

# Een eindversterker met 18 watt-penthode voor ieder radiotoestel

door Ir. J. L. LEISTRA

In het onderstaande zal een versterker worden beschreven, die achter ieder gewoon radiotoestel met een kleine eindlamp, penthode of triode, kan worden gebruikt. Deze afzonderlijke eindtrap kan eventueel met een grooten luidspreker tezamen in één kast worden gebouwd.

Om bij een extra-versterker achter een radiotoestel een goede kwaliteit te houden, moet aan de constructie van dezen versterker wel eenige zorg worden besteed, en verder moet het toestel zoodanig kunnen worden ingesteld, dat de vervorming in de afgegeven spanning gering blijft. In den eindversterker moet vanzelfsprekend de vervorming gering zijn, zoodat het gebruik van tegenkoppeling aangewezen is.

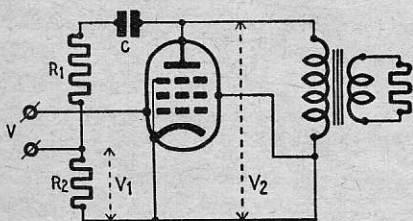


Fig. 1.

In dezen versterker wordt als penthode toegepast de EL5 in de principe-schakeling, die in figuur 1 is voorgesteld. De tegenkoppeling wordt hier verkregen door middel van den spanningsdeeler  $R_1$   $R_2$ , waarop de door de lamp afgegeven spanning  $V_2$  staat. De condensator  $C$  wordt zoo groot verondersteld, dat de aanwezigheid daarvan, wat de wisselspanning betreft, kan worden verwaarloosd. De weerstanden  $R_1$  en  $R_2$  zijn in dit geval aan elkaar gelijk, n.l. beide 75.000 ohm, en de werking van de tegenkoppeling laat

een wel zeer omvangrijke apparatuur nodig en komt men tot de conclusie, dat het bruikbaar maken eener gewone telefoonleiding nog kostbaarder is dan het leggen van een speciaal televisiekabel.

Toch werd het resultaat van de proef van veel belang geacht, omdat in vele gevallen in een groote stad het leggen van speciale kabels op onoverkomelijke technische bezwaren stuit en in elk geval dan toch nog een andere oplossing overblijft.

C.

zich nu als volgt berekenen. Volgens de gegevens, die van de EL5 bekend zijn, kan deze lamp afgeven ruim 8 watt aan een impedantie van 3500 ohm, waaruit volgt voor  $V_2$ , afgerond, 170 volt. Om deze energie te kunnen geven, heeft de lamp een roosterwisselspanning noodig van circa 9 volt, dat wil dus zeggen in figuur 1 moet het verschil tusschen  $V$  en  $V_1$  gelijk zijn aan 9 volt. Aangezien  $V_1$  de helft is van  $V_2$  vindt men dus

$$V = V_1 + 9 = 85 + 9 = 94 \text{ V.}$$

De vereischte inputspanning is nu bekend en daarmee zou de verhouding van den ingangstransformator kunnen worden bepaald. Aannemende dat bij juiste aanpassing zelfs een kleine penthode in het radiotoestel tot circa 70 V, kan afgeven met geringe vervorming, volgt dus uit de vereischte inputspanning een transformatieverhouding van circa 1,4 omhoog. Voor volle output van de EL5 moet dus het radiotoestel zoo worden ingesteld, dat het circa 70 V afgeeft.

Door de toegepaste tegenkoppeling wordt de inwendige weerstand van de penthode schijnbaar verkleind, en wel tot circa 1000  $\Omega$ .

## De nuttige energie bij een penthode met tegenkoppeling.

Over de met sterke tegenkoppeling bij een penthode bereikbare, nagenoeg onvervormde energie, willen wij een beschouwing houden, die wellicht een misverstand, dat ten aanzien hiervan bestaat, uit den weg kan ruimen.

Wanneer volgens de opgave van de lampenfabriek een penthode 8 watt nuttige energie kan afgeven bij een totale vervorming van 10 %, dan wordt dikwijls gedacht dat men dank zij de toepassing van tegenkoppeling die penthode ook 8 watt zou kunnen laten leveren, maar met een veel kleinere vervorming. Dit nu is niet juist.

Dank zij de tegenkoppeling blijft de vervorming belangrijk kleiner dan zonder dit hulpmiddel, doch dit gaat slechts op tot aan een vermogen, dat merkbaar ligt beneden het vermogen, dat bij 10 % vervorming kan worden afgegeven. Over het door de lampenfabrieken opgegeven bereikbare vermogen zouden wij nog willen

opmerken, dat het ongetwijfeld het goed recht der lampenfabrieken is, dit onder de meest gunstige omstandigheden te meten, dus b.v. met volstrekt constante bedrijfsspanningen en met een zoodanige belasting in den plaatkring, dat men ook werkelijk het volledige door de lamp ontwikkelde vermogen meet. Het is een onmogelijkheid dat men onder de praktische omstandigheden, die zich in een radiotoestel of versterker voordoen, datzelfde vermogen werkelijk *nuttig*, dat wil bijvoorbeeld zeggen in het luidsprekerspoeltje, beschikbaar zou krijgen. Daar gaat o.a. af het verlies in den transformator van den luidspreker en bij talrijke luidsprekers die wij onderzochten, bleek dit altijd minstens 20 % en dikwijls 40 tot 45 % te zijn van de toegevoerde energie.

Doch keeren wij terug tot den invloed van de tegenkoppeling op de bereikbare output. In figuur 2 is een denkbeeldige

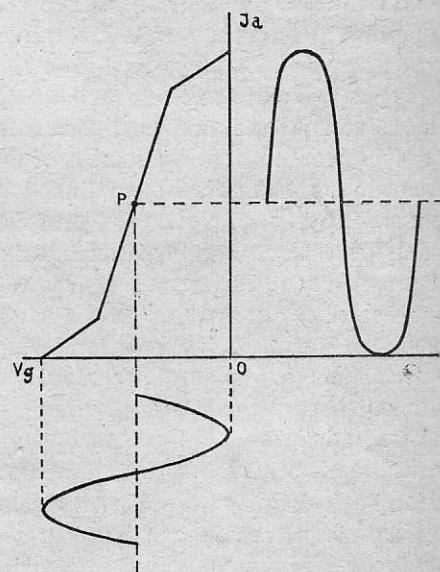


Fig. 2.

karacteristiek geteekend, die wij veronderstellen te zijn de dynamische karakteristiek van de lamp bij een bepaalden anodeweerstand. Wordt aan deze lamp een onvervormde wisselspanning toegevoerd, dan ontstaat in den plaatkring een vervormde wisselstroom, zooals uit de figuur blijkt. Dit lijkt vrij aardig op wat er in een penthode gebeurt, n.l. afplatting van de toppen. Toch kan men met deze gegeven karakteristiek heel best een onvervormden wisselstroom in den plaatkring doen ontstaan, maar dan moet men een *vervormde* wisselspanning op het rooster toevoeren. Hoe die wisselspanning er dan zou moeten uitzien, is geconstrueerd in figuur 3, en dit is nu eigenlijk wat er gebeurt bij tegenkoppeling. Figuur 3 geeft eigenlijk den toestand aan bij een oneindig sterke tegenkoppeling, d.w.z. hoe sterker de tegenkoppeling, hoe meer de werkelijke toestand gaat lijken op dien van fi-



guur 3. Maar als men dit nu toepast, dan is direct in te zien, dat het ontwikkelde vermogen kleiner is geworden. De effectieve waarde van den wisselstroom in fi-

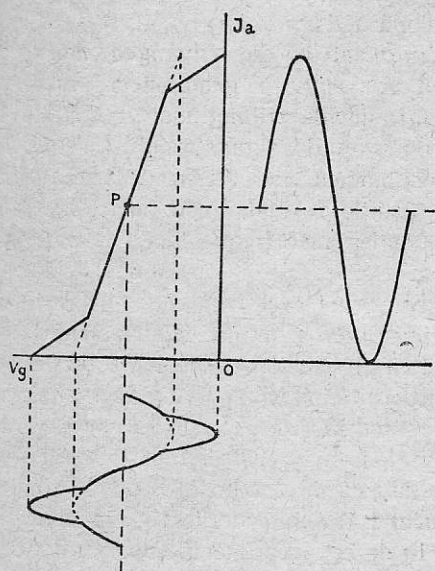


Fig. 3.

guur 3 is 0,7 maal de maximale waarde. In figuur 2 is die factor niet 0,7 doch een getal dat ligt tusschen 0,7 en 1. Hier blijkt dus, en door metingen wordt dat volkomen bevestigd, dat, zoodra men door middel van tegenkoppeling een nagenoeg onvervormden wisselstroom in den plaatkring doet ontstaan, het door dezen wisselstroom ontwikkelde vermogen kleiner is dan het vermogen, dat door den vervormden wisselstroom zonder tegenkoppeling zou worden ontwikkeld. In beide gevallen wordt voorop gesteld, dat de roosterspanning juist zoo groot wordt gekozen, dat geen roosterspanning optreedt.

Wanneer voldoende gegevens bekend zijn, kan men precies uitrekenen hoeveel onvervormde energie een bepaalde penthode met sterke tegenkoppeling zou kunnen geven. Globaal kan men echter vrij goed dit aanhouden: Wanneer een penthode P watt kan afgeven met 10 % vervorming, dan kan circa  $0,8 \times P$  watt worden verkregen met een zeer kleine vervorming, wanneer sterke tegenkoppeling wordt aangewend.

Om nu de werkelijk beschikbare energie te bepalen, moet ook nog het verlies in den uitgangstransformator in rekening worden gebracht. Wij hebben in ons model toegepast den Unitran uitgangstransformator type E4U31. Deze maakt aanpassing mogelijk bij de EL5 op circa 4 ohm, 8 ohm, 15 ohm en 500 ohm. Wij hebben alle metingen gedaan aan de volle secundaire wikkeling (aanpassing op den laagsten weerstand). Deze transformator

heeft een primaire weerstand van 290 ohm en secundair respectievelijk 0,66, 1,6, 2,06 en 60 ohm. Op grond hiervan kan men dus verwachten dat circa 20 %, of iets meer, van de energie als koperverlies in den transformator verloren gaat. Dit is voor een transformator met verscheidene aanpassingen, die bovendien nog ver uiteen liggen, gunstig te noemen. Wanneer dezelfde transformator zou worden gewikkeld voor één enkele aanpassing, dan zou de wikkeldruimte beter kunnen worden benut en het koperverlies merkbaar kleiner kunnen zijn. Het voordeel van bruikbaar te kunnen zijn voor veel toepassingen gaat altijd eenigszins ten koste van het nuttig effect.

In figuur 4 is de kromme opgenomen, die het verband aangeeft tusschen het werkelijk afgegeven vermogen, dus na aftrek van de transformator-verliezen en de vervorming. Het blijkt dat circa 5 watt kan worden afgegeven met een vervorming

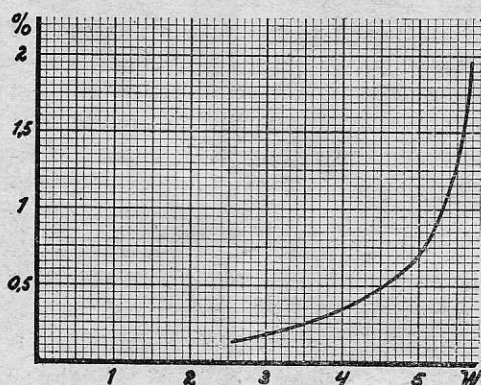


Fig. 4.

die ver beneden 1 % blijft. De gunstigste grootte van den belastingweerstand blijkt 400 ohm te zijn, en niet 500, en dat komt ook uit, want de transformatieverhouding,

$$R_1 + u^2 R_2 = 290 + 7 \cdot (60 + 400) = 3510 \Omega.$$

Deze uitkomst van 5 watt is in overeenstemming met het bovenstaande, n.l. ongeveer  $0,8 \times 8$  watt, min de transformator-verliezen.

Wij zouden in dit verband een opmerking willen maken over verschillende versterkers van Amerikaansch fabrikaat, die wij onderzocht hebben. Verschillende fabrikanten noemen een versterker bijvoorbeeld een X watt versterker, omdat er lampen in gebruikt worden, die volgens de lampenfabrieken X watt output kunnen geven, en blijkbaar nemen deze fabrikanten het dan ook als vanzelfsprekend aan, dat dat in hun versterker gebeurt.

Wanneer men het echter werkelijk meet aan de outputklemmen, dan blijkt dat men heel erg tevreden moet zijn als men de helft krijgt. Dat een sterk tegengekoppelde lamp *principeel* niet hetzelfde vermogen kan afgeven onvervormd als zonder tegenkoppeling, vindt men ook in de opgaven van versterkerfabrikanten meestal niet verwerkt.

#### De onderdelen en de uitvoering.

De praktische uitvoering geschiedt volgens het schema van figuur 5. Voor de voeding wordt gebruik gemaakt van den Unitran transformator type E10 P11.

Deze levert  $2 \times 300$  volt, 6,3 volt voor de gelijkrichtlamp EZ2 en 6,3 volt voor de penthode EL5. De smoorspoel type E10C24 heeft een ohmschen weerstand van 365 ohm. Het blijkt dat wanneer men als eersten afvlakcondensator  $C_4$  een waarde neemt van  $8/\mu F$ , het voeding gedeelte precies 80 mA kan leveren bij 290 volt. Daarvan gaat af 14 volt voor de negatieve roosterspanning en ruim 20 volt span-

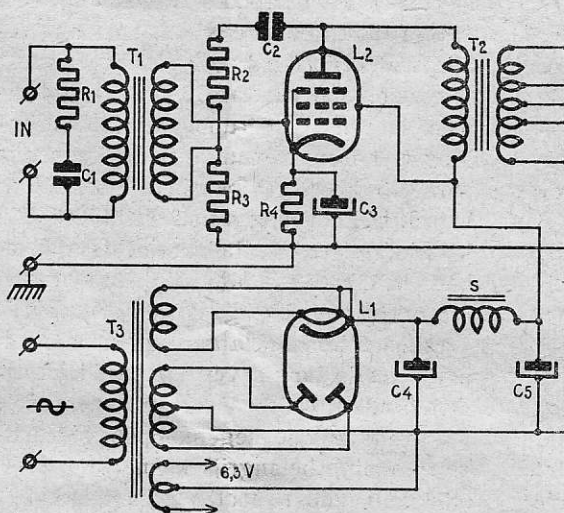


Fig. 5. Onderdelenlijst.

- T<sub>1</sub> Unitran E10D26.
- T<sub>2</sub> Unitran E4U31.
- T<sub>3</sub> Unitran E10P11.
- S Unitran E10C24.
- L<sub>1</sub> Philips FZ2.
- L<sub>2</sub> Philips FL5.
- R<sub>1</sub> 7000  $\Omega$  2 W.
- R<sub>2</sub> 75000  $\Omega$  2 W.
- R<sub>3</sub> 75000  $\Omega$  2 W.
- R<sub>4</sub> 175  $\Omega$  3 W.
- C<sub>1</sub> 0.25  $\mu F$  1500 V.
- C<sub>2</sub> 0.25  $\mu F$  1500 V.
- C<sub>3</sub> 50  $\mu F$  24 V.
- C<sub>4</sub> 8  $\mu F$  450 V. Bell.
- C<sub>5</sub> 8  $\mu F$  450 V. Bell.

u, van de primaire op de heele secundaire blijkt te zijn 2,62, en als men nu de ohmsche weerstanden van de wikkelingen in aanmerking neemt, dan wordt:

ningsverlies in den uitgangstransformator, zoodat de werkelijke anodespanning circa 255 bedraagt. De schermroosterspanning is dan circa 275 volt. De kathodeweer-



stand zou een waarde moeten hebben van 175 ohm. Het verdient echter aanbeveling hier in ieder geval een instelbaren weerstand te nemen en met behulp daarvan den plaatstroom op de juiste waarde van 72 mA af te regelen.

Op deingangsschakeling zijn verschillende variaties mogelijk. Men kan bijvoorbeeld den luidspreker in het toestel intact laten en de primaire van den ingangstransformator, met tusschenschakeling van een condensator van 2 of 4  $\mu$ F, parallel aan den luidspreker zetten. In dat geval behoeft de ingangstransformator geen gelijkstroom te voeren.

Een andere mogelijkheid is, den luid-

spreker geheel los te nemen en in de plaats daarvan de in figuur 5 aangegeven ingangsschakeling toe te passen. Wij hebben daarvoor gebruikt den Unitran transformator type E10D26 welke primair een gelijkstroom van 35 mA kan voeren. Verder pasten wij toe de methode die in R.-E. No. 16 door ons werd aangegeven, voor verbetering van de frequentiekaracteristiek bij een transformator werkende achter een penthode. De heele versterker heeft een frequentiekaracteristiek, welke zoo volkomen recht is van de laagste tot de hoogste frequenties, die practisch voorkomen, dat het geen zin heeft daarvoor nog een afzonderlijke figuur op te nemen.

gestelde super-uitvoering met vast afgestelden oscillator kan worden aangevoerd en dat wellicht niet zoo voor de hand ligt, is, dat deze gepaard gaat met extra modulatievervorming, wat als volgt is in te zien.

Normaal is de ontvangen draaggolf met frequentie  $f$  gemoduleerd met een laagfrequente trilling met frequentie  $f_1$ , zoodat op de signaalroosters der beide menglampen niet alleen de trilling met frequentie  $f$  komt, doch bovendien twee zijbanden met frequenties  $f - f_1$  en  $f + f_1$ .

Daar het wel niet mogelijk zal zijn kring B zóó scherp af te stemmen, dat de zijbandfrequenties geheel worden afgesneden, ontstaan op kring B spanningen met frequenties

$450 + f - f_1$ ;  $450 + f$  en  $450 + f + f_1$  (aannemende dat kring B op de somfrequentie  $450 + f$  wordt afgestemd).

In de bovenste menglamp worden deze frequenties nog eens gemengd met de ontvangen frequenties  $f - f_1$ ,  $f$  en  $f + f_1$ . Daarbij ontstaan in den plaatkring van de bovenste menglamp niet alleen de gewenschte frequenties  $450 - f_1$ ,  $450$  en  $450 + f_1$ , maar bovendien onder een heeleboel andere ook de frequenties:

$$(450 + f - f_1) - (f + f_1) = 450 - 2f_1$$

$$(450 + f + f_1) - (f + f_1) = 450$$

$$(450 + f + f_1) - (f - f_1) = 450 + 2f_1$$

dat is een middenfrequente trilling gemoduleerd met de tweede harmonische van  $f_1$ , en het ontstaan van deze hogere harmonische der moduleerende trilling betekent een zekere niet-lineaire vervorming der modulatie, welke des te erger zal zijn naarmate de zijbanden  $f - f_1$  en  $f + f_1$  sterker zijn ten opzichte van de draaggolf met frequentie  $f$ , dat wil zeggen naarmate de modulatie diepte grooter is.

L. V. VIDDELEER.

# De Super met vasten oscillator



Gaarne zou ik enkele opmerkingen maken naar aanleiding van het artikel „Een super met vasten oscillator” in R.-E. No. 21.

Zooals in de beschrijving aan de hand van de bij bedoeld artikel afgedrukte figuur wordt opgemerkt, moet de plaatkring B van de eerste menglamp worden afgestemd op de verschilfrequentie  $f - 450$  om te bereiken, dat alléén een spanning van deze frequentie op het tweede rooster van de bovenste menglamp ontstaat. Voor alle andere frequenties, die door de menging in de onderste lamp ontstaan, moet kring B zooveel mogelijk een kortsluiting vormen. De eisch, die aan kring B moet worden gesteld, is dus deze, dat de impedantie ervan voor de frequentie  $f - 450$  zeer vele malen grooter moet zijn dan voor de overige frequenties (nl. de frequenties  $f$ ,  $450$ , en  $f + 450$ ). Daartoe is het niet bepaald noodzakelijk, dat kring B *precies* op de frequentie  $f - 450$  wordt afgestemd, doch is het voldoende als de afstemming van B *in de buurt* van  $f - 450$  ligt. Dat voor kring B bij gekoppelde afstemming met de(n) signaalkring(en) precies dezelfde moeilijkheden gelden als voor den oscillatorkring van een normale éénknops-super schijnt mij daarom niet heelemaal juist, daar de onvermijdelijke kleine afwijkingen van de ideale paddingcurve hier niet van zoo heel veel belang zijn en alleen tot gevolg hebben, dat de amplitude van de spanning met frequentie  $f - 450$  die op kring B ontstaat, wat minder is dan het maximum, dat bij volkomen juiste afstemming van kring B verkregen zou worden<sup>1)</sup>.

Dat de sterkte van de aldus opgewekte oscillatorspanning met de frequentie  $f - 450$  evenredig is met de sterkte van het aankomend signaal, is inderdaad niet fraai en terecht wordt hiertegen bedenkking geopperd. Is de sterkte van het signaal  $f$  door sluiering aan schommeling onderhevig, dan schommelt de sterkte van de oscillatorspanning in dezelfde richting op en neer, wat al heel ongunstig is.

In de door den uitvindervoor gestelde uitvoering zitten m.i. echter nog meer haken en oogen. In de eerste plaats is het heelemaal niet duidelijk waarom kring B juist op de *verschil*frequentie  $f - 450$  moet worden afgestemd. Voor het gebied der middengolven van 200—600 meter (1500—500 kHz) zou kring B dan afstembaar moeten zijn van 1050—50 kHz, wat met één en dezelfde spoel volkomen onmogelijk is. Practisch zal men veel liever kring B op de *som*frequentie  $f + 450$  afstemmen, in welk geval na hernieuwde menging met  $f$  eveneens de middenfrequente van 450 kHz te voorschijn komt. Voor hetzelfde frequentiegebied van 1500—500 kHz behoeft kring B dan slechts afstembaar te zijn van 1950—950 kHz, wat met één spoel gemakkelijk mogelijk is. Dit is overigens heelemaal geen nieuws, want het is sinds jaar en dag gebruikelijk om den oscillatorkring van een super af te stemmen op de *som*frequentie van ontvangen frequentie  $+$  middenfrequentie. Alleen in het gebied der ultra korte golven kan het eenig nut hebben en levert het ook practisch geen bezwaar op om den oscillatorkring op het *verschil* dezer twee frequenties af te stemmen.

Een ander bezwaar dat tegen de voor-

<sup>1)</sup> Noot der Redactie. — Deschrijver heeft hierin gelijk, voorzover de juiste afstemming van B geen invloed heeft op de frequentie der aan de bovenste menglamp toegevoerde „oscillator”-trilling. Waar echter de spanningen aan B voor zwakke signalen toch al te klein worden om de bovenste lamp op haar volle conversie-eilheid te brengen, dreigen afwijkingen van den gelijkloop, ook al beïnvloeden die hier alleen de sterkte, de ontvangst geheel te doen verdrinken in het geruisch. Het kan stellig niet zoo veel lijden, dat voor den gelijkloop met aanzienlijk eenvoudiger middelen volstaan zou kunnen worden dan thans gebruikelijk is.

Ook bij een gewone super heeft onnauwkeurige gelijkloop trouwens geen frequentieverloop ten gevolge, doch enkel sterkteverlies, want de oscillator blijft de afstemming bepalen; daar is het 't signaal, dat aan sterkte inboet, maar dat is voor de goede werking der menglamp *minder* ernstig.