

Ir. Menno van der Veen

Savremena High-end Cevna Pojačala zasnovana na torusnom izlaznom transformatoru

12 | Izrada Push-Pull Cevnog Pojačavača: Mrežno napajanje

Ovo poglavlje opisuje napajanja za pojačavače koji su opisani u poglavlju 11. U osnovi, običan standardni koncept je primenjen za ispravljački deo. Razmotrićemo različite aspekte ispravljačkog dela, uključujući bezbednost i standby prekidač.

12.1 | Bezbednost

U ovom delu, zahtevam od Vas potpunu pažnju.

Morate primeniti sva pravila bezbednosti, u svakom trenutku, zato što mrežni napon (230 V ili 120V) sa kojima radimo ovde je *veoma opasan*. Napon grejanja (6.3V) nije opasan, ali negativni napon rešetke (-40V i više) i anodni naponi (preko 330V) jesu *opasni*. Anodni naponi su posebno opasni, mogu biti fatalni u koliko se ne preduzmu odgovarajuće mere predostrožnosti.

Neke od mera predostrožnosti i osnovna pravila bezbednosti su:

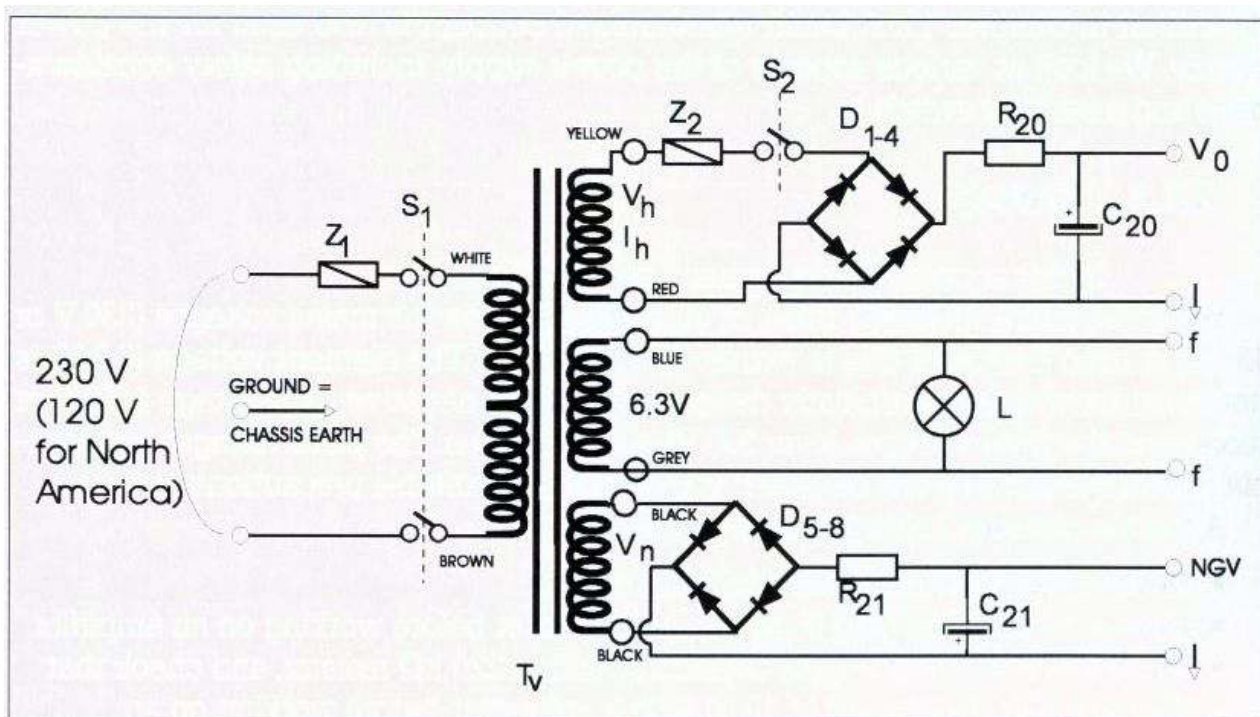
- Nikad nemojte raditi na pojačavaču dok je uključen.
- Uvek izvucite utikač iz mrežne utičnice pre rada na pojačavaču.
- Ispraznite kondenzatore ispravljača sa otpornikom 220 k Ω i proverite voltmetrom da su potpuno prazni (< 10V) pre početka rada na pojačavaču.
- Uvek koristite odgovarajući tip osigurača sa predloženim nazivnim strujama.
- Osigurajte da su provodnici visokog napona dobro izolovani i da su udaljeni od drugih metalnih delova šasije.
- Izolujte ili zaštite od dodira kontakte mrežnog i standby prekidača.
- Uvek pravilno postavite mrežni transformator sa pratećim priborom za montažu (gumeni odstojnici, podloške i vijci).
- Budite sigurni da nijedna oštra metalna stvar ne može da dodirne mrežni transformator

- Koristite LED diodu ili tinjalicu kao indikator kada je pojačavač uključen.
- Nikad nemojte posezati sa obe ruke u pojačalo u isto vreme ako postoji mogućnost prisustva visokog napona. Ako dotaknete komponentu koja je pod visokim naponom, dok se vaša druga ruka 'zadesila' na šasiji pojačala, napon će se isprazniti kroz vaše grudi, što znači kroz vaše srce!

DA LI STE DOVOLJNO UPOZORENI?!

12.2 | Osnovno kolo napajanja

Slika 12.1 opisuje osnovno kolo napajanja. Sva cevna pojačala koriste ovo kolo. Jedina razlika je u mrežnom transformatoru, vrednostima osigurača, naponima i veličini kondenzatora.



Slika 12.1 standardno kolo mrežnog napajanja

Iako je ovo kolo na slici prikazano kao jednostavno, mi i dalje moramo da razmotrimo neke od zanimljivih aspekata i izvesne tačke koje morate imati na umu. Mrežni napon (230V ili 120V) dolazi sa leve strane. Koristi se trožilni kabl, tako da se šasija pojačala može uzemljiti (uz pomoć srednjeg kontakta). U nekim slučajevima kabl uzemljenja može da izazove brum kod pojačala, zato što je i ostala oprema koja je povezana sa pojačalom, često takođe uzemljena. Ovo može da stvori petlju uzemljenja koja formira indukciono polje, ili u kome može da teče mala diferentna struja 50 ili 60 Hz. Ako se javi opisana situacija, možete da otkučite vod uzemljenja, ali iz bezbednosnih razloga ovo nije preporučljivo. Mnogo bolje i sigurnije rešenje je pronaći i otkloniti uzrok petlje uzemljenja.

Osigurač Z_1 štiti pojačalo i transformator. Veličina Z_1 zavisi od transformatora koji je korišćen, ali postoje standardizovane veličine koje su ustanovljene od strane sigurnosnih organizacija i regulatornih tela. Dobra ideja je pratiti ove smernice.

S_1 je mrežni dvopolni prekidač, koji (dis)konektuje oba mrežna voda istovremeno. Ovo osigurava da nema spoja sa mrežom kada je pojačalo isključeno. Takođe poboljšava bezbednost pojačala. Neka pojačala imaju male mrežne prekidače, koji nisu baš pogodni za ovaj zadatak. Mali prekidači ne izoluju dovoljno, i možda ne mogu da izdrže veliku polaznu struju transformatora dugoročno. Preporučujem veliki prekidač, koji može da izdrži veliku struju. Štednja na glavnim prekidačima će uvek kasnije izazivati probleme.

Posle prekidača, mrežni napon dolazi do transformatora. Pogledajte dokumentaciju koja dolazi sa transformatorom radi pravilnog izbora boja izvoda.

Sekundarna strana transformatora se sastoji iz tri dela: namotaj anodnog napona, namotaj grejanja cevi i namotaja negativnog napona rešetke.

Svako pojačalo ima svoje različite zahteve za anodnim naponom i strujom (radićemo sa konkretnim veličinama kasnije). Osigurač Z_2 štiti kolo anodnog napona. Rastopiće se ako

bilo koja od izlaznih cevi neočekivano bude kratko spojena. Zato, nazivna struja Z_2 ne bi trebalo da bude prevelika, jer u suprotnom kratko spojena cev može oštetiti napajanje.

Standby prekidač S_2 je povezan posle Z_2 . Njegova funkcija je toliko bitna da je moramo razmotriti u detaljno.

12.3 | Standby prekidač i redosled uključenja-isključenja

Funkcija standby prekidača je da 'isključi' pojačalo dok je on još uvek 'uključen'. Drugim rečima, S_2 treba da isključi anodni napon dok je grejanje cevi uključeno. Ovo je korisno, zato što cevi mogu da ostanu tople (ili mogu da se zagreju polako). Anodni napon je jedino potreban kada pojačalo treba da se koristi, i jedino tada moramo da zatvorimo S_2 .

Ono što nama treba, je standardna procedura za uključivanje i isključivanje pojačala. Da bi uključili pojačalo, prvo treba da počnemo sa zatvaranjem S_1 dok S_2 ostaje otvoren. Onda treba da sačekamo nekoliko minuta dok se katode cevi ne ugrelu. Šema kola pokazuje da je negativni napon rešetke NGV uvek uključen, tako da će emisija izlaznih cevi u ovoj situaciji biti nula. Sad možemo da zatvorimo S_2 . Anodni napon će se pojaviti, i cevi će se zagrejati još više zbog anodne struje. Temperatura cevi će se stabilizovati posle nekoliko minuta, kao i zvučna slika.

Za isključenje pojačala, mora se pratiti ista procedura ali u obrnutom redu. Prvo otvorimo S_2 , koji isključi anodni napon. C_{20} je i dalje pod naponom, tako da ako ostavimo grejanje neko vreme, cevi su još uvek u funkciji, i one će isprazniti C_{20} . Ovo je poželjna situacija, koja je takođe korisna ako treba da se odrade popravke. U svakom slučaju, C_{20} će biti skroz ispražnjen; neće čak ostati ni zaostalo punjenje. Nakon nekoliko minuta, S_1 možemo isključiti. Ovo nije neophodno, posebno ako će se pojačalo koristiti opet u toku dana. U stvari, zašto ne ostaviti grejanje uključeno sve vreme?

12.4 | Kolo napajanja nastavak: šta mislite, da li bruji?

Punotalasni mosni ispravljač dolazi iza standby prekidača. Koristi 1N4007 diode, koje imaju odličnu maksimalnu struju i invertnu naponsku karakteristiku.

Invertni napon (u neprovodljivom smeru) može biti dovoljno visok da probije diodu sa manjim maksimalnim invertnim naponom. Ovo se neće dogoditi sa 1N4007 diodama. Neki ljudi više vole soft-recovery diode, i ja izbor ostavljam vama.

Sledeća komponenta je otpornik R_{20} (10Ω) koji ograničava maksimalnu struju talasanja kondenzatora C_{20} . Koristite snažan 5 watni otpornik i proverite da može dobro da rasipa svoju toplotu.

Sledeći u nizu je C_{20} . Ovo je skuplji deo, zato što mora da bude sposoban da izdrži visok napon a takođe mora da ima veliki kapacitet. Postoji puno mogućih načina da se postigne ovo. Za više informacija pogledajte tabelu 12.1.

Sada predpostavimo da ste u eksperimentalnoj fazi i da još uvek niste postavili cevi, ali testiramo napajanje. Kondenzator C_{20} će biti skroz napunjen i neće moći da se sam isprazni. U ovoj situaciji savetuje se da se poveže 220 k Ω , 1 W otpornik paralelno sa C_{20} . On će automatski isprazniti kondenzator kada je mrežni napon isključen. Pražnjenje C_{20} će potrajati nekoliko minuta, posle čega možete nastaviti vaš eksperiment.

Neki ljudi su fascinirani varničenjem i jednostavno kratkospajaju kondenzator C_{20} sa parčetom žice. Svestan sam zadovoljstva koje obezbeđuje ova pojava, ali predlažem da ne radite to. Grudvice metala rasute svuda, pregorele žice i znatno umanjen radni vek kondenzatora su neprijatne posledice 'brzog' pražnjenja kondenzatora.

Nulti kraj anodnog napona bi trebalo da se poveže sa tačkom uzemljenja katodnih otpornika izlaznih cevi. Nije preporučljivo praviti nekoliko različitih tačaka uzemljenja, raspoređenih po šasiji pojačala, jer će struja napajanja tada teći kroz šasiju. Ovo će uvek izazivati iritirajući brum. Mnogo je bolje koristiti ne više od dve zvezdaste tačke uzemljenja.

Jedna tačka uzemljenja bi trebalo da se koristi za katodne otpornike izlaznih cevi a zemlja anodnog napajanja bi trebalo da se poveže sa ovom tačkom (kao i NGV zemlja, kako je pokazano na dnu šeme). Takođe možete imati i drugu zvezdastu tačku uzemljenja za obrtač faze, kako je objašnjeno u Poglavlju 10. Ako sastavite pojačalo na ovaj način i držite konektor ulaznog signala *izolovanog* od uzemljenja, vrlo je verovatno da će vaše pojačalo biti oslobođeno bruma.

Ako pojačalo i dalje bruji, veoma je moguće da anodne struje izlaznih cevi nisu jednake. Ovo možete da ispravite finim podešavanjem NGV trimer potenciometra. Ako su anodne struje jednake a pojačalo i dalje ima brum, neophodno je da se odradi temeljan pregled. Ako posle svega ovoga pojačalo i dalje ima brum, verovatno ste negde u konstrukciji napravili grešku. Potpuno je besmisleno pričati da cevna pojačala uvek bruje. Najviše što bi trebalo da očekujete je mala količina bruma kada se pojačalo uključuje, zato što cevima treba malo vremena da uspostave svoje predviđene radne tačke. Posle ovoga, sve bi trebalo da bude tiho. Uporno brujanje je znak nepravilno podešene radne tačke (bias), petlje uzemljenja ili neuparenih izlaznih cevi.

12.5 | Napajanje grejanja, NGV napajanje i indikatori

Debele žice nose 6.3 V potrebne za grejanje. Ove žice moraju da budu debele, zato što grejanje traži puno struje. Na primer, svaka EL34 (6CA7) treba 1.5 A, EL84 (6BQ5) traži 0.76 A, a predpojačalo i cevi obrtača faze (ECC81/12AT7 ili ECC82/12AU7) traže 0.3 A. Sada treba da izbrojimo cevi u pojačalu i izračunamo ukupnu struju koja nam je potrebna – na primer, osam EL34 u triodnom modu plus jedna ECC82 znači $(8 \times 1.5 + 1 \times 0.3) = 12.3$ A.

O tački uzemljenja za grejanje smo razmatrali u Poglavlju 10. Trebalo bi da se nalazi do obrtača faze. Veoma dobra metoda za razvođenje napona grejanja kroz pojačalo je da se napojne žice upredu. Naizmenično magnetno polje indukovano u ovim žicama će se poništiti međusobno, zato što su struje koje se kreću u suprotnom smeru. Ako se žice nalaze daleko jedna od druge, poništavanje više nema efekta.

Da bi znali da je pojačalo uključeno, moramo da postavimo i indikacionu lampu. LED sa rednim otpornikom se često koristi u ovu svrhu, povezana na napajanje grejanja od 6.3V. Ipak, ovo nije preporučljivo, zato što naizmenični napon uključuje i isključuje LED diodu 50 ili 60 puta u sekundi. Ovo stvara impuls smetnje koji se širi kroz celo pojačalo i čak može da pogorša izlazni signal. Mnogo je bolje koristiti sijalicu sa žarnom niti (6V ili 12V). 12 voltna sijalica stvara taman dovoljnu količinu svetlosti, i imaće jako veliki životni vek, pošto funkcioniše mnogo ispod svog nazivnog napona.

Konačno, dolazimo do kola za NGV napajanje. Diode D_5 – D_8 ispravljaju naizmenični napon, i R_{21} sa C_{21} pegla i filtrira DC napon. Njihove vrednosti su date u tabeli 12.1. Napon rešetki je negativan, zato budite oprezni kada postavljate kondenzator C_{21} . Njegov pozitivni vod je dole na šematskom dijagramu. NGV mora biti uzemljen, povezan sa zvezdastom tačkom uzemljenja korišćenu za uzemljenje katoda izlaznih cevi. Ovo je jedini način da se izbegnu petlje bruma i neželjeni napon talasanja.

12.6 | Kratak pregled specifikacija napajanja

Kratak pregled parametra napajanja za pojačala možete naći u Tabeli 12.1. Sadrži primarne i sekundarne AC napone, struje, napone napajanja posle ispravljanja, vrednosti osigurača, šifre mrežnih transformatora i vrednosti C_{20} i C_{21} .

Napominjem da su napajanja koja su predstavljena ovde namenjena samo za *monoblok* module, zato što će se bolji kvalitet zvuka dobiti ako se za svaki kanal koristi odvojeno napajanje. Dva kompletna napajanja (dva mrežna transformatora i dva puta ostatak kola) moraju biti korišćena za stereo pojačalo. Istraživanje je dokazalo da je ovo najbolje rešenje.

12.7 | Pregled i zaključak

Opisali smo široku listu bezbednosnih upozorenja u vezi prisutnosti visokog napona u cevnim pojačalima. Objasnili smo i šta morate uzeti u obzir, čak i kada je pojačalo isključeno. Opisali smo proceduru za uključivanje i isključivanje pojačala i objasnili zašto je standby prekidač poželjan. Razmotrili smo i standardno napajanje kola. Tabela 12.1 predstavlja listu relevantnih informacija za napajanje koje su pogodne za cevna pojačala opisana u Poglavlju 11.

Amplifier	10 W	30 W	70 W	100 W	80 W triode	
Transformer	3N604	4N605	6N606	7N707	8N608S	
Primary						
Voltage	230/120	230/120	230/120	230/120	230/120	V
Fuse ⁽¹⁾ Z_1	0.4/0.8	0.63/1.2	1/2	1.6/3.2	2.5/5 ⁽²⁾	A
Plate supply secondary						
AC voltage V_h	250	290	290	340	340	V
AC current I_h	200	250	600	700	800	mA
Fuse ⁽¹⁾ Z_2	200	250	630	800	800	mA
D_1 – D_4 : 1N4007 (4 x)						
R_{20} : 10 Ω , 5 W						
C_{20}	2 x 47	4 x 47	4 x 47	4 x 47	8 x 47	μ F
	380	450	450	500	500	V
DC voltage V_0	330	380	380	450	450	V
Quiescent current I_0	100	120	240	200	400	mA
Filament supply secondary						
Voltage	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	V
Current	2.2	3.8	6.8	6.8	2 x 6.4	A
NGV secondary						
AC voltage V_n	30	40	40	40	50	V
AC current	100	100	100	100	100	mA
D_5 – D_8 : 1N4002 (4 x)						
C_{21}	220	220	220	220	220	μ F
	63	63	100	100	100	V
R_{21} : 10 k Ω , 1 W or 4 k Ω , 1 W (see Chapter 14)						
1) The primary and secondary fuses are slow-blow types.						
2) An additional resistor is needed ahead of the switch for the 80 watt triode amplifier, to provide an extra delay when the power supply is switched on.						

Slika 12.1 Specifikacija mrežnih napajanja za pojačavače iz Poglavlja 11.