

Dubravko Rogale

Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilište u Zagrebu
dubravko.rogale@ttf.unizg.hr

Martin Rogale

student Tehničkog veleučilišta u Zagrebu
martin.rogale@tvz.hr

00-00

RESTAURACIJA ŠPIJUNSKJE RADIOSTANICE BP-5 IZ II SVJETSKOG RATA

Sažetak: U *Prvoj hrvatskoj zbirci mjerne i komunikacijske opreme* pohranjena je legendarna špijunska radiostanica oznake BP-5 načinjena tijekom Drugog svjetskog rata u Engleskoj. Radiostanicu je razvio ingeniozni poljski inženjer Tadeusz Heftman, počela se proizvoditi 1944. godine za pokrete otpora u Europi, a koristila se i u borbama na Pacifiku. U jednom našem elektroničkom oglasniku ponuđen je jedan primjerak na prodaju u devastiranom stanju. Autori su je otkupili i temeljito restaurirali te doveli u potpuno ispravno stanje. Radiostanica predstavlja rijedak i vrijedan artefakt hrvatske tehničke povijesti, a u članku je opisan dio njezine povijesti i detaljan postupak svih zahvata obnove.

Ključne riječi: špijunska radiostanica BP-5, hrvatska tehnička baština, restauracija

Uvod

Špijunska radiostanica BP-5 je namijenjena za rad telegrafijom i fonijom te je jedna od najpoznatijih špijunskih radiostanica iz doba Drugoga svjetskog rata. Počela se proizvoditi 1944. godine kada je uočeno da dotadašnje špijunske radiostanice imaju premalu snagu (5-8 W) za komunikaciju na veće daljine. Stoga je konstruirana radiostanica BP-5 koja je imala snagu od 50 W te je osiguravala radijske veze i na udaljenostima do nekoliko tisuća kilometara. To je rijedak i vrijedan artefakt ljudske borbe za slobodni, demokratski svijet, te uspomena na ingenioznog poljskog radijskog konstruktora, inženjera Tadeusza Heftmana koji ju je konstruirao. To je čovjek koji je morao bježati iz Poljske kad su mu zemlju napali nacisti s jedne i komunisti s druge strane i podijelili ju napola. U Velikoj Britaniji se borio konstrukcijama vrhunskih radiostanica kako bi poljskom pokretu otpora, ali i svim drugim pokretima otpora u porobljenoj Europi, omogućio komunikaciju sa slobodnim svijetom i borbu za svoju slobodu.

Heftman je svoju edukaciju završio u Njemačkoj, a prve špijunske stanice razvio je još u Poljskoj, u Varšavi (tzv. Pipsztok) u tvornici AVA gdje su Poljaci napravili i prvu kopiju Enigme još prije nego je započeo rat, a o čemu su zapadni saveznici dugo vremena šutjeli veličajući samo svoju ulogu. Kad su nacisti napali Poljsku 1939. godine AVA se prvo seli u Rumunjsku, potom u Francusku, a kad je i ona napadnuta 1940. godine, Heftman odlazi u Veliku Britaniju u Stanmore Park,

sjeverozapadno od Londona. Sa sobom je ponio svoju prvu uspješnu špijunsku stanicu Pipsztok i dokumentaciju o njoj te uspješno konstruirao stanice A-1 (Nelka) tijekom 1941. godine i kasnije A-2, A-3, A-4 i A-5. Te stanice primarno je koristila britanska špijunska služba SOE (engl. *Special Operations Executive*). One su imale ispravljač ugrađen u tijelo stanice, a kasnije Heftman napušta takvu koncepciju jer su se previše zagrijavale i gradi tzv. B seriju s ispravljačima odvojenim od kućišta stanice i drugim značajkama za špijunski rad u urbanim sredinama. Stanice B-1 i B-2 nastaju 1942., a kasnije slijede BP-3, BP-4 i BP-5, sredinom 1944. godine. Heftmanove stanice su bile kompaktnije i manje, imale su znatno veću snagu i bile su vrlo kvalitetne, a nerijetko i znatno bolje od britanskih. Tijekom Drugoga svjetskog rata (WW2) Heftmanove stanice koristila je Poljska domovinska vojska u egzilu, britanska SOE, francuski, češki, jugoslavenski, albanski i talijanski pokret otpora, OSS na Pacifiku, a poslije rata koristio ih je britanski SIS i američka CIA. na slici 1 prikazana je Heftmanova stanica BP-3 s kućištem i BP-5 bez kućišta.

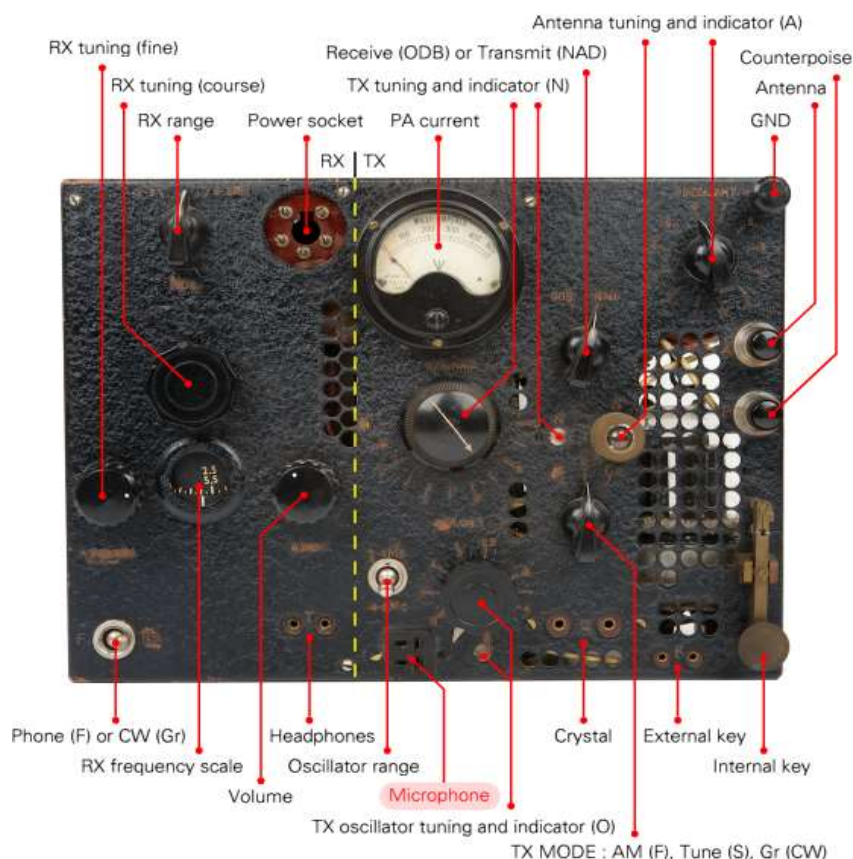


Sl. 1: Špijunske radiostanice Tadeusza Heftmana BP-3 i BP-5

Vidljivo je da je BP-5 poprimila manje izmjene na prednjoj ploči te da se u manjoj mjeri razlikuje od BP-3, međutim radiostanica BP-5 je znatno poboljšana u elektroničkom smislu te ima bolja tehnička rješenja. Najveća novina je uvođenje rada fonijom (amplitudnom modulacijom) te stoga dobiva i priključak za mikrofonski, slika 2, na kojoj su prikazani svi elementi prijemnika i odašiljača na prednjoj ploči.

Radiostanica BP-5 je vrlo rijetka. Zanimljivo je da stanica slikana za internetsku stranicu Cryptomuseuma [1] također, kao ni naša, nema kućište s poklopcem ni ispravljač. Vjerojatni razlog tome opisan je u tekstu. Stanica je logički podijeljena (žuta crtkana crta na slici 2.) na dio prijemnika i odašiljača.

Prijemnik ima uobičajene komande: grubo i fino podešavanje frekvencije prijemnika, preklopnik valnog područja 2-5 i 5-8 MHz, regulator glasnoće, preklopnik vrste prijema fonija/telegrafija i konektor za slušalice. Gore desno je konektor napajanja za cijeli uređaj.



Sl. 2: Prednja ploča špijunske radiostanice BP-5 (izvor: internetska stranica Cryptomuseum)

Predajnik ima preklopnik područja rada 2-4 i 4-8 MHz, gumb za podešavanje pobude oscilatora, gumb za podešavanje pobude izlaznog stupnja i preklopnik za podešavanje prilagodbe na antenu. Tu su priključci za antenu, kvarcni kristal, vanjsko tipkalo i mikrofoni te ugrađeno telegrafsko tipkalo. Postoje i preklopnici prijem/predaja te preklopnik vrste rada fonija/podešavanje/telegrafija. Radiostanica je izvrsno tehnički koncipirana tako da na vrlo malom prostoru ima sve potrebne komponente za svoj rad, a vrlo vješto su izbjegnute nepoželjne povratne sprege koje bi unosile nestabilnosti u rad uređaja.

Na slici 2 prikazana je prednja ploča špijunske radiostanice BP-5, a za ispravljačke uređaje nema dostupnih podataka. Postoji velika vjerojatnost da se stanica priključivala na mnoštvo drugih izvora prema specifičnoj potrebi.

2. Crtice o nabavi BP-5

Na internetskom oglasniku Njuškalo je 22. 12. 2020. u 15:16 objavljen oglas pod naslovom RADIJO STANICA COLLINS 51S'1. Kako svakodnevno redovito pratimo Njuškalo, obično navečer kad se posvršavaju dnevne dužnosti, išli smo detaljnije pogledati o kakvom se uređaju radi i kakva mu je cijena, bez obzira na činjenicu da u *Prvoj hrvatskoj zbirci mjerne i komunikacijske opreme* [2, 3] imamo dva takva ispravna prijemnika (nije dakle „radio“ stanica). Oglašena je cijena 2 100 kn (278 €) koja je korektna ako se radi o potpuno ispravnom, cjelovitom i jako dobro očuvanom uređaju, pa su nas zanimali detalji. Uz oglas je bilo priloženo i sedam fotografija. Na prve četiri bile su uistinu fotografije cijevnog radio prijemnika Collins 51S'1, ali na posljednje tri su bile fotografije nama nepoznatog uređaja izloženog na cilindrima traktorskog motora koji zasigurno nije Collins prijemnik niti je dio opreme za njega. Telegrafsko tipkalo u donjem desnom kutu upućivalo je da se radi o odašiljaču, a sudeći po instrumentu i dizajnu gumba radilo se o starijem uređaju, slika 3a.

Pogled straga otkrio je da se radi o starijem uređaju sa staklenim i čeličnim elektronskim cijevima, slike 3. b i c. Po oznakama na kondenzatorima otkriva se da je uređaj iz ranih četrdesetih godina prošlog stoljeća, odnosno najvjerojatnije iz Drugog svjetskog rata (WW2). Budući da nas je uređaj po nekim elementima dizajna podsjećao na britansku špijunsku radiostanicu AP-5 (koju od ranije imamo u kolekciji) otišli smo na internetsku stranicu *Cryptomuseum* i tamo smo našli da se u stvari radi o legendarnoj britanskoj špijunskoj stanici BP-5 iz Drugoga svjetskog rata.

Sljedeće jutro nazvali smo prodavača i pitali ga je li se mogu uređaji kupiti odvojeno ili ide sve u paketu. Budući da je bilo moguće kupiti uređaj odvojeno od prijemnika Collins, odmah smo krenuli u Jastrebarsko. Prodavač je bio gospodin srednjih godina koji ima servis za popravak traktora te se ne razumije u uređaje koje prodaje. Na pitanje otkud mu onda ti uređaji odgovorio je da ih je dobio pod cijenu jednog popravka traktora na Žumberku kad vlasnik traktora nije imao dosta novaca da plati popravak pa je ponudio ta dva uređaja za zamjenu.

Na prvi pogled vidjelo se da je telegrafsko tipkalo neispravno jer je glavna poluga olabavljena te da nedostaje opruga i dijelovi za regulaciju sile opruge koja vraća glavnu polugu u početni položaj pri tipkanju telegrafije, slika 4.



a.

b.

c.

Sl. 3: Slike radio uređaja objavljene na Njuškalu, prednja ploča uređaja (a), stražnja strana uređaja (b) te emisijska i pobudna elektronika (c)



Sl. 4. Prednja ploča BP-5 nakon kupnje i prvog detaljnog čišćenja

U središnjem dijelu uređaja nedostajao je preklopnik područja za niže i više frekvencije (tzv. kip-šalter za frekventno područje od 2-4 MHz i 4-8 MHz), nekome je vjerojatno trebao za traktor ili *Fiću* pa ga je skinuo prerezavši ili istrgavši žice koje su bile spojene na njega. Uređaj je bio bez kutije, poklopca, ispravljača, slušalica i kabla koji povezuje ispravljač s uređajem. S obzirom na evidentno loše stanje neispravnosti i necjelovitosti, moguće je bilo za pretpostaviti (što se na žalost kasnije pokazalo više nego točnim) da uređaj ima u sebi i još pokoji dodatni kvar. Tako smo u korektnom i srdačnom razgovoru zaključili da bi cijena uređaja u viđenom stanju bila oko 200 kuna. Kao kupci bili smo vrlo zadovoljni jer smo kupovinu smatrali povoljnom s obzirom da se radi o razmjerno rijetkom uređaju, iako je u Drugom svjetskom ratu proizveden u nekoliko tisuća komada. Tada nismo znali da je uređaj znatno devastiran nestručnim intervencijama neukog radiotehničara čija znanja je složenost stanice BP-5 znatno premašivala. Čekala nas je višemjesečna rekonstrukcija i popravak niza teških kvarova u unutrašnjosti uređaja. Da zlo bude veće, na internetskim stranicama postoji shema za radio uređaj BP-3, a za BP-5 ne postoji. Iako ima dosta sličnosti, ima i značajnih razlika u shemama jer je BP-5 modernizirana i jako poboljšana verzija svog prethodnika. To je znatno otežalo i produžilo višemjesečni postupak popravka.

3. Popravak i restauracija BP-5

Postupci popravljanja i restauracije BP-5 potrajali su više od osam mjeseci te su se sastojali od popravljanja i izrade mehaničkih komponenti te elektroničkih komponenti i sklopova.

3.1. Popravak telegrafskog tipkala

Na slici 5a. vidljiv je izgled telegrafskog tipkala kad je popravak počeo.



a.



b.



c.

Sl. 5. Popravak telegrafskog tipkala, devastirano telegrafsko tipkalo (a), odabir mesinganog vijka za popravak (b) te stanjivanje šipkice (c)

Kako se često u životu događa neobjašnjiva sinkronost, tako smo dobrotom gospodina Kreše Jesteršabeka, desetak dana prije dolaska BP-5, dobili sitne mehaničke dijelove (vijke, maticu, podložne pločice, odstoynike i dr.) pa tako i mjedene šipkice s navojem, slika 5b. Kako i priliči

dobrom slučaju, promjer šipkica bio je identičan promjeru rupice na glavnoj poluzi tipkala, slika 5a. Preciznom turpijicom stanjili smo šipkicu pričvršćenu u škripac, slika 5c, na debljinu tankog listića.

Navoj na šipkici je već bio narezan *Withworthovim* finim navojem, tako da se okretanjem matice može vrlo precizno namještati sila pritiska telegrafskog tipkala. Naravno, na šipkici je bila i odgovarajuća mesingana matica, slika 6a. Odmah iza navoja na početku listića izbušena je modelarskom bušilicom rupica promjera 1,5 mm, slika 6a., za pričvršćenje potezne opruge koja vraća glavnu polugu tipkala u početni položaj. Potom je listić odrezan neposredno iza izbušene rupice i dobiven je element koji je nedostajao, slika 6b. Valjalo je sve fino obraditi brusnim papirom.



a.



b.



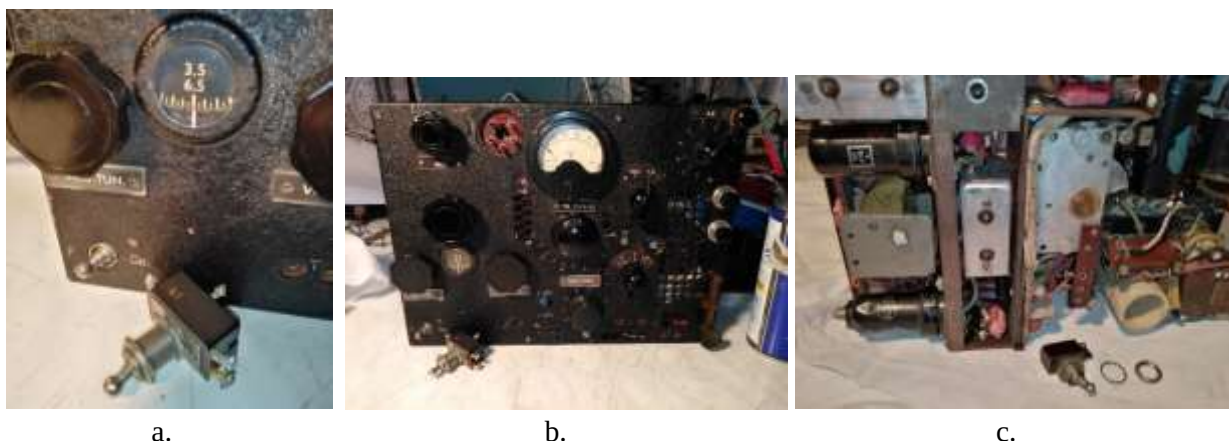
c.

Sl. 6. Izrada elementa za podešavanje sile pritiska telegrafskog tipkala, stanjeni dio šipkice s rupicom za oprugu (a), gotov element (b) i kompletirano tipkalo (c)

Nakon toga uslijedila je montaža izrađenog dijela na glavnu polugu. Prije toga, u našoj skromnoj zbirci spiralnih opruga, pronađena je opružica koja je svojom veličinom i zateznom silom prilično točno odgovarala opruzi koja je nedostajala. Izrađeni element postavljen je na svoje mjesto, a ispod prednje ploče uređaja postavljena je zatezna opruga i tipkalo je proradilo. Šesterokutnom maticom podešena je napetost opruge tipkala, a vijkom na kraju polužice podešen je razmak između kontakata tipkala. Patina na glavnoj poluzi, izrađenom elementu i šesterokutnoj matici je bila istog intenziteta tako da se ničim ne može opaziti da nedostajući dio nije dio originalne izvedbe tipkala, slika 6c.

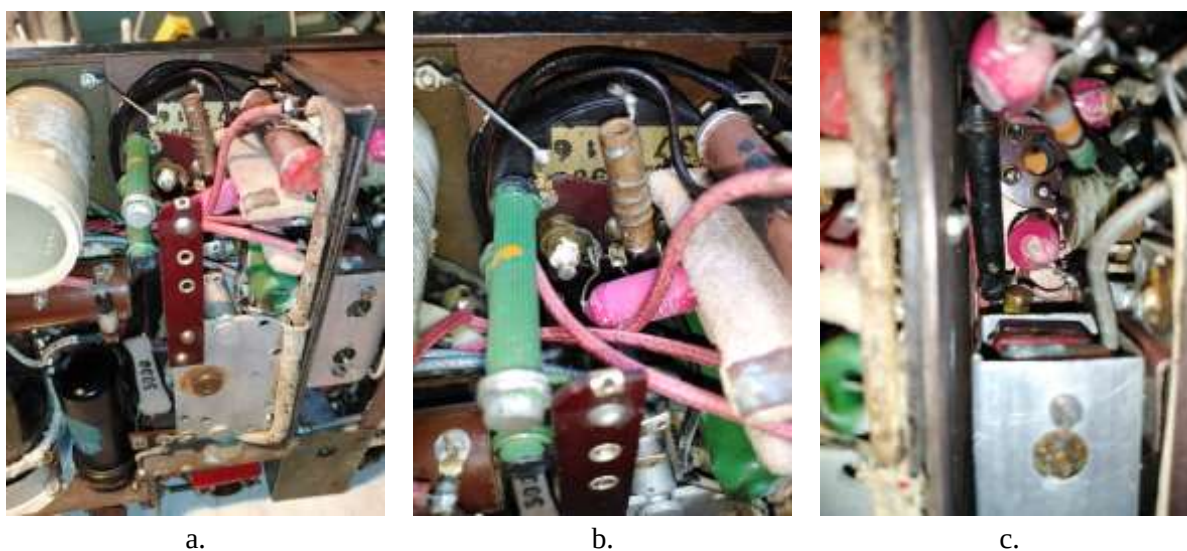
3.2. Montaža novog preklopnika za niže i više frekvencijsko područje

Odmah pri prvom razgledavanju stanice BP-5 još pri prodavatelju zamijećeno je da je netko skinuo (otrgnuo) preklopnik (kip-šalter) za niže frekventno područje od 2-4 MHz i za više područje od 4-8 MHz. U zbirci starih dijelova doniranoj od mnogih dobrih ljudi (opet Krešo Jesteršabek) pronađen je tijekom novogodišnjih blagdana na prijelazu u 2021. godinu, originalni kip-šalter s kuglicom na vrhu polužice, slika 7a.



Sl. 7. Pronalazak odgovarajućeg kip-šaltera i pokušaj montaže

Estetski oblik i godina proizvodnje očito je odgovarala novom kip-šalteru, a i promjer vrata prekidača je odgovarao promjeru rupe na prednjoj ploči uređaja, slika 7b. Međutim, kad se 3. 1. 2021. prišlo stanici sa stražnje strane, uvidjelo se da montaža neće ići lako zbog nedostatka mjesta. Naime, špijunske stanice su građene tako da zauzimaju što manji volumen kako bi im dimenzije i masa bile što manje. Stoga su ugradbene komponente studiozno umetane u sićušan prostor kako bi se iskoristio svaki djelić unutrašnjosti, pa popravci, zbog otežanog pristupa komponentama, predstavljaju pravu muku. Dosta vremena se posvetilo proučavanju unutrašnjosti stanice kako bi se pronašlo rješenje za ugradnju pri čemu se otkrio novi niz problema, osobito oko konektora za napajanje i antene prijemnika.



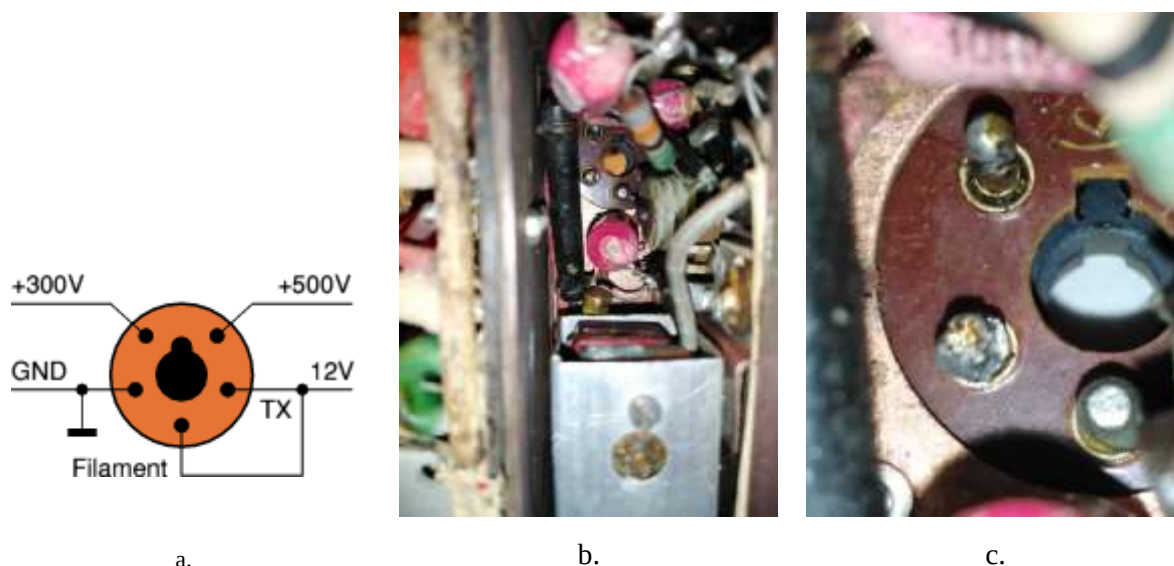
Sl. 8. Traženje pogodnog prilaznog mjesta za montažu prekidača

Na početku je izgledalo da će najbolje biti skinuti mjerni instrument pa onda kroz nastali prostor doći do mjesta prekidača, ali okoliš nije djelovao ohrabrujuće, slika 8a. Bliži pogled, slika 8b, otkriva da je to praktički nemoguće jer bi trebalo odlemiti jako puno elemenata što bi zbog njihove starosti predstavljalo riskantan poduhvat. Zato se krenulo s donje strane i onda se otkrilo da i na konektoru napajanja nedostaju neki vodovi što je bio tek početak lavine novih problema koji su nas

čekali.

3.3. Uočavanje novih problema i spajanje konektora napajanja

Kako je spomenuto, tijekom traženja pogodnog pristupa za montažu nedostajućeg kip-šaltera za promjenu frekventnog područja detaljno je prostudirana unutrašnjost stanice BP-5 pri čemu je zamijećen nedostatak nekih žica za napajanje uređaja sa konektora napajanja. Uvidom u dio objavljene dokumentacije na stranici <https://www.cryptomuseum.com/spy/bp5/index.htm> je vidljivo da se na konektor priključuju naponi žarenja elektroniki od 12,6 V, napon napajanja prijemnika od 300 V i predajnika od 500 V, slika 9a. Naponi žarenja su razdvojeni tako da nema potrebe trošiti energiju na žarenje cijevi predajnika dok nema potrebe za predajom, već radi samo prijemnik, ali u slučaju napajanja iz mreže mogu se dva pina kratko spojiti pa su cijevi prijemnika i predajnika stalno spremne za rad. Na slici 9b vidljivo je da žice na lijevoj strani konektora (sredina slike, gore) uopće nisu spojene. To se dobro vidi na slici 9c.



Sl. 9. Konektor napajanja stanice BP-5

Zaključak je bio da je netko ranije razdvojio prijemnik od predajnika radi nekog popravka, odlemio žice žarenja cijevi i anodnog napona predajnika, ali ih kasnije više nije vratio. Nikakve žice nisu virile u unutrašnjosti pa je trebalo otkriti kamo idu žice napajanja predajnika, izraditi nove i zalemiti ih. Žice napajanja prijemnika nisu razlemljene i ostale su na desnoj strani konektora, slika 10a.

U analizi spajanja žica pomogli su podaci o dvostrukoj izlaznoj tetrodi 829 i pobudnoj pentodi 6V6 te analiza strujnih krugova predajnika nakon čega su pripremljene i zalemljene nove žice. Potom je pronađen privremeni konektor od podnožja starog releja na kojeg su spojene žice, slika 10b, pa se moglo priključiti napon napajanja. Autotransformatorom je polagano podizan napon i praćena struja žarenja pa se ubrzo vidio sjaj žarenja kroz staklo izlazne cijevi, slika 10c. Nakon toga je i kućište pentode 6V6 postalo toplo što je bio dobar znak da su cijevi predajnika ispravne. Nakon toga spojeno je žarenje četiri elektronske cijevi u prijemniku i na sličan način, po temperaturi kućišta čeličnih elektroniki, zaključeno je da su i one najvjerojatnije ispravne. Naposljetku priključen je i napon od 300 V iz vanjskog izvora na prijemnik, ali on je ostao nijem. Nikakvog, pa ni najmanjeg, šuma nije bilo iz slušalice. Potom se priključio napon od 500 V na predajnik i spojena mu je umjetna antena. Pritiskom

na tipkalo ništa se nije dogodilo. To je bilo prilično obeshrabrujuće i ukazivalo je na ozbiljniji kvar. Kako se kasnije pokazalo nije se radilo samo o jednom kvaru nego o nizu teških kvarova. K tome je još pronađena žica i antene prijemnika koja nigdje nije bila spojena nego samo ugurana u kućište.



a.



b.



c.

Sl. 10. Spajanje konektora napajanja stanice BP-5

Valjalo je barem pokušati pronaći ozbiljniju dokumentaciju te pomoću nje nastaviti naporan i neizvjestan rad na iznalaženju narednih kvarova.

3.4. Izrada utikača za slušalice prijemnika

Za vrijeme ispitivanja prijemnika privremeno su ugurane gole žice slušalica u buksne prijemnika kako bi se pokušalo utvrditi da li je prijemnik ispravan. S obzirom na ozbiljnost kvarova pristupilo se tokarenju novih utikača za slušalice, slike 11a i 11b.



a.



b.



c.

Sl.11. Istokareni utikači za slušalice i montaža na priključni kabel

Čekali su se malo topliji dani pa se u vrlo toplo rano proljeće pristupilo tokarenju utikača u Gorskom kotaru. Tu imamo dobro opremljenu mehaničku radionicu s malim tokarskim strojem. Prvi autor (otac) je istokario prva dva utikača, a drugi autor (mlađi sin) druga dva. Jedan par utikača poslužio je za slušalice stanice AP-5, slika 11c. (donacija Kreše Jesteršabeka), a drugi za stanicu BP-5 za također originalne engleske nisko omske slušalice s platnenim naglavnikom.

3.5. Demontaža, studija i opis prijemnika

Bilo je očito da se popravljajući kvarova neće moći pristupiti bez odvajanja prijemnika od predajnika stanice BP-5. Zbog toga su odvojeni svi gumbi na prednjoj ploči prijemnika i otpušteni svi vijci koji su držali prijemnik na zajedničkoj šasiji s predajnikom, slika 12a.



a.



b.

Sl. 12. Odvajanje prijemnika od zajedničke šasije s predajnikom

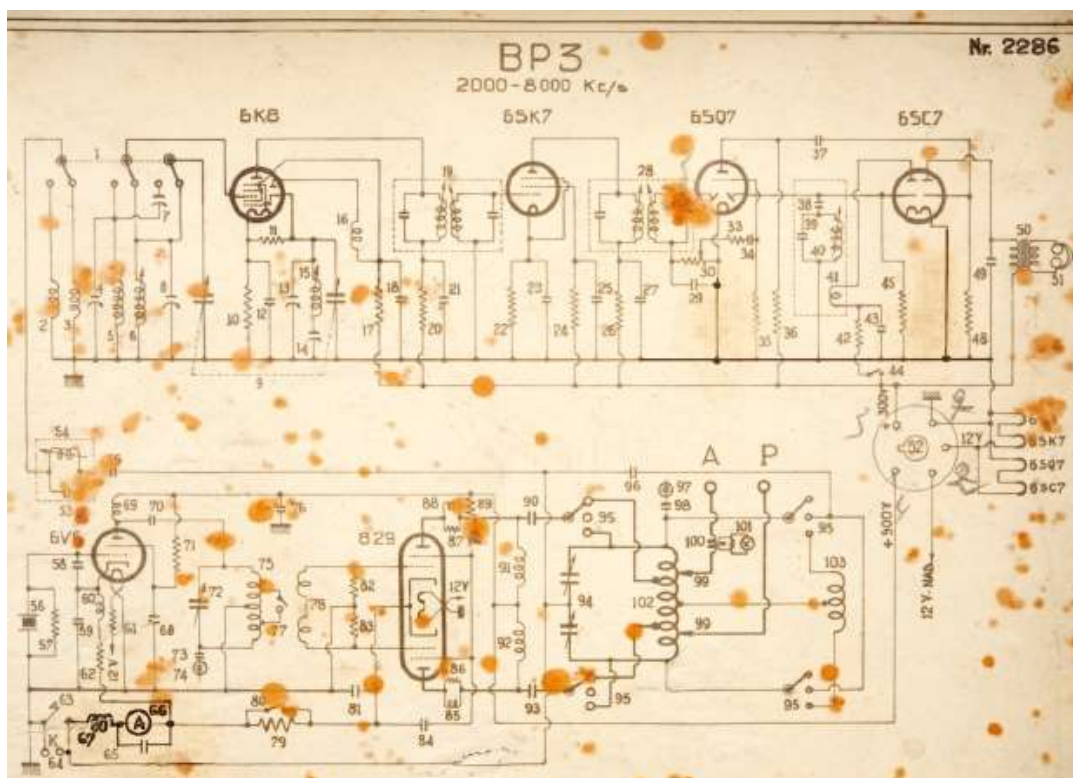
Odvajanje je bilo izuzetno jednostavno, jer prijemnik nije bio nijednom žicom vezan za predajnik, a žice koje su išle s prijemnika u predajnik nisu postojale. Na slici 12b prikazan je prijemnik okrenut prema gore, onako kako se pričvršćuje na zajednički šasiju. Gore u sredini je preklopnik valnog područja prijemnika 2 do 5 i od 5 do 8 MHz, a desno od njega je konektor napajanja. Veliki crni krug je skala prijemnika koja se vidi kroz okrugli prozorčić na prednjoj strani uređaja, a građena također u dva područja: 2-5 MHz i 5 do 8 MHz. Lijevo dolje uz skalu je mehanizam za fino pokretanje skale, a desno je osovina potencijometra za glasnoću. Dolje desno je prekidač (još jedan kip-šalter s kuglastom polužicom) za prebacivanje prijemnika u način za slušanje telegrafije ili amplitudno modulirane fonije. Prijemnik je uistinu ingeniozno konstruiran tako da zauzima vrlo malo prostora. To je četverocijevni superheterodinski prijemnik temeljen na čeličnim elektronskim cijevima razvijenim neposredno prije Drugog svjetskog rata. Fotografija prijemnika prikazana je na slici 13. Prva čelična elektronska cijev skroz lijevo na šasiji, s oznakom RCA, je 6K8, trioda heksoda, razvijena u USA 1935. godine. Ona služi kao miješalo ulaznog signala i kao lokalni oscilator koji zajedno daju međufrekvenciju od 1530 kHz. Iza nje (u narančastoj i sivoj boji) nalaze se trimeri za podešavanje antenskih ulaznih titrajnih krugova i lokalnog oscilatora. Do cijevi 6K8 nalazi se zračni promjenjivi kondenzator za namještanje prijemne frekvencije, a ispod šasije vidi se vodoravno polegnut prvi međufrekventni oscilator u aluminijskom kućištu s dva otvora za podešavanje rezonantne frekvencije.

Iza zračnog kondenzatora je crna čelična pentoda 6SK7 s gornjom površinom obojenom u azurno plavu boju, poznata kao dvije od tri cijevi koje sačinjavaju legendarnu britansku špijunsku stanicu Paraset Whaddon Mark VII. I pentoda 6SK7 je razvijena u USA 1935. godine. U BP-5 služi

kao prvo međufrekventno pojačalo. Iza nje u nizu nalaze se titrajni krugovi prvog međufrekventnog pojačala smješteni u okomito aluminijsko kućište s dva otvora za podešavanje.



Sl. 13. Prijemnik špijunske radiostanice BP-5 iz Drugog svjetskog rata



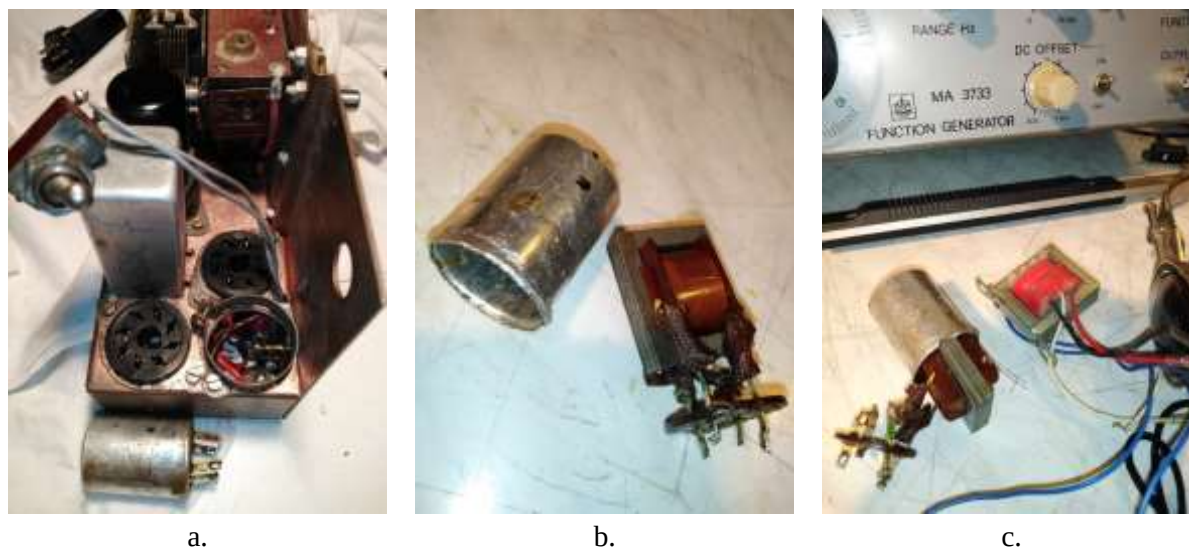
Sl. 14. Shema radiostanice BP-3 koja je slična shemi BP-5 ali i sa značajnim razlikama u odašiljaču

Zadnja u nizu je čelična elektronka s tirkizno obojenom gornjom površinom. To je cijev 6SQ7 u čije kućište je integrirana dvostruka dioda i trioda, a konstruirana je 1939. godine. U ovom prijemniku jedna dioda služi kao demodulator, druga kao miješalo s drugim oscilatorom za izbijanje telegrafije (BFO), a trioda kao niskofrekventno pretpojačalo. To je lijepo vidljivo na gdje je prikazana shema stanice BP-3 koja je slična stanju stvari u BP-5, ali s nekim razlikama prema zamislima poljskog radio inženjera Tadeusza Heftmana. Izmijenjeni su i poboljšani antenski i ulazni titrajni krugovi uz cijev 6K8 i izlazni titrajni krugovi uz dvostruku tetrodu 829, načini upravljanja stanicom, prednja ploča stanice i druga poboljšanja (dodatak mikrofona i modulatora za rad fonijom uz primjenu amplitudne modulacije). Tako je i ta nepotpuna shema značajno pripomogla u iznalaženju i otklanjanju brojnih kvarova na BP-5.

Četvrta cijev prijemnika, 6SC7 je dvostruka trioda, slika 13, iz 1938. godine. Na slici 13. vidi se dijelom zaklonjena odmah iza kućišta drugog međufrekvencijskog transformatora, s crnom površinom na svom vrhu. Prvi triodni sustav služi kao oscilator za izbijanje telegrafije (BFO), a drugi kao niskofrekvencijsko pojačalo za slušalice. Desno od nje je prekidač za uključenje anodnog napona za BFO oscilator (smeđe kućište s zalemljenim dvojim sivim žicama). Ispod prekidača, a zakriven elektronkom 6SQ7 (tirkizna boja) vidi se okruglo aluminijsko kućište u kojem je smješten izlazni transformator niskofrekvencijskog pojačala za slušalice.

3.6. Popravak izlaznog transformatora niskofrekvencijskog pojačala za slušalice

Naš stil popravljivanja radijskih prijemnika je od izlaza prema ulazu. Kod kupljene radiostanice BP-5, nakon priključka napona žarenja i anodnog napajanja, nije bilo tona u slušalicama. Mjerenjem napona na anodi elektronke 6SC7 utvrđeno je da ga nema, a prema slici 14. dolazi izravno s napajanja kroz primar izlaznog transformatora. Stoga se pristupilo demontaži izlaznog transformatora, slika 15a.



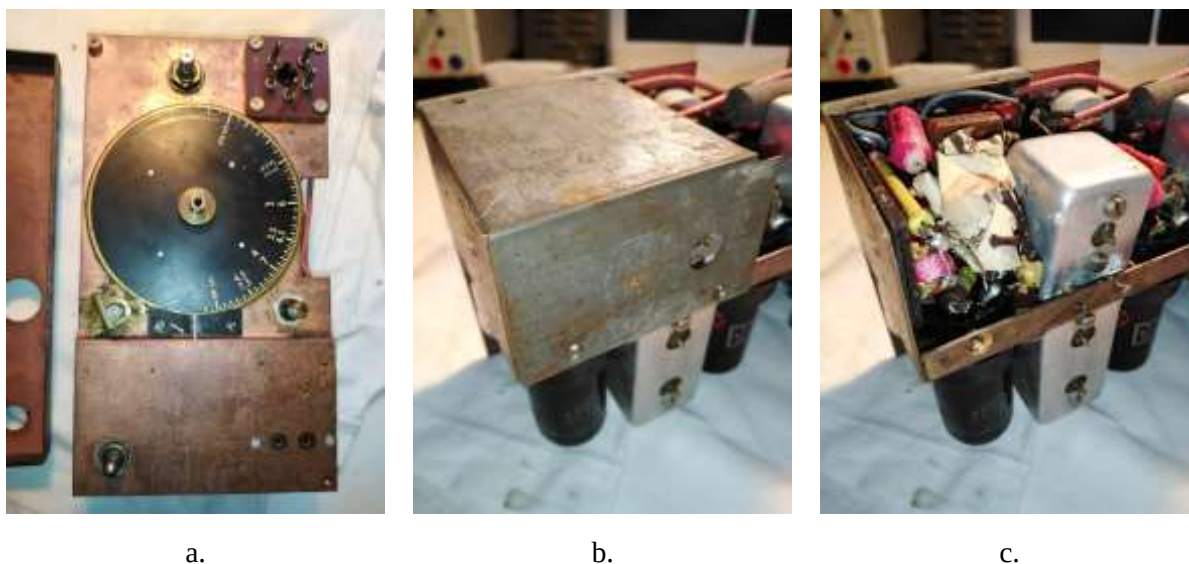
Sl. 15. Demontaža i popravak izlaznog niskofrekvencijskog transformatora

Transformator se mogao izvaditi nakon uklanjanja elektronke 6SQ7 i 6SC7 i prekidača za uključivanje BFO oscilatora te otpuštanjem obujmice, slika 15a. Om metrom je utvrđeno da uistinu postoji prekid na primaru transformatora, a sekundar je bio ispravan. Postojala je mogućnost da je do prekida došlo između namotaja primara i priključne stezaljke pa se pristupilo otvaranju aluminijskog kućišta. Nakon skidanja poklopca s priključcima utvrđeno je da je transformator zaliven voskom kako bi se zaštitili

namotaji transformatora od štetnog utjecaja vode do kojeg može doći u uvjetima terenskog rada. Plamenikom je zagrijavano valjkasto kućište dok vosak nije iscurio te se transformator mogao izvući, slika 15b. Utvrđeno je da je na žalost do prekida došlo u primaru, a nerazjašnjeno je da li je to nastalo zbog starosti uređaja ili nestručnih postupaka pri ranijem popravljaju kad kratki spoj na anodi može biti uzrok prekidu tanke žice primara. Uskoro je među starim dijelovima nađen sličan izlazni transformator koji je ugrađen pa se pojavio prvi šum u slušalicama što je bilo znakom da je barem drugi triodni dio elektronke 6SC7 proradio i da niskofrekvencijsko pojačalo sad radi.

3.7. Popravak prekidača za odabir CW/AM vrste rada prijemnika

Nakon pojave šuma u slušalicama pojavila se nada da će prijemnik proraditi ali to je bio tek prvi kvar u dugom nizu. Osciloskopom je utvrđeno da nema oscilacija na anodi i rešetki prvog triodnog sustava elektronke 6SC7, ali ni anodnog napona pa je pregledan prekidač vrste rada telegrafija (CW) / amplitudna modulacija (AM), smješten u kutu desno dolje, slika 16a.



a.

b.

c.

Sl. 16. Popravak preklopnika vrste rada prijemnika i daljnje rastavljanje

Utvrđeno je da je prekidač (kip-šalter) u prekidu i da ne propušta anodni napon za ispravan rad oscilatora za izbijanje telegrafije. Srećom, opet je u zbirci starih dijelova pronađen još jedan stari prekidač s kuglastim završetkom polužice i ugrađen u prijemnik. Napon na anodi se sada pojavio, ali BFO nije proradio. Valjalo je skinuti poklopac ispod prijemnika, slika 16b, koji sprječava širenje smetnji od rada oscilatora i potražiti kvar, odnosno uzrok.

Skidanjem poklopca BFO oscilatora pronađen je zagonetni paketić umotan u novinski papir.

3.8. Popravak BFO oscilatora za izbijanje telegrafije

Promjenom prekidača za vrstu rada prijemnika dobiven je anodni napon triode oscilatora za izbijanje telegrafije, ali oscilacije se nisu pojavile niti je prijemnik proradio. Skinut je poklopac Faradayevog kaveza oscilatora i između aluminijskog kućišta pronađen je mali paketić pritisnut odrezanim žicama, slika 17a.

Hvala „majstoru“ koji je „popravljao“ stanicu da je bar te vijke vratio jer su sa finim Whitworth navojem i izrađeni od mesinga, a takve bi teško našli. Izgleda da je „majstor“ na toj točki odustao od daljnjih napora, sve fino spakirao ispod poklopca i vratio sve natrag tako da se izvana ništa

nije vidjelo. No, iza sebe je ostavio pet razlemljenih žica za koje se nije znalo kamo vode i čemu služe te razlemljenu i devastiranu unutrašnjost titrajnog kruga.



a.

b.

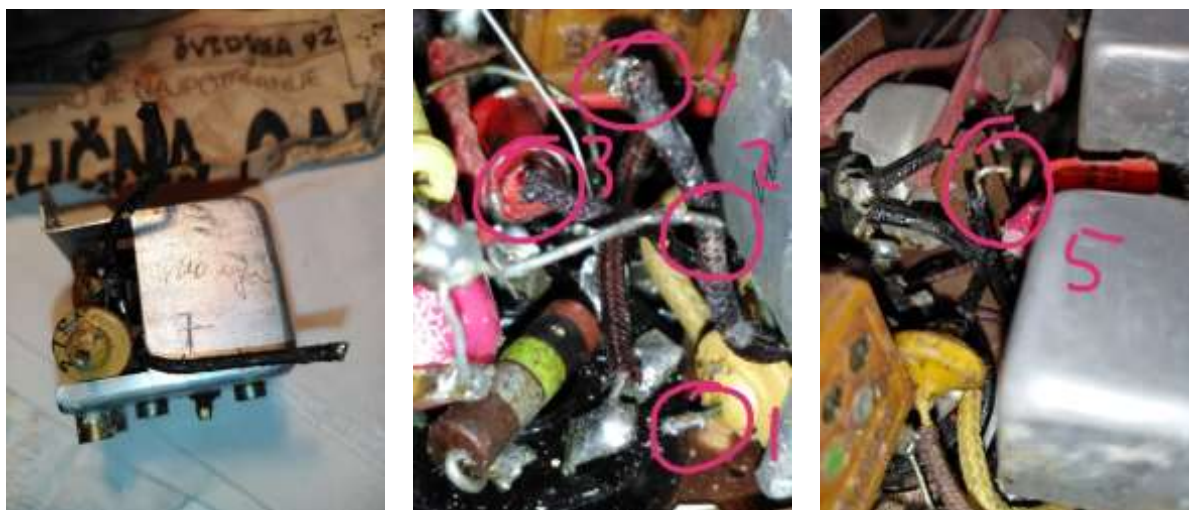
c.

Sl. 17. Pronalazak umotanog paketića u prostoru BFO oscilatora

Odmatanjem paketića pronađena su dva mesingana vijka koja su držala kućište titrajnog kruga BFO-a. Paketić je umotan u novine Slobodna Dalmacija od 23. lipnja 1992., slika 17b. Kućište se vrlo lako moglo odvojiti jer ga vijci nisu držali, slika 17c.

Na kućištu oklopa titrajnog kruga je olovkom napisao „ne valja“, slika 18.a. Vjerojatno nije shvatio da mu je bio neispravan prekidač za vrstu rada CW/AM koji nije dovodio napon na oscilator nego je nepotrebno prionuo rastavljanju sklopa. Pri tome je ostavio četiri nespojene i neizolirane žice s lijeve strane oklopa, slika 18.b., a petu s desne strane oklopa, slika 18.c. Dobro je da te ostavljene i skrivene neizolirane žice nisu napravile kratki spoj i još veću štetu u stanici kad se priključila na napon.

Nije preostalo drugo nego da se pet nespojenih žica, slika 19a, studijskim razmatranjem različitih vrsta BFO-a i nepotpune sheme za BP-3 pokuša smisleno spojiti pri čemu je nastala skica sa slike 19b i potom su zalemljeni titrajni krugovi u aluminijskom kućištu. Da se zaštite krhke žice titrajnog kruga od prekida, priključne krute žice učvršćene su plastičnim obujmicama, slika 19c.



a. b. c.

Sl. 18. Devastirano kućište i okoliš oko titrajnog kruga BFO oscilatora



a. b. c.

Sl. 19. Snimanje sheme spoja i saniran titrajni krug

Nakon toga montirano je kućište titrajnog kruga natrag u uređaj i titrajni krug je spojen prema skici na slici 19b. Priključenjem prijemnika na napon žarenja i na anodni napon na osciloskopu su primijećene oscilacije pa se digitalnim frekventometrom podesila frekvencija u blizini vrijednosti međufrekvencije. Još jedan sklop je bio popravljen, međutim prijemnik još uvijek nije proradio, šum u slušalicama se malo pojačao ali i dalje nije bilo prijema. Valjalo je nastaviti s traženjem narednih kvarova.

3.9. Popravak otpornika za napajanje rešetki heksodne mješalice

Nakon što je BFO oscilator proradio, krenuli smo tražiti kvar dalje prema antenskom ulazu. Provjerom napona na pentodi 6SK7 ustanovljeno je da su svi naponi prisutni i njihova vrijednost je bila u očekivanim granicama. Priklučkom signal generatora na prvu rešetku pentode iz slušalica na

frekvenciji 1530 kHz u slušalicama se začuo jasan ton i pri CW i pri AM načinu rada što je značilo da međufrekventno pojačalo ispravno radi. Mjerenja su pomaknuta na 6K8 triodu/heksodu i ustanovljeno je da anodnog napona ima, ali nema napona na rešetkama heksode. Ubrzo je nađen prekid na otporniku R17 od 15 k Ω koji dovodi napon na rešetke, slika 20a., najvjerojatnije od starosti jer nije mogao biti preopterećen.



a.



b.



c.

Sl. 20. Uklanjanje kvara na dovođenju napona na rešetke heksode 6K8

Na sreću, fizičko mjesto otpornika je brzo locirano i nalazilo se na lako pristupačnom mjestu na vrhu od nekoliko slojeva komponenti, slika 20a, pa je brzo i bez muke izvađen, slika 20b. Otpornik je očito bio prevelik za male snage potrebne za upravljanje rešetkama heksode (u Velikoj Britaniji u ratnim uvjetima nije se moglo puno birati) pa je ubrzo zamijenjen manjim otpornikom od 15 k Ω snage 2 W, slika 20c. I to je otpornik iz donacije Kreše Jesteršabeka te i ovom prigodom valja zahvaliti takvim dobrim ljudima na donacijama jer se komponente veće snage i viših napona teško mogu naći u maloprodaji, a nužno su potrebne za popravak starih uređaja. Nakon zamjene tog otpornika svi radni naponi na heksodi su postali normalni i prijemnik je napokon proradio. Hvatanjem neizoliranog dijela žice antene prijemnika prstom, u slušalicama su se mogle čuti jače kratkovalne stanice, ali ostala je enigma vrijednosti veznog kondenzatora i mjesta priključka odspojene žice antene prijemnika u predajniku.

3.10. Ugradnja antenskog kondenzatora i povezivanje s preklopnikom predajnika

Antenski kondenzator nije bilo teško izabrati, pronađen je u zalihi izvrsnih stirofleksnih kondenzatora i imao je vrijednost 1 nF. Priključkom antene prije i poslije kondenzatora snaga prijema se nije mijenjala pa se daljnji eksperimenti nisu trebali izvoditi. Preostalo je pitanje priključka antene u predajniku na čijoj šasiji su se nalazili priključci za vanjsku antenu.

Pri tome valja naglasiti da posjedovanje sheme uređaja BP-3 u ovom slučaju nije moglo uopće biti korisno jer je Tadeusz Heftman sistem prebacivanja prijem/predaja i upravljanje naponima napajanja u uređaju BP-5 sasvim drugačije riješio. Ovaj problem je vrlo značajan, jer pogreška u spajanju antenskog ulaza prijemnika može potpuno uništiti prijemnik ako predajni signal neobično velike snage od 50 W uđe u prijemnik. To bi značilo kraj za svaki daljnji napor osposobljavanja ovog uređaja, a dosad uloženi trud ništavnim.

Stoga se pristupilo izučavanju drugih tehničkih rješenja kod radio stanica s ručnim prebacivanjem režima prijem/predaja uz istodobno prebacivanje napona napajanja. Problem je predstavljala mogućnost rada radiostanice BP-5 na dipol sa simetrično napajanim antenskim vodom i sa nesimetričnim napajanjem antena tipa long wire i tzv. protutegom. Veliki keramički preklopnik kojim se stanica prebacivala s prijema na predaju i obratno je teško dostupan jer je zatrpan drugim dijelovima pa je bilo teško snimiti shemu spoja i rada. Srećom, u staroj literaturi iz 1950-tih godina bivše JNA pronađena su neka prihvatljiva rješenja i u kombinaciji s dosad stečenim znanjima oba autora donesena je odluka o mjestu priključka antene prijemnika. Pažljivim razmicanjem elemenata načinjen je uski prolaz za vrh lemila kojim je napokon zalemljen i taj misteriozan antenski priključak prijemnika.

Kasnijim popravkom kvarova koji su detektirani u predajniku i kad je cijela radio stanica BP-5 dovedena u ispravno stanje, te je proradila po svim svojim radnim parametrima i kapacitetom, utvrđeno je da je antenski priključak prijemnika ispravno odabran.

3.11. Ugradnja VF prigušnice u kvarcni oscilator

Nakon što je proradio prijemnik radiostanice prišlo se je popravljanju predajnika. On je već bio priključen na napon žarenja od 12,6 V i anodni napon od 500 V, ali nije dao nikakve naznake ispravnosti. Popravak i u ovom slučaju ide od kvarcnog oscilatora do izlaznog stupnja, od početka prema kraju, odnosno sada obratno nego kao kod prijemnika.

Vanjski pregled nije upućivao na nikakve znakove kvarova, sve je izgledalo ispravno, slika 21. Lijevo u sredini vidljiva je staklena dvostruka tetroda 829, proizvedena 1943. godine, koja bez većih problema može izračiti respektabilnih 50 W izlazne snage. Odmah desno od nje je poznata pentoda 6V6 (koja je emisiona cijev i u Parasetu). Ona služi kao kvarcni oscilator i pobudni sklop za dvostruku tetrodu. U prvom planu slike, dolje desno, su elementi oscilatorskog titrajnog kruga, a lijevo izlaznog stupnja. U drugom planu gore, su titrajni krugovi izlaznog stupnja i prilagodbe na impedanciju antene. Preklopnik vrste rada je ispod svega toga pa je sad vidljivo kako je bilo teško pronaći mjesto priključka antene prijemnika i još ga i zalemiti.

Potraga za kvarom započela je ispod kvarcnog oscilatora s pentodom 6V6 mjerenjima napona. Anodni napon i napon druge rešetke su imali očekivane i stabilne vrijednosti, međutim napon na katodi pentode je neobjašnjivo fluktuirao.



Sl. 21. Odašiljač špijunske radio stanice BP-5

Tek pomnijim pregledom tog dijela vidjele su se dvije odrezane žice, neposredno uz nožice podnožja, slika 22a.



a.



b.



c.

Slika 22: Nedostatak VF prigušnice i ugradnja nove u kvarcni oscilator

Na temelju iskustva (prvi autor je izgradio repliku Paraseta s takvim oscilatorom) i konzultiranjem stručne literature brzo se uvidjelo da nedostaje VF prigušnica induktiviteta 2,5 mH. Nekom je očito trebala prigušnica pa ju je izvadio. Prigušnica visokofrekvencijski odvaja katodu pentode i cijeli sklop

oscilatora od sklopa za oblikovanje impulsa na tipkalu za telegrafiju i samog tipkala. U seriju s tom prigušnicom spojeno je tipkalo tako da se strujni krug uspostavi pri kratkom spoju tipkala, poteče anodna struja kroz elektronku, prigušnicu i tipkalo na masu i tada oscilator zaoscilira na frekvenciji kvarcnog kristala. Stoga prigušnica mora imati dovoljno velik promjer žice kojom je motana da može izdržati protok struje kroz pentodu oscilatora.

Uskoro je u zbirci starih dijelova nađena prihvatljiva prigušnica, ispitana joj je ispravnost komponent testerom i ugrađena je u oscilator, slika 22b. Odašiljač je sada poprimio završni izgled kakvog je zacijelo imao, najvjerojatnije prema dostupnoj dokumentaciji, 1944. godine. Nakon ugradnje prigušnice odašiljač je ponovo spojen na napajanje, ali nažalost oscilator još uvijek nije započeo s oscilacijama. Valjalo je tražiti nove kvarove.

3.12. Popravak kondenzatora filtriranje napona druge rešetke pentode

Pažljivim praćenjem spojnih žica svih komponenata kvarcnog oscilatora koji vode od podnožja pentode 6V6 u unutrašnjost uređaja, došlo se do pojedinih komponenti i potom je svakoj komponenti provjeravana ispravnost. Tako se došlo i do kondenzatora koji filtrira napon druge rešetke pentode (on u stvari kratko spaja visokofrekventnu komponentu napona napajanja druge rešetke i odvodi je na masu uređaja) te je uočen prekid spojne žice koja je vodila iz njega, slika 23.



Sl. 23. Prekid priključne žice kondenzatora koji filtrira napon druge rešetke pentode

Do prekida je vjerojatno došlo zbog korozije žice nastale starošću uređaja. Krajevi žice su pažljivo očišćeni i nanovo zalemljeni te je tako i taj kvar otklonjen. Na taj način sačuvana je izvornost uređaja u najvećoj mogućoj mjeri. Postoji mogućnost da će za 20-30 godina ponovo doći do istog kvara jer se na slici 23. vidi novi izvor korozije neposredno na ulazu u kondenzator, a to će onda popraviti netko drugi s dovoljno znanja i volje da to učini.

Nakon lemljenja prekinutog izvoda kondenzatora, odašiljač je ponovno priključen na napon od

500 V i na oduševljenje autora zamijećene su visokofrekvencijske oscilacije točno na frekvenciji kvarcnog kristala oscilatora.

3.13. Popravak kondenzatora filtriranje napona druge rešetke izlazne dvostruke tetrode

Nakon što je proradio oscilator, na odašiljač je priključena umjetna antena i pritiskom tipkala uočen je izboj na antenskom priključku. Svi gumbi za podešavanje izboja radili su ispravno i na umjetnoj anteni uočavan je porast izračene snage sve do maksimuma nešto većeg od 50 W. Međutim, kako je odašiljač bio otkriven, a kondenzator (crvene boje u prvom planu) druge rešetke triode vidljiv, slika 24a, uočeno je da na izvodima kondenzatora ključa plastika, a ubrzo se proširio oštar miris spaljene plastike. Brzo je isključen napon, dodirom kondenzatora prstom utvrđeno je da je kondenzator jako vruć. Taj kondenzator je starijeg tipa, s papirom kao dielektrikom, i očito je došlo do raspada papirne strukture te je kondenzator počeo voditi struju koja ga je zagrijavala.



a.



b.



c.

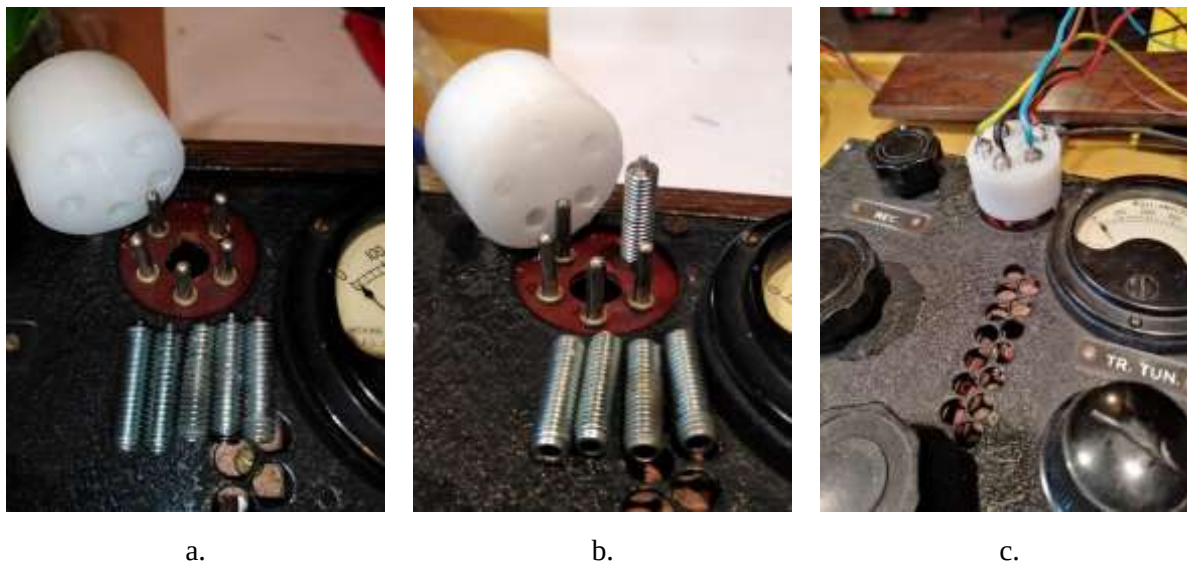
Sl. 24. Proboj i zamjena kondenzatora druge rešetke izlazne tetrode

Na slika 24b, nakon što je kondenzator izlemljen iz uređaja, vidljive su neobične nakupine rastopljene plastike koja je izlazila iz pregrijanog kondenzatora uz priključne vodove, na lijevoj i desnoj strani kondenzatora. Sreća je da je odašiljač pri ispitivanju bio tako položen da je ta pojava odmah uočena jer je moglo doći do eksplozije kondenzatora, njegovog proboja, oštećenja tetrode i drugih komponenata. To je inače česta pojava kod starih uređaja gdje su obično najveći problem sasušeni elektrolitski kondenzatori i papirni kondenzatori koji počinju propuštati ili su već u kratkom spoju. To nije poseban problem za osobe koji se bave oživljavanjem starih uređaja, no veći problem danas je pronaći zamjenski kondenzator. Opet je do izražaja došla donacija gospodina Kreše Jesteršabeka koji je uz ostalo donirao i veću količinu vrlo kvalitetnih stirolfleksnih kondenzatora. Ubrzo je pronađen kondenzator, nekad vrhunske tvornice RIZ, istog kapaciteta od 0,1 μF i radnog napona od 1500 V što je više nego dovoljno za anodni napon odašiljača od 500 V. Nakon ugradnje tog kondenzatora, slika 24c, radio stanica BP-5 je proradila u punom svom sjaju i radi sve do danas.

3.14. Izrada priključnog konektora za napajanje stanice

Radio stanica je kupljena preko oglasnika u jednom vizualnom, mehaničkom i još gorem električnom stanju s nizom kvarova te bez kutije, poklopca, ispravljača i priključnih kablova s

neobičajenim nestandardnim konektorima. Stoga je što prije trebalo zamijeniti privremeni provizorni konektor (vidljiv je na slici 10b, lijevo gore uz mjerni instrument) jer se uređaj tijekom popravljanja i ispitivanja rada napajao s tri ispravljača: za 12,6 V (žarenje elektronke), 300 V (anodni naponi u prijemniku) i 500 V (anodni naponi u odašiljaču) pa je postojala velika opasnost da dođe do kratkog spoja, odvajanja žica i kvara na uređaju ili strujnog udara. Konektor je izrađen tokarenjem iz sipasa¹ i navojnih šipki s ubušnim rupama, slika 25a.



Sl. 25. Izrada napojnog konektora

Tijelo konektora istokareno je od sipasa i na njemu je izbušeno pet rupa u koje je narezan navoj M5. Potom je od navojne šipke na tokarskom stroju odrezano pet komada šipke duljine jednake visini valjka od sipasa. U dijelovima navojnih šipki je tokarskim strojem na jednoj strani izbušena duga rupa promjera izdanaka na konektoru stanice, a na drugoj strani kraća i tanja rupa za lemljenje kablova. Na slici 25b vidi se jedan dio navojne šipke nataknut na izdanak konektora stanice. Nakon toga je svih pet dijelova navojne šipke uvijeno u valjak od sipasa, zalemljeni su kablovi i tijelo konektora je bilo gotovo.

3.15. Popravak slušalica

Stare slušalice su također donacija gospodina Jesteršabeka. Na njih su zalemljene istokarene buksne. Na buksne je navučen termobužir, slika 26a.

U našoj zbirci ima velik broj starih slušalica, ali sve su visoko omske, no ove su bile nisko omske, s malim zvučnicima od 8 oma u svakoj. Nažalost, ispostavilo se da priključkom na BP-5 slušalice ne rade. Skinut je gumeni naušni dio s puno teškoća jer se radi o staroj gumi koja je izgubila elastičnost pa je moglo doći do trganja pri skidanju. Otvaranjem tijela slušalica utvrđeno je da je tijekom uporabe došlo do prekida razmjerno krutih žica uslijed mnogobrojnih savijanja pri uporabi. Kablovi su nanovo zalemljeni, slika 26b, i obje slušalice su proradile, vraćeni su gumeni naušni dijelovi s nadom da do narednog loma neće doći uskoro.

¹ poliamidna plastika



a.



b.

Sl. 26. Popravak slušalica

3.16. Izrada kutije za BP-5

Sad, kad radio stanica BP-5 pouzdano radi, ima siguran napojni konektor i primjerene slušalice, valjalo je pristupiti izradi kutije za nju. Početkom svibnja 2021. odlučeno je da kutija bude drvena. Zanimljivost izrade špijunskih stanica u Velikoj Britaniji, gdje je bila velika nestašica elektroničkih komponenti, da su one rađene od šarolikog i jedva dostupnog materijala. Kao i ova stanica, legendarna prva špijunska radiostanica Paraset je početkom Drugog svjetskog rata bila izrađivana i u drvenoj i u metalnoj kutiji, a dobri poznavatelji tog segmenta povijesti kažu da zbog nestašice dijelova ne postoje dva jednaka Paraseta. Zacijelo se stanje nešto popravilo do 1944. godine, ali ne značajno. Jednostavnije nam je bilo načiniti drvenu kutiju u radionici u Gorskom kotaru. Izrada je počela 9. 5. 2021., nakon čega je obojena, slika 27a.



a.



b.



c.

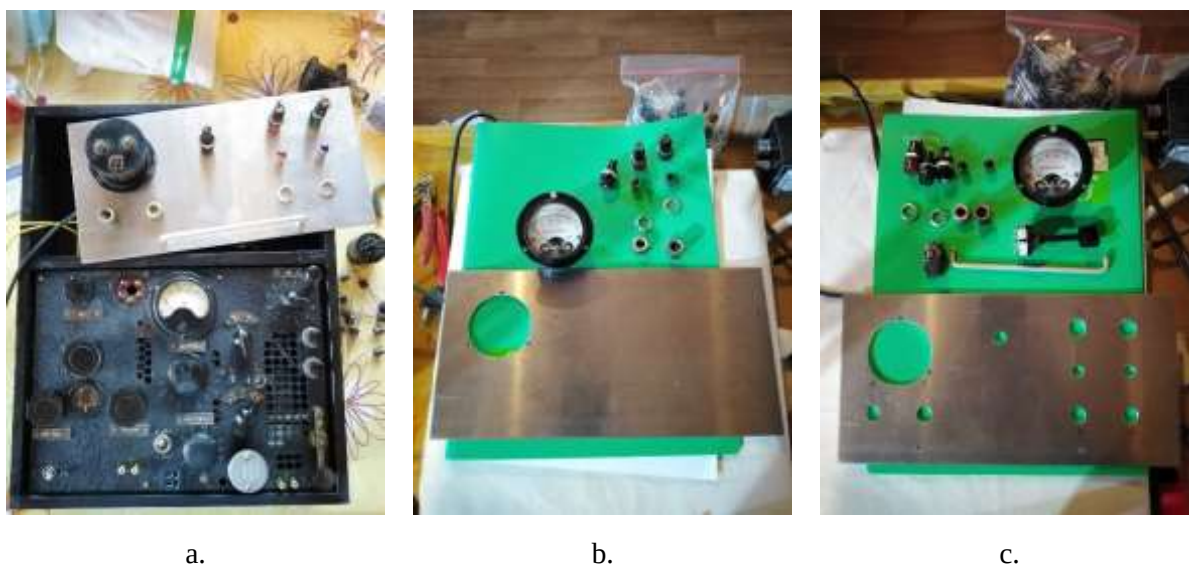
Sl. 27. Bojenje izrađene kutije za BP-5

Na kutiji su izbušene rupe za hlađenje elektronskih cijevi i načinjena je pregrada koja će odvajati stanicu od budućeg ispravljača. Niz većih rupa, slika 27b, služi za hlađenje elektronskih cijevi

u odašiljaču, a manjih za hlađenje cijevi u prijemniku. Kutija je prvo obojena u temeljnu boju, a zatim u crnu kako se i vidi na slici 27c. Na toj slici vidljiv je i poklopac kutije koji je također izrađen zajedno s kutijom. To je bilo potrebno jer su sve britanske stanice imale svoje poklopce kako se ne bi oštetile u transportu ili tijekom rada na terenu. Visina poklopca pomno je odabrana tako da se ispod njega može smjestiti konektor kablja za napajanje stanice iz ispravljača i mrežni kabl ispravljača. Poklopac ima svoje šarke i kopču za zatvaranje.

3.17. Izrada prednje ploče ispravljača

Prednja ploča ispravljača započela se raditi 5. 6. 2021. Tada nam je rođak supruge starijeg sina prvog autora, odrezao aluminijsku ploču prema otvoru predviđenom za ispravljač na kojeg smo smjestili elemente ispravljača radi rasporeda, slika 28a. Debljina aluminijske ploče bila je 3 mm, a sitne ogrebotine na njoj smo prebrusili finim brusnim papirom.



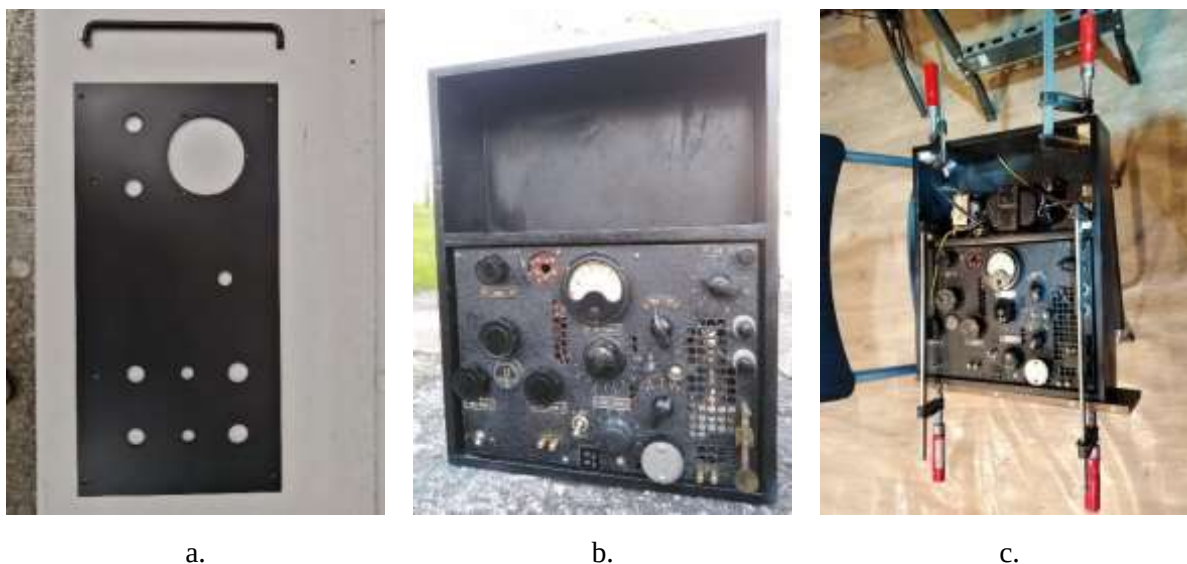
Sl. 28. Početak izrade prednje ploče ispravljača

Prema preliminarnom rasporedu načinjen je crtež rasporeda i započelo je bušenje rupa različitih promjera. Najteže je bilo izraditi najveću rupu za mjerni instrument pa je to izrađeno krunskom pilom na stupnoj bušilici, slika 28b. Poslije je rupa malo dorađena finom turpijom i izbušene su tri manje rupice za vijke učvršćenja instrumenta.

Bušenje preostalih rupa za ostale elemente teklo je znatno jednostavnije i brže s obzirom da su za to trebala samo svrdla promjera od 6 do 12 mm, slika 28c.

Gotova prednja ploča je još jednom lagano obrušena brusnim papirom, a potom je odmašćena. Na nju je nakon sušenja nanesen prvi sloj tzv. prajmera (primer) u vidu spreja kako bi se površina aluminijske mogla lakirati klasičnim lakovima bez ljuštenja s površine.

Nakon sušenja prajmera površina prednje ploče ispravljača prelakirana je s dva sloja crnog mat spreja. Tada je prelakirana i aluminijska ručica smještena na donjoj strani prednje ploče ispravljača namijenjena laganom izvlačenju ispravljača iz kutije radio stanice BP-5 u slučaju kvara. Prednja ploča poprimila je svoj konačni izgled, slika 29b.



Sl. 29. Bojenje i priprema za ugradnju prednje ploče ispravljača

Stupići za pričvršćenje prednje ploče zalijepljeni su u kutove kutije i ostavljeni da se suše preko noći, slika 29c. Nakon toga se prednja ploča ispravljača mogla pričvrstiti na kutiju stanice, slika 30.



Sl. 30. Prednja ploča ispravljača montirana na kutiju radio stanice BP-5

3.18. Izrada mrežnog i napajачkog konektorskog kabla ispravljača

Izrada mrežnog i konektorskog kabla ispravljača započela je 18. 6. 2021. godine. Za mrežni priključak nađen je kabel od jednog starog neispravnog mikrofona iz Drugog (WW2) rata koji je imao samo kućište bez nekih dijelova i kabel bez konektora. Kabel je bio idealan, debele izolacije i više

primjeren za napajanje nego za mikrofون. Pronađen je i utikač iz vremena Drugog svjetskog rata tako da je i on montiran na spomenuti kabel, slika 31a.



a.

b.

c.

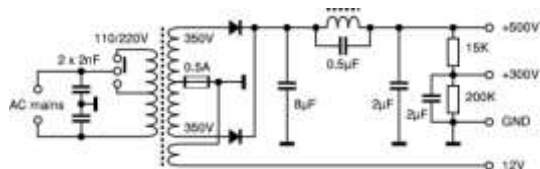
Sl. 31. Priključni mrežni i napajачki konektorski kabel na stanici BP-5

Na taj naćin su mrežni kabel i utikać povijesno, po vrsti materijala koji se tada koristio i dizajnerski lijepo uklopili u okruženje stanice BP-5.

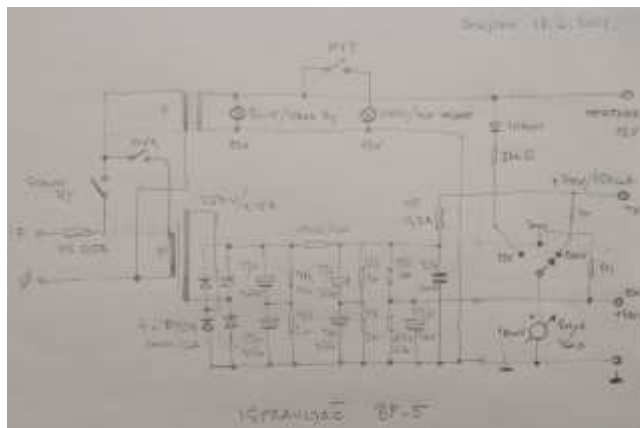
Poseban problem predstavljao je petožilni kabel za napajanje stanice. Tu je bilo pet raznobojnih debelih žica koje su vodile iz ispravljaća u stanicu (kablovi za +500 V, za +300 V i za žarenje od 12,6 V te kabel za masu prijemnika i predajnika). To nismo znali riješiti pa smo na jednom od naših susreta za savjet pitali gospodina Krešu Jesteršabeka. On je odmah predložio rješenje: kablove postaviti u vezicu za cipele. Rješenje je izgledalo na prvi pogled neobićno, a u stvari je izvrsno. Snop kablova za napajanje izlazi desno dolje, odnosno ispod mjernog instrumenta, slike 31a i 31b, i stvarno je i praktićno i estetsko rješenje, a izgleda da se ta tehnika uistinu i koristila u starih uređaja. Tu valja istaknuti i da je za kućiste konektora od sipasa, vidljivog na slici 25., korišćeno staro bakelitno oktalno podnožje elektronke iz istog doba tako da je funkcionalnost i estetika bila potpuna. Moglo se krenuti na izradu ispravljaća.

3.19. Izrada ispravljaća

Prema literaturi dostupnoj na Internetu izgleda da nema saćuvanih ispravljaća za radio stanicu BP-5. Kako se radiostanica koristila prije svega za špijunske svrhe, zbog njezine izvrsnosti i snage primjenjivana je čak i na vozilima te brodovima (pa i na Pacifiku) pa je moguće da je bila napajana iz razlićitih tehnićkih sustava i naprava. Stoga unificirani ispravljać za nju vjerojatno nije postojao. Ostalo je samo nekoliko saćuvanih stanica BP-5 pa nije ni ćudo da nema njenih još rjeđih ispravljaća. Stoga je na internetskoj stranici cryptomuseum.com/spy/bp5/index.htm objavljena shema zamjenskog ispravljaća s poluvodićkim diodama koji moće napajati radio stanicu BP-5, slika 32a.



a.



b.

Sl. 32. Sheme ispravljača za radio stanicu BP-5

Shema na slici 32a. nesumnjivo je dobra i može zadovoljiti potrebe, no mi smo se odlučili na drugačiji i po nama bolji pristup. Naša koncepcija ispravljača, slika 32b., ima više elemenata koje prijedlog nema: dva osigurača za mrežni i anodni napon, puno jače elektrolite i bolje filtriranje s dvostrukim filterom, blokadu radio smetnji, instrument s preklopnikom za mjerenje napona žarenja i anodnih napona prijemnika i predajnika, dva prekidača za uključivanje napona žarenja i anodnih napona te dvije kontrolne sijalice koje signaliziraju prisutnost napona žarenja i anodnih napona. Naša varijanta ispravljača ima i dva transformatora: za žarenje i anodne napone. Spojeni su tako da se ne može uključiti anodni napon ako nije uključeno žarenje, a ideja je da se prvo uključi napon žarenja (oko minutu do dvije), a tek potom se uključuje anodni napon čime se štite komponente od visokog napona dok elektronske cijevi ne dostignu radni režim.

Unutrašnjost ispravljača prikazana je na slici 33a. Odabrane su komponente koje najbolje odgovaraju starosti uređaja i koje su bile dostupne. Transformatori su u središnjem dijelu unutrašnjosti, a pločica s Graetzovim ispravljačem je desno uz njih. Na njoj su potrebni kondenzatori i otpornici povezani s upravljačkim elementima na upravljačkoj ploči s pomoću žičane forme.



a.



b.

Sl. 33. Unutrašnjost spravljača i stanica s otklopljenom pločom ispravljača

Na slici 33b, vidljiva je stanica BP-5 s otklopljenim ispravljačem. Napravljeni ispravljač u cijelosti zadovoljava sve potrebe radio stanice za napajanjem.

3.20 Natpisne pločice

Drugi autor je na računalu izradio natpisne pločice, slika 34., za ispravljač koje će biti laserski gravirane kako bi poprimile isti dizajn kao i natpisne pločice radiostanice BP-5.



Sl. 34. Prijedlog natpisnih pločica za ispravljač

Na većoj središnjoj pločici će biti i kratko uputstvo o redoslijedu uključivanja pogonskih napona napajanja za radiostanicu kako bi se izbjegli previsoki naponi prije postizanja radnih temperatura elektronskih cijevi u uređaju.

4. Zaključak

Ovaj tekst je napisan da se vidi koliko volje, truda, vremena, znanja, alata i pribora, mjernih uređaja, specijaliziranih radionica za elektroniku, metal i drvo te zbirke starih rezervnih dijelova i literature treba da bi se popravio i stavio u radno stanje jedan rijedak i vrijedan povijesni artefakt. Neka nedostaje samo jedan od navedenih uvjeta, poduhvat obnove brzo će uroditi neuspjehom. Tako je devastirana, pokvarena i skoro nepovratno uništena špijunska radiostanica BP-5 nakon višemjesečnog rada dotjerana u potpuno ispravno radno stanje i kompletirana u cijelosti, slika 35, te je spremna za izložbenu vitrinu *Prve hrvatske zbirke mjerne i komunikacijske opreme*.

Poticaj za pisanje ovog opsežnog teksta i ovog zaključka dao nam je jedan mladi gospodin kojeg smo sreli na jednoj tehničkoj izložbi u Zagrebu. Bili smo nazočni Željko Knezić i prvi autor. Mladi gospodin je znao za *Prvu hrvatsku zbirku mjerne i komunikacijske opreme* i za nas, a bilo mu je drago da nas je osobno upoznao. Razgovor je tekao vrlo srdačno i na kraju razgovora je palo pitanje koliko je od izloženih artefakata ispravno i tko to popravlja. Odgovoreno mu je da je puno artefakata popravljeno, neki još nisu ni pregledani zbog obima tog i redovitog posla, ali da je procjena da je ispravno oko 90 % artefakata. Na to je je mladi gospodin lakonski rekao otprilike ovo: „Super, kad mi to preuzmемо jednog dana, nećemo imati puno posla...“. Taj naoko nevažan razgovor i završna primjedba nas proganja već više od dva mjeseca od kad se to dogodilo. Prvo nas zanima koliko taj mladi gospodin uistinu zna o tehnici koja se koristila u vrijeme WW2. Zna li išta o heksodama, pentodama, tetrodama i triodama koje se koriste u takvim uređajima, njihovim radnim naponima i režimima rada... O superheterodinskim prijemnicima, kvarcnim i BFO oscilatorima, mješalima signala, međufrekvencijskim pojačalima, podešavanju izlaznog stupnja na štap, dipol ili *long wire* antenu (da koristimo samo dio tehnike korištene u BP-5)...?



Sl. 35. Uređena, popravljena, kompletirana i ispravna špijunska radio stanica BP-5

Koliko mladih ljudi danas zna popraviti neki uređaj, imaju li za to znanja, volje, sposobnosti, alata, instrumenata, dijelova, vremena, prostora i da li im je to fokus interesa i smatraju li da je to uopće vrijedno ikakvog truda.

Osobno, mi osjećamo veliko zadovoljstvo da je špijunska radiostanica BP-5 opet kompletirana, ispravna i da radi.

Priča o BP-5 napisana je prvenstveno za one koji znaju nešto o povijesti čovječanstva, prikazanoj tehnici iz razdoblja prije i za Drugoga svjetskog rata te načinu obnove ovog rijetkog i dragocjenog artefakta i koji će to s razumijevanjem i radošću čitati.

Napisana je i za one koji sve to ne razumiju da bi barem u maloj mjeri spoznali o kakvoj se to količini rada i znanja radi, pa i uloženi novčanih sredstava ili izgubljene dobiti na drugom mjestu, kako bi ubuduće, možda više cijenili tuđi trud i specifično znanje. K tome da se istodobno zapitaju koliko je u stvari veliko i primjenjivo njihovo znanje, da li bi znali načiniti pothvat oživljavanja jednog tako značajnog civilizacijskog artefakta, da li bi ga znali pokrenuti i napraviti jednu vezu (makar fonijom, ako ne znaju telegrafiju) na radioamaterskom kratkovalnom području od 3,5 ili 7 MHz koje ova stanica pokriva. Ako se zamisle nad svojim neznanjem na samo par sekundi, trud uloženi i pisanje ovog teksta nije uzaludan.

Zahvala

Zahvaljujući donacijama, savjetima i stalnom dopisivanju s gospodom Krešom Jesteršabekom i Željkom Knezićem, koje smo izvještavali tijekom osam mjeseci o napretku rada na stanici BP-5, ostale su srećom fotografije u mobitelu koje su ovdje sada iskorištene. Stoga zahvaljujemo spomenutoj dvojici prijatelja, svim drugim donatorima i članovima naše obitelji koji nas podupiru u našim neobičnim aktivnostima i bez kojih ovaj, i niz drugih projekata u *Prvoj hrvatskoj zbirci mjerne i komunikacijske opreme*, ne bi bio ostvaren.

Literatura:

[1] Internetska stranica <https://www.cryptomuseum.com/spy/bp5/index.htm> pristupljeno 22.10.2021.

[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, Zagreb, svibanj 2108., I Kiklos – Krug knjige d.o.o., Zagreb (2018)

[3] D. Rogale: Struktura i artefakti Prve hrvatska zbirka mjerne i komunikacijske opreme, Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske za 2019. godinu: Hrvatska tehnička i industrijska baština, HATZ, Zagreb, str. 323-338

RESTORATION OF THE SPY RADIOTELEGRAPH STATION BP-5 FROM WORLD WAR II

Abstract: *The First Croatian Collection of Measuring and Communication Equipment* stores the legendary spy radio station marked BP-5, made during the Second World War in England. The radio station was developed by the ingenious Polish engineer Tadeusz Heftman and began production for resistance movements in Europe in 1944 and was also used in battles in the Pacific. It was found for sale in a very devastated condition in one of our electronic classifieds. The authors bought it and thoroughly restored it and brought it in completely work condition. The radio station is a rare and valuable artifact of Croatian technical history, and the article describes a part of its history and a detailed procedure for repairing it.

Key words: Spy radio station BP-5, Croatian technical heritage, restoration

Dubravko Rogale, Martin Rogale