

Struktura i artefakti Prve hrvatske zbirke mjerne i komunikacijske opreme

Prof. dr. sc. **Dubravko Rogale**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, dubravko.rogale@ttf.unizg.hr

***Sažetak:** Opisana je zbirka mjerne i komunikacijske opreme koja predstavlja skupinu s preko 1600 tehničkih artefakata koji su se koristili u Hrvatskoj. Zbirka je podijeljena na dva glavna područja, mjeriteljski i na komunikacijski dio, a svako područje na više tematski različitih podpodručja. Za mjeriteljske izložke je zajednička značajka da su korišteni u našoj sveučilišnoj i srednjoškolskoj nastavi, a dio njih su proizvodi hrvatskih tvornica ili su u njima korišteni dijelovi koje su proizvele hrvatske tvornice ili koje su projektirali hrvatski inženjeri. Neki strani mjerni uređaji su korišteni u institutima, razvojnim laboratorijima naših vrhunskih tvornica ili u proizvodnom procesu, u servisima ili hobistički u privatnom vlasništvu. Artefakti komunikacijske tehnike ukazuju o razvoju, proizvodnji i primjeni radiokomunikacijskih uređaja u Hrvatskoj vojsci, policiji, interventnim i drugim hrvatskim službama te radioamaterskom hobiju u Hrvatskoj, a drugi dio na žičane komunikacije. Uz svaki izložak su dokumentirani dostupni podaci o njegovom projektiranju, tehničkim podacima, nastanku, proizvodnji, uporabi, pronalasku i donaciji.*

Osnivanjem i radom zbirke te pohranjivanjem artefakata mjerne i komunikacijske opreme očuvan je vrlo važan materijalni dio hrvatske tehničke povijesti od zaborava koji je jako izražen u razdoblju zamiranja industrijske proizvodnje u nas.

***Ključne riječi:** Hrvatska tehnička baština, artefakti mjerne i komunikacijske tehnike, Prva hrvatska zbirka mjerne i komunikacijske opreme*

1. Uvod

Prva hrvatska zbirka mjerne i komunikacijske opreme nastaje od 1967. godine, kroz gotovo pola stoljeća i danas sadrži preko 1600 većih izložaka, te više tisuća elektronskih cijevi, poluvodiča i elektroničkih komponenti, shema, uputstava i popratne dokumentacije sačuvanih od zaborava. Izložci predstavljaju istinske artefakte tehničkog stvaranja i primjene tehničkih uređaja u Hrvatskoj. Zbirka je najvećim dijelom nastajala donacijama brojnih zaljubljenika i istinskih poštovatelja tehničkog stvaralaštva i

ingenioznosti hrvatskih građana. Značajnim dijelom nastala je i otkupom izložaka s različitih sajмова i iz oglasnika te od kolekcionara kad je trebalo tematski kompletirati pojedine cjeline. Značajan dio izložaka je kupljen ili doniran u tehnički neispravnom stanju, električki, elektronički i mehanički nefunkcionalni, nekompletni i fizički oštećeni, bez ikakve tehničke popratne dokumentacije. U njih je uložena velik napor da se poprave i obnove, uz često skoro nemoguće uvjete kupovine originalnih zamjenskih dijelova, barem do razine njihove dugotrajne pohrane.

Zbirka je još uvijek u nastajanju, a otkako je postala vidljiva na Internetu i kroz više javnih nastupa na stručnim skupovima sve više ljudi je spremno donirati artefakte zbirci. Stalna saktivnost je na zadaćama popravljanja, restauracije, pohrane, katalogiziranja izložaka i njihovog tematskog predstavljanja našoj i svjetskoj javnosti. U tom smislu načinjena je još uvijek eksperimentalna i u nastajanju mrežna stranica na adresi web.hamradio.hr/9a9dr/ gdje se zbirka može pogledati [1].

Zbirka je fizički smještena u prizemlju kuće obitelji Rogale u prostoru površine 120 četvornih metara i visine od 3,2 m, na čeličnim stalažama ukupne duljine 46 metara, slike 1 do 4 [2].

Fundusu zbirke doprinijelo je oko devedesetak donatora, istaknutih u poglavlju donatori na web stranici. Posebno istaknuti donatori su Ivica Dimnjaković, prof. dr. sc. Siniša Fajt, doc. dr. sc. Željko Knezić, Krešo Lerota, dipl. oec., mr. sc. Darko Lukša, Branimir Runkas i Damir Sauerbrun koji su zbirci donirali više od 100 izložaka. Pri tome posebno valja istaknuti izuzetan doprinos koji je zbirci dao Krešo Lerota doniravši preko 300 izložaka. Uvidom u popis donatora vidljiv je i velik broj donatora iz akademske zajednice i radioamaterskog okruženja. Ovdje valja istaknuti da su neki donatori i članovi HATZ-a: prof. dr. sc. Davor Bonefačić, prof. dr. sc. Zvonko Dragčević, prof. dr. sc. Siniša Fajt, prof. dr. sc. Jelka Geršak, prof. dr. sc. Bojan Jerbić, prof. dr. sc. Drago Katović, doc. dr. sc. Željko Knezić, prof. dr. sc. Željko Penava, prof. dr. sc. Dubravko Rogale, prof. dr. sc. Darko Ujević, i prof. dr. sc. Edita Vujasinović.

Iz poštovanja prema donatorima, valja istaknuti da niti jedan izložak do sad nije bio prodan ili zamijenjen s nekim drugim. Kreator i urednik eksperimentalne web stranice je Zdravko Todorovski.

2. Struktura zbirke

Dio zbirke koji se odnosi na izložke mjerne tehnike podijeljen je na šest skupina: generatori frekvencija, osciloskopi, specijalni instrumenti, mjerila frekvencije, izvori napona i voltmetri.

Generatori frekvencija su bili zasebna skupina, no ona je, zbog opsežnosti, nedugo podijeljena na dvije podskupine i ona se sada sastoji od nisko i visokofrekventnih izvora signala [3]. Skupina osciloskopa sada ima oko 150 artefakata i ona će se u skorij budućnosti podijeliti na barem dvije podskupine cijevnih i poluvodičkih osciloskopa. Specijalni instrumenti imaju više stotina izložaka i također će se morati formirati podskupine koje će obuhvaćati ampermetre, vatmetre, mjerila električnog otpora, mjerila kapaciteta, višenamjenske mjerne mostove, grid dip metre, pH metre, niz instrumenata specijalnih namjena, mjernih dekada, ispitivača tranzistora, mjerila temperature, ispitivača elektronskih cijevi i drugo.

Mjerila frekvencije će se najvjerojatnije morati podijeliti u dvije cjeline starijih analognih i novijih digitalnih mjerila.

Skupina voltmetara će, također zbog brojnosti i lakšeg praćenja fundusa zbirke, morati biti podijeljena na podcjeline analognih voltmetra, digitalnih voltmetra i univerzalnih mjernih instrumenata u čijem su sastavu voltmetri.



Sl. 1. Dio zbirke s elektroničkim voltmetrima i izvorima signala



Sl. 2. Dio zbirke s osciloskopima proizvođača Hameg, Philips, Iskra, Tektronix i Heathkit



Sl. 3. Dio zbirke s komunikacijskim uređajima iz razdoblja prije i za drugog svjetskog rata

te razdoblja hladnog rata



Sl. 4. Dio zbirke s uređajima IEV Ljubljana i Iskra Kranj koji su bili često korišteni u obrazovnim visokoškolskim i srednješkolskim institucijama i servisima za elektroničke uređaje u Hrvatskoj

U dijelu zbirke koji se odnosi na komunikacijske tehnike izložci su predstavljeni u 14 skupina: radijski prijemnici, cijevne radio stanice, poluvodičke radio stanice, prijenosne radio stanice nošene na leđima, voki-tokiji, mjerila stojnih valova i umjetne antene, slušalice, telegrafska tipkala, zvučnici, antenski prilagođivači, telefoni, pomoćne naprave, mikrofoni i radioamaterske radio stanice. S obzirom da su u zbirku prispjele i neke vrlo atraktivne špijunske radiostanice iz drugog svjetskog rata i iz razdoblja hladnog rata, razmišlja se i o otvaranju te tematske skupine.

3. Karakteristični izložci iz skupine mjernih uređaja

Izložci za zbirku su često dobivani u vrlo lošem stanju, slika 5. Na slici 5a vidljiv je bačen školski pokazni voltmetar iz jedne osječke srednje škole, razbijenih stakala i devastirane unutrašnjosti. Instrument je očito bio i pod vodom jer je stradalo drvo od kojeg je sazdana kućište tako da se furnirana površina uništila i odvojila, slika 5b, a pokazivački sustav sa zakretnim svitkom i permanentnim magnetom je nagrižen korozijom u takvoj mjeri da je svitak ostao blokiran naslagama željeznog oksida, slika 5c. Nakon duge i strpljive obnove, oba dobivena školska instrumenta, koji mogu raditi kao pokazni istosmjerni ili izmjenični voltmetar, odnosno ampermetar, poprimaju gotovo izvoran oblik i izgled te su potpuno ispravni i točnog pokazivanja vrijednosti napona i struja.

Obnova i popravak izložaka izvodi se u posebnom laboratoriju, pridruženom zbirci, površine 16 m².

U zbirci se nalaze i značajan broj prvih mjernih instrumenata koji su se koristili u srednješkolskoj i visokoškolskoj nastavi u nas. To su instrumenti čija je izražena gradbena komponenta bila drvo, a kasnije bakelit, što se više ne koristi pri suvremenim uređajima. Ovim starim mjernim uređajima drvo daje plemenitost, toplinu i svezremensku ljepotu.

Na slici 6a prikazani su obnovljeni prvi detektorski prijemnici koji su primali radijski program u nas, odmah po pojavi radija, ranih dvadesetih godina prošlog stoljeća. Takvi detektorski prijemnici nisu trebali baterijskog napajanja i nisu imali nisko ili visokofrekventnog pojačalo. Bili su vrlo jednostavni i pogodni za samogradnju. Detektorski prijemnik prikazan na slici 6a lijevo imao je cilindričnu zavojnicu i kristalnu demodulatorsku diodu i visokoomske slušalice, a za svoj rad je rabio vanjsku žičanu antenu duljine 20-40 metara tako da je mogao primati program i udaljenijih radio stanica. Prijemnik prikazan na istoj slici desno nije trebao vanjske antene već je radiovalove prikupljao tzv. spider-web antenom križno upletenom na



a)



b)

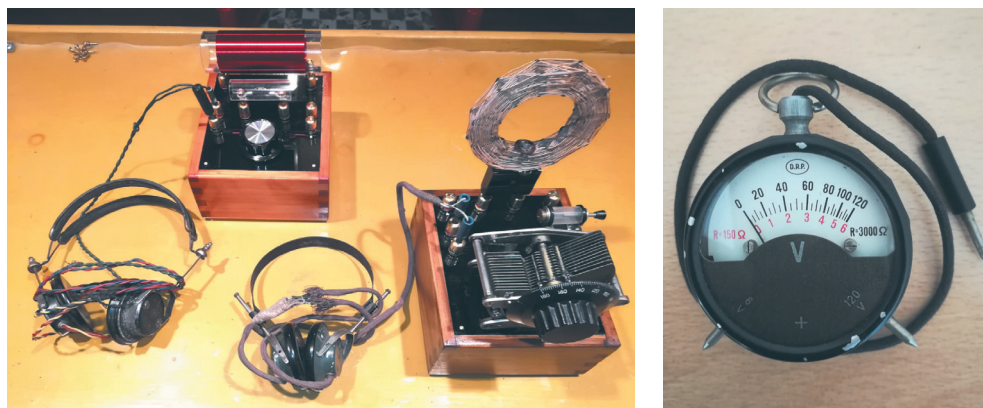


c)



Sl. 5. Stanje dobivenog školskog pokaznog instrumenta prije i nakon restauracije

samom detektoru. Kao demodulator se koristio kristal galenita na koji se naslanjala čelična igla dok se nije začuo ton u slušalicama. Opisanom antenom bio je moguć samo prijem bližih stanica.



a)

b)

Sl. 6. Restaurirani kristalni detektori i instrument za mjerenja napona baterijski napajanih radijskih prijemnika

Razvojem radio tehnike i pojavom elektronskih cijevi počeli su se graditi radijski direktni, reakcijski i superheterodinski prijemnici. Kako u to doba još nije bila razvijena distribucija električne energije po kućama, prvi radijski prijemnici bili su napajani baterijama. Bile su potrebne dvije vrste baterija za napajanje žarenja elektronskih cijevi nižih napona i velikih struja te baterije za anodni napon cijevi s višim naponima i niskim strujama. Na slici 6b prikazan je specifični voltmetar kojeg je trebao imati svaki vlasnik opisanog prijemnika za provjeru stanja baterija. Stoga je voltmetar imao dva mjerna područja do 6V za baterije napajanja i do 120V za anodne baterije. Konstrukcija voltmetra je vrlo neobična, dolje je imao dva šiljka kojim se ubadalo na pozitivni pol baterija, a gornji priključni kabl spajao se na masu radio aparata. Voltmetar je njemačke proizvodnje iz ranih tridesetih godina prošlog stoljeća.

Utvrđena je, strukovnoj javnosti razmjerno slabo poznata, a vrlo zanimljiva, činjenica da je naša vrhunaska tvornica Radioindustrija Zagreb, ili mnogima poznatiji RIZ, po brojnim proizvodima i svojim blistavim razvojnim postignućima izrađivao i složene mjerne uređaje poput osciloskopa, slika 7.

Cijevni osciloskop Radioindustrije Zagreb, oznake OS-155, proizveden 1955. godine prikazan je na slici 7a. Konstruktori su tada izveli pomak slike katodne zrake na zaslonu cijevi s pomoću trimer potencijometara i odvijača što nije bilo osobito dobro rješenje. Ono je ispravljeno na osciloskopu Radioindustrije Zagreb, oznake OS-157A iz 1957. godine kada je pomak slike izveden konvencionalnim potencijometrima pri čemu ostale funkcije i izgled nije mijenjan, slika 7b. Razvoj i proizvodnja se nastavila pa se, veći i znatno bolji, osciloskop Radioindustrije Zagreb, oznake OS-258 pojavio 1958. godine, prikazan na slici 7c. Zagrebačka tvornica računskih strojeva, TRS, proizvela je 1984. godine tada vrlo suvremen dvokanalni poluvodič-



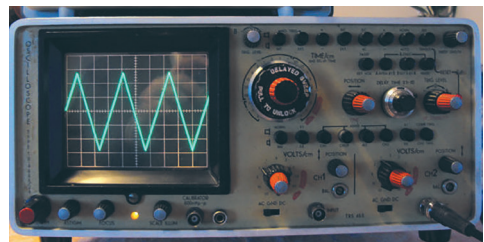
a)



b)



c)



d)



e)

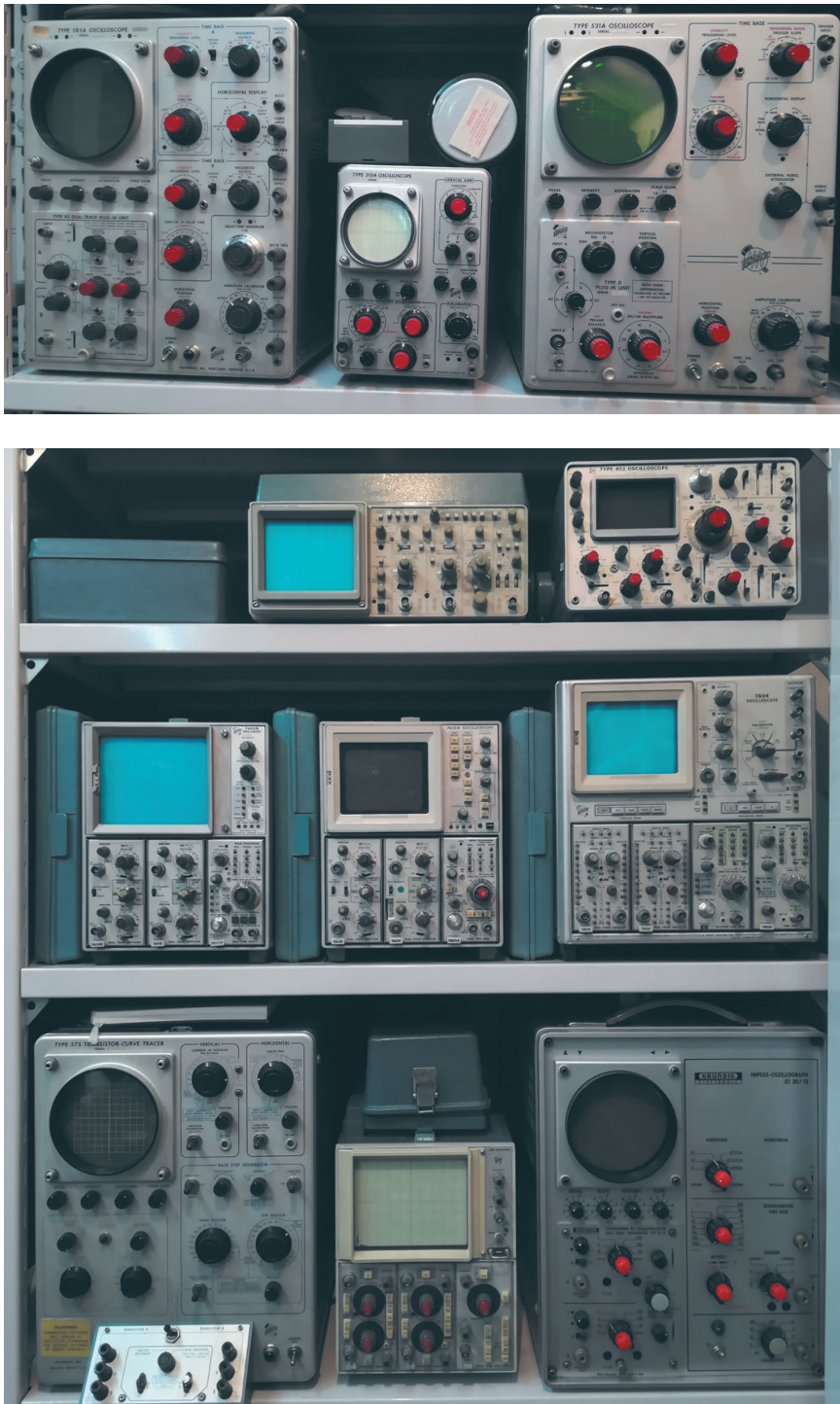
Sl. 7. Osciloskopi tvornica RIZ, Zagreb a), b), c) i TRS, Zagreb d) te Iskra, Kranj e)

ki osciloskop, slika 7d, s dvostrukom vremenskom bazom i linijom za kašnjenje, oznake TRS 455. Ovdje valja spomenuti i bivšu tvornicu Iskra koja je u bivšoj državi proizvela petnaestak vrsta osciloskopa, slika 7e, a ovdje se spominje zbog činjenice da su u te osciloscopke ugrađivani poluvodički elementi Tvornice poluvodiča koja je radila u sklopu RIZ-a, Zagreb.

U hrvatskoj industriji, školama, fakultetima i istraživačkim institutima koristili su se brojni osciloskopi mnogih eminentnih proizvođača poput tt. Tektronix, Hewlett Packard, Philips, Siemens, Hameg, Rohde&Schwarz, Telequipment, Hameg i dr. U zbirci je pohranjeno oko 150 različitih tipova osciloskopa, a najbrojniji su osciloskopi tt. Tektronix, slike 8 i 9. Oni su i inače bili najbrojniji u većim poduzećima, fakultetima i institutima. U zbirci su osciloskopi koji su se koristili u Tvornicama RIZ, TRS, Tesla, ICL computers, Institutu Ruđer Bošković, te brojnim fakultetima i srednjim školama kao i društvenim i privatnim servisima elektroničke opreme. Osim osciloskopa pohranjen je i veći broj mjernih sondi, utičnih modula, kolica za prijevoz osciloskopa i dokumentacije.



Sl. 8. Dio zbirke osciloskopa tt. Tektronix



Sl. 9. Dio zbirke osciloskopa tt. Tektronix

4. Karakteristični izlošci iz skupine komunikacijskih uređaja

Zagrebačka tvornica RIZ proizvodila je izuzetno širok spektar komunikacijske opreme i zasigurno je bila njezin najveći hrvatski proizvođač, a u mnogočemu je bila pionir u ondašnjem okruženju [4]. Napravila je prvu poluvodičku ručnu prijenosnu radio stanicu (tzv. voki toki) u robusnom metalnom kućištu s natpisima otišnutim tehnikom sitotiska [2]. Na njoj su karakteristični gumbi za upravljanje radnim parametrima koji su na neki način postali zaštitni vizualni znak RIZ-a, a kasnije se ponavljaju na nizu drugih prijenosnih radio stanica, slika 10a i b. Još dvije zanimljivosti: prvo, RIZ je dugo godina proizvodio poluvodičke radio stanice dok su se za vojne potrebe još uvijek proizvodile cijevne radio stanice u drugim republikama bivše države i drugo, RIZ-ove stanice su nosile imena hrvatskih rijeka za što je u tadašnje vrijeme trebalo imati hrabrosti. Oznake Korana i Sutla su nosile prijenosne stanice, a Krka i Mura stacionarne i mobilne stanice u postajama i vozilima policije. Možda su postojali uređaji i s nazivima drugih hrvatskih rijeka, ali nisu pohranjeni u zbirci.



a)



b)



c)



d)

Sl. 10. Domaće radio stanice za civilnu namjenu, proizvodnje RIZ Zagreb i ELTING Nova Gradiška

Na slici 10a i 10b su prikazane prijenosne RIZ-ove radiostanice s nazivima Sutla i Korana, a izrađene su u germanijskoj poluvodičkoj tehnici s tri frekvencijska kanala kontrolirana kristalima kvarca. Služile su za ophodarske civilne službe za nadzor šuma, vodotoka rijeka, cestarske i željezničke ophodnje, servisne terenske službe, u elektroprivredi te naftnoj i plinskoj industriji i drugdje. Novije inačice za civilne namjene više nisu nosile oznake rijeka već numeričke oznake poput radio stanica za ugradnju u vozila RIZ 5000, slika 10c. Osim RIZ-a slične mobilne radio stanice proizvodio je i Elting iz Nove Gradiške. Te vrste su građene na bazi silicijske poluvodičke tehnike, a ugrađivane su u vatrogasna, bolnička, taksi i servisna vozila, a koristile su se u postrojbama civilne zaštite.

Policija bivše države se gotovo u cijelosti koristila tada najsvremenijim RIZ-ovim stanicama. Na slici 11a prikazana je mobilna radio stanica Sutla s 12 frekvencijskih kanala kontroliranih kristalima kvarca, a na slici 12b stacionarna stanica oznake Mura, sličnih karakteristika kao Sutla, ali s mogućnošću rada na 6W manje izlazne snage i na 12W s većom izlaznom snagom, ovisno o čujnosti kod korespondenta.



a)



b)



c)



d)

Sl. 11. RIZ-ove radio stanice za policijsku namjenu

Na sl. 11c prikazana je suvremenija policijska radio stanica s digitalnom sintezom frekvencije i displejem oznake RIZ PPM 250A1/23, izrađena u silicijskoj poluvodičkoj tehnici. Jedan od zadnjih RIZ-ovih modela policijskih stanica s oznakom RIZ M4800V prikazan je na slici 11d. Imao je digitalne enkodere za namještanje prijemne i predajne frekvencije, a osim govorne komunikacije, mogao je primati i slati digitalne podatke. Isti uređaj u zelenoj boji rađen je i za vojne potrebe.

Na slici 12 prikazano je nekoliko uspješnih RIZ-ovih artefakata namijenjenih vojnoj uporabi. Na slici 12a prikazana je prijenosna radio stanica, oznake RUP-3, izrađena početkom 60-ih godina prošlog stoljeća u germanijskoj poluvodičkoj tehnici s pet frekventijskih kanala, u području 52 do 60 MHz, kontroliranih kristalima kvarca. Nasljednik te stanice je bio radijski uređaj RUP-33, sagrađen 1978. godine, koji je radio u istom frekventijskom području i s istom snagom od 0,3W, ali je imao digitalni sintezator frekvencije i tada najsuvremenije MOSFET tranzistore.

Na slici 12c prikazan je izvrstan RIZ-ov kratkovalni uređaj PD-8, snage 15W, koji je radio na frekvencijama od 2 do 12 MHz. Proizveden je 1962. godine i već tada



a)



b)



c)



d)



e)

Sl. 12. RIZ-ove radio stanice za vojnu namjenu

su u njega ugrađivali FET tranzistore, a imao je također i digitalnu sintezu radnih frekvencija. Mogao je raditi telegrafijom (CW) ili govornom komunikacijom na principu amplitudne modulacije (AM) ili s donjim bočnim opsegom (LSB), a imao je ugrađen ručni antenski prilagodni sustav.

Nasljednik PD-8 bio je RU 20 prikazan na slici 12d. Radio je u frekventnom području od 2 do 30 MHz s ugrađenim sintezatorom frekvencija i s izlaznom snagom od 20W telegrafijom (CW), amplitudnom modulacijom (AM) i SSB načinom s gornjim (USB) i donjim (LSB) pojasom. Podešavanje impedancije izlaznog stupnja na impedanciju antene izvođeno je automatski ugrađenim tjunerom.

Početkom 90-ih godina prošlog stoljeća RIZ je za potrebe Hrvatske vojske razvio i proizvodio napredniju inačicu RU 20 oznake TRC-20H s digitalnom upravljačkom glavom i s mogućnošću frekventnih skokova kojima se otežava neprijateljsko prisluškivanje.

Na žalost, niti jedan od prikazanih uređaja se više ne proizvodi, novog razvoja nema, a i proizvodni pogoni praktički su nestali.

5. Zaključak

Na primjeru prikazanih samo dvadesetak (zbog dozvoljenog opsega) uređaja domaće proizvodnje iz zbirke mogu se donijeti dva bitna zaključka. Na temelju sačuvanih mjernih uređaja koji su se koristili u visokoškolskoj nastavi u nas može se zaključiti da je obrazovanje u Hrvatskoj bilo vrlo kvalitetno i da su se koristila najsvremenija tehnička dostignuća primjerena tadašnjem vremenu i drugo, da su hrvatske tvornice i hrvatski tehnički stvaratelji imali dokazanu crtu ingenioznosti ravnu najrazvijenijim zemljama svijeta.

Može se smatrati da je uspostava tehničkih zbirki najbolji način da se sačuva tehnička i industrijska materijalna baština Hrvatske. Osim skupljanja samih izložaka, za zbirke je važno da prikupljaju i pohranjuju dostupnu tehničku dokumentaciju kao i rezervne dijelove za popravak neispravnih izložaka. Stoga bi trebalo sačuvati sve, pa i najmanju korisnu sitnicu, koja može ukazivati na naše tehničko stvaralaštvo kako bi uz naše poznate i manje poznate tehničke stvaratelje, pa i one namjerno ili nenamjerno zaboravljene, gradili i očuvali svoj nacionalni ponos i s motrišta razvoja tehnike i tehnologija.

Nažalost, od prikazanog se više ništa ne proizvodi i nije sačuvano u Hrvatskoj pa upravo ovakve zbirke uređaja postaju fizičkim svjedokom izrečenih tvrdnji te su stoga nezaobilazni čimbenik pomalo zaboravljene i potisnute hrvatske tehničke baštine i tehničke kulture.

Literatura

- [1] ...: web.hamradio.hr/9a9dr/, pristupljeno 2020-02-10
- [2] Rogale, D.; Fajt, S.; Knezić, Ž.; Lukša, D.: Prva hrvatska zbirka mjerne i komunikacijske opreme, *Zbornik Povijest i filozofija tehnike 7. simpozij PIFT 2018.*, Benčić, Z. (ur), str. 355-364, ISBN 978-953-7992-15-6, Zagreb, svibanj 2108., I Kiklos – Krug knjige d.o.o., Zagreb (2018.)
- [3] Rogale, D.; Lukša, D., Fajt, S., Knezić, Ž.: Zbirka niskofrekvencijskih izvora signala, *Zbornik Povijest i filozofija tehnike 8. simpozij PIFT 2019.*, Benčić, Z. (ur), str. 1115-1133, ISBN 978-953-7992-17-0, Zagreb, svibanj 2108., I Kiklos – Krug knjige d.o.o., Zagreb (2019.)
- [4] Kuljiš, M: *Na valovima sudbine radioelektronike u Hrvatskoj (1942.-2014.)*, Kiklos, ISBN 978-953-7992-03-3, Zagreb, (2014.)