

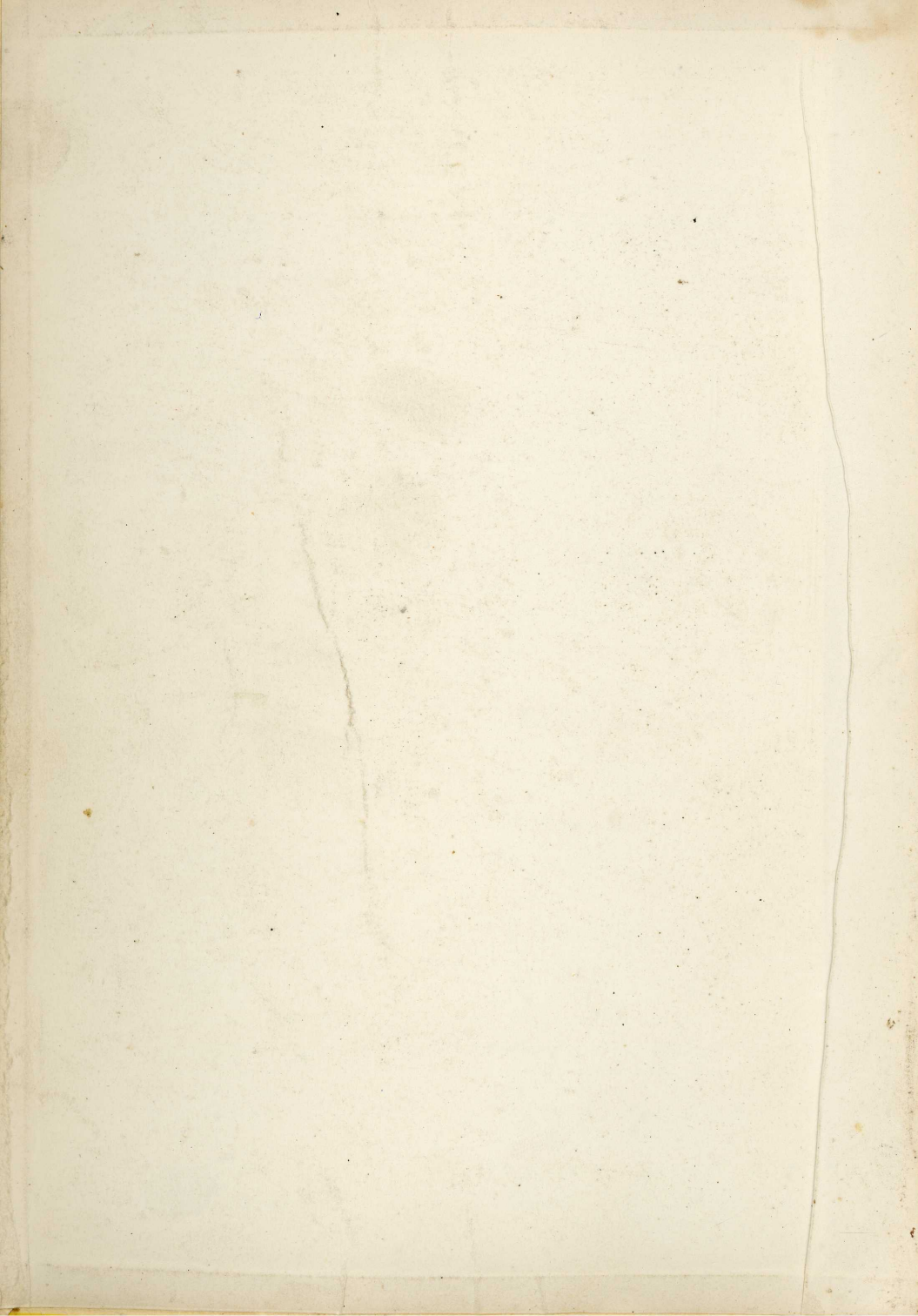
ELECTRONENBUIZEN VOOR L.F. VERSTERKERS

MET
8 VERSTERKER
ONTWERPEN



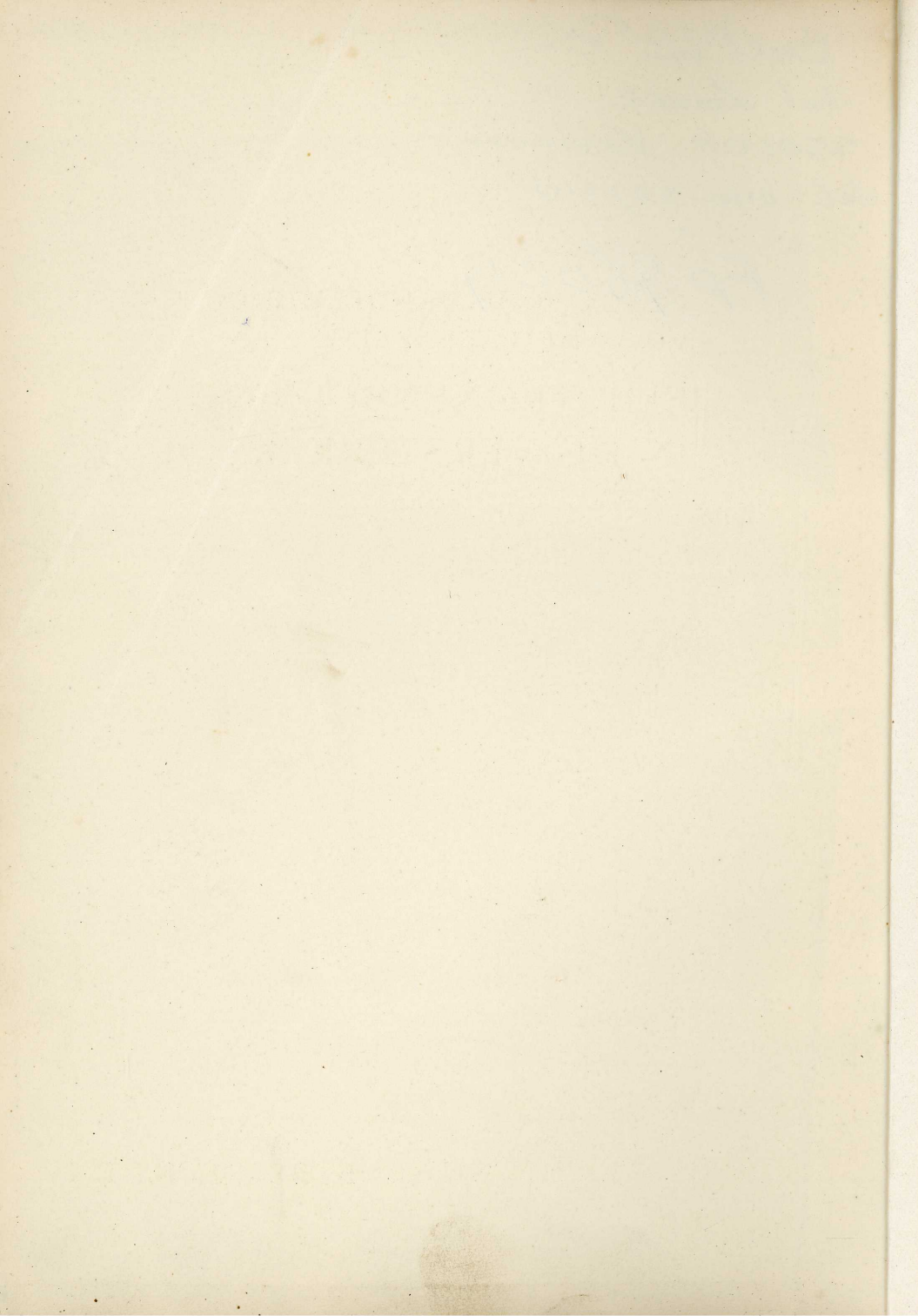
door
E. RODENHUIS

PHILIPS' TECHNISCHE BIBLIOTHEEK



Fp. 960219

PHILIPS TECHNISCHE BIBLIOTHEEK
ROOS DE WAAKING VAN
ELECTRONENBUZZEN
IN LE-VERSTERKERS



PRACTISCHE HANDLEIDING
VOOR DE TOEPASSING VAN
ELECTRONENBUIZEN
IN L.F. VERSTERKERS

PHILIPS' TECHNISCHE BIBLIOTHEEK
POPULAIRE REEKS

PRACTISCHE HANDLEIDING
VOOR DE TOEPASSING VAN
ELECTRONENBUIZEN
IN L.F. VERSTERKERS

621.395.645.029.4

SAMENGESTELD EN BEWERKT DOOR
E. RODENHUIS

1952

UITGAVE: MEULENHOF & Co. N.V. - AMSTERDAM

Mededeling van de uitgevers:

Dit boek wordt uitgegeven in 4 talen: Nederlands,
Duits, Engels en Frans

Copyright N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken - Eindhoven (Nederland)

Nadruk, ook gedeeltelijk, verboden

Gedrukt in Nederland

Alle in dit boek opgenomen gegevens worden medegegeeld zonder octrooigarantie van de N.V. Philips'
Gloeilampenfabrieken te Eindhoven

WOORD VOORAF

Het toepassingsgebied van L.F. versterkers breidt zich nog steeds uit; dit geldt niet alleen voor grammofoon- en microfoonversterkers, doch ook voor afspeel- en opneemversterkers van band of draad, de versterkte weergave van snaarinstrumenten, modulatieversterkers in zenders enz.

Voor deze toepassingen zijn er voortreffelijke versterkers in de handel, maar desondanks blijkt het dat velen er prijs op stellen zelf hun versterkers te bouwen. Voor deze categorie technici nu is dit boekje geschreven; zowel voor hen die het bouwen van versterkers min of meer als beroep beoefenen, als voor hen die uit zuiver amateuristische overwegingen zich met deze interessante techniek bezighouden.

Het bouwen van L.F. versterkers geschiedt dikwijls naar een handleiding voor de bouw van een bepaalde versterker. Hierin wordt dan een min of meer nauwkeurig bedradingsschema gegeven, dat, bij getrouw kopiëren, een redelijk resultaat oplevert. Zodra men evenwel afwijkende eisen gaat stellen, blijkt het „kant en klaar” ontwerp niet te bevredigen.

Het bouwen van versterkers wordt evenwel een veel instructievere bezigheid als men het zonder dit bedradingsschema kan stellen en als men, enkel aan de hand van een principeschema, in staat is een goed werkende versterker te construeren. Men is dan bovendien niet aan een bepaalde opstelling van onderdelen gebonden, en men kan, indien dit noodzakelijk mocht zijn, het schema naar behoefte wijzigen. Gedeelten van het ene schema kunnen als het ware in het andere worden overgebracht. Heeft men de beschikking over bepaalde onderdelen, dan kan men nagaan wat hiermee valt te bereiken en de opzet van de versterker hieraan aanpassen, een werkwijze waartoe amateurs zich om financiële redenen vaak gedrongen zien.

Aan het bouwen met behulp van een bedradingsschema is nóg een bezwaar verbonden. Een bedradingsschema is uiteraard tweedimensioneel, terwijl de ruimte onder het chassis drie dimensies heeft. Een normale tekening van het onderaanzicht is niet in staat duidelijk aan te geven op welk niveau de verschillende verbindingen liggen, wat soms van groot belang kan zijn. Het weldoordacht monteren van een versterker eist inzicht, iets wat de bouw volgens een vaststaand ontwerp ons niet verschaft. Dit inzicht kan men verkrijgen door ervaring en experiment, doch ook door te profiteren van de ervaring van anderen.

Het is met het doel, de ervaringskennis van de lezer te vergroten en hem tot het experiment te stimuleren, dat dit boekje is geschreven. Het behandelt daarom algemene inzichten in de versterkerbouw, het werken met buisgegevens, de functie van de verschillende trappen van de versterker, en het geeft tot slot een achttal versterkerontwerpen die uitvoerig zijn behandeld en waarin men een menigte van praktische gegevens, meetresultaten en aardige nieuwe snuffjes zal vinden.

De behandeling van deze onderwerpen is geheel gericht op de praktijk; theoretische beschouwingen en uiteenzettingen zijn achterwege gelaten. Wie in dit opzicht, aangemoedigd door deze lectuur, zijn kennis wil verrijken, verwijzen wij naar de bekende Philips Boekenreeks over Electronenbuizen:

Deel I. „Grondslagen van de Radiobuizentechniek” door Ir. J. Deketh;

Deel V: Het tweede deel van de trilogie „Toepassing van de electronenbuis in Radio-ontvangtoestellen en Versterkers”. (L.F. Versterking, Eindversterking en Voeding) door Dr. B. G. Dammers, Ing. J. Haantjes, J. Otte, en Jhr. Ir. H. van Suchtelen; en „Laag-frequentieversterkingstechniek” door Dr. Ir. N. A. J. Voorhoeve.

Van deze werken is voor het samenstellen van dit boekje een dankbaar gebruik gemaakt. Hoewel niet in de eerste plaats hiervoor bedoeld, zal ook de versterkerfabrikant in dit boekje nog wel gegevens vinden die hem bij zijn ontwerpen van dienst kunnen zijn.

DE SCHRIJVER

INHOUDSOPGAVE

Woord vooraf	V
Hoofdstuk I: Algemene wenken voor de versterkerbouw	1
1. Opstelling van de onderdelen	1
2. Montage en bedrading	3
3. Résumé van algemene wenken	7
Hoofdstuk II: De buizen voor de verschillende trappen	8
1. Voorversterkbuizen	9
2. Faze omkeerbuizen	10
3. Eindbuizen	10
4. Gelijkrichtbuizen	11
Hoofdstuk III: Beschrijving van de buizen EF 40, ECC 40 en EL 34	13
EF 40 L.F. penthode met laag sto.ingsniveau	13
Gegevens van de L.F. penthode EF 40	15
ECC 40 dubbele triode	19
Gegevens van de dubbele triode ECC 40	20
EL 34 eindpenthode	29
Gegevens van de EL 34	30
Hoofdstuk IV: Practische wenken voor het werken met de gegevens der buizen	41
Hoofdstuk V: Onderdelen en schakelingen	44
1. Tegenkoppeling	45
2. Van de frequentie afhankelijke tegenkoppeling	45
3. Toonregeling	45
4. De uitgangstransformator	45
5. De ingang van de versterker en de sterkteregeling	48
6. Microfoons, pick-ups en luidsprekers	50
Hoofdstuk VI: Beschrijving van enige versterkerschema's	54
1. Een 3 watt grammfoon versterker	54
2. Een 10 watt versterker met twee buizen EL 41 in klasse AB Balansschakeling	58
3. Een 10 watt versterker met een EL 34 in klasse A-instelling	63
4. Een 15 watt gelijk-wisselstroomversterker met twee eindbuizen PL 81 in klasse B-Balansinstelling	69
5. Een 35 watt versterker met twee buizen EL 34 in klasse AB-Balansinstelling in de eindtrap	76
6. Een 35 watt kwaliteitsversterker met twee buizen EL 34 in klasse AB-Balansschakeling in de eindtrap	83
7. Een 70 watt kwaliteitsversterker met vier buizen EL 34 in klasse AB-Balansinstelling	89
8. Een 100 watt versterker met twee buizen EL 34 in klasse B-Balansinstelling	95
Aanhangsel	103

INSTITUTIONAL

1. The institution is a non-profit organization established in 1954. Its primary purpose is to provide educational and research opportunities for students and faculty.

2. The institution is governed by a Board of Trustees, which is responsible for the overall management and financial stability of the organization.

3. The institution's mission is to provide a high-quality education and to advance the frontiers of knowledge in its various fields of study.

4. The institution is committed to the highest standards of academic excellence and to the development of its students into responsible citizens.

5. The institution is a member of the Association of American Universities and is recognized as a leading institution in its field.

6. The institution's financial resources are derived primarily from tuition and fees, with additional support from gifts and grants.

7. The institution is committed to the highest standards of financial integrity and to the responsible use of its resources.

8. The institution is a member of the National Endowment for the Humanities and is recognized as a leading institution in its field.

9. The institution is committed to the highest standards of academic excellence and to the development of its students into responsible citizens.

10. The institution is a member of the Association of American Universities and is recognized as a leading institution in its field.

HOOFDSTUK I

ALGEMENE WENKEN VOOR DE VERSTERKERBOUW

1. Opstelling van de onderdelen

De grote vijand in de versterkerbouw is BROM. De L.F. versterking van een microfoonversterker is soms vele honderden malen groter dan die van een radio-ontvangtoestel, waardoor de invloed van de brom ook evenveel malen groter is. Afgezien van een onjuiste keuze van de buizen, is brom in de regel te wijten aan onvoldoende afvlakking en/of inductie.

Om inductieve brom te vermijden, is het raadzaam om direct bij het opstellen van de onderdelen, de kans hierop tot een uiterst minimum te beperken. Over het algemeen worden daarom de delen van een L.F. versterker opgesteld in de volgorde die is aangeduid in het principeschema, en wel van links naar rechts, op een tamelijk lang en smal chassis; een voorbeeld is gegeven in fig. 1. Men vindt hier de ingang (1) en de voorversterkbuis (3) geheel links, de voedingstransformator (11) geheel rechts opgesteld. Indien de afmetingen van de afvlakmoerspoel dit toelaten, wordt deze als regel onder het chassis gemonteerd, in de omgeving van de voedingstransformator; is dat niet mogelijk, dan moet ze op het chassis worden geplaatst, bij voorkeur met de kern loodrecht op die van de voedingstransformator.

De uitgangstransformator (10) staat meestal op het chassis; de kern moet loodrecht op die van de voedingstransformator staan. Als de drie genoemde onderdelen, voedingstransformator, afvlakmoerspoel en uitgangstransformator, alle drie boven het chassis zijn gemonteerd, is het noodzakelijk de kern van één ervan horizontaal te monteren, daar het anders een onmogelijkheid zou zijn al de kernen loodrecht op elkaar te plaatsen.

Het is van het grootste belang de uitgangstransformator verwijderd te houden van de ingangskringen. De invloed van inductieve brom, geïnduceerd in de uitgangstransformator, is betrekkelijk gering, omdat achter deze transformator niet meer wordt versterkt. Daarom mag de uitgangstransformator als regel tamelijk dicht bij de voedingstransformator worden geplaatst, en is het voldoende de kernen loodrecht op elkaar op te stellen.

Inductie van de uitgangstransformator op de ingang van de versterker kan aanleiding geven tot genereren; de totale versterking tussen ingang en uitgang kan namelijk zeer groot zijn. Dit zal aan de hand van een eenvoudig getallenvoorbeeld worden toegelicht.

Veronderstel eens, dat de voorversterker $200 \times$ versterkt, de tussentrap 30 maal, en dat de spanningsversterking van de eindtrap $10 \times$ is, dan wordt de totale spanningsversterking tussen het rooster van de voorversterkbuis en de anode van de eindbuis $200 \times 30 \times 10 = 60\,000$. Tussen de anode van de voorversterkbuis (of het rooster van de tweede buis, wat op hetzelfde neerkomt,) en de anode van de eindbuis is de spanningsversterking evenwel slechts $30 \times 10 = 300$ -voudig. De invloed van een toevallige koppeling tussen deze twee punten is dus veel geringer dan tussen ingang en uitgang. Het is raadzaam hiermede terdege rekening te houden bij de opstelling, en alles wat met de ingang samenhangt met de grootste zorg te monteren. Voor de tussentrappen is dit minder belangrijk, aangezien de versterking gerekend tot de eindtrap steeds afneemt. Dit geldt althans wat brom en microfonie betreft, doch niet voor koppeling tussen uitgangs- en ingangskringen. Wanneer we slordige,

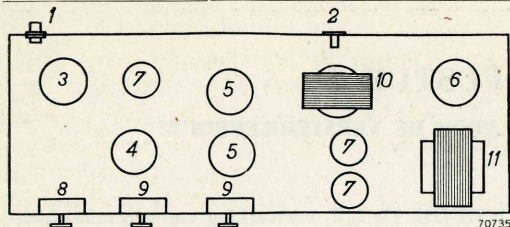


Fig. 1

Voorbeeld van opstelling van een L.F.versterker. 1 ingang; 2 uitgang; 3 voorversterkbuis; 4 tweede voorversterkbuis; 5 eindbuizen; 6 gelijkrichtbuis; 7 electrolytische condensatoren; 8 sterkteregelaar; 9 toonregelaars; 10 uitgangstransformator; 11 voedingstransformator.

lange verbindingen in het uitgangscircuit maken, of bijv. luidsprekerleidingen in de buurt van microfoonleidingen brengen, kan dit ons veel narigheid bezorgen, omdat de versterker kan gaan genereren in de z.g. voorkeurfrequentie. Zorgvuldige montage en weloverwogen opstelling van al de delen van de versterker zijn dus steeds geboden; de ingangskringen, die zeer gevoelig zijn vanwege de grote versterking die er op volgt, vragen zeer in het bijzonder onze aandacht.

Keren we na deze uiteenzetting terug naar verdere problemen die zich bij de opstelling voordoen. De juiste plaats van in- en uitgang en van de voeding kennen we nu. Daartussen komt in de regel een tweede versterktrap, en, bij balansversterkers, een fase-omkeerbuis. Bovendien zijn verscheidene regelingen noodzakelijk: volumeregeling, toonregeling, enz. Uit de boven aangegeven richtlijn, nl. het ongeveer volgen van de indeling van het principe-schema, vloeit voort, dat we deze onderdelen tussen de voortrap en de eindtrap zullen plaatsen.

Daar de toonregeling dikwijls plaats heeft in de roosterkring van de tussentrap, plaatsen we deze buis dicht bij de voorkant van het chassis, waardoor de verbindingen naar de potentiometers voor de toonregeling kort kunnen worden. Immers, we hebben voor de opstelling van deze regelorganen geen keuze: ze moeten op het front van de versterker worden aangebracht.

Onder zeer bijzondere omstandigheden kunnen we natuurlijk een potentiometer op een zeer bepaalde plaats onder het chassis aanbrengen, vlak bij het rooster van een buis die achter op het chassis is opgesteld, en door middel van een verlengde as kunnen we deze potentiometer van het front af regelbaar maken, doch dit is een complicatie waartoe we alleen in uiterste noodzaak besluiten. In ons voorbeeld zijn de volumeregelaar en de toonregelingen voorgesteld door resp. 8 en 9. De tussenversterker en de fase-omkeerbuis, waarvoor in de regel een dubbele buis wordt gebruikt, is voorgesteld door 4; 5 zijn de eindbuizen en 7 de verschillende electrolytische condensatoren voor de afvlakking. De plaats van deze onderdelen is niet erg belangrijk; electrisch gesproken zijn de condensatoren geaard. Het komt er dus niet veel op aan of de verbindingen wat langer of korter uitvallen, en we kunnen ze dus opstellen waar dit het best uitkomt; wel moeten we er op letten dat ze niet te warm worden, (in de regel is de als maximum toelaatbare temperatuur op de condensatoren gestempeld;) hetzelfde geldt voor de eindbuizen en de gelijkrichtbuizen. Als algemene regel kunnen we aanhouden, dat deze buizen ten minste één buisdiameter van elkaar en van de andere onderdelen verwijderd moeten worden opgesteld, zulks met het oog op de afkoeling. In radio-ontvangtoestellen wordt de netschakelaar meestal met de volumeregelaar gecombineerd. Dit is mogelijk omdat de versterking tussen de diode en de eindbuis als regel maar zeer gering is ($20\times$ is een normale waarde.). Bij grotere grammofoonversterkers is dit cijfer veel hoger, en daarom is het aan te bevelen de netschakelaar dicht bij de voedingstransfor-

mator aan te brengen en deze niet, met een voor brom zo gevoelig onderdeel als de volumeregelaar, te combineren. Een aparte schakelaar verdient de voorkeur.

Er kunnen zich gevallen voordoen, bijv. bij opneemversterkers voor grammfoonplaten e.d., dat men alle kansen op brom tot het uiterste wil reduceren. In die gevallen is het raadzaam de voeding op een afzonderlijk chassis te monteren en dit op enige afstand van de versterker op te stellen. Een enkele maal komt het voor dat men ook de microfoonversterker op een dergelijke wijze apart opstelt.

Soms is men gedwongen een versterker in een zeer kleine ruimte onder te brengen. Dan kan men maar een klein chassis gebruiken, en dit leidt tot een gedrongen montage. Een afschermplaat van weekijzer of, liever nog, van mu-metaal, tussen het voedingsgedeelte en de eigenlijke versterker is dan gewenst. Voor het overige houde men zich dan toch zoveel mogelijk aan de gegeven regels. Het kan evenwel noodzakelijk zijn extra afscherming aan te brengen tussen verschillende delen van de versterker.

Het behoeft geen betoog, dat de in fig. 1 aangegeven opstellingswijze niet de enig juiste is; het is één van de goede manieren en dient uitsluitend als voorbeeld. Er zijn vele opstellingsmogelijkheden die aan de gegeven richtlijnen voldoen en waarbij men een bevredigend resultaat krijgt.

Wij menen dat hiermede de opstelling voldoende is belicht, en we gaan nu zien voor welke problemen de bedrading ons kan stellen.

2. Montage en bedrading

Als we, na nauwkeurig wikken en wegen van de plaats der verschillende onderdelen, ons chassis hebben geboord en gezet, kunnen we overgaan tot de montage. Op het chassis schroeven we uitsluitend de onderdelen die er niet bovenuit steken, dat zijn dus de buishouders, de aansluitingen voor pick-up, microfoon, luidsprekers e.d., de verschillende potentiometers, stripjes voor weerstanden en condensatoren onder het chassis, enz. Vervolgens kunnen we aan de bedrading beginnen.

Het is niet aan te raden de boven het chassis komende onderdelen direct te monteren. Immers, nu hebben we een bij het monteren licht te hanteren chassis, dat bovendien vlak op de werkbank ligt, en we kunnen in de ruimte eronder prettig werken. Monteren we de zware transformatoren en de electrolytische condensatoren al direct, dan wordt het chassis zwaar en onhandelbaar; het ligt niet meer prettig op de werktafel en bovendien lopen we nog de kans, dat we de condensatoren door indeuken beschadigen. Een versterker, die, in tegenstelling tot een radio-ontvangtoestel, slechts weinig onderdelen boven het chassis heeft, leent zich bijzonder voor deze wijze van monteren.

Van de bedrading brengen we allereerst de gloeistroomverbindingen aan. Dit doen we, ter vermindering van brom, met veel overleg. Om het uitwendig veld tot een minimum te beperken, draaien we de verbindingen in elkaar, en we zorgen er verder voor dat ze zó worden gebogen en aangebracht, dat ze tegen het chassis komen te liggen. We kiezen het verloop zodanig, dat deze verbindingen zoveel mogelijk uit de omgeving van rooster- en anodeverbindingen blijven en hiermee niet over grote afstanden parallel lopen. Vooral wanneer men in de versterker kleine buizen, bijv. Rimlock buizen, gebruikt, is het belangrijk de draden van te voren te buigen en op maat te maken, en eerst daarna vast te solderen. De buishouders voor deze buisjes zijn nl. in de regel voorzien van zeer kleine solderaansluitingen. Om een goed contact met de dunne pennetjes te waarborgen, zijn de contacten van een tamelijk

harde en veerkrachtige bronslegering, die evenwel niet veel buigen en wrikken verdraagt. Buigt men te veel aan de verbindingen nadat deze al gesoldeerd zijn, dan is de kans op afbreken van de soldeerlipjes niet denkbeeldig. Daarom eerst buigen, dan solderen!

Een ander bezwaar tegen het buigen van de reeds vastgesoldeerde verbindingen is, dat de contacten in de buishouder scheefgetrokken kunnen worden, wat het contact met de buispennen ongunstig kan beïnvloeden. Verder is het aan te bevelen, met een voldoende warme hout te solderen en uitsluitend soldeertin met hars als vloeimiddel te gebruiken.

Worden in de versterker oude, al eerder gebruikte onderdelen gemonteerd, dan moet men de soldeereinden daarvan goed schoonmaken en ze vertinnen, alvorens ze in het apparaat te monteren. Men vermijdt daarmee slechte verbindingen, die later aanleiding kunnen geven tot kraken.

Nadat de gloeistroomleidingen zijn gelegd, beginnen we de weerstanden en condensatoren aan te brengen. Het verdient aanbeveling hierbij buis voor buis af te werken. Wie voor het eerst een versterker monteert, doet verstandig voor iedere buis een schetsje te maken, waarop is aangegeven hoe de onderdelen zullen worden geplaatst; men kan daarop telkens doorkrassen wat gemonteerd is. Vooral als het werk af en toe onderbroken moet worden, wat meestal het geval is, vergeet men aldus geen onderdelen en/of verbindingen, daarmee tevens later, als het schijnbaar voltooide apparaat niet blijkt te functionneren, veel zoeken voorkomend. Voor ervaren monteurs is deze raad misschien overbodig, doch de minder geroutineerde zal er zich veel moeite mee kunnen besparen. Men moet er goed op letten, dat onderdelen van de juiste waarde worden gebruikt, vooral indien reeds eerder gebruikte onderdelen worden verwerkt. Vaak is dan de stempeling onduidelijk geworden, en vóór de montage even controleren, met ohmmeter of meetbrug, van een onduidelijk gestempelde weerstand of condensator, is minder tijdrovend dan het opsporen van een foutief onderdeel als de versterker is gemonteerd.

Onderdelen waarvan zeer veel afhangt zijn de z.g. koppelcondensatoren. Dit is de condensator tussen de anode van de ene buis en het rooster van de volgende. Deze condensator is enerzijds op een punt van hoge spanning, de anode, aangesloten, anderzijds op een punt dat een negatieve spanning moet hebben, het rooster. Gebruikt men hier een condensator met slechte isolatie (de isolatieweerstand is bij slechte exemplaren soms maar 1 à 5 M Ω), dan krijgt, via deze condensator, het rooster een positieve spanning. In de voortrappen kan dit aanleiding geven tot grote vervorming, terwijl bij de eindbuis overbelasting kan optreden, waardoor de levensduur van die buis zeer ongunstig wordt beïnvloed.

Het is dus dringend noodzakelijk voor deze koppelcondensatoren steeds nieuwe exemplaren van uitstekende kwaliteit te gebruiken; alleen het allerbeste is hier goed genoeg! De Philips rolblokcondensatoren typen 5326, 5328 en 3529 zijn voor dit doel uitstekend geschikt. Voor de waarden 22 000 pF - 47 000 pF is de isolatieweerstand beter dan 1850 M Ω , voor die van 47 000 pF - 0,1 μ F is de isolatieweerstand beter dan 1500 M Ω .

Behalve als koppelcondensator, worden de rolblokcondensatoren op vele plaatsen in de versterkers gebruikt als ont koppeling voor schermroosters, voor tooncorrectie enz. Het is daarom goed de montage van deze onderdelen aan een nadere beschouwing te onderwerpen. Bij het solderen moet men voorkomen, dat de massa waarin de condensatoren gegoten zijn wegsmelt. Neem daarom de draadeinden niet te kort; men kan dan vasthouden met een tangetje, aan de zijde van de condensator, om bij het solderen de verwarming hiervan te verhinderen. De meeste typen condensatoren mogen aan de draadeinden worden opge-

hangen; het is dus niet noodzakelijk ze onder beugels te bevestigen. Dit laatste is alleen aan te bevelen voor de grootste exemplaren, nl. die van $0,5 \mu\text{F}$ en $0,1 \mu\text{F}$ voor hoge doorslagspanning. Als men deze condensatoren onder een beugel bevestigt, is het raadzaam een stukje carton of prespaan, of beter nog een stukje kleefband, onder de beugel te leggen. Dit laatste voorkomt, behalve induken en doorslag, het verschuiven van de condensator onder de beugel. Electrolytische kokercondensatoren kunnen op dezelfde manier worden gemonteerd. Als men rolblokcondensatoren voor ontkoppeling gebruikt, verdient het de voorkeur het buitenbeugsel aan het chassis te leggen. Daarmee bereikt men dat de condensator is afgeschermd. Bij de Philips rolblokcondensatoren is het buitenbeugsel te herkennen aan de draadeinden. Deze zijn aan de ene kant 32 mm, aan de andere kant 40 mm lang. Het buitenbeugsel is met de langste draad verbonden.

Weerstanden en condensatoren worden vaak bevestigd op rekjes of stripjes isolatiemateriaal, voorzien van soldeerlipjes. Dit bevordert de mechanische sterkte van de bedrading. Bij het indelen en opstellen van de versterker kan men hiermede rekening houden, en de plaats van deze rekjes of strippen bepalen. Bij het monteren is het aan te bevelen de weerstanden en condensatoren zo aan te brengen, dat de opgestempelde waarde kan worden afgelezen. Als dan later onverhoopt een defect optreedt in de versterker, is het prettig dat men direct kan zien welke waarden de onderdelen hebben waarachter men bijv. de spanning meet. Doch ook als men iets aan de schakeling wil veranderen of als men wil experimenteren, is het zeer gemakkelijk, dat men zó kan zien welke weerstand of condensator men voor zich heeft.

Over de montage van weerstanden valt over het algemeen weinig te zeggen. Op één punt willen we echter even nader ingaan. Sommige weerstanden in de versterker moeten een tamelijk grote energie dissiperen. Deze worden zeer warm, soms zelfs heet, en daarom moeten ze met overleg worden opgesteld. Dikwijls worden dergelijke weerstanden geplaatst boven het chassis, in een zodanige positie dat ze goed kunnen afkoelen. In ieder geval vermijde men het aanbrengen van deze weerstanden op plaatsen waar ze andere onderdelen (rolblokcondensatoren!) door hun hitte kunnen beschadigen.

Wat de plaatsing van weerstanden betreft, kan men het volgende in overweging nemen: Rooster- en anodeweerstanden worden dicht bij de buishouder aangebracht, met zo kort mogelijke verbindingen aan de rooster-, resp. anodezijde. Bij weerstanden die dienen om een spanning te verlagen of voor ontkoppeling, is de plaatsing minder belangrijk, en we kunnen ze aanbrengen op plaatsen waar ons dit het beste uitkomt.

Het komt veel vóór, dat men alle verbindingen die geaard moeten worden op een willekeurig punt aan het chassis legt. Het chassis vormt dus een van de verbindingen en is als het ware in de schakeling opgenomen. Deze methode is ten sterkste te ontraden, want het chassis wordt daarbij doorlopen door wisselstroompjes van velerlei aard. Hierdoor kunnen kleine wisselspanningen op het rooster van de zeer gevoelige voorversterkbuis worden gebracht, hetgeen tot allerlei moeilijkheden aanleiding kan geven, die op het eerste gezicht onoplosbaar lijken (bijv. brom).

Beter is het alle aardpunten die bij een buis behoren in één punt samen te brengen en dicht bij de buis aan het chassis te verbinden.

In fig. 2 is dit schematisch aangegeven. *a* toont de verkeerde verbindingswijze, *b* de goede. Bij het aarden aan het chassis moet nog met het volgende rekening worden gehouden: Dikwijls wordt het chassis gemaakt van aluminium, waaraan men, zoals men weet,

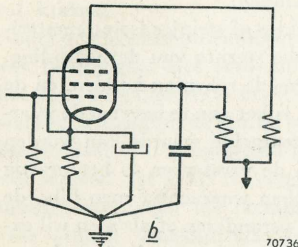
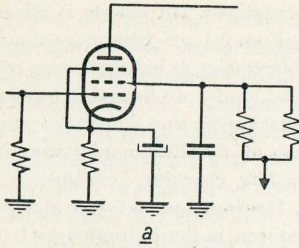


Fig. 2

Het komt dikwijls voor dat men de aardverbindingen die bij een buis behoren op willekeurige punten aan het chassis legt. Uit een oogpunt van brom is het beter deze in één punt samen te brengen en dit punt te aarden. *a* geeft de verkeerde manier aan, *b* is de goede manier.

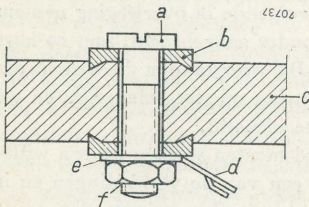


Fig. 3

Het maken van een deugdelijke aardverbinding aan een aluminium chassis. *a* boutje, *b* gekartelde stalen ring, *c* chassis, *d* soldeerlip, *e* onderlegging, *f* moer.

met een gewone soldeerbout niet kan solderen. Dit komt omdat aluminium, als het aan de lucht is blootgesteld en bij het solderen wordt verwarmd, zich ogenblikkelijk met een laagje oxyde bedekt. Dit oxyde is volkomen doorzichtig en niet geleidend. Dit laatste is oorzaak, dat een schroefboutje dat aan het chassis wordt bevestigd, als regel een vrij slecht contact maakt. Om een goede aardverbinding aan een aluminium chassis te verkrijgen, moeten enkele voorzorgsmaatregelen worden genomen die we aan de hand van fig. 3 zullen toelichten. Onder de kop van het boutje *a* wordt een gekartelde stalen ring *b* gelegd, waarna de bout door het gat in het chassis *c* wordt gestoken. Aan de onderkant legt men weer een gekartelde stalen ring, daarop de soldeerlip *d* en een ringetje *e*, en tenslotte wordt de moer stevig opgedraaid. Op deze wijze krijgt men een deugdelijke verbinding met het chassis, daar de scherpe, harde puntjes van de stalen ringen in het zachtere aluminium dringen en hierdoor het contactoppervlak aanmerkelijk vergroten.

Deze werkwijze leent zich zeer goed voor de methode in de versterkerbouw waarbij alle aardverbindingen in één punt worden samengebracht. Dit punt is dan tevens de aardklem van de versterker en wordt bij voorkeur dicht bij de microfoonaansluiting gekozen. De aardpunten van de verschillende buizen worden met tamelijk dikke, geïsoleerde koperdraden met het gemeenschappelijke aardpunt aan het chassis verbonden. In fig. 4 is dit op overzichtelijke wijze duidelijk gemaakt. Hier stelt *a* de ingang voor, *b* de aardklem; *1* is het weerstandstripje van de voorversterkbuis, *2* dat van de tussentrap en *3* dat van de eindtrap. Alle punten van samenkomst op de verschillende weerstandstrippen zijn door dikke draden verbonden met de soldeerlip van de aardklem. Het chassis is op deze wijze slechts op één punt met de gehele schakeling verbonden en kan in het geheel niet door stromen worden doorlopen. Dit is de aangewezen methode voor versterkers van grote gevoeligheid, hoge kwaliteit en grote bromvrijheid. Het boren van gaten in een aluminium chassis wordt aanmerkelijk gemakkelijker als men alcohol (brandspiritus) als smeermiddel voor de boor gebruikt. Men krijgt dan geen braam en de boor snijdt beter. Bij het boren zonder smeermiddel, zoals het meestal geschiedt, vreet de boor zich door het materiaal.

Bij het gebruik van een chassis van staalplaat, dat meestal gelakt is, moet men bij het aardpunt de lak afdoende verwijderen. De montage van electrolytische condensatoren

op een chassis geschiedt vaak zodanig, dat men het chassis als aardverbinding gebruikt. Beter is het gebruik te maken van een onderlegging met soldeerlip, als bij de Philips electrolytische condensatoren worden geleverd.

Vooraf bij het gebruik van een stalen chassis vermijde men in de voortrap lussen waarin ijzer voorkomt. Deze veroorzaken namelijk onherroepelijk brom.

De verbindingen met de potentiometers voor de volumeregeling en de tooncorrectie worden over het algemeen van z.g. afgeschermd draad gemaakt. Meestal zijn deze potentiometers met één zijde aan aarde gelegd. Men kan de mantel van de afgeschermd draad gebruiken als verbinding naar het gemeenschappelijke aardpunt. Deze afgeschermd draad heeft een beduidende capaciteit, die vaak parallel aan de roosterkathoderuimte van de buis komt. Dit kan verzwakking van de wisselspanningen met hogere frequenties veroorzaken, en daarom is het aan te bevelen deze verbindingen zo kort mogelijk te houden. Zowel bij het opstellen van de onderdelen als bij het monteren ervan, doet men goed hiermede rekening te houden. Natuurlijk spelen enkele centimeters meer of minder hierbij geen grote rol, maar een of twee decimeter meer of minder doet dit zeker.

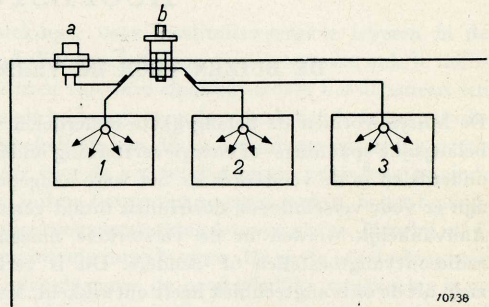


Fig. 4

De aardverbindingen van de verschillende trappen worden soms gemeenschappelijk op één punt met het chassis verbonden; dit is dan tevens de aardklem van de versterker. *a* ingang, *b* gemeenschappelijke aardklem; 1 soldeerstrip voor de onderdelen behorend bij de voorversterkbuis, 2 voor die van de tweede voorversterkbuis, 3 voor die van de eindtrap.

3. Résumé van algemene wenken:

1. Houd al wat bij de voeding behoort, zover mogelijk verwijderd van de ingang en de voorversterker.
2. Stel de verschillende trappen op in hun logische volgorde. De eindtrap komt het dichtst bij het voedingsgedeelte.
3. Draai de gloeistroomverbindingen in elkaar; leg ze tegen het chassis en houd ze verwijderd van rooster- en anodeverbindingen en -aansluitingen.
4. Laat rooster- en anodeverbindingen nooit parallel lopen met gloeistroomverbindingen.
5. Zorg dat in de roosterketen van de voortrap geen lussen voorkomen waarin ijzer is opgenomen.
6. Maak de verbindingen naar de ingang, de volumeregelaars, de toonregelaars en de roosters van voor- en tussentrap van afgeschermd draad. De mantel hiervan mag als aardverbinding voor de onderkant van potentiometers worden gebruikt.
7. Houd deze afgeschermd verbindingen kort, evenals de rooster- en anodeverbindingen.
8. Leg al de aardverbindingen die bij een buis behoren op één punt aan het chassis.
9. Gebruik het chassis niet als verbinding.
10. Werk trap voor trap af.

HOOFDSTUK II

DE BUIZEN VOOR DE VERSCHILLENDE TRAPPEN

De buizen vormen de belangrijkste onderdelen van de versterker. Zonder buizen is een belangrijke spannings- of energieversterking ondenkbaar. Daarom worden de verschillende onderdelen in de versterker als het ware aangepast aan de eisen die de buizen stellen, en zijn er voor verschillende doeleinden totaal verschillende buizen ontwikkeld.

Aanvankelijk werden in de versterkers buizen gebruikt die ontwikkeld waren voor radio-ontvangtoestellen of -zenders. Dit is verklaarbaar, omdat de versterkertechniek zich uit de ontvangstechniek heeft ontwikkeld. Met zulke buizen werden weliswaar goede, doch geen optimumresultaten bereikt, en bij de steeds hogere eisen die aan de versterkers werden gesteld, bleek het dringend noodzakelijk speciale buizen voor deze te ontwikkelen. Het uitvoerig beschrijven van de ontwikkelingsgang der versterkbuizen en het nauwgezet onderzoeken van de verschillen tussen ontvang- en zendbuizen enerzijds en de speciale versterkbuizen anderzijds, vallen buiten het bestek van deze verhandeling, doch wel is het goed te wijzen op enkele punten die vaak aan de algemene aandacht ontsnappen. We moeten aan een eindbuis voor een versterker die zijn energie over een breed frequentiespectrum moet afgeven aan een bij voorkeur aperiodische kring, eisen stellen die geheel anders zijn dan die welke gelden voor een eindbuis van een zender die in klasse C-instelling via een afgestemde kring energie afgeeft aan de belasting.

Beschouwen we in een ontvangbuizentabel de versterkingscijfers van bepaalde buistypen, dan lijken deze op het oog zeer geschikt om als voorversterker te fungeren. In deze tabellen vindt men echter geen cijfers over microfonie en brom vermeld, en als we ontvangbuizen die hiervoor niet zijn ontwikkeld, onder optimale condities gebruiken in de voortrap van een zeer gevoelige versterker, zal het blijken dat we rigoureuze maatregelen tegen microfonie moeten nemen, en dat we, om de brom te bestrijden, allerlei ingewikkelde compensatieschakelingen moeten gebruiken. Het is daarom beter in een versterker buizen te gebruiken die voor dit speciale doel zijn gemaakt; we behoeven dan niet door middel van allerlei kunstgrepen te trachten een bevredigend resultaat te bereiken, en onze versterker blijft eenvoudiger en overzichtelijk, terwijl de resultaten beter zijn.

In het hoofdstuk Versterkerbeschrijvingen zullen we enkele versterkers aantreffen die met ontvang- of televisiebuizen zijn uitgerust, en in een aanhangsel geven we een volledig overzicht van al de ontvang-, televisie- en zendbuizen die voor versterkers in aanmerking kunnen komen. In dit hoofdstuk beperken we ons evenwel tot de uitvoerige beschrijving van de buizen die de laatste tijd speciaal voor de versterkerbouw zijn ontwikkeld.

De buizen voor de verschillende trappen van een L.F. versterker kunnen in 4 categorieën worden ondergebracht. Deze indeling is als volgt.

1. Voorversterkbuizen
2. Faze-omkeerbuizen
3. Eindbuizen
4. Gelijkrichtbuizen

Achtereenvolgens zullen we nagaan welke eisen we aan de buizen voor hun respectieve functies moeten stellen.

1. Voorversterkbuizen

Microfoons en grammofoonopnemers (pick-ups) voor kwaliteitsweergave leveren in de regel maar een kleine spanning, die, afhankelijk van het type, varieert tussen enkele millivolts en één volt. Omdat we voor het uitsturen van onze eindbuizen over het algemeen een spanning nodig hebben die van 6 tot 30 volt bedraagt voor de verschillende typen en uitgangsvermogens, is dus tussen pick-up en eindbuis een flinke spanningsversterking noodzakelijk. Dit geldt in nog veel sterkere mate voor de versterking tussen microfoon en eindtrap. Daar we in een versterker het aantal buizen liever niet te groot maken, is het belangrijk dat de voorversterkbuizen een flinke spanningsversterking kunnen geven. Daarbij moeten deze buizen weinig brom, geruis en microfonie introduceren. De grote versterking van deze buizen is ook hierom zo belangrijk, dat daarmee de noodzakelijke versterking in de volgende trap of trappen geringer kan zijn, zodat we ons in die trappen niet meer zo bezorgd behoeven te maken over brom en microfonie. We hebben dan als het ware slechts in één trap extra aandacht aan deze mogelijkheid te besteden.

Voor het beoogde doel zijn twee buizen speciaal ontwikkeld: de penthode EF 40 en de dubbele triode ECC 40. De eerste wordt hiervoor het meest gebruikt, vooral als microfoonversterker, daar de schakeling minder gecompliceerd is en minder voorzorg behoeft dan de iets ingewikkelder schakeling met de ECC 40, waarbij de beide triodehelften in cascade worden geschakeld.

In verband met de zeer geringe ingangswisselspanning van kwaliteitsmicrofoons, moet het bromniveau van hiervoor gebouwde versterkers zeer laag worden gehouden. Een voorversterkbus voor dit doel moet daarom zo geconstrueerd zijn, dat de in de bus opgewekte brom zo klein mogelijk is. Deze brom kan worden veroorzaakt door het magnetisch veld van de gloeidraad, lekstromen tussen gloeidraad en andere elektroden, emissie van de einden van de gloeidraad en koppelingen via de capaciteiten tussen de gloeidraad en andere elektroden. Bij de buisconstructie kan de brom laag worden gehouden door de volgende maatregelen: Bifilaire wikkeling van de gloeidraad, waardoor het magnetisch veld minimaal wordt; lage gloeistroom, waardoor het strooiveld klein wordt; inwendige afscherming tussen gloeidraad en andere elektroden vermindert de invloed van de emissie van de gloeidraadeinden en reduceert de invloed van de capacitieve koppeling tussen gloeidraad en andere elektroden belangrijk. Tenslotte wordt de volgorde van de aansluitpennen zodanig gekozen, dat de invloed van lekstromen minimaal wordt, terwijl ook ten aanzien van de uitwendige verbindingen een opstelling kan worden gevonden, waardoor ook hier allerlei koppelingen worden verminderd. De lekstromen veroorzaken een belangrijk deel van de ruis. Het spreekt vanzelf dat in een voorversterkbus de ruis laag moet worden gehouden. Behalve de volgorde van de aansluitpennen, wordt nog een tweede methode toegepast om hinder van lekstroom te reduceren. Op de buisbodem brengt men een of meer geleidende stroken aan en men verbindt ze met de kathodeaansluiting. Door een doelmatige plaatsing van deze strook wordt de roosteraansluiting als het ware van de andere elektroden geïsoleerd. De hinderlijke lekstromen worden afgevoerd naar de kathode en kunnen het (negatieve!) rooster niet bereiken.

De grote versterking die noodzakelijk is, kan ook allerlei moeilijkheden bieden met betrekking tot microfonie. In een buis die bestemd is om als voorversterker te worden gebruikt, worden hiertegen speciale maatregelen getroffen, o.a. een extra stevige constructie van het electrodensysteem en het aanbrengen van extra mica's, om onderdelen die zouden kunnen gaan trillen, te dempen. Indien zeer kleine wisselspanningen moeten worden versterkt, zijn deze maatregelen evenwel nog niet afdoende en moet de buishouder verend op het chassis worden bevestigd. Het kan bovendien nog noodzakelijk zijn een geluid en trillingen dempende afschermkap over de buis aan te brengen. Deze maatregelen worden ook aanbevolen als de versterker aan mechanische trillingen is blootgesteld, bijv. in geluidswagens, aan boord van vaartuigen, vliegtuigen, enz.

2. Faze-omkeerbuizen

In versterkers met een groter nuttig vermogen dan ongeveer 10 watt wordt meestal balansversterking toegepast. In dergelijke versterkers moet de wisselspanning op de roosters van de beide eindbuizen van gelijke grootte, doch tegengesteld in faze zijn. Ten einde dit te bereiken, kan door middel van een balanstransformator een versterkbuis met de eindbuizen worden gekoppeld. Deze schakeling heeft enkele nadelen, waarvan de voornaamste zijn:

a. In de transformator kunnen tamelijk grote fazeverschuivingen optreden. Indien tegenkoppeling wordt toegepast van de uitgang van de versterker naar de ingang, loopt men groot risico dat de versterker zal gaan genereren als de balans-ingangstransformator ook in de tegenkoppelingketen is opgenomen.

b. De kans op brom, door inductie van de voedingstransformator, wordt aanmerkelijk vergroot, waardoor nog groter zorg bij de opstelling, of extra afscherming noodzakelijk is.

c. Een balanstransformator met een goede frequentiekaracteristiek is een tamelijk kostbaar onderdeel.

Het is om bovengenoemde redenen, dat in moderne versterkers bij voorkeur gebruik wordt gemaakt van weerstandskoppeling. Om echter twee gelijke wisselspanningen van tegengestelde faze te krijgen, is een extra buis nodig, die uitsluitend wordt gebruikt voor het verkrijgen van de tweede wisselspanning in tegenfaze, de z.g. fazeomkeerbuis. Door gebruik te maken van een buis die twee gescheiden systemen bevat, bijv. een dubbele triode, verkrijgt men evenwel een aanmerkelijke kostenbesparing. Ook triode-heptoden worden gebruikt als faze-omkeerbuis.

Aan de buizen voor dit doel en aan die voor de tweede voorversterker worden t.a.v. brom en microfonie niet zulke hoge eisen gesteld als aan de buizen voor de microfoon-voorversterker, dit te meer, omdat deze buizen een aanzienlijk kleinere versterking leveren dan die voor de voortrap.

3. Eindbuizen

Voor het verkrijgen van een uitgangsvermogen van 10-100 watt worden tegenwoordig bijna uitsluitend eindpentoden met hoog rendement gebruikt. Normaal worden deze buizen zo ingesteld, dat ze zonder roosterstroom werken. Daardoor behoeft de voorgaande trap maar weinig energie af te geven en blijft de vervorming tot een minimum beperkt. Al naar gelang het type van versterker en het gewenste rendement, staan ons 3 hoofdvormen van instelling ten dienste. De eenvoudigste instelling, die bijna uitsluitend voor

enkelvoudige eindtrappen wordt gebruikt, is de z.g. klasse A-instelling. Hierbij is het rendement laag (40-50%) en de vervorming bij maximaal uitgangsvermogen tamelijk groot. De schakeling heeft evenwel het voordeel, dat de stroom die door het voedingsgedeelte geleverd moet worden vrijwel onafhankelijk is van het af te geven vermogen. Een balansschakeling met twee buizen in klasse A-instelling heeft vrijwel dezelfde eigenschappen t.a.v. rendement en constante belasting der voedingsapparatuur, doch de vervorming is veel geringer. De klasse AB-schakeling geeft een beduidend groter rendement zonder in grotere vervorming te vervallen. De belasting van de voedingsapparatuur neemt toe bij groter afgegeven vermogen, maar niet in die mate, dat bijzondere maatregelen in dit opzicht getroffen moeten worden. Men kan volstaan met het laag houden van de inwendige weerstand van het voedingsgedeelte. Met de klasse AB-instelling kan een rendement van 50-60% worden bereikt.

De klasse B-instelling wordt gekenmerkt door een zeer hoog rendement (ongeveer 75%), doch de vervorming is groter, terwijl de anode- en schermroosterstromen sterk variëren met het uitgangsvermogen. Dit stelt hoge eisen aan de voeding. De inwendige weerstand daarvan moet zeer laag worden gehouden, en een aparte gelijkrichter voor de negatieve roosterspanning is noodzakelijk. De klasse B-versterker wordt daarom vrijwel uitsluitend gebruikt als een zeer groot uitgangsvermogen gewenst wordt, of als de voeding, al dan niet via een omvormer, door middel van batterijen plaats heeft, bijv. in geluidswagens.

4. Gelijkrichtbuizen

In het voedingsgedeelte voor versterkers worden óf hoogvacuum- óf gasgevulde gelijkrichtbuizen met warme kathode gebruikt. Beide typen dienen om gelijkspanningen van ca. 400 volt bij een stroom van vele honderden milliampères op te wekken. Daar waar een lage of zeer lage inwendige weerstand essentieel is, prefereert men algemeen de met gas gevulde gelijkrichtbuizen. Voor een dergelijke toepassing bieden deze buizen in vergelijking met de hoogvacuum gelijkrichters aanzienlijke voordelen: hun rendement is hoger en ze geven bij wisselende belasting een constantere gelijkspanning.

Het uitgangsvermogen van de gelijkrichter wordt meestal afgegeven via een filter, dat dient om de pulserende gelijkstroom af te vlakken en om een betrekkelijk constante gelijkstroom te krijgen. Men onderscheidt deze filters in twee typen, nl. dat waarbij een condensator parallel met de uitgang van de gelijkrichter is geschakeld (buffercondensator) en dat waarbij een smoorspoel in serie met de gelijkrichter staat.

De laatstgenoemde schakeling biedt het voordeel, dat de transformatoren en buizen beter worden benut. Zij is dus op haar plaats waar met grote vermogens moet worden gewerkt. Ook biedt zij een betere spanningsconstantheid, en is dus de aangewezen schakeling voor versterkers met een sterk wisselende belasting van het voedingsgedeelte, bijv. B-versterkers. Het nadeel van deze schakeling is, dat voor het verkrijgen van een bepaalde gelijkspanning achter het filter, de transformatorspanning aanzienlijk hoger moet zijn dan indien een filter met parallel condensator wordt gebruikt; de afvlakcondensatoren, die op de onbelaste spanning moeten worden berekend, moeten daarom voor een hogere doorslagspanning zijn berekend. Zowel de condensatoren als de voedingstransformator worden daardoor belangrijk duurder, zodat deze schakeling alleen in aanmerking komt voor de bovengenoemde gevallen.

Voor klasse A-versterkers en kleine klasse AB-versterkers neemt men de goedkopere schakeling met parallel condensator.

Het toepassen van schakelingen voor spanningsverdubbeling is mogelijk indien men de beschikking wil hebben over gelijkspanningen die aanzienlijk hoger zijn dan de piekwaarde van de wisselspanning die aan de anoden van de gelijkrichtbuizen wordt aangelegd. Dergelijke schakelingen maken transformatoren met een hoge secundaire spanning overbodig; zij kunnen ook worden gebruikt voor wisselstroomvoeding in een transformatorloze schakeling.

HOOFDSTUK III

BESCHRIJVING VAN DE BUIZEN EF 40, ECC 40 EN EL 34

Met de drie buistypen EF 40, ECC 40 en EL 34 kunnen L.F. versterkers voor vele doeleinden en met uitgangsvermogens van 10-100 watt worden gebouwd. Het zijn drie moderne buizen, die speciaal voor dit doel zijn ontwikkeld. De EF 40 is bedoeld als voorversterk-buis, de ECC 40 als voorversterkbuis, faze-omkeerbuis, „meng”buis voor het mengen van bijv. microfoon- en pick-up spanningen enz.; deze buis heeft dus een zeer uitgebreid toe-passingsgebied. De EL 34 is ontworpen als eindbuis voor zeer uiteenlopende vermogens. Deze drie buizen hebben alle aansluitingen aan de voet, hetgeen de ermee gebouwde versterkers een modern uiterlijk geeft en de montage vereenvoudigt. Een uitvoerige beschrijving van deze buizen volgt hier:

EF 40 L.F. penthode met laag storingsniveau

De EF 40 is een indirect verhitte penthode met rechte karakteristiek. De gloeistroom is 200 mA bij een gloespanning van 6,3 volt, en de buis is geschikt voor serie- zowel als voor parallelvoeding van de gloeidraad. De steilheid is 1,85 mA/V.

Deze penthode is speciaal geconstrueerd om te worden gebruikt als L.F. versterker in schakelingen met grote gevoeligheid, bijv. in microfoonversterkers.

Het microfonisch effect is zeer sterk gereduceerd, o.a. door het aanbrengen van tweemaal zoveel mica- steunen als normaal in een buis van deze afmetingen worden gemonteerd.

Het is altijd zeer moeilijk, een eigenschap als „microfonie” in een getal uit te drukken. Daarop is nu het volgende gevonden: De te onderzoeken buis wordt als eerste buis in een versterker geplaatst, op 10 cm afstand recht voor een luidspreker die op deze versterker is aangesloten. Men heeft hiervoor een luidspreker gekozen met een acoustisch rendement van 5%. De gevoeligheid van de versterker is regelbaar, en deze regeling is geïjkt. De te onderzoeken buis wordt met een rubber hamertje beklopt en gelijktijdig wordt de gevoeligheid van de versterker opgevoerd. Bij een bepaalde gevoeligheid zal de geluidstrilling die bij het bekloppen van de buis uit de luidspreker komt, voldoende sterk zijn om de te onderzoeken buis zodanig in trilling te brengen, dat er een constante toon uit de luidspreker blijft klinken, ook als de buis niet wordt beklopt. We hebben dan een acoustische terugkoppeling die voldoende sterk is om de gehele opstelling en schakeling te doen „rondzingen”. Het ingangssignaal op de te onderzoeken buis, dat bij deze instelling van de gevoelig-

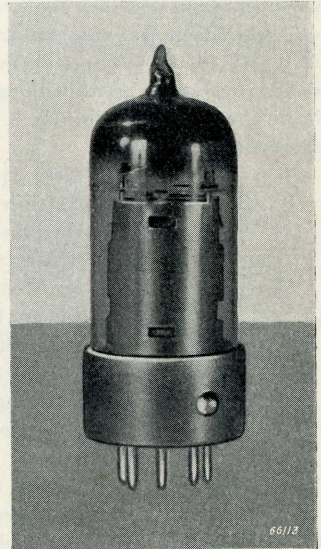


Fig. 5. De L.F. penthode EF 40

heid nodig is om een vermogen van 5 watt aan de luidspreker te geven, is uiteraard een maat voor de eigenschappen van de buis met betrekking tot microfonie. Zou men echter de buis bij deze gevoeligheid gebruiken in een praktische schakeling en onder de voorwaarden als bovenvermeld, dan zou men hinder ondervinden van microfonie, en daarom is in de opgave van de als maximum toelaatbare gevoeligheid een ruime veiligheidsfactor geïntroduceerd.

De uiteindelijke publicatiecijfers zijn aangepast aan de praktijk, en voor de EF 40 luidt de opgave van het cijfer voor microfonie aldus:

De EF 40 kan zonder speciale voorzorgsmaatregelen tegen microfonie worden gebruikt in versterkers, bij een zodanige gevoeligheid, dat het ingangssignaal dat nodig is voor maximum uitgangsendergie, groter is dan 5 mV, vooropgesteld dat de geluidstrillingen die de buis kunnen bereiken niet groter zijn dan die van een luidspreker met een acoustisch rendement van 5%, waaraan 5 watt energie wordt toegevoerd en die op 10 cm van de buis is opgesteld. Deze laatste conditie komt natuurlijk bij een versterkerinstallatie hoogst zelden voor; alleen in apparatuur waarbij luidspreker en versterker in één kast zijn ondergebracht. Bij grotere versterkers bevinden de luidsprekers zich als regel op grote afstand van de versterker.

In alle gevallen dus waarin de EF 40 wordt gebruikt onder soortgelijke of gunstiger condities dan boven beschreven, behoeft men geen maatregelen tegen microfonie te treffen. Wordt evenwel een grotere gevoeligheid geëist, dan moeten er wel maatregelen worden genomen, bijv. door het aanbrengen van een verende buishouder en/of het plaatsen van een geluiddempende afschermkap over de buis.

In de EF 40 zijn ook speciale maatregelen tegen brom getroffen. Het resultaat hiervan is, dat de equivalente bromspanning op het stuurrooster minder is dan 5 μ V, bij een impedantie in de stuurroosterketen van 1 M Ω en wisselstroomvoeding van de gloeidraad met een frequentie van 50 p/s.

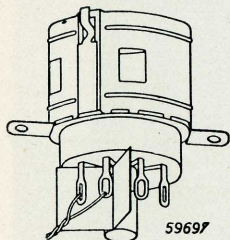


Fig. 6

Deze equivalente bromspanning moet als volgt worden opgevat: Veronderstel dat we de buis voeden met gelijkstroom; dan zal geen brom worden gehoord. Bij wisselstroomvoeding van de gloeidraad treedt evenwel een zekere mate van brom op, die we als een kleine wisselspanning aan de anode van de buis kunnen meten. Om nu bij een met gelijkstroom gevoede buis zulk een bromspanning aan de anode te kunnen meten, moeten we op het stuurrooster een zeer kleine wisselspanning aanleggen. Deze wisselspanning nu is bij de EF 40 kleiner dan 5 μ V. Het midden van de gloeistroomwikkeling van de transformator is bij deze meting geard.

Om bij de montage in een versterker de brom tot een minimum te beperken, is het nodig de gloeidraadverbindingen in elkaar te draaien. Bovendien is een doelmatige afscherming nodig. Hiertoe kan men een afschermplaatje op de middenbus van de buishouder solderen en dit plaatje om de gloeistroomverbindingen buigen, op de manier die in fig. 6 is aangegeven. Om lekstroom te voorkomen, moet een buishouder van uitstekende kwaliteit worden gebruikt, bijv. de Philips buishouder type 5904/03.

Over het algemeen zal de schakeling waarbij de negatieve roosterspanning wordt verkre-

gen door een hoge roosterlekweerstand, met weglating van de kathodeweerstand minder brom veroorzaken dan de schakeling met kathodeweerstand.

Uit het bovenstaande blijkt, dat de EF 40 uitstekend geschikt is als microfoon-voorversterkbuis. In een volgend hoofdstuk behandelen wij verscheidene versterkerschema's waarin de buis als zodanig wordt gebruikt.

De karakteristieke gegevens, de instelgegevens en de grafieken van de EF 40 volgen hier.

Gegevens van de L.F. penthode EF 40

Gloeidraadgegevens

Voeding: indirect, met gelijk- of wisselstroom; serie- of parallelvoeding.

Gloeispanning V_f = 6,3 V

Gloeistroom I_f = 0,2 A

Capaciteiten (gemeten aan de koude buis)

Ingangscapaciteit C_{g1} = 3,8 pF

Uitgangscapaciteit C_a = 5 pF

Capaciteit tussen anode en stuurrooster C_{ag1} < 0,04 pF

Capaciteit tussen stuurrooster en gloeidraad C_{g1f} < 0,002 pF

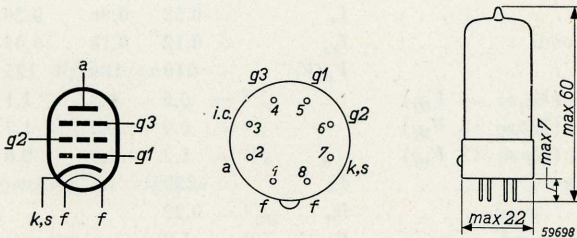


Fig. 7

Electrodenschema, elektrodenaansluitingen en max. afmetingen in mm.

Karakteristieke gegevens

Anodespanning V_a = 250 V

Spanning op het derde rooster V_{g3} = 0 V

Schermroosterspanning V_{g2} = 140 V

Stuurroosterspanning V_{g1} = -2 V

Anodestroom I_a = 3,0 mA

Schermroosterstroom I_{g2} = 0,55 mA

Steilheid S = 1,85 mA/V

Inwendige weerstand R_i = 2,5 MΩ

Versterkingsfactor van het tweede rooster t.o.v. het eerste rooster μ_{g2g1} = 38

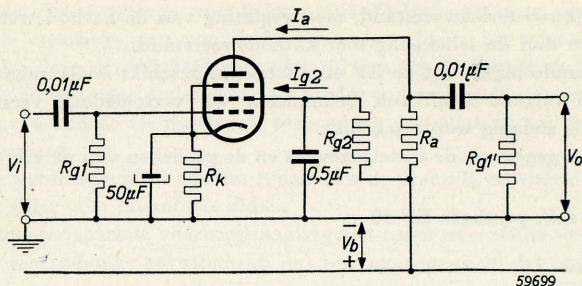


Fig. 8

Instelling voor het gebruik als L.F. versterker (zie fig. 8)

Voedingsspanning	V_b	= 250	250	100	100 V
Anodeweerstand	R_a	= 0,33	0,22	0,33	0,22 MΩ
Schermroosterweerstand	R_{g2}	= 1,5	1,0	1,2	1,0 MΩ
Stuurrooster-lekweerstand	R_{g1}	= 1	1	1	1 MΩ
Stuurrooster-lekweerstand van de volgende buis	R_{g1}'	= 1	1	1	1 MΩ
Kathodeweerstand	R_k	= 2,2	1,5	4,7	3,3 kΩ
Anodestroom	I_a	= 0,58	0,86	0,20	0,28 mA
Schermroosterstroom	I_{g2}	= 0,12	0,18	0,05	0,06 mA
Versterking	V_o/V_i	= 210	180	125	120
Vervorming	$\left\{ \begin{array}{l} d_{tot} (V_0 = 4 V_{eff}) \\ d_{tot} (V_0 = 8 V_{eff}) \\ d_{tot} (V_0 = 12 V_{eff}) \end{array} \right.$	= 0,6	0,5	1,1	1,1 %
		= 0,9	0,7	1,7	1,6 %
		= 1,2	1,0	2,6	2,5 %
Voedingsspanning	V_b	= 250			100 V
Anodeweerstand	R_a	= 0,22			0,22 MΩ
Schermroosterweerstand	R_{g2}	= 1,2			1,2 MΩ
Stuurrooster-lekweerstand	R_{g1}	= 10			10 MΩ
Stuurrooster-lekweerstand van de volgende buis	R_{g1}'	= 0,68			0,68 MΩ
Kathodeweerstand	R_k	= 0			0 kΩ
Anodestroom	I_a	= 0,9			0,3 mA
Schermroosterstroom	I_{k2}	= 0,17			0,06 mA
Versterking	V_o/V_i	= 200			130
Vervorming	$\left\{ \begin{array}{l} d_{tot} (V_0 = 4 V_{eff}) \\ d_{tot} (V_0 = 8 V_{eff}) \\ d_{tot} (V_0 = 12 V_{eff}) \end{array} \right.$	< 1			= 1,2 %
		< 1			= 1,8 %
		< 1			= 3,0 %

Bij deze laatste instelling wordt de voorspanning van het stuurrooster verkregen door middel van de roosterlekweerstand (kathodeweerstand is weggelaten). De gegevens zijn geldig voor het geval dat de inwendige weerstand van de spanningsbron voor de ingangswisselspanning 0 ohm bedraagt. Is deze inwendige weerstand ongeveer 2 MΩ, dan blijven de

bovenstaande getallen geldig, met uitzondering van de vervorming, welke met ongeveer 1% toeneemt.

Teneinde bij deze schakeling de ingangswisselspanning te kunnen berekenen indien de spanningsbron hiervan een inwendige weerstand bezit, is het noodzakelijk te vermelden dat de ingangsdemping van de EF 40 in deze schakeling ongeveer 6 MΩ bedraagt.

Instelgegevens voor het gebruik als L.F. versterker in triodeschakeling (schermrooster verbonden met de anode)

Voedingsspanning	V_b	=	250	250	100	100	V
Anodeweerstand	R_a	=	0,22	0,1	0,22	0,1	MΩ
Stuurrooster-lekweerstand	R_{g1}	=	1	1	1	1	MΩ
Stuurrooster-lekweerstand van de volgende buis	R_{g1}'	=	1	1	1	1	MΩ
Kathodeweerstand	R_k	=	1,8	1,2	4,7	2,7	kΩ
Anodestroom	I_a	.	0,84	1,5	0,27	0,47	mA
Versterking	V_o/V_i	=	31	29	27	26	
Vervorming	$\left\{ \begin{array}{l} d_{tot} (V_o = 4 V_{eff}) \\ d_{tot} (V_o = 8 V_{eff}) \\ d_{tot} (V_o = 12 V_{eff}) \end{array} \right.$	=	0,6	0,6	1,0	1,0	%
		=	0,8	0,7	1,5	1,7	%
		=	1,1	1,0	1,8	2,2	%

Grensgegevens

Anodespanning in afgeknepen toestand	V_{a0}	= max.	550	V
Anodespanning	V_a	= max.	300	V
Anodedissipatie	W_a	= max.	1	W
Schermroosterspanning in afgeknepen toestand	V_{g20}	= max.	550	V
Schermroosterspanning	V_{g2}	= max.	200	V
Schermroosterdissipatie	W_{g2}	= max.	0,2	W
Kathodestroom	I_k	= max.	6	mA
Stuurroosterspanning bij het beginpunt van roosterstroom	$V_{g1}(I_{g1} = + 0,3 \mu A)$	= max.	-1,3	V
Uitwendige weerstand	$R_{g1}(W_a < 0,2 W)$	= max.	10	MΩ
	$R_{g1}(W_a > 0,2 W)$	= max.	3	MΩ ¹⁾
Uitwendige weerstand tussen gloeidraad en kathode	R_{fk}	= max.	20	kΩ
Spanning tussen gloeidraad en kathode	V_{fk}	= max.	100	V

1) Indien de voorspanning van het stuurrooster alleen door middel van de roosterlekweerstand wordt verkregen, mag R_{g1} max. 22 MΩ zijn.

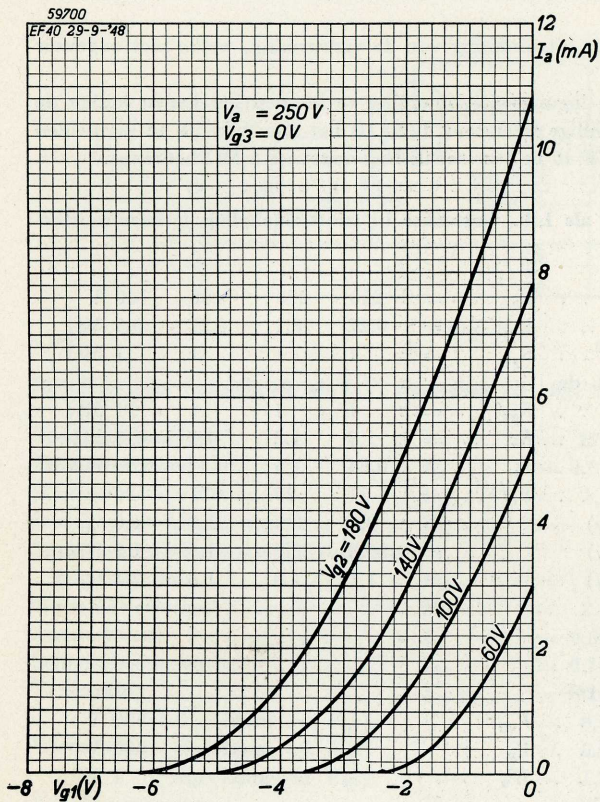


Fig. 9
Anodestroom (I_a) als functie van de negatieve stuurrooster-spanning (V_{g1}) bij verschillende schermroosterspanningen (V_{g2}). Anodespanning (V_a) = 250 V.

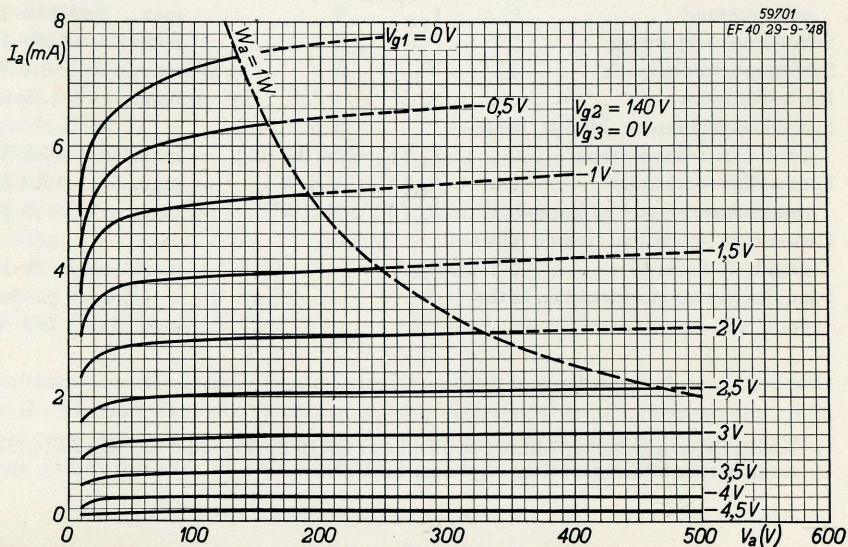


Fig. 10
Anodestroom (I_a) als functie van de anodespanning (V_a) bij verschillende negatieve stuurroosterspanningen (V_{g1}). Schermroosterspanning (V_{g2}) = 140 V. Door de gestippelde kromme wordt de maximale anodedissipatie ($W_a = 1 W$) aangeduid.

ECC 40 dubbele triode

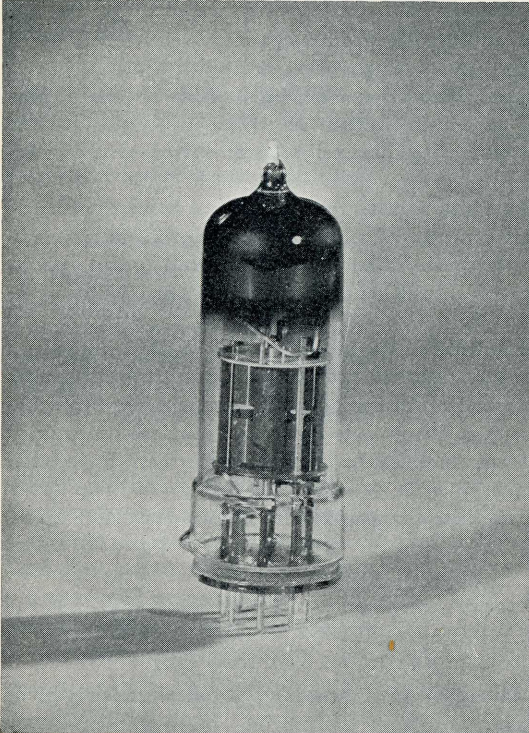


Fig. 11. De dubbele triode ECC 40.

De ECC 40 is een indirect verhitte, dubbele triode met gescheiden kathoden en gemeenschappelijke gloeidraad. De gloei-spanning is 6,3 volt en de gloei-stroom 0,6 ampère. Deze buis is in de eerste plaats bedoeld als L.F. versterker, waarbij bijv. de beide buishelften in cascade geschakeld kunnen worden of de ene helft als voorversterkbuis fungeert, en de andere helft als fase-omkeerbuis wordt gebruikt. Dit zijn evenwel niet de enige mogelijkheden; er zijn talloze andere. In de eerste plaats kunnen de beide anoden parallel worden geschakeld, om bijv. de door een microfoon en een pick-up geleverdeingangswisselspanningen te mengen.

Verder kan de ECC 40 als eindbuis voor een klein vermogen worden gebruikt. Als klasse A-versterker is het nuttig uitgangsvermogen 280 mW per systeem bij een vervorming van 8,5 %. Als klasse AB-balansversterker is het uitgangsvermogen

520 mW bij slechts 1% vervorming. In deze schakeling is de ECC 40 zeer bruikbaar als eindbuis in een band-opneemapparaat, waarbij slechts een betrekkelijk klein uitgangsvermogen nodig is. De toepassingsmogelijkheden van de ECC 40 in meetapparaten, televisieontvangers, telapparaten e.d. vallen buiten het bestek van dit werkje en zullen dus niet worden besproken.

De steilheid van de buis is 2,9 mA/V per systeem en de versterkingsfactor is 32; een behoorlijke L.F.versterking is aldus gewaarborgd. De capaciteiten tussen beide helften zijn klein gehouden, wat vooral van belang is als de beide buishelften in cascade worden geschakeld. Op deze wijze kan namelijk een zeer hoog versterkingscijfer worden bereikt: $780 \times$. In dit geval is het gevaar voor genereren niet denkbeeldig; aan de bedrading moet dus de uiterste zorg worden besteed, en het aanbrengen van een afschermplaatje op de middenbus van de buishouder, om de aansluitingen en verbindingen van de beide buishelften van elkaar af te screenen, is gewenst. Mocht onverhoopt de schakeling toch nog genereren, dan kan dit worden onderdrukt door het aanbrengen van een neutrodyne condensator tussen roos-

ter en anode van de eerste buishelft. De waarde van deze condensator moet ongeveer 4 pF zijn en hij kan worden gemaakt door het in elkaar draaien van twee stukjes geïsoleerd montage draad.

Uit een oogpunt van brom is het niet onverschillig welke buishelft als eerste buis wordt gebruikt. De in het aansluitdiagram met een accent gemerkte elektroden behoren, wat de toepassing betreft, tot de tweede buishelft. Deze zal men dus bij voorkeur als tweede buis in de cascadeschakeling gebruiken, of als faze-omkeerbuis in een balansversterker. Deze helft kan ook voor andere doeleinden dienen, bijv. als gelijkrichter voor de neg. rooster spanning in een klasse B-versterker, enz.

De toelaatbare gevoeligheid i.v.m. microfonie, gemeten op de wijze als beschreven bij de EF 40, bedraagt 50 mV. Als een grotere gevoeligheid noodzakelijk is, dus kleiner ingangssignaal voor maximum output van de versterker, of bij ongunstige opstelling van de buis, is verende opstelling van de buishouder en eventueel het aanbrengen van een geluidempende afschermkap over de buis noodzakelijk.

Om het brommen zoveel mogelijk te onderdrukken, kan het nodig zijn over de gloeidraad een draadgewonden potentiometer te schakelen, waarvan het variabele contact wordt geaard. Hiermee kan het brommen op minimale sterkte worden ingesteld. Deze maatregel kan gunstig zijn voor alle buizen in de voortrappen. Voorts is het gunstig de impedantie voor de bromfrequentie in de roosterketen zo laag mogelijk te houden. Indien deze impedantie niet groter wordt gemaakt dan 0,3 MΩ, zal men in de regel geen hinder van brom onder vinden. De karakteristieke gegevens, de instelgegevens en de grafieken van de ECC 40 volgen hier:

Gegevens van de dubbele triode ECC 40

Gloeidraadgegevens

Voeding: indirect met gelijk of wisselstroom; parallelvoeding. De gloeidraden van de beide systemen zijn parallel geschakeld.

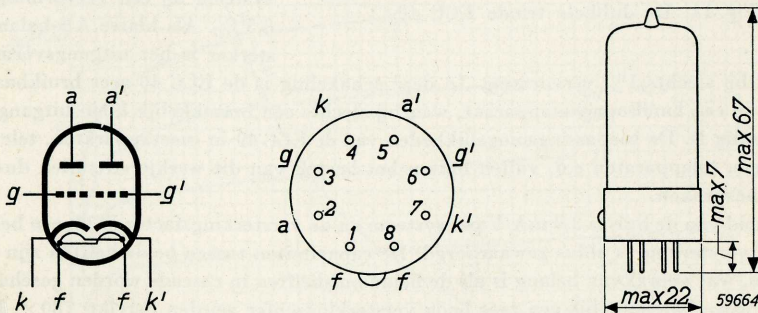


Fig. 12

Electrodenschema, elektrodenaansluitingen en max. afmetingen in mm.

Gloeispanning	V_f	=	6,3 V
Gloeistroom	I_f	=	0,6 A

Capaciteiten (gemeten aan de koude buis)*Eerste triodesysteem*

Ingangscapaciteit	C_g	=	2,8 pF
Uitgangscapaciteit	C_a	=	1,1 pF
Capaciteit tussen rooster en anode . .	C_{ag}	=	2,7 pF
Capaciteit tussen rooster en gloei- draad	C_{gf}	<	0,1 pF
Capaciteit tussen kathode en gloei- draad	C_{kf}	=	3 pF

Tweede triodesysteem

Ingangscapaciteit	C'_g	=	2,6 pF
Uitgangscapaciteit	C'_a	=	0,7 pF
Capaciteit tussen rooster en anode . .	C'_{ag}	=	2,8 pF
Capaciteit tussen rooster en gloei- draad	C'_{gf}	<	0,1 pF
Capaciteit tussen kathode en gloei- draad	C'_{kf}	=	3 pF

Tussen de beide triodesystemen

Capaciteit tussen de beide anoden . .	$C_{aa'}$	<	0,8 pF
Capaciteit tussen de beide roosters . .	$C_{gg'}$	<	0,1 pF
Capaciteit tussen anode van systeem I en rooster van systeem II	$C_{ag'}$	<	0,1 pF
Capaciteit tussen anode van systeem II en rooster van systeem I	C'_{ag}	<	0,1 pF

Karakteristieke gegevens van de ECC 40 (één systeem)

Anodespanning	V_a	=	250 V
Kathodeweerstand	R_g	=	920 Ω
Anodestroom	I_a	=	6 mA
Steilheid	S	=	2,9 mA/V
Inwendige weerstand	R_i	=	11 k Ω
Versterkingsfactor	μ	=	32

Grensgegevens van de ECC 40 (per systeem)

Anodespanning in afgeknepen toe- stand	V_{a0}	= max.	550 V
Anodespanning	V_a	= max.	300 V
Anodedissipatie	W_a	= max.	1,5 W
Roosterdissipatie	W_g	= max.	0,1 W
Kathodestroom	I_k	= max.	10 mA
Roosterspanning bij het beginpunt van roosterstroom	$V_g(I_g = +0,3 \mu A)$	= max.	-1,3 V
Uitwendige weerstand in de rooster- leiding	R_g	= max.	1 M Ω

Uitwendige weerstand tussen gloei- draad en kathode	R_{fk}	= max.	0,15 M Ω
Spanning tussen gloeidraad en katho- de	$\left\{ \begin{array}{l} V_{fk}(k \text{ pos, } f \text{ neg}) \\ V_{jk}(k \text{ neg, } f \text{ pos}) \end{array} \right.$	= max.	175 V
		= max.	100 V

De ECC 40 als L.F. versterker

A. Instelgegevens als L.F. versterker (één systeem; zie fig. 13)

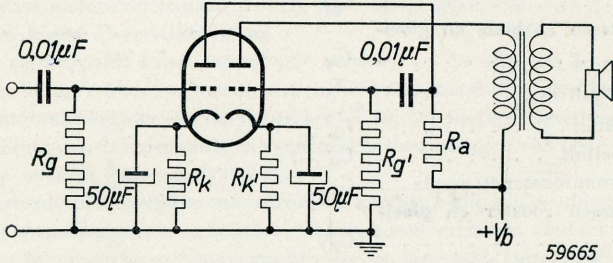


Fig. 13

Voedingsspanning	V_b	= 250	250 V
Anodeweerstand	R_a	= 0,1	0,22 M Ω
Kathodeweerstand	R_k	= 2,2	2,2 k Ω
Roosterweerstand	R_g	= 1	1 M Ω
Roosterweerstand (2)	$R_{g'}$	= 0,33	0,68 M Ω
Anodestroom	I_a	= 1,4	0,9 mA
Uitgangswisselspanning	V_0	= 30	18 V
Versterking	V_0/V_i	= 24	25
Vervorming	d_{tot}	= 2,2	1,3 %

B. Instelgegevens als L.F. versterker (twee systemen in cascade; zie fig. 14)

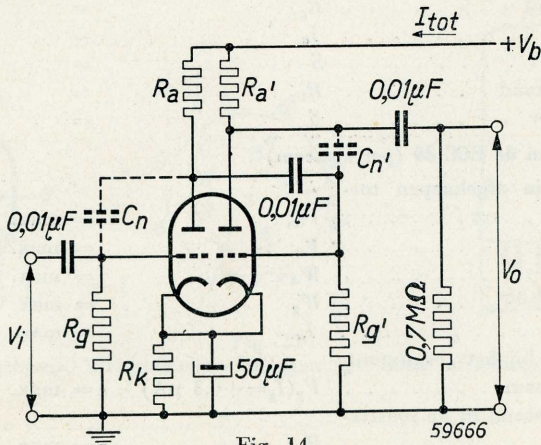


Fig. 14

Voedingsspanning	V_b	= 250	250 V
Anodeweerstand eerste systeem . .	R_a	= 0,22	0,22 M Ω
Anodeweerstand tweede systeem . .	R_a'	= 0,1	0,22 M Ω
Totale anodestroom	I_{tot}	= 2,5	2,0 mA
Uitgangswisselspanning	V_o	= 30	18 V
Versterking	V_o/V_i	= 740	780
Vervorming bij $V_o=30 V_{eff}$. . .	$d_{tot}(V_o=30 V_{eff})$	= 1,9	1,2 %

Indien de bedrading van deze schakeling zorgvuldig wordt uitgevoerd, is het mogelijk (ondanks de grote versterking) de versterker stabiel op te bouwen. In geval van moeilijkheden kan men echter tussen de anode en het rooster van een der triodesystemen een neutrodyne condensator (C_n of C_n') aanbrengen. De waarde van deze condensator moet ongeveer 4 pF bedragen, welke waarde onafhankelijk is van de frequentie.

DE ECC 40 ALS EINDVERSTERKER

A. Instelgegevens als klasse A-eindversterker (één systeem; zie fig. 13)

Anodespanning	V_a	=	250 V
Kathodeweerstand	R_k	=	920 Ω
Anodestroom	I_a	=	6,0 mA
Steilheid	S	=	2,9 mA/V
Inwendige weerstand	R_i	=	11 k Ω
Versterkingsfactor	μ	=	32
Belastingsweerstand	R_a	=	15 k Ω
Uitgangsvermogen	W_o	=	280 mW
Vereiste ingangswisselspanning . .	V_i	=	3,9 V $_{eff}$
Vervorming	d_{tot}	=	8,5 %

B. Instelgegevens als klasse A-balansversterker (twee systemen; zie fig. 15)

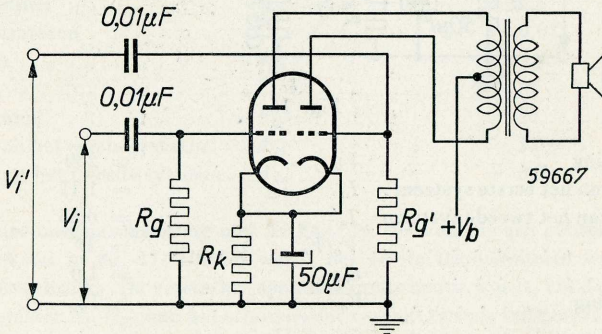


Fig. 15

Anodespanning	V_a	=	250	V
Kathodeweerstand	R_k	=	560	Ω
Belastingsweerstand	R_{aa}'	=	30	k Ω
Ingangswisselspanning	V_i	=	0 4,0 V_{eff}	
Anodestroom	I_a	=	$2 \times 5,2$	$2 \times 5,6$ mA
Uitgangsvermogen	W_o	=	0	520 mW
Vervorming	d_{tot}	=	—	1,0 %

DE ECC 40 ALS VERSTERKER EN FAZE-OMKEERBUIS

Zoals bekend mag worden ondersteld, is het voor de goede werking van een balanseindtrap in een versterker of een ontvangapparaat noodzakelijk, aan de stuurroosters van de beide eindbuizen gelijke, maar in fase tegengestelde ingangswisselspanningen toe te voeren. Voor het verkrijgen van deze spanningen is het tegenwoordig bij netapparaten gebruikelijk een schakeling met twee buissystemen en de nodige weerstanden en condensatoren te gebruiken. Het spreekt welhaast vanzelf dat de buis ECC 40, waarbij deze twee buissystemen in één ballon zijn ondergebracht, voor een dergelijke schakeling bij uitstek geschikt is. Hierachter zullen dan ook enige schakelingen worden besproken, waarin de ECC 40 wordt gebruikt als versterker en faze-omkeerbuis. (Zie fig. 16).

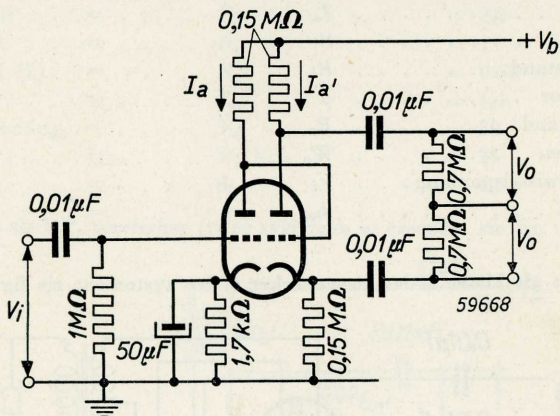


Fig. 16

Voedingsspanning	V_b	=	250	350 V
Anodestroom van het eerste systeem .	I_a	=	1,12	1,57 mA
Anodestroom van het tweede systeem	I_a'	=	0,55	0,78 mA
Versterking	V_o/V_i	=	27	27
Vervorming	d_{tot}	=	1,0	1,0 %
Uitgangsspanning	V_o	=	18	30 V_{eff}

In fig. 16 is een schakeling gegeven, waarbij het eerste triodesysteem als normale L.F.

versterker wordt gebruikt. De versterkte spanning wordt toegevoerd aan het tweede systeem, waarbij in de anode- en kathodeleidingen gelijke, onoverbrugde weerstanden zijn opgenomen; hierover ontstaan gelijke, maar in fase tegengestelde, spanningen, die via condensatoren aan de stuurroosters van de balanseindtrap worden toegevoerd. Daar bij deze schakeling het rooster van het tweede triodesysteem door de grote kathodeweerstand sterk negatief zou worden ingesteld, is dit rooster direct met de anode van het eerste systeem verbonden. De spanning op deze anode is door het kiezen van de juiste anodeweerstand zodanig ingesteld, dat het rooster van het tweede systeem t.o.v. de kathode de juiste voorspanning verkrijgt.

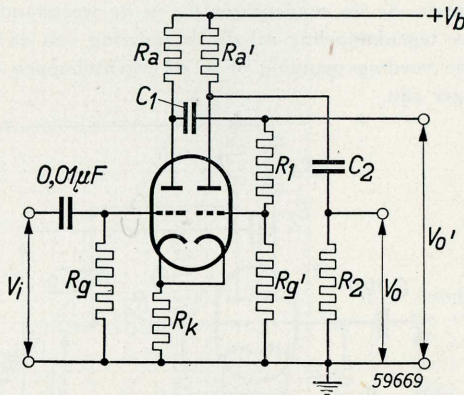


Fig. 17

Voedingsspanning	V_b	= 250	350 V
Gemeenschappelijke kathodeweerstand	R_k	= 1,0	0,75 k Ω
R_g, R_1, R_2 (zie fig. 17)	$R_g = R_1 = R_2$	= 0,7	0,7 M Ω
Tweede roosterweerstand	$R_{g'}$	= 27,3	26,6 k Ω
Anodeweerstanden	$R_a = R_{a'}$	= 0,1	0,1 M Ω
Koppelcondensatoren	$C_1 = C_2$	= 0,01	0,01 μ F
Totale stroom	I_{tot}	= 3,0	4,3 mA
Versterking	V_0/V_i	= 26	27,5
Uitgangsspanning	V_0	= 30	30 V
Vervorming van het eerste systeem	d_{tot}	= 1,5	1,1 %
Vervorming van het tweede systeem	d'_{tot}	= 0,5	0,3 %

Een tweede fase-omkeerschakeling met de ECC 40, die volgens een geheel ander principe werkt, is getekend in fig. 17. Hierbij wordt het eerste triodesysteem weer als normale L.F. versterker gebruikt. De versterkte spanning op de anode wordt, via de condensator C_1 en de potentiometer R_1, R_{g1} , aan het stuurrooster van het tweede triodesysteem toegevoerd. De versterkte spanningen V_0 en V_0' op de anoden van beide systemen worden via condensatoren (C_1 en C_2) toegevoerd aan de stuurroosters van de balanseindtrap.

Om te bereiken dat de spanningen V_0 en V_0' gelijk zijn, is het noodzakelijk dat de verhouding $(R_1 + R_g')/R_g'$ gelijk is aan de versterking van het tweede triodesysteem. Hierin schuilt een nadeel van deze schakeling. Indien nl. de versterking van het tweede triodesysteem om de een of andere reden verandert, zal V_0 niet meer gelijk zijn aan V_0' .

T.c.v. de voorgaande schakeling heeft deze schakeling echter het voordeel dat de kathodeweerstand niet behoeft te worden overbrugd. Daar namelijk de wisselstromen door de kathodeweerstand van de beide systemen gelijk, maar van tegengestelde fase zijn, zal de resulterende wisselstroom nul zijn.

Om het nadeel van de voorgaande schakeling te ondervangen, kan men de schakeling van fig. 18 toepassen. Hiertoe is bij het tweede triodesysteem gebruik gemaakt van tegenkoppeling door de anode via de condensator C_2 en de weerstand R_2 te verbinden met het rooster. Door deze tegenkoppeling zal de verandering van de versterking als gevolg van verandering in de voedingsspanning of in de eigenschappen van de buis tijdens de levensduur veel geringer zijn.

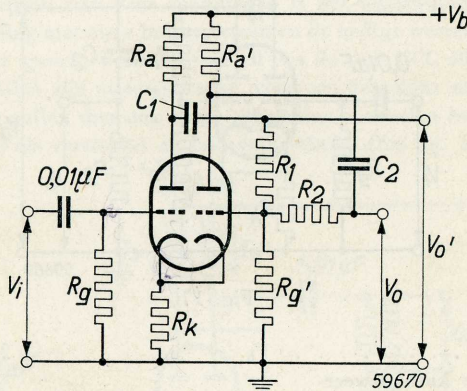


Fig. 18

Roosterweerstand	R_g'	= 0,7 MΩ
Tweede roosterweerstand	R_g'	= 0,22 MΩ
Anodewestanden	$R_a = R_a'$	= 0,15 MΩ
Kathodeweerstand	R_k	= 1,1 kΩ
R_1 (zie fig. 18)		= 0,41 MΩ
R_2		= 0,47 MΩ
Koppelcondensatoren	$C_1 = C_2$	= 0,02 μF

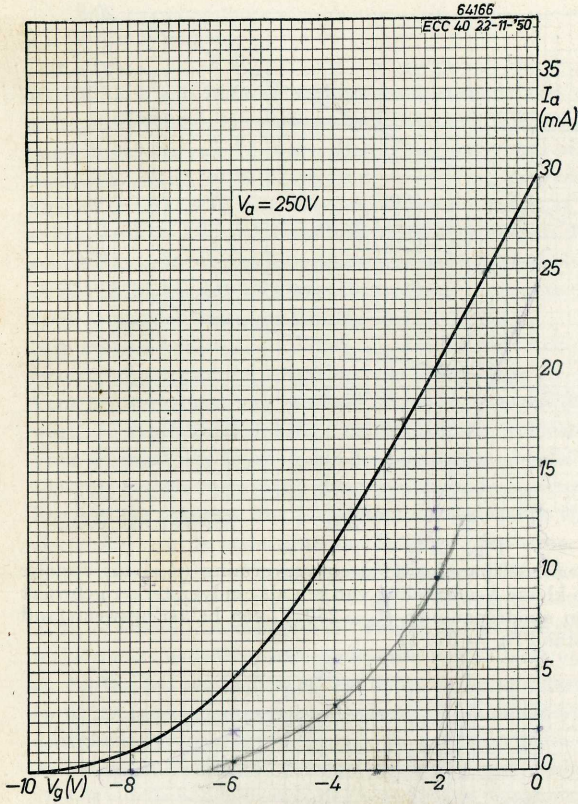
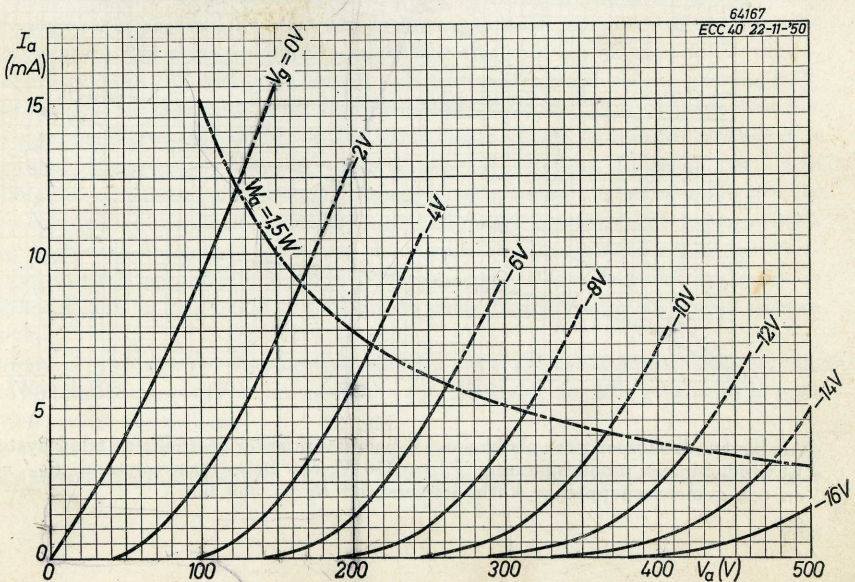


Fig. 19
Anodestroom (I_a) als functie van de negatieve roosterspanning (V_g), bij een anodespanning $V_a = 250$ V.

Fig. 20
Anodestroom (I_a) als functie van de anodespanning (V_a), bij verschillende negatieve roosterspanningen (V_g). Door de gestippelde kromme wordt de als maximum toelaatbare anodedissipatie $W_a = 1,5$ W aangeduid.



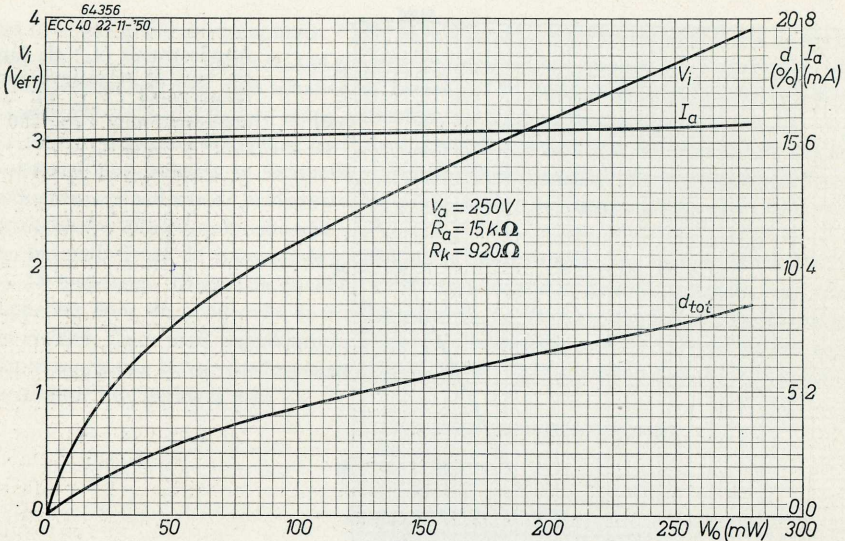


Fig. 21

Anodestroom (I_a), vereiste roosterwisselspanning (V_i) en vervorming (d_{tot}) als functie van het uitgangsvermogen (W_o) in klasse A-schakeling van een als eindversterker gebruikt triodesysteem der ECC 40, bij een anodespanning $V_a = 250$ V, een belastingsweerstand $R_a = 15$ k Ω en een kathodeweerstand $R_k = 870$ Ω .

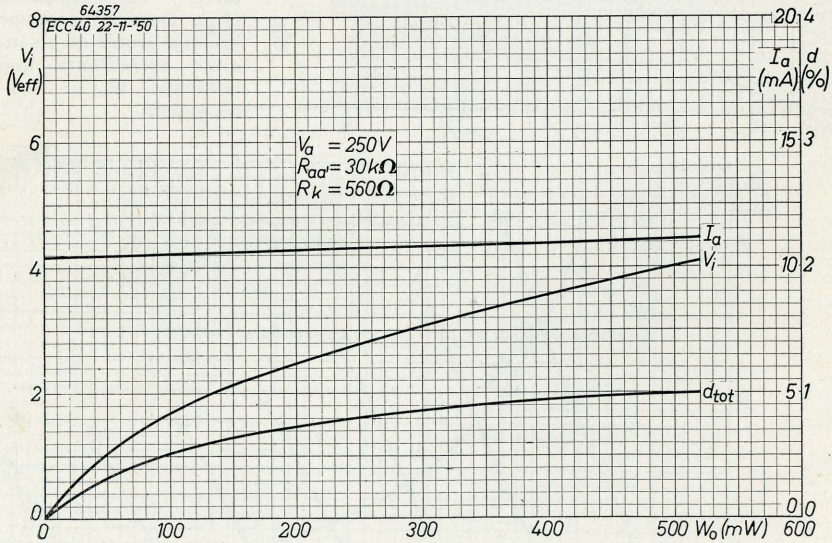


Fig. 22

Als boven, doch voor twee als klasse AB-balansversterker geschakelde triodesystemen der ECC 40, bij een anodespanning $V_a = 250$ V, een belastingsweerstand $R_{a'} = 30$ k Ω en een gemeenschappelijke kathodeweerstand $R_k = 550$ Ω .

EL 34 Eindpenthode

De EL 34 is een indirect verhitte eindpenthode met een grote steilheid, nl. 11 mA/V, en een maximaal toelaatbare anodedissipatie van 25 watt. Het is een universele eindpenthode, want ze is ontworpen zowel voor gebruik in kleine versterkers en luxe ontvangapparaten, waarin ze als enkele buis in klasse A-instelling wordt gebruikt, als voor gebruik in grote versterkers waarin ze als balans-eindversterker in klasse AB- of klasse B-instelling vermogens van resp. 35 watt en 100 watt kan afgeven.

Nog grotere vermogens kunnen worden bereikt door het twee aan twee parallel schakelen van buizen type EL 34. Voor het verkrijgen van een laag uitgangsvermogen (8-35 watt), is een betrekkelijk lage anodespanning voldoende. Voor de grote vermogens moet deze spanning evenwel tot 800 volt worden opgevoerd. Door een speciale samenstelling van de buisvoet was het desondanks mogelijk al de elektroden aan de onderzijde van de buis uit te voeren. Als buishouder wordt de Philips buishouder type 5903/12 aanbevolen, die eveneens tegen deze hoge spanningen bestand is. In de kolom „Grensegegevens” vinden we als maximum toelaatbare anodedissipatie een waarde van 25 watt opgegeven. Dit wil zeggen, dat bij een normale buis, ingesteld op de nominale spanningen, en waarbij de nominale waarden van onderdelen zijn toegepast, de anodedissipatie 25 watt niet te boven mag gaan. Nu wordt in de praktijk hieraan gewoonlijk niet voldaan, daar onderdelen zekere afwijkingen van de nominale waarden vertonen en de netspanning niet geheel constant is. Hiermee is evenwel rekening gehouden, en voor de bovengenoemde condities zijn enkele toleranties toegestaan. De anodedissipatie mag, ten gevolge van afwijkingen in de onderdelen, niet meer dan 15 % toenemen, terwijl voor schommelingen in de netspanning 10% is toegestaan. De als maximum toelaatbare anodedissipatie van 25 watt geldt voor het geval er geen ingangswisselspanning op het stuurrooster van de buis staat. Uiteraard is dit alleen van belang voor de klasse A- en de klasse AB-instelling. In geval van klasse B-instelling zal de anodedissipatie zonder ingangswisselspanning veel minder dan 25 watt bedragen en wordt de maximale anodedissipatie theoretisch bereikt als de ingangswisselspanning $2/\pi$ maal de waarde heeft van de ingangswisselspanning die voor volle uitsluiting van de eindtrap nodig is. Daar in geluidsversterkers deze toestand maar nu en dan voorkomt, kan in dat geval een maximale anodedissipatie van 27,5 watt worden toegestaan.

Wordt evenwel een klasse B-versterker gebruikt met een constante ingangswisselspanning, zoals dit bijv. in meetapparatuur het geval kan zijn, dan geldt de reeds genoemde 25 watt als het maximaal toelaatbare.

Voor de schermroosterdissipatie, die zonder ingangswisselspanning 6 watt mag bedragen, en bij maximaal uitgangsvermogen 12 watt, gelden overeenkomstige bepalingen als voor

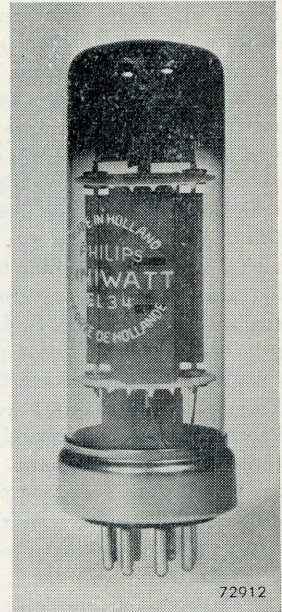


Fig. 23
De Eindpenthode EL 34

de anodedissipatie. Het spreekt vanzelf, dat een betrekkelijk kleine buis als de EL 34, waarin vrij grote vermogens aan anode en schermrooster worden gedissipeerd (d.w.z. in warmte worden omgezet), een behoorlijke koeling moet hebben. Daarom moet de buis verticaal worden opgesteld, en wel zó, dat de lucht vrij langs de ballon kan stromen. De onderlinge afstand tussen twee buizen EL 34 moet minstens zo groot zijn als de buisdiameter. Verder moet de buis op minstens $\frac{3}{4}$ buisdiameter van de wanden van de kast of van andere onderdelen zijn opgesteld. De voedingstransformator en de gelijkrichtbuizen, die zeer warm kunnen worden, moeten ook van de eindbuizen verwijderd blijven, evenals weerstanden waarin een aanzienlijk vermogen wordt gedissipeerd.

Om de juiste instelling van een klasse AB-balansschakeling te bepalen kan men gebruik maken van de grafiek die in fig. 30 is afgebeeld. Hierin ziet men hoe de belastingsweerstand, het maximale uitgangsvermogen en de kathodeweerstand veranderen met de voedingspanning. Aangenomen is, dat in de schermroosterleiding van de beide buizen EL 34 een gemeenschappelijke weerstand van 500 ohm is opgenomen. Verder wordt er gerekend op een gelijkspanningsval van 25 volt in de uitgangstransformator, bij volle uitswing.

Bij voedingsspanningen hoger dan 400 volt heeft een klasse AB-instelling weinig zin. Men kan nl. de kathodeweerstand niet kleiner maken dan de waarde waarbij de als maximum toelaatbare anodedissipatie, zonder ingangswisselspanning, juist wordt bereikt. Zodoende zal het maximale uitgangsvermogen bij hogere spanning maar weinig toenemen, want de klasse B-instelling wordt reeds bereikt voordat de buis volledig is uitgestuurd. De kosten, nodig voor het verkrijgen van een hogere anodespanning worden op deze wijze niet goed gemaakt.

Bij klasse A- en bij klasse AB-instelling wordt de negatieve rooster spanning meestal verkregen door middel van een kathodeweerstand. In dit geval mag de roosterlekweerstand niet groter zijn dan 0,7 M Ω . Bij klasse B-instelling en in andere gevallen waarbij een vaste negatieve rooster spanning wordt aangelegd, mag deze weerstand een waarde van 0,5 M Ω niet te boven gaan.

Om parasitaire oscillaties te voorkomen, is het, in verband met de grote steilheid der EL 34, noodzakelijk de verbindingen naar de verschillende elektroden zo kort mogelijk te houden. Als men om de een of andere reden langere verbindingen moet maken, wat meestal het geval is, kan men in de stuurroosterleiding zo dicht mogelijk bij de buishouder een niet overbrugde weerstand van 1000 ohm opnemen en in de schermroosterleiding een dito weerstand van 100 ohm. De karakteristieke gegevens, de instelgegevens en de grafieken van de EL 34 volgen hier:

GEGEVENS VAN DE EINDPENTHODE EL 34

Gloeidraadgegevens

Voeding: indirect door gelijk- of wisselstroom; parallelvoeding.

Gloeispanning	V_f	=	6,3 V
Gloeistroom	I_f	=	1,5 A

Capaciteiten (gemeten aan de koude buis)

Ingangscapaciteit	C_{g1}	=	15,5 pF
Uitgangscapaciteit	C_a	=	7,2 pF
Capaciteit tussen stuurrooster en anode	C_{ag1}	=	1,0 pF

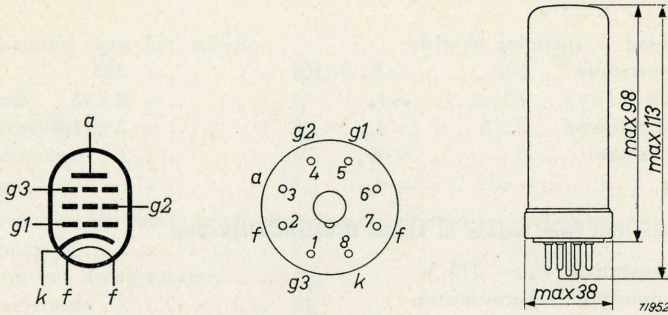


Fig. 24

Electrodenschema, elektrodenaansluitingen en max. afmetingen in mm.

Capaciteit tussen stuurrooster en gloeidraad	C_{g1f}	<	1,0 pF
Capaciteit tussen kathode en gloeidraad	C_{kf}	=	11 pF
Instelgegevens van één buis als klasse A-versterker			
Voedingsspanning	V_b	=	265 265 V
Anodespanning	V_a	=	250 250 V
Schermrooster-serieweerstand . . .	R_{g2}	=	2 0 kΩ
Spanning op het derde rooster . .	V_{g3}	=	0 0 V
Stuurroosterspanning	V_{g1}	=	-14,5 -13,5 V
Anodestroom	I_a	=	70 100 mA
Schermroosterstroom	I_{g2}	=	10 14,9 mA
Steilheid	S	=	9 11 mA/V
Versterkingsfactor van het 2e rooster t.o.v. het 1e rooster	μ_{g2g1}	=	11 11
Inwendige weerstand	R_i	=	18 15 kΩ
Aanpassingsweerstand	R_a	=	3 2 kΩ
Uitgangsvermogen bij het beginpunt van roosterstroom	$W_0(I_{g1} = + 0,3 \mu A)$	=	8 12 W
Vereiste ingangswisselspanning bij het voorgaande uitgangsvermogen	$V_i(I_{g1} = + 0,3 \mu A)$	=	9,3 8,7 V _{eff}
Vervorming bij het voorgaande uitgangsvermogen	$d_{tot}(I_{g1} = + 0,3)$	=	10 10 %
Gevoeligheid	$V_i(W_0 = 50 \text{ mW})$	=	0,65 0,5 V _{eff}
Instelgegevens van twee buizen in klasse AB-balansschakeling			
Aanpassingsweerstand	R_{aa}	=	3,4 kΩ
Gemeenschappelijke schermrooster-serieweerstand	R_{g2}	=	470 Ω
Kathodeweerstand	R_k	=	130 Ω
Spanning op het derde rooster . .	V_{g3}	=	0 V
Ingangswisselspanning	V_i	=	0 21 V _{eff}
Voedingsspanning	V_b	=	375 375 V

Anodespanning + spanning over de

kathodeweerstand	$V_a + V_{rk}$	= 355	350 V
Anodestroom	I_a	= 2×75	2×95 mA
Schermroosterstroom	I_{g2}	= $2 \times 11,5$	$2 \times 22,5$ mA
Uitgangsvermogen	W_0	= 0	35 W
Vervorming	d_{tot}	= —	5 %

Instelgegevens van twee buizen in klasse B-balansschakelingA. Voedingsspanning $V_b = 375$ V

Gemeenschappelijke schermrooster-

serieweerstand	R_{g2}	=	470	Ω
Stuurroosterspanning	V_{g1}	=	-32	V
Spanning op het derde rooster . .	V_{g3}	=	0	V
Ingangswisselspanning	V_i	=	0	22,7 22,7 V_{eff}
Aanpassingsweerstand	R_{aa}	=	—	2,8 3,8 k Ω
Voedingsspanning	V_b	=	375	375 350 V
Anodespanning	V_a	=	370	350 325 V
Anodestroom	I_a	=	2×35	2×120 2×93 mA
Schermroosterstroom	I_{g2}	=	$2 \times 4,7$	2×25 2×25 mA
Uitgangsvermogen	W_0	=	0	44 36 W
Vervorming	d_{tot}	=	—	5 6 %

B. Voedingsspanning $V_b = 425$ V

Gemeenschappelijke schermrooster-

serieweerstand	R_{g2}	=	1000	Ω
Stuurroosterspanning	V_{g1}	=	-38	V
Spanning op het derde rooster . .	V_{g3}	=	0	V
Ingangswisselspanning	V_i	=	0	27 27 V_{eff}
Aanpassingsweerstand	R_{aa}	=	—	3,4 4 k Ω
Voedingsspanning	V_b	=	425	425 400 V
Anodespanning	V_a	=	420	400 375 V
Anodestroom	I_a	=	2×30	2×120 2×100 mA
Schermroosterstroom	I_{g2}	=	$2 \times 4,4$	2×25 2×25 mA
Uitgangsvermogen	W_0	=	0	55 45 W
Vervorming	d_{tot}	=	—	5 6 %

C. Voedingsspanning $V_b = 800$ V

Gemeenschappelijke schermrooster-

serieweerstand	R_{g2}	=	750	Ω
Stuurroosterspanning	V_{g1}	=	-39	V
Spanning op het derde rooster . .	V_{g3}	=	0	V
Ingangswisselspanning	V_i	=	0	23,4 23,4 V_{eff}
Aanpassingsweerstand	R_{aa}	=	—	11 11 k Ω
Anodevoedingsspanning	V_{ba}	=	800	800 750 V
Anodespanning	V_a	=	795	775 725 V

Voedingsspanning van het schermrooster	V_{bg2}	=	400	400	375 V
Anodestroom	I_g	=	2×25	2×91	2×84 mA
Schermroosterstroom	I_{g2}	=	2×3	2×19	2×19 mA
Uitgangsvermogen	W_0	=	0	100	90 W
Vervorming	d_{tot}	=	—	5	6 %

Instelgegevens van één buis in triodeschakeling (schermrooster verbonden met anode)

Voedingsspanning	V_b	=		375 V
Spanning op het derde rooster	V_{g3}	=		0 V
Kathodeweerstand	R_k	=		370 Ω
Aanpassingsweerstand	R_a	=		3 k Ω
Anodestroom	I_a	=		70 mA
Uitgangsvermogen	W_0	=		6 W
Ingangswisselspanning	V_i	=		18,9 V _{eff}
Vervorming	d_{ot}	=		8 %

Instelgegevens van twee buizen als triode geschakeld in klasse AB- balansschakeling (van elke buis is het schermrooster verbonden met de anode)

Voedingsspanning	V_b	=	400	V
Spanning op het derde rooster	V_{g3}	=	0	V
Kathodeweerstand	R_k	=	220	Ω
Aanpassingsweerstand	R_{aa}	=	5	k Ω
Ingangswisselspanning	V_i	=	0	22 V _{eff}
Anodestroom	I_a	=	2×65	2×71 mA
Uitgangsvermogen	W_0	=	0	16,5 W
Vervorming	d_{tot}	=	—	3 %

Grensgegevens

Anodespanning in afgeknepen toestand	V_{ao}	= max.	2000 V
Anodespanning	V_a	= max.	800 V
Anodedissipatie zonder ingangssignaal	$W_a(V_i = 0)$	= max.	25 W
Anodedissipatie met ingangssignaal	$W_a(V_i > 0)$	= max.	27,5 W
Schermroosterspanning in afgeknepen toestand	V_{g2o}	= max.	800 V
Schermroosterspanning	V_{g2}	= max.	425 V
Schermroosterdissipatie zonder ingangssignaal	$W_{g2}(V_i = 0)$	= max.	6 W
Schermroosterdissipatie bij max. uitgangsvermogen	$W_{g2}(W_0 = \text{max.})$	= max.	12 W
Kathodestroom	I_k	= max.	150 mA
Beginpunt van de roosterstroom	$V_{g1}(I_{g1} = + 0,3 \mu\text{A})$	= max.	-1,3 V
Uitwendige weerstand tussen stuurrooster en kathode bij klasse A- en AB-schakeling	$R_{g1}(A, AB)$	= max.	0,7 M Ω

Uitwendige weerstand tussen stuurrooster en kathode bij klasse B-schakeling

$R_{g1}(B)$

= max.

0,5 M Ω

Uitwendige weerstand tussen gloeidraad en kathode

R_{fk}

= max.

20 k Ω

Spanning tussen gloeidraad en kathode

V_{fk}

= max.

100 V

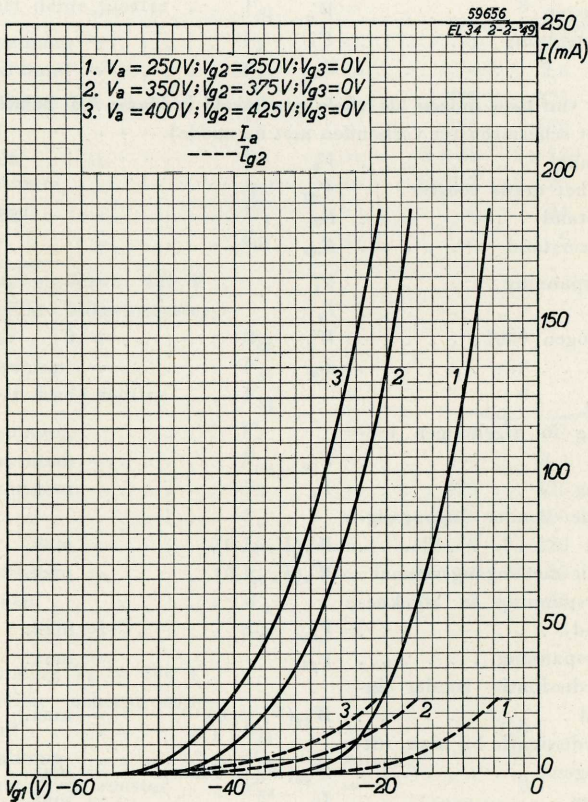
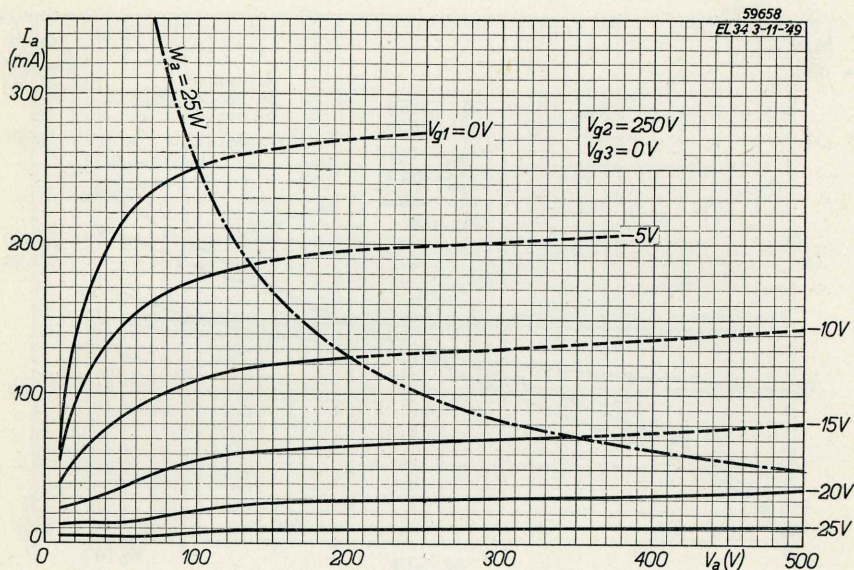
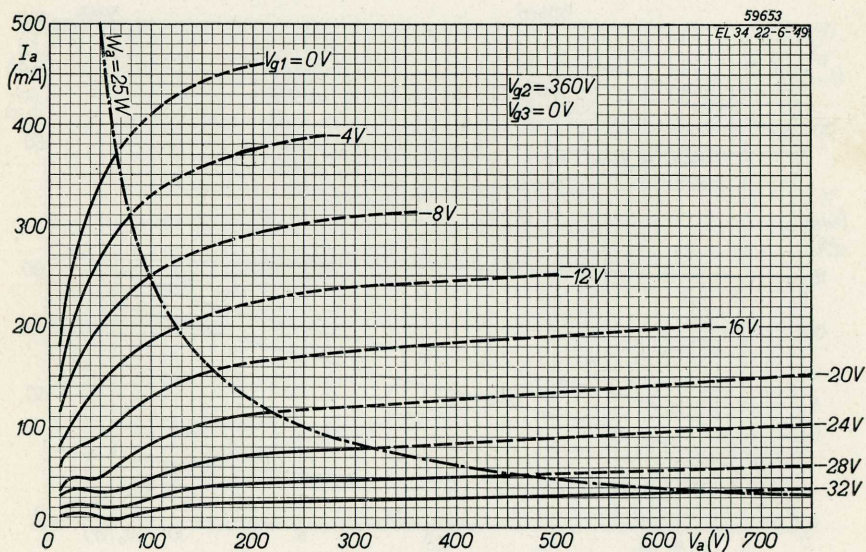


Fig. 25

Anodestroom (I_a) en schermroosterstroom (I_{g2}) van de EL 34 als functie van de negatieve stuurroosterspanning (V_{g1}), bij verschillende anode- en schermroosterspanningen.



I_a/V_a -karakteristieken van de EL 34, bij $V_{g2} = 250$ V.



I_a/V_a -karakteristieken van de EL 34, bij $V_{g2} = 360$ V.

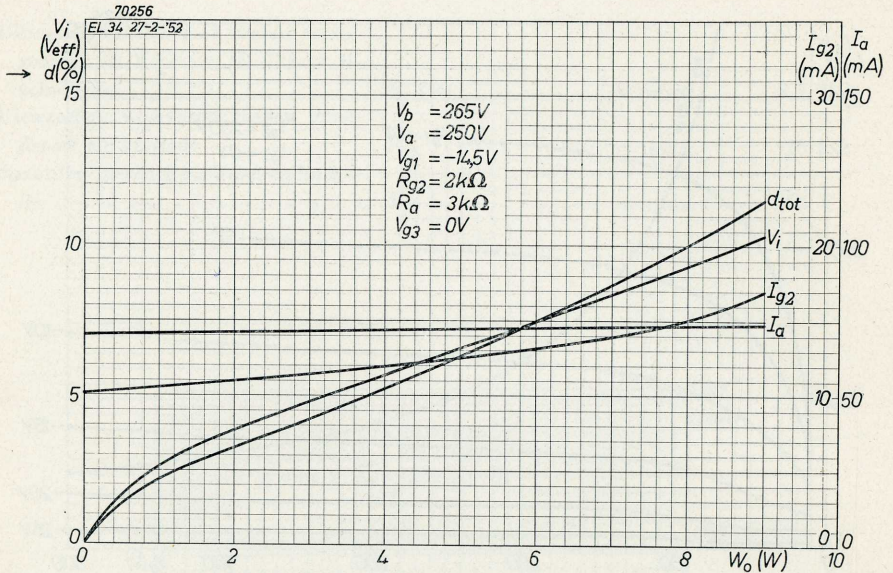


Fig. 28

Anodestroom (I_a), schermroosterstroom (I_{g2}), vereiste uitgangswisselspanning (V_i) en vervorming (d_{tot}) als functie van het uitgangsvermogen (W_o) in klasse A-schakeling, bij $V_b = 265$ V, $V_a = 250$ V, $R_{g2} = 2$ k Ω (8 W instelling).

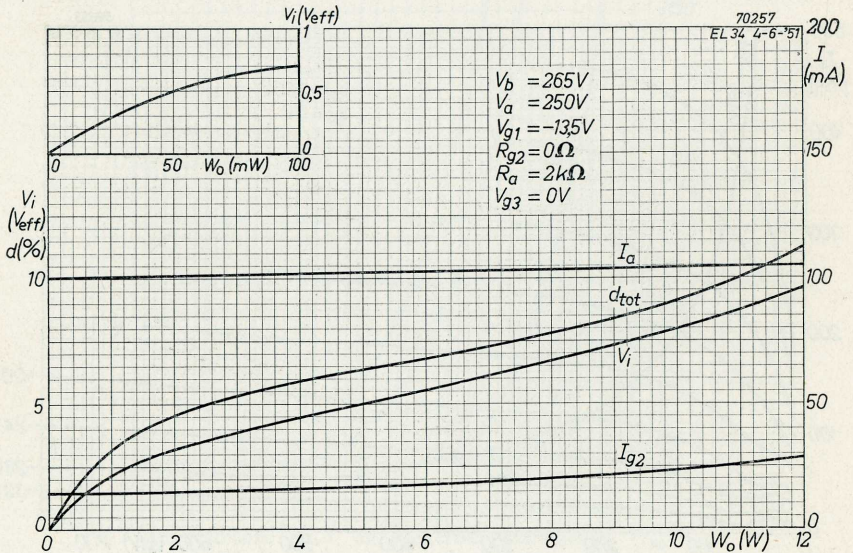


Fig. 29

Als fig. 28, echter bij 12 W instelling. In het figuurtje links boven is de vereiste ingangswisselspanning voor kleine uitgangsvermogens uitgezet.

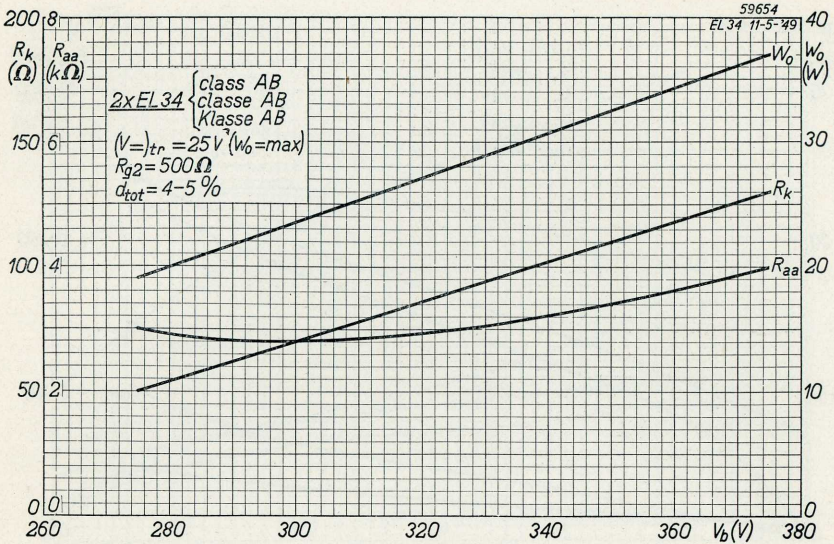


Fig. 30

Uitgangsvermogen (W_0), kathodeweerstand (R_k) en belastingsweerstand (R_{aa}) als functie van de voedingsspanning V_b , bij klasse AB-instelling van de EL 34. Aangenomen wordt dat het spanningsverlies in de luidsprekertransformator bij het grootste uitgangsvermogen 25 volt bedraagt; schermroosterseriëleweerstand $R_{g2} = 500 \Omega$.

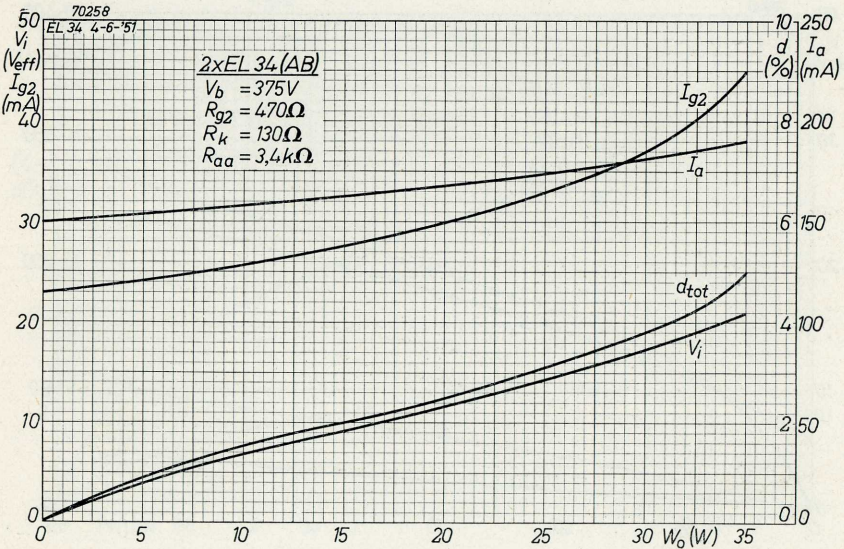


Fig. 31

Als fig. 28, voor klasse AB-instelling, bij een voedingsspanning van 375 volt.

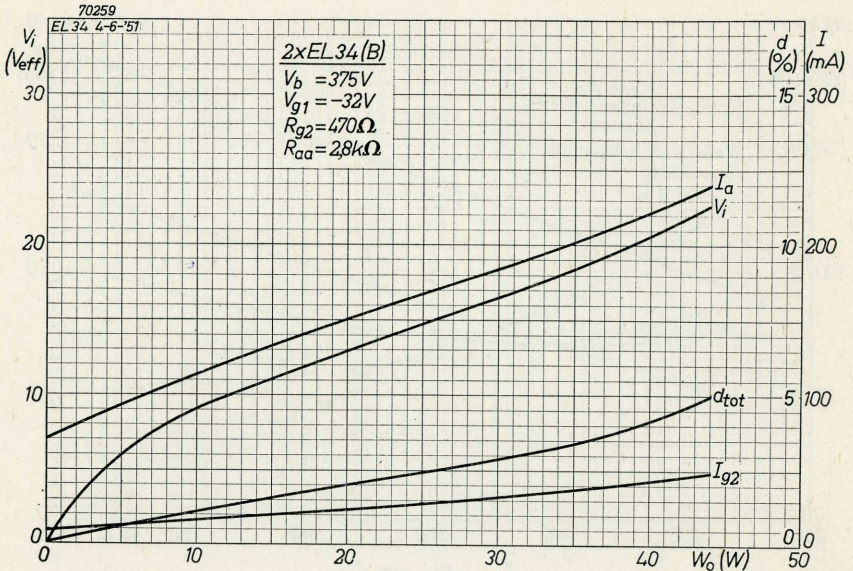


Fig. 32

Als fig. 28, voor klasse B-instelling, bij een voedingspanning van 375 volt.

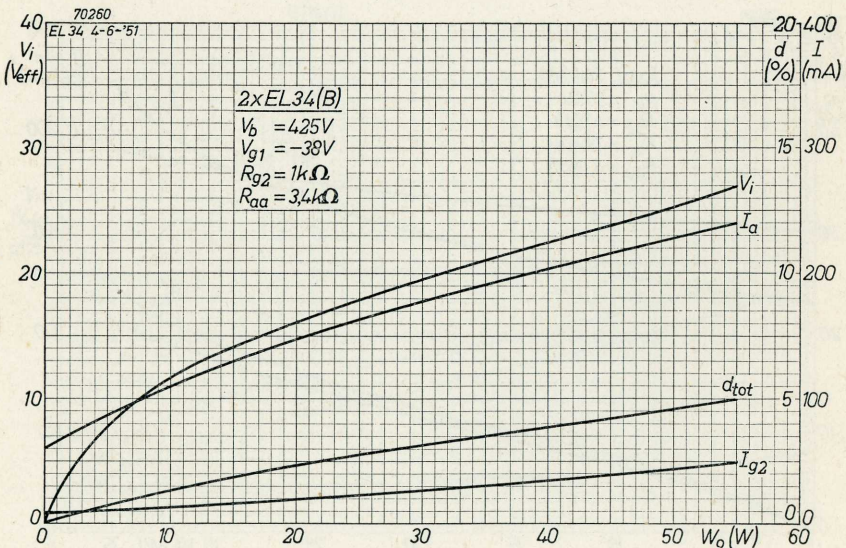


Fig. 33

Als fig. 28, voor klasse B-instelling, bij een voedingspanning van 425 volt.

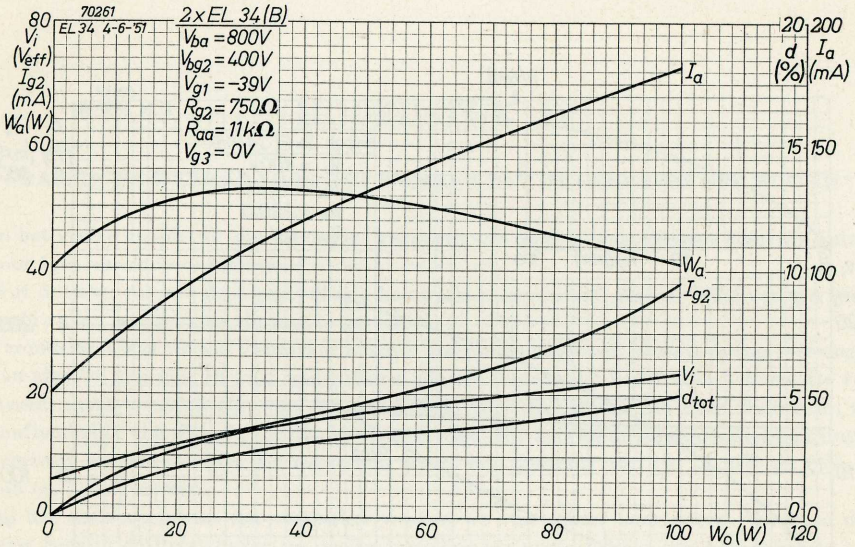


Fig. 34

Als fig. 28, voor klasse B-instelling, bij een voedingsspanning van 800 volt voor de anode en 400 volt voor het schermrooster.

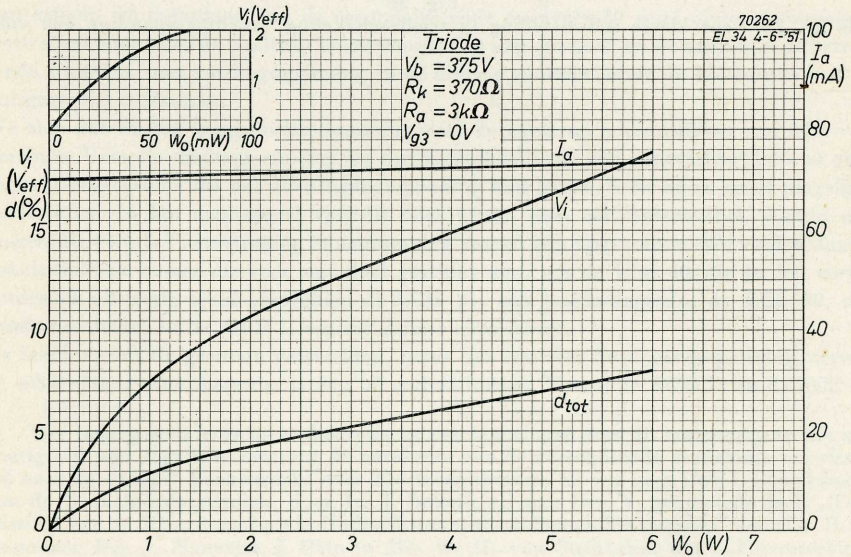


Fig. 35

Als fig. 28, voor klasse A-instelling in triodeschakeling (voedingsspanning 375 volt).

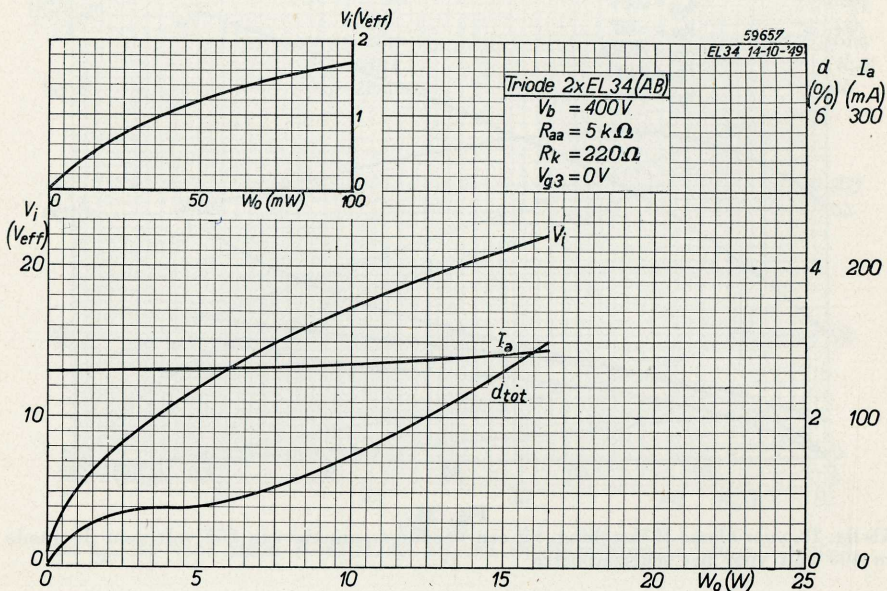


Fig. 36

Als fig. 28, voor klasse AB-instelling in triodeschakeling (voedingsspanning 400 volt)

HOOFDSTUK IV

PRACTISCHE WENKEN VOOR HET WERKEN MET DE GEGEVENS DER BUIZEN *)

In het vorige hoofdstuk zijn uitvoerige gegevens van de drie belangrijkste moderne buizen voor L.F. versterkers gegeven.

Wat doen we nu met deze gegevens en hoe werken we ermee? Aan de hand van een voorbeeld zullen we trachten dit aan te geven.

Veronderstel, dat we een versterker moeten maken die ongeveer 30 watt nuttig vermogen kan afgeven aan vier 10 watt luidsprekers, die een impedantie van 7 ohm hebben. De versterker moet voorzien zijn van een aansluiting voor pick-up en een voor microfoon, die onafhankelijk van elkaar gebruikt kunnen worden en waarvan deingangswisselspanningen gemengd kunnen worden. De microfoon levert een spanning van ca. 20 mV; de pick-up kan ca. 1 volt leveren.

Bij het ontwerpen van een versterker werken we van achter naar voren. We gaan dus eerst eens in de buistabellen na, welke instelling we nodig hebben om het gewenste uitgangsvermogen van ca. 30 watt te verkrijgen. We zien dan dat twee buizen EL34 in klasse AB-instelling een nuttig uitgangsvermogen van 37 watt kunnen leveren, bij een vervorming van 3,5 %. Nu is dit uitgangsvermogen gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator. Rekenen we dat de uitgangstransformator een rendement heeft van 80 %, dan krijgen we inderdaad aan de secundaire zijde ongeveer 30 watt uitgangsvermogen. Deze schakeling voor de eindtrap beantwoordt dus aan ons doel, en we kunnen al de betreffende waarden voor voedingsspanning en de diverse onderdelen uit de kolommen van de buisgegevens overnemen.

We zien dat we eeningangswisselspanning voor de eindtrap nodig hebben van 20,5 volt per buis. Voor de eindtrap moeten we dus beschikken over een voorversterkerbuis en over een faze-omkeerbuis die ons deze ingangsspanning kan geven, liefst bij zo groot mogelijke versterking. In het aanhangsel van dit boek vindt men een buizentabel, waarin alle buizen die voor L.F. versterking in aanmerking komen zijn opgenomen. We vinden daarin enkele dubbele buizen die voor ons doel geschikt zijn, o.a. de ECC 40, die in het vorige hoofdstuk uitvoerig werd besproken, de ECH 21, een triode-heptode; de ECL 80, een triode-penthode, en de EEP 1, een secundaire-emissiebuis.

De laatste geeft de grootste versterking, maar eist een zeer hoge anodespanning, terwijl de schakeling gecompliceerder is dan bij andere buizen. Vooral de ECH 21 en de ECC 40

*) Wie belang stelt in de meer theoretische beschouwingen over dit onderwerp en wie uitvoerig wil zijn ingelicht omtrent de betekenis van de verschillende grafieken, verwijzen wij naar de Philips' Boekenreeks over Electronenbuizen, en wel naar Deel I: Grondslagen van de Radiobuizentechniek, door Ir. J. Deketh, en naar Deel V, het tweede deel: „Toepassing van de Electronenbuis in Radio-Ontvangtoestellen en Versterkers” door Dr. B. G. Dammers, Ing. J. Haantjes, J. Otte en Jhr. Ir. H. van Suchtelen, dat L.F.versterking, eindversterking en voeding behandelt. Verder is „Laagfrequentieversterkingstechniek” door Dr. Ir. N. A. J. Voorhoeve een boek dat deze techniek in alle aspecten behandelt. Ook dit boek is opgenomen in de Philips' Technische Bibliotheek.

komen ons aanlokkelijk voor. De eerste geeft een versterking $V_0/V_i = 100$. Dit is zeer gunstig voor ons doel, maar de vervorming van 0,8 % geldt voor een uitgangsspanning van 10 volt. Bij de uitgangswisselspanning van 20,5 volt die we nodig hebben, zal de vervorming beduidend toenemen, wat slechts door een sterke tegenkoppeling goed gemaakt kan worden. Daarmee is voor ons geval het versterkingscijfer van 100 illusoir geworden. Een betere oplossing biedt de ECC 40, die als aandrijfbus en faze-omkeerbuis een uitgangswisselspanning van 30 volt kan geven bij een vervorming van 2 %, of, bij hogere anodespanning, van 1,4 %. De versterking is 26,5; dus zouden we eventueel de pick-up aan de ingang van deze trap kunnen schakelen. Dit geeft ons evenwel een geringe reserve en bovendien krijgen we een vrij grote vervorming, nl. 1,4 % in de voortrap en de reeds genoemde 3,5 % in de eindtrap. Voor een goede versterker is dit wel wat veel. We besluiten dus tot een flinke tegenkoppeling om de vervorming te verminderen, en tevens tot een extra buis waarop we de pick-up kunnen aansluiten. We krijgen dan meteen de extra gevoeligheid die we voor de mengschakeling van de microfoon- en pick-up spanning nodig hebben.

De extra versterking kunnen we ook nog dienstig maken aan de toonregeling. Het is dus alleszins verantwoord een extra buis te gebruiken. Veronderstel dat we de tegenkoppeling zo sterk maken, dat we op het rooster van de eerste helft van de ECC 40 een spanning van ca. 3 volt nodig hebben om de versterker volledig uit te sturen, dan kunnen we vóór deze buis met een tienvoudige versterking volstaan. De gewenste gevoeligheid voor een pick-up aansluiting is namelijk in de orde van grootte van 0,3 volt. We moeten evenwel rekening houden met de mengschakeling voor de beide ingangsspanningen.

Als microfoonversterker zullen we na lezing van het voorafgaande natuurlijk een EF 40 gebruiken. Deze kan ons een 200-voudige versterking geven, en het is gebruikelijk de volumeregelaar voor de microfoon achter de buis te plaatsen, dit om de kans op kraken te verminderen. We krijgen dus aan de ingang van de nog te kiezen buis twee volumeregelaars, nl. een voor de pick-up en een voor de microfoon. Om deze twee regelingen min of meer onafhankelijk van elkaar te maken, moeten we hiermee tamelijk grote weerstanden in serie zetten. Dit heeft tot gevolg, dat de ingangswisselspanning tot de helft van de oorspronkelijke waarde wordt gereduceerd. Hadden we dus oorspronkelijk berekend, dat de nodige versterking voor de tweede voorversterker 10-voudig moest zijn, dan zien we dat dit een tweemaal zo grote, dus 20-voudige, versterking moet worden. Om de vervorming zo gering mogelijk te houden, willen we ook in deze trap tegenkoppeling toepassen, en zo kunnen we de keuze laten vallen op de EF 40, die we 200 maal laten versterken en waarop we een 10-voudige tegenkoppeling toepassen; hierdoor is de versterking dus $20 \times$ geworden. De gevoeligheid aan de pick-up aansluiting is nu dus ca. 0,3 volt en die aan de microfoon-aansluiting circa 1,5 mV. (Deze opzet komt ongeveer overeen met de versterker Nr. 6, die in een volgend hoofdstuk is beschreven.)

Het volledig berekenen van de voedingsapparatuur valt buiten het bestek van dit werkje; we volstaan met het volgende:

Bij een spanning van ongeveer 375 volt moeten we een stroom kunnen afnemen van ongeveer 235 mA. We vinden dit bedrag door alle stromen van de buizen bij elkaar op te tellen. Gebruiken we een afvlakfilter met parallelcapaciteiten, dan kunnen we volstaan met een transformator die een secundaire wikkeling heeft van 2×300 volt en in staat is deze stroom te leveren. De open spanning van de gelijkrichter wordt dan $\sqrt{2} \times 300 = 425$ volt; we moeten hiermee rekening houden bij de keuze van de afvlakcondensatoren. Als gelijk-

richtbuis kunnen we het best de AX 50 gebruiken, een gasgevulde gelijkrichtbuis die een stroom van 275 mA kan leveren bij een transformatorspanning van 2×500 volt. Hiermee komen we dus goed uit. We kiezen bij voorkeur een gasgevulde gelijkrichtbuis, om de inwendige weerstand van het voedingsapparaat laag te houden.

Voor gloeistroom hebben we op de transformator een wikkeling nodig van 4 volt, 3 ampère voor de gelijkrichtbuis, en van 6,3 volt, 4 ampère voor de versterkbuizen.

We hebben hiermee een idee gegeven hoe men te werk gaat bij het ontwerpen van versterkers. Uit de aard der zaak zit aan het ontwerpen van een versterker die geschikt moet zijn voor seriefabricage, heel wat meer vast, maar voor de bouw van een enkele versterker weet men nu ongeveer waaraan men moet denken en hoe men zijn schakeling, onderdelen en buizen moet kiezen. Bij het behandelen van de complete versterkerontwerpen komen we hierop terug.

HOOFDSTUK V

ONDERDELEN EN SCHAKELINGEN

1. Tegenkoppeling

In het voorgaande hebben we herhaaldelijk gesproken over tegenkoppeling. Over de theorie daarvan zullen we hier niet uitweiden; daarvoor verwijzen we naar de reeds genoemde boeken. We volstaan hier met te memoreren, dat door tegenkoppeling niet alleen de vervorming belangrijk kan worden verminderd, maar dat we door het toepassen van z.g. frequentieafhankelijke tegenkoppelingen bijv. toonregeling kunnen krijgen of genereren kunnen onderdrukken. Zoals bekend, wordt door een buis niet alleen de spanning versterkt, maar ook treedt tussen haar rooster en anode een fazedraaiing op van 180 %. Voeren we dus een gedeelte van de anode-wisselspanning terug naar het rooster, dan hebben we een vorm van tegenkoppeling. Een andere zeer eenvoudige methode voor het verkrijgen van tegenkoppeling is het weglaten van de ontkoppelingscondensator over de kathodeweerstand. We moeten namelijk de ingangswisselspanning van een buis aanleggen tussen rooster en kathode. Leggen we deze tussen rooster en chassis bij een niet ontkoppelde kathodeweerstand, dan zal, ten gevolge van de anodewisselstroom door de buis, over de kathodeweerstand een wisselspanning ontstaan die in tegenfase is met de ingangswisselspanning, waarmee aan de voorwaarde voor tegenkoppeling is voldaan.

Een zeer veel gebezigde methode is, van de secundaire van de uitgangstransformator een spanning afnemen, die naar de ingang van de versterker wordt teruggevoerd over een doelmatig netwerk van weerstanden. Op deze wijze kan een willekeurig gedeelte van de versterker in de tegenkoppelingketen worden opgenomen. In de te behandelen versterkers wordt deze methode bij herhaling toegepast. De vraag die zich voor de constructeur hierbij altijd voordoet is: welke zijde van de secundaire wikkeling moet geaard worden en welke moet met de tegenkoppeling worden verbonden? Doet men dit namelijk verkeerd, dan zal de versterker gaan genereren, omdat er positieve terugkoppeling optreedt. De oplossing is eenvoudig: men werkt de versterker geheel af, doch verbindt de secundaire van de uitgangstransformator alleen met de luidsprekeraansluiting. De verbinding met aarde en de tegenkoppelingsleiding laat men nog weg. Daarna sluit men de versterker op het net aan en men controleert of alles goed functioneert. Is dit het geval, dan verbindt men provisorisch door middel van een paar snoertjes met dassenklemmen de ene kant van de secundaire met aarde en de andere met de tegenkoppelingsleiding. Treedt geen genereren op, dan is dit de goede verbindingswijze; treedt wel genereren op, dan moeten de verbindingen precies andersom worden gemaakt. Heeft men de goede aansluiting gevonden, dan soldeert men de verbindingen definitief in de versterker.

Voor minder kostbare versterkers kunnen zich vele gevallen voordoen, waarbij men bijv. voor muziekweergave een zo hoog mogelijke kwaliteit wil bereiken, terwijl men anderzijds, bij het gebruik als oproepversterker, minder hoge eisen aan de kwaliteit stelt, doch een grote gevoeligheid wenst. Men kan dan de tegenkoppeling regelbaar maken of eventueel uitschakelen. Bij gebruik als microfoonversterker profiteert men dan van de grote gevoeligheid; voor het weergeven van grammofonplaten e.d. wordt de tegenkoppeling wel gebruikt en voert men de kwaliteit zo hoog mogelijk op.

2. Van de frequentie afhankelijke tegenkoppeling.

Soms maken we de tegenkoppeling sterker voor spanningen van bepaalde frequentie dan voor andere, bijv. om de karakteristiek van een luidspreker of pick-up te corrigeren, om naalddgeruis te onderdrukken, om genereren te voorkomen of om toonregeling of tooncorrectie toe te passen.

We noemen dit: van de frequentie afhankelijke tegenkoppeling. Een voorbeeld hiervan hebben we reeds gezien bij het behandelen van de ECC 40. Daar er gevaar voor genereren bestaat als we de beide buishelften in cascade schakelen, kunnen we dit onderdrukken door een zeer klein condensatortje tussen anode en rooster van de eerste buishelft te plaatsen. Dit condensatortje heeft een geringe weerstand voor wisselstromen van hoge frequentie, doch voor stromen met een frequentie in het geluidsspectrum is de weerstand hoog. Voor wisselspanningen van hoge frequentie, hebben we dus een sterke tegenkoppeling terwijl voor spanningen van een hoorbare frequentie de tegenkoppeling nauwelijks invloed heeft. Om versterkers te maken die over een groot frequentiegebied gelijke versterking geven, wordt dikwijls de volgende methode toegepast: Men overbrugt de kathodeweerstand met een kleine condensator. Spanningen van lage frequentie worden sterk tegengekoppeld, doch voor spanningen met hogere frequentie is de kathodeweerstand wel ontkoppeld en deze worden dus versterkt t.o.v. spanningen van lagere frequentie. De verzwakking in het hogere frequentiegebied, die o.a. ten gevolge van de buis- en montagecapaciteiten optreedt, wordt hierdoor gedeeltelijk teniet gedaan, en op deze wijze kan men over een groot frequentiegebied lineaire versterking krijgen. Deze methode wordt veel gebruikt bij versterkers voor televisie of voor oscillografen. In de beschreven versterkers is meermaals een of andere methode van toonregeling toegepast door middel van regelbare en frequentie-afhankelijke tegenkoppeling. Om inzicht in deze methode te krijgen, is het van belang deze schakelingen goed te bestuderen.

3. Toonregeling

Over het algemeen bezigt men in versterkers een of andere vorm van toonregeling, waarbij de hoge en de lage registers min of meer verzwakt kunnen worden weergegeven. Het middelste gedeelte van de frequentiekromme laat men onaangetaast. Deze methode heeft het voordeel dat de gemiddelde beschikbare versterking gehandhaafd blijft. Er kunnen zich evenwel gevallen voordoen waarin men de wisselspanningen met hogere en lagere frequenties niet alleen wil verzwakken t.o.v. het middelste deel van de frequentie karakteristiek, maar dat men deze ook tot een hoger niveau wil opvoeren. We zijn dan gedwongen de totale versterking tot een belangrijk lager niveau te reduceren door middel van een passend netwerk van weerstanden en condensatoren en deze verzwakking voor de lage en hoge tonen op te heffen of nog groter te maken door middel van potentiometers. Een praktische uitvoering van deze methode is beschreven in het volgende hoofdstuk bij versterker Nr. 3 (de andere versterkers zijn met het eerst besproken systeem van toonregeling uitgerust).

4. De uitgangstransformator

Voor kleine versterkers, tot 12 watt, is het in de regel niet moeilijk een passende uitgangstransformator te vinden; dergelijke transformatoren zijn in vele soorten, kwaliteiten en

uitvoeringen in de handel. Moeilijker wordt het als we een grotere versterker maken, waarop vaak een groter aantal luidsprekers wordt aangesloten, dat bovendien nog, afhankelijk van de omstandigheden, kan wisselen. We moeten er dan voor zorgen dat de luidsprekers niet worden overbelast, hetgeen zou geschieden door bijv. 40 watt aan een enkele 6 watt luidspreker toe te voeren. Maar ook moeten we er voor oppassen de eindbuizen niet te vernielen door ze onbelast of sterk onderbelast te laten werken. Bij een sterk tegengekoppelde eindtrap is het gevaar hiervan niet zo groot, doch met geringe tegenkoppeling moet men hiermee voorzichtig zijn.

Gewoonlijk wordt de uitgangstransformator secundair van een aantal aftakkingen voorzien, zodat verschillende aanpassingen mogelijk zijn. Met een groter aantal luidsprekers dient dan altijd wel te worden overwogen welke weerstand we totaal krijgen bij het in serie en in parallel schakelen van verschillende groepen luidsprekers. Bijzonder lastig wordt het als we verschillende luidsprekers door elkaar gebruiken, bijv. 20 watt, 10 watt en 6 watt luidsprekers, en we bijv. voor controle nog ergens een 3 watt luidspreker willen opstellen. In dat geval moeten we niet alleen rekening houden met de weerstand van de luidsprekers, maar ook met het vermogen dat we aan iedere luidspreker mogen toevoeren. Dikwijls komt het voor, dat er snel ergens een versterker moet worden opgesteld. Men is dan gehaast, en allerlei vergissingen zijn mogelijk. Het is in een dergelijk geval erg gemakkelijk als de versterker van een z.g. **100 volt** aansluiting is voorzien. De Philips luidsprekers bijv. zijn verkrijgbaar met een 100 volt aanpastransformator. Op de 100 volt wikkeling van de uitgangstransformator kunnen we nu een aantal willekeurige luidsprekers aansluiten, mits het totale vermogen waarvoor de luidsprekers zijn gemaakt ongeveer overeenkomt met het maximale uitgangsvermogen van de versterker. Als we dus de hiervoor besproken versterker voor 35 watt uitgangsvermogen voorzien van een uitgangstransformator met een dergelijke wikkeling, kunnen we hierop aansluiten: een 20 watt-, een 10 watt- en een 6 watt luidspreker, enz. We kunnen die 100 volt aansluiting op de transformator als het ware opvatten als een elektrische centrale die geluid levert bij een maximale spanning van 100 volt. Zijn nu onze luidsprekers maar van een aanpastransformator voor 100 volt voorzien, dan krijgen ze niet meer dan het hun toegestane vermogen toegevoerd, en van overbelasting kan geen sprake zijn. Vlot en feilloos werken met de versterker wordt hierdoor ten zeerste bevorderd. De vraag is nu, hoe moeten we het aantal windingen voor de secundaire berekenen? In de beschrijvingen van versterkers in dit boekje vinden we van de uitgangstransformatoren het aantal windingen van de primaire opgegeven.

Bijv. S_1 (primaire) = 2×830 windingen.

S_2 (secundaire) De transformatieverhouding tussen S_1 en $S_2 = \sqrt{Raa/R}$, waarin R de uitwendige belastingsimpedantie is.

Voor een 35 watt versterker, waarop twee luidsprekers van 20 watt met een impedantie van 10 ohm worden aangesloten, is het bepalen van het aantal windingen nog al eenvoudig. De beide luidsprekers, parallel geschakeld, hebben een impedantie van 5 ohm, $Raa = 4000$ ohm; dus wordt de transformatieverhouding $\sqrt{\frac{4000}{5}} = 28,3$. Primaire hebben we 1660 windingen; secundair krijgen we er $\frac{1660}{28,3} = 59$. Hierbij is de weerstand van de transformatorwikkelingen verwaarloosd. Maar hoeveel windingen hebben we nodig voor de 100 volt aansluiting? Allereerst berekenen we de primaire spanning, met de formule:

$W = E^2/R$, of $E^2 = W \times R$. W is bij onze versterker 35, $R_{aa} = 4000$, dus wordt $E^2 = 140\ 000$ en $E = \sqrt{140\ 000} = 374$. De primaire spanning bij maximaal uitgangsvermogen is dus 374 volt. Als de primaire spanning deze waarde heeft, moeten we, om secundair een spanning van 100 volt te krijgen, een transformatieverhouding 3,74 : 1 hebben, en wordt het aantal windingen van de secundaire dus $1660 / 3,74 = 445$. Op deze wijze kan het aantal windingen van de secundaire eenvoudig worden berekend.

Over het algemeen zal bij grotere versterkers de uitgangstransformator voor verschillende aanpassingen worden uitgevoerd, geheel afhankelijk van het doel waarvoor de versterker wordt gemaakt en van de luidsprekers die men wil aansluiten.

Het is gewenst dat uitgangstransformatoren een geringe spreiding hebben, maar dit wordt noodzakelijk bij een balanstransformator, vooral als een sterke tegenkoppeling wordt gebruikt, dus bij kwaliteitsversterkers. De kwaliteit van de versterker is namelijk voor een zeer groot deel afhankelijk van de uitgangstransformator, en de eisen die aan dit onderdeel moeten worden gesteld zullen in het kort worden toegelicht.

De belangrijkste factoren die de kwaliteit bepalen zijn de volgende:

- 1) de zelfinductie van de primaire wikkeling,
- 2) de spreiding,
- 3) de eigen capaciteit van de wikkelingen (vooral van de primaire),
- 4) de onderlinge capaciteit tussen de verschillende wikkelingen,
- 5) het rendement.

De primaire zelfinductie moet hoog genoeg zijn om te voorkomen dat het uitgangsvermogen bij de lage frequenties te veel daalt. Een hoge zelfinductie is evenwel niet te bereiken zonder dat men een belangrijke eigen capaciteit van de primaire krijgt, en die moet juist laag blijven om wisselspanningen van hoge frequentie niet te verzwakken. Dit zijn tegenstrijdige eisen, waarvoor nu een gunstig compromis moet worden gevonden.

De primaire zelfinductie en de parallelcapaciteit vormen een afgestemde kring, en voor het verkrijgen van een goede frequentiecarakteristiek is het nodig dat de resonantiefrequentie hiervan ver boven de gewenste frequentieband van de versterker ligt. De parallelcapaciteit moet dus laag worden gehouden door zorgvuldig wikkelen.

De spreiding speelt een zeer grote rol als er tegenkoppeling wordt toegepast. Als de koppeling tussen primaire en secundaire niet vast genoeg is, zal er fazeverschuiving in het hogere frequentiegebied optreden, en dit kan aanleiding geven tot oscilleren. Een zeer vaste koppeling kan men verkrijgen door de primaire te verdelen in secties, waartussen de secundaire wordt gewikkeld, en deze secties parallel met elkaar te verbinden. Om deze reden is bij de transformator details die in de beschrijving van versterkers voorkomen, van de primaire niet de draaddiameter gegeven, maar de totale draaddoorsnede. Men kan dan zelf nagaan hoe men deze doorsnede wil bereiken: door twee of meer wikkelingen van dunner draad parallel te schakelen, of door een wikkeling van één draad te leggen. Ook in dat geval is een vastere koppeling te verkrijgen door de wikkeling uit te voeren in secties, die dan echter in serie moeten worden verbonden.

De capaciteit tussen de wikkelingen onderling speelt ook een belangrijke rol t.a.v. de stabiliteit, als er tegenkoppeling wordt toegepast. Men kan deze capaciteit laag houden door het aanbrengen van een afscherming tussen de wikkelingen, of door een juiste keuze van de plaats van de wikkelingen ten opzichte van elkaar.

Omtrent kernafmetingen, primaire wikkelingen en speciale tegenkoppelingswikkelingen verschaffen de opgaven bij de beschrijvingen van versterkers ons nauwkeurige details.

5. De ingang van de versterker en de sterkteregeling

De in dit boekje behandelde versterkers zijn alle uitgevoerd voor de aansluiting van één pick-up en de grotere versterkers voor aansluiting van één microfoon en één pick-up. Er zijn enkele versterkers behandeld waarvan de ingangsgevoeligheid zó groot is, dat zowel een pick-up als een gevoelige microfoon kan worden aangesloten, zodat deze versterkers ook als oproepversterker kunnen dienen of als modulatieversterker voor een amateurzender. In deze gevallen wordt niet het uiterste van de kwaliteit gevraagd, maar goede verstaanbaarheid van het gesproken woord en voldoende uitgangsvermogen zijn de overheersende factoren. De sterkteregeling voor de pick-up wordt altijd vóór de roosterverbinding van de buis aangebracht; de sterkteregeling voor microfoons wordt in de regel achter de buis geschakeld. In al de behandelde versterkerontwerpen is dit het geval. Dit is gedaan omdat potentiometers wel eens aanleiding kunnen geven tot kraken. Het is dus van belang de versterking achter de potentiometers niet te groot te maken, om dit kraken niet te veel te versterken. Een moderne microfoon geeft over het algemeen slechts kleine spanningen, zodat er niet het minste gevaar bestaat dat de roosterruimte van de voorversterkbuis door de microfoonspanning zal worden uitgestuurd. Van overbelasting (dus vervorming) van de voorversterkbuis zal nimmer sprake zijn. Het heeft dus geen zin de volumeregelaar aan te brengen vóór het rooster van deze buis; hij kan beter in de anodeketen worden gemonteerd. Dit heeft nog een tweede, doch minder sprekend voordeel: Als we namelijk deze volumeregelaar terugdraaien, worden ook de brom en de ruis die door de voorversterkbuis worden geïntroduceerd, verzwakt.

Om te voorkomen dat de regeling van de pick-up en die van de microfoon elkaar te sterk beïnvloeden, worden serieweerstanden tussen het regelcontact van de potentiometer en het rooster van de volgende buis geschakeld. Deze weerstanden hebben gewoonlijk waarden die variëren van 0,3 - 1 M Ω . Ten gevolge van deze schakeling vermindert de versterking belangrijk. Neemt men voor de potentiometers een waarde van 0,5 M Ω en voor de serieweerstanden dezelfde waarde, dan wordt de versterking tot de helft gereduceerd wanneer een van de potentiometers is teruggedraaid. Men kan evenwel ook in serie met de microfoonregelaar een weerstand van 0,3 M Ω zetten, en in serie met de pick-up regelaar bijv. een weerstand van 1 M Ω . In dat geval wordt de versterking voor de pick-up 0,23 en die voor de microfoon 0,77 van de totale versterking, wanneer de andere potentiometer in de nulstand staat. Bij het mengen van de signalen neemt de versterking toe. Op deze wijze kunnen we door een doelmatige keuze van de weerstanden de versterking van de ene ingang bevoordelen ten koste van andere, wat in verband met de keuze van de microfoon en de pick-up van belang kan zijn.

Het kan voorkomen dat we twee of meer microfoons op de versterker moeten aansluiten. We schakelen dan aan de voorversterkbuis een tweede of meer buizen parallel. Schakelen we één buis parallel, dan reduceert dat de versterking tot de helft; als er bovendien een pick-up aansluiting is (wat meestal het geval is), tot een derde. Een derde microfoon-aansluiting brengt de totale versterking tot een vierde van de oorspronkelijke waarde terug. Dit is iets waarmee we terdege rekening moeten houden bij het ontwerpen van een versterker. Bij een uitgebreide mengerschakeling moeten we dus de tweede voorversterkbuis

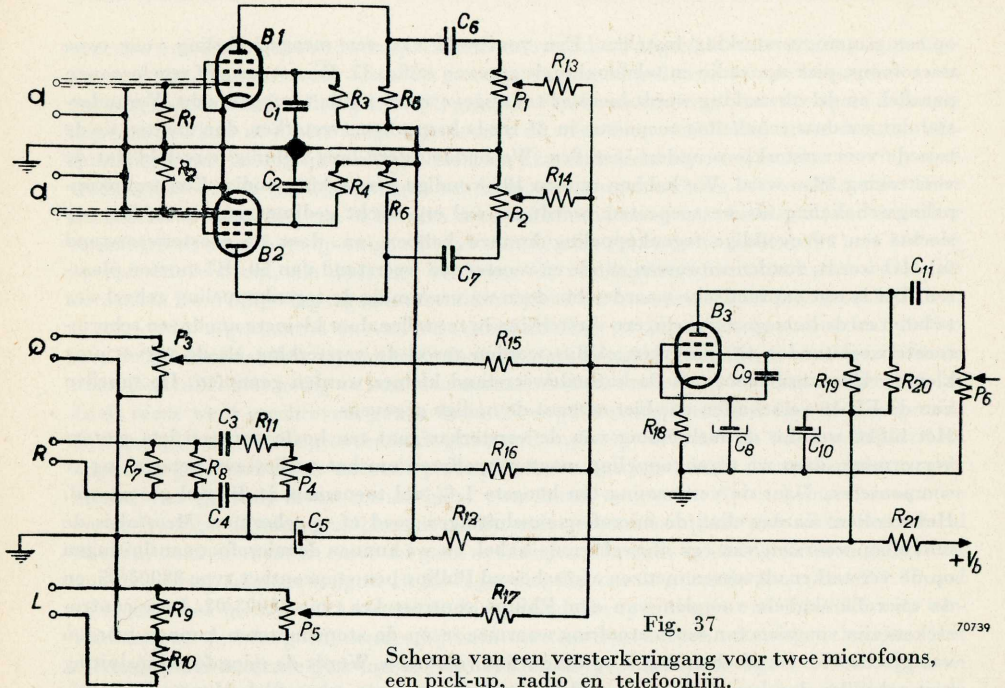


Fig. 37

70739

Schema van een versterkingang voor twee microfoons, een pick-up, radio en telefoonlijn.

Waarde der onderdelen:

Weerstanden			Condensatoren		
Nr.	Waarde	Belastbaarheid (watt)	Nr.	Waarde	Spanning (volt)
R_1	10 M Ω	0,25	C_1	0,5 μ F	350
R_2	10 M Ω	0,25	C_2	0,27 μ F	
R_3	1,2 M Ω	0,25	C_3	0,27 μ F	12,5
R_4	1,2 M Ω	0,25	C_4	0,5 μ F	
R_5	0,22 M Ω	0,5	C_5	8 μ F	350
R_6	0,22 M Ω	0,5	C_6	50.000 pF	
R_7	39 Ω	1	C_7	50.000 pF	12,5
R_8	39 Ω	1	C_8	50 μ F	
R_9	330 Ω	1	C_9	0,5 μ F	350
R_{10}	330 Ω	1	C_{10}	8 μ F	
R_{11}	33 k Ω	0,25	C_{11}	50.000 pF	
R_{12}	10 k Ω	0,5	<i>Potentiometers</i>		
R_{13}	0,5 M Ω	0,25	P_1	0,5 M Ω	
R_{14}	0,5 M Ω	0,25	P_2	0,5 M Ω	
R_{15}	0,5 M Ω	0,25	P_3	0,5 M Ω	
R_{16}	1 M Ω	0,25	P_4	50 k Ω	
R_{17}	0,5 M Ω	0,25	P_5	10 k Ω	
R_{18}	2,2 k Ω	0,25	P_6	0,5 M Ω	
R_{19}	1,5 M Ω	0,25	<i>Buizen</i>		
R_{20}	0,33 M Ω	0,5	B_1	EF 40	
R_{21}	10 k Ω	0,5	B_2	EF 40	
			B_3	EF 40	

op een grotere versterking instellen. Een voorbeeld van een mengschakeling voor twee microfoons, pick-up, radio en telefoonlijn, is gegeven in fig. 37. Hier staan vijf regelorganen parallel, en de versterking wordt hiermee tot ongeveer een vijfde teruggebracht. Veronderstel dat we deze schakeling toepassen in de reeds besproken versterker, dan moeten we de tweede voorversterkerbuis anders instellen. We hadden deze buis zodanig ingesteld dat de versterking $20\times$ werd. We hebben nu een 100-voudige versterking nodig. Een tegenkoppelingsschakeling als we toepasten, wordt nu wel erg slecht gedimensionneerd, daar we slechts een tweevoudige tegenkoppeling kunnen hebben, en, daar de roosterweerstand $0,1\text{ M}\Omega$ wordt, zouden we tussen anode en rooster een weerstand van $50\text{ M}\Omega$ moeten plaatsen. Dit is een onpraktische waarde, dus doen we verstandig de tegenkoppeling geheel weg te laten en de buis op een geringere versterking in te stellen door kleinere anode- en schermroosterweerstand te gebruiken. Aldus worden zowel de versterking als de vervorming kleiner. Uiteraard moet ook de kathodeweerstand kleiner worden genomen. De tabellen van de EF 40 verschaffen ons hieromtrent de nodige gegevens.

Het blijkt wel dat de uitbreiding van de versterker gaat ten koste van een iets grotere vervorming, daar we tegenkoppeling moeten opofferen om het verlies aan versterking te compenseren. Daar de vervorming ten hoogste 1 % zal toenemen, is dit wel geoorloofd. Het verdient aanbeveling de microfoonaansluitingen goed af te schermen. Meestal is de microfoon voorzien van een afgeschermd kabel, en we kunnen de microfoonaansluitingen op de versterker uitvoeren met een afgeschermd Philips pen-stopcontact type 88003/05, en de microfoonkabels voorzien van een Philips contrastekker type 88003/02. Deze contrastekers zijn voorzien van een schroefring waarmee ze op de stopcontacten kunnen worden vastgeschroefd. De afscherming is op deze wijze volkomen. Wordt de microfoonaansluiting niet gebruikt, dan kan de ingang worden afgesloten met een schroefdeksel type 88003/07. Voor de pick-up en andere aansluitingen kan men eventueel dergelijke stopcontacten en stekers gebruiken, en wanneer men zijn installatie zeer fraai wil afwerken is dit alleszins aan te bevelen. Wil men echter de kosten beperken en stelt men zich met een minder fraaie afwerking tevreden, dan kan men de aansluitingen voor pick-up, radio en telefoonlijn ook uitvoeren met een plaatje met stekerbussen. Dergelijke plaatjes zijn onder de weinig fraaie naam „entree” in de handel. Gebruikt men dergelijke entrees, dan doet men goed de roosterzijde het dichtst bij het chassis te nemen en de onderste bus met aarde te verbinden. Eventueel kan men op de onderste bus een plaatje solderen dat men om de bovenste bus heen buigt, waardoor deze min of meer wordt afgeschermd. Voor microfoonaansluitingen moet deze methode echter ten stelligste worden ontraden!

6) Microfoons, pick-ups en luidsprekers

Hoewel de microfoons, pick-ups en luidsprekers buiten het kader van dit boekje vallen, is het toch wel gewenst ze, zij het zeer summier, te behandelen. Er is reeds op gewezen dat in het bijzonder kwaliteitsmicrofoons slechts een geringe spanning geven. Wanneer deze microfoons op grote afstand worden „besproken”, of bij het weergeven van een compleet orkest, is de gebruikelijke versterking nog onvoldoende en kan een afzonderlijke voorversterker die met gelijkstroom wordt gevoed (gloeidraadvoeding) nodig zijn.

Moet de microfoon op grote afstand van de versterker worden gebruikt, dan is een lange aansluitkabel nodig. Daar dergelijke kabels een belangrijke capaciteit hebben, wordt de weergave van de hoge tonen ongunstig beïnvloed. De Philips microfoons zijn daarom

voorzien van een ingebouwde aanpastransformator, die is ingericht voor uitgangsimpedanties van 200, 500 en 10 000 ohm. De gemeten ingangsimpedantie van de versterker moet ten minste tien maal zo hoog zijn. Bij gebruik van de aansluiting voor de lagere ingangsimpedanties kan men zeer lange kabels met de microfoon verbinden, maar de uitgangsspanning wordt belangrijk verlaagd. Daarom kan men dicht bij de versterker een ingangstransformator in de leiding opnemen om de spanning weer omhoog te transformeren. Over het algemeen is het niet aan te bevelen deze transformator op het chassis van de versterker te monteren, maar hem op enige afstand van de versterker op te stellen, dit mét het oog op inductieve brom, die door het veld van de voedingstransformator kan worden veroorzaakt. De Philips ingangstransformator type 2700 is voor dit doel zeer geschikt. Deze is zorgvuldig afgeschermd en van een aansluitkabel en ingangssteker voorzien. Indien men de 200 ohm aansluiting van microfoon en transformator gebruikt, is een afgeschermd microfoonkabel niet nodig en kan men normale kabels van zéér grote lengte gebruiken.

Zoals reeds werd geschreven, geven de moderne pick-ups spanningen die, voor de gemiddelde amplitude van de groeven in de grammofoonplaat, variëren van 0,5-1 volt. Met deze opgave is gerekend op de normale platen. Sedert enige jaren is de microgroefplaat op de markt; het gebruik ervan neemt hand over hand toe, en in de toekomst kunnen we verwachten dat de microgroefplaat de traditionele grammofoonplaat niet alleen voorbij zal streven, maar ze meer en meer zal gaan verdringen. Nu is de spanning die men gemiddeld van de microgroefplaat krijgt 6-10 dB lager dan die van de normale plaat, dus 2 à 3 maal zo klein. Voor microgroef kunnen we dus gemiddelde spanningen van 0,2 à 0,5 volt verwachten, en we doen goed hiermee bij onze versterkerontwerpen rekening te houden. Het merendeel der moderne pick-ups is van het kristaltype, maar deze zijn over het algemeen niet goed bestand tegen de tropen. Daarom wordt grammofoonapparatuur die voor de tropen is bestemd meestal nog met een magnetische pick-up uitgerust. Deze pick-ups zijn veelal zwaarder dan de kristal pick-ups, en als geen bijzondere maatregelen worden genomen om deze pick-ups uit te balanceren, veroorzaken ze een grote slijtage van de grammofoonplaat.

Om een goede weergavekarakteristiek te krijgen, zijn de pick-ups vaak voorzien van een ingebouwd filter; soms moet dit echter vóór de versterker worden aangebracht. Daar de opnamekarakteristiek van normale en microgroefplaten verschillend is, is voor het verkrijgen van een rechte weergavekarakteristiek voor beide soorten een verschillend filter nodig.

Als voorbeeld geven we in fig. 38 de verschillende grafieken voor de pick-up waarmee de Philips platenspeler type 2978 is uitgerust. Deze platenspeler is ingericht voor normale en microgroefplaten, waarvoor de motor aan de draaitafel twee snelheden kan geven, resp. 78 en $33\frac{1}{3}$ omw. per min. Verder is de pick-up voorzien van twee saffieren met een punt-dikte van 60 micron voor de normale en van 15 micron voor de microgroefplaten.

Uit de grafieken zien we dat de correctiefilters voor de verschillende soorten platen een verschillende uitwerking hebben; de correctie is natuurlijk ook met de normale toonregeling aan te brengen, maar over het algemeen zal men voor kwaliteitsreproductie het ingangsfiler verkiezen.

Het is niet onverschillig welke luidsprekers men bij zijn versterkerapparatuur gebruikt. We wezen reeds op de kwestie der belastbaarheid, maar er zijn nog andere factoren die bij onze keuze een rol spelen, vooral als het om grote geluidsterkte en om kwaliteitsreproduc-

tie gaat. In het aanhangsel is een overzicht van de verschillende Philips luidsprekers afgedrukt, en we zien daaruit dat het rendement van een luidspreker vrij gering is. Van het toegevoerde elektrische vermogen wordt slechts een zeer klein gedeelte in geluidsenergie omgezet. Het rendement van de 3 watt luidspreker type 9730 is 2,6 %, en dat is voor een dergelijke luidspreker lang niet slecht! Voor de normale 6 watt luidspreker is het acoustisch rendement 6 %; voor een grote 10 watt luidspreker, type 9734, is het 9 %, terwijl de 20 watt luidspreker type 9698 een rendement heeft van 11 %. We zien hieruit, dat het alleszins de moeite loont grote luidsprekers te gebruiken.

Een zeer belangrijk punt is de plaats van de resonantiepiek in het frequentiespectrum en het verloop van de weergavekarakteristiek. Het is namelijk zo, dat een luidspreker beneden de resonantiefrequentie slechts een vervormd geluid produceert. Men heeft wel de sensatie dat de lage tonen worden weergegeven, maar in feite is dit niet zo. Men hoort het verschil zeer goed als men bij weergave van lage tonen overschakelt van een luidspreker met een resonantiepiek op bijv. 110 p/s, op een met een resonantiepiek op 45 p/s. Het heeft dus weinig zin een versterker te maken met een frequentiekarakteristiek die recht is van 30 p/s - 12 000 p/s als men luidsprekers gaat gebruiken die dit frequentiespectrum niet kunnen weergeven. Weliswaar wordt de resonantiepiek gedempt door de invloed van de spannings-tegenkoppeling die we in de meeste versterkers toepassen (deze heeft nl. een belangrijke verlaging van de inwendige weerstand van de eindbuizen ten gevolge), maar daar de resonantie niet van elektrische eigenschappen alleen afhankelijk is, doch ook voor een groot deel samenhangt met de mechanische opbouw van de luidspreker (conus, ophanging, centrering, enz.), is deze demping niet van zo grote invloed dat het gebied beneden de resonantiefrequentie behoorlijk wordt weergegeven.

De laatste jaren zijn er luidsprekers die speciaal zijn gemaakt voor het gebruik in radio-

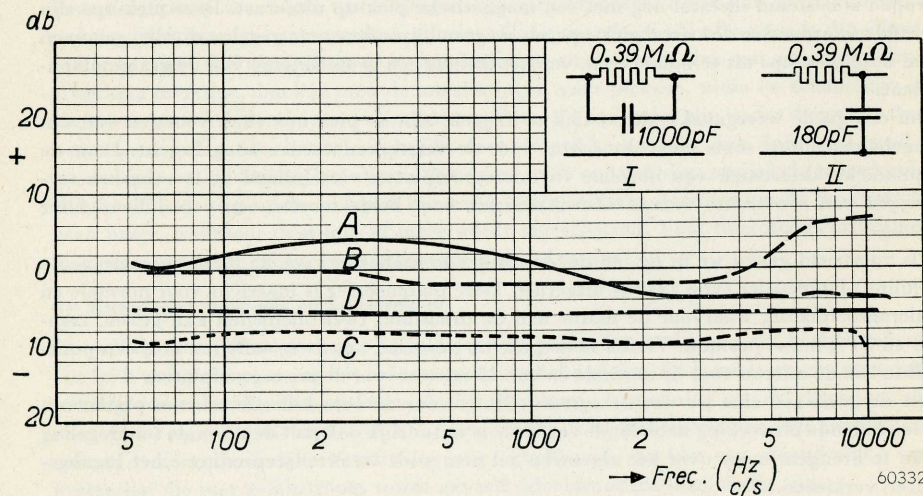


Fig. 38. Weergave karakteristieken van de pick-up van de Philips platenspeler type 2978-A) voor normaal groef; B) voor microgroef; C) voor normaalgroef met tussenschakeling van filter I tussen pick-up en versterkering; D) voor microgroef met tussenschakeling van filter II tussen pick-up en versterkering.

toestellen. Zoals bekend, is de 4500-perioden toon een bron van storing en ergernis in radio-ontvangtoestellen. Bij de kostbare radiogramfooncombinaties bouwt men daarom dikwijls een filter in voor 4500 p/s, dat bij grammofoonreproductie wordt uitgeschakeld. Het is tegenwoordig echter een veel voorkomend gebruik de luidspreker zodanig te construeren dat de weergavekarakteristiek even voor de 4500 p/s sterk afvalt. Een dergelijke luidspreker is voor kwaliteitsreproductie van grammofoonplaten, en speciaal voor microgroefplaten, natuurlijk minder geschikt.

Als luidsprekerimpedantie wordt gewoonlijk de gelijkstroomweerstand van de spreekspoel opgegeven. Dit is alleen juist voor de lagere frequenties. Voor de hogere frequenties speelt de zelfinductie van de spreekspoel een belangrijke rol, en de impedantie neemt bij hogere frequenties aanzienlijk toe. Dit is de oorzaak dat van de meeste luidsprekers de weergavekarakteristiek die met constante stroom door de spreekspoel wordt opgenomen, vanaf 1000 à 2000 p/s een stijgende lijn vertoont. Dit wil dus zeggen, dat de hogere frequenties belangrijk sterker worden weergegeven. Nu heeft de spanningstegenkoppeling ook nog het voordeel dat ze de neiging heeft de spanning aan de luidspreker constant te houden. Dit komt ons dus goed te stude, daar bij toenemende impedantie en constante spanning de stroom zal afnemen, zodat ook in dit opzicht spanningstegenkoppeling een aanzienlijke verbetering van de weergave bewerkstelligt.

Het is zonder meer duidelijk dat, zelfs bij een versterker van het allerkleinste type, de uitgangstransformator op het chassis van de versterker moet worden geplaatst. Het enige geval waarin van deze regel mag worden afgeweken is dat waarin de luidspreker met de versterker in één kast is samengebouwd en zich op zo kleine afstand van de eindbuis bevindt dat de verbindingen slechts 1 à 2 dm lang worden. In dat geval mag de transformator op het freem van de luidspreker zijn geschroefd. Bij gebruik van een losse luidspreker die op een willekeurig punt kan worden opgesteld, moet de uitgangstransformator op het chassis worden gemonteerd. Dit geldt natuurlijk niet voor de reeds genoemde transformator voor de 100 volt aansluiting. Dit is geen uitgangs-, maar een aanpastransformator, en deze wordt met de luidspreker samengebouwd.

HOOFDSTUK VI

BESCHRIJVING VAN ENIGE VERSTERKERSCHEMA'S

In dit hoofdstuk wordt een achttal versterkers beschreven die alle zijn gebouwd en beproefd. Behalve de schakelschema's en een korte beschrijving van deze versterkers, zijn ook de meetresultaten opgenomen; niet alleen de gemeten spanningen en stromen, doch ook de weergavekarakteristieken, de invloed van de toegepaste toonregeling hierop en metingen omtrent brom en ruis. De gevoeligheid is op verschillende punten in de versterker gemeten, zodat een uitstekend totaal beeld is verstrekt van hetgeen met deze schakelingen kan worden bereikt. Na lezing van het voorgaande zal de schemabeschrijving, die meestal kort is gehouden, toch begrijpelijk zijn. Deze beschrijvingen vormen als het ware een gedetailleerde aanvulling op de algemene tekst van de voorgaande hoofdstukken.

1. EEN 3 WATT GRAMMOFOONVERSTERKER

Deze zeer eenvoudige versterker is bestemd voor de weergave van grammofonplaten. In dit schema zijn twee versterkbuizen gebruikt, nl. een voorversterkbus en een eindbus. Om de vervorming te verminderen is gebruik gemaakt van tegenkoppeling, waarin tevens de toonregeling zowel voor lage als voor hoge tonen is opgenomen. De uitgangstransformator is geschikt voor luidsprekers met een impedantie van 5 of 7 ohm.

Algemene gegevens

Buizen: EF 40 voorversterkbus

EL 41 eindbus

EZ 40 gelijkrichtbus

Ingangswisselspanning voor maximumuitgangsvermogen: 100 mV_{eff}

SCHEMABESCHRIJVING

De eindtrap

De eindbus EL 41 is uiteraard in klasse A-instelling gebruikt. Voor volle uitsturing hiervan is een ingangswisselspanning van $3,8 \text{ V}_{eff}$ nodig. Een gedeelte van de spanning over de secundaire wikkeling van de uitgangstransformator T_1 wordt tegengekoppeld naar een niet ontkoppeld gedeelte van de kathodeweerstand van de voorversterkbus. In deze tegenkoppelingsschakeling is de toonregeling voor hoge tonen P_2 en die voor lage tonen P_3 opgenomen.

De voortrap

In de voortrap is een EF 40 gebruikt wegens de geringe brom en microfonie die met deze bus wordt verkregen en wegens de grote versterking die tegenkoppeling mogelijk maakt. Voor deze bus moet een buishouder met hoge isolatieweerstand worden gebruikt, bijv. de Philips buishouder type 5904/03. Een verende opstelling van de buishouder zal over het algemeen niet nodig zijn. Om de brom laag te houden is het midden van de gloeistroomwikkeling geard. Aan de ingang van de versterker is een vaste toonregeling getekend, be-

staande uit de weerstand R_1 en de condensatoren C_1 en C_2 , in combinatie met de middenafgetakte volumeregelaar P_1 . Deze toonregeling dient om bij gering volume de lage en hoge tonen op te halen. Het kan nodig zijn voor deze onderdelen iets andere waarden te nemen, om een speciale pick-up of een speciale luidspreker te corrigeren. Natuurlijk kan deze complicatie worden vermeden en een gewone potentiometer als volumeregelaar worden gebruikt.

De tegenkoppeling en de toonregeling

Zoals reeds werd opgemerkt, wordt de tegenkoppelingsspanning afgenomen van de secundaire wikkeling van de uitgangstransformator; de toonregeling maakt deel uit van deze schakeling. De gehele keten bestaat uit: de condensator C_8 , overbrugd door de regelweerstand P_3 ; P_2 , R_7 , C_6 , R_6 en R_3 , welke laatste het niet ontkoppelde deel van de kathode-weerstand van de EF 40 vormt. Het knooppunt C_8 - R_7 is via de potentiometer P_2 van 25 k Ω gaard en het regelcontact van deze potentiometer is via C_6 met het knooppunt R_6 - R_7 verbonden. Deze toonregeling werkt als volgt: De lage tonen zijn regelbaar met P_3 . Is de weerstand geheel teruggedraaid, dan is C_8 kortgesloten en speelt deze condensator in de tegenkoppeling geen rol. Is de weerstand evenwel geheel uitgedraaid, dan staat in serie met de tegenkoppelingsschakeling een condensator van 0,1 μ F (C_6) met een weerstand van 0,1 Ω M daaraan parallel. Voor de hoge tonen speelt deze condensator geen rol; ze worden onverzwakt doorgegeven. Voor de lage frequenties wordt de weerstand evenwel groot t.o.v. de andere weerstanden in de serieschakeling. Er komt dus voor de wisselspanningen met lage frequentie een kleinere tegenkoppelspanning over R_3 , waardoor deze spanningen meer versterkt worden weergegeven. De lage tonen worden dus opgevoerd boven het gemiddelde niveau van de frequentiekaracteristiek. Dit is vooral van belang voor het weergeven van grammofoonplaten, daar deze zodanig worden opgenomen dat de frequenties beneden 250 p/s worden verzwakt. Door middel van P_3 kan de versterking zodanig worden ingesteld dat deze verzwakking niet tot uiting komt in de weergave.

De versterking van spanningen van hogere frequentie is regelbaar door middel van P_2 . Staat P_2 geheel uitgedraaid, dan is R_7 overbrugd door C_6 ; de wisselspanningen van hogere frequentie ondervinden slechts een geringe weerstand en de spanning over R_3 is maximaal. Deze spanningen zijn dus sterk tegengekoppeld en ondervinden maximale verzwakking. Staat daarentegen het regelcontact aan de aardzijde van de potentiometer, dan komt C_6 parallel aan de serieschakeling R_6 - R_3 te liggen. Hierdoor verminderen de spanningen van hoge frequentie over R_3 ; er is dus een geringere tegenkoppeling voor deze wisselspanningen, en ten gevolge hiervan een grotere versterking. De hoge tonen worden nu opgehaald boven het gemiddelde niveau.

De voeding

Een indirect verhitte gelijkrichtbuis type EZ 40 is geschakeld als tweefazige gelijkrichter. De afvlakking heeft normaal plaats met buffercondensator C_9 , een afvlakmoorspoel en condensator C_{10} . De voorversterkbuis EF 40 wordt gevoed via een extra afvlakfilter dat bestaat uit C_{11} en R_{11} . Beschikt men niet over een voedingstransformator met een 6,3 volt wikkeling voor de gloeidraadvoeding van de gelijkrichtbuis, maar wel over een met een 4 volt wikkeling, dan kan in plaats van de EZ 40, een AZ 41 als gelijkrichter worden gebruikt. De schakeling van de buisvoet is in de buizentabel in het Aanhangsel achter

in dit boek opgenomen. Men kan de gloeidraadvoeding van de EZ 40 ook nog van de 6,3 volt wikkeling voor de versterkbuizen afnemen. De kathode van de buis mag dan natuurlijk niet met de gloeidraad worden verbonden, maar wordt aan de positieve kant van de buffercondensator en de smoorspoel gelegd. Deze schakeling is mogelijk omdat de als maximum toelaatbare spanning tussen gloeidraad en kathode (V_{fk}) voor de EZ 40 500 volt bedraagt.

De uitgangstransformator

In deze versterker moet een uitgangstransformator worden gebruikt waarvan de primaire een aanpasweerstand van 7000 ohm heeft. De gelijkstroom door de primaire bedraagt 36 mA. De spreiding van de transformator moet binnen redelijke grenzen worden gehouden, daar de transformator in de tegenkoppeling is opgenomen. Het wikkelen van de secundaire tussen twee helften van de primaire is daartoe voldoende. De secundaire is aangepast voor luidsprekers met een impedantie van 5 of van 7 ohm. Een goede transformator voor dit doel is de Philips uitgangstransformator type 5181; deze heeft bij een frequentie van 400 p/s een rendement van 80% ,terwijl de verzwakking bij 50 p/s t.o.v. 400 p/s slechts 2,5 dB is.

De voedingstransformator

De voedingstransformator is in het schema getekend voor 220 volt primair, 50 p/s. Aan deze transformator worden geen speciale eisen gesteld. De secundaire spanningen zijn: $S_5 = 2 \times 250$ volt, $R_{t\ min} = 125$ ohm per anode. (Wat onder $R_{t\ min}$ wordt verstaan is uitvoerig beschreven bij de volgende versterker.) S_6 moet 6,3 volt bij 0,6 ampère kunnen leveren, $S_7 = 2 \times 3,15$ volt, 0,9 ampère.

De afvlaksmoorspoel

Als afvlaksmoorspoel kan de Philips smoorspoel type 7832 worden gebruikt. De eisen die hieraan zijn gesteld zijn: zelfinductie 10 H, stroom 40 mA, weerstand 300 Ω .

Gemeten stromen en spanningen

Aan het proefmodel van deze 3 watt versterker werden de volgende stromen en spanningen gemeten:

Voeding	Spanning over C_{10}	250 V
EL 41	Anodespanning	240 V
	Schermroosterspanning	250 V
	Kathodespanning	7 V
	Anodestroom	36 mA
	Schermroosterstroom	5,2 mA
	Anodeweerstand	7 k Ω

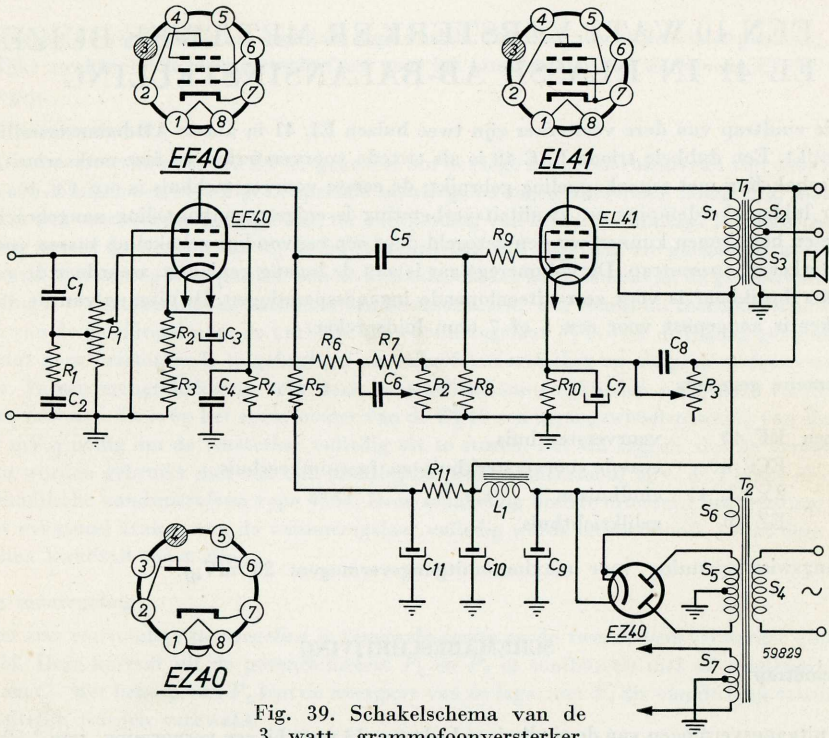


Fig. 39. Schakelschema van de 3 watt grammfoonversterker.

Weerstanden

Schemasleutel

Condensatoren

Nr.	Waarde	Belastbaarheid (watt)
R_1	0,1 M Ω	0,25
R_2	2,2 k Ω	0,25
R_3	56 Ω	0,25
R_4	1 M Ω	0,25
R_5	0,22 M Ω	0,5
R_6	1 k Ω	0,25
R_7	3,9 k Ω	0,25
R_8	0,68 M Ω	0,25
R_9	1 k Ω	0,25
R_{10}	170 Ω	0,5
R_{11}	47 k Ω	0,25
P_1	1 M Ω	
P_2	25 k Ω	
P_3	0,1 M Ω	

Nr.	Waarde	Werkspanning (volt)
C_1	220 pF	
C_2	4700 pF	
C_3	100 μ F	8
C_4	47 000 pF	
C_5	22 000 pF	
C_6	47 000 pF	
C_7	50 μ F	25
C_8	0,1 μ F	
C_9	25 μ F	355
C_{10}	25 μ F	355
C_{11}	12,5 μ F	355

Transformatoren en smoorspoelen

T_1 zie tekst; T_2 , zie tekst

L_1 10 H, 40 mA, 300 Ω .

2. EEN 10 WATT VERSTERKER MET TWEE BUIZEN EL 41 IN KLASSE AB-BALANSINSTELLING

In de eindtrap van deze versterker zijn twee buizen EL 41 in klasse AB-balansinstelling gebruikt. Een dubbele triode ECC 40 is als tweede voorversterker en faze-omkeerbuis in een schakeling met tegenkoppeling gebruikt; de eerste voorversterkbuis is een EF 40. Voor luidsprekerdemping en kwaliteitsverbetering is enige tegenkoppeling aangebracht. Lage en hoge tonen kunnen worden geregeld door een eenvoudige schakeling tussen voorversterker en tussentrap. De volumeregelaar is aan de ingang geplaatst, waardoor de versterker bruikbaar is voor zeer uiteenlopende ingangsspanningen. De uitgang van de versterker is aangepast voor een 5 of 7 ohm luidspreker.

Algemene gegevens

Buizen EF 40	voorversterkbuis
ECC 40	tweede voorversterkbuis en faze-omkeerbuis
2 × EL 41	eindbuizen
EZ 40	gelijkrichtbuis

Ingangswisselspanning voor maximumuitgangsvermogen: 25 mV_{eff}.

SCHEMABESCHRIJVING

De eindtrap

Het uitgangsvermogen van de eindbuizen bedraagt 13 watt bij een vervorming van 2,5%, als de anode- en schermroosterspanningen 300 volt zijn. De nodige gelijkspanning is 310 volt als er geen ingangswisselspanning is aangelegd. Deze anodespanning daalt beduidend als de eindtrap volledig wordt uitgestuurd, en dit heeft tot gevolg dat de uitgangsenergie gereduceerd wordt tot ongeveer 11,5 watt met een enkelvoudige, sinusvormige ingangswisselspanning. Met een goede uitgangstransformator is dan een secundaire energie van 10 watt te bereiken, zodat een enkele 10 watt luidspreker, bijv. een Philips luidspreker type 9702, of beter nog type 9734, zonder gevaar voor overbelasting op deze versterker kan worden aangesloten.

De spanning voor de tegenkoppeling wordt afgenomen van de secundaire van de uitgangstransformator en toegevoerd aan de niet ontkoppelde kathodeweerstand van de eerste helft van de ECC 40, waardoor de totale versterking tot ongeveer de helft wordt gereduceerd.

De tweede voorversterker en de faze-omkeerbuis

De tweede voorversterkbuis is een dubbeltriode ECC 40, waarvan de eerste helft als aandrijfbuis, de tweede als faze-omkeerbuis wordt gebruikt. De versterking van deze trap is in de toegepaste schakeling ongeveer 28-voudig; de versterking van de faze-omkeerbuis slechts 1 ×. Deze buis keert alleen de faze om, en de zeer sterke tegenkoppeling via R_9 ,

reduceert de versterking tot deze zeer lage waarde. Hierdoor wordt de wisselspanning, van gelijke sterkte, doch tegengestelde faze, voor het stuurrooster van de tweede EL 41 verkregen.

De voorversterker

Als voorversterkbuï is een EF 40 gekozen, om het lage brom- en ruïsniveau van deze buï. Over het algemeen zullen geen speciale maatregelen tegen microfonie nodig zijn, maar er moet wel voor worden gezorgd dat, ter voorkoming van brom, de montage in overeenstemming is met de wenken die bij de buïbeschrijving zijn gegeven. De gloeidraad heeft een positieve spanning ten opzichte van de kathode, omdat het midden van de gloeïstroomwikkeling is verbonden met de kathoden van de eindbuïzen. Dit voorkomt thermionische emissie van de gloeidraad naar de kathode. De volumeregelaar P_1 is over de ingang geschakeld, zodat deze versterker is te gebruiken als microfoonversterker en als grammofoonversterker. In een mengschakeling voor deze twee gebruiksmogelijkheden is bij deze versterker niet voorzien. Er is op het stuurrooster van de EF40 een ingangswisselspanning van slechts 25 mV_{eff} nodig om de versterker volledig uit te sturen. Dit wil zeggen, dat de versterker kan worden gebruikt met een van dichtbij besproken microfoon, bijv. de Philips electro-dynamische handmicrofoon type 9564. Deze schakeling brengt uiteraard het bezwaar mee dat eventueel kraken van de volumeregelaar volledig wordt meeversterkt, zodat deze van prima kwaliteit moet zijn.

De toonregeling

Een zeer eenvoudige toonregeling is tussen de eerste en de tweede voorversterker geschakeld. Deze bestaat uit de potentiometers P_2 en P_3 in combinatie met de condensatoren C_4 en C_5 . Met behulp van P_2 kan de weergave van de lage, met P_3 die van de hoge tonen gedeeltelijk worden verzwakt.

De voeding

Als tweefazige gelijkrichter wordt een indirect verhitte gelijkrichtbuis EZ 40 gebruikt. Mocht men evenwel de beschikking hebben over een goede voedingstransformator met viervolts wikkeling voor de gloeidraadvoeding van de gelijkrichter, dan kan een AZ 1 als gelijkrichter dienen (gloeïstroom 1,1 A), of, als men de versterker geheel met Rimlock buïzen wil uitrusten, kunnen twee buïzen AZ 41 worden gebruikt. In dat geval is de totale gloeïstroom van de gelijkrichtbuïzen 1,45 ampère. Evenals bij de vorige versterker, kan de gloeidraadvoeding voor de gelijkrichtbuis EZ 40 eventueel worden afgenomen van de gloeidraadwikkeling voor de versterkbuïzen.

Ten einde de spanningsval in de voedingsapparatuur bij volledige uitsturing van de eindtrap binnen redelijke grenzen te houden, mag de voedingstransformator niet een te grote weerstand hebben. Aan de andere kant is er evenwel een minimumweerstand nodig om te voorkomen dat de gelijkrichtbuis gaat sputteren. Deze minimumweerstand, die in de buïsggegevens $R_{l\ min}$ wordt genoemd, wordt als volgt berekend:

R_l , dus de transformatorweerstand, is gelijk aan de weerstand van een helft van de secundaire, vermeerderd met het product van de primaire weerstand en het kwadraat van de wikkelvingsverhouding. In formulevorm wordt dit dus: $R_l = R_s + n^2 R_p$.

Voor een transformator met een primaire spanning van 220 volt en een secundaire spanning van 2×300 volt is dus $n^2 = (300/220)^2 = 1,86$.

Stel nu, dat de secundaire een gelijkstroomweerstand heeft van 75 ohm en de primaire een weerstand van 7 ohm; dan wordt $R_t = 75 + 1,86 \times 7 = 88$ ohm. Gebruiken we nu een AZ 41 als gelijkrichtbuis, dan moeten weerstanden in serie met de anoden worden geschakeld, want $R_t = 100$ ohm voor deze buis. In serie met de anoden zijn dan weerstanden van ten minste 12 ohm nodig. Voor de EZ 40 is $R_t = 215$ ohm, dus de serieweerstanden moeten hier $215 - 88 = 127$ ohm zijn. De serieweerstanden behoeven niet noodzakelijk in de anodeleiding te worden opgenomen. Men kan ook volstaan met een enkele serieweerstand tussen het midden van de secundaire wikkeling en aarde.

Bij een klasse A-versterker is de weerstand van de voedingsapparatuur niet zo erg belangrijk, daar de belasting constant is. Als de voeding voldoende spanning en stroom kan geven bij de statische instelling, is zij ook toereikend bij volledige belasting en uitsturing van de eindtrap. Anders is dit bij een klasse AB-versterker. Hier neemt de stroomafneming bij volle uitsturing van de eindbuizen aanmerkelijk toe, en dus is een lage inwendige weerstand van de voedingsapparatuur essentieel. We zullen dus in een dergelijke versterker de als minimum toelaatbare weerstand in de anodeketen van de gelijkrichtbuis kiezen. Om dezelfde reden moet de afvlaksmoorspoel een lage weerstand hebben. In deze versterker is een smoorspoel van ca. 10 H bij 100 mA stroomdoorgang en een weerstand van ca. 200 ohm toereikend. Men kan hiervoor bijv. de Philips smoorspoel type 7833 gebruiken.

De uitgangstransformator

Na wat er reeds over uitgangstransformatoren is geschreven, valt over de voor deze versterker noodzakelijke transformator weinig bijzonders te zeggen. Daar de tegenkoppeling in deze versterker gering is, worden aan deze transformator geen uiterste eisen gesteld; een normale balanstransformator, aangepast voor 9000 ohm tussen de anoden primair, en met een secundaire aangepast aan luidsprekers van 5 of 7 ohm, zal hier voldoen. Een uitstekende transformator voor deze versterker is de Philips balansuitgangstransformator type 5186. Deze transformator heeft primair twee aanpassingen, nl. een voor ca. 5000 ohm en een voor ca. 10 000 ohm. De secundaire is aangepast voor een luidspreker van ca. 5 ohm of van 7 ohm. Het rendement van deze transformator is 85% en de belastbaarheid voor gelijkstroom 2×70 mA; de maximale wisselstroombelasting is 20 watt.

De voedingstransformator

Na hetgeen reeds over de voeding is vermeld, volstaan we met de beschrijving van de voedingstransformator met de nodige stromen en weerstanden:

Wikkeling	Spanning	Stroom
S_4	220 V	50 p/s
S_5	2×300 V	$R_{tmin} = 215$ per anode
S_6	6,3 V	0,6 A
S_7	$2 \times 3,15$ V	2,2 A

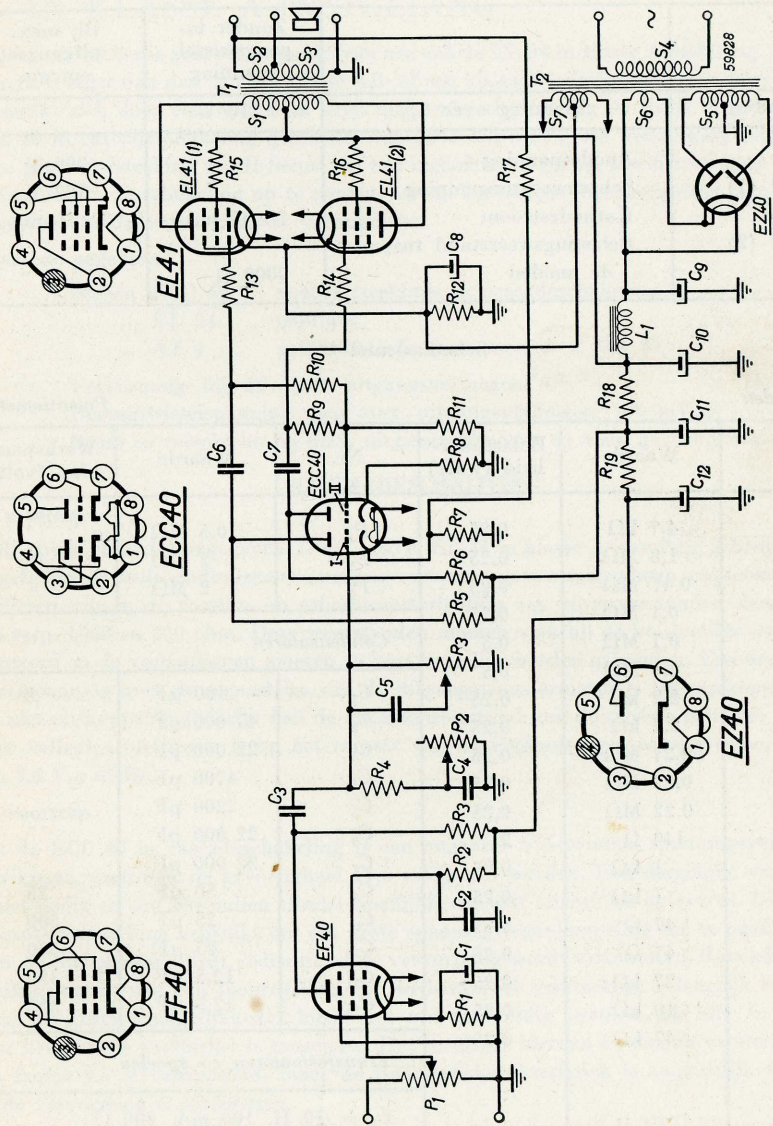


Fig. 40. Schakelschema van de 10 watt versterker met twee buizen EL 41 in klasse AB-balansinstelling.

Spanningen en stromen

		Zonder ingangswisselspanning	Bij max. uitgangspanning
Voeding	Spanning over C_{10}	310 V	
EL 41 (1) en EL 41 (2)	Anodespanning Schermroosterspanning Kathodestroom Belastingsweerstand tussen de anoden	2×35 mA 9000 Ω	300 V 300 V 2×46 mA

Schemasleutel

Weerstanden

Potentiometers

Nr.	Waarde	Belastbaarheid (watt)	Nr.	Waarde	Werkspanning (volt)	
R_1	4,7 k Ω	0,25	P_1	0,5 M Ω		
R_2	1,8 M Ω	0,25	P_2	2 M Ω		
R_3	0,47 M Ω	0,25	P_3	2 M Ω		
R_4	0,1 M Ω	0,25	<i>Condensatoren</i>			
R_5	0,1 M Ω	0,5	C_1	100 μ F	8	
R_6	0,1 M Ω	0,5	C_2	47 000 pF		
R_7	2,2 k Ω	0,25	C_3	22 000 pF		
R_8	2,2 k Ω	0,25	C_4	4700 pF		
R_9	0,27 M Ω	0,25	C_5	2200 pF		
R_{10}	0,22 M Ω	0,25	C_6	22 000 pF		
R_{11}	0,22 M Ω	0,25	C_7	22 000 pF		
R_{12}	140 Ω	2	C_8	50 μ F		25
R_{13}	1 k Ω	0,25	C_9	25 μ F		500
R_{14}	1 k Ω	0,25	C_{10}	25 μ F		500
R_{15}	47 Ω	0,25	C_{11}	12,5 μ F		355
R_{16}	47 Ω	0,25	C_{12}	12,5 μ F		355
R_{17}	27 k Ω	0,25	<i>Transformatoren en spoelen</i>			
R_{18}	10 k Ω	0,25	$L_1 = 10$ H, 100 mA, 200 Ω			
R_{19}	47 k Ω	0,25	T_1 en T_2 , zie tekst.			

3. EEN 10 WATT VERSTERKER MET EEN EL 34 IN KLASSE A-INSTELLING

In deze versterker is gebruik gemaakt van een enkele EL 34 in klasse A-instelling. Het rendement is lager dan dat van een klasse AB- of een klasse B-versterker, maar de schakeling kenmerkt zich door eenvoud, daar geen faze-omkeerbuis nodig is. In de voortrap is een ECC 40 in cascadeschakeling gebruikt, waardoor een zeer grote versterking mogelijk is. Deze grote versterking wordt benut om een ingenieuze regeling, zowel voor hoge als voor lage tonen, in de schakeling op te nemen, terwijl bovendien tegenkoppeling kan worden toegepast om de vervorming te verminderen.

Algemene gegevens

Buizen ECC 40	voorversterkbuis in cascadeschakeling
EL 34	eindbuis
AZ 4	gelijkrichtbuis (eventueel $2 \times AZ 41$)

Vervorming bij 12 watt uitgangsvermogen: 7%

Ingangswisselspanning voor max. uitgangsvermogen: 109 mV_{eff}

Brom en ruisniveau bij max. uitgangsvermogen en max. gevoeligheid: -49 dB

SCHEMABESCHRIJVING

De eindtrap

Zoals boven reeds is aangegeven, is een enkele EL 34 in klasse A-instelling gebruikt. Daar dergelijke zeer steile eindbuizen een neiging vertonen om in een zeer hoge frequentie te gaan oscilleren, zijn in de rooster- en schermroosterleiding z.g. stopweerstand aangebracht van resp. 1000 en 220 ohm. Deze weerstanden moeten vlak bij de buishouder worden gemonteerd en de verbindingen moeten zo kort mogelijk worden gehouden. Een deel van de wisselspanning over de secundaire van de uitgangstransformator is tegengekoppeld naar het niet-ontkoppelde gedeelte van de kathodeweerstand van de tweede helft der ECC 40. Voor volledige uitsturing is op het rooster van de eindbuis een ingangswisselspanning van 7,8 V_{eff} nodig.

De voortrap

Met de ECC 40 in cascadeschakeling is een ongeveer 675-voudige spanningsversterking bereikbaar, waardoor de gevoeligheid 11,5 mV_{eff} zou worden. Een dergelijke versterking is niet nodig en zou bovendien allerlei moeilijkheden met microfonie opleveren. Derhalve is de grote versterking gebruikt om een grote spanningstegenkoppeling toe te passen, waardoor de luidspreker wordt gedempt en de vervorming wordt verminderd. Bovendien is gebruik gemaakt van een toonregeling, die weliswaar de versterking belangrijk reduceert, maar die grotere mogelijkheden biedt dan een eenvoudig systeem, als bijv. in de hiervoor beschreven versterker is toegepast. Het resultaat hiervan is, dat de versterking met een factor 9,5 is verminderd, maar de frequentiekaracteristiek is aanzienlijk verbeterd en de vervorming is afgenomen.

Het is aan te bevelen op de middenbus van de buishouder voor de ECC 40 een afschermplaatje te solderen dat de verbindingen van de beide buishelften van elkaar afschermt. De montage van dit gedeelte van de versterker moet met zeer veel zorg geschieden, om ongewenste koppelingen te vermijden; immers, deze zouden tot genereren aanleiding kunnen

geven. Mocht na montage blijken dat de ECC 40 onverhoopt toch genereert, dan kan een condensatorpje van 4 pF (dat van twee incengedraaide stukjes geïsoleerd montagedraad kan worden gemaakt) tussen rooster en anode van de eerste buishelft worden geschakeld. Dit vormt een sterke tegenkoppeling voor wisselspanningen van hoge frequentie, waarmee iedere neiging tot genereren effectief wordt onderdrukt.

De toonregeling

Met de in deze versterker gebruikte toonregeling kan een stijgende of een dalende frequentie-karakteristiek zowel voor lage als voor hoge tonen worden verkregen. De werking is als volgt:

Veronderstel dat de verbindingen met de regelcontacten van de potentiometers P_2 en P_3 (in het schema van fig. 43) worden onderbroken; dan zal de roosterwisselspanning van de tweede helft der ECC 40 gelijk zijn aan de wisselspanning in punt B van het schema. Deze spanning wordt bepaald door de spanningsdeler R_7 - C_5 en R_6 - C_6 en ook door de spanning in het punt A. De RC-producten in de beide gedeelten van deze spanningsdeler zijn aan elkaar gelijk ($R_7 = 1,2 \text{ M}\Omega$, $C_5 = 390 \text{ pF}$; $R_6 = 0,47 \text{ M}\Omega$, $C_6 = 1000 \text{ pF}$), waardoor de spanningsdeling onafhankelijk van de frequentie wordt. De spanning in punt B is ongeveer een derde van die in punt A. Worden nu de verbindingen met de regelcontacten der potentiometers P_2 en P_3 hersteld, dan is het duidelijk dat de spanningsdeling kan worden beïnvloed door de stand van de potentiometers. Staat het regelcontact van de potentiometer P_3 in de bovenste stand, dan zal, via condensator C_4 die slechts 150 pF is, bij hoge frequenties een groter gedeelte van de wisselspanning op het rooster van de buis komen dan wanneer het regelcontact in de laagste stand is gedraaid. In dat geval is er een extra verzwakking voor de hoge tonen via R_5 en C_6 . Zodoende kan met P_3 een stijgende of een dalende karakteristiek voor de wisselspanningen van hogere frequentie worden verkregen. De potentiometer P_2 heeft een soortgelijke invloed op de lage tonen. In de bovenste stand van het regelcontact zal bij de lage frequenties een hogere spanning via R_8 en C_6 (resp. $1,2 \text{ M}\Omega$, 1000 pF) op het rooster van de buis komen dan in de onderste stand. In het laatste geval komt R_8 parallel te liggen aan C_6 , waardoor de spanningen van lage frequentie in het punt B verzwakken. Fig. 42 geeft enige voorbeelden van de frequentiekarakteristieken die met deze toonregeling kunnen worden verkregen.

De voeding

De voeding is uitgerust met een gelijkrichtbuis type AZ 4. De anode van de EL 34 wordt niet gevoed van de eerste afvlakcondensator; dat zou in deze versterker te veel brom veroorzaken. Daarom is een zware smoorspoel nodig, nl. 8 H bij 130 mA. De voedingstransformator moet een vrij groot vermogen kunnen leveren; de secundaire moet voor $2 \times 300 \text{ V}$, 140 mA zijn berekend. De voortrap met ECC 40 wordt gevoed via een extra afvlakfilter, bestaande uit R_{15} en C_8 .

In plaats van de AZ 4 kunnen twee buizen AZ 41 worden gebruikt, als men de versterker geheel met moderne buistypen wil uitrusten.

MEETRESULTATEN

In het proefmodel van de versterker werden bij meting de volgende waarden en frequentie-karakteristieken opgetekend:

Spanningen en stromen

		Zonder in- gangswissel- spanning
Voeding	Spanning over C_{11}	295 V
	Spanning over C_{12}	273 V
	Spanning over C_8	220 V
	Totale gelijkstroom	116 mA
	Rimpelspanning over C_{11}	10,8 V _{eff}
	Rimpelspanning over C_{12}	170 mV _{eff}
Rimpelspanning over C_8	0,6 mV _{eff}	
EL 34	Anodespanning	250 V
	Schermroosterspanning	270 V
	Kathodespanning	12,4 V
	Anodestroom	100 mA
	Schermroosterstroom	12,5 mA
	Anodebelastingsweerstand	2500 Ω
ECC 40 eerste en tweede helft	Anodespanning	67 V
	Kathodespanning	2,1 V
	Anodestroom	0,95 mA

Vervorming en uitgangsvermogen

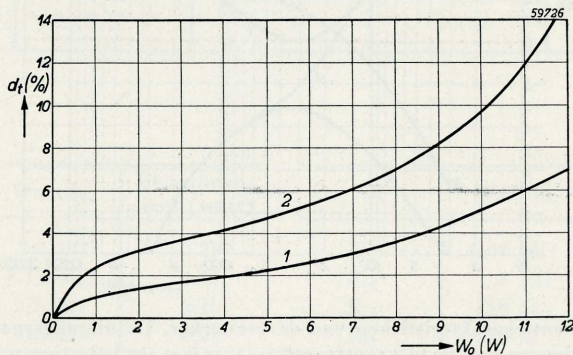


Fig. 41. Totale vervorming d_t als functie van de uitgangsenergie W_0 , gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator met een belastingsweerstand aan de anode $R_a = 2500 \Omega$, bij een frequentie $f = 1000$ p/s.

Kromme 1: met tegenkoppeling.

Kromme 2: zonder tegenkoppeling.

Gevoeligheid

Uitgangsvermogen gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator	Ingangswisselspanning V_{g1} EL 34	Ingangswisselspanning $V'_{g'}$ ECC 40 (2)	Ingangswisselspanning V_g ECC 40 (1)
12 W	7,8 V _{eff}	0,73 V _{eff}	109 mV _{eff}

Brom- en ruisniveau

Het brom- en ruisniveau vergeleken bij 12 watt uitgangsvermogen, gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator:

	Brom- en ruisniveau
Volumeregelaar P_1 op minimum	- 68 dB
P_1 op maximum	- 49 dB

Frequentiekenarakteristiek

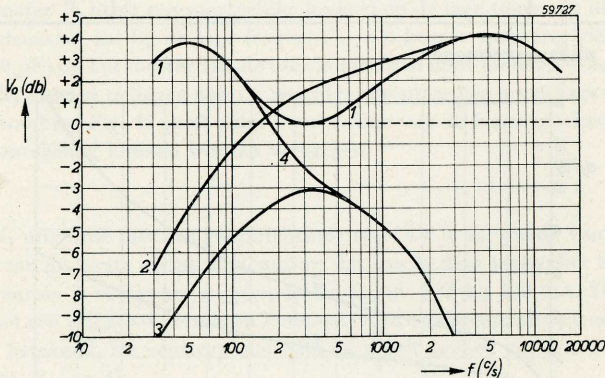


Fig. 42. De frequentiekenarakteristieken van de versterker. De uitgangsspanning V_0 is gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator met een belastingsweerstand aan de anode $R_a = 2500$.

Kromme 1: P_3 voor hoge tonen op maximum, potentiometerregeling P_2 op maximum.

Kromme 2: P_3 op maximum, P_2 op minimum.

Kromme 3: P_3 op minimum, P_2 op minimum.

Kromme 4: P_3 op minimum, P_2 op maximum.

De uitgangstransformator

De windingsgetallen uit onderstaande tabel zijn berekend op een luidsprekerimpedantie van 7 ohm.

Wikkeling	Aantal windingen	Draaddiameter
S_1	2500	0,22 mm koper-email
S_2	132	1 mm koper-email
Kern : manteltype Kerndoorsnede : 10 cm ² Luchtspleet : 0,2 mm Rendement : 75-80%		

De voedingstransformator

Deze transformator is berekend voor een netspanning van 220 V, 50 p/s. De kerndoorsnede is 14 cm².

Wikkeling	Spanning	Stroom	Aantal windingen	Draaddiameter
S_3	220 V	50 p/s	660	0,45 mm koper-email
S_4	2 × 300 V	140 mA	2 × 900	0,25 mm „
S_5	4 V	2,3 A	13	1 mm „
S_6	2 × 3,15 V	2,1 A	2 × 10	1 mm „

Schemasleutel*Weerstand*

Nr.	Waarde	Belastbaarheid (watt)	Nr.	Waarde	Werkspanning (volt)
R_1	2,2 kΩ	0,25	R_{10}	0,68 MΩ	0,25
R_2	0,15 MΩ	0,25	R_{11}	1 kΩ	0,25
R_3	2,2 kΩ	0,25	R_{12}	110 Ω	2
R_4	12 Ω	0,25	R_{13}	220 Ω	0,25
R_5	0,39 MΩ	0,25	R_{14}	220 Ω	0,25
R_6	0,47 MΩ	0,35	R_{15}	15 kΩ	0,5
R_7	1,2 MΩ	0,25	P_1	0,5 MΩ	
R_8	1,2 MΩ	0,25	P_2	1,5 MΩ	
R_9	0,15 MΩ	0,25	P^1	5 MΩ	

SCHAKELSCHEMA

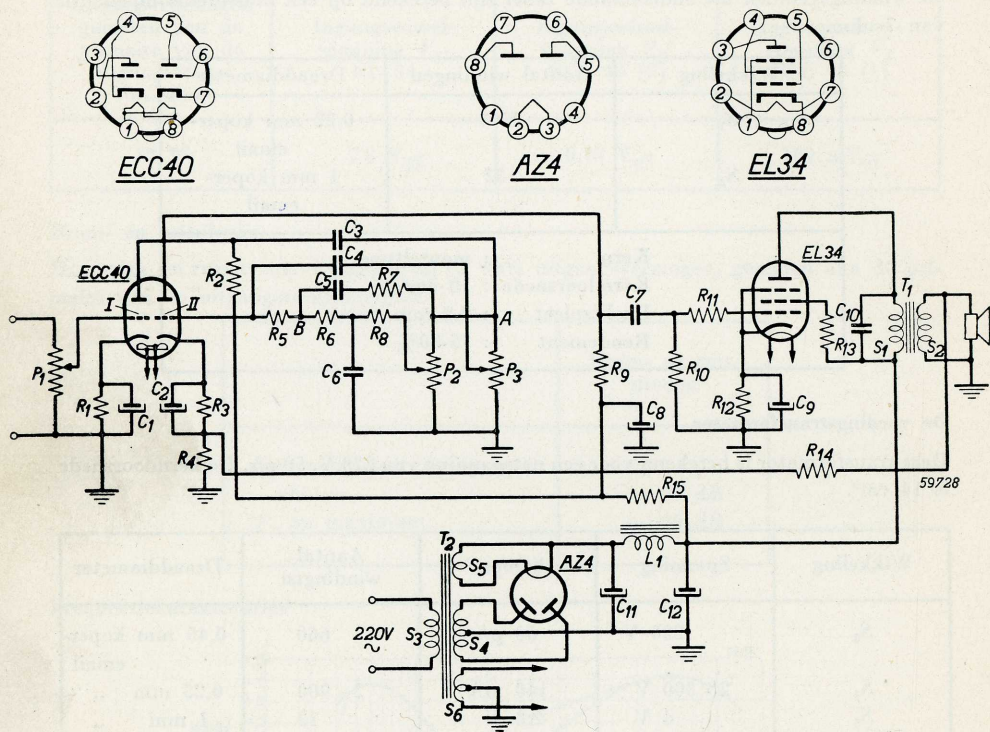


Fig. 43. Schakelschema van de 10 watt versterker met een buis EL 34 in klasse A-instelling

Condensatoren

Nr.	Waarde	Werkspanning (volt)
C ₁	50 μF	12,5
C ₂	50 μF	12,5
C ₃	47 000 pF	
C ₄	150 pF	
C ₅	390 pF	
C ₆	1000 μF	
C ₇	47 000 pF	
C ₈	32 μF	320

Nr.	Waarde	Werkspanning (volt)
C ₉	50 μF	25
C ₁₀	4700 pF	600
C ₁₁	25 μF	350
C ₁₂	25 μF	350

Transformatoren en smoorspoel

T₁ en T₂, zie tekst
L₁ 8H, 130 mA

4. EEN 15 WATT GELIJK-WISSELSTROOMVERSTERKER MET TWEE EINDBUIZEN PL 81 IN KLASSE B-BALANSINSTELLING

In deze versterker voor gelijk-wisselstroom-(universele) voeding is er naar gestreefd met zeer eenvoudige middelen een groot geluidsvermogen te verkrijgen. Dit is bereikt door de versterker rechtstreeks uit het net te voeden, zonder gebruik te maken van een voedings-transformator en door toepassing van een klasse B-eindtrap.

Er is alleen toonregeling voor de hoge tonen aangebracht, en de mate van tegenkoppeling varieert met de stand van de volumeregelaar.

De uitgang is aangepast voor luidsprekers van 5 en van 7 ohm, zodat voor ieder van deze impedanties nauwkeurige aanpassing aan de eindtrap kan worden verkregen.

De versterker kan worden aangesloten op netten van 220 volt, gelijk- of wisselstroom. De resultaten zijn voor beide gevallen praktisch gelijkwaardig.

WAARSCHUWING

Bij gelijk-wisselstroomapparaten kan het chassis onder spanning staan!

Afhankelijk van de wijze waarop de stekker in het stopcontact wordt gestoken, kan de volle netspanning tussen chassis en aarde staan, wat onder bepaalde omstandigheden levensgevaarlijk kan zijn.

Daarom moet een dergelijke versterker worden gebouwd in een kast die geheel van isolatiemateriaal (bijv. hout) is vervaardigd. De assen van potentiometers en schakelaars moeten geïsoleerd worden uitgevoerd. Is dit om de een of andere reden niet uitvoerbaar, dan zorg men er tenminste voor dat de bevestigingsschroefjes van de knoppen niet buiten het isolatiemateriaal uitsteken. Maak alles zo, dat onder geen enkele omstandigheid metalen delen van de versterker met de hand kunnen worden aangeraakt. Bij beproeving van of reparatie aan universele apparaten doet men verstandig een scheidingstransformator tussen het net en de versterker te schakelen. Heeft men niet de beschikking over een dergelijke transformator, dan kan men als volgt te werk gaan: Sluit de versterker aan op het net en onderzoek, alvorens iets aan te raken, met een spanningzoeker of er spanning op het chassis staat. Is dit het geval, draai dan de stekker in het stopcontact om, waarna het chassis spanningvrij is. Het gebruik van een scheidingstransformator verdient echter altijd de voorkeur!

Microfoons

Over het algemeen zal een universele versterker moeilijkheden geven als hij als microfoonversterker wordt gebruikt, althans bij toepassing van de moderne kwaliteitsmicrofoons. De microfoons die in aanmerking komen zijn bijv. koolmicrofoons, die een hoge spanning afgeven. Deze zullen voor spraak wel voldoen; voor muziek echter zal de kwaliteit over het algemeen onvoldoende zijn.

Om te voorkomen dat de netspanning op de microfoon komt te staan, is een microfoontransformator nodig, waarvan de primaire niet met het chassis mag worden verbonden.

Algemene gegevens

Buizen	EF 40	voorversterkbuis
	ECL 80	faze-omkeerbuis en oscillator voor de neg. roosterspanning der eindbuizen.
	2 × PL 81	eindbuizen
	2 × PL 82	gelijkrichtbuizen

Vervorming bij 16,2 watt uitgangsvermogen:

zonder tegenkoppeling	6%
met tegenkoppeling	1,8%

Ingangswisselspanning voor maximumuitgangsvermogen 220 mV_{eff}.

Brom en ruisniveau bij maximumuitgangsvermogen en maximumgevoeligheid —42 dB.

SCHEMABESCHRIJVING**De eindtrap**

Er zijn twee buizen PL 81 in een normale balansschakeling in klasse B-instelling gebruikt. De ingangswisselspanningen voor de stuurroosters van de beide eindbuizen worden afgenomen van de anode van de EF 40 en van de anode van het penthodegedeelte van de ECL 80. Om parasitair oscilleren van de eindbuizen te voorkomen, zijn de gebruikelijke stopweerstand in stuurrooster- en schermroosterleidingen opgenomen. Deze weerstanden moeten zo dicht mogelijk bij de buishouder worden gemonteerd. In deze versterker is een aparte tegenkoppelingswikkeling op de uitgangstransformator noodzakelijk! Deze wikkeling is immers met één zijde aan het chassis verbonden. Zouden we, zoals zo dikwijls wordt gedaan, de wikkeling voor de luidsprekers als tegenkoppelingswikkeling gebruiken, dan zouden de luidsprekerleidingen en de spreekspoelen op de netspanning komen te staan, wat zeer ongewenst is. De luidsprekerwikkeling op de transformator wordt dus in deze versterker **niet** geaard.

De faze-omkering en de gelijkrichter voor de negatieve roosterspanning

Het penthodegedeelte van de ECL 80 doet, als triode geschakeld, dienst om de faze van de wisselspanning aan de anode van de EF 40 om te keren.

De buis is zeer sterk tegengekoppeld via R_7 , waardoor de versterking $1 \times$ wordt en een goede balans voor de stuurspanningen van de eindbuizen onder zeer uiteenlopende omstandigheden wordt verzekerd.

Het triodegedeelte van de ECL 80 is als H.F. oscillator geschakeld en werkt op een frequentie van ongeveer 2 Mp/s. Een gedeelte van de gelijkspanning die over de roosterlekweerstand ontstaat is gebruikt om de eindtrap en het penthodegedeelte van de ECL 80 van negatieve roosterspanning te voorzien. Een spanningsdeler bestaande uit de weerstanden R_{11} , R_{12} , en R_{13} wordt gebruikt om de juiste waarden van de negatieve roosterspanningen af te takken.

Voor de spoelen L_1 en L_2 kan men bijv. een oscillatorspoeltje voor het middengolfgebied van een gewone omroep-super gebruiken. Het bepalen of men de juiste negatieve rooster-spanning heeft, kan als volgt geschieden:

Men maakt R_{13} los van -Hsp en schakelt een microampèremeter in serie met deze weerstand, de positieve kant van de meter aan —hsp. Bij wisselstroomvoeding van de versterker uit een 220 volt net, moet de neg. roosterspanning —32 volt zijn, als de netspanning de nominale waarde heeft. Dit wil dus zeggen, dat over de weerstanden R_{12} en R_{10} , resp. 1 M Ω en 0,1 M Ω , een spanningsval van 32 volt moet ontstaan. Door deze weerstanden vloeit dus een gelijkstroom $I = 32/1,1 \mu\text{A}$, dus van 28 μA . De spoelen moeten zodanig zijn gekoppeld dat we deze roosterstroom krijgen. Eventuele correctie hierop is mogelijk door R_{11} te veranderen en door vastere of lossere koppeling van de spoelen L_1 en L_2 . Daar deze koppeling evenwel meestal vastligt en niet kan worden gewijzigd, is in feite R_{11} ons enige hulpmiddel. De normale oscillatorspoelen voor het M.G. gebied voldoen meestal aan de gestelde eis om ongeveer de juiste spanning te krijgen. Vastere of lossere koppeling is ook nog mogelijk door het in- of uitschroeven van een ijzerkerntje. Controle met een microampèremeter om te zien of men de juiste roosterstroom heeft ingesteld is evenwel altijd gewenst. De frequentie van ca. 2 Mp/s is gekozen, omdat deze geen interferentiestoring in het omroepgebied doet ontstaan. De aftakking tussen R_{12} en R_{13} geeft de negatieve rooster-spanning voor het penthodegedeelte van de ECL 80.

De voorversterker

In de voortrap wordt een EF 40 gebruikt in een normale schakeling, die een ongeveer 180-voudige versterking verzekert. In de schakeling is een zeer eenvoudige toonregeling aangebracht door middel van de potentiometer P_2 , waarvan het regelcontact, via de condensator C_3 van 100 pF, met de anode van de buis is verbonden. Dit is dus een vorm van regelbare, van de frequentie afhankelijke tegenkoppeling.

De tegenkoppeling

Een deel van de spanning over de tertiaire wikkeling van de uitgangstransformator (S_0) wordt in tegenfase teruggevoerd naar de roosterkring van de EF 40, via de weerstanden R_{21} en R_2 . De onderkant van de volumeregelaar P_1 is verbonden met R_2 , zodat de tegenkoppeling maximaal is bij minimale gevoeligheid. Is de volumeregelaar op maximale gevoeligheid ingesteld, dan is de tegenkoppeling maar zeer gering. In deze stand krijgt men dus grotere gevoeligheid dan wanneer een vaste tegenkoppeling wordt gebruikt. Wil men evenwel bij iedere gevoeligheid tegenkoppeling toepassen, dan kan men de onderkant van de potentiometer P_2 verbinden met R_2 , in plaats van met aarde (de gestippelde lijn in het schakelschema).

De voeding

Twee buizen PY 82 zijn parallel geschakeld als eenfasige gelijkrichter. Beide buizen hebben in de anodeleiding een sputterweerstand R_{23} en R_{20} van 40 Ω . De gemeenschappelijke weerstand van 80 Ω (R_{20}) dient om een constant gelijkgericht vermogen te krijgen, zowel van gelijk- als van wisselstroomnetten. De stroom door de gloeistroomketen is 300 mA. Daarom is een serieweerstand R_{26} van 416 Ω , 40 watt nodig om de gloeispanningen op de juiste waarde te brengen. De EF 40 heeft evenwel een gloeistroom van 200 mA nodig, terwijl de gloeispanning daarvan 6,3 volt is. Aan de gloeidraad moet derhalve een weerstand van 63 ohm (R_{27}) worden parallel geschakeld.

MEETRESULTATEN

In het proefmodel van de versterker werden de volgende stromen en spanningen gemeten.

		Wisselstroomnet		Gelijkstroomnet	
		Zonder ingangswisselspanning	Bij maximum-uitgangsvermogen	Zonder ingangswisselspanning	Bij maximum-uitgangsvermogen
Voeding	Spanning over C_{17}	250 V	185 V	215 V	190 V
	Spanning over C_{16}	240 V	165 V	208 V	175 V
	Spanning over C_{15}	205 V	145 V	175 V	150 V
	Totale gelijkstroom	78 mA	195 mA	70 mA	188 mA
	Rimpelspanning C_{17}	4 V_{eff}	9 V_{eff}	—	—
	Rimpelspanning C_{16}	0,1 V_{eff}	0,32 V_{eff}	—	—
	Rimpelspanning C_{15}	3,5 V_{eff}	7 V_{eff}	—	—
PL 81(1) en PL81(2)	Anodespanning	245 V	180 V	205 V	185 V
	Schermroosterspanning	240 V	170 V	200 V	175 V
	Neg. roosterspanning	—32 V	—23 V	—27 V	—24 V
	Anodestroom	65 mA	165 mA	60 mA	160 mA
	Schermroosterstroom	5 mA	23 mA	4,5 mA	21,5 mA
	Belastingsweerst. tussen de anoden	2 k Ω	2 k Ω	2 k Ω	2 k Ω
ECL80 penthode	Anodespanning	55 V	—	45 V	—
	Neg. roosterspanning	—3,3 V	—	—3 V	—
ECL80 triodeged.	Anodespanning	225 V	—	190 V	—
	Anodestroom	2,8 mA	—	2,2 mA	—
EF 40	Anodespanning	66 V	—	54 V	—
	Schermroosterspanning	92 V	—	75 V	—
	Kathodespanning	2 V	—	1,8 V	—

Uitgangsvermogen gem. aan de primaire v. d. uitgangstransformator	Ingangsspanning stuurrooster V_{g1} PL 81 (1) en PL 81 (2)	Ingangsspanning V_{g1} EF 40
16,2 W	16 V_{eff}	220 mV $_{eff}$
0,5 W	5,5 V_{eff}	70 mV $_{eff}$
50 mW	1,8 V_{eff}	23 mV $_{eff}$

Vervorming en uitgangsvermogen

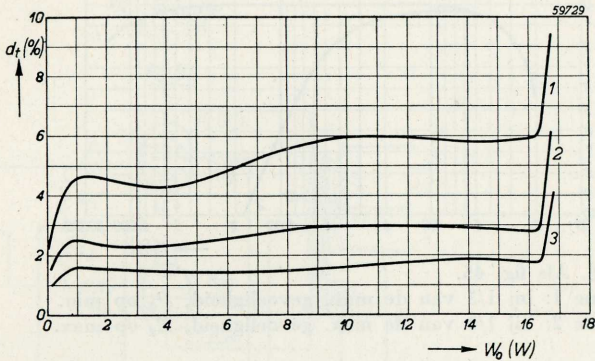


Fig. 44. Totale vervorming d_t als functie van het uitgangsvermogen W_0 , gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator met een belastingsweerstand tussen de anoden $R_{aa} = 2 \text{ k}\Omega$, bij een frequentie van 1000 p/s.

- Kromme 1: bij max. gevoeligheid, P_1 op maximum
- Kromme 2: bij 1/3 van de max. gevoeligheid
- Kromme 3: bij 1/10 van de max. gevoeligheid

Frequentiekaracteristiek

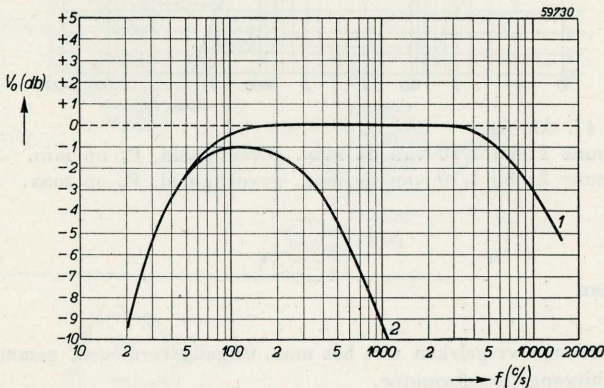


Fig. 45. Frequentiekaracteristiek van de versterker. De uitgangsspanning V_0 is gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator met een belastingsweerstand tussen de anoden $R_{aa} = 2 \text{ k}\Omega$.

- Kromme 1: bij max. gevoeligheid, toonregeling P_2 op minimum.
- Kromme 2: bij max. gevoeligheid, toonregeling P_2 op maximum.

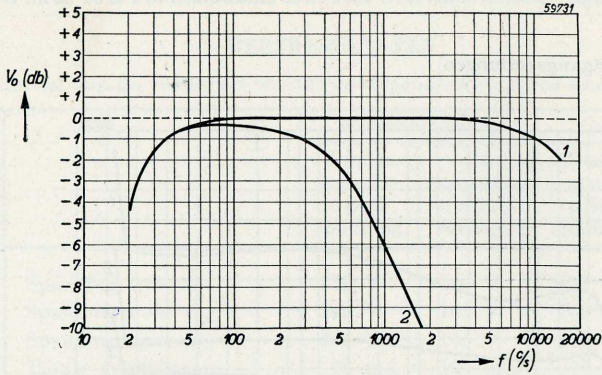


Fig. 46. Als fig. 45.

Kromme 1: bij 1/3 van de max. gevoeligheid, P_2 op min.
 Kromme 2: bij 1/3 van de max. gevoeligheid, P_2 op max.

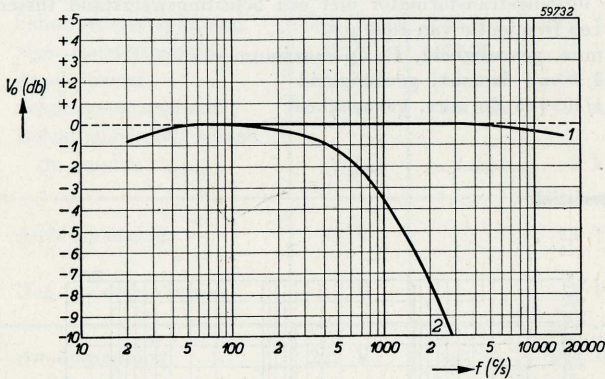


Fig. 47. Als fig.

Kromme 1: bij 1/10 van de max. gevoeligheid, P_2 op min.
 Kromme 2: bij 1/10 van de max. gevoeligheid, P_2 op max.

Brom- en ruisniveau

Het brom- en ruisniveau vergeleken met het max. uitgangsvermogen, gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator

Volumeregelaar P_1 op minimum	-55 dB
op maximum	-47 dB

4. 15 watt gelijk-wisselstroomverst. met twee eindbuizen PL 81 in kl. B-balansinst.

De uitgangstransformator

De uitgangstransformator voor deze versterker kan als volgt worden samengesteld.

Wikkeling	Aantal windingen	Totale draaddoorsnede
S ₁	2 × 880	0,049 mm ²
S ₂	88	1,13 mm ²
S ₃	16	1,13 mm ²
S ₄	120	0,098 mm ²

Kern	: manteltype	Hoogte stapeling	: 25 mm
Dikte van de lamellen	: 0,5 mm	Luchtspleet	: geen
Afmetingen	: 96 × 80 mm	Kerndoorsnede	: 8 cm ²
Kernbreedte	: 32 mm		

Schemasleutel

Weerstanden

Nr.	Waarde	Belastbaarheid (watt)
R ₁	0,22 MΩ	0,25
R ₂	220 Ω	0,25
R ₃	2,7 kΩ	0,25
R ₄	1 MΩ	0,25
R ₅	0,22 MΩ	0,25
R ₆	1,5 MΩ	0,5
R ₇	1,5 MΩ	0,5
R ₈	1,5 MΩ	0,25
R ₉	56 kΩ	0,5
R ₁₀	47 kΩ	0,25
R ₁₁	0,22 MΩ	0,25
R ₁₂	1 MΩ	0,25
R ₁₃	0,1 MΩ	0,25
R ₁₄	3,9 MΩ	0,25
R ₁₅	0,47 MΩ	0,25
R ₁₆	0,47 MΩ	0,25
R ₁₇	1 kΩ	0,25
R ₁₈	1 kΩ	0,25
R ₁₉	100 Ω	0,25
R ₂₀	100 Ω	0,25
R ₂₁	2,2 kΩ	0,25
R ₂₂	10 kΩ	1
R ₂₃	40 Ω	5
R ₂₄	40 Ω	5
R ₂₅	80 Ω	12
R ₂₆	416 Ω	40
R ₂₇	63 Ω	1
P ₁	1 MΩ	
P ₂	0,5 MΩ	

Condensatoren

Nr.	Waarde	Werkspanning (volt)
C ₁	47 000 pF	
C ₂	47 000 pF	
C ₃	100 pF	
C ₄	22 000 pF	
C ₅	50 μF	12,5
C ₆	0,1 μF	
C ₇	10 000 pF	
C ₈	100 pF	
C ₉	10 000 pF	
C ₁₀	0,1 μF	
C ₁₁	10 000 pF	
C ₁₂	8,2 pF	
C ₁₃	47 000 pF	
C ₁₄	47 000 pF	
C ₁₅	50 μF	300
C ₁₆	50 μF	300
C ₁₇	100 μF	300

Transformatoren en spoelen

No.	
T ₁	(zie tekst)
L ₁	22 μH
L ₂	120 μH Q = 31,5
Koppeling k ² = 0,37	
L ₃	5 H 50 mA

5. EEN 35 WATT VERSTERKER MET TWEE BUIZEN EL 34 IN KLASSE AB-BALANSINSTELLING

In het ontwerp van deze versterker is met eenvoudige middelen gestreefd naar grote gevoeligheid, laag brom- en ruisniveau en goede weergavekwaliteit. De eigenschappen zijn zodanig dat de versterker o.a. zeer geschikt is als toespreekversterker (public address).

ALGEMENE GEGEVENS

Buizen: EF 40 voorversterkbuis

ECH 21 tweede voorversterkbuis

en faze-omkeerbuis

$2 \times$ EL 34 eindbuizen

AX 50 gelijkrichtbuis

Vervorming bij 35 watt uitgangsvermogen:

zonder tegenkoppeling 4,5 %;

met tegenkoppeling 3,5 %;

Vervorming bij 25 watt uitgangsvermogen:

zonder tegenkoppeling 4,6 %;

met tegenkoppeling 2,7 %.

Ingangswisselsp. op de microfoonaansluiting voor max. uitgangsvermogen:

zonder tegenkoppeling: 2,2 mV_{eff};

met tegenkoppeling: 3,3 mV_{eff};

op de pick-up aansluiting:

zonder tegenkoppeling: 470 mV_{eff};

met tegenkoppeling: 720 mV_{eff}.

Brom -en ruisniveau bij max. gevoeligheid:

zonder tegenkoppeling —54 dB;

met tegenkoppeling —57 dB.

Schemabeschrijving

De beide eindbuizen EL 34 hebben een gemeenschappelijke schermroosterweerstand, welke wordt gevormd door de gelijkstroomweerstand van de smoorspoel L_1 en de weerstand R_{20} . Het totaal van deze weerstand is 450 ohm. Bovendien zijn in het schema opgenomen de gebruikelijke stopweerstand, R_{24} en R_{25} , welke zo dicht mogelijk bij de buishouder dienen te worden gemonteerd, terwijl in serie met de stuurroosters de weerstanden R_{17} en R_{19} zijn aangebracht. Deze laatste vier weerstanden dienen om parasitair oscilleren van de zeer steile eindbuizen te voorkomen.

De gunstigste aanpasweerstand tussen de beide anoden is 4000 ohm. De anoden van de eindbuizen worden via de uitgangstransformator gevoed vanaf de eerste afvlakcondensator C_{14} ; dit is mogelijk omdat de inwendige weerstand van de voedingsapparatuur op dit punt zeer laag is, door het gebruik van een met gas gevulde gelijkrichtbuis, de AX 50, en van een buffercondensator van 64 μ F. Dank zij deze wijze van voeden is de brom zeer gering, en tevens geeft zij een aanmerkelijke besparing op de afmetingen en de prijs van de smoorspoel, die nu kleiner gedimensioneerd kan zijn dan wanneer de gehele gelijkstroom er door wordt gevoerd. Bovendien krijgt men een hogere anodespanning ter beschikking. Daar de eindtrap in balans is geschakeld, zal deze wijze van voeden bij gering uitgangsvermogen nauwelijks enig effect op de totale brom hebben. Bij maximum-uitgangsvermogen evenwel wordt de anodespanning periodiek zeer laag en zal de uitgangswisselspanning met de brom worden gemoduleerd. C_{14} heeft zulk een hoge waarde om dit effect minimaal te doen worden.

Een bromspanning op de schermroosters zal een veel grotere invloed hebben; daarom worden deze via het afvlakfilter $L_1 C_{13}$ gevoed.

De tweede voorversterker en de faze-omkeertrap

Voor de tweede voorversterker en de faze-omkeerbuis is een ECH 21 gekozen. Het heptodegedeelte werkt als een penthode met weerstandskoppeling, waartoe het derde rooster is

geaard, terwijl het triodegedeelte alleen maar de faze van de wisselspanning in de anodekring van de penthode omkeert. De triode via R_{12} is daarom zeer sterk tegengekoppeld, waardoor onder uiteenlopende omstandigheden de uitgangswisselspanningen van de penthode en de triode aan elkaar gelijk blijven, en bovendien de vervorming zeer klein is. Bij een uitgangswisselspanning van 10 V_{eff} per sectie bedraagt de vervorming van deze trap slechts 0,8%, terwijl bij 25 V_{eff} per sectie de vervorming tot 2,5% toeneemt. Een toonregeling die alleen de hoge tonen beïnvloedt, bestaande uit P_3 en C_7 , is opgenomen in de anodeketen van de heptodesectie.

In de roosterkring van het heptodegedeelte zijn de volumeregelaars P_1 en P_2 opgenomen, respectievelijk voor de microfoon en de pick-up.

Om te voorkomen dat de ene volumeregelaar door de andere wordt beïnvloed, zijn in serie met het stuurrooster de weerstanden R_5 en R_7 , resp. 0,47 $M\Omega$ en 0,68 $M\Omega$, opgenomen. De keuze van deze weerstanden is zodanig dat van de totale versterking 60 % voor de microfoonversterking beschikbaar is en 40% voor de pick-up versterking.

De microfoonversterktrap

Als voorversterkbuis voor de microfoon is een EF 40 gekozen, om de grote versterking en het lage brom- en ruisniveau dat met deze buis kan worden verkregen. De versterking van deze trap is zeer groot, nl. $210 \times$, zodat, om brom en microfonie te voorkomen, uiterste zorg aan de montage van de EF 40 moet worden besteed. R_1 , R_2 , C_1 en C_2 moeten samen met de aardzijde van de microfoonaansluiting in één punt worden geaard, bij voorkeur aan het afschermplaatje dat op de middenbus van de buishouder moet worden gesoldeerd om de gloeistroomverbindingen af te schermen. Daar al de verbindingen onder aan de buis zijn aangebracht, kan de afgeschermd verbinding tussen microfoonaansluiting en stuurrooster zeer kort worden gehouden, wat gunstig is t.a.v. brom. De buishouder moet, ter voorkoming van microfonie, verend op het chassis zijn aangebracht; bovendien kan een metalen afschermhuis over de buis worden geplaatst. De sterkteregeling heeft achter de voorversterkbuis plaats; de reden hiervoor is in een vorig hoofdstuk uiteengezet.

De tegenkoppeling

Van een aparte wikkeling op de uitgangstransformator (S_3) wordt, via de weerstand R_6 van 2,2 $M\Omega$, een tegenkoppelspanning teruggevoerd naar het rooster van de heptodesectie der ECH 21. De mate van tegenkoppeling is regelbaar door middel van de potentiometer P_4 . Door het toepassen van regelbare tegenkoppeling kan men naar believen de gevoeligheid opvoeren ten koste van de kwaliteit en omgekeerd. Dit kan van groot belang zijn als de versterker als toespraakversterker wordt gebruikt en de spreker zich op enige afstand van de microfoon bevindt. In deze omstandigheden is grote versterking belangrijker dan iets grotere vervorming. Bij het weergeven van grammfoonplaten kan men de tegenkoppeling maximaal instellen en de vervorming hierbij reduceren.

De voeding

De met gas gevulde gelijkrichtbuis AX 50 is als tweefazige gelijkrichter geschakeld. Om de buis tegen de grote wisselstroom (via de afvlakcondensator C_{10}) te beschermen, is een sputterweerstand R_{23} van 80 Ω in de keten opgenomen. De totale weerstand T_i welke in deze keten noodzakelijk is, bedraagt 150 Ω . De weerstand van de transformator is hierbij inbegrepen. Op bladz. 59 hebben we uiteengezet dat de totale weerstand R_t gelijk is aan de som van de voorschakelweerstand en de weerstand van de halve secundaire,

vermeerderd met het kwadraat van de windingsverhouding maal de primaire weerstand. Dus $R_t = R + R_s + n^2 R_p$. Voor de in deze versterker gebruikte transformator gelden de volgende waarden: $S_5 = 55 \Omega$ per helft, $S_4 = 8 \Omega$, en de wikkelingsverhouding is 700/740. In deze schakeling wordt dus $R_t = 80 + 55 + (700/740)^2 \times 8 = 153 \Omega$, zodat we juist aan de voorwaarde voor de nominale weerstand voldoen.

Mocht men de beschikking hebben over een andere transformator die voldoende stroom kan leveren voor deze versterker, dan is het nodig nauwkeurig de gelijkstroomweerstand van de verschillende wikkelingen te bepalen, alsmede de wikkelingsverhouding te kennen, zodat men deze eenvoudige berekening zelf kan uitvoeren. Men kiest dan R_{23} in overeenstemming met de uitkomst van deze berekening.

De gegevens van de in deze versterker gebruikte transformator zijn de volgende: netspanning: 220 V 50 p/s; kerndoorsnede: 22 cm².

Wikkeling	Spanning	Stroom	Aantal windingen	Draaddikte
S_4	220 V	50 p/s	470	0,6 mm koper-email
S_5	2×300 V	230 mA	2×700	0,3 mm
S_6	4 V	3,75 A	9	1,5 mm
S_7	$2 \times 3,15$ V	3,5 A	2×7	1,5 mm

De uitgangstransformator

In het vorige hoofdstuk is omschreven aan welke eigenschappen de uitgangstransformator moet voldoen om optimum resultaten te bereiken. We hebben gelezen dat het van groot belang kan zijn de verschillende wikkelingen uit parallel geschakelde wikkelingen van dunner draad te maken en deze wikkelingen zodanig over de beschikbare wikkelruimte te verdelen, dat de koppeling vast wordt, de eigen capaciteit en de onderlinge capaciteit laag, de spreiding gering en ten slotte het rendement hoog. Daarom geven we in de tabel voor de uitgangstransformatoren niet de draaddikte of -diameter op, maar de draaddoorsnede, dus het totale oppervlak van de draaddoorsnede van iedere wikkeling. Voor een versterker als hier beschreven, en in nog hogere mate voor de hierna volgende versterkers, is een zeer goede uitgangstransformator essentieel; de fraaie resultaten die met deze versterkers zijn bereikt hangen samen met de zorgvuldig geconstrueerde uitgangstransformatoren. Voor de hier gebruikte transformator gelden de volgende gegevens:

Wikkeling	Aantal windingen	Totale draaddoorsnede
S_1	2×830	0,023 mm ²
S_2	de transformatieverhouding tussen S_1 en $S_2 = \sqrt{R_{aa}/R}$ $R =$ uitwendige belastingsimpedantie	
S	100	0,075 mm ²
Kern	: manteltype	Stapelhoogte : 45 mm
Dikte der lamellen	: 0,5 mm	Kerndoorsnede : 12,5 cm ²
Afmetingen	: 70×84 mm	Luchtspleet : geen
Breedte der lamellen:	28 mm	

MEETRESULTATEN

Spanningen en stromen

		Zonder ingangswisselspanning	Bij maximaal uitgangsvermogen
Voeding	Spanning over C_{14}	375 V	360 V
	Spanning over C_{13}	368 V	344 V
	Spanning over C_{12}	262 V	238 V
	Spanning over C_{11}	247 V	223 V
	Totale gelijkstroom	176 mA	228 mA
EL34(1) en EL34(2)	Anodespanning	343 V	319 V
	Schermroosterspanning	340 V	305 V
	Kathodestroom	2×85 mA	2×111 mA
	Belastingsweerst. tussen de anoden (R_{aa})	4000 Ω	4000 Ω
ECH 21 heptodedeel	Anodespanning	100 V	—
	Schermroosterspanning	60 V	—
ECH 21 triodedeel	Anodespanning	75 V	—
	Kathodespanning	2,4 V	—
EF 40	Anodespanning	45 V	—
	Schermroosterspanning	95 V	—
	Kathodespanning	2 V	—

Gevoeligheid

Uitgangsvermogen, gemeten aan de primaire van de uitgangstransfor- mator	Ingangswissel- spanning V_{g1} EL34(1) en EL34(2)		Ingangswissel- spanning pick-up aansluiting		Ingangswissel- spanning micro- foonaansluiting	
	zonder tegen- koppeling	met tegen- koppeling	zonder tegen- koppeling	met tegen- koppeling	zonder tegen- koppeling	met tegen- koppeling
35 W	20,5 V_{eff}	20,5 V_{eff}	470 mV_{eff}	720 mV_{eff}	2,2 mV_{eff}	3,3 mV_{eff}
0,5 W	1,4 „	1,4 „	32 „	49,5 „	0,14 „	0,23 „

Vervorming en uitgangsvermogen

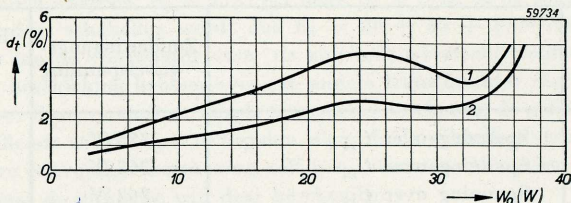


Fig. 49. Totale vervorming d_t als functie van de uitgangsvermogen W_0 , gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator met een belastingsweerstand tussen de anoden $R_{aa} = 4000 \Omega$ bij een frequentie $f = 1000$ p/s.
 Kromme 1: tegenkoppeling P_4 op minimum.
 Kromme 2: P_4 op maximum.

Brom- en ruisniveau

Het brom- en ruisniveau wordt vergeleken met maximaal uitgangsvermogen aan de primaire van de uitgangstransformator. De ruis t.g.v. de hoge ingangswaerstand R_1 is niet in rekening gebracht	Brom- en ruisniveau	
	zonder tegenkoppeling	met tegenkoppeling
Volumeregelaars P_1 en P_2 op minimum	-70 dB	-72 dB
P_1 en P_2 op maximum, microfoonaansluiting kortgesloten	-59 dB	-62 dB
P_1 en P_2 op maximum, microfoonaansluiting open	-54 dB	-57 dB

Frequentiekarakteristiek

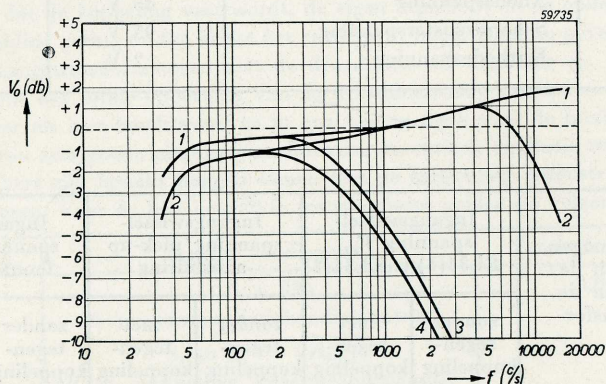


Fig. 50. Frequentiekarakteristiek van de versterker. De uitgangsspanning V_0 is gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator met een belastingsweerstand tussen de anoden $R_{aa} = 4000 \Omega$.
 Kromme 1: tegenkoppeling P_4 op maximum, toonregeling P_3 op minimum.
 Kromme 2: P_4 op minimum, P_3 op minimum.
 Kromme 3: P_4 op maximum, P_3 op maximum.
 Kromme 4: P_4 op minimum, P_3 op maximum.

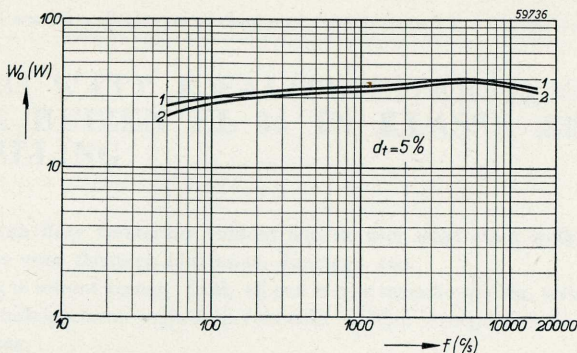


Fig. 51. Uitgangsvermogen W_0 als functie van de frequentie f bij een totale vervorming $d_t = 5\%$, gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator met een belastingsweerstand tussen de anoden $R_{aa} = 4000 \Omega$.

Kromme 1: tegenkoppeling P_4 op maximum.

Kromme 2: P_4 op minimum.

Schemasleutel

Weerstanden

Nr.	Waarde	Belastbaarheid (watt)	Nr.	Waarde	Belastbaarheid (watt)
R_1	1 M Ω	0,5	R_{25}	100 Ω	0,5
R_2	2,2 k Ω	0,5	P_1	1 M Ω	
R_3	0,82 M Ω	0,5	P_2	1 M Ω	
R_4	0,22 M Ω	0,5	P_3	1 M Ω	
R_5	0,47 M Ω	0,5	P_4	50 k Ω	
R_6	2,2 M Ω	0,5	<i>Condensatoren</i>		
R_7	0,68 M Ω	0,5	Nr	Waarde	Werkspanning (volt)
R_8	680 Ω	0,5	C_1	50 μ F	12,5
R_9	0,27 M Ω	0,5	C_2	0,22 μ F	
R_{10}	1 M Ω	0,5	C_3	47 000 pF	
R_{11}	1 M Ω	0,5	C_4	50 μ F	12,5
R_{12}	1,1 M Ω	0,5	C_5	0,47 μ F	
R_{13}	0,1 M Ω	1	C_6	47 000 pF	
R_{14}	0,2 M Ω	0,5	C_7	3300 pF	
R_{15}	0,68 M Ω	0,5	C_8	47 000 pF	
R_{16}	0,68 M Ω	0,5	C_9	47 000 pF	
R_{17}	10 k Ω	0,5	C_{10}	25 μ F	50
R_{18}	130 Ω	0,5	C_{11}	16 μ F	450
R_{19}	10 k Ω	0,5	C_{12}	16 μ F	450
R_{20}	150 Ω	0,5	C_{13}	32 μ F	450
R_{21}	10 k Ω	5	C_{14}	32 μ F	450
R_{22}	12 k Ω	2			
R_{23}	80 Ω	8			
R_{24}	100 Ω	0,5			

Transformatoren en spoelen: T_1 ; zie tekst; T_2 ; zie tekst; L_1 8H 50 mA 300 Ω .

6. EEN 35 WATT KWALITEITSVERSTERKER MET TWEE BUIZEN EL 34 IN KLASSE AB-BALANS-INSTELLING

De kwaliteit van deze versterker voldoet aan de zeer hoge eisen welke gesteld worden aan versterkers voor theaters, bioscopen, dancings, enz.

De vervorming is uiterst gering, dank zij een sterke tegenkoppeling, terwijl al de frequenties in het geluidsspectrum vrijwel onverzwakt worden weergegeven; verder is het ruisniveau zeer laag.

Om het volle profijt van een dergelijke versterker te trekken is het nodig een kwaliteitspick-up of microfoon te gebruiken en eerste klasse luidsprekers aan te sluiten.

ALGEMENE GEGEVENS

Buizen: EF 40 microfoonversterkbuis	Vervorming bij 35 watt uitgangsvermogen 1,5 %
EF 40 tweede voorversterkbuis	Ingangswisselspanning voor max. uitgangsvermogen:
ECC 40 derde voorversterkbuis en faze-omkeerbuis	op de microfoonaansluiting 1,8 mV _{eff} ;
2 × EL 34 eindbuizen	op de pick-up aansluiting 320 mV _{eff} .
AX 50 gelijkrichtbuis	
Brom- en ruisniveau vergeleken met max. uitgangsvermogen en bij max. gevoeligheid: —53 dB.	

SCHAKELSCHEMA

De eindtrap

De eindtrap wordt gevormd door twee eindpentoden EL 34 die in balans klasse AB-instelling zijn geschakeld. De beideingangswisselspanningen worden geleverd door een dubbele triode type ECC 40. De wikkeling S_3 van de uitgangstransformator levert de tegenkoppelspanning in de kathodeleiding van de eerste helft van de ECC 40, via de spanningsdeler R_{20} , R_{16} . De waarden van deze weerstanden (1 k Ω en 180 Ω) zijn zo gekozen, dat de tegenkoppeling ongeveer 8-voudig is. Door de spreiding van de uitgangstransformator kan het gebeuren dat een te sterke tegenkoppeling neiging tot genereren geeft, speciaal als eeningangswisselspanning aanwezig is. Om dit te voorkomen is het rooster van de tweede helft der ECC 40 voor hoge frequenties geaard via de condensator C_{10} (220 pF).

Een sterke tegenkoppeling geeft, behalve geringe vervorming, het voordeel dat de uitgangswisselspanning min of meer onafhankelijk wordt van de belasting. Bij volledige uitsturing van de eindtrap neemt bij onderbreking van de belastingsimpedantie de uitgangswisselspanning slechts 15% toe. Als deingangswisselspanning tweemaal zo groot wordt gemaakt als voor volle uitsturing nodig is, neemt de uitgangswisselspanning slechts 50% toe bij het wegnemen van de belasting.

De aandrijftrap en de faze-omkering

De dubbele triode ECC 40 is gebruikt als aandrijfbuis en faze-omkeerbuis in een z.g. kathodyne schakeling. In de anode- en kathodeleiding van de tweede buishelft zijn gelijke weerstanden opgenomen, waardoor de wisselspanningen aan de anode en de kathode even groot doch tegengesteld in faze zijn. Deze schakeling is zeer eenvoudig en vereist weinig onderdelen, terwijl, ten gevolge van de zeer sterke tegenkoppeling die men op deze wijze heeft, de vervorming klein is. De eerste helft van de ECC 40 werkt als versterker met weerstandskoppeling; de anode hiervan is rechtstreeks met het rooster van de tweede buishelft verbonden. Hierdoor worden een roostercondensator en een lekweerstand uitgespaard. Deze vereenvoudiging is mogelijk doordat het rooster van de tweede helft der ECC 40 zich zodanig instelt dat de spanning enkele volts lager is dan de kathodespanning.

De tweede voorversterker

De anodewisselspanning van de EF 40 (2) wordt teruggevoerd naar het rooster via de blokkeercondensator C_7 en de weerstand R_7 , waardoor een ongeveer 10-voudige tegenkoppeling ontstaat en hierdoor is de versterking van deze trap vrijwel onafhankelijk van de buisconstanten.

Toonregeling van het hoge register is mogelijk door middel van de potentiometer P_3 , waarvan het regelcontact via C_4 (33 pF) is verbonden met de anode van de EF 40. Hierdoor wordt de tegenkoppeling voor wisselspanningen van hogere frequentie naar believen vergroot, wat een dienovereenkomstige verzwakking van de hoge tonen tot gevolg heeft. Desgewenst kunnen de lage tonen worden verzwakt door het inschakelen van de condensator C_8 met behulp van de schakelaar A . Het is mogelijk een schakelaar met meer standen te gebruiken, zodat condensatoren van verschillende waarden (C_x) kunnen worden ingeschakeld, waardoor men de verzwakking van de lage tonen in zoveel stappen kan regelen als de constructeur gewenst voorkomt.

In de stuurroosterkring van de EF 40(2) zijn twee potentiometers opgenomen: een voor regeling van de versterkte microfoonspanning (P_1) en een voor de pick-up (P_2). Beide ingangswisselspanningen worden gemeenschappelijk aan het stuurrooster toegevoerd via de weerstanden R_5 en R_6 , waardoor mengen en „faden” van de signalen mogelijk is. Daar de roosterweerstand P_3 door de sterke tegenkoppeling in deze trap ongeveer 10-voudig wordt verlaagd, beïnvloeden de beide regelingen elkaar niet noemenswaard.

De microfoon-voorversterker

Als microfoon-voorversterkerbuis wordt nog eens een EF 40(1) gebruikt, welke buis is gebruikt met het oog op het lage brom- en ruisniveau. In deze schakeling wordt een ongeveer 170-voudige spanningsversterking bereikt.

Wegens de zeer grote gevoeligheid van deze versterker zijn maatregelen tegen microfonie absoluut noodzakelijk. Een goede methode is het monteren van de buishouder op een tamelijk zwaar metalen plaatje, dat door middel van rubber buisjes aan het chassis wordt opgehangen. Voorts is het noodzakelijk de buis in een afschermbus te plaatsen.

Men moet z.g. magnetische lussen in de rooster- en kathodeleiding van de buis vermijden, en de buis moet zover mogelijk verwijderd van de voedingstransformator, de smoorpoel en de uitgangstransformator worden opgesteld.

Daar al de verbindingen van de EF 40 aan de voet zijn uitgevoerd, is er aanmerkelijk minder kans op magnetische lussen dan bij de oudere buistypen met topaansluiting. De aard-

verbindingen van deze buis moeten in één punt samenkomen en aan het chassis worden gelegd, dicht bij de microfoonaansluiting.

Evenals bij de hiervoor beschreven versterker, zijn er twee beveiligingsweerstanden in de anodeleidingen van de gelijkrichtbuis AX 50 opgenomen. Voor de voedingstransformator en de berekening van deze weerstanden geldt hetzelfde als is beschreven bij de vorige versterker.

De anodespanningen voor de buizen van de voorversterker en van de aandrijf- en fazeomkeertrap zijn alle afzonderlijk ontkoppeld door weerstanden en electrolytische condensatoren.

De uitgangstransformator

De uitgangstransformator is volkomen gelijk aan die welke beschreven is in het versterkerontwerp Nr. 5.

De voedingstransformator

Ook de voedingstransformator is volkomen gelijk aan die welke beschreven is in het vorige versterkerontwerp.

MEETRESULTATEN

Spanningen en stromen

		Zonder ingangswisselspanning	Bij maximum uitgangsvermogen
Voeding	Spanning over C_{14}	375 V	360 V
	Spanning over C_{15}	368 V	344 V
	Spanning over C_{16}	310 V	290 V
	Spanning over C_{17}	265 V	250 V
	Spanning over C_{18}	250 V	240 V
	Totale gelijkstroom	176 mA	228 mA
EL 34(1) en EL 34(2)	Anodespanning	343 V	319 V
	Schermroosterspanning	340 V	307 V
	Kathodestroom	2×85 mA	2×111 mA
ECC 40 tweede helft	Belastingsweerstand tussen de anoden	4000 Ω	4000 Ω
	Anodespanning	195 V	—
	Kathodespanning	113 V	—
ECC 40 eerste helft	Roosterspanning	108 V	—
	Anodespanning	108 V	—
EF 40(2)	Kathodespanning	2,9 V	—
	Anodespanning	50 V	—
	Schermroosterspanning	100 V	—
EF 40(1)	Kathodespanning	2,2 V	—
	Anodespanning	45 V	—
	Schermroosterspanning	95 V	—
	Kathodespanning	2 V	—

Frequentiearakteristiek

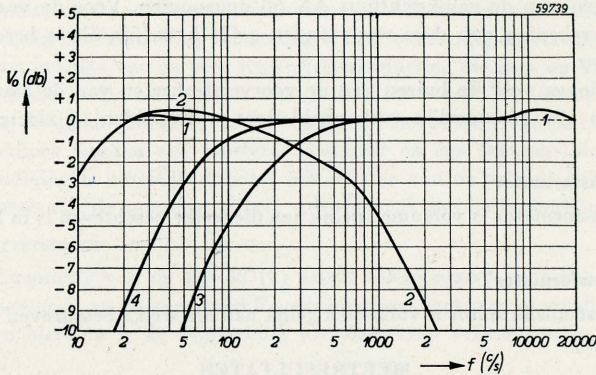


Fig. 53. Frequentiearakteristieken van de versterker. De uitgangswisselspanning V_0 is gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator met een belastingsweerstand tussen de anoden $R_{aa} = 4000 \Omega$.

Kromme 1: regeling van de hoge tonen P_3 op minimum, regeling van de lage tonen A uitgeschakeld.

Kromme 2: P_3 op maximum, A uitgeschakeld.

Kromme 3: P_3 op minimum, $C_3 = 1000 \text{ pF}$ ingeschakeld.

Kromme 4: P_3 op minimum, $C_x = 3000 \text{ pF}$ ingeschakeld.

Gevoeligheid

Uitgangsvermogen, gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator	Ingangswisselspanning V_{g1} EL34(1) en EL34(2)	Ingangswisselspanning op de pick-up aansluiting	Ingangswisselspanning op de microfoonaansluiting
35 W	20,5 V_{eff}	320 mV_{eff}	1,8 mV_{eff}
0,5 W	1,4 V_{eff}	38 mV_{eff}	0,21 mV_{eff}

Brom- en ruisniveau

Het brom- en ruisniveau wordt vergeleken met het maximale uitgangsvermogen en gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator, terwijl de ruis, als gevolg van de hoge ingangsweerstand R_1 , buiten beschouwing is gelaten.

	Brom- en ruisniveau
Volumeregelaars P_1 en P_2 op minimum	-70 dB
P_1 en P_2 op maximum, microfoonaansluiting kortgesloten	-59 dB
P_1 en P_2 op maximum, microfoonaansluiting open	-53 dB

Vervorming en uitgangsvermogen

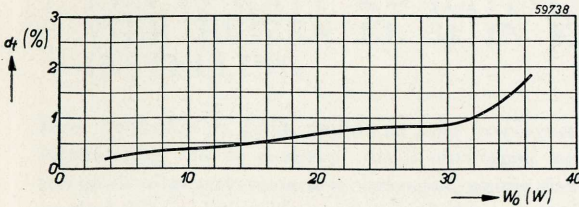


Fig. 54. Totale vervorming d_t als functie van het uitgangsvermogen W_o , gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator met een belastingsweerstand tussen de anoden $R_{aa} = 4000 \Omega$, bij een frequentie $f = 1000$ p/s.

Schemasentel

Weerstanden

Nr	Waarde	Belastbaarheid (watt)
R_1	1 M Ω	0,5
R_2	2,2 k Ω	0,5
R_3	0,82 M Ω	0,5
R_4	0,22 M Ω	0,5
R_5	0,56 M Ω	0,5
R_6	0,56 M Ω	0,5
R_7	10 M Ω	0,5
R_8	, 2,2 k Ω	0,5
R_9	0,82 M Ω	0,5
R_{10}	0,22 M Ω	0,5
R_{11}	0,15 M Ω	0,5
R_{12}	0,15 M Ω	0,5
R_{13}	0,5 M Ω	0,5
R_{14}	1 M Ω	0,5
R_{15}	2,2 k Ω	0,5
R_{16}	180 Ω	0,25
R_{17}	0,15 M Ω	0,5
R_{18}	0,68 M Ω	0,25
R_{19}	0,68 M Ω	0,25
R_{20}	1 k Ω	0,5
R_{21}	1 k Ω	0,25
R_{22}	1 k Ω	0,25
R_{23}	130 Ω	5
R_{24}	100 Ω	0,5
R_{25}	100 Ω	0,5
R_{26}	150 Ω	0,5
R_{27}	10 k Ω	1
R_{28}	10 k Ω	1
R_{29}	10 k Ω	1
R_{30}	82 Ω	5
R_{31}	82 Ω	5

Nr.	Waarde	Belastbaarheid (watt)
P_1	0,5 M Ω	
P_2	0,5 M Ω	
P_3	0,5 M Ω	

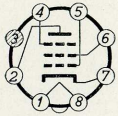
Condensatoren

Nr	Waarde	Werkspanning (volt)
C_1	50 μ F	12,5
C_2	0,22 μ F	
C_3	22 000 pF	
C_4	33 pF	
C_5	50 μ F	12,5
C_6	0,1 μ F	
C_7	20 000 pF	
C_8	1000 pF	
C_9	50 μ F	12,5
C_{10}	220 pF	
C_{11}	47 000 pF	
C_{12}	47 000 pF	
C_{13}	25 μ F	50
C_{14}	64 μ F	450
C_{15}	16 μ F	450
C_{16}	25 μ F	400
C_{17}	25 μ F	400
C_{18}	16 μ F	320

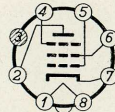
Transformatoren en spoelen

T_1	Zie tekst
T_2	Zie tekst
L_1	8 H 50 mA 300 Ω

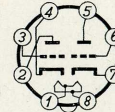
SCHAKELSCHEMA



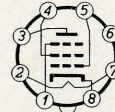
EF40



EF40



ECC40



EL34

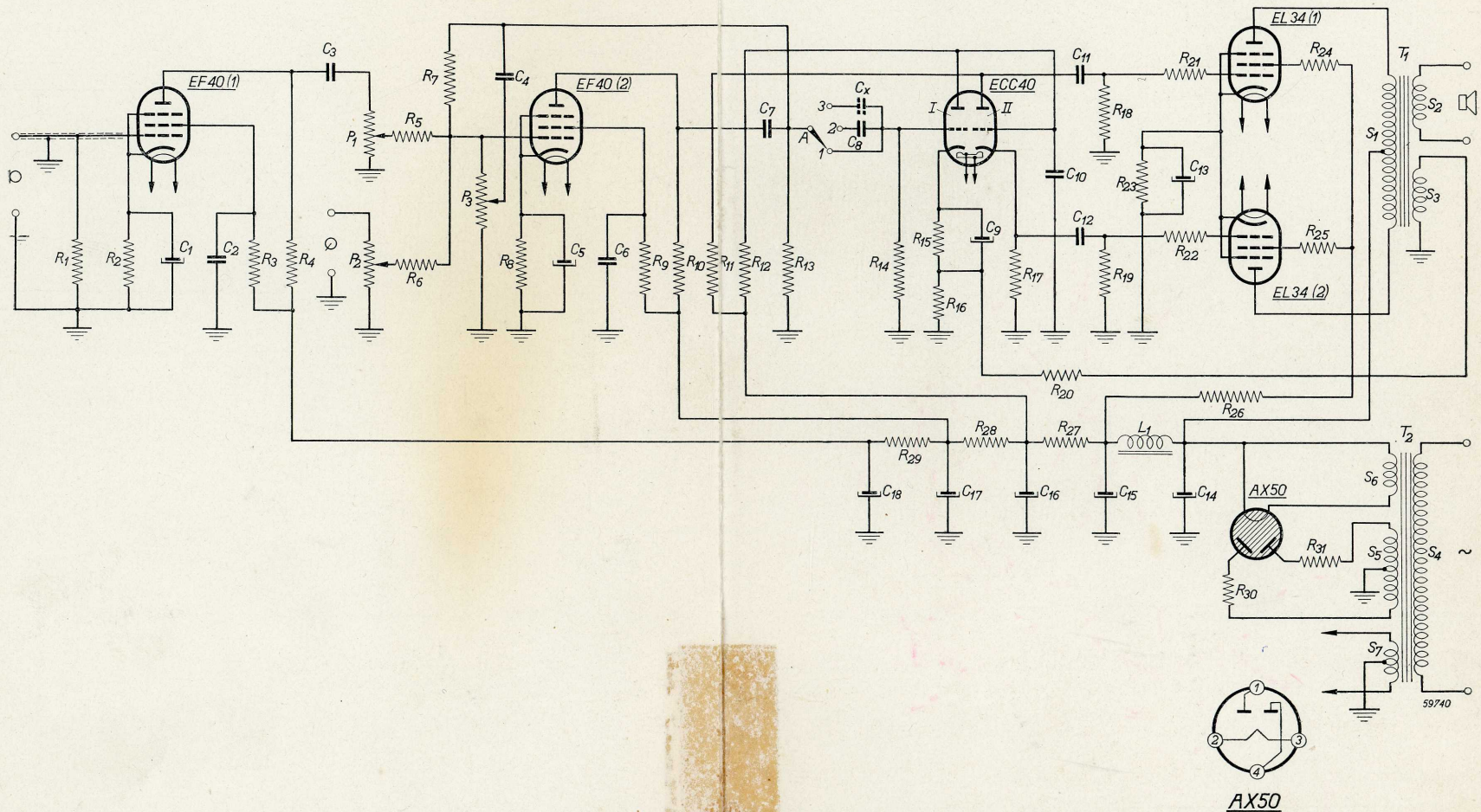


Fig. 55. Schakelschema van de 35 watt kwaliteitsversterker met twee buizen EL 34 in balans klasse AB-instelling.

7. EEN 70 WATT KWALITEITSVERSTERKER MET VIER BUIZEN EL 34 IN KLASSE AB-BALANS-INSTELLING

Deze versterker is gelijk aan de zo juist beschreven 35 watt kwaliteitsversterker, met uitzondering van de eindtrap, die is ontworpen met vier eindbuizen EL 34, waardoor een groot uitgangsvermogen is verkregen, zonder dat daarvoor een hoge anodespanning noodzakelijk is. De anodespanning is slechts ca. 400 volt, terwijl een uitgangsvermogen van 70 watt is bereikt.

ALGEMENE GEGEVENS

Buizen: EF 40 microfoonversterkbuis	Vervorming bij 70 watt uitgangsvermogen: 1,2 %
EF 40 tweede voorversterkbuis	Ingangswisselspanning voor max. uitgangsvermogen:
ECC 40 versterk- en fase-omkeerbuis	op de pick-up aansluiting 290 mV _{eff} .
4 × EL 34 eindbuizen	op de microfoonaansluiting 1,8 mV _{eff} ;
2 × AX 50 gelijkrichtbuizen	

Brom- en ruisniveau, vergeleken met het maximale uitgangsvermogen en bij maximale gevoeligheid:

SCHEMABESCHRIJVING

Het schema van deze versterker is vrijwel geheel gelijk aan dat van de versterker die beschreven is als Nr. 6. Het verschil schuilt in de eerste plaats in de eindtrap, waarin vier eindbuizen EL 34 zijn gebruikt in klasse AB-balansinstelling. Uiteraard staan deze buizen twee aan twee parallel. Verder is in de kathodeverbinding van de tweede helft der ECC 40 een weerstand R_{16} opgenomen om negatieve roosterspanning te krijgen, terwijl de ingangswisselspanning wordt afgenomen van de anode van de eerste helft der dubbele triode, via de condensator C_9 .

Er is een zwaardere uitgangstransformator nodig dan in de vorige versterker, en ook de voeding moet een aanmerkelijk groter vermogen kunnen leveren, waarvoor een zwaardere transformator en een extra gelijkrichtbuis AX 50 nodig zijn. De beide gelijkrichtbuizen werken als eenfasige gelijkrichters met parallel geschakelde anoden; de twee buizen vormen samen een tweefasige gelijkrichter.

Om te voorkomen dat de ene buishelft wél en de andere niet ontsteekt, zijn in de anodeverbindingen weerstanden van 300 Ω opgenomen. De spanningsval over deze weerstanden is zo groot dat, ondanks eventuele verschillen in ontsteekspanning, de beide helften van de AX 50 onder alle omstandigheden functionneren. Was dit niet het geval, dan zouden de gelijkrichtbuizen een zeer korte levensduur hebben.

De aandacht moet worden gevestigd op de buffercondensator C_{15} . Deze condensator van 100 μ F moet de hoge rimpelstroom van ongeveer 470 mA kunnen verdragen, zodat op deze plaats niet elke willekeurige condensator van deze waarde kan worden gebruikt.

De uitgangstransformator

Voor de uitgangstransformator gelden alle regels die we reeds bij de vorige versterkers hebben gegeven.

De wikkelgegevens en de afmetingen volgen hier:

Wikkeling	Aantal windingen	Totale draaddoorsnede
S_1	2×800	0,097 mm ²
S_2	De transformatieverhouding tussen S_1 en S_2 is gelijk aan $\sqrt{R_{aa}/R}$	
S_3	$R =$ uitwendige belastingsimpedantie 100	0,196 mm ²
Kern : manteltype Dikte van de lamellen : 0,5 mm Afmetingen: : 125 × 150 mm Kernbreedte : 50 mm Hoogte van de stapeling: 50 mm Kerndoorsnede : 25 cm ² Luchtspleet : geen		

De voedingstransformator

De transformator is voor een netspanning van 220 V 50 p/s. De kerndoorsnede is 32 cm².

Wikkeling	Spanning	Stroom	Aantal windingen	Draaddiameter
S_4	220 V	50 p/s	310	1,0 mm koper-email
S_5	2×384 V	450 mA	2×544	0,6 mm
S_6	2×2 V	7,5 A	2×3	2,2 mm
S_7	$2 \times 3,15$ V	7 A	$2 \times 4,5$	2,2 mm

MEETRESULTATEN**Brom- en ruisniveau**

Het brom- en ruisniveau is vergeleken met het maximale uitgangsvermogen en gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator, terwijl de ruis, veroorzaakt door de hoge ingangsweerstand R_1 , niet in rekening is gebracht.

	Brom- en ruisniveau
Volumeregelaars P_1 en P_2 op minimum	-68 dB
P_1 en P_2 op maximum, microfoonaansluiting kortgesloten	-58 dB
Idem, microfoonaansluiting open	-54 dB

Spanningen en stromen

		Zonder ingangswisselspanning	Bij maximum-uitgangsvermogen
Voeding	Spanning over C_{15}	385 V	360 V
	Spanning over C_{16}	370 V	340 V
	Spanning over C_{17}	315 V	290 V
	Spanning over C_{18}	285 V	265 V
	Spanning over C_{19}	275 V	260 V
	Totale gelijkstroom	350 mA	420 mA
	Rimpelspanning over C_{15}	7 V _{eff}	8,4 V _{eff}
	Rimpelspanning over C_{16}	130 mV _{eff}	160 mV _{eff}
Rimpelspanning over C_{17}	2,1 mV _{eff}	2,4 mV _{eff}	
EL 34(1), EL 34(2), EL 34(3), EL 34(4)	Anodespanning	355 V	315 V
	Schermroosterspanning	355 V	300 V
	Kathodespanning	23 V	27,5 V
	Kathodestroom	2 × 88 mA	2 × 104 mA
	Belastingsweerstand tussen de anoden	2000 Ω	2000 Ω
ECC 40, tweede helft	Anodespanning	240 V	
	Kathodespanning	75 V	
	Negatieve roosterspanning	-3,8 V	
ECC 40, eerste helft	Anodespanning	130 V	
	Kathodespanning	3 V	
EF 40(2)	Anodespanning	92 V	
	Schermroosterspanning	120 V	
	Kathodespanning	2,5 V	
EF 40(1)	Anodespanning	75 V	
	Schermroosterspanning	88 V	
	Kathodespanning	2,1 V	

Vervorming en uitgangsvermogen

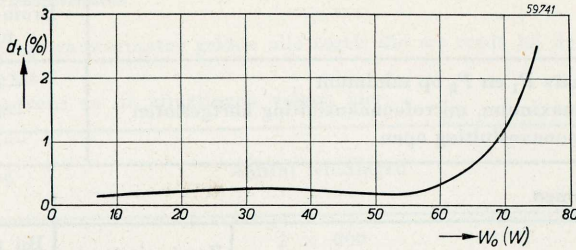


Fig. 56. De totale vervorming d_t als functie van het uitgangsvermogen W_0 , gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator met een belastingsweerstand tussen de anoden $R_{aa} = 2000 \Omega$, bij een frequentie van 1000 p/s.

Gevoeligheid

Uitgangsvermogen, gemeten aan de primaire v. d. uitgangstransformator	Ingangswisselspanning (V_{g1}) EL34(1) EL34(2) EL34(3) EL34(4)	Ingangswisselspanning V_g ECC 40, eerste helft	Ingangswisselspanning op de pick-up aansluiting	Ingangswisselspanning op de microfoon-aansluiting
74 W	20,5 V _{eff}	2,5 V _{eff}	290 mV _{eff}	30 mV _{eff}
1 W	1,36 V _{eff}	260 mV _{eff}	30 mV _{eff}	0,2 mV _{eff}

Frequentiecarakteristiek

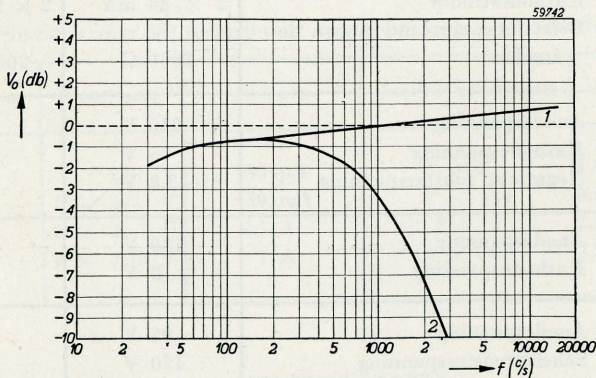


Fig. 57. Frequentiecarakteristiek van de versterker. De uitgangswisselspanning V_0 is gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator met een belastingsweerstand tussen de anoden $R_{aa} = 2000 \Omega$.

Kromme 1: hoge toonregeling, P_3 op minimum.

Kromme 2: P_3 op maximum.

Schemasleutel

Weerstanden

Nr	Waarde	Belastbaarheid (watt)
R_1	1 M Ω	0,5
R_2	2,2 k Ω	0,5
R_3	1,5 M Ω	0,5
R_4	0,33 M Ω	0,5
R_5	0,68 M Ω	0,5
R_6	0,68 M Ω	0,5
R_6	6,8 M Ω	0,5
R_8	2,2 k Ω	0,5
R_9	0,82 M Ω	0,5
R_{10}	0,22 M Ω	0,5
R_{11}	56 k Ω	0,5
R_{12}	0,15 M Ω	0,5
R_{13}	1 M Ω	0,5
R_{14}	2,2 k Ω	0,5
R_{15}	180 Ω	0,5
R_{16}	2,7 k Ω	0,5
R_{17}	56 k Ω	0,5
R_{18}	1 M Ω	0,5
R_{19}	0,39 M Ω	0,5
R_{20}	0,39 M Ω	0,5
R_{21}	130 Ω	5
R_{22}	1 k Ω	0,5
R_{23}	1 k Ω	0,5
R_{24}	2,2 k Ω	0,5
R_{25}	120 Ω	0,5
R_{26}	120 Ω	0,5
R_{27}	130 Ω	5
R_{28}	1 k Ω	0,5
R_{29}	1 k Ω	0,5
R_{30}	47 Ω	1
R_{31}	120 Ω	0,5
R_{32}	120 Ω	0,5
R_{33}	10 k Ω	1
R_{34}	10 k Ω	1
R_{35}	10 k Ω	1

Nr	Waarde	Belastbaarheid (watt)
R_{36}	300 Ω	5
R_{37}	300 Ω	5
R_{38}	300 Ω	5
R_{39}	300 Ω	5
P_1	0,5 M Ω	
P_2	0,5 M Ω	
P_3	0,5 M Ω	

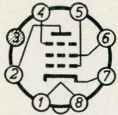
Condensatoren

Nr	Waarde	Werkspanning (volt)
C_1	50 μ F	12,5
C_2	0,22 μ F	
C_3	22 000 pF	
C_4	33 pF	
C_5	50 μ F	12,5
C_6	0,1 μ F	
C_7	10 000 pF	
C_8	50 μ F	12,5
C_9	10 000 pF	
C_{10}	330 pF	
C_{11}	47 000 pF	
C_{12}	47 000 pF	
C_{13}	50 μ F	50
C_{14}	50 μ F	50
C_{15}	100 μ F	475
C_{16}	50 μ F	475
C_{17}	50 μ F	475
C_{18}	50 μ F	400
C_{19}	50 μ F	400

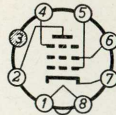
Transformatoren en spoelen

 T_1 ; zie tekst T_2 ; zie tekstL, 8H 120 mA 250 Ω

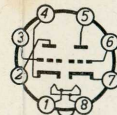
SCHAKELSHEMA



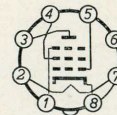
EF40



EF40



ECC40



EL34

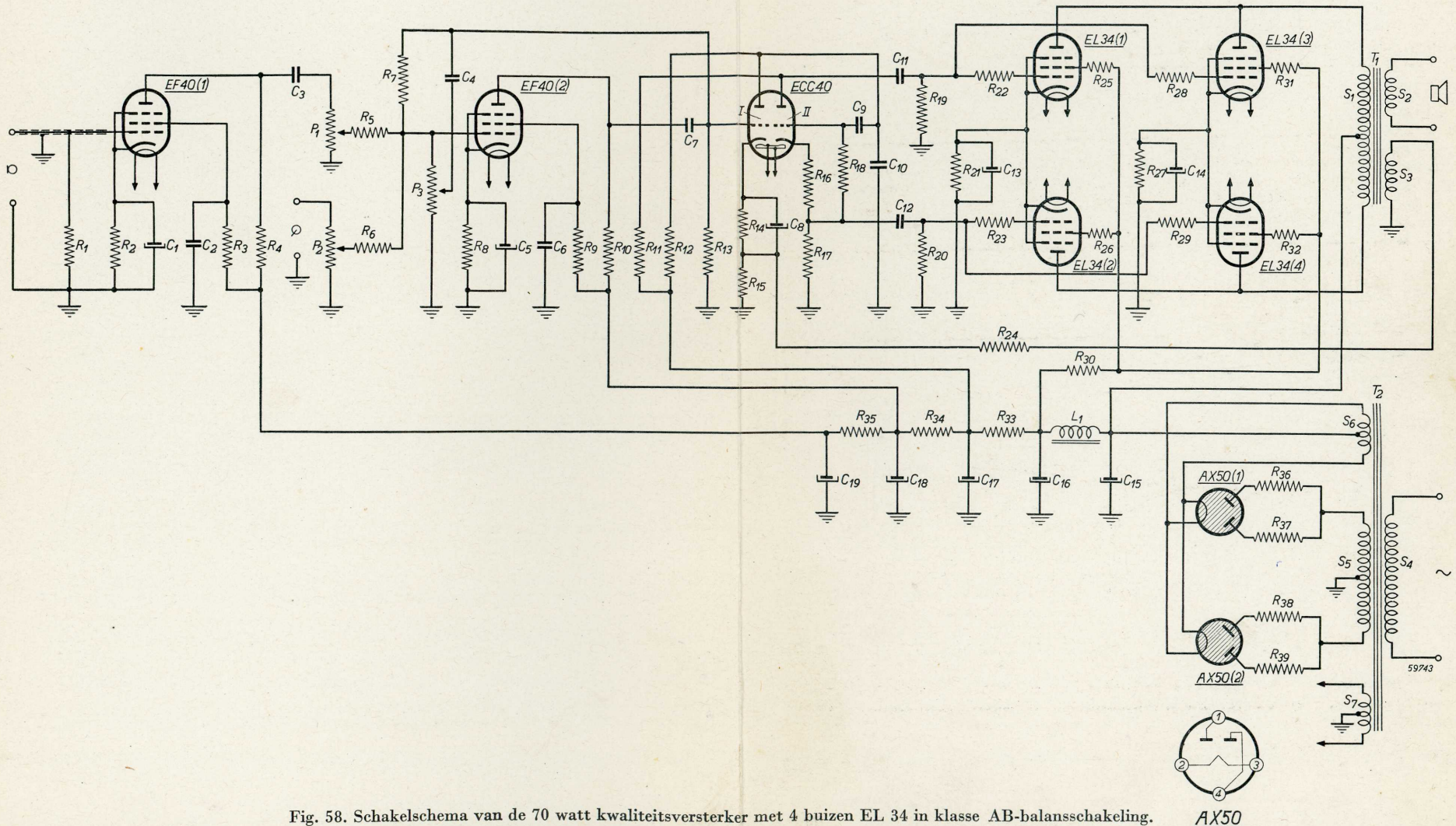


Fig. 58. Schakelschema van de 70 watt kwaliteitsversterker met 4 buizen EL 34 in klasse AB-balansschakeling.

AX50

8. EEN 100 WATT VERSTERKER MET TWEE BUIZEN EL 34 IN KLASSE B-BALANSINSTELLING

In zekere zin valt deze versterker, evenals de zojuist beschreven 70 watt versterker, buiten het bestek van dit boekje. Het komt zelden voor dat de lezers waarvoor dit boekje in de eerste plaats is geschreven, zich aan een versterker van een dergelijk vermogen zullen wagen, met uitzondering misschien van de HH. zendamateurs die voor bepaalde modulatiesystemen een dergelijke versterker kunnen gebruiken. Toch meenden wij de lezer dit versterkerontwerp te moeten geven, omdat het demonstreert hoe met betrekkelijk eenvoudige middelen een versterker kan worden gebouwd die met slechts twee eindbuizen niet alleen een aanzienlijk vermogen kan afgeven, maar daarbij nog een buitengewoon lage vervorming heeft. De vervorming is nl. slechts 1% bij 100 watt uitgangsvermogen.

Deze versterker beantwoordt ten volle aan de eisen die gesteld worden aan versterkers voor grote sportterreinen.

ALGEMENE GEGEVENS

Buizen		
EF 40	microfoonvoorversterkbuis	Vervorming bij 100 watt uitgangsvermogen
ECC 40	tweede voorversterkbuis	
ECC 40	faze-omkeerbuis en gelijkrichter voor de neg. roosterspanning van de eindbuizen.	Ingangswisselspanning voor max. uitgangsvermogen: op de microfoonaansluiting
2 × EL 34	eindbuizen	3,5 mV _{eff} op de pick-up aansluiting 560 mV _{eff}
2 × AX 50	gelijkrichtbuizen	Brom- en ruisniveau bij max. uitgangsvermogen en max. gevoeligheid -59 dB

SCHEMABESCHRIJVING

De eindtrap

De eindtrap van deze versterker is als klasse B-balanstrap, zonder roosterstroom, geschakeld. De nominale anodespanning is 800 volt en de schermroosterspanning 400 volt. De instelling van de negatieve roosterspanning is van enige invloed op de vervorming, vooral bij kleine uitgangsenergie. Dit vindt zijn oorzaak in de onvermijdelijke spreiding in de buiskarakteristieken bij lage anodestroom, welke voorkomt bij verschillende buizen van één type. Daar de buizen t.z.t. moeten worden vernieuwd, is het een voordeel dat de negatieve roosterspanning kan worden bijgesteld; hiervoor dient de potentiometer P4. De totale anoderuststroom van de eindtrap moet 40 mA bedragen, bij een negatieve roosterspanning van ongeveer -44 volt.

Door middel van een extra wikkeling op de uitgangstransformator S₃, wordt via de weerstanden R₁₀ en R₉ een tegenkoppelspanning toegevoerd aan de kathodeleiding van de tweede helft van de eerste ECC 40. De vervorming wordt hierdoor minder dan 1% voor elk uitgangsvermogen beneden 100 watt. De tegenkoppelfactor is ongeveer 7,5. Deze tegenkoppeling voorkomt ook het oplopen van de anodewisselspanning tot een te grote waarde wanneer de luidsprekerverbindingen worden onderbroken. Bij hoge anode-

wisselspanningen neemt de schermroosterstroom snel toe, en dit kan tot ernstige overbelasting van de schermroosters leiden. Dit wordt voorkomen door de grote tegenkoppeling en door de begrenziingsweerstand R_{24} in de schermroosterleiding.

Het hangt geheel van de montage van de versterker af of de stopweerstand R_{22} en R_{23} kunnen worden weggelaten of niet; wanneer al de roosterverbindingen zeer kort zijn, kunnen deze weerstanden vervallen.

De faze-omkeertrap en de gelijkrichter voor de negatieve roosterspanning

Voor deze beide functies is een dubbele triode type ECC 40 gebruikt. De eerste helft keert de faze van de uitgangswisselspanning van de tweede helft der eerste ECC 40 om. Een sterke tegenkoppeling via R_{15} en R_{14} zorgt ervoor dat de wisselspanningen onder uiteenlopende condities in balans blijven.

De tweede helft is gebruikt als gelijkrichter voor de negatieve roosterspanning van de eindbuizen, waartoe het rooster en de kathode zijn doorverbonden. De negatieve rooster-spanning kan nauwkeurig worden ingesteld door middel van de potentiometer P_4 ; daar deze potentiometer alleen maar behoeft te worden gebruikt bij het afregelen van de versterker en bij vervanging van de eindbuizen, verdient het aanbeveling ze onder het chassis te monteren. Op deze wijze voorkomt men het risico dat de potentiometer door ondeskundigen of door stoten of anderszins wordt ontregeld.

De opwarmtijd van de ECC 40 is voldoende kort om de negatieve roosterspanning aanwezig te doen zijn voordat de eindbuizen warm zijn.

De tweede voorversterker

Een ECC 40 waarvan de beide helften in cascade zijn geschakeld, wordt als tweede voorversterker gebruikt. Hierbij dient het volgende te worden opgemerkt:

De anode van de tweede buishelft heeft een zekere capaciteit t.o.v. het rooster van de eerste helft. Hoewel deze capaciteit zeer klein is, ca. 0,05 pF, is er, ten gevolge van de grotere wisselspanning op de anode van de tweede helft, een zekere terugkoppeling naar het rooster van de eerste buishelft aanwezig. Onder ongunstige omstandigheden kan dit oscilleren veroorzaken. Als er bij de bedrading voor wordt gezorgd dat deze capaciteit niet groter wordt, zullen er geen moeilijkheden optreden. Elke neiging tot oscilleren kan evenwel worden onderdrukt door de rooster-anode capaciteit van de eerste buishelft te vergroten; hiertoe kan men een condensator (C_4) van 4,7 pF tussen deze twee elektroden monteren.

De frequentiekarakteristiek van de versterker kan worden beïnvloed door middel van de potentiometer P_3 , die, tezamen met C_7 , een spanningsdeler vormt uitsluitend voor wisselspanningen van hogere frequentie (wegens de geringe capaciteit van $C_7 = 470$ pF).

Een tegenkoppeling wordt vanaf S_3 op de uitgangstransformator, via R_{10} , aan het niet ontkoppelde deel van de kathodeweerstand R_9 van de tweede buishelft toegevoerd. De volumeregelaars voor de microfoon P_1 en voor de pick-up P_2 zijn in de roosterketen van de eerste buishelft opgenomen. Daar voor het rooster de serieweerstanden R_5 en R_6 zijn geschakeld, zijn deze twee regelingen vrijwel onafhankelijk van elkaar, zodat geluidswisselspanningen van de microfoon en van de pick-up naar believen kunnen worden gemengd.

De microfoonversterker

Als microfoonversterker is, zoals in al deze versterkers, weer een EF 40 gebruikt. Vooropgesteld dat de versterker niet aan schokken of trillen is blootgesteld, zijn geen speciale maatregelen tegen microfonie noodzakelijk. Is de installatie evenwel mobiel, dan zal een verende buishouder noodzakelijk zijn.

Om brom te voorkomen moeten de verbindingen naar rooster en kathode kort worden gehouden, met vermijding van magnetische lussen. Al de verbindingen naar aarde moeten in één punt samen komen en dicht bij de microfoonaansluiting worden verbonden met het chassis. In de hier toegepaste schakeling geeft de EF 40 een ongeveer 170-voudige versterking.

De voeding

In de voedingsapparatuur zijn twee buizen AX 50 in een schakeling voor spanningsverdubbeling gebruikt. De halve hoogspanning die over C_{15} staat, dient voor de voeding aan de schermroosters van de eindbuizen en, via extra afvlakfilters, voor de voeding van de voortrappen. Om de spanning binnen redelijke grenzen constant te houden, bij de sterk wisselende belasting die men bij B-versterkers heeft, is de afvlakking met smoorspoeling ontworpen. De bijzonderheden van deze smoorspoel zijn hieronder vermeld. Door de toepassing van spanningsverdubbeling heeft de secundaire van de voedings-transformator een niet zeer hoog aantal windingen, waardoor deze transformator niet te kostbaar wordt. Wel worden hoge eisen gesteld aan de isolatie, speciaal aan die van de gloeistroomwikkeling voor de AX 50 (2).

De voedingstransformator

De voedingstransformator voor deze versterker is ontworpen voor een netspanning van 220 volt 50 p/s. De kerndoorsnede is 29 cm².

Wikkeling	Spanning	Stroom	Aantal windingen	Draaddiameter
S_4	220 V	50 p/s	440	0,9 mm koper-email
S_5	$2 \times 3,15$ V	4,4 A	$2 \times 6,5$	1,8 mm „ „
S_6	410 V	0,5 A	320	0,5 mm „ „
S_7	4 V	3,75 A	9	1,3 mm „ „
S_8	4 V	3,75 A	9	1,3 mm „ „
S_9	50 V	20 mA	100	0,15 mm „ „

De ingangssmoorspoel L_1

Aantal windingen	: 550
Draaddiameter	: 0,4 mm koper-email
Kern	: mantelkern
Dikte der lamellen	: 0,5 mm
Afmetingen	: 84×70 mm
Breedte van de kern	: 28 mm
Stapelhoogte	: 28 mm
Kerndoorsnede	: 7.8 cm ²
Luchtspleet	: geen

De uitgangstransformator

De algemene opmerkingen, beschreven in de behandeling van de 35 watt versterker (Nr. 5), gelden ook voor deze uitgangstransformator.

De details volgen hier:

Wikkeling	Aantal windingen	Totale draaddoorsnede
S_1	2×1110	0,031 mm ²
S_2	De transformatieverhouding $S_1 : S_2$ is $\sqrt{R_{aa}/R}$	
S_3	$R =$ uitwendige belastingsimpedantie 88	0,01 mm ²

Kern	: mantelkern
Dikte van de lamellen	: 0,5 mm
Afmetingen	: 96 × 80 mm
Breedte	: 32 mm
Stapelhoogte	: 56 mm
Kerndoorsnede	: 18 cm ²
Luchtspleet	: geen

MEETRESULTATEN

Vervorming en uitgangsvermogen

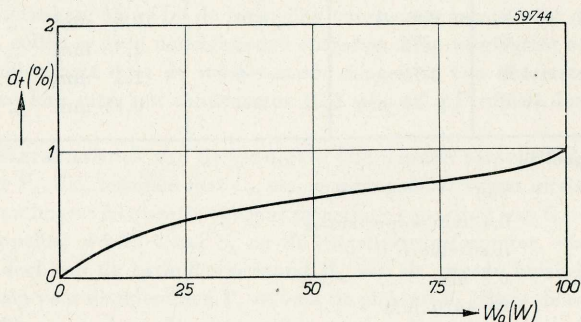


Fig. 59. Totale vervorming d_t als functie van het uitgangsvermogen W_o , gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator, met een belastingsweerstand tussen de anoden $R_{aa} = 10 \text{ k}\Omega$, bij een frequentie $f = 1000 \text{ p/s}$.

Spanningen en stromen

		Zonder ingangswisselspanning	Bij maximum-uitgangsvermogen
Voeding	Spanning over C_{14}	850 V	800 V
	Spanning over C_{15}	425 V	395 V
	Spanning over C_{16}	423 V	339 V
	Spanning over C_{17}	392 V	360 V
	Spanning over C_{18}	320 V	295 V
	Spanning over C_{19}	295 V	275 V
EL 34 (1) en EL 34 (2)	Anodespanning	845 V	785 V
	Anodestroom	2×20 mA	2×96 mA
	Schermroosterspanning	420 V	360 V
	Schermroosterstroom	$2 \times 2,3$ mA	2×20 mA
	Negatieve roosterspanning Belastingweerstand tussen de anoden	c.a.—44 V 10 k Ω	10 k Ω
ECC 40 (2) eerste helft	Anodespanning	145 V	
	Kathodespanning	3,2 V	
ECC 40 (1) eerste helft	Anodespanning	120 V	
	Kathodespanning	3 V	
ECC 40 (1) tweede helft	Anodespanning	145 V	
	Kathodespanning	3,2 V	
EF 40	Anodespanning	110 V	
	Schermroosterspanning	140 V	
	Kathodespanning	2,9 V	

Brom- en ruisniveau

Het brom- en ruisniveau is, vergeleken met het maximumuitgangsvermogen en gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator:

	Brom- en ruisniveau
Volumeregelaars P_1 en P_2 op minimum	—79 dB
P_1 en P_2 op maximum, microfoonaansluiting kortgesloten	—66 dB
P_1 en P_2 op maximum, microfoonaansluiting open	—59 dB

Frequentiearakteristiek

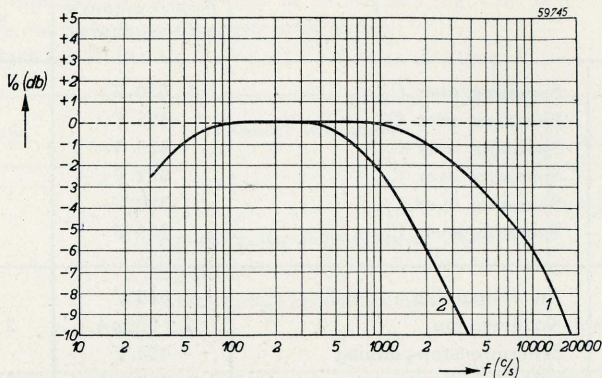


Fig. 60. Frequentiearakteristiek van de versterker. De uitgangswisselspanning V_o is gemeten aan de uitgangstransformator, met een belastingsimpedantie tussen de anoden $R_{aa} = 10\text{ k}\Omega$.

Kromme 1: hoge toonregeling, P_3 op minimum.

Kromme 2: P_3 op maximum.

Gevoeligheid

Wanneer de gevoeligheid wordt gemeten aan de stuurroosters van de eindbuizen, moet men bedenken dat de tegenkoppeling niet werkzaam is.

Uitgangsvermogen, gemeten aan de primaire van de uitgangstransformator	Ingangswisselspanning V_{g1} EL 34 (1) en EL 34 (2)	Ingangswisselspanning V_g ECC 40 (1), eerste helft	Ingangswisselspanning op de pick-up aansluiting	Ingangswisselspanning op de microfoon-aansluiting
100 W 0,5 W	28 V_{eff} 2 V_{eff}	280 mV_{eff} 20 mV_{eff}	560 mV_{eff} 40 mV_{eff}	3,3 mV_{eff} 0,235 mV_{eff}

SCHEMASLEUTEL

Weerstanden

Nr.	Waarde	Belastbaar- heid (watt)
R_1	1 M Ω	0,5
R_2	2,7 k Ω	0,5
R_3	0,47 M Ω	0,5
R_4	0,22 M Ω	0,5
R_5	0,39 M Ω	0,5
R_6	0,39 M Ω	0,5
R_7	2,2 k Ω	0,5
R_8	1,8 k Ω	0,5
R_9	180 Ω	0,5
R_{10}	330 Ω	0,5
R_{11}	1 M Ω	0,5
R_{12}	0,15 M Ω	0,5
R_{13}	0,15 M Ω	0,5
R_{14}	1 M Ω	0,5
R_{15}	1 M Ω	0,5
R_{16}	1 M Ω	0,5
R_{17}	2,2 k Ω	0,5
R_{18}	47 k Ω	0,5
R_{19}	0,68 M Ω	0,5
R_{20}	0,68 M Ω	0,5
R_{21}	0,15 M Ω	0,5
R_{22}	1 k Ω	0,5
R_{23}	1 k Ω	0,5
R_{24}	750 Ω	3
R_{25}	3,9 k Ω	1
R_{26}	27 k Ω	1
R_{27}	27 k Ω	4
R_{28}	100 Ω	4
R_{29}	100 Ω	4
R_{30}	100 Ω	4
R_{31}	100 Ω	
P_1	0,5 M Ω	
P_2	0,5 M Ω	
P_3	1 M Ω	
P_4	50 k Ω	

Condensatoren

Nr.	Waarde	Werkspan- ning (volt)
C_1	50 μ F	12,5
C_2	0,22 μ F	
C_3	22 000 pF	
C_4	4,7 pF	
C_5	50 μ F	12,5
C_6	50 μ F	12,5
C_7	470 pF	
C_8	22 000 pF	
C_9	22 000 pF	
C_{10}	50 μ F	12,5
C_{11}	12,5 μ F	100
C_{12}	22 000 pF	
C_{13}	22 000 pF	
C_{14}	50 μ F	500
C_{15}	50 μ F	500
C_{16}	50 μ F	500
C_{17}	32 μ F	450
C_{18}	16 μ F	450
C_{19}	16 μ F	450

Transformatoren en spoelen

 T_1 , zie tekst T_2 , zie tekst L_1 , zie tekst $L_2 = 8$ H 100 mA 280

SCHAKELSCHEMA

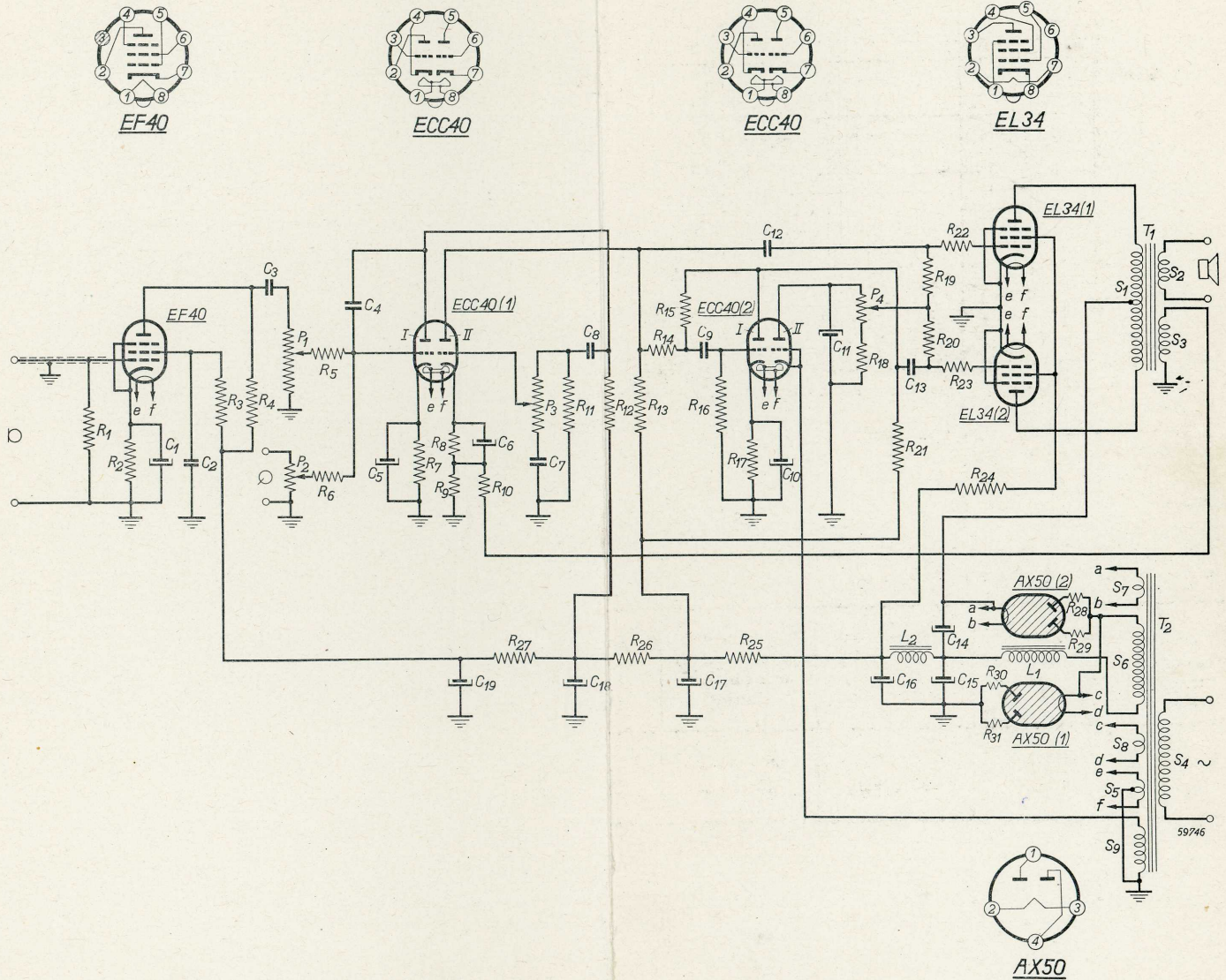
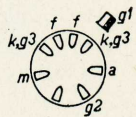
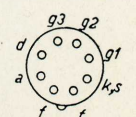
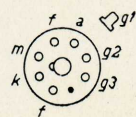
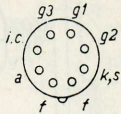
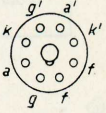
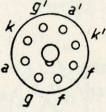
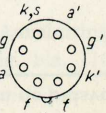


Fig. 61. Schakelschema van de 100 watt versterker met twee buizen EL 34 in klasse B-balansinstelling.

AANHANGSEL

OVERZICHT VAN BUIZEN DIE IN L.F. VERSTERKERS KUNNEN WORDEN GEBRUIKT

Type	Gloeidraad-gegevens	Toepassing	Spanningen Weerstanden	Stromen (mA)	Karakteristieke gegevens	Verbindingen van de buisvoet
CF 50 L.F.penthode met laag storingsni- veau	$V_f = 30 \text{ V}$ $I_f = 0,2 \text{ A}$	Karakteristieke gegevens	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_{g2} = 100 \text{ V}$ $V_{g1} = -2 \text{ V}$	$I_a = 1,5$ $I_{g2} = 0,3$	$S = 3,3 \text{ mA/V}$ $R_i = 2,5 \text{ M}\Omega$ $\mu_{g2g1} = 45$	
		Microfoonver- sterker	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_a = 0,3 \text{ M}\Omega$ $R_{g2} = 0,9 \text{ M}\Omega$ $R_k = 2 \text{ k}\Omega$	$I_a = 0,7$ $I_{g2} = 0,18$	$V_o/V_i = 315$ $V_b = 3 \text{ V}_{eff}$ $d_{tot} < 1 \%$	
			$V_b = 450 \text{ V}$ $R_a = 0,3 \text{ M}\Omega$ $R_{g2} = 1 \text{ M}\Omega$ $= -2 \text{ V}$ $V_{g1} = -10 \text{ V}$ $= -12 \text{ V}$	$I_a = 1,3$ $= 0,22$ $= 0,04$	$= 395$ $V_o/V_i = 90$ $= 7$	
EAF 42 Diode-regel- penthode	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,3 \text{ A}$	L.F. versterker	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_a = 0,22 \text{ M}\Omega$ $R_{g2} = 0,82 \text{ M}\Omega$ $R_k = 1,5 \text{ k}\Omega$	$I_a = 0,80$ $I_{g2} = 0,26$	$V_o/V_i = 120$ $V_o = 8 \text{ V}_{eff}$ $d_{tot} = 1,2 \%$	
EF 37 L.F.penthode met laag storingsni- veau	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,2 \text{ A}$	Karakteristieke gegevens	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_{g2} = 100 \text{ V}$ $V_{g1} = -2 \text{ V}$	$I_a = 3$ $I_{g2} = 0,8$	$S = 1,8 \text{ mA/V}$ $R_i = 2,5 \text{ M}\Omega$ $C_{ag1} < 0,02 \text{ pF}$	
		Microfoonver- sterker	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_a = 0,2 \text{ M}\Omega$ $R_{g2} = 0,4 \text{ M}\Omega$ $R_k = 3 \text{ k}\Omega$	$I_a = 0,9$ $I_{g2} = 0,35$	$V_o/V_i = 140$ $V_o = 8,5 \text{ V}_{eff}$ $d_{tot} = 1,3 \%$	

Type	Gloeidraad-gegevens	Toepassing	Spanningen Weerstanden	Stromen (mA)	Karakteristieke gegevens	Verbindingen van de buisvoet
EF 40 L.F.penthode met laag storingsni- veau	$V_f = 6,3$ V $I_f = 0,2$ A	Karakteristieke gegevens	$V_a = 250$ V $V_{g2} = 140$ V $V_{g1} = -2$ V	$I_a = 3$ $I_{g2} = 0,55$	$S = 1,85$ mA/V $R_i = 2,5$ M Ω $C_{ag1} < 0,04$ pF	
		Microfoonver- sterker	$V_b = 250$ V $R_a = 0,22$ M Ω $R_{g2} = 1,0$ M Ω $R_k = 1,5$ k Ω	$I_a = 0,9$ $I_{g2} = 0,2$	$V_o/V_i = 180$ $V_o = 12$ V _{eff} $d_{tot} = 1,0\%$	
ECC 33 Dubbele triode	$V_f = 6,3$ V $I_f = 0,4$ A	Karakteristieke gegevens (per systeem)	$V_a = 250$ V $V_g = -4$ V	$I_a = 9$	$S = 3,6$ mA/V $R_i = 9,7$ k Ω $\mu = 35$	
		L.F. verster- ker (per systeem)	$V_b = 250$ V $R_a = 0,1$ M Ω $R_k = 2,2$ k Ω	$I_a = 1,3$	$V_o/V_i = 27$ $V_o = 43$ V _{eff} $d_{tot} = 5,4\%$	
ECC 35 Dubbele triode	$V_f = 6,3$ V $I_f = 0,4$ A	Karakteristieke gegevens (per systeem)	$V_a = 250$ V $V_g = -2,5$ V	$I_x = 2,3$	$S = 2$ mA/V $R_i = 34$ k Ω $\mu = 68$	
		L.F. versterker (per systeem)	$V_b = 250$ V $R_a = 0,22$ M Ω $R_k = 4,7$ k Ω	$I_a = 0,45$	$V_o/V_i = 45$ $V_o = 27$ V _{eff} $d_{tot} = 5\%$	
ECC 40 Dubbele triode	$V_f = 6,3$ V $I_f = 0,6$ A	Karakteristieke gegevens (per systeem)	$V_a = 250$ V $V_g = -5,2$ V	$I_a = 6$	$S = 2,7$ mA/V $R_i = 11$ k Ω $\mu = 30$	
		L.F. versterker (per systeem)	$V_b = 250$ V $R_a = 0,1$ M Ω $R_k = 2$ k Ω	$I_a = 1,5$	$V_o/V_i = 26$ $V_o = 30$ V _{eff} $d_{tot} = 1,9\%$	

Type	Gloeidraad-gegevens	Toepassing	Spanningen Weerstanden	Stromen (mA)	Karakteristieke gegevens	Verbindingen van de buisvoet
ECH 21 Triode- heptode	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,33 \text{ A}$	Voorversterk- en faze-om- keerbuis (zie fig. 62)	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_{aH} = 0,2 \text{ M}\Omega$ $R_{g2+g4} = 0,25 \text{ M}\Omega$ $R_k = 650 \Omega$ $R_{aT} = 0,1 \text{ M}\Omega$ $V_R = 0 \text{ V}$	$I_{aH} + I_{aT} = 2,50$ $I_{g2+g4} = 0,75$	$V_o/V_i = 100$ $V_o = 10 \text{ V}_{eff}$ $d_{tot} = 0,8\%$	
		L.F. versterker (triodegedeelte)	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_a = 0,2 \text{ M}\Omega$ $V_g = -2 \text{ V}$	$I_a = 1,0$	$V_o/V_i = 13$ $V_o = 7,5 \text{ V}_{eff}$ $d_{tot} = 2,5\%$	

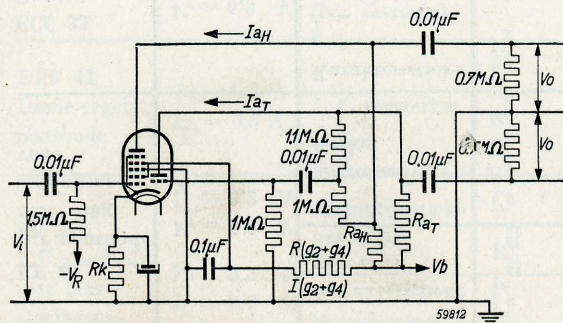


Fig. 62. De ECH 21 als voorversterk- en faze-omkeerbuis in een schakeling met tegenkoppeling.

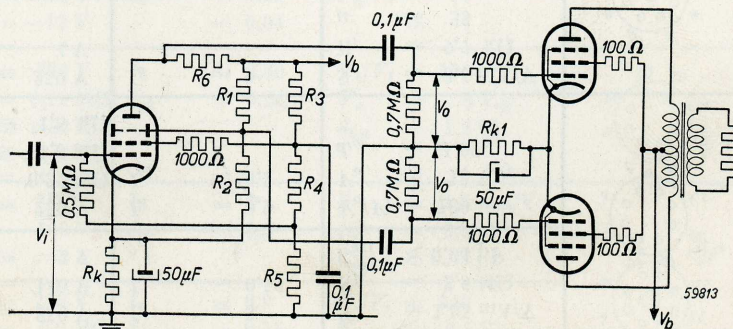
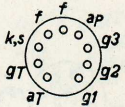
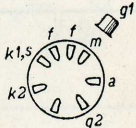
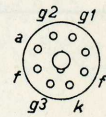
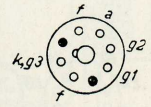
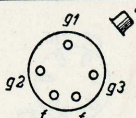
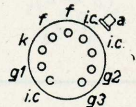
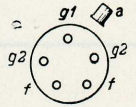
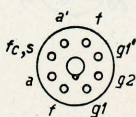


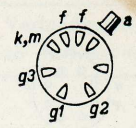
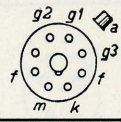
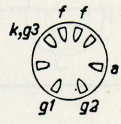
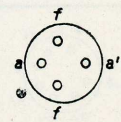
Fig. 63. De EEP 1 als voorversterk- en faze-omkeerbuis.

Type	Gloeidraad-gegevens	Toepassing	Spanningen Weerstanden	Stromen (mA)	Karakteristieke gegevens	Verbindingen van de buisvoet
ECL 30 Triode- penthode	$V_f = 6,3$ V $I_f = 0,3$ A	Klasse A eind- versterker (pen- thodegedeelte)	$V_a = 200$ V $V_{g2} = 200$ V $V_{g1} = -7,7$ V	$I_a = 17,5$ $I_{g2} = 3,3$	$S = 3,4$ mA/V $R_i = 0,15$ M Ω $R_a = 11$ k Ω $W_o = 1,4$ W $d_{tot} = 10\%$ $V_i = 4,1$ V _{eff} $W_a = 3,5$ W	
		L.F. versterker (triodegedeelte)	$V_b = 200$ V $R_a = 0,25$ M Ω $V_g = -4,2$ V	$I_a = 0,55$	$V_o/V_i = 11,5$ $V_o = 24$ V _{eff} $d_{tot} = 5\%$	
EEP 1 Secundaire- emissie tetrode	$V_f = 6,3$ V $I_f = 0,6$ A	Karakteristieke gegevens	$V_a = 250$ V $V_{g2} = 150$ V $V_{k2} = 150$ V $V_{g1} = -2,5$ V	$I_a = 8$ $I_{g2} = 0,45$ $I_{k2} = -6,5$	$S = 17$ mA/V $R_i = 50$ k Ω $\mu_{g2g1} = 65$	
		Voorverster- ken faze-om- keerbuis (zie fig. 63)	$V_b = 400$ V $R_k = 6,9$ k Ω $R_1 = 0,208$ M Ω $R_2 = 29$ k Ω $R_3 = 85$ k Ω $R_4 = 30$ k Ω $R_5 = 9$ k Ω $R_6 = 26$ k Ω		$V_o/V_i = 294$ $V_o = 10$ V _{eff} $d_{tot} = 1,4\%$	
EL 34 Eindpentho- de	$V_f = 6,3$ V $I_f = 1,5$ A	Klasse A eind- versterker	$V_a = 250$ V $V_{g2} = 250$ V $R_k = 107$ Ω	$I_a = 100$ $I_{g2} = 14$	$S = 11$ mA/V $R_i = 15$ k Ω $R_a = 2$ k Ω $W_o = 12$ W $d_{tot} = 10\%$ $V_i = 9,3$ V _{eff} $W_a = 25$ W	Aansluiting fig. blz. 116

Type	Gloeidraad-gegevens	Toepassing	Spanningen Weerstanden	Stromen (mA)	Karakteristieke gegevens	Verbindingen van de buisvoet
EL 34 Eind- penthode	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 1,5 \text{ A}$	Klasse AB- balansversterker	$V_b = 375 \text{ V}$ $R_{g_2^{(1)}} = 500 \Omega$ $R_k = 132 \Omega$	$I_a \text{ min} = 2 \times 75$ $I_a \text{ max} = 2 \times 90$ $I_{g_2 \text{ min}} = 2 \times 10$ $I_{g_2 \text{ max}} = 2 \times 22$	$R_{aa} = 4 \text{ k}\Omega$ $W_o = 37 \text{ W}$ $d_{\text{tot}} = 3,5\%$ $V_i = 20,5 \text{ V}_{\text{eff}}$	
		Klasse B- balansversterker	$V_b = 425 \text{ V}$ $R_{g_2^{(1)}} = 800 \Omega$ $V_k = -42 \text{ V}$	$I_a \text{ min} = 2 \times 20$ $I_a \text{ max} = 2 \times 106$ $I_{g_2 \text{ min}} = 2 \times 2,4$ $I_{g_2 \text{ max}} = 2 \times 28$	$R_{aa} = 4,4 \text{ k}\Omega$ $W_o = 58 \text{ W}$ $d_{\text{tot}} = 4,5\%$ $V_i = 29,5 \text{ V}_{\text{eff}}$	
			$V_{ba} = 850 \text{ V}$ $V_{bg_2} = 425 \text{ V}$ $R_{g_2^{(1)}} = 750 \Omega$ $V_{g_1} = -45 \text{ V}$	$I_a \text{ min} = 2 \times 18$ $I_a \text{ max} = 2 \times 92$ $I_{g_2 \text{ min}} = 2 \times 1,8$ $I_{g_2 \text{ max}} = 2 \times 25$	$R_{aa} = 11 \text{ k}\Omega$ $W_o = 100 \text{ W}$ $d_{\text{tot}} = 7\%$ $V_i = 31,5 \text{ V}_{\text{eff}}$	
EL 37 Eindpentho- de	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 1,4 \text{ A}$	Klasse A- eind- versterker	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_{g_2} = 250 \text{ V}$ $R_k = 120 \Omega$	$I_a = 100$ $I_{g_2} = 13,5$	$S = 11 \text{ mA/V}$ $R_i = 13,5 \text{ k}\Omega$ $R_a = 2,5 \text{ k}\Omega$ $W_o = 10,5 \text{ W}$ $d_{\text{tot}} = 10\%$ $V_i = 10,6 \text{ V}_{\text{eff}}$ $W_a = 25 \text{ W}$	
		Klasse AB balansversterker	$V_a = 325 \text{ V}$ $V_{g_2} = 325 \text{ V}$ $R_k = 130 \Omega$	$I_a \text{ min} = 2 \times 77$ $I_a \text{ max} = 2 \times 90$ $I_{g_2 \text{ min}} = 2 \times 9,8$ $I_{g_2 \text{ max}} = 2 \times 30$	$R_{aa} = 4 \text{ k}\Omega$ $W_o = 35 \text{ W}$ $d_{\text{tot}} = 4,4\%$ $V_i = 21,5 \text{ V}_{\text{eff}}$	
		Klasse B- balansversterker	$V_a = 400 \text{ V}$ $V_{g_2} = 400 \text{ V}$ $V_{g_1} = -36 \text{ V}$	$I_a \text{ min} = 2 \times 50$ $I_a \text{ max} = 2 \times 138$ $I_{g_2 \text{ min}} = 2 \times 6$ $I_{g_2 \text{ max}} = 2 \times 36$	$R_{aa} = 3,25 \text{ k}\Omega$ $W_o = 69 \text{ W}$ $d_{\text{tot}} = 2,5\%$ $V_i = 24,5 \text{ V}_{\text{eff}}$	

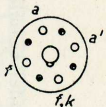
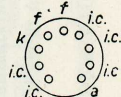
Type	Gloeidraad-gegevens	Toepassing	Spanningen Weerstanden	Stromen (mA)	Karakteristieke gegevens	Verbindingen van de buisvoet
EL 41 Eindpenthode	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,71 \text{ A}$	Klasse A- eind- versterker	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_{g2} = 250 \text{ V}$ $R_k = 170 \Omega$	$I_a = 36$ $I_{g2} = 5,2$	$S = 10 \text{ mA/V}$ $R_i = 40 \text{ k}\Omega$ $R_a = 7 \text{ k}\Omega$ $W_o = 3,9 \text{ W}$ $d_{tot} = 10\%$ $V_i = 3,8 \text{ V}_{eff}$ $W_a = 9 \text{ W}$	
		Klasse AB- balansversterker	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_{g2} = 250 \text{ V}$ $R_k = 85 \Omega$	$I_a \text{ min} = 2 \times 36$ $I_a \text{ max} = 2 \times 39,5$ $I_{g2} \text{ min} = 2 \times 5,2$ $I_{g2} \text{ max} = 2 \times 8$	$R_{aa} = 7 \text{ k}\Omega$ $W_o = 9,4 \text{ W}$ $d_{tot} = 4,6\%$ $V_i = 5,6 \text{ V}_{eff}$	
EL 50 Eindpenthode	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 1,35 \text{ A}$	Karakteristieke gegevens	$V_a = 800 \text{ V}$ $V_{g2} = 400 \text{ V}$ $V_{g1} = -37 \text{ V}$	$I_a = 22,5$ $I_{g2} = 2,5$	$S = 4 \text{ mA/V}$ $R_i = 50 \text{ k}\Omega$ $W_a = 18 \text{ W}$	
		Klasse B- balansversterker	$V_{ba} = 800 \text{ V}$ $V_{bg2} = 400 \text{ V}$ $R_{g2^1} = 500 \Omega$ $V_{g1} = -40 \text{ V}$	$I_a \text{ min} = 2 \times 15$ $I_a \text{ max} = 2 \times 70$ $I_{g2} \text{ min} = 2 \times 1$ $I_{g2} \text{ max} = 2 \times 24$	$R_{aa} = 18 \text{ k}\Omega$ $W_o = 80 \text{ W}$ $d_{tot} = 10\%$ $V_i = 28 \text{ V}_{eff}$	
EL 51 Eindpenthode	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 1,9 \text{ A}$	Karakteristieke gegevens	$V_a = 750 \text{ V}$ $V_{g2} = 750 \text{ V}$ $V_{g1} = -37,5 \text{ V}$	$I_a = 60$ $I_{g2} = 10$	$S = 8 \text{ mA/V}$ $R_i = 50 \text{ k}\Omega$ $W_a = 45 \text{ W}$	
		Klasse AB- balansversterker	$V_a = 500 \text{ V}$ $V_{g2} = 500 \text{ V}$ $R_k = 100 \Omega$	$I_a \text{ min} = 2 \times 87$ $I_a \text{ max} = 2 \times 110$ $I_{g2} \text{ min} = 2 \times 13$ $I_{g2} \text{ max} = 2 \times 23$	$R_{aa} = 4,8 \text{ k}\Omega$ $W_o = 67,5 \text{ W}$ $d_{tot} = 5\%$ $V_i = 19 \text{ V}_{eff}$	
		Klasse B- balansversterker	$V_a = 750 \text{ V}$ $V_{g2^2} = 750 \text{ V}$ $V_{g1} = -40 \text{ V}$	$I_a \text{ min} = 2 \times 40$ $I_a \text{ max} = 2 \times 145$ $I_{g2} \text{ min} = 2 \times 7,5$ $I_{g2} \text{ max} = 2 \times 30$	$R_{aa} = 6 \text{ k}\Omega$ $W_o = 140 \text{ W}$ $d_{tot} = 5\%$ $V_i = 28,5 \text{ V}_{eff}$	

Type	Gloeidraad-gegevens	Toepassing	Spanningen Weerstanden	Stromen (mA)	Karakteristieke gegevens	Verbindingen van de buisvoet
PB 1/150 Eindpenthode	$V_f = 10$ V $I_f = 3,25$ A	Klasse B- balansversterker	$V_a = 1750$ V $V_{g2} = 750$ V $V_{g3} = 60$ V $V_{g1} = -120$ V	$I_a \text{ min} = 2 \times 25$ $I_a \text{ max} = 2 \times 124$ $I_{g2 \text{ min}} = 2 \times 2$ $I_{g2 \text{ max}} = 2 \times 22$	$R_{aa} = 16,2$ k Ω $W_o = 300$ W $V_i = 85$ V _{eff} $W_a = 2 \times 70$ W	
PL 81 Eindpenthode voor tijdbasisschakelingen	$V_f = 21,5$ V $I_f = 0,3$ A	Karakteristieke gegevens	$V_a = 180$ V $V_{g2} = 180$ V $V_{g1} = -23$ V	$I_a = 45$ $I_{g3} = 3$	$S = 6,5$ mA/V $\mu_{g2g1} = 6,4$ $W_a = 8$ W	
		Klasse B- balansversterker	$V_a = 180$ V $V_{g2} = 180$ V $R_{g2}^1 = 100$ Ω $V_{gi} = -30$ V	$I_a \text{ min} = 2 \times 9$ $I_a \text{ max} = 2 \times 60$ $I_{g2 \text{ min}} = 2 \times 0,7$ $I_{g2 \text{ max}} = 2 \times 21$	$R_{aa} = 2800$ Ω $W_o = 11,5$ W $d_{\text{tot}} = 10\%$ $V_i = 21$ V _{eff}	
QB 3/300 Tetrode	$V_f = 5$ V $I_f = 6,5$ A	Klasse B- balansversterker (zonder rooster- stroom)	$V_a = 2500$ V $V_{g2} = 600$ V $V_{g1} = -96$ V =	$I_a \text{ min} = 2 \times 30$ $I_a \text{ max} = 2 \times 116$ $I_{g2 \text{ min}} = 0$ $I_{g2 \text{ max}} = 2 \times 8$	$R_{aa} = 20,3$ k Ω $W_o = 330$ W $V_i = 68$ V _{eff} $W_a = 2 \times 125$ W	
		Klasse B- balansversterker (met rooster- stroom)	$V_a = 2500$ V $V_{g2} = 330$ V $V_{g1} = -43$ V	$I_a \text{ min} = 2 \times 50$ $I_a \text{ max} = 2 \times 130$ $I_{g2 \text{ min}} = 2 \times 1$ $I_{g1 \text{ max}} = 2 \times 8$ $I_{g1 \text{ min}} = 0$ $I_{g1 \text{ max}} = 2 \times 12$	$R_{aa} = 22,2$ k Ω $W_o = 400$ W $V_i = 67$ V _{eff} $W_{igt} = 2 \times 1,2$ W $W_a = 2 \times 125$ W	
QQC 04/15 Dubbele te- trode	$V_f = 6,3$ V $I_f = 0,68$ A	Klasse B- balansversterker (beide systemen)	$V_a = 400$ V $V_{g2} = 200$ V $V_{g1} = -24$ V	$I_a \text{ min} = 2 \times 4$ $I_a \text{ max} = 2 \times 27$ $I_{g2 \text{ min}} = 7,5$ $I_{g2 \text{ max}} = 21$ $I_{g1 \text{ min}} = 0$ $I_{g1 \text{ max}} = 2 \times 1,2$	$R_{aa}' = 16640$ Ω $W_o = 16$ W $d_{\text{tot}} = 5\%$ $V_i = 26,2$ V _{eff} $W'_{ig1} = 2 \times 0,04$ W $W_a = 2 \times 6$ W	

Type	Gloeidraad-gegevens	Toepassing	Spanningen Weerstanden	Stromen (mA)	Karakteristieke gegevens	Verbindingen van de buisvoet
4654 4654 K Eindpenthode	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 1,35 \text{ A}$	Klasse A- eind- versterker	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_{g2} = 275 \text{ V}$ $R_k = 175 \Omega$	$I_a = 72$ $I_{g2} = 8$	$S = 8,5 \text{ mA/V}$ $R_i = 22 \text{ k}\Omega$ $R_a = 3,5 \text{ k}\Omega$ $W_o = 8,6 \text{ W}$ $d_{tot} = 10\%$ $V_i = 10 \text{ V}_{eff}$ $W_a = 18 \text{ W}$	
		Klasse AB- balansversterker	$V_b = 375 \text{ V}$ $R_{g2}^1) = 375 \text{ V}$ $R_k = 195 \Omega$	$I_a \text{ min} = 2 \times 53$ $I_a \text{ max} = 2 \times 67$ $I_{g2} \text{ min} = 2 \times 6,5$ $I_{g2} \text{ max} = 2 \times 16$	$R_{aa} = 5 \text{ k}\Omega$ $W_o = 26 \text{ W}$ $d_{tot} = 3,5\%$ $V_i = 22,5 \text{ V}_{eff}$	
4699 Eindpenthode	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 1,5 \text{ A}$	Klasse A- eind- versterker	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_{g2} = 250 \text{ V}$ $R_k = 90 \Omega$	$I_a = 72$ $I_{g2} = 8$	$S = 14,5 \text{ mA/V}$ $R_i = 20 \text{ k}\Omega$ $R_a = 3,5 \text{ k}\Omega$ $W_o = 8 \text{ W}$ $d_{tos} = 10\%$ $V_i = 5,3 \text{ V}_{eff}$ $W_a = 18 \text{ W}$	
		Klasse AB- balansversterker	$V_b = 375 \text{ V}$ $R_{g2}^2) = 700 \Omega$ $R_k = 125 \Omega$	$I_a \text{ min} = 2 \times 52$ $I_a \text{ max} = 2 \times 64$ $I_{g2} \text{ min} = 2 \times 6,5$ $I_{g2} \text{ max} = 2 \times 17$	$R_{aa} = 6 \text{ k}\Omega$ $W_o = 27,5 \text{ W}$ $d_{tot} = 4\%$ $V_i = 14 \text{ V}_{eff}$	
AX 50 Met gas ge- vulde dubbel- fazige gelijk- richter	$V_f = 4 \text{ V}$ $I_f = 3,75 \text{ A}$	Gelijkrichter (bufferconden- sator	$V_{iq} = 2 \times 500 \text{ V}_{eff}$ $V_{arc} = \text{max. } 15 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max. } 275$	$C_{fil} = \text{max. } 64 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min. } 2 \times 200 \Omega$ $C_{filt} = \text{max. } 32 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min. } 2 \times 150 \Omega$ $C_{fil} = \text{max. } 16 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min. } 2 \times 100 \Omega$	
		Eenfazige gelijk- richter (smoor- spoelingang)	$V_{tr} = 500 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max. } 275$	$C_{fil} = 50 \mu\text{F}$ $L_{filt} = 6 \text{ H}$ $R_t = \text{min. } 2 \times 100 \Omega$	

¹⁾ Gemeenschappelijke schermroosterweerstand.

Type	Gloeidraad-gegevens	Toepassing	Spanningen Weerstanden	Stromen (mA)	Karakteristieke gegevens	Verbindingen van de buisvoet
AZ 41 Tweefazige gelijkrichter	$V_f = 4 \text{ V}$ $I_f = 0,72 \text{ A}$	Gelijkrichter	$V_{tr} = 2 \times 500 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 400 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 300 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max. } 60$ $I_o = \text{max. } 60$ $I_o = \text{max. } 70$	$R_t = \text{min. } 2 \times 200 \Omega$ $R_t = \text{min. } 2 \times 150 \Omega$ $R_t = \text{min. } 2 \times 100 \Omega$ $C_{filt} = \text{max. } 50 \mu$	
AZ 50 Tweefazige gelijkrichter	$V_f = 4 \text{ V}$ $I_f = 3 \text{ A}$	Gelijkrichter	$V_{tr} = 2 \times 500 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 400 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 300 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max. } 250$ $I_o = \text{max. } 275$ $I_o = \text{max. } 300$	$C_{filt} = \text{max. } 64 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min. } 2 \times 200 \Omega$ $C_{filt} = \text{max. } 32 \mu\text{F}$ $R_i = \text{min. } 2 \times 150 \Omega$ $C_{filt} = \text{max. } 16 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min. } 2 \times 100 \Omega$	
DCG 1/250 m. gas gevulde eenfazige gelijkrichter	$V_f = 4 \text{ V}$ $I_f = 2,5 \text{ A}$	Gelijkrichter (smoorspoelin- gang)	$V_{tr} = 2 \times 1060 \text{ V}_{eff}$ $V_{arc} = 12 \text{ V}$	$I_o = \text{max. } 500$		
DCG 4/1000 G met gas ge- vulde twee- fazige gelijk- richter	$V_f = 2,5 \text{ V}$ $I_f = 4,8 \text{ A}$	Gelijkrichter (smoorspoelin- gang)	$V_{tr} = 2 \times 3500 \text{ V}_{eff}$ $V_{arc} = 16 \text{ V}$	$I_o = \text{max. } 500$		
EZ 40 Tweefazige gelijkrichter	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,6 \text{ A}$	Gelijkrichter	$V_{tr} = 2 \times 350 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 300 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 275 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 250 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max. } 90$	$R_t = \text{min. } 2 \times 300 \Omega$ $R_t = \text{min. } 2 \times 215 \Omega$ $R_t = \text{min. } 2 \times 175 \Omega$ $R_t = \text{min. } 2 \times 125 \Omega$ $C_{filt} = \text{max. } 50 \mu\text{F}$	

Type	Gloeidraad-gegevens	Toepassing	Spanningen Weerstanden	Stromen (mA)	Karakteristieke gegevens	Verbindingen van de buisvoet
GZ 32 Tweefazige gelijkrichter	$V_f = 5 \text{ V}$ $I_f = 2 \text{ A}$	Gelijkrichter (buffercondensator)	$V_{tr} = 2 \times 500 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max. } 125$	$C_{filt} = \text{max. } 60 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min. } 2 \times 150 \Omega$	
		Gelijkrichter (smoorspoelingang)	$V_{tr} = 2 \times 350 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 300 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max. } 250$ $I_o = \text{max. } 300$	$C_{filt} = \text{max. } 32 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min. } 2 \times 100 \Omega$ $C_{filt} = \text{max. } 16 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min. } 2 \times 50 \Omega$	
PY 80 Eenfazige gelijkrichter	$V_f = 19 \text{ V}$ $I_f = 0,3 \text{ A}$	Gelijkrichter	$V_{tr} = 240 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max. } 180$	$C_{filt} = \text{max. } 100 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min. } 50 \Omega$	
			$V_{tr} = 240 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max. } 180$	$C_{filt} = \text{max. } 50 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min. } 40 \Omega$	
			$V_{tr} = 220 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max. } 180$	$C_{filt} = \text{max. } 100 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min. } 40 \Omega$	
			$V_{tr} = 220 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max. } 180$	$C_{filt} = \text{max. } 50 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min. } 30 \Omega$	
			$V_{tr} = 127 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max. } 180$	$C_{filt} = \text{max. } 100 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min. } 0 \Omega$	

ELECTROLYTISCHE CONDENSATOREN

Voor de in dit werkje behandelde versterkers komen de onderstaande Philips electrolytische condensatoren in aanmerking:

Electrolytische condensatoren voor lage spanning

De onderstaande condensatoren zijn ondergebracht in een aluminium huis en hermetisch afgesloten. De positieve zijde van de condensator is aan het ene einde uitgevoerd; de negatieve zijde is aan de andere kant met het huis verbonden.

Technische gegevens

Cap. in μF	Max. werkspanning in V	Max. rimpelstroom in mA ¹⁾	Lekstroom in μA ²⁾	Afmetingen		Type-nummer
				Diam.	Hoogte	
25	12,5	62	100	15	45	5580B/25
50	12,5	125	125	15	45	5580B/50
100	12,5	250	150	18	45	5580B/100
250	12,5	625	200	25	45	5580B/250
25	25	125	125	15	45	5580C/25
50	25	250	150	18	45	5580C/50
100	25	500	200	25	45	5580C/100
25	50	250	150	15	45	5580D/25
50	50	500	200	25	45	5580D/50

¹⁾ Voor 100 p/s; bij 50 p/s bedraagt de als maximum toelaatbare rimpelstroom de helft van de opgegeven waarde.

²⁾ Gemeten na 5 minuten in werking te zijn gesteld.

Electrolytische condensatoren voor hoge spanning

De Philips electrolytische condensatoren voor hoge spanning zijn ondergebracht in een aluminium huis dat tevens de verbinding vormt met de negatieve zijde van de condensator. De bodem wordt gevormd door een „Philit” schroef waarmee de condensator op het chassis kan worden gemonteerd. De condensatoren worden geleverd met een vercadmiumde moer en een soldeerlip. In de gevallen waarin de condensator geïsoleerd van het chassis moet worden opgesteld, kan een isoleerring van „Philitax” worden bijgeleverd. De condensatoren worden als enkele en als dubbele condensator uitgevoerd. In het laatste geval is de negatieve pool van beide condensatoren gemeenschappelijk met het huis verbonden.

Technische gegevens

Cap. in μF	Werk- spanning	Piek- spanning	Max. rimpel- stroom mA	Lekstroom mA	Afmetingen		Typenummer
					Diam.	Hoogte	
Enkele condensatoren							
25	350	400	140	0,7	25	45	5311 K/25
25	500	550	140	1	25	45	5311 M/25
50	350	400	250	1,3	25	80	5311 K/50
50	400	450	250	1,5	25	80	5311 N/50
50	450	500	250	1,7	25	80	5311 R/50
Dubbele condensatoren							
12,5+12,5	350	400	110 ¹⁾ (140) ²⁾	0,4	25	45	5314K/12,5+12,5
12,5+12,5	500	550	110 (140)	0,6	25	45	5314M/12,5+12,5
25+25	300	335	160 (200)	0,6	25	45	5314H/25+25
25+25	350	400	160 (250)	0,7	25	80	5314K/25+25
25+25	500	550	160 (250)	1,0	30	80	5314M/25+25
50+50	300	335	250 (400)	1,1	30	80	5314H/50+50
50+50	350	400	250 (400)	1,3	30	80	5314K/50+50
50+50	400	450	250 (400)	1,5	30	80	5314N/50+50
50+50	450	500	250 (400)	1,7	35	80	5314R/50+50

¹⁾ Voor één helft.

²⁾ Voor de beide helften tezamen.

Werkspanning: Onder werkspanning wordt verstaan: de maximale waarde van de gelijkspanning, vermeerderd met de piekwaarde van de rimpelspanning. Deze mag in bedrijfs-toestand onder de meest ongunstige voorwaarden van netspanningsvariaties en transformator-toleranties niet worden overschreden.

Open spanning: De open spanning van het apparaat, d.w.z. de spanning van de voedings-apparatuur als al de buizen, met uitzondering van de gelijkrichtbuis, zijn verwijderd, mag niet hoger zijn dan 1,25 maal de werkspanning, onder de meest ongunstige omstandigheden met betrekking tot netspannings- en transformator-toleranties.

Piekspanning: Dit is de som van gelijkspanning + rimpelspanning, die onder geen beding langer aan de condensator mag worden gelegd dan 1 minuut per uur.

SMOORSPOELEN

Voor gebruik in afvlakfilters zijn de volgende drie smoorspoelen normaal in de handel verkrijgbaar. Deze smoorspoelen zijn uitstekend geïmpregneerd en voldoen in bijna alle voorkomende gevallen aan de eisen die de bouw van radio-apparaten en kleine versterkers stelt.

De technische gegevens zijn in de onderstaande kolommen vermeld:

Technische gegevens	Typennummer			Eenheid
	7831	7832	7833	
Zelfinductie ¹⁾	5	8	8	henry
Max. gelijkstroom	50	65	115	mA=
Gelijkstroomweerstand	390-480	250-300	200-250	ohm
Werkspanning t.o.v. kern	300	300	300	V
Proefspanning t.o.v. kern (50 p/s)	1500	1500	1500	V
Bedrijfstemperatuur (max)	60	60	60	°C
Lengte	49	66	75	mm
Breedte	31	37	48	mm
Hoogte	47	65	62,5	mm
Gewicht ca.	170	400	730	g

¹⁾ De zelfinductie is gemeten bij 5 volt, 50 p/s en bij maximumgelijkstroombelasting.

UITGANGSTRANSFORMATOREN

Voor gebruik in kleine versterkers en ontvangapparaten is een serie van 7 Philips uitgangstransformatoren beschikbaar.

Deze transformatoren worden in twee uitvoeringen in de handel gebracht: een klein model dat voor kleine radio-ontvangtoestellen in aanmerking komt en een groot model dat geschikt is voor grote ontvangtoestellen en kleine versterkers.

Van het kleine type zijn er drie verschillende uitvoeringen: voor wisselstroomontvangers, voor universele apparaten en voor batterij-ontvangers (deze laatste zowel voor een enkelvoudige als voor een balanseindtrap).

Het grote model wordt in vier typen in de handel gebracht: voor enkelvoudige eindtrappen in wisselstroomontvangers, voor enkelvoudige eindtrappen in universele apparaten, voor enkelvoudige of balanseindtrappen in batterij-ontvangers en tenslotte voor balanseindtrappen in wisselstroom- en universele apparatuur.

Deze transformatoren hebben alle een zeer goede weergavekarakteristiek en groot rendement, maar natuurlijk hebben de grotere transformatoren de beste karakteristiek en het hoogste rendement, en hun gelijkstroomweerstand is kleiner dan die van de kleine transformatoren. Hierdoor is er minder spanningsval in de anodeketen van de eindbuizen. De technische gegevens van de grote, resp. kleine ze transformatoren volgen hier:

	5180	5181	5182	5183	5184	5185	5186
Model	klein	groot	klein	groot	klein	groot	groot
Toepassing	wisselspann.	wisselspann.	universeel	universeel	batterij en batt. balans	batterij en batt. balans	wisselspann. en universeel balans
Geschikt voor eindbui- zen type	EBL 21 EL 2 EL 3 N EL 41 EL 42 enz.	EBL 21 EL 2 EL 3 N EL 41 EL 42 enz.	UL 41 UBL 21 UBL 1 enz.	UL 41 UBL 21 EBL 1 enz.	DL 21 DLL 21 DL 41 DL 92 DL 94 DL 95	DL 21 DLL 21 DL 41 DL 92 DL 94 DL 95	2 × EL 6 2 × EBL 21 2 × EBL 1 2 × EL 41 2 × EL 42 enz.
Primaire impedantie (Ω)	6-7000	6-7000	3-4000	3-4000	10000 20000	10000 20000	5000 en 10000
Secundaire impedantie (Ω)	5 en 7	5 en 7	5 en 7	5 en 7	5 en 7	5 en 7	5 en 7
Rendement bij 400 p/s	65%	80%	65%	80%	65%	80%	85%
Verzwakking bij 50 p/s (db)	6,5	2,8	5	2,5	5,2 ²⁾	2,6 ²⁾	0,75
Gelijkstroomweerstand van de primaire . . .	750	450	350	200	2250	800	2 × (155 100)
Max. gelijkstroom (mA)	40	100	60	120	15 ¹⁾ 2 × 15 ²⁾	15 2 × 60	2 × 70
Max. vermogen (watt)	5	10	5	12	3 ²⁾	10 ²⁾	20

¹⁾ Enkelvoudige eindtrap

²⁾ Balans-eindtrap

LUIDSPREKERS

De Philips luidsprekers zijn voorzien van permanente magneten van zeer bijzondere kwaliteit. Deze is te danken aan de samenstelling van het magneetstaal, een legering die door de Philips Laboratoria is gevonden en die onder de naam „Ticonal” grote bekendheid verwierf.

Dank zij de zeer hoge kwaliteit van deze magneten kunnen de afmetingen klein worden gehouden, wat een aanzienlijke gewichtsbesparing geeft.

De conus is het product van een jarenlange ervaring, opgedaan in de conusfabriek. Hij draagt in hoge mate bij tot de zeer goede acoustische eigenschappen van de luidsprekers. Evenals alle luidsprekeronderdelen, is de conus tropenvast. De centrering is zodanig uitgevoerd dat, terwijl een maximale flexibiliteit in axiale richting is bereikt, de resonantie-frequentie laag is gebleven; er is geen beweging van de conus in een andere richting mogelijk. De technische gegevens van de belangrijkste kleine luidsprekers zijn hieronder vermeld. De luidsprekers nrs. 9768, 9750, 9752 zijn ook leverbaar met klankverstrooier, welke een gelijkmatiger verdeling van de hoge tonen verzekert over de gehele ruimte die door de luidspreker wordt bestreken.

Zonder klankverstrooier neemt men de hoogste frequenties uitsluitend recht voor de luidspreker waar, terwijl de lagere frequenties zich meer spreiden.

In de type-aanduiding van de uitvoering met klankverstrooier is aan het typenummer, /05 toegevoegd.

Typenummer	9742	9744	9746	9748/05	9750/05	9752/05	9758/05	eenh.
Vermogen	3	3	6	6	6	10	10	
Diameter	122	160	202	216	216	216	260	mm
Diameteropening in klankbord	113	150	182	195	195	195	238	mm
Inbouwdiepte	58	68	78	105	121	105	125	mm
Veldsterkte	9500	9500	9500	10 000	13 500	7000	8500	gauss
Tot. magn. krachtstroom	16 000	16 000	16 000	45 000	60 600	63 000	103 800	maxwell
Rendement bij 400 p/s .	1,7	2,0	3,0	5,0	10,0	3,0	6,0	%
Impedantie v. d. spreekspoel 1000 p/s	5	5	5	5	5	7	7	
Resonantiefrequentie . .	130	85	85	60	60	60	50	p/s

In de Philips' Technische Bibliotheek verschijnen 4 series boeken :

- 1) Serie ELECTRONENBUIZEN
- 2) Serie LICHT EN VERLICHTING
- 3) Serie DIVERSEN
- 4) Populaire serie

De series 1, 2 en 3 komen uit in de afmetingen $15\frac{1}{2} \times 23\frac{1}{2}$ cm (tenzij anders is aangegeven) en zijn gebonden in blauw linnen omslag met goudopdruk. Serie 4 heeft het formaat 14×21 cm en wordt gebrocheerd in geverniste kleurrijke omslag.

De meeste boeken verschijnen in het Nederlands, Engels, Frans en Duits.

Serie Electronenbuizen:

- Deel I Ir J. Deketh „Grondslagen van de Radiobuizentechniek”.
- Deel II Ir J. Deketh „Gegevens en Schakelingen van Ontvang- en Versterkerbuizen”
(uitgebracht in de jaren 1933/39).
- Deel III J. Otte, idem (uitgebracht in de jaren 1940/41).
- Deel IIIa N. Markus en J. Otte, idem (uitgebracht in de jaren 1945/50).
- Deel IIIb N. Markus, idem (uitgebracht in de jaren 1951/52).
- Deel IIIc J. Jager „Gegevens en Schakelingen van Televisiebuizen”.
- Deel IV Dr B. G. Dammers, J. Haantjes, J. Otte en Jhr Ir H. van Suchtelen „Toepassing van de Electronenbuis in Ontvangers en Versterkers” (Boek 1).
- Deel V Idem (Boek 2).
- Deel VI Idem (Boek 3).
- Deel VII Ir J. P. Heijboer „Zendbuizen”.
- Deel VIIIa A. G. W. Uitjens „Television Receiver Design” (1).
- Deel VIIIb Ir P. A. Neeteson, idem (2).

De delen IIIb, IIIc, VI, VIIIa en VIIIb zijn in voorbereiding.

Serie Licht en Verlichting:

- a) Ir L. C. Kalff „Kunstlicht en Architectuur”.
- b) Ir P. J. Oranje „Gasontladingslampen”.
- c) Prof. Dr C. Zwikker en medewerkers „Fluorescentieverlichting”.
- d) Dr P. J. Bouma „Kleuren en Kleurindrukken”.
- e) Dr G. D. Rieck en Ir L. H. Verbeek „Kunstlicht en Fotografie”.
- f) H. A. E. Keitz „Lichtberechnungen und Lichtmessungen”.
- g) H. Zijl „Manual for the Illuminating Engineer on large-size perfect Diffusors”.
- h) Johan Jansen „Beleuchtungsstechnik”.

Boek a is uitverkocht in de Nederlandse taal, doch is nog verkrijgbaar in het Duits; boek b is uitverkocht in Nederlands en Duits en verkrijgbaar in de Engelse en Franse talen; boek f is alleen uitgegeven in het Duits en boek g alleen in het Engels; de Duitse editie van boek h is in voorbereiding, de Nederlandse uitgave is verkrijgbaar bij uitgeverij Stam in Haarlem.

Serie Diversen

- 1) Dr Ir N. A. J. Voorhoeve „Laagfrequentie-Versterkingstechniek”.
- 2) Dr Ing. E. M.H. Lips „Metaalkunde en Constructie”.

- 3) F. Kerkhof en Ir W. Werner „Televisie”.
- 4) Ir P. Cornelis „Korte Samenvatting der Electriciteitsleer”.
- 5) Prof J. J. Koch e.a. „Rekstrookjes Meettechniek”.
- 6) G. W. van Santen „Mechanische Schwingungen”.
- 7) William Parrish and Betty White Irwin „Data for X-Ray Analysis” (1).
- 8) Idem (2).
- 9) G. H. Hepple „X-Rays in Dental Practice”.
- 10) Ir A. H. Schaafsma - Ir F. G. Willemze „Moderne kwaliteitsbeleid”.

Boek 6 is in het Nederlands uitgegeven door de fa. Wed. Ahrend in Amsterdam.

In de Philips' Technische Bibliotheek verschijnt in de Duitse en Engelse talen een bewerkte uitgave. De boeken 7, 8 en 10 zijn in voorbereiding.

Populaire Serie

De boeken van de Philips' Technische Bibliotheek staan in het algemeen op M.T.S. niveau. Reeds vele malen werd ons gevraagd ook boeken uit te brengen die bevattelijk zijn voor een bredere lezerskring. Ter voldoening aan dit verzoek hebben wij een Populaire Serie aan de Philips' Technische Bibliotheek toegevoegd. Deze boekjes worden gedrukt op formaat 14,8×21 cm en gebrocheerd in geverniste kleurrijke omslag.

- 1) A. H. Bruinsma „Radiografische Afstandsbediening”.
- 2) E. Rodenhuis „Practische Handleiding voor het Gebruik van Electronenbuizen in L.F. Versterking”.
- 3) J. Haantjes - De familie „Odes en Trons”.
- 4) H. H. Mulder - D. Zaayer - Ir P. Zijlstra „Enkele eenvoudige toepassingen van kleine zendbuizen”.

Boek 3 en 4 zijn in voorbereiding.

