

RTV KLUB MURSKA SOBOTA

DIGITALNI MOSTOVI

"HITRI PACKET RADIO"

Murska Sobota, september 2000

Hitri packet: predelave in preizkus WBFM postaj

Matjaž Vidmar, S53MV

1. Uvod

V Sloveniji smo se odločili za malo hitrej i packet-radio že pred več leti z uvedbo širokopasovnih 23cm FM postaj za povezave v packet-radio omrežju. Danes je malo hitrejši packet dostopen vsem uporabnikom z uvajanjem širokopasovnih 70cm postaj in vozliščnih računalnikov Super-Vozljev po hribih. V glasilu CQ ZRS sem zato opisal v številki 3/93 širokopasovno 70cm FM postajo za uporabnike in v številki 4/93 širokopasovno 23cm postajo za povezave med vozliščnimi računalniki.

V tem članku nameravam opisati še nekaj praktičnih izkušenj s širokopasovnimi FM postajami za packet-radio. Čeprav so širokopasovne FM postaje verjetno med najenostavnejšimi radijskimi postajami za samogradnjo, pa za postaje za packet-radio obstajajo določene zahteve, ki jih ni najbolj enostavno ovrednotiti z običajnimi preizkusnimi postopki in opremo, s katero uglašujemo običajne radijske postaje za govorne zveze. Na primer, v packet-radio postaji je zelo

pomemben čas preklopa sprejem/odaja in nazaj, pa tudi oblika digitalnih impulzov se ne sme preveč popačiti. Še posebno zahteven preizkus pa potrebujejo tiste radijske postaje, ki jih nameravamo vgraditi v vozlišča omrežja na planinskih vrhovih in drugih težje dostopnih točkah.

Še prej pa moram opisati najnovejše predelave in popravke na 70cm WBFM postaji. Izvorni načrt žal vsebuje napako, ki jo tu popravljam, hkrati pa objavljam predelavo visokofrekvenčnega dela, da se omogoči čim enostavnejše uglaševanje in čim bolj zanesljivo delovanje radijske postaje.

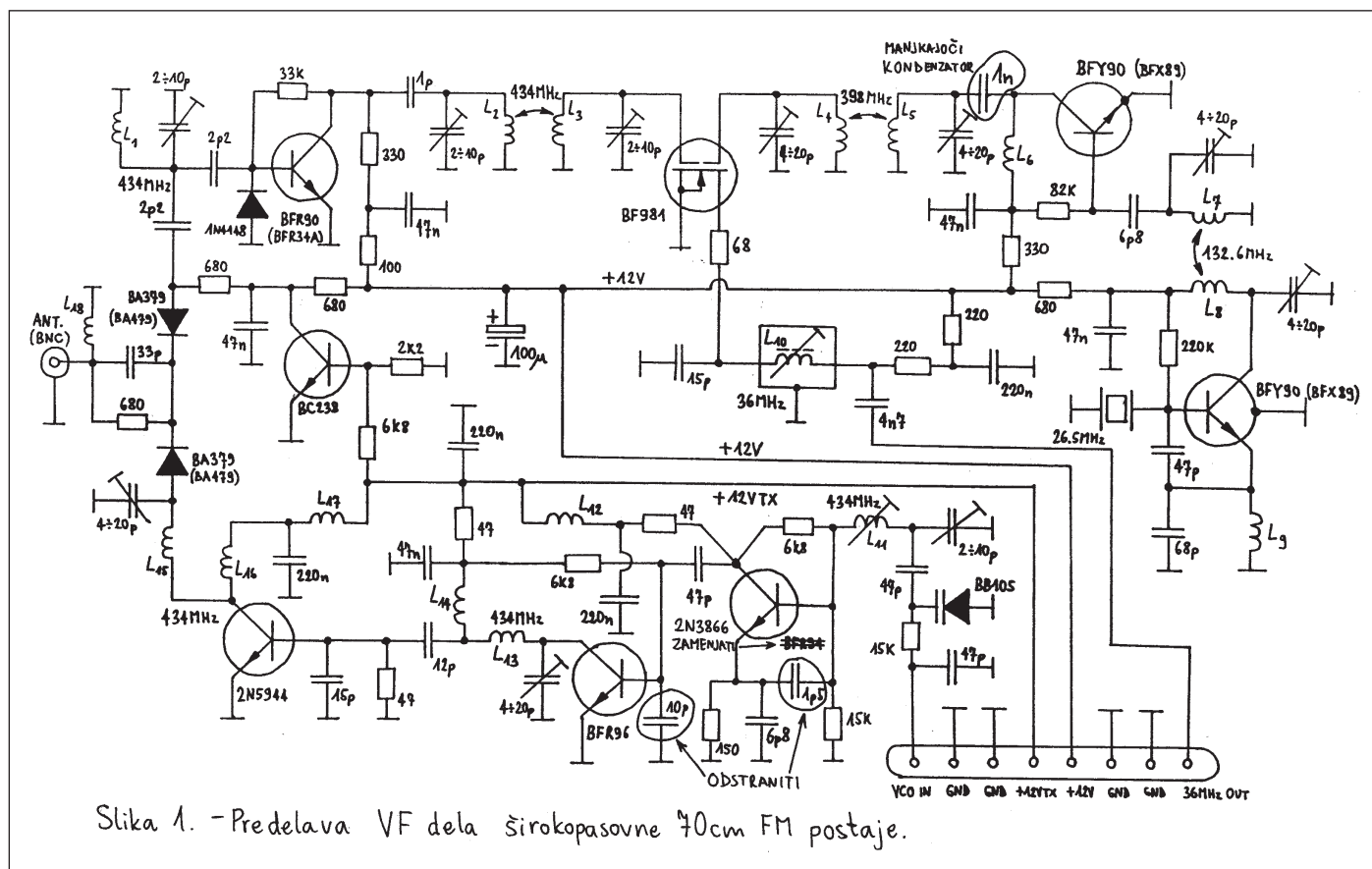
2. Popravki in predelave 70cm WBFM postaje

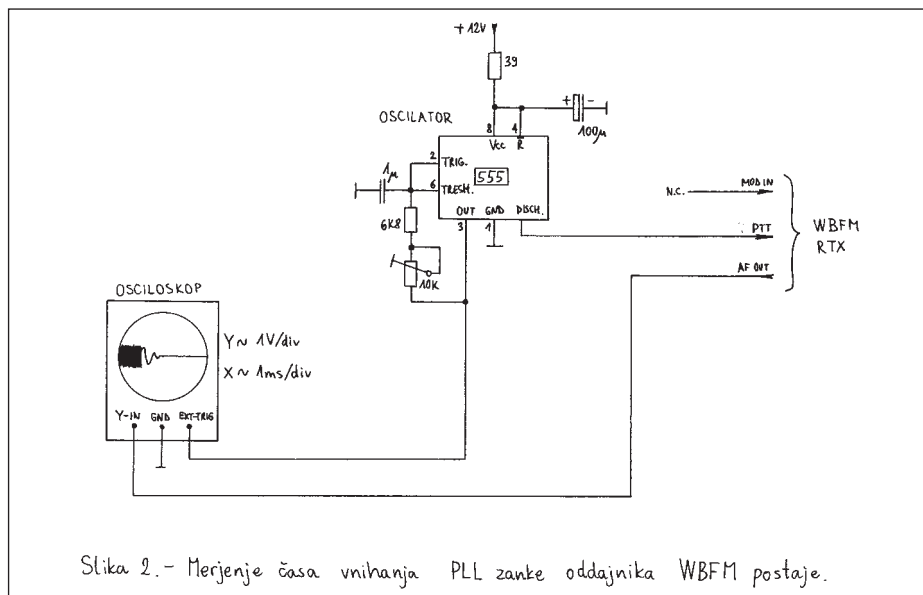
Za večino radioamaterjev je verjetno bolj dostopna 70cm WBFM postaja, ki je tudi za izdelavo dosti bolj enostavna od 23cm postaje. V načrtu te postaje, objavljenem v CQ ZRS 3/93, je žal napaka: na načrtu

visokofrekvenčnega dela, na Sliki 2. na strani 51, manjka en kondenzator in sicer bolj točno med tuljavo L6 in nihajnim krogom L5 manjka sklopni kondenzator 1nF za ločitev enosmerne delovne napetosti množilne stopnje. Kondenzator je sicer označen na skici razporeditve sestavnih delov na Sliki 4. na naslednji strani in na tiskanem vezju sta zanj predvideni očesci (Slika 3.).

Zato tu najprej objavljam popravljen načrt VF dela WBFM 70cm postaje na Sliki 1. Novi načrt VF dela vsebuje tudi pomembno predelavo VCOja oddajnika. Po več mesecih neprekinjenega delovanja več različnih prototipov WBFM 70cm postaj sem namreč opazil določene težave z vezjem VCOja. VCO je zelo občutljiv na vpliv sledečih ojačevalnih stopenj in še posebno na višje harmonske frekvence, ki jih proizvajata izhodna stopnja oddajnika. Neprilagoditev antene lahko zato povzroči premik frekvence nihanja VCOja oziroma popačeno modulacijo, kar povzroči izpad packet-radio zveze.

Razen tega je tranzistor BFR91, ki





se uporablja v vezju VCOja, nekoliko preobremenjen oziroma prešibek za dano nalogo. Po več tednih neprekinjenega delovanja se ojačenje tega tranzistorja začne manjšati, kar povzroči premik frekvence VCOja in manjšo izhodno moč oddajnika. Mehanizem kvarjenja tranzistorjev BFR91 je podoben kot v frekvenčnih množilnih stopnjah: pri prekrmljenju začne v tranzistorju "rasti" parazitna schottky dioda preko BE spoja, ki počasi "požira" ojačenje tranzistorja. Takšen pokvarjen tranzistor spoznamo po tem, da je njegovo enosmerno tokovno ojačenje zelo majhno in da znaša padec napetosti preko BE spoja pri majhnih baznih tokovih komaj 0.3V namesto običajnih 0.7V.

Rešitev vseh teh težav z VCOjem se je izkazala zelo enostavna: zamenjati BFR91 z močnejšim tranzistorjem z nižjo mejno frekvenco (da je manj občutljiv na višje harmonske frekvence). Že BFR96S je dal boljše rezultate, najboljše pa so se izkazali dobri stari 2N3866 ali podobni tranzistorji (BFR36, BFR97, BFR98, BFW16 ali 2N4427). Ker so ti tranzistorji vgrajeni v kovinsko ohišje TO39 z drugačnim razporedom nožic, je treba pri vgradnji v tiskano vezje prekrižati nožice emitorja in baze. Ohišje TO39 ima večje parazitne kapacitivnosti in induktivnosti, zato je treba izločiti kondenzator 1.5pF med bazo in emitorjem in zmanjšati tuljavo L11 na en samo ovoj premera 4mm, žice 0.5CuL. Po drugi strani pa so ravno parazitne kapacitivnosti in induktivnosti ohišja TO39 tu zelo koristne, saj dodatno dušijo višjeharmonske motnje iz izhodne stopnje v VCO.

Stabilnost delovanja oddajnika lahko dodatno izboljšamo tako, da iz-

ločimo še kondenzator 10pF med bazo krmilnega tranzistorja BFR96 in maso. Ta ukrep sicer malenkostno zmanjša ojačenje in izhodno moč oddajnika, zato pa je delovanje bolj zanesljivo. Dimenzije škatle za postajo se splača povečat na 160mm X160mmX40mm, se pravi v vsaki smeri 1cm več, kot sem predlagal v izvornem članku. Tudi ta ukrep izboljša stabilnost delovanja oddajnika, ker je bila izvorno predlagana škatla rezonančna ravno na nesrečnih frekvencah.

Z vsemi opisanimi predelavami so prototipi WBFM 70cm postaj delovali stabilno s katerokoli anteno in ne glede na to, kako so zasukani trije trimerji v oddajniku, v območju napajalne napetosti od 7V (0.5W izhodne moči) vse do 18V (5W izhodne moči). To je bil seveda samo tipski preizkus: v praksi ne priporočam napajalne napetosti višje od 13V!

V WBFM 70cm postaji je daleč najdražji sestavni del izhodni tranzistor oddajnika 2N5944, ki da običajno 2W izhodne moči pri 12.6V napajanja. V postaji lahko seveda uporabimo tudi druge izhodne tranzistorje in če ne potrebujemo zelo velikega radijskega dometa, lahko izhodno stopnjo tudi povsem izločimo. V izhodni stopnji sem uspešno preizkusil stare 24V tranzistorje za TV oddajnike, vrste BLX96, ki dajo okoli 1-1.2W izhodne moči. Sicer močnejši BLX97 da žal manjšo izhodno moč, okoli 0.6W, ker ima manjše ojačenje. BFQ68 da tudi več kot 2W izhodne moči, ampak zaradi prevelikega ojačenja ne dela stabilno.

V izhodni stopnji sem preizkusil tudi MRF629, to je enak tranzistorski chip kot 2N5944, vendar v cenemem "sploščenem" TO39 ohišju z emi-

torjem na masi ohišja. MRF629 je dal od 1.3-1.5W izhodne moči, vendar samo potem, ko sem ohišje povezal na maso na tiskanem vezju preko dveh širokih trakov iz bakrene folije. Če pa je bil emitor MRF629 povezan na maso le preko komaj 2mm dolge nožice, je dal komaj 0.8W izhodne moči: vpliv parazitne induktivnosti se tu izredno pozna!

Oddajnik WBFM postaje bi zato verjetno delal tudi z marsikaterim drugim izhodnim tranzistorjem, ki ga sam še nisem utegnil preizkusiti. Seveda pozor na tranzistorje s ponarejeno oznako!

3. Umerjanje in preizkus WBFM postaj

V naslednjih odstavkih nimam namena opisovati uglasovanja visokofrekvenčnega dela postaje. Pri doma izdelani postaji se mi zdi samo po sebi umevno, da je treba pomeriti izhodno moč oddajnika, občutljivost sprejemnika, frekvence delovanja in odsotnost nezaželenih frekvenc ali samooscilacij. Bolj natančna navodila o VF uglasovanju so tudi objavljena skupaj z načrti takšnih postaj.

Radijska postaja za packet-radio za hitrosti večje od 1200bps zahteva tudi nekoliko drugačne preizkuse, še posebno če bo vgrajena v vozlišče na planinskem vrhu ali drugem težje dostopnem mestu. Ker imata obe objavljeni WBFM postaji, čeprav nista povsem enako načrtovani, več podobnih vezij in enake električne zahteve kar se tiče frekvenčne širine kanala in modulacije, je preizkusni postopek enak za obe postaji, za 70cm in za 23cm. Bolj točno, v obeh postajah je sprejemnik vedno vsaj delno vključen in omogoča sprejem in demodulacijo signala lastnega oddajnika, kar pri vseh preizkusih zelo prav pride.

Prva posebnost umerjanja postaje za packet-radio je ugotavljanje časa preklopa sprejem/oddaja in obratno, ki potem pogojuje parameter TX-Delay v packet-radio zvezi. Pri 1200 bps je ta čas precej dolg, običajno 300ms (vrednost parametra TXD je 30). Ker 1200bps packet-radio signal vsebuje samo zvočne frekvence, lahko ugotavljamo primernost časa preklopa RX/TX naše postaje z enostavnim poslušanjem signalov na drugem sprejemniku.

Pri povečanju hitrosti na 38400bps modulacijski signal vsebuje frekvence nad mejo slišnosti človeškega

ušesa. Razen tega so potrebni časi preklopa sprejem/oddaja in obratno dosti krajši, nekje med 10 in 30 milisekundami. Preverjanje takšnih signalov ni več možno "na uho", zato je treba zgraditi ustrezno merilno opremo.

V obeh WBFM postajah je sprejemnik stalno vključen, tudi takrat, ko je postaja na oddaji, in se zato napajanje skoraj celotnega sprejemnika ne preklaplja. Oddajnik pa vsebuje PLL zanko, ki ob preklopu sprejem/oddaja potrebuje določen čas, da se ujame in stabilizira frekvenco oddajnika. Čas vnihanja PLL zanke zato pogojuje čas preklopa sprejem/oddaja. Preklop v obratni smeri, z oddaje na sprejem, je dosti hitrejši in ne pogojuje nobene časovne konstante, saj mora takrat postaja sogovornika prekllopiti s sprejema na oddajo.

Veže za merjenje časa vnihanja PLL zanke je prikazano na Sliki 2. in vsebuje oscilator z vezjem 555, ki periodično preklaplja postajo med sprejemom in oddajo, ter osciloskop, na katerem opazujemo, kaj se dogaja v postaji. Osciloskop je sinhroniziran s preklpom postaje na oddajo preko vhoda EXTERNAL TRIGGER, ki se mora prožiti na padajočih bokih impulzov oscilatorja. Oddajnika pri tem ne moduliramo zato, da lahko na izhodu sprejemnika opazujemo prehodni pojav ob vnihanju PLL zanke.

Na izhodu sprejemnika pravilno delujoče WBFM postaje opazimo le šum v prvih dveh ali treh milisekundah po preklopu na oddajo. V naslednjih dveh ali treh milisekundah opazimo močno dušeno nihanje, kar je zadnji del prehodnega pojava vnihanja PLL zanke. Celoten čas, potreben za vnihanje zanke, zato znaša od 4 do 5 milisekund, potem pa mora biti frekvenca oddajnika povsem stabilna.

Kakršnekoli težave v oddajniku takoj opazimo kot znatno povečanje časa vnihanja PLL zanke oziroma nezaželeno modulacijo ali nestabilnost frekvence oddajnika tudi po vnihanju PLL zanke. Za vse te težave je najverjetnejši vzrok vdor visoke frekvence iz izhodne stopnje oddajnika nazaj v VCO zaradi nezadostnega oklapljanja, slabega ožičenja ipd. Ker se VCO v obeh WBFM postajah napaja naravnost s +12V, mora biti napajalna napetost postaj ustrezno glajena.

Po meritvi časa preklopa sprejem/oddaja lahko preizkusimo prenos modulacije. Tudi tega ne moremo

preizkusiti "na uho" pri hitrosti 38400 bps. Za ugotavljanje popačenja impulzov potrebujemo osciloskop in ustrezen generator impulzov. Kot izvor impulzov ne priporočam TNCja z modemom, ker zmore TNC proizvajati kvečjemu zaporedja X.25 zastavic pri eni sami hitrosti, kar pa ne zadošča za ugotavljanje nekaterih možnih napak oddajnika. Tudi sam sem naredil isto napako in zaradi neustreznega preizkusa 23cm postaj skoraj celi dve leti iskal vzrok "zataknenih okvirjev".

Veže za preizkus modulacije je prikazano na Sliki 3. Generator impulzov proizvaja skupine po 12 zaporednih impulzov, ki jim sledijo presledki v trajanju štirih impulzov. Frekvenca impulzov je lahko fiksna na 38.4kHz za ponazoritev packet-radio signala pri 38.4kbps, oziroma nastavljiva v določenem frekvenčnem področju za ugotavljanje parazitnih rezonanc kristalov v oddajniku. Impulze s fiksno frekvenco dobimo s kristalom 4.9152kHz, ki uporablja vrata 74HC00 kot oscilator. Impulze s spremenljivo frekvenco dobimo tako, da vezje napajamo z grid-dip metrom, ki ga uporabljamo kot spremenljiv oscilator, induktivno sklopljen na vežje preko žičnega ovoja. V tem slučaju dela 74HC00 kot ojačevalnik in zviša jakost signala na logični nivo.

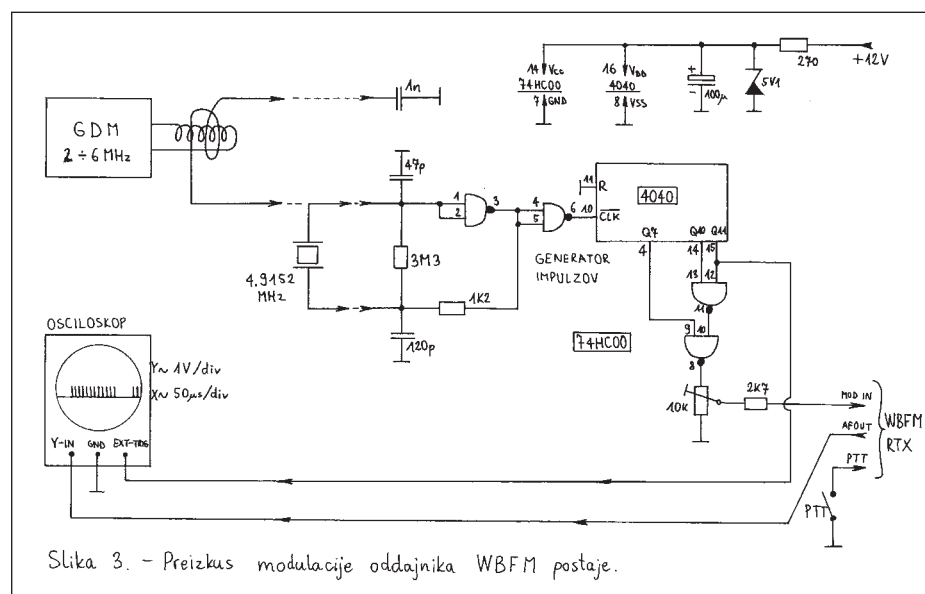
Čeprav to ni nujno potrebno, je tudi tu smiselno uporabiti zunanjo sinhronizacijo osciloskopa preko vhoda EXTERNAL TRIGGER. Povsem jasno, demodulirani impulzi ne smejo biti v nobenem slučaju popačeni! Čeprav je vzrok popačenja največkrat napaka v oddajniku, tudi nepravilno uglašen diskriminator sprejemnika lahko popači impulze. Končno, z opi-

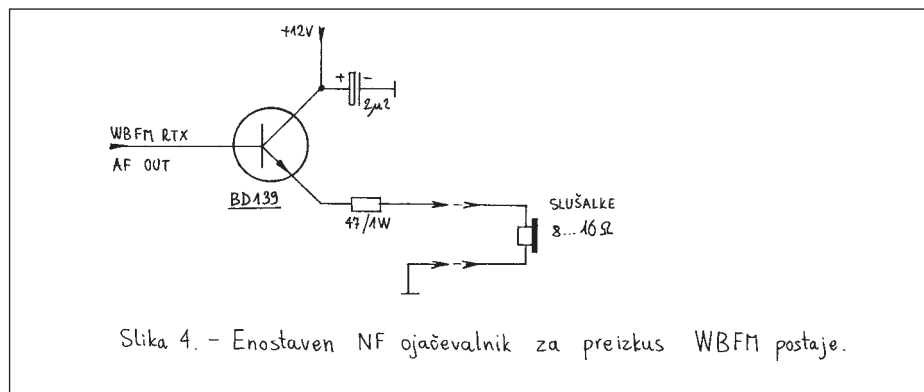
sanim vezjem lahko ugotovimo tudi najustreznejši nivo modulacije oddajnika, to se pravi kako nastaviti ustrezni trimmer v Manchester modemu.

Pri preizkusu starega vzbujevalnika oddajnika 23cm WBFM postaje, tistega z moduliranim kristalom in množilnimi stopnjami, brez PLL zanke, je treba napajati generator impulzov z zvezno spremenljivo frekvenco med vsaj 2MHz in 6MHz. Pri opazovanju prenešenih impulzov opazimo, da je popačenje zelo odvisno od frekvence. Bolj točno, obstajajo "rezonančne" frekvence impulzov, pri katerih je popačenje zelo veliko. Velikost in položaj teh rezonanc zavisi izključno od kristala, ki je vgrajen v vzbujevalniku oddajnika, in hkrati določa, če je kristal uporaben ali ne v naš namen.

Pri AX.25 packet-radio oddaji je polariteta signala zaradi diferencialnega kodiranja nepomembna. Tudi uporabljeni Manchester modemi ne ohranjajo polaritete signala, saj nimajo ustreznega (tu nepotrebne) vezja za ugotavljanje pravilne faze signala. Polariteta impulzov, ki jih opazujemo na osciloskopu, je zato nepomembna. Obe WBFM postaji se sicer malenkostno razlikujeta tudi v diskriminatorju (23cm inačica ima dušilko za pomik faze, 70cm inačica pa kondenzator) in dajeta na izhodu demoduliran signal z različno polariteto!

Končno, WBFM postaja za pomembno vozlišče zahteva še kakšen dodaten preizkus. Ker radioamaterji običajno nimamo termične preizkusne komore, lahko postajo preizkusimo le na spremembe napajalne napetosti in impedance antene. WBFM postaja mora delati vsaj v območju





napajanja od 9V do 16V in ne sme samooscilirati oziroma popačiti modulacije z antenami, ki niso najboljše prilagojene na nazivno vrednost 50 ohm. Za oddajnik je najbolj zahtevno breme antena z rezonatorskim sitom (z visokim Q). Takšno sito skoraj vedno potrebujemo na vozliščih, ki so postavljena na planinskih vrhovih z večjim številom drugih radijskih oddajnikov v neposredni bližini.

Vse te poskuse je treba seveda narediti najprej doma, preden gre postaja na hrib. Razen tega je doma smiselno držati WBFM postajo vključeno vsaj nekaj tednov, še boljše kakšen mesec, da odkrijemo defektne sestavne dele. Postajo seveda priključimo na umetno breme namesto antene in preklapljamo med sprejemom in oddajo s pomočjo oscilatorja kot na Sliki 2. Končno je treba

ponoviti vse meritve in preizkuse na vrhu hriba, ko je postaja dokončno vgrajena na svojem delovnem mestu v packet-radio vozlišču. Tu moramo biti posebno pozorni na vpliv dokončne antene in napajalnika, kot tudi na medsebojne motnje z drugimi radijskimi postajami. Pri iskanju izvora motenj je lahko zelo koristen enostaven NF ojačevalnik, prikazan na Sliki 4., saj WBFM postaje nimajo vgrajenega močnostnega NF ojačevalnika.

4. Zaključek

V tem članku sem skušal razložiti, kateri preizkusi so potrebni pri uglaševanju FM postaje za hitri packet, če izvzamemo vse običajne postopke uglaševanja radijske postaje. Opisani

preizkusi so rezultat večletnih izkušenj, zato jih nisem mogel prej objaviti, saj je opisano področje nekaj povsem novega za nas radioamaterje. Od tod tudi težave pri iskanju napake v izvornem modulatorju - vzbujevalniku 23cm WBFM postaje.

Danes je malo hitrejši packet-radio dostopen vsem, ki se ne bojijo sestavljanja enostavne širokopasovne FM postaje. 70cm WBFM postaja spada med najenostavnejše prave radijske postaje, ki jih lahko sestavimo doma. Tudi z izbiro kanala na ne ravno nezasedenem 70cm področju ni prehudih težav predvsem zato, ker se je v praksi izkazalo, da so motnje med med WBFM packetom in ozkopasovnimi FM govornimi zvezami dosti manjše od tistega, kar smo pričakovali. WBFM packet sploh ne odpre skvelča FM govorne postaje, pri prisotnem FM govornem signalu pa je hitre 38.4kbps paketke slišati povsem enako kot naravne impluzne motnje.

Končni zaključek pa je ta, da se tehnični napredek ne ustvarja samo na daljnem vzhodu, tako kot danes mnogi mislijo, pač pa tudi pri nas doma, z našimi vsakodnevnimi poskusi na radioamaterskih frekvenčnih področjih...