerenja*

2. Laboratorij za elektromagnetsku kompatibilnost

Rad na području elektromagnetske kompatibilnosti počeo je 1972. godine, u prvom redu zbog ispitivanja elektromagnetske kompatibilnosti uređaja i postrojenja učinske elektronike (mjerenje harmonika mrežnog napona, mjerenje psofometričkog napona). Poslije je poslužio za ispitivanje kućanskih aparata i druge *Končareve* opreme te izdavanje ispitnih protokola i certifikata RSO (radiosmetnje otklonjene).

Pri osnivanju prikupljali smo informacije sa svih strana glede ispitne opreme. Benčić se prisjeća posjeta Elektronskoj industriji Niš, Laboratoriju za elektromagnetsku kompatibilnost, koji je vodio inženjer Mirko Minić:

“Posjet smo završili prilično rano, oko 13 sati. Kako u to vrijeme nije polazio autobus za Beograd, predložio sam Šimiću da pokušamo autostopom, kako bi stigli na vlak za Zagreb koji je polazio iz Beograda u 16 sati. Šimić me poslušao kao šefa, no nismo ‘uhvatili’ vlak, pa smo iz Beograda krenuli tek u 8 sati navečer i stigli u Zagreb oko 2 u noći.”

Faradayev kavez kupljen je od tvrtke Siemens 1972./1973. godine u svrhu razvoja i ispitivanja proizvoda Poduzeća *Rade Končar* (u prvom redu kućanskih aparata i vojnih uređaja). Kad je stigao u dijelovima u Zagreb, u Carinsku ispostavu *Zapadni kolodvor* (Vodovodna ul. 20a), s carine je javljeno da su neki dijelovi oštećeni. Benčić i Šimić našli su dvije-tri bočne stranice kaveza “udubljene”. Unatoč neiskustvu, zaključili su da se neće smanjiti gušenje kaveza i da se kavez može preuzeti. Sastavili smo ga u Laboratoriju energetske elektronike, u prizemlju tzv. ciglaste zgrade, a zatim smo ga premjestili u tzv. šed-halu.



Slika 1.: Smještaj Laboratorija za elektromagnetsku kompatibilnost u krugu *Končara* na Trešnjevci. Najprije je bio smješten u prizemlju crvenkaste zgrade, a poslije u šed-hali (hala s “pilastim” krovom).



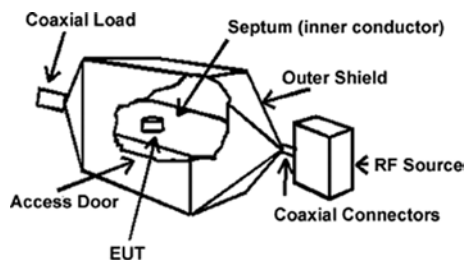
Slika 2.: Faradayev kavez s mjernom opremom; izmjere kaveza $5,25 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 2,6 \text{ m}$; gušenje elektromagnetskog polja: veće od 80 dB u području frekvencija od 10 kHz do 100 kHz i veće od 100 dB u području od 100 kHz do 1 GHz

Osnovna mjerna oprema Laboratorija:

- mjerni prijamnik i ekvivalentna mreža (njem. *Funkstoermessgeraet und Netznachbildung* (Siemens))
- mjerni prijamnik (Schwarzbeck)
- valni analizatori i filtri, uključivo psofometrijski filtar (Bruel&Kjaer)
- mjerna oprema za ispitivanje otpornosti na elektromagnetske smetnje (Schaffner).

Prof. dr. sc. Ervin Zentner, u svojstvu vanjskog suradnika, bio je stalna tehnička i znanstvena potpora Laboratoriju za elektromagnetsku kompatibilnost. Uz njegovu je pomoć razvijena i izrađena TEM ćelija⁵ za ispitivanje emisije elektromagnetskih polja i otpornosti na elektromagnetska polja za uređaje manjih izmjera. TEM ćelija je u biti “napuhani” koaksijalni kabel. Vanjski vodič koaksijalnog kabela ima oblik metalnog kvadra, a unutarnji srednji vodič je metalna ploha. Na tu se plohu postavljaju uređaji koji se ispituju. Bočni nastavci imaju oblik pravilne četverostrane piramide. S jedne se strane priključuje zaključna impedancija od 50 Ω , a s druge strane ćelija se napaja iz signal-generatora. Upotrebom pojačala snage u širem frekvencijskom području postizale su se visoke razine polja (do 50 V/m). U TEM ćeliji ispitivana su digitalna električna brojila koja je proizvodila Radioindustrija Zagreb (RIZ) za potrebe Hrvatske elektroprivrede (HEP) i drugi proizvodi gdje su zahtijevana jaka ispitna polja.

⁵engl. *transverse electromagnetic cell*



Slika 3.: TEM-ćelija (upisati hrv. nazive: koaksijalni teret, pristupna vratašca, uređaj koji se ispituje, pregrada (unutarnji vodič), vanjski zaslon, koaksijalni konektori, pojačalo sa signalnim generatorom; upisati dimenzije prema priloženoj skici na kraju članka: $l \approx 1,5$ m, $v \approx 1$ m, $d \approx 1$ m)



Slika 4.: Prof. dr. sc. Ervin Zentner 1999. godine i na proslavi diplomskog ispita (drugi s lijeve) 1987. godine. Krajnji lijevo s bradom je prof. dr. sc. Borivoj Modlić, a u sredini s čašom uz stol je prof. dr. sc. Branka Zovko-Cihlar.



Slika 5.: Ekipa Laboratorija za elektromagnetsku kompatibilnost: Janoš Rajda, dipl. ing.; Zoran Vrgoč, dipl. ing.; Zdravko Peršin, el. teh.; mr. sc. Jandro Šimić, Željko Peček, dipl. ing. i Zdravko Kukulja, el. teh. (proljeće 1985.)

3. Djelatnost Laboratorija za elektromagnetsku kompatibilnost

Početne aktivnosti iz područja elektromagnetske kompatibilnosti odvijale su se kroz ispitivanje i atestiranje radiofrekvencijskih smetnji. Prvi atest izdan je za ispravljač za poštu u Novom Sadu. Atest je potpisao direktor Instituta profesor Zlatko Plenković.

Kupnjom Faradayeva kaveza formira se Laboratorij za radiofrekvencijske smetnje (RFS-laboratorij) u Zavodu za energetske elektroniku (Sektor za industrijsku elektroniku i automatizaciju). Obavlja se atestiranje električnih proizvoda na radiofrekvencijske smetnje. Ateste potpisuje kao odgovorna osoba upravitelj Zavoda za energetske elektroniku prof. dr. sc. Zvonko Benčić, a kao tehnička osoba mr. sc. Jandro Šimić.

I jedno zgodno sjećanje tehničara Darka Krizmana na rad u Laboratoriju. Krizman pripovijeda da je rano, početkom radnog vremena, unosio “frižidere” u spomenuti Faradayev kavez. Iza leđa prišao je neki čovjek i pomogao mu unositi te “frižidere”. To je bilo 1972. godine. Poslije je u posjet Laboratoriju došla delegacija. Krizman je pitao majstora Stepana tko je taj čovjek koji mu je pomogao unijeti frižidere. Stepan je rekao da je to direktor Instituta (vjerojatno prof. dr. sc. Božidar Frančić).

I jedno sjećanje inženjera Branka Kovača na rad na terenu. “U Beočinu mjerili smo harmonike na faznom naponu od 6,3 kV. Visokonaponski kabel je išao iz kablenskog kanala do sabirnice na kondenzatorskoj bateriji. Postavili smo mjernu opremu, i uključili magnetofon za snimanje valnih oblika *online*. Onda smo primijetili kako strujna klijesta ‘putuju’ po izoliranom vodiču jedne faze prema neizoliranoj sabirnici pod naponom. Nijedan od nas nije priskočio da zaustavi klijesta, nego smo se svi pomakli unazad. I gledali šta će se desiti. Srećom, vodiči od klijesta do shunta su bili kratki. I zaustavili su klijesta prije nego su došla do sabirnice. Bilo bi dosta štete da su klijesta otišla malo dalje. Mislim da je samo mjerni magnetofon koštao oko 25.000 njemačkih maraka. Šimić je onda uzeo visokonaponske rukavice i oprezno odmaknuo strujna klijesta od sabirnice.”

Problematika elektromagnetskih smetnji i otpornosti na smetnje postaje sve izraženija s razvojem novih proizvoda i donošenjem normi iz tog područja. Posebice treba istaknuti sljedeće radove:

- projekt elektromagnetske kompatibilnosti *Končareve* tiristorske lokomotive (1977.– 1978.)
- studiju elektromagnetske kompatibilnosti elektrovučnih tračničkih vozila sa signalnim i telekomunikacijskim uređajima na pruzi (povratno djelovanje tiristorskih i diodnih vučnih ispravljača na mrežu) (1977.)

САВЕЗНИ ЗАВОД ЗА СТАНДАРДИЗАЦИЈУ
 SAVEZNI ZAVOD ZA STANDARDIZACIJU
 ZVEZNI ZAVOD ZA STANDARDIZACIJO
 COBYEH ЗАВОД ЗА СТАНДАРДИЗАЦІЇА
 FEDERAL INSTITUTION FOR STANDARDIZATION

БЕОГРАД - БЕОГРАД - БЕЛГРАД

Слободана Пастрица Крстича бр. 35
 Пошастки југославак 933
 Телеграм: Стандардизација
 Телефон: 644-066
 Телекс: 12089 YU JUS

A

ATEST
 CERTIFICATE
 RSO

Бр.
 Бр.
 Шт.
 Бр.
 №

N N 0 3 9 0 0 0 7

Назив овлашћене организације за атестирање
 Naziv ovlaštene organizacije za atestiranje
 Име пооблашћене организације за атестирање
 Име на овлашћената организација за атестирање
 Authorized organization

"RADE KONČAR"
 RO Elektrotehnički institut
 41000 ZAGREB, Baštijanova bb

Број овлашћења
 Broj ovlaštenja
 Številka pooblastila
 Број на овластувањето
 Licence - №

21-14677/1

Датум издавања овлашћења
 Datum izdavanja ovlaštenja
 Datum izdaje pooblastila
 Датум на издавање на овластувањето
 Date of authority issue

10.09.1990.

Slika 6.: Primjer RSO-atesta (povećati toliko da se može pročitati)

Br. atesta: NNO390007

Производ
Proizvod
Изделик
Изделик
Производ
Product

Stroj za otvaranje konzervi, tip SOK-50M

Произвођач или увозник
Proizvođač ili uvoznik
Произвођач или увозник
Manufacturer or importer

"RADE KONČAR" - UGOSTITELJSKI STROJEVI
Poduzeće za proizvodnju ugostiteljskih strojeva
52220 LABIN, Pulska 2

Датум производа
Datum proizvoda
Datum proizvoda
Datum na proizvodnom
Date of production

1989.

Подносилац захтева
Podnosilac zahteva
Višilac zahteva
Подносилац на барањето
Applicant

"RADE KONČAR" - UGOSTITELJSKI STROJEVI
Poduzeće za proizvodnju ugostiteljskih strojeva
52220 LABIN, Pulska 2

Број извешаја о испитивању
Broj izveštaja o ispitivanju
Številka poročila o preskivanju
Број на извешајот за испитување
Test report number

BPS/50007

Датум испитивања
Datum ispitivanja
Datum preskivanja
Датум на испитувањето
Date of testing

30.01.1990.

Рок ваљителности атеста
Rok važenosti atesta
Valjavnost atesta
Рок на ваљителноста на атестот
Certificate validity

30.01.1995.

Овим се потврђује да карактеристике производа одговарају захтевима следећих прописа
Ovim se potvrđuje da karakteristike proizvoda odgovaraju zahtevima sledećih propisa.
S tim se potvrđuje, da karakteristike izdelka ustrezajo zahtevam naslednjih predpisov
Ово се потврђује да карактеристике производа су у складу са захтевима следећих прописа
It is certified hereby that the products characteristics are in conformity to the requirements of the following regulations

Наредби о обавезном атестирању производа који узрокују радиорефлексијске
smetnje, Sl.list br. 13/79, 63/81, 10/82, 49/84

Датум
Datum
Datum
Датум
Date

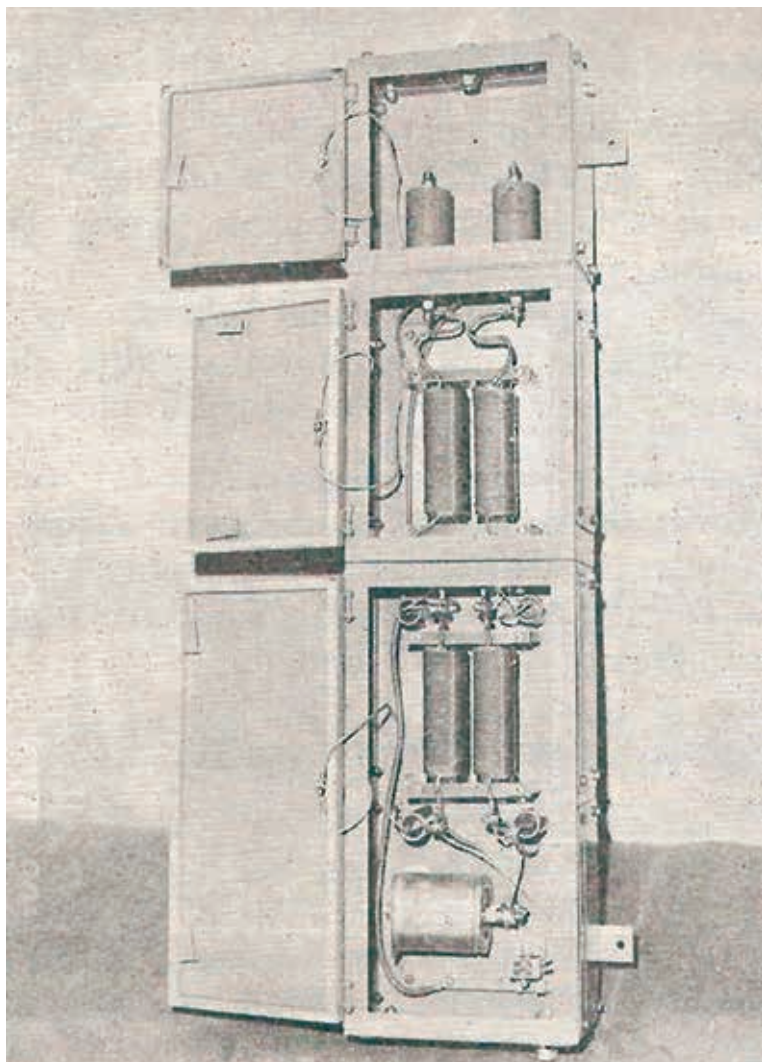
31.01.1990.

Сл. ЈНЦ лабораторија:
Sl. JNC laboratorija:
Јандро Симић
Dr. Jandro Simić, dipl.inž.

Потпис овлашћеног лица
Potpis ovlašćenog lica
Potpis pooblašćene osobe
Потпис на овлашћено лице
Signature by authorized person

Директор ЈНЦ:
Direktor JNC:
Др. Звонко Бендић
Dr. Zvonko Benđić, dipl.inž.

Slika 6.: nastavak



Slika 7.: Jednofazni filter nazivne struje 100 A; uneseno gušenje⁶ za glavnu i dodatnu jedinicu zajedno kod 23 kHz iznosi 40 dB, a kod 83 kHz 100 dB

- projekt i izradu Faradayeva kaveza za Novkabel (Novi Sad, Srbija) za potrebe ispitivanja visokonaponskih kabela metodom parcijalnih izbijanja (1985. – 1987.)
- projekt kompenzacijskog postrojenja za potrebe željeznice za elektrovučnu podstanicu EVP Resnik (uključivo potiskivanje viših harmonika) (2000.)⁶

⁶Omjer razine signala na ulazu filtra prema razini signala na izlazu filtra na određenoj frekvenciji.

- projekt i izradu filtara za potiskivanje 5, 7. i 11. harmonika za Vodovod u Beogradu (filtri za za podsinkrone kaskade) (1989.)
- mjerenje i otklanjanje smetnji od elektromotornih pogona ugradnjom filtara u Tvornici kabela ELKA u Zagrebu (1987./1988.)
- mjerenje i analiza povratnog djelovanja elektromotornih pogona na električnu mrežu u Tvornici Pliva u Savskom Marofu (1992.)
- mjerenje i izrada studije kvalitete električne energije za Republiku Hrvatsku od prijenosne naponske razine od 110 kV do razine mrežnog napona od 0,4 kV (1995.)
- projekt niza mrežnih filtara nazivne struje do 600 A za otklanjanje smetnji od elektroničkih učinskih pretvarača (1999.).

Nakon stečaja, djelatnost vezana uz elektromagnetsku kompatibilnost obavljala se u Zavodu za ispitivanje i certificiranje električnih proizvoda. Zavod je vodio dr. sc. Davorin Paljan do 1999., a poslije do sredine 2011. mr. sc. Jandro Šimić. Kroz mjerenje i certificiranje proizvoda postupno se osposobljava i modernizira Laboratorij za elektromagnetsku kompatibilnost. Suraduje se s poznatim europskim EMC laboratorijima, primjerice: KEMA (Nizozemska), NEMKO (Norveška), DEMKO (Danska), EMC laboratorij u Ljubljani (Slovenija) i MEEI (Mađarska).

Končarev Laboratorij za elektromagnetsku kompatibilnost prošao je zahtjevu provjeru opreme i znanja od Europske komisije te postao ovlašteni laboratorij u Europskoj zajednici (tzv. *Notified body*). Laboratorij posjeduje gluhu komoru za elektromagnetska polja (engl. *anechoic chamber*)⁷ za ispitivanje smetnji i otpornosti na smetnje elektromagnetskih polja.

4. Ugovaranje i isporuka Faradayeva kaveza za tvrtku Novkabel (Novi Sad)

Taj Faradayev kavez projektiran je za zaštitu mjerne opreme (Scheringov most) i mjernog objekta (kabela namotanog na kabelski bubanj⁸) od vanjskih elektromagnetskih polja. Detekcija parcijalnih izboja služi za procjenu stanja izolacije kabela. Uzrok parcijalnih izboja su oslabljena mjesta u izolaciji (npr. pukotine, praznine i nečistoće) ili oštećenja plašta kabela i kabelskog pribora. Pojava parcijalnih izbijanja često prethodi proboju izolacije.

⁷ Vanjski dio komore čini metalni oklop za suzbijanje vanjskih elektromagnetskih polja, a unutrašnjost je opremljena elementima koji ne reflektiraju elektromagnetska polja, nego ih upijaju poput elemenata u gluhoj komori. Namjena komore je ispitivanje smetnji od elektromagnetskih polja kao i ispitivanje otpornosti na elektromagnetska polja.

⁸ njem. *Kabeltrommel*



Slika 8.: Elektrotehnički institut *Rade Končar* razvio je za tvornicu Novkabel (Novi Sad, Srbija) Faradayev kavez izmjera $10\text{ m} \times 7\text{ m} \times 4,5\text{ m}$ za ispitivanje izolacije kabela metodom parcijalnog izbijanja. Na slici, u dnu tvorničke hale, vidi se Faradayev kavez i kablanski bubnjevi pripremljeni za ispitivanje.

Benčić je ispričao kako je došlo do ugovaranja.

“Bio sam na bolovanju. Mr. sc. Šimić i prof. dr. sc. Ivan Flegar došli su do mene doma, trebali smo procijeniti da li možemo izraditi Faradayev kavez tako velikih izmjera. Tada smo već imali Siemensov kavez. Razmišljali smo ovako: kritične dijelove (elektromagnetsko brtvljenje vrata, ventilacijske otvore, uvodnice za energetske priključke) izradit ćemo kao na Siemensovom kavezu, karakteristike materijala oklopa možemo saznati analizom u našem institutskom tehnološkom laboratoriju, a samu mehaničku konstrukciju može projektirati naš Inženjering za investicijsku izgradnju. Konačno, najjači argument: takovi Faradayevi kavezi postoje.”

Mr. sc. Jandro Šimić objašnjava kako se steklo znanje potrebno za projektiranje Faradayeva kaveza.

“Nešto o konstrukciji naučili smo analizom kupljenog Siemensovog Faradayevog kaveza. Pored toga, posjetili smo ‘Fabriku kablova – Svetozarevo’⁹, najveću tvornicu kabela u ondašnjoj Jugoslaviji. U Svetozarevu su bili inženjer Vlatko Rajić, ja i još tehničar Milan Milašinović. Razgledali smo konstrukciju njihovog kaveza. Jedino smo vrata morali malo drugačije izvesti. Konstrukciju kaveza (posebno komplicirano zatvaranje vrata i omogućavanje transporta kablenskog bubnja¹⁰ na platformi koja je bila na zračnim jastucima) projektirao je Rajić, diplomirani inženjer strojarstva, uz suradnju teh. Milašinovića. Nosivu metalnu konstrukciju projektirao je Ivan Fabijanović, diplomirani inženjer građevinarstva, iz Inženjeringa za investicijsku izgradnju (III).”

Evo što je glede konstrukcije Faradayeva kaveza za tvornicu Novkabel napisano u ponudi (1985.).

“Faradayev kavez predstavlja prostornu konstrukciju dimenzija 10 m × 7 m × 4,5 m, koja je sastavljena od modula. Moduli su izvedeni sistemom sendviča od dva pocinčana lima debljine 0,6 mm i ispune od iverice koji su slijepljeni u zajedničku cjelinu. Međusobno spajanje modula izvedeno je pomoću uzdužnih veznih profila i vijaka. Na Faradayevom kavezu ugrađena su dvojna vrata i ventilacijski otvori. Velika vrata s pragom u razini poda omogućavaju transport bubnjeva (namotani kabel) za ispitivanje na zračnom jastuku. Mala vrata na kavezu predviđena su za ulaz i izlaz ispitivača. Mehanička konstrukcija koja praktički nosi kavez izvedena je izvana pomoću čeličnih profila.”

Prof. Zentner surađivao je na projektu i izradi te puštanju u rad Faradayeva kaveza za Novkabel – Novi Sad. Kad su Peček i Šimić (konac 1987.) izvršili ispitivanje i provjeru Faradayeva kaveza u Novom Sadu, tad je inženjer Branislav Oberman (zaposlenik Novkabela) rekao: “Šimiću, prekosutra moramo načiniti zapisnik o uspješnom puštanju u rad Faradayevog kaveza. Sa strane Novkabela zapisnik će potpisivati direktor Novkabela i ja, a sa strane *Končara* bi vi (misleći na Pečeka i mene) trebali imati jaču ‘facu’.” Tada smo predložili prof. dr. sc. Zentnera i on je došao u Novi Sad, te smo to uspješno riješili.

⁹Jagodina (od 1946. do 1992. Svetozarevo), grad u Pomoravlju, središnja Srbija. Leži na obalama rijeke Belice (pritok Velike Morave), u podnožju Đurđeva brda, uz moravsko-varždarski prometni smjer.

¹⁰tzv. troml; od njem. *Trommel*; bubanj, valjak, cilindar

5. Skupovi o električnim smetnjama i elektromagnetskoj kompatibilnosti

Na drugom sastanku TO 77, održanom 8. lipnja 1976. u Ljubljani, dogovoreno je da će organizirati prvi simpozij pod nazivom Električne smetnje i elektromagnetska kompatibilnost. Sljedeće godine simpozij je i održan u Radničkom narodnom sveučilištu *Moša Pijade* u Zagrebu (Ulica proleterskih brigada 68, danas Ulica grada Vukovara 68), za vrijeme 22. priredbe JUREMA¹¹ (održana od 19. do 22. travnja 1977.). Bilo je 19 referata od 21 autora (sedam iz ETI-RK). Urednici Zbornika bili su Zvonko Benčić i Ervin Zentner. U izvještaju o održanom simpoziju priložen je popis od 52 sudionika.

Iz naslova referata i samih referata uočava se impresivna širina područja elektromagnetske kompatibilnosti kojom se bavila inženjerska zajednica u Hrvatskoj već 1977. godine.

U predgovoru je prof. dr. sc. Zvonko Benčić, voditelj i glavni urednik simpozija (zajedno s prof. dr. sc. Ervinom Zentnerom), napisao sljedeće:



Slika 9.: Radničko narodno sveučilište *Moša Pijade* u Zagrebu (danas: Pučko otvoreno učilište Zagreb)

¹¹ Jugoslavensko udruženje za regulaciju, mjerenje i automatizaciju

“Usporedo razvojem tehničke civilizacije mijenja se čovjekova okolina, no istovremeno sve se više i više zagađuje. Pod zagađenošću okoline podrazumijevamo trajniju nazočnost bioloških, kemijskih i fizičkih faktora u zraku, vodi ili tlu u takovoj količini da štetno djeluju na biljni i životinjski svijet i ljude ili pak stvaraju koji utječu na životnu udobnost i sigurnost. Zaštita ljudske okoline od zagađivanja, danas u doba tehničke revolucije, je životna nužnost.

Jedan od vidova zagađivanja ljudske okoline su: električne struje, električna polja, magnetska polja i elektromagnetska zračenja. Danas je ljudski organizam često podvrgnut takovom elektromagnetskom zračenju na koje nije bio naviknut tokom evolucije.

Elektromagnetska kompatibilnost predstavlja elektromagnetski sklad u danoj okolini. Neki element ili uređaj je kompatibilan u danoj elektromagnetskoj okolini (u skladu je s tom okolinom), ako se može dozvoliti njegov utjecaj na rad ostalih elemenata ili uređaja ili živih organizama¹². Primjerice, kaže se, da su dva sistema apsolutno inkompatibilna, ako je rad jednog sistema nemoguć dok drugi radi.

Svakim danom troši se sve više i više električne energije, raznolikost i broj električnih uređaja raste, a time i teoretski i praktički problemi elektromagnetske kompatibilnosti. Nabrojimo samo neke probleme: povratni utjecaj električnih uređaja na izvor ili (!) trošilo, planiranje komunikacijskih sistema, elektromagnetska kompatibilnost kod računskih sistema i bolnica. Dakle, potrebno je poznavati izvore smetnji, metode mjerenja smetnji (uključujući mjernu opremu), metode suzbijanja smetnji (uključujući komponente za suzbijanje), te elektromagnetsko djelovanje između uređaja i između uređaja i živih organizama.

Uspješan rad na suzbijanju smetnji je moguć samo onda ako je poznavanje problema elektromagnetske kompatibilnosti dovoljno duboko. Osim toga rad na problemima elektromagnetske kompatibilnosti zahtijeva suradnju i široku razmjenu informacija stručnjaka, ne samo iz različitih područja elektrotehnike, nego i iz drugih područja znanosti (nuklearna fizika, medicina, biologija itd.).

Svrha ovog znanstveno-stručnog skupa jest upoznavanje šireg kruga znanstvenika i stručnjaka s dosadašnjim radom na području elektromagnetske kompatibilnosti. Zamišljeno je da skup ima i podučnu ulogu, pa su iz pojedinih područja dana pregledna predavanja.”

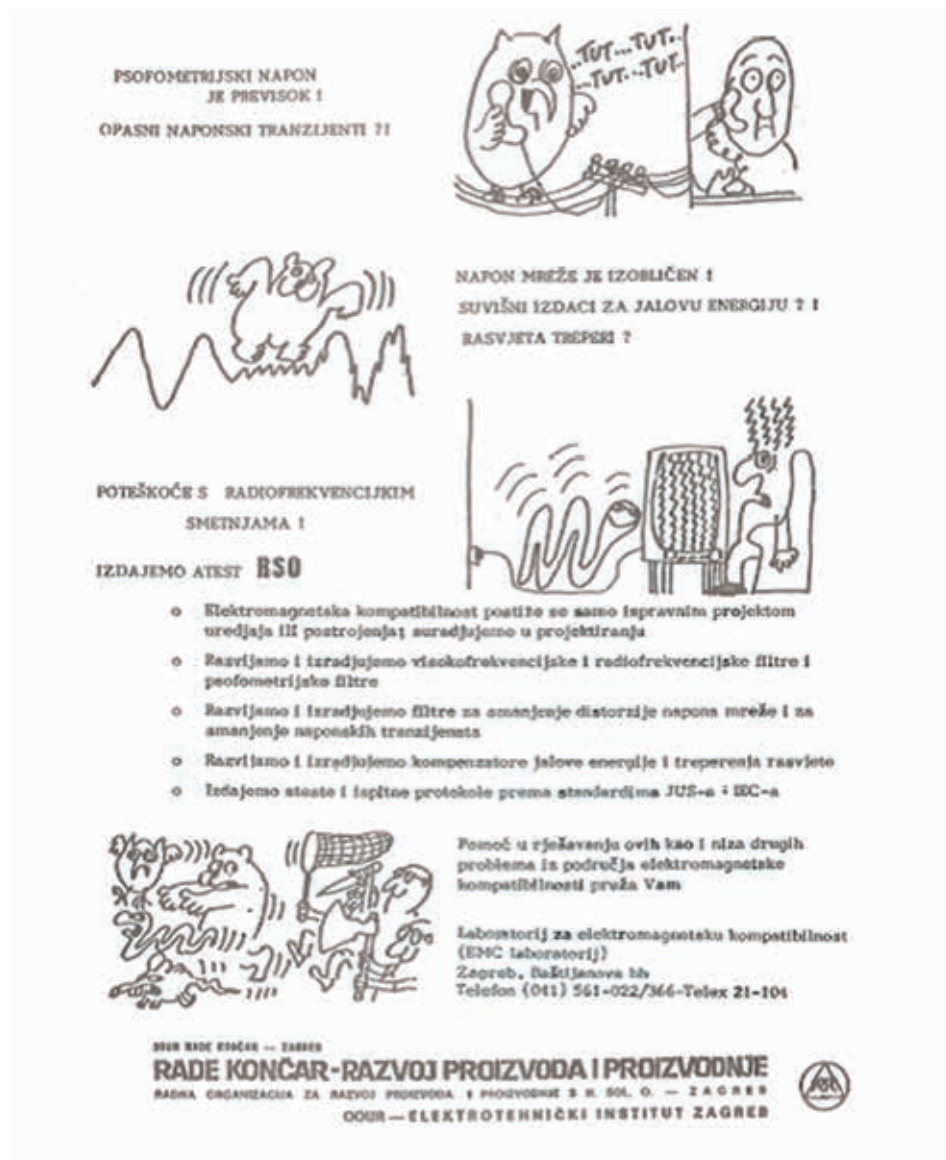
¹²Inženjer Miljenko Žvanović, suradnik Brodarskog instituta u Zagrebu, predlagao je naziv ‘elektromagnetska snošljivost’.



Slika 10.: Naslovna stranica Zbornika radova prvog simpozija o elektromagnetskoj kompatibilnosti udruženja JUREMA (uokviriti sliku)

ELEKTROMAGNETSKA KOMPATIBILNOST**ZBORNIK RADOVA JUREMA 25 (1980), 3 svezak****ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY****JUREMA PROCEEDINGS 25 (1980), Part 3****25. godišnji skup JUREMA 25th Annual Meeting JUREMA****ZAGREB 1980**

Slika 11.: Naslovna stranica Zbornika radova drugog simpozija o elektromagnetskoj kompatibilnosti udruženja JUREMA



Slika 12.: Četvrta stranica korica Zbornika prvog (1977.) i drugog (1980.) simpozija o elektromagnetskoj kompatibilnosti (karikature: Mladen Bašić)

Na zadnjoj stranici korica obaju zbornika su karikature Mladena Bašića koje “objašnjavaju” nastajanje različitih smetnji. Evo što je o nastajanju tih karikatura ispričao Zvonko Benčić:

¹³Mladen Bašić (Varaždin, 1945. – Zagreb, 1997.), hrvatski pravnik i karikaturist.

“Na zamisao da se na zadnjoj stranici korica Zbornika stave karikature došao je prof. dr. sc. Ivan Flegar. Preporučio je karikaturista Mladena Bašića, svog sugrađanina, Varaždinca. Tada je Bašić stanovao u Zagrebu, pa sam otišao njemu doma. Bio je Uskršnji tjedan; zatekao sam ga kako oslikava jaja. Govorio sam mu o smetnjama, a on je crtao i crtao dok obojica nismo bili zadovoljni. Prije tiskanja, Zbornik sam pokazao direktoru ETI-RK prof. dr. sc. Božidaru Frančiću. Za svaki slučaj, jer u ono vrijeme nije bilo karikatura u znanstveno-stručnim publikacijama. Frančić mi je samo rekao da umjesto ‘jalovina’ napišem ‘jalova energija’.”

Naziv drugog simpozija bio je Elektromagnetska kompatibilnost. Održan je Trakošćanu za vrijeme 25. priredbe JUREMA (održana u travnju 1980.). Bilo je 18 referata od 21 autora (pet iz ETI-RK). Urednici Zbornika bili su Janoš Rajda i Ervin Zentner.

U predgovoru Zbornika prof. dr. sc. Zvonko Benčić napisao je i sljedeće:

“Svrha Prvog simpozija o elektromagnetskoj kompatibilnosti bilo je upoznavanje šireg kruga znanstvenika i stručnjaka s radom u našoj zemlji na području elektromagnetske kompatibilnosti. Zbog toga je simpozij obuhvatio sljedeće teme:

- razvoj teorije, posebice kvantitativnih teorija elektromagnetskih pojava,
- proučavanje izvora smetnji i djelovanja smetnji na okolinu,
- razvoj metoda za suzbijanje smetnji,
- razvoj mjernih metoda,
- razvoj standarda.

Glavna tema ovog Drugog simpozija o elektromagnetskoj kompatibilnosti je elektromagnetska kompatibilnost elektromotornih pogona međusobno i s okolinom:

- utjecaj elektromotornih pogona na energetske izvore,
- utjecaj elektromotornih pogona na prijenos informacija,
- postizanje elektromagnetske kompatibilnosti elektromotornih pogona i okoline.”

Godine 1983. održan je seminar o elektromagnetskoj kompatibilnosti uređaja i sistema u Hotelu Esplanade u Zagrebu za vrijeme 28. priredbe JUREMA (održana od 25. do 27. svibnja 1983.). Voditelj seminara bio je prof. dr. sc. Ervin Zentner, a suradnici mr. sc. Jandro Šimić, Janoš Rajda i prof. dr. sc. Darko Stipaničev. O tom seminaru nisu sačuvani podaci.

Zaključak

Razvoj područja elektromagnetske kompatibilnosti temeljio se na sljedećim činjenicama. (1) Odabiru najboljih studenata ETF-a. (2) Ugovorima o radu na neodređeno vrijeme (za ulazak u područje potrebno je 5 – 10 godina rada). (3) Naprednoj radnoj sredini (uvijek se od nekoga mogao potražiti savjet). (4) Kontaktima s “vanjskim svijetom”. (5) Učenju na rješavanju stvarnih zadaća. Od rezultata ističu se ovlaštenje za certificiranje električne i druge tehničke opreme (proizvoda) prema zahtjevima elektromagnetske kompatibilnosti, razvoj niza filtera za otklanjanje mrežnih smetnji do 600 A i izgradnja Faradayeva kaveza obujma 315 m³ za ispitivanje kabela metodom parcijalnog izbijanja.

Literatura

- [1] – *Informacije Rade Končar*, br. 56-57, 1972., treća stranica korica
- [2] – Rade Končar – 20 godina Elektrotehničkog instituta, RO Rade Končar – Razvoj proizvoda i proizvodnje, OOUR Elektrotehnički institut, Zagreb, rujna 1981., str. 13.
- [3] – Končar – Institut za elektrotehniku, oko 1992., str. 10.
- [4] – Izvješće o društveno odgovornom poslovanju Instituta 2011., Končar – Institut za elektrotehniku, 2011., str. 18.
- [5] Stipaničev, Darko; Šimić, Jandro: Niz energetske filtera 10–630 A za suzbijanje VF i RF smetnji na uređajima i postrojenjima energetske elektronike, *Automatika*, god. XIX, br. 1-2, str. 34-39.

Dodatak

a) Suradnici Laboratorija za elektromagnetsku kompatibilnost



Davor Hatvalić / Pajer (r. 1964. u Crkvici, Zenica), diplomirao na ETF-u u Zagrebu 1987., radio od 1987. do 1990. u ETI-RK



Branko Kovač (r. 1955. u Otoku kod Vinkovaca), diplomirao na ETF-u u Zagrebu 1977., radio od listopada 1977. do listopada 1987. u ETI-RK.



Darko Krizman (r. 1953. u Zagrebu, radio od studenog 1972. do prosinca 1990. u ETI-RK, zatim od 1991. do 1993. u tvrtki *Svjetlo*, te u *Končar* – Institut za elektrotehniku do umirovljenja u svibnju 2018.



Janoš Rajda (r. 1953. u Nikincima), diplomirao na ETF-u u Zagrebu 1975., radio od studenog 1975. do svibnja 1987. u ETI-RK.



Vlatko Rajić (r. 1936. u Mostaru), diplomirao na FSB-u u Zagrebu 1977., radio od 1966. do 1988. u ETI-RK



Darko Stipaničev (r. 1955.), diplomirao na ETF-u u Zagrebu 1977., radio od 1977. do 1980. u ETI-RK.



Jandro Šimić (r. 1947. u Suzi, Baranja), diplomirao na ETF-u u Zagrebu 1970., radio od 1971. do 2012. u ETI-RK.



Emil Vargović, diplomirao na ETF-u u Zagrebu 1975., radio od studenog 1975. do svibnja 1987. u ETI-RK, zatim u Drives&Control na ugovor od lipnja 1992. do siječnja 1992., kad prelazi u Institut za elektroprivedu.

b) Doktorske disertacije i magistarski radovi suradnika Laboratorija za elektromagnetsku kompatibilnost ETI-RK

Doktorske disertacije

Darko Stipaničev: *Neizraziti regulatori za vođenje složenih procesa*, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1987. (mentor: prof. dr. sc. Juraj Božičević)

Magistarski radovi

Ante Miliša: *Radio-smetnje i parcijalna izbijanja na visokonaponskim sklopnim aparatima*, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1975.

Darko Stipaničev: *Analiza mogućnosti ocjenjivanja elektromagnetske kompatibilnosti*, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1980. (mentor: prof. dr. sc. Ervin Zentner)

Jandro Šimić: *Analiza elektromagnetske kompatibilnosti određivanjem smetnji zbog električke i magnetske sprege*, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1989. (mentor: prof. dr. sc. Ervin Zentner)

Marijan Bogut: *Istraživanje vibroakustičkih svojstava asinkronog kaveznog motora napajanog iz poluvodičkog pretvarača frekvencije*, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1994.

c) Popis referata na prvom i drugom simpoziju o elektromagnetskoj kompatibilnosti (debljim slovima označeni su suradnici EI-RK)

Prvi simpozij (1977.)

Zvonko Benčić (Elektrotehnički institut *Rade Končar* – Zagreb)
Značaj elektromagnetske kompatibilnosti

Albin Wedam (Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani)
Teoretske osnove elektromagnetske kompatibilnosti

Albin Wedam (Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani)
Međunarodna organizacija rada na području električnih smetnji i elektromagnetske kompatibilnosti

Ivan Flegar, Jandro Šimić (Elektrotehnički institut *Rade Končar* – Zagreb)
Smetnje od uređaja i postrojenja energetske elektronike

Ivan Gašparac (Zavod za elektrostrojarstvo, Elektrotehnički fakultet Zagreb)
Smetnje električnih rotacionih strojeva

Ante Miliša (Elektrotehnički institut *Rade Končar* – Zagreb)
Radio-smetnje od visokonaponskih sklopnih aparata

Slobodan Lolić (Združeno elektroprivredno preduzeće Srbije, Beograd), *Dobri-voje Živković* (Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, Beograd)
Radio i televizijske smetnje od električnih mreža visokog napona

Mirko Minić, Marko Ivanić (Elektronska industrija Niš)
Radio smetnje od radio i TV prijemnika

Milan Sinjeri (Radiotelevizija Zagreb)
Električne smetnje u prijemu radiodifuznih emisija od aparata i uređaja visokih frekvencija primijenjenih u industriji, medicini, znanosti i drugim djelatnostima

Niko Lahajner (Institut za kakovost in metrologijo, Ljubljana)
Radiofrekvenčne motnje motornih vozila s motorji s notranjim zgorevanjem

Jože Gajšek (Ljubljana, Slovenija)
Izvor in kontrola radiofrekvenčnih motenja (RFM) pri gospodinjskim aparatima ter drugih napravama sagrađenim malim električnim motorima, termostati, polprevodničkim elementima, fluorescentnim svjetilkama itd.

Ervin Zentner (Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu)
Utjecaj smetnji na prijenos informacija i rad elektroničkih sustava

Ivan Plačko (Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu)
Utjecaj visokonaponskih postrojenja na telekomunikacijska postrojenja

Miroslav Vučetić (Elektrotehnički institut *Rade Končar* – Zagreb)
Utjecaj smetnji na rad elektroničkih sklopova industrijske elektronike

Franjo Jović (Elektrotehnički institut *Rade Končar* – Zagreb)
Utjecaj smetnji na rad i izvedbu procesnog kompjuterskog hardvera

Mile Bratić (Savezna uprava za radio veze, Beograd)
Merna oprema i merne metode za radio-smetnje

Ljubo Kastelec (Elektrotehniška škola u Ljubljani)
Merjenje slabljenja elementa za odpravu radiofrekvenčnih motenja (RFM)

Janoš Rajda, Jandro Šimić (Elektrotehnički institut *Rade Končar* – Zagreb)
Filteri za suzbijanje radiofrekventnih smetnji

Toplica Božinović (Vojnotehnički institut – Beograd)
Elektromagnetno oklopanje

Drugi simpozij (1980.)

Josip Ungarov (Elektrotehnički institut *Rade Končar* – Zagreb)

Određivanje harmonika struje i napona, psfometrijske struje i snage tiristorske lokomotive simulacijom pomoću matematičkog modela

Heinz Burtscher (Institute of Automatic Control and Industrial Electronics, Swiss Federal Institute of Technology, ETH-Zentrum, Zürich, Switzerland)

Statistical superposition of harmonics caused by thyristor-controlled locomotives: experimental evaluation andxxxxxxxxxxxxx..fali

Jandro Šimić, **Milan Davidović** (Elektrotehnički institut *Rade Končar* – Zagreb, ŽTP – Zagreb)

Smetnje elektrovučnih vozila na signalno-sigurnosne uređaje

Janoš Rajda (Elektrotehnički institut *Rade Končar* – Zagreb)

Utjecaj elektromagnetskih smetnji od elektromotornih pogona na telekomunikacijske vodove

Mladen Begović (Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu)

Vjerojatnosni pristup elektromagnetskom utjecaju energetske vodova na telekomunikacije

Janoš Rajda (Elektrotehnički institut *Rade Končar* – Zagreb), **Bruno Pamić** (ŽTP – Zagreb)

Utjecaj diodne i tiristorske vuče na signalne i telekomunikacijske vodove

Ervin Zentner (Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu)

Mjerni postupci u analizi elektromagnetske kompatibilnosti

Slobodan Lolić (Združena elektroprivreda Beograd)

Problem dopuštenih granica radiosmetnji koje potiču od visokonaponskih vodova

Branko Mišljenović (ŽTP – Zagreb), **Darko Stipaničev** (Elektrotehnički institut *Rade Končar* – Zagreb),

Mjerenje radio smetnji prouzrokovanih željezničkim elektro-vučnim postrojenjem

Ivan Sugja (Elektrotehnički institut *Rade Končar* – Zagreb)

Mogu li se normirati impulsi smetnji na elektroničke sklopove

Karel Jezernik (Visoka tehniška šola Maribor), **Drago Dolinar** (VTO Elektrotehnika Maribor)

Harmonska popačenja napajalnika izmjeničnoga omrežja ob uporabi tiristorske usmerniško-razsmerniške sklopke

Darko Stipaničev (Elektrotehnički institut *Rade Končar* – Zagreb)

Pasivni filteri za smanjenje komutacijskih propada i suzbijanje radio-frekvencijskih smetnji

Petar Crnošija (Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu)

Elektromagnetska kompatibilnost više istosmjernih elektromotornih pogona priključenih na istu energetska mrežu

Marko Ivanić (Elektronska industrija Niš)

Potiskivanje smetnji koje potiču od prekidačkih mrežnih stepena kod TV prijemnika

Milan Dimitrijević (Savezni zavod za standardizaciju)

Standardizacija u oblasti elektromagnetske kompatibilnosti

Milan Sinjeri (Radiotelevizija Zagreb, RO Odašiljači i veze)

Utjecaj smetnji na prijem radio i TV-emisija od kućanskih aparata i uređaja s ugrađenim motorima

Jože Gajšek (Ljubljana, Slovenija)

Zmanševanje radiofrekvenčnih motenja (RFM) pri gospodinjskih aparatih, orodnih strojih in sličnih napravah z vgrajenimi komutacijskimi motorji



Karikatura Mladena Bašića

