

Dubravko Rogale, Darko Lukša, Siniša Fajt, Željko Knezić

Zbirka niskofrekvencijskih izvora signala

Sažetak: Prikazana je zbirka i tehnički podaci 48 niskofrekvencijskih izvora signala pohranjenih u Prvoj hrvatskoj zbirci mjerne i komunikacijske opreme. Opisano je 17 generatora sinusnih frekvencija i generatora funkcija izvedenih u cijevnoj i poluvodičkoj tehnici poznate slovenske tvrtke Iskra, čiji su uređaji dominirali u srednjoškolskom obrazovanju i servisima. Nadalje, opisana su tri izvora signala izrađena u Hrvatskoj u tvornicama Elektronika i Bagat (Zadar) te šest često korištenih izvora tt. Philips. Također je opisano 12 profesionalnih niskofrekvencijskih izvora signala koji su se koristili u istraživačkim institucijama te laboratorijima tehničkih fakulteta u Hrvatskoj te deset jednostavnijih izvora namijenjenih servisima, srednjoškolskoj uporabi i osobnoj amaterskoj uporabi.

Ključne riječi: artefakti mjerne i komunikacijske tehnike, generatori funkcija, Hrvatska tehnička baština, niskofrekvencijski izvori signala, tongeneratori

Uvod

Niskofrekvencijski izvori signala važan su dio hrvatske tehničke baštine s obzirom na to da su se u Hrvatskoj počeli koristiti još prije Drugog svjetskog rata, pri čemu se koristila cijevna tehnika za generiranje signala. Poslije se prešlo na poluvodičku tranzistorsku tehniku, nakon koje je uslijedila primjena analognih integriranih sklopova za generiranje sinusoidalnih, trokutnih i pravokutnih signala te digitalne elektronike za rad u digitalnim i računalnim sustavima. U radu je prikazano 48 niskofrekvencijskih izvora signala, koji su pohranjeni u Prvoj hrvatskoj zbirci mjerne i komunikacijske opreme. Zbirka je prvi put javnosti prikazana na 7. simpoziju Povijest i filozofija tehnike 2018. godine [1].

Zbirka je najvećim dijelom nastajala donacijama brojnih zaljubljenika i poštovatelja tehničkog stvaralaštva i ingenioznosti, ali i otkupom izložaka na različitim sajmovima i putem oglasnika kad je trebalo tematski kompletirati pojedine cjeline. Mnogi uređaji donirani su u tehnički neispravnom stanju, električni, elektronički i mehanički nefunkcionalni, nekompletni i fizički oštećeni, bez ikakve tehničke popratne dokumentacije. Stoga je ulagan velik napor u njihov popravak i obnovu, barem do razine koja osigurava daljnju dugotrajnu pohranu.

Zbirka je još uvijek u nastajanju. U ovom trenutku ulažu se veliki naponi da se na adekvatan način izlošci poprave, restauriraju, pohrane, katalogiziraju i predstave javnosti. Spomenuta zbirka može se pogledati na *web*-stranici <http://web.hamradio.hr/9a9dr/museum.html> [2]. Podijeljena je u dvije glavne skupine, u skupinu komunikacijske i u skupinu mjerne opreme. U dijelu mjerne opreme može se pogledati poglavlje generatora frekvencije, koje je podijeljeno na generatore niskih frekvencija s 48 izložaka i na generatore visokih frekvencija s 38 izložaka. U članku su prikazani niskofrekvencijski generatori koji su se koristili u hrvatskim istraživačkim laboratorijima, sveučilišnim i srednjoškolskim ustanovama, tvornicama, servisima i privatnoj amaterskoj uporabi.

1. Niskofrekvencijski izvori signala

Spomenutih 48 izložaka svrstano je u nekoliko skupina. U prvoj je skupini 17 izvora niskofrekvencijskih signala poznate slovenske tvornice Iskra – Kranj, koja je dominirala u proizvodnji elektroničkih mjernih uređaja u Jugoslaviji. Nažalost, u Hrvatskoj nije postojala proizvodnja niskofrekvencijskih izvora signala pa su prikazana samo tri dostupna artefakta. Nadalje su prikazani uređaji tvornica Philips, Hewlett Packard, Rohde & Schwarz, Orion, Krohn-Hite, Heathit, Grundig i nekih manje poznatih proizvođača.

1.1. Niskofrekvencijski izvori signala tvornice Iskra, Slovenija

Slovenska tvornica Iskra proizvodila je široku paletu niskofrekvencijskih i visokofrekvencijskih izvora signala. Uređaji su nosili oznaku MA (najvjerojatnije pokratu od merilni aparat) i četveroznamenkastu brojčanu oznaku. Brojčana oznaka serije niskofrekvencijskih izvora signala počela je oznakom 3600, visokofrekvencijskih izvora signala oznakom 3700, a generatora funkcija oznakom 3730.

Na slici 1. prikazan je niskofrekvencijski **MA 3601 RC GENERATOR**. Generator je izrađen u cijevnoj tehnici i predstavlja prvi Iskrin

niskofrekvencijski izvor. Imao je tri frekvencijska područja s kojima su pokrivene frekvencije od 20 Hz do 20 kHz (audio frekvencijsko područje). Za svako područje naznačene su frekvencije na kružnoj skali, a izlazna amplituda mogla se grubo namjestiti s pomoću preklopnika od praktički 0,5 mV do 10 V. Izlaz je bio izveden s pomoću koaksijalnog priključka *amphenol*.

Poslije je Iskra, prema istoj električnoj shemi, izradila novi model **MA 3602 RC GENERATOR**, prikazan na slici 2. Očito je bila riječ o dobro pogođenoj električnoj shemi pa je tvornica ostavila jednake vanjske preklopnike i potencioetre s istim vrijednostima područja frekvencija i izlaznih napona, samo je osuvremenjen dizajn uređaja, a kružna skala zamijenjena linearnom.

Tvornica očito nije povećavala redni broj oznake prema kronološkom redoslijedu nastanka uređaja, tako da je pod oznakom **MA 3604 RC GENERATOR** na tržište plasiran poluvodički RC-generator prikazan na slici 3. Generator proizvodi sinusne valne oblike u četirima frekvencijskim područjima: od 17 Hz do 200 kHz, a amplituda se može podešavati u rasponu od 1 mV do 1 V u četirima amplitudnim područjima.

Na slici 4. prikazan je RC-generator oznake **MA 3605 RC GENERATOR**, koji više nema analognu skalu, nego je ona zamijenjena digitalnim zaslonom na kojem se prikazuje frekvencija. Podešavanje frekvencije obavlja se helikoidnim potencijetrom s deset okretaja. Ostale tehničke karakteristike jednake su prethodnom RC-generatoru.

Na slici 5. prikazan je cijevni RC-generator pod oznakom **MA 3615 RC GENERATOR**. Prema dizajnu uređaja moglo bi se zaključiti da je nastao u razdoblju nakon pojave generatora MA 3601. Za njega je karakteristično da ima četiri frekvencijska područja od 20 Hz do 200 kHz, ali samo jednu polukružnu skalu za sva četiri frekvencijska područja. Izlazna amplituda podešava se skokovito s pomoću preklopnika s devet položaja, a fino podešavanje izvodi se potencijetrom. Izlazna amplituda može biti u području od 1 mV do 10 V.

U cijevnoj tehnici tvornica je poslije plasirala na tržište pojednostavnjen niskofrekvencijski generator pod oznakom **MA 3616E AUDIO OSCILLATOR**, slika 6., s polukružnom skalom i četirima frekvencijskim područjima od 18 Hz do 200 kHz i samo jednim potencijetrom za amplitudu izlaznog signala. Uređaj je bio namijenjen izvozu, s obzirom na to da su oznake na njemu pisane na engleskom jeziku. Dizajnom gotovo jednak uređaj plasiran je i sa slovenskim oznakama **MA 3616S RC GENERATOR**, slika 7.

Na slici 8. prikazan je također cijevni uređaj starije generacije oznake **MA 3621 RC GENERATOR**, koji konstrukcijski i dizajnom podsjeća na nasljednika uređaja MA 3601. Za njega je karakteristično da radi u frekvencijskom području od 50 Hz do 500 kHz, što je razmjerno visoka frekvencija za dotadašnji Iskrin razvoj. Za uređaj je karakteristično i to da je imao ugrađen cijevni elektronski voltmetar pa se izlazna amplituda signala mogla vrlo precizno podesiti.



Sl. 1.: MA 3601 RC GENERATOR



Sl. 2.: MA 3602 RC GENERATOR



Sl. 3.: MA 3604 RC GENERATOR



Sl. 4.: MA 3605 RC GENERATOR



Sl. 5.: MA 3615 RC GENERATOR



Sl. 6.: MA 3616E AUDIO OSCILATOR



Sl. 7.: MA3616S RC GENERATOR



Sl. 8.: MA 3621 RC GENERATOR



Sl. 9.: MA 3640 SINE WAVE GENERATOR



Sl. 10.: MA 3651 GENERATOR AND LEVEL METER



Sl. 11.: MA 3680 DVOTONSKI GENERATOR



Sl. 12.: MA 3730 FUNCTION GENERATOR

Jedan od modernijih poluvodičkih uređaja, oznake **MA 3640 SINE WAVE GENERATOR**, prikazan je na slici 9. Načelno, uređaj se sastoji od dvaju nezavisnih mjernih instrumenata: digitalnog mjerila frekvencije i generatora sinusnog signala koji mogu raditi neovisno jedan o drugom ili zajedno, čime se omogućava vrlo precizno podešavanje frekvencije. Uređaj može generirati sinusni valni oblik frekvencija od 10 Hz do 1 MHz u pet frekvencijskih područja, a izlazni napon u rasponu od 1 mV do 1 V u četirima amplitudnim područjima.

Na slici 10. prikazan je Iskrin uređaj **MA 3651 GENERATOR AND LEVEL METER**. Za uređaj ne postoji nikakva tehnička dokumentacija niti mu je poznata točna namjena. Može se samo zaključiti da mu je vjerojatno uporaba bila u telefoniji s obzirom na ulaze i izlaze od 600 Ω i u rasponu govornih frekvencija.

Razmjerno suvremen uređaj za vojnu uporabu ispitivanja SSB primopredajnika (engl. *single side band*), Iskra je razvila pod oznakom **MA 3680 DVO-TONSKI GENERATOR**, slika 11. Uređaj može raditi s izlaznim tonom od 1500 Hz i dvama tonovima od 700 Hz i 1700 Hz. Izlazna amplituda može mu se podesiti od 0,1 mV do 300 mV kontinuirano u sedam područja, što odgovara razinama mikrofonskih signala. Uređaj se koristi u mjernom kompletu s ispravljačem, mjerilima visokofrekvencijske snage s mogućnošću mjerenja SWR odnosa (reflektirane snage iz antene radiouređaja), mjerilom niskofrekvencijske snage i digitalnog mjerila frekvencije. Spomenuti mjerni komplet također se nalazi u postavu zbirke.

Nakon spomenute skupine niskofrekvencijskih izvora sinusnih signala Iskra je počela proizvodnju tzv. generatora funkcija, koji su mogli generirati signale sinusnog, trokutnog i pravokutnog oblika. Na slici 12. prikazan je prvi takav generator oznake **MA 3730 FUNCTION GENERATOR**, koji je mogao raditi u frekvencijskom području od 0,1 Hz do 0,1 MHz. Frekvencija se grubo podešavala tipkama u šest područja, a unutar područja namještala se s pomoću kružne skale. Uređaj je imao i mogućnost *offseta* izlaznog napona.

Nakon spomenutog uređaja ubrzo se na tržištu pojavio novi generator, oznake **MA 3731 FUNCTION GENERATOR**, prikazan na slici 13., s neznatnom razlikom da se *offset* uključivao prekidačem, a ne tipkom, te da je ugrađen i dodatni prekidač za podešavanje slabljenja izlaznog signala od 0 dB i -20 dB. Osim koaksijalne izlazne impedancije od 50 Ω , ugrađene su i uobičajene kabelske priključnice izlazne impedancije od 600 Ω .

Uređaj oznake **MA 3732 FUNCTION GENERATOR** prikazan na slici 14. po svim tehničkim karakteristikama odgovara uređaju oznake MA 3731, ali nema 600 Ω -skih izlaznih priključnica.

Na slici 15. prikazan je uređaj oznake **MA 3733 FUNCTION GENERATOR**, koji ima praktički jednake tehničke karakteristike kao i prethodno opisan model, ali tipke kojima su se uključivala frekvencijska područja i izvor valnog



Sl. 13.: MA 3731 FUNCTION GENERATOR



Sl. 14.: MA 3732 FUNCTION GENERATOR



Sl. 15.: MA 3733 FUNCTION GENERATOR



Sl. 16.: MA 3733S FUNKCIJSKI GENERATOR



Sl. 17.: MA 3735 FUNCTION GENERATOR



Sl. 18.: RIZ-ovi tranzistori u generatoru funkcija MA 3735

oblika izlaznog signala zamijenjene su 6-polnim i 3-polnim preklopnici. Samom uređaju poboljšani je izgled te je ugrađen u kućište prepoznatljiva Iskrina dizajna, koji je bio u funkciji neposredno prije gašenja te tvornice kao vodećeg jugoslavenskog proizvođača mjerne elektroničke opreme. Natpisi na uređaju su na engleskom, dok su na onom oznake **Iskra MA 3733S FUNKCIJSKI GENERATOR**, slika 16., na slovenskom jeziku, iz čega je očigledno da je riječ o jednakom uređaju, ali namijenjenu slovenskom tržištu.

Na slici 17. prikazan je jedan od posljednjih visokosofisticiranih generatora niskofrekvencijskih signala, oznake **MA 3735 FUNCTION GENERATOR**. Frekvencija se mogla namjestiti digitalno u rasponu od 1 mHz do 1 MHz, izlazni signal mogao je poprimiti sinusni, trokutni i pravokutni oblik, a mogla se podešavati i simetrija signala. Osim konvencionalnog izlaznog signala promjenjive amplitude, uređaj je mogao davati i digitalne signale prema TTL normi. Imao je naponski upravljani oscilator, a dopuštao je i vanjsku amplitudnu ili frekvencijsku modulaciju izlaznog signala. U uređaj je bio ugrađen poznati mikroprocesor Z80A, a posebna je zanimljivost da su poluvodičke komponente najvećim dijelom bile iz poznate tvornice poluvodiča RIZ – Zagreb, slika 18.

2.2. Niskofrekvencijski izvori signala izrađeni u Hrvatskoj

U Prvoj hrvatskoj zbirci mjerne i komunikacijske opreme samo su tri izvora niskofrekvencijskih signala. Očito je da se u Hrvatskoj nisu proizvodili niskofrekvencijski izvori signala, nego je oslonac bio na korištenju Iskrinih uređaja, kojih je proizveden impresivan broj. S obzirom na plansku privredu ondašnje Jugoslavije to i nije iznenađujuća pojava.

Izvori niskofrekvencijskih signala proizvedenih u Hrvatskoj bili su posebnih namjena. Na slici 19. prikazan je tonski generator izrađen u tvornici Elektronika – Zadar, oznake **OPGK-163**. Spomenuti uređaj služio je u sklopu profesionalnog mjera otpora uzemljenja te se mogao napajati iz mreže ili akumulatora. Imao je mogućnost podešavanja izlazne impedancije, a izrađen je u cijevnoj tehnici.

Na slici 20. prikazan je **DVOKANALNI PULS GENERATOR Tip GI-2**, tvornice Bagat – Zadar. Očito je da je bio izrađen za interne potrebe tvornice s obzirom na to da je Bagat – Zadar proizvodio strojeve s iznimno preciznom mehanikom (kućanski i industrijski šivaći strojevi, alatni strojevi), te mu je trebao namjenski generator ciljanih funkcija. Generator je izveden također u cijevnoj tehnici, a krasi ga izrazito visoka stručna razina izrade i estetike. Na prednjoj ploči nalaze se brojni preklopnici s opisom i znakovljem koji omogućuju intuitivnu uporabu. Uz uređaj ne postoje sheme ni tehnička uputstva.



Sl. 19.: Elektronika – Zadar: OPGK-163 TON GENERATOR



Sl. 20.: Bagat: Tip GI-2 DVOKANALNI PULS GENERATOR



Sl. 21.: Elektronika – Zadar: DVOTONSKI GENERATOR DG-1

Zadarska tvrtka Elektronika izradila je dvotonski generator oznake **DG-1** za ispitivanje SSB primopredajnika u svojoj kasnijoj fazi, slika 21. Uređaj ima sličnu namjenu kao opisani Iskrin uređaj MA 3680 prikazan na slici 11. Valja istaknuti da je dvotonski generator DG-1 izveden neusporedivo profesionalnije i da ima puno više mogućnosti i ugrađenih dodatnih uređaja u usporedbi s Iskrinim modelom. Generator DG-1 ima dva nezavisna izvora niskofrekvencijskih signala s grubim i finim podešavanjem u rasponu frekvencija od 20 Hz do 20 kHz i u trima frekvencijskim područjima. Amplituda signala može se zasebno podesiti za svaki izvor odvojeno. Uređaj je opremljen elektronskim voltmetrom koji može mjeriti napone od 0,5 mV do 5 V u devet mjernih područja kao i razinu signala u dBm. Postoje nesimetrični izlaz s koaksijalnom priključnicom i simetrični naponski izlazi s konvencionalnim priključnicama, oba impedancije 600 Ω . Uz sve navedeno, uređaj ima digitalno mjerilo frekvencije s pet znamenki tako da se izlazna frekvencija može precizno namjestiti. Generator predstavlja sjajan primjer hrvatskog inženjerstva pred raspad Jugoslavije.

2.3. Niskofrekvencijski izvori signala tvrtke Philips

Prema brojnim tehničkim artefaktima prikupljenim u Prvoj hrvatskoj zbirci mjerne i komunikacijske opreme (osciloskopi, elektronski voltmetri, niskofrekvencijski i visokofrekvencijski izvori signala, mjerni mostovi i drugo), može se zaključiti da je tvrtka Philips bila značajno zastupljena u razvojnim ustanovama, na fakultetima, u srednjim školama i kvalitetnim servisima. To se odnosi na razdoblje od prije i nakon Drugog svjetskog rata, a proteže se sve do danas. Svi su Philipsovi instrumenti kvalitetno izrađeni. Bili su vrlo pouzdani i točni, a mnogi su i nakon dugog niza godina praktične uporabe i dalje u ispravnom radnom stanju. Na slici 22. prikazan je niskofrekvencijski generator oznake **GM 2307**. Za njega je zanimljivo do ima dvije polukružne skale za namještanje izlazne frekvencije na način da se lijevom skalom grubo namješta frekvencija na razini kiloherca u cijelom frekvencijskom rasponu, a desnom skalom frekvencija unutra jednog kiloherca. Instrument ima sve potrebne atenuatore za podešavanje amplitude, simetričnosti i impedancije izlaznog signala. Slična je poboljšana varijanta plasirana na tržište pod oznakom **GM 2308** prikazana na slici 23., a znatno usavršena i bitno poboljšana varijanta pod oznakom **GM 2314**, slika 24.

Znatno jednostavnija varijanta sinusnog izvora niskofrekvencijskog signala proizvedena je pod oznakom **GM 2316 R-C GENERATOR**, slika 25. Uređaj je uobičajene izvedbe i frekvencijskog područja od 30 Hz do 30 kHz u trima frekvencijskim područjima, a mogao je davati signale amplitude od 0,1 mV do 10 V.

Za njega je izrađen i generator signala kontinuirano promjenjive frekvencije (vobler) oznake **GM 2886**, u kutiji jednakih dimenzija i vrlo sličnog dizajnerskog rješenja, slika 26., pa je očito da su ta dva uređaja radila u paru. Vobler je imao frekvencijski pomak od ± 25 kHz, što je bilo dovoljno za snimanje karakteristika ondašnjih niskofrekvencijskih pojačala.

Na slici 27. prikazan je Philipsov izvor niskofrekvencijskih signala oznake **PM 5164 SWEEP GENERATOR** iz 70-ih godina prošlog stoljeća. Izrađen je u poluvodičkoj tehnici i pokrivao je frekvencijsko područje od 0,1 Hz do 100 kHz. Davao je sinusne, trokutne i pravokutne izlazne impulse kojima se mogla mijenjati amplituda i omjer impulsa/pauza. Također se moglo podesiti područje i brzina prebrisavanja frekvencija, a mogao je raditi u kontinuiranom modu i s okidanjem jednog impulsa.

2.4. Profesionalni izvori niskofrekvencijskih signala

Opisani niskofrekvencijski izvori signala bili su skromnijih tehničkih karakteristika i koristili su se češće u nastavne i servisne svrhe, a rjeđe za jednostavnije razvojne poslove. U razvojnim institutima Hrvatske, kao i na tehničkim fakultetima, koristili su se izvori niskofrekvencijskih signala eminentnijih proizvođača, poput tvrtki Hewlett Packard, Rohde & Schwarz i drugih.



Sl. 22.: GM 2307 L. F. FREQUENCY GENERATOR



Sl. 23.: GM 2308 LOW FREQUENCY OSCILLATOR



Sl. 24.: GM 2314 LOW FREQUENCY OSCILLATOR



Sl. 25.: R-C GENERATOR PHILIPS GM 2316



Sl. 26.: GM 2886 WOBLER 0 – ± 25 kHz



Sl. 27.: PM 5164 SWEEP GENERATOR

Na slici 28. prikazan je sinusni izvor niskofrekvencijskih signala tvrtke Hewlett Packard oznake **206A AUDIO SIGNAL GENERATOR**. Uređaj pokriva frekvencijsko područje od 20 Hz do 20 kHz te ima ugrađen elektronski voltmetar uz mogućnost podešavanja amplitude i izlazne impedancije. Izrađen je u cijevnoj tehnici, vrlo je robustan i karakterizira ga iznimna stabilnost i malo izobličenje izlaznog signala.

U poluvodičkoj tranzistorskoj tehnici izrađen je uređaj s oznakom **209A OSCILLATOR**, prikazan na slici 29., koji pokriva frekvencijsko područje od 4 Hz do 2 MHz sa sinusnim i pravokutnim naponskim impulsima na izlazu. Uređaj osigurava vrlo visoku vjernost, odnosno mala izobličenja izlaznih signala. Razmjerno je malih dimenzija te se često koristio u laboratorijskoj visokoškolskoj nastavi.

Na slici 30. prikazan je generator pravokutnih signala oznake **211A SQUARE WAVE GENERATOR**. Radio je u frekvencijskom području od 1 Hz do 1 MHz, a služio je za mjerenje izobličenja niskofrekvencijskih pojačala te za podešavanje frekvencijskih karakteristika, npr. ulaznih atenuatora osciloskopa.

Znatno manji uređaj sličnih karakteristika, ali u poluvodičkoj tehnici, proizveden je pod oznakom **217A SQUARE WAVE GENERATOR**, slika 31.

Na slici 32. prikazan je generator funkcija oznake **3300A FUNCTION GENERATOR**. Radio je u frekvencijskom području od 0,01 Hz do 1 MHz, a generirao je sinusne, trokutne i pravokutne izlazne impulse nezavisno na dvama kanalima. Imao je mogućnost uključivanja vanjskih modula, a u zbirci su dostupna dva takva modula (engl. *plug-in*) oznake **3302A TRIGGER/PHASE LOCK** i s oznakom **3304A SWEEP/OFFSET PLUG-IN**, slika 32.

U zbirci je i stari generator sinusnih frekvencija tvrtke Rohde & Schwarz, oznake **BN 4085 RC-GENERATOR**, slika 33. Pokriva frekvencijsko područje od 30 Hz do 300 kHz u pet frekvencijskih područja i s mogućnošću podešavanja amplitude izlaznog signala.

Na slici 34. prikazan je izvor signala tvrtke Orion, oznake **1113/B**, koji radi u području frekvencija od 20 Hz do 20kHz te ima ugrađen elektronski voltmetar i mogućnost podešavanja amplitude izlaznog signala. Izrađen je u cijevnoj tehnici.

Tvrtka Krohn-Hite proizvela je generator sinusnog i pravokutnog valnog oblika u poluvodičkoj tehnici, oznake 4300 A, slika 35. Radio je u frekvencijskom području od 10 Hz do 1 MHz i imao mogućnost podešavanja amplitude izlaznog signala od 1 mV do 10 V. Mogao je raditi uz primjenu frekvencijskog filtra oznake 3700, slika 36.

Na slikama 37., 38. i 39. prikazani su niskofrekvencijski digitalni izvori signala tvrtki Systron Donner, Philips i Grass. Uređaji su namijenjeni za pobudu digitalnih sklopova te im se može mijenjati amplituda, frekvencija i omjer impuls/pauza. Služili su za ispitivanje digitalnih sklopova i računalnih sustava.



Sl. 28.: Hewlett Packard: 206A AUDIO SIGNAL GENERATOR



Sl. 29.: Hewlett Packard: 209A LOW FREQUENCY OSCILLATOR



Sl. 30.: Hewlett Packard: 211A SQUARE WAVE GENERATOR



Sl. 31.: Hewlett Packard: 217A SQUARE WAVE GENERATOR



Sl. 32.: Hewlett Packard: 3300A FUNCTION GENERATOR



Sl. 33.: Rohde & Schwarz: SRM BN 4085 RC-GENERATOR



Sl. 34.: ORION EMG TYPE 1113/B AUDIO-FREQUENCY R.C. OSCILLATOR



Sl. 35.: FUNCTION GENERATOR KROHN-HITE Mod. 4300A



Sl. 36.: FREQUENCY FILTER KROHN-HITE Mod. 3700



Sl. 37.: PULSE GENERATOR SYSTRON DONNER 100B



Sl. 38.: PULSE GENERATOR PHILIPS PM 5786



Sl. 39.: FUNCTION STIMULATOR GRASS S88

2.5. Jednostavniji izvori niskofrekvencijskih signala

Jednostavniji izvori niskofrekvencijskih signala koristili su se posebno u servisima i srednjoškolskoj nastavi u Hrvatskoj, kao i u osobnoj amaterskoj uporabi pojedinaca koji su se bavili elektronikom. Jednostavniji izvori signala bili su financijski dostupni, ili su kupljeni u kitu¹ ili su bili samogradnje uređaja. Na slikama 40., 41. i 42. prikazani su uređaji s područja DR Njemačke. To su generatori sinusnog signala oznake **WF SSU-2** i **RWG 2** te RC-generator tvrtke Clamann & Grahmert. Uređaji su izrađeni u cijevnoj tehnici i konstrukcijski su razmjerno jednostavni. Na slikama 43. i 44. prikazani su popularni i često korišteni izvori niskofrekvencijskih signala tvrtke Heathkit, oznake **AG-1A** i **AG-8**. Spomenuti uređaji nabavljali su se u kitu, a kupac ih je naknadno sastavljao montažom mehaničkih elemenata i lemljenjem elektroničkih komponenata. Uz uređaj se dobivala bogato ilustrirana knjižica sa svim postupcima izgradnje uređaja. Takvim pristupom uređaji su cjenovno bili prihvatljivi širem krugu zainteresiranih, a sam tijek sastavljanja i puštanja u pogon bio je koristan za stjecanje novih znanja i iskustava.

Na slikama 45., 46., 47. i 48. prikazani su nešto kvalitetniji, a još uvijek razmjerno jednostavniji izvori niskofrekvencijskih signala francuskih, japanskih i njemačkih proizvođača, namijenjeni u prvom redu za rad u servisima za popravak radioaparata, televizora i niskofrekvencijskih pojačala. Prikazani izvori razmjerno su jednostavni, malih dimenzija, robusni, izdržljivi i pouzdani te u pravilu generiraju sinusni oblik signala, a rjeđe i pravokutni valni oblik u audiofrekvencijskom području.

Mnogi su u Hrvatskoj izrađivali vlastite uređaje, koristeći prilično bogatu domaću literaturu poput časopisa *Elektrotehničar* i knjiga za samograditelje koje su izdavale Tehnička knjiga iz Zagreba i Savez radioamatera Hrvatske. Uz domaću literaturu koristili su se često i inozemni popularni časopisi i knjige. Na slici 49. prikazana je uspješna samogradnja uređaja za generiranje niskofrekvencijskih signala u frekvencijskom području od 10 Hz do 100 kHz s mogućnošću kontinuirane regulacije amplitude izlaznog signala. Uređaj je generirao sinusni, pravokutni i trokutni signal promjenjive amplitude, kao i signal konstantne amplitude prema TTL normi za pobudu digitalnih sklopova, a prema kvaliteti izlaznog signala ni u čemu nije zaostajao za mnogim tvorničkim uređajima. Samogradnjama su pribjegavali pojedinci skromnijeg imovinskog statusa, a bogati znanjem, pri čemu su postojeći kvantum znanja značajno proširivali na osobnu dobrobit te dobrobit okruženja.

¹engl. *electronic kit*, paket komponenata za sastavljanje elektroničkog uređaja, obično se sastoji elektroničkih komponenata, sheme spajanja, uputa za sastavljanje, a često i tiskane pločice.



Sl. 40.: WF SSU-2 LOW FREQUENCY OSCILLATOR



Sl. 41.: WF RWG 2 L. F. FREQUENCY SQUARE WAVE GENERATOR



Sl. 42.: CLAMANN & GRAHNERT RC GENERATOR



Sl. 43.: HEATHKIT Model AG-1A AUDIO GENERATOR



Sl. 44.: HEATHKIT AG-8 AUDIO GENERATOR



Sl. 45.: AUDIO GENERATOR CENTRAD BEM 004



Sl. 46.: AUDIO OSCILLATOR BELCO MODELL TE-22



Sl. 47.: AUDIO OSCILLATOR CTR SWG-26



Sl. 48.: GRUNDIG TG 40 RC-GENERATOR



Sl. 49.: L. F. FREQUENCY FUNCTION GENERATOR

Zaključak

Na primjeru prikazanih 48 niskofrekvencijskih izvora signala s područja Hrvatske, koji su pohranjeni u Prvoj hrvatskoj zbirci mjerne i komunikacijske opreme, razvidna je bogata tehnička kultura i baština Hrvatske u razdoblju neposredno prije Drugog svjetskog rata pa do početka hrvatske samostalnosti. Na temelju sačuvanih uređaja vidljiv je razmjer korištenja spomenutih uređaja u visokoškolskoj i fakultetskoj nastavi, u istraživačkim ustanovama, u srednjoškolskoj nastavi, servisima i za osobne potrebe pojedinaca. Iz toga se može zaključiti da je obrazovanje i razvoj u Hrvatskoj u cijelom spomenutom razdoblju bilo vrlo kvalitetno i da su se koristila ondašnja najsuvremenija tehnička dostignuća primjerena tadašnjem vremenu, te da smo po svemu bili u razini s tehnički najrazvijenijim zemljama svijeta.

Upravo takve zbirke uređaja postaju fizički svjedok izrečenih tvrdnji te su stoga nezaobilazan čimbenik hrvatske tehničke baštine i kulture. Stoga i cjelokupna zbirka ima dva osnovna sadržaja: skupljanje, popravljjanje i pohranjivanje tehničkih artefakata koji su se proizvodili u Hrvatskoj i onih koji su se uvozili i koristili u Hrvatskoj u nastavne, znanstvenoistraživačke, inovacijske i razvojne svrhe te za održavanje, popravak i ugađanje elektroničkih sklopova, uređaja i sustava. Sve to pridonijelo je primjeni i napretku tehnike i tehničke kulture u Hrvatskoj, koja je bila na svjetskoj razini.

Literatura

- [1] D. Rogale, S. Fajt, Ž. Knezić, D. Lukša: Prva hrvatska zbirka mjerne i komunikacijske opreme, Zbornik radova, Povijest i filozofija tehnike, 7. simpozij PIFT 2018., Zagreb, Hrvatska, lipanj 2018, str. 355-364.
- [2] <http://web.hamradio.hr/9a9dr/museum.html>

A collection of low-frequency signal sources

Dubravko Rogale, Darko Lukša, Siniša Fajt and Željko Knezić

Abstract: The collection and technical data of 48 low-frequency signal sources stored in the First Croatian Collection of Measurement and Communication Equipment is presented. The 17 generators of sinusoidal frequencies and generators of functions made in the electron tube and semiconductor technology of the famous Slovenian company Iskra are described. The Iskra's devices were used mostly in secondary education and services. Furthermore, three signal sources made in Croatia at the Elektronika and Bagat company from Zadar and six frequently used sources of the Philips company are also described. Twelve professional low-frequency signal sources were used in research institutes and laboratories of faculties in Croatia and 10 simpler sources intended for services, secondary education and personal amateur use were also described.

Keywords: artefact of measurement and communication techniques, Croatian technical heritage, function generators, low frequency signal sources, tone-generators