

Tranzistorski mocnostni ojačevalnik za 145MHz

=====

Matjaz Vidmar, YT3MV

1. Uvod

Mocnostni visokofrekvenčni ojačevalniki so bili vedno predmet eksperimentiranja in bahanja radioamaterjev: seveda se imenitno slisi, če sogovorniku povese, da imas zelo veliko moc... V zlati dobi elektronk smo radioamaterji zasloveli po tem, da smo iz elektronk "izmolzli" veliko vecjo moc od tiste, ki jo je zagotavljal proizvajalec. O zivljenski dobi tako uporabljenih elektronk se seveda nihce ni prevec spraseval.

Pri mocnostnih visokofrekvenčnih tranzistorjih so stvari nekoliko drugacne. Predvsem se iz tranzistorja ne da izvleci dosti vecje moci od tiste, ki jo zagotavlja proizvajalec, tudi za zelo kratek cas ne. Izjema so mogoce le tranzistorji, ki so bili namenoma narejeni za impulzno delovanje: ker se ti tranzistorji uporabljajo le v radarskih transponderjih na letalih, so v radioamaterski tehniki skoraj nepoznani.

Med elektronkami in tranzistorji pa je se ena vecja razlika: medtem ko se cisto navadne elektronke iz domacega radioaparata ali televizorja da uporabljati v izhodnih stopnjah oddajnikov vse do 145MHz in celo visje, so za oddajnike potrebni posebni tranzistorji, ki zaradi manjsih proizvodnih serij niso nikoli bili poceni. Koncno je zamenjava slabe elektronke bistveno enostavnejša od zamenjave slabega mocnostnega oddajniskega tranzistorja v vezju.

Tranzistorski mocnostni VF ojačevalniki slovijo med radioamaterji tudi po tem, da so zelo občutljivi na prilagojenost bremena, vcasih pa pride do unicenja dragega izhodnega tranzistorja tudi brez vsakrsnega vidnega razloga. V resnici so zgornje trditve samo delno resnicne: do unicenja izhodnih tranzistorjev v oddajniku pride v glavnem zaradi napake v nacrtovanju izhodne stopnje oddajnika. Take nacrtovalske napake sploh niso redke: na primer, vecina tovarniskih amaterskih postaj ima dalec premajhno hladilno rebro za izhodno stopnjo dane moci!

Seveda obstajajo tudi bolj zahrbtne nacrtovalske napake. Ena najbolj zahrbtnih je ta, da izhodna stopnja zacne samooscilirati na frekvenci dalec proc od delovne frekvence: to ponavadi povzroci trenutno unicenje izhodnega tranzistorja, brez vsakrsnega na zunaj vidnega razloga!

Da take napake prepircimo, bom v tem clanku najprej na hitro opisal teorijo delovanja tranzistorskega mocnostnega ojačevalnika. Kot prakticni primer bom potem opisal izvedbo, izdelavo in umerjanje enostopenjskega mocnostnega ojačevalnika za dvometersko radioamatersko podrocje (145MHz), ki poveca moc 2-3W toki-vokija na 20 do 30W. Taksen ojačevalnik je tudi prakticno uporaben, predvsem za dostop na malo bolj "naglusne" repeterje ali PR digipiterje.

2. Delovanje tranzistorskega močnostnega VF ojačevalnika

Osnovni problem pri načrtovanju tranzistorskih močnostnih visokofrekvenčnih ojačevalnikov je prilagoditev impedanc. Prilagoditev vhodne in izhodne impedance tranzistorja je nujno potrebna, če hočemo hkrati doseči koristno ojačenje in uporabno izhodno moč iz ojačevalnika.

Za razliko od elektronk so vhodne in izhodne impedance oddajnih tranzistorjev izredno nizke, dosti manjše od standardizirane vrednosti 50ohm za koaksialne kable in konektorje. Pri močnostnih VF tranzistorjih z napajanjem 12V so vhodne in izhodne impedance običajno manjše od 1ohm! Pri praktični izvedbi moramo zato upoštevati, da pri majhnih napetostih in velikih tokovih nagajajo v glavnem parazitne induktivnosti vseh vodov, medtem ko je vpliv parazitnih kapacitivnosti zanemarljivo majhen.

Na frekvencah do 30MHz lahko nizke vhodne in izhodne impedance oddajnih izhodnih tranzistorjev prilagodimo na standardizirano vrednost 50ohm s pomočjo transformatorjev. Na frekvencah nad 30MHz je izredno težko izdelati transformatorje z majhno nezazeleno stresano induktivnostjo, zato je za prilagoditev impedanc treba poiskati drugacno rešitev. V ozkem frekvenčnem področju, na primer radioamaterskem 2m področju, se da zadosti dobro prilagoditi impedance z enostavnim rezonančnim vezjem s tuljavo in dvema kondenzatorjema.

Osnovni nacrt taksnega močnostnega VF ojačevalnika je prikazan na sliki 1. Sestavni deli C1, C2 in L1 sestavljajo vezje za prilagoditev vhodne impedance tranzistorja na krmilno stopnjo, sestavni deli C5, C6 in L4 pa vezje za prilagoditev izhodne impedance tranzistorja na breme.

Iz čisto računskih razlogov sta sicer za prilagoditev impedance potrebna le dva sestavna dela v vezju: zaporedna tuljava (L1 ali L4) in vzporedni kondenzator (C2 ali C5). Čemu potem se zaporedni kondenzator (C1 ali C6), razen locitve enosmerne napajalne napetosti? Zaporedni kondenzator je potreben zato, ker je spremenljivi kondenzator lažje izdelati od spremenljive tuljave izredno nizke vrednosti, ki jo zahteva vezje. Za uglasitev vezja pa v vsakem slučaju potrebujemo dva spremenljiva sestavna dela, se pravi dva spremenljiva kondenzatorja (par C1, C2 ali par C5, C6).

Nadalje, brez C1 in C6 bi imeli ostali sestavni deli zelo nerodne vrednosti: veliki kondenzatorji in majhne tuljave ter se večje težave zaradi parazitnih induktivnosti. Končno se s primerno izbiro C1, C2 in L1 ali C5, C6 in L4 da v določenih mejah nastavlja Q-faktor (kvaliteta) vezja za prilagoditev, kar je običajno zazeleno iz drugih razlogov.

In čemu služijo ostali sestavni deli v vezju? Tuljava L2 je visokofrekvenčna dusilka in doloca enosmerno napetost na bazi tranzistorja T1. Ko ojačevalnik deluje, teče skozi L2 enosmerni tok, ki ga usmerja spoj BE tranzistorja T1. L2 mora biti navita na feritnem jedru, da ima za visoke frekvence nizek Q-faktor. Kot L2 se najboljše obnese dusilka VK200 (valjasto feritno jedro s šestimi vzdolžnimi luknjicami, skozi katere pretaknemo zico). Če moramo tu uporabiti zračno

tuljavo (visok Q), je nujno vgraditi zaporedno se primeren upor, da ne pride do samooscilacij: to je pogosta nacrtovalska napaka v tovarniskih postajah, ki lahko povzroci trenutno unicenje izhodnih tranzistorjev!

Dusilka L2 je spojena na maso za mocnostni ojacevalnik v C razredu. Za mocnostni ojacevalnik v B razredu prikljucimo dusilko na ustrezni izvor napetosti za bazo tranzistorja, okoli 0.6V. Ta izvor mora imeti majhno notranjo upornost, s temperaturo pa se mora bazna prednapetost ustrezno spreminjati, da ne unicimo tranzistorja T1. Zato obicajno dobimo bazno prednapetost za B razred delovanja s pomocjo silicijeve diode, ki je privita na isto hladilno telo kot izhodni oddajni tranzistor.

Nalogo kondenzatorja C3 je malo tezje razloziti. Ker dela mocnostni tranzistor v B ali C razredu, se obnaša kot hudo nelinearen sestavni del. Da dosežemo največje ojacenje in izkoristek izhodne stopnje, je treba nelinearne sestavne dele prilagoditi ne samo na osnovni frekvenci, pač pa tudi na vseh visjih harmonskih frekvencah, ki nastanejo v nelinearnih sestavnih delih. Razen prilagoditve na visjih harmonskih frekvencah pomaga C3 tudi pri prilagoditvi na osnovni frekvenci, ce upostevamo parazitno induktivnost baznega prikljucka tranzistorja. Pri tranzistorjih za vecje moci (MRF245 za 2m naprimer) oziroma za 70cm podrocje (MRF644, MRF646 ali MRF648) je kondenzator C3 ze vgrajen v samem ohisju znotraj tranzistorja!

Tudi tuljava L3 je dusilka, in sicer za dovod napajalne napetosti na kolektor tranzistorja T1. Ker tece skozi L3 velik enosmerni tok (vec amperov), tu ne moremo vgraditi feritne dusilke: jedro bi slo v nasicenje. Zato je L3 obicajno zracna dusilka, samooscilacije pa prepregimo z vzporednim uporom R1 (med 100ohm in 1kohm, odvisno od moci in napajalne napetosti). Koncno, C4 je blok kondenzator na napajalnem vodu.

3. Izbira mocnostnega VF tranzistorja

Praden zacnemo nacrtovati mocnostni ojacevalnik, si moramo izbrati ustrezne polprevodnike. Na sliki 2. je prikazan seznam nekaj najbolj znanih mocnostnih tranzistorjev za 2m podrocje proizvajalcev Motorola in Philips. Tudi ostali proizvajalci nudijo podobne izdelke, vendar velja omeniti, da je tovarno TRW ze pred nekaj leti odkupila Motorola, RCA je izgleda opustil proizvodnjo visokofrekvencnih tranzistorjev, NEC in Mitsubishi pa nudita podobne izdelke, do katerih je le tezje priti.

Pri izbiri tranzistorjev velja, da imajo 28V tranzistorji vecje ojacenje in boljsi izkoristek od 12V tranzistorjev, kar ima svoje fizikalne razloge: visje impedance in s tem manjsi vpliv parazitnih induktivnosti ohisja. Ce bi radi uporabili 28V tranzistorje na 12V, se je treba zavedati, da le-ti dajo na 12V le priblizno polovico izhodne moci ob enakem krmiljenju. Glede na majhno ojacenje starejsih tipov tranzistorjev (na primer 2N3375 ali 2N3632) se jih verjetno ne splaca vec uporabljati, se posebno 28V tipov na 12V ne.

Sodobni oddajni izhodni tranzistorji so obicajno garantirani, da zdrzijo neskoncno neprilagoditev na izhodu (kratki stik ali odprte sponke) ob hkratnem 50% prekrmljenju

(50% prevelika krmilna moc) in 16.5V napajanju (prenapolnjen avtomobilski akumulator). Le kako nam potem sploh uspe unicitati takšen tranzistor?

Oddajni tranzistor lahko unucimo na vec nacinov. Zaradi previsoke napetosti lahko unucimo izhodni tranzistor v KV oddajniku. Na UKV se to obicajno ne zgodi, ker so vrednosti sestavnih delov (induktivnosti) povsem drugacne. Oddajni tranzistor lahko unucimo tudi s segrevanjem oziroma s preveliko izgubno mocjo: to se zgodi v vseh tovarniskih amaterskih postajah z daljnega vzhoda, ki imajo dalec premajhno hladilno rebro za dano moc. Ker je pri nas aluminijeva plocevina se vedno dosti cenejsa od tranzistorjev, se tej tezavi z lahkoto izognemo vsaj pri oddajnikih domace izdelave.

Oddajni tranzistor lahko unucimo tudi s prevelikimi tokovi: ce je tranzistor prekrmiljen oziroma izhod neprilagojen. Pri smiselnem rokovanju naj se to ne bi zgodilo? V resnici je problem drugje: oddajniški tranzistorji imajo na delovni frekvenci razmeroma majhno ojacenje, ki se pa zelo hitro veca na nizjih frekvencah. Na delovni frekvenci je ojacenje premajhno in hitro upada z vecanjem moci, tako da je tu tranzistor nemogoce unuciti (garancija proizvajalca!). Na nizjih frekvencah pa je ojacenje zadosti veliko, da zacne tranzistor samooscilirati v nerodno nacrtovanem vezju, in to tako mocno, da preveliki tokovi povzrocijo trenutno unicenje tranzistorja!

Najvec sivih las je povzrocil proizvajalcem takoimenovani pojav "secondary breakdown". Pri tem pojavu gre za to, da se moc ne porazdeli enakomerno po površini tranzistorja. Pri bipolarnih tranzistorjih se stvari slabsajo, ker toplejsi del chipa tranzistorja potegne se vecji tok, vecji tok pa se bolj segreje isto tocko chipa in tako naprej vse do termicnega samounicenia chipa! Pojav prizadene vse mocnostne bipolarne tranzistorje, predvsem pri visjih napetostih delovanja. Proti temu pojavu pomagajo emitorski upori v samem tranzistorju: mocnostni tranzistorji so izdelani v svoji notranjosti kot vzporedna vezava vec deset ali sto majhnih tranzistorjev, vsak izmed njih pa ima svoj emitorski upor, ki zagotavlja enakomerno porazdelitev toka.

Da se temu pojavu izognemo, moramo uporabljati ustrezne tranzistorje za dano moc, napetost in frekvencno podrocje. Predvsem moramo paziti, da oddajniških tranzistorjev ne uporabljamo na nizjih frekvencah, kot je to predvidel proizvajalec! Na nizjih frekvencah se ojacenje tranzistorjev veca, to pa zahteva hkrati vecje emitorske upore v notranjosti tranzistorja, da preprecimo termicno samounicenje. 70cm tranzistorjev zato naj ne bi uporabljali na 2m, pa ceprav imajo ti na 2m mikavno visoko ojacenje. Prav tako ne smemo 2m tranzistorjev uporabljati na KV, kot to pocnejo nekateri konstruktorji transverterjev in ojacevalnikov za 50MHz.

Koncno, oddajniški tranzistor lahko unucimo tudi z nepravilno mehansko ali elektricno vgradnjo: o tem vec kasneje!

4. Elektricni nacrt mocnostnega VF ojacevalnika

Po tej dolgi teoretski razpravi si zdaj pogledjmo, kako bi znanje prakticno izkoristili. Imamo 2m toki-voki, in ta

da na izhodu nekje med 1W in 5W moci, v odvisnosti od napajalne napetosti. Za majhen toki-voki je smiselno privzeti, da je 3W najvisja varna moc, preko katere se bo toki-voki zacel pregrevali. Iz seznama na Sliki 2. vidimo, da lahko s 3W krmiljenja in enim samim sodobnim izhodnim tranzistorjem dosežemo okoli 30W izhodne moci. Najbolj znan tak tranzistor je verjetno MRF238 in stane okoli 45DEM v Nemciji oziroma polovico manj, ce ga narocite naravnost iz ZDA. Priporocam izboljšane verzije istega tranzistorja MRF239 ali MRF240.

Da bomo ojačevalnik lahko enostavno uporabljali skupaj z radijsko postajo, mu je treba dodati se vezja za preklon sprejem/oddaja. Za uporabnika je najbolj enostavno, ce mocnostni ojačevalnik vsebuje vezje, ki se samodejno preklopi, ko gre osnovna postaja na oddajo. Elektricni nacrt taksnega mocnostnega VF ojačevalnika je prikazan na Sliki 3.

Preklon visokofrekvencnih signalov je izveden z dvema miniaturnima relejema tovarne National, vrste RS-12V, v obliki kovinske skatlice dimenzij 9mmx10mmx20mm. Ti releji so polarizirani, zato potrebujejo za delovanje zelo majhen tok (okoli 10mA pri 12V). Ceprav niso izdelani za preklapljanje visokih frekvenc, zdrzijo brez tezav 50W na 435MHz, vnasajo manj kot 0.5dB izgub na 435MHz in so zato cenen nadomestek za drage koaksialne releje. Na 2m lahko sicer uporabimo tudi navadne releje (dva locena releja za vhod in izhod!) ob malo vecji porabi. Seveda izberemo releje s cimkrajšimi kontakti za cimmanjšo parazitno induktivnost.

Ker dela mocnostni tranzistor v C razredu, napajanja ni potrebno preklapljati. Releje krmili detektor z diodo OA90 preko ojačevalnika s tranzistorjem BC237. Za vecje releje je seveda treba uporabiti mocnejši tranzistor BC337 ali BD137. Kondenzator 1000uF doloca casovno konstanto odklopa relejev, ce ojačevalnik uporabljamo za SSB modulacijo. Pri tem velja omeniti, da koleno C razreda delno kompenzira nelinearnost v SSB nacinu delovanja, tako da med ojačevalniki v B ali C razredu ni kaksne bistvene prednosti: oba sta nelinearna! Za delo v PR je smiselno odklopiti 1000uF kondenzator, da je preklon cim hitrejši, pri tem pa je treba dodati povratno diodo preko navitij relejev, da napetostni sunek ne unici tranzistorja BC237.

Dioda 1N5401 naj bi scitila ojačevalnik pred obrnjeno polariteto izvora napajanja.

5. Izdelava mocnostnega VF ojačevalnika

Mocnostni VF ojačevalnik je najbolj pametno vgraditi v taksno ohisje, ki je ze samo po sebi hladilno rebro. Ogrodje VF ojačevalnika zato izdelamo iz 3mm debele aluminijeve plocevine, kot je to prikazano na Sliki 4. Ce uporabimo miniaturne releje RS-12V, potem naj bojo dimenzije ogrodja: dolzina vsaj 10cm, sirina vsaj 6cm in visina vsaj 1.5+3cm. Pri uporabi vecjih relejev oziroma za boljše hlajenje mocnostnega tranzistorja naj bo ogrodje rajši vecje kot manjše!

V ogrodje potem vstavimo ploscico iz enostranskega vitroplasta. Te plscice ne jedkamo, pac pa celotno površino lepo vnaprej pocinimo, izvrtamo luknje za vijake (najmanj osem, boljše vec za boljši stik z maso) in za oddajniški

tranzistor. Ta luknja mora biti zadosti velika, da tranzistor nalega na hladilno rebro z vso svojo kovinsko površino, se pravi mora imeti premer najmanj 12mm!

Zatem pricininimo na ploščico iz vitroplasta oporiska tam, kjer jih potrebujemo. Oporisca izdelamo iz kosa dvostranskega vitroplasta, ki ga prej na obeh straneh dobro pocinimo. Oporisce v obliki kvadratka s stranico okoli 6mm ima kapacitivnost proti masi okoli 1pF, kar je zanemarljivo malo v mocnostnem ojacevalniku. Po drugi strani pa uporaba oporisc namesto tiskanega vezja omogoca dosti manjse parazitne induktivnosti.

Na pripravljena oporiska potem pricininimo sestavne dele, kot je to prikazano na Sliki 5. Kovinska ohisja relejev pricininimo naravnost na maso. Kot zadnji sestavni del vgradimo tranzistor MRF238. Tranzistor MRF238 ima kot vsi drugi VF tranzistorji vijak z ameriskim navojem 8-32 in nanj ne gre nobena evropska matica, zato si je treba ze ob nakupu priskrbeti pravo matico in po možnosti se vzmetno podložko. Pred vgradnjo tranzistorja namazemo vijak s silikonsko mastjo, potem pa matico previdno zategnemo, da ne utrzemo krhkega bakrenega vijaka! Sele nazadnje pricininimo vse stiri izvode tranzistorja, potem ko smo jih primerno skrajsali. Pri tem je treba upostevati vrstni red: ce najprej pricininimo izvode tranzistorja in potem privijemo matico, bo ohisje tranzistorja pocilo in po nasi delavnici bo razneslo izredno strupeni prah berilijeve keramike!

Pred uglasevanjem se ne vgradimo kondenzatorjev C3 (kondenzatorji z baze tranzistorja na maso). Pri vgradnji mocnostnega tranzistorja pa poskrbimo, da sta oba trakca za emitor tranzistorja speljana po cimkrajši poti na maso. Trimerje vgradimo tako, da so dostopni za uglasevanje. Priporocam plasticne folijske trimerje 7.5mm premera (zeleno ohisje = 4-20pF).

6. Umerjanje mocnostnega VF ojacevalnika

Za uglasevanje mocnostnega VF ojacevalnika potrebujemo oddajnik z nastavlljivo izhodno mocjo od 0 do 3W, umetno breme (umetna antena 50ohm), merilnik visokofrekvencne moci in laboratorijski napajalnik za 12V s preverjeno tokovno zascito ter ampermeter.

Pred uglasevanjem nastavimo vse stiri kapacitivne trimerje v srednji polozaj, obe tuljavi L1 in L4 pa razvlecemo na priblizno 7-8mm dolzine. Ojacevalnik prikljucimo iz varnostnih razlogov na napajalnik preko upora, najboljše preko avtomobilske zarnice 12V/45W, izhod ojacevalnika na merilnik moci z bremenom ter vhod na krmilni oddajnik.

Na vhod privedemo okoli 1W moci iz krmilnega oddajnika in z vsemi stirimi trimerji poiscemo maksimum. Ce krmilni oddajnik odklopimo, mora poraba ojacevalnika takoj nazaj na nic, sicer ojacevalnik samooscilira. Z 1W moci na vhodu bi morali dobiti okoli 10W na izhodu. Nato pocasi povecamo krmiljenje na 3W in poskusamo z vsemi stirimi trimerji izvleci maksimalno moc. Na zarnici bo tedaj precejšen padec napetosti: ce ojacevalnik v nobenem slucaju ne zaniha, lahko zarnico izlocimo.

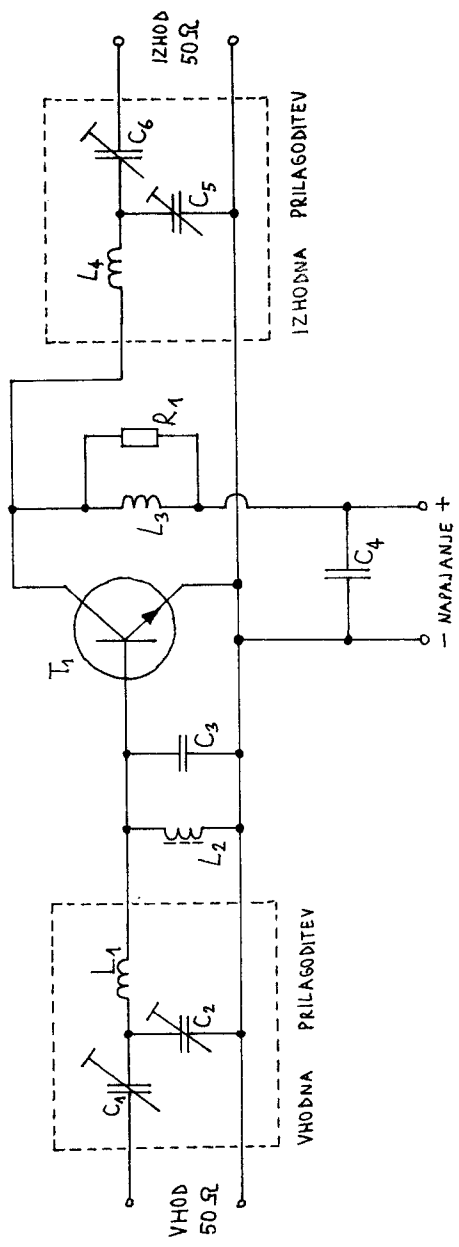
Ce s trimerji ne moremo najti maksimuma, lahko tudi

razvlecemo ali stisnemo tuljave oziroma spremenimo fiksne kapacitivnosti vzporedno s trimerji. S polno napetostjo napajanja 13.6V in 3W krmiljenja bi ojačevalnik zdaj moral dati več kot 25W.

Nazadnje poskusimo se z dodajanjem kondenzatorjev C3. Priporočam dodajanje kondenzatorjev v korakih 33pF ali 47pF. Ti kondenzatorji morajo imeti čim manjšo parazitno induktivnost, zato so tu obvezni keramični disk kondenzatorji, ki jih pricininimo naravnost na trakaste izvode tranzistorja MRF238.

S kondenzatorji C3 bi morali doseči 30W izhodne moči s 3W krmiljenja. Izkoristek pravilno delujočega ojačevalnika znasa več kot 60%, zato bi morala biti celotna poraba pri 13.6V napajanju manjša od 4A. 4A je tudi maksimalni dovoljeni kolektorski tok za tranzistor MRF238. Seveda mora izhodna moc in poraba v trenutku na nič, če odklopimo krmilni oddajnik. To je tudi zadnji preizkus, da nam ojačevalnik ne samooscilira.

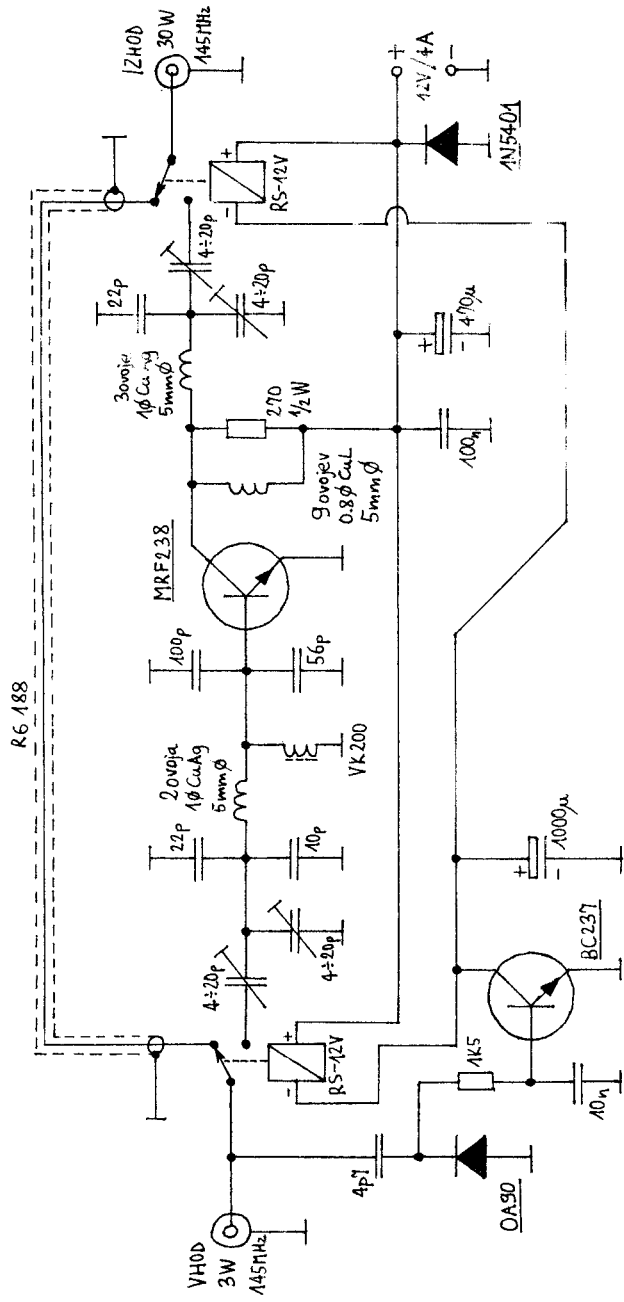
Pozor! Vežja za prilagoditev impedance močnostnih tranzistorjev običajno ne dusijo visjih harmonskih frekvenc za več kot 40dB. To običajno zadosca, sicer je treba na izhodu ojačevalnika dodati se nizkopropustno ali pasovno sito.



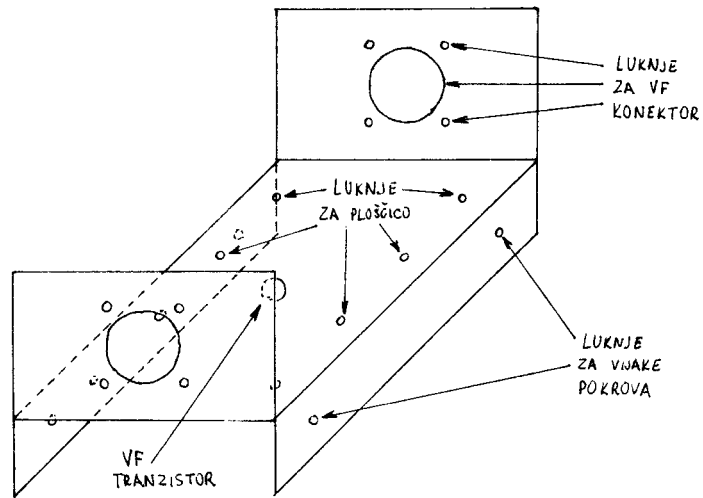
Slika 1. - Osnovni načrt močnostnega VF ojačevalnika.

Oznaka	Izhodna moč	Krmilna moč	Napajanje	Proizvajalec
2N3375	7.5W	1W	28V	Philips
2N3632	15W	3.5W	28V	Philips
2N3926	7W	2W	13.5V	Philips
2N3927	12W	4W	13.5V	Philips
2N5590	10W	2W	13.6V	Motorola
2N5591	25W	6W	13.6V	Motorola
2N5642	20W	2W	28V	Motorola
2N5643	40W	4W	28V	Motorola
2N6081	15W	2W	12.5V	Motorola
MRF221	-"-	-"-	-"-	
2N6082	25W	4W	12.5V	Motorola
MRF222	-"-	-"-	-"-	
2N6083	30W	5W	12.5V	Motorola
MRF223	-"-	-"-	-"-	
2N6084	40W	10W	12.5V	Motorola
MRF224	-"-	-"-	-"-	
MRF212	10W	1W	12.5V	Motorola
MRF215	20W	1.5W	12.5V	Motorola
MRF216	40W	6W	12.5V	Motorola
MRF238	30W	3W	13.6V	Motorola
MRF239	35W	3.5W	13.6V	Motorola
MRF240	40W	4W	13.6V	Motorola
MRF243	60W	7W	13.6V	Motorola
MRF245	80W	8W	13.6V	Motorola
MRF314	30W	1.5W	28V	Motorola
MRF315	45W	3W	28V	Motorola
MRF316	80W	3.5W	28V	Motorola
MRF317	100W	9W	28V	Motorola
BLY87	8W	1W	12.5V	Philips
BLV10	-"-	-"-	-"-	
BLY88	15W	2.7W	12.5V	Philips
BLV11	-"-	-"-	-"-	
BLW29	15W	1.5W	13.5V	Philips
BLY89	25W	6W	13.5V	Philips
BLW87	-"-	-"-	-"-	
BLW31	28W	3W	13.5V	Philips
BLW60	45W	12W	12.5V	Philips
BLW85	-"-	-"-	-"-	
BLY90	50W	16W	12.5V	Philips
BLY91	8W	0.5W	28V	Philips
BLV20	-"-	-"-	-"-	
BLY92	15W	1.5W	28V	Philips
BLV21	-"-	-"-	-"-	
BLY93	25W	3W	28V	Philips
BLW84	-"-	-"-	-"-	
BLX39	45W	8W	28V	Philips
BLW86	-"-	-"-	-"-	
BLY94	50W	10W	28V	Philips
BLW78	100W	25W	28V	Philips

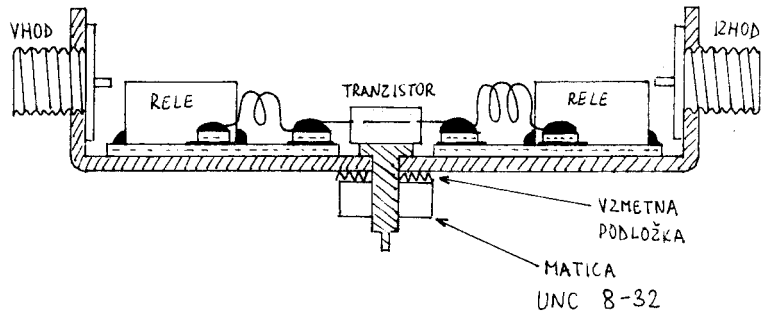
Slika 2. - Seznam nekaj močnostnih tranzistorjev za 2m.



Slika 3. - Načrt 30 W ojačevalnika s preklopom sprejem/oddaja



Slika 4. - Ogradnje VF ojačevalnika.



Slika 5. - Vgradnja sestavnih delov.