

## *Savremena High-end Cevna Pojačala zasnovana na torusnom izlaznom transformatoru*

### 20 | VDV – 6AS7 (Mauric)

Retka je stvar da pojačalo ima lično ime, obično ima samo šifru proizvođača. Ovo pojačalo ponosno nosi jedno ime iz razloga opisanih ispod. 6AS7 cev se obično koristi kao ispravljačka trioda u mrežnom delu – verovatno ne vaš prvi izbor za audio primenu. Kako će zvučati? Ipak, to je prava trioda, ne pentoda koja oponaša triodu. Hoće li biti teško pokrenuti je ili podesiti prednapon? Ovo poglavlje odgovara na sva pitanja.

#### 20.1 | Kako je nastalo

Većina audio projekata koji dolaze iz VDV laboratorije su namenski, ili dolaze kao odgovor na tržišne trendove. Ovde, to nije slučaj – ovo je bio u-dubini pionirska inicijativa, čisto radi zabave. Posle kovanja po mojim policama, imao sam nekoliko cevi, nekoliko transformatora i neiskorišćenih šasija koji su ležali na mom stolu. Projektovanje i pravljenje – uključujući samo lemljenje komponenti, bez štampane ploče – je trajalo celu nedelju dana. Onda je naišao dugačak proces finog podešavanja, u kom je konačan rezultat polako poprimao oblik. Tokom ovog perioda prvi kolega se razboleo, i ja sam mu pričao o napretku za vreme poseta. Ne samo da je skrenuo misli sa svoje bolesti, već je njegova žudnja da čuje za napredak uređaja bila dobar razlog za ubrzani oporavak i ozdravio je! Iz tog razloga pojačalo nosi njegovo ime.

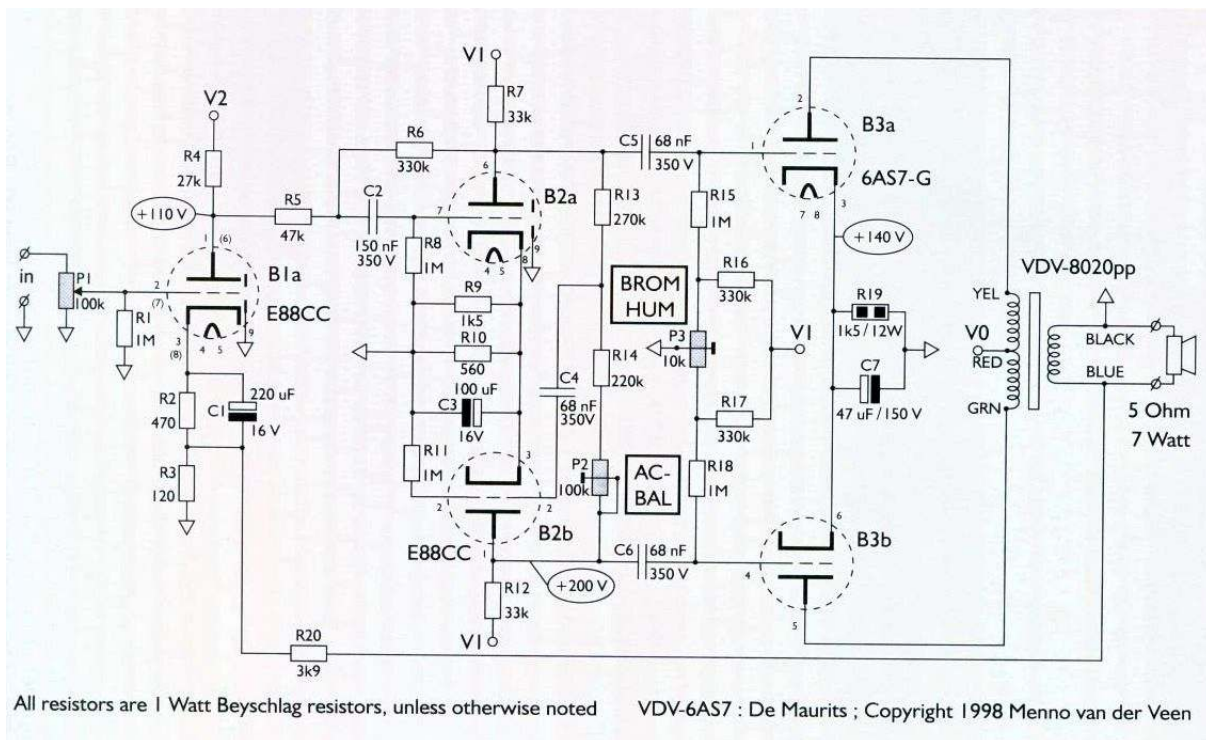
#### 20.2 | Audio kolo

Slika 20.1 pokazuje šemu kola pojačala. Ovo je samo levi kanal. Stereo pojačalo koristi tri dvojne triode za pobudu, plus jedna 6AS7 izlazna cev po kanalu, ukupno 5 cevi. 6AS7 je velika, snažna cev, nešto slično kao 300B. Na prvi pogled, pojačalo liči na S.E. (singl-ended), ali boljom analizom otkriva duplu strukturu unutar cevi 6AS7, tako da je to u stvari, balansno pojačalo. Očekujem da će mu izlazna snaga biti oko 7 W po kanalu, tako da su preporučljivi efikasni zvučnici – najmanje 90dB/W-m.

Za pobudu i obrtač faze izabrao sam E88CC. Ova cev je 'jaka' dupla trioda sa niskim unutrašnjim otporom, koja dopušta visoki izlazni napon rešetke – sve veoma poželjno za ovu svrhu. Prva faza koristi jednu cev, čije se dve triode koriste kao predpojačalo za oba kanala;  $B_{1a}$  levi i  $B_{1b}$  desni. Ovo je standardna triodna faza, u kojoj je katodni otpornik premošten sa  $C_1$ . To za posledicu ima: visok faktor pojačanja i niski unutrašnji otpor. Vrednosti  $C_1$ ,  $C_2$  su veoma povezane. Spojna tačka donje vrednosti otpornika  $R_3$  i  $R_2-C_1$  u paralelnoj vezi služi kao ulazna tačka za negativnu povratnu spregu preko  $R_{20}$ . Napomena je da  $R_3$  nije umanjen.

Mreža oko obrtača faze je relativno složena. Kondenzator  $C_2$  prenosi pojačan signal na rešetku cevi  $B_{2a}$ , čija je katoda premošćena sa vrednošću  $C_3$ . Posle pojačanja, signal se prenosi preko  $R_{13}$  i  $C_4$  do rešetke cevi  $B_{2b}$ . Otpornici  $R_{13}$  i  $R_{14}$  i trimer potencijometar  $P_2$  se koriste da bi uporedili signal na anodi cevi  $B_{2b}$  sa signalom kod anode cevi  $B_{2a}$ . Obrtač faze može biti tačno izbalansiran podešavanjem  $P_2$ . Kada se pravilno podesi, obe polovine 6AS7

primaju identične signale – u suprotnoj fazi, naravno – uz minimizovanje harmonijskih izobličenja.



Slika 20.1 Šema jednog audio kanala pojačavača sa cevi 6AS7

$P_2$  je označen kao ‘AC-BAL’ koji sam sebe objašnjava. Podešavanje je najbolje izvesti korišćenjem analizatora izobličenja. Dovedite 1kHz sinusni signal na ulaz i podesite izlaznu snagu na 5 Wati, pri opterećenju 5 $\Omega$ . Zatim podesite  $P_2$  na minimalno izobličenje na izlazu. 100 Hz pravougaoni test signal može da služi kao alternativna metoda. Pogledajte poglavlje 16.

Više se stvari odvija u obrtaču faze. Struja rešetke će teći u izlaznim cevima kada su one pobuđene preko određenog napona, praveći dodatno opterećenje pobudi. Ako fazni rezedelnik ima visoku izlaznu otpornost, to će dovesti do ‘kolapsa’ njegovog izlaznog signala i ako dođe do bilo kakve asimetrije u pobudnom signalu, to će izazvati prilično veliko izobličenje.

Ako izostavimo  $R_5$  i  $R_6$  iz kola, izlazna impedansa  $B_{2a}$  će biti oko 4k $\Omega$ , dok će impedansa  $B_{2b}$  biti samo 200 $\Omega$ . Problem leži tačno tu sa takvim odstupanjem (više od reda veličine), obzirom da je pozitivni signal više podložan kolapsu nego negativni, ostavljajući  $B_{2b}$  u dominantnoj poziciji.

Postoje dva laka načina da snizite izlaznu impedansu gornje triode. Prvi način je vidljiv na šemi. Povratna sprega se dovodi do cevi  $B_{2a}$  preko otpornika  $R_5$  i  $R_6$ , spuštajući izlaznu impedansu do 800 $\Omega$ . Još uvek postoji razlika između dve polovine, ali je dramatično umanjena, stoga bi obrtač faze trebao da funkcioniše bez greške pod normalnim okolnostima.

Drugo rešenje, koje nije prikazano, jeste da se doda katodni pojačavač posle  $B_{2a}$ . To zahteva drugu polovinu dvojne triode, pa će stereo pojačalu biti potrebna još jedna dodatna cev E88CC. Svaka trioda se postavlja kako sledi: rešetka je povezana na spoj anode cevi  $B_{2a}$  i  $R_7$ , anoda je povezana direktno za napajanje  $V_1$ , i katoda je povezana na spoj  $C_5$  i  $R_{13}$ , koji se grana na dodatni 33 k $\Omega$  otpornik koji je povezan na uzemljenje. Otpornici  $R_5$  i  $R_6$  su izbačeni, naravno, sa ranije pomenutim i zamenjeni direktnom vezom – kratkospojnikom – između  $C_2$  i anode cevi  $B_{1a}$ . Konačno,  $R_{22}$  u kolu napajanja se mora promeniti na 1k $\Omega$ , 2W. Ova promena rezultira većom osetljivošću ulaznog signala, što može biti korisno za pojačanje signala nižeg nivoa, kao što su oni kod starijih tjunera i magnetofona. Kolo prikazano na slici 20.1 je na poglavlje 16 gde je razmatrana veza između kontrole jačine zvuka i ulazne osetljivosti.

Sada prelazimo na izlazne cevi. Kolo sa zajedničkim katodnim otpornikom pokazaće se kao omiljeni tokom testova slušanja. Kondenzator C7 provodi naizmenični napon na otporniku  $R_{19}$ , koji disipira 12-14W. Kada sam testirao nekoliko 6AS7 cevi, postalo je jasno da nijedna od polovina trioda nisu potpuno jednake. Zbog toga će uvek postojati razlika mirnih struja, što će za rezultat imati šum. Da bi ih izjednačio, dodao sam mrežu oko trimer potencijometra  $P_3$ . Deo napona napajanja napaja rešetke preko dva otpornika  $R_{15}$  i  $R_{18}$ . Okretanje  $P_3$  na bilo koju stranu u odnosu na njegovu centralnu poziciju istovremeno dovodi do povećanja napona mreže na jednoj strani i do smanjenja na drugoj strani. Na ovaj način, struja mirovanja, dva dela trioda može biti identična, i tako se može eliminisati šum. Ovo podešavanje je jednostavno – bez ulaznog signala, približite vaše uvo zvučniku dok okrećete  $P_3$ . Na određenoj tački nivo šuma će se smanjiti i u većini slučajeva postaće nečujan. **Obratite pažnju!** Potencijometar  $P_3$  mora biti **savršenog** kvaliteta. Ako se ikad bude pokvario, sav napon napajanja će udariti na rešetku cevi 6AS7, izazvajući trenutno pregorevanje cevi. Zato nemojte štedeti na kvalitetu potencijometra : potencijometri-mudrost, cevi-nepromišljenost, može se reći. U radu, efektivni napon na katodnom otporniku  $R_{19}$  je oko 140V. Ovaj napon stvara struju od  $(140:1500) = 93.3$  mA koja teče kroz otpornik. Ova struja je podeljena podjednako između dve polovine cevi, stoga je mirna struja svake triode 47mA. Sa naponom napajanja od 385V, javlja se pad napona kroz cev od 245V. Ovo je na samoj granici obzirom da je maksimalna dozvoljena vrednost  $V_{ak}$  250V za cevi 6AS7. Snaga disipacije cevi iznosi  $(245 \cdot 0.0047) = 11.4$ W, dok je maksimalna dozvoljena snaga disipacije na anodi za 6AS7 13W – prilično široka margina.

Sada ćemo oceniti efikasnost. Iz poslednjeg paragrafa, saznajemo da je totalna disipacija cevi  $(2 \cdot 11.4) = 22.8$ W, dok je izlazna snaga 7W, ostvaren stepen iskorišćenja od 31%. Ovaj neprijatan podatak je nažalost veoma bitan za kolo. Rešetka-ka-anodi faktor pojačanja cevi 6AS7 u ovoj konfiguraciji ima stepen iskorišćenosti 1,3. Date karakteristike izlaznog transformatora, čija je primarna impedansa  $8k\Omega$ , 7W, odgovara primarnom naponu od 335  $V_{pp}$ . Svaka trioda koristi polovinu ovog napona, a to je 167V. Obrtač faze mora da isporuči  $(167 \div 1.3) = 129$ V, pri čemu je faktor pojačanja 1,3. Ali, nemojte se preterano radovati, zato što je ovo *samo pola* od maksimalnog napona ( $V_{pp}$ ); potpuni izlazni napon obrtača faze mora biti  $(2 \cdot 129) = 258$   $V_{pp}$ . Ovo nas dovodi do uskog grla u kolu: postojeća konfiguracija jednostavno ne može da proizvede ovaj izlazni napon uz njegovo opterećenje, usled struja rešetki izlaznih trioda. Da smo izabrali alternativno kolo sa dodatnom katodnim pojačavačem, tada bi  $B_{2a}$  mogao da isporuči viši izlazni napon, a izlazna snaga bi mogla da bude i preko 10W. U svakom slučaju, da bi sačuvali jednostavnost konstrukcije i jedinstvenost zvuka koji daje, izabrao sam da kvalitet bude važniji od kvantiteta. Obrtač faze je ograničavajući faktor u ovom pojačalu, a ne snaga cevi; ne možemo nikada da iskoristimo njihovu maksimalnu snagu.

Sada ću bukvalno zatvoriti petlju – sa jednim spoljnim otpornikom u povratnoj sprezi. Očigledno, kao što je pokazao test slušanja, ovo kolo ima koristi od male vrednosti negativne povratne sprege preko  $R_{20}$ . Izgleda da ova sitnica daje završni rez; to donosi više detalja, bez 'raspada' ukupne slike zvuka – za razliku od onog što se dešava ako se otpornost  $R_{20}$  previše smanji. Slobodni ste da izmenite vrednost otpornika  $R_{20}$  ili da je uopšte ne dirate – vaše uši će vam reći šta da radite.

## 20.3 | Neki detalji napajanja

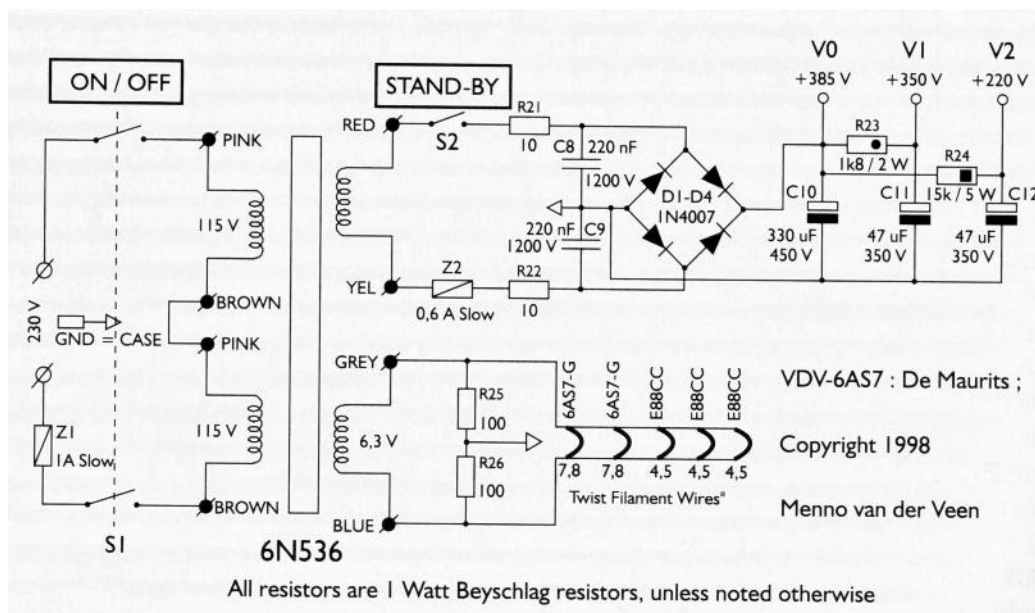
Postoje neke interesantne 'osobnosti' na šematskom prikazu napajanja, prikazanog na Slici 20.2 i one zaslužuju pojašnjenje.

Polazeći sa glavne strane, vidimo osigurač  $Z_1$  i glavni prekidač – DPST, čisto radi sigurnosti. Mrežno uzemljenje mora biti povezano sa metalnom šasijom - uobičajeni postupak. 6N536 torusni mrežni transformator ima dva primarna i dva sekundarna namotaja. Primarni namotaji mogu biti povezani paralelno ili redno, zavisno od dostupnosti mrežnog napona. Vrednost osigurača i redna veza, prikazani na šemi odgovaraju nominalnom naponu

od 230V. Izvodi dva sekundarna namotaja – visokonaponskog i namotaja grejanja, su crveno/žuto i plavo/sivo obojeni.

Sva grejanja su povezana paralelno na 6.3V. Otpornici  $R_{25}$  i  $R_{26}$  eliminišu šum tako što povezuju izvode grejanja sa uzemljenjem; oni funkcionišu kao 'središnji izvod'. U najgorem slučaju ako je šum i dalje primetan – mada konstrukcija nije naročito sklona zujanju – mogu biti zamenjeni jednim 1k $\Omega$  trimer potencijometrom, čiji je klizač povezan sa uzemljenjem. Ako se izvodi grejanja nalaze blizu kućišta i daleko su od osetljivih delova kola ( $B_1$  i  $B_2$ ), oklopljavanje nije neophodno; dovoljno će biti samo uvijanje žica. Pogledati uputstvo za konstrukciju u Poglavlju 13.

Sada je na redu zanimljiv deo, visoki napon napajanja. Izgleda prilično lako napraviti – ispravljač, filter kondenzator i redni otpornici  $R_{23}$  i  $R_{24}$ , sa osiguračem  $Z_2$  i standby prekidačem – ali šta je sa otpornicima  $R_{21}$  i  $R_{22}$  i kondenzatorima  $C_8$  i  $C_9$ ? Mrežni transformator ima veliki propusni opseg i propustiće široku gamu signala sa dodatkom željenih 50-60 Hz mrežnog napona. Parazitni signali ulaze kroz dve odvojene putanje. Preovladavajući put je kapacitivna veza između primara i sekundara, koja proizvodi glavni izvor šuma. Ovo se može izbeći statičkim oklopom unutar transformatora, ili mrežom koja se sastoji od  $R_{21}$ ,  $R_{22}$ ,  $C_8$  i  $C_9$ . Drugi tip smetnje, diferencijalni šum, se javlja zbog preširokog frekventnog odziva mrežnog transformatora. Ovaj tip smetnje se javlja između crvenog i žutog izvoda u sekundaru.



Slika 20.2 Mrežni deo pojačavača sa cevi 6AS7

Mrežni filter će se takođe pozabaviti ovim. Transformator se može okriviti za mnogo toga, ali ne i za sve; postoji i treći izvor smetnji a to je Grecov spoj  $D_1 - D_4$ . Oobzirom da ove diode rade kao brzi prekidači, one stvaraju oštre tranzijente prilikom prolaska kroz nulu. Oni su prigušeni sa  $C_8$ ,  $C_9$  i  $C_{10}$ .

U zaključku, naše malo skromno kolo koje radi kao visoko-efektivni prigušivač smetnji. Poglavlje 16 pokazuje preliminarnu verziju ove mreže, korišćenu u UL40-S, koja se sastoji od jednog 10 $\Omega$ , 5W otpornika. Ovde, dalje doterivanje je ostvareno u obliku  $C_8$  i  $C_9$ .

Dobro je poznato da ispravljačka vakum dioda, kao na primer GZ34, zvuči mnogo bolje nego njegov solid state parnjak. Postoje dva razloga za ovo: prvi, relativno veliki unutrašnji otpor cevi koji ima efekat sličan otpornicima  $R_{21}$  i  $R_{22}$ . Drugi, lagano uključivanje vakumske diode nije sklono stvaranju tranzijenata. Mreža koja se sastoji od  $R_{21}$ ,  $R_{22}$ ,  $C_8$  i  $C_9$  daje sve od sebe da oponaša cevni ispravljač. Blag zvuk ovog pojačala prikazuje koliko dobro oni rade svoj posao.



## 12.4 | Subjektivna podešavanja

Kao što je već pomenuto, ovo pojačalo je osmišljeno za manje od nedelju dana. Slušanje prve verzije nije baš bilo iskustvo koja ostavlja bez daha; dovoljno je da kažemo da je pojačalo radilo, ništa više. Mesecima kasnije, pravio sam jedno po jedno poboljšanje dok nisam dobio odličnu završnu verziju. Šta sam uradio da bih stigao dotle?

Prvo, dodavanje  $R_5$  i  $R_6$  se pokazalo od izuzetnog značaja. Bez ovih otpornika, reprodukcija postaje nekvalitetna na većoj izlaznoj snazi. Njihovo prisustvo skoro da eliminiše izobličenje, koje opada daleko ispod 0.7% običnog sinusnog generatora, pa efekat podešavanja  $P_2$  postaje veoma primetan.

Kolo za eliminaciju šuma oko  $P_3$  je drugi bitni dodatak osnovnom kolu. Efikasno sprečava šum i još važnije, tačno balansira izlazne triode i drastično poboljšava ponašanje izlaznog transformatora. Ne samo da vlada tišina već i zvuk postaje lak.

Sledeći bitan korak bilo je uvođenje mrežnog filtera za ispravljač ( $R_{21}$ ,  $R_{22}$ ,  $C_8$  i  $C_9$ ). Ovo je izgladilo i poslednju oštrinu zvučne slike.

Posle svega, probao sam razne pobudne cevi. Od velikog je značaja da se prava cev nalazi na pravom mestu. Sovtekova 6922 je odlična kao obrtač faze, dok Svetlana 6N1P daje sjajno predpojačanje. Obračanje pažnje na izbor pobudnih cevi je proizvelo bolju reprodukciju sa detaljima i više 'atmosfera'. Ovo može biti lako ilustrovano CD-om 'Amused to Death' Rodžera Wotersa (koji sam ja toliko puta preslušao zbog testiranja, da bi ga verovatno trebalo preimenovati u 'Played to Death'). Na numeri br.13-mogu se čuti deca koja se igraju na levoj strani zvučne scene. Sa ispravnim odabirom cevi, ne samo da je glas dece jasniji, potpuno je jasno da je nivo snimanja smanjen blizu kraja ovog kratkog pasaža. Možete čuti glasove i nečujni ambijent. Pravi je doživljaj biti u mogućnosti da čujete ovo! Ovo su zvučni detalji kojih ste svesni u dubokom zanosu slušanja kojih normalno niste ni svesni.

Sledeći na listi su vezni kondenzatori ( $C_2$ ,  $C_5$  i  $C_6$ ). Prvo sam koristio general-purpose kondenzatore, ali sam ih ubrzo zamenio žutim HQ Philips kondenzatorima. Ovi kondenzatori se verovatno ne nalaze više u prodaji, što je šteta, zato što su oni bezgrešno dodavali dosta malih detalja. Preporučujem da probate bilo koji tip koji vam se dopadne, ali se držite preporučene vrednosti od 150nF i 68nF, i ništa drugo. Drugačije vrednosti bi mogle momentalno da poremete 6AS7 triode za vreme paljenja uređaja što može izazvati njihovo pregorevanje. Sklone su ovome, ali ukoliko se ponašate potpuno u skladu sa preporukom, trebalo bi da bude u redu.

Poslednji parametar koji sam ja 'proučio' do kraja je vrednost povratne sprege. Zvučna slika može biti pomerena u svakom smeru od promenljive vrednosti negativne povratne sprege, od mrtvila kroz oživljavanja do potpuno blistavog zvuka. Smatram da je 3k $\Omega$  za  $R_{20}$  najbolji, ali uvek možete da eksperimentišete pa da odlučite sami.

Ostalo je još samo jedno pitanje: kako se može porediti pravo triodno balansno pojačalo sa ultralinearim/pentodnim ili pentodnim/triodnim pojačalom? Dakle, postoji razlika, možemo biti sigurni. Razlike su slične razlikama između različitih modela 'promenljivih' pojačala. Prave triode prednjače u predstavljanju čistog i direktnog prikaza zvuka sa dosta atmosfere i postojanosti. Ovo pojačalo ovladava svim ovim, ali i takođe UL40-S sa KT66 u triodnom modu. Teško je reći da li su prave triode uvek bolje po kvalitetu od pentoda koje rade kao triode. Neki tvrde da je ovo istina i ja podržavam njihovo mišljenje. U svakom slučaju, ovo 6AS7 pojačalo je u mogućnosti da proizvede zapanjujuće snažan prikaz zvuka, koji će totalno zaseniti bilo kakav argument u vezi sa relativnim prednostima trioda i pentoda.

Uzged, ako tražite premeravanja i ostala tehnička sujeverja u ovom poglavlju, nalazite se na pogrešnom mestu! Očigledno, veliki broj merenja je napravljen za vreme ovog projekta, ali ne želim da vam dosađujem detaljima. Ovde je naglasak na eksperimentisanju i modifikaciji – samo treba imati petlju da se proba nešto drugačije – slušanje, i najviše od svega, uživanje. Srećno sa vašom verzijom!