

Rørteknikkens udvikling

Af Erik Hedegaard Jakobsen

I sidste nummer af Resonans så vi, at det er begrænset hvor meget forstærkning der kan opnås med en triode i modstandskobling. Forstærkning for en triode udregnes som "forstærkningsfaktor x anodemodstand" divideret med "indre modstand + anodemodstand". Man vil derfor aldrig komme højere end i nærheder af forstærkningsfaktoren, uanset hvor stor anodemodstand man anvender. Bedre gik det når man i stedet for en modstand anvendte en LF drossel der kunne bruges uden at nedsætte anodespændingen, man kunne så komme tættere på en forstærkning lig forstærkningsfaktoren. Det bedste var dog at anvendte en LF transformator med en omsætningsforhold på 1:3 eller 1:5, man kunne så komme op på en forstærkning på omkring 20 – 30 gange med de første rørtyper.

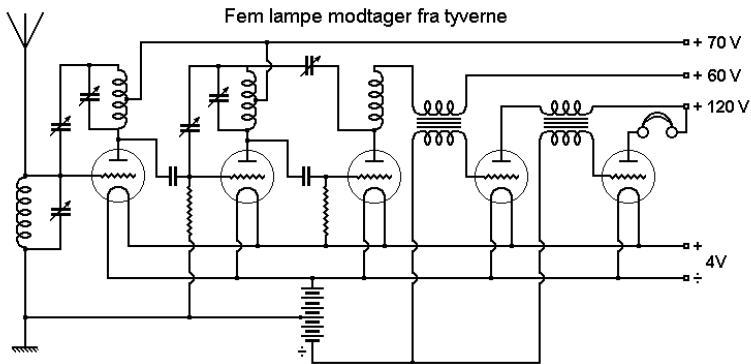
Philips udviklede rørene A 425 og A 438 med forstærkningsfaktor på henholdsvis 25 og 38, det er vist det højeste man opnåede på den tid med trioder. Modstandskoblede forstærkere kan arbejde som spændingsforstærkere med meget lav strømforbrug, da der ikke skal afleveres energi til det efterfølgende rørs gitter, der ved LF kun belaster med gitteraflederen som ofte var på 2 M Ohm. Hvis man havde brug for større forstærkning, eller skulle bruge effekt til at trække en højttaler udviklede man andre rørtyper med større strømforbrug, der så kunne trække en transformator til op- eller nedtransformering af signalet som man nu havde behov for. Herunder et billede med en LF drossel og nogle LF transformatorer der anvendtes i tyverne og begyndelsen af trediverne.



B 406 var en LF udgangstriode der kunne give 100 mW effekt til en højttaler, hvilket var tilstrækkelig til, at give en passende lydstyrke i en almindelig stue. Ved rør til transformator kobling er det vigtigt, at røret har størst muligt stejlehed og når røret skal afgive effekt til en højttaler må den indre modstand ikke være for høj.

Med de første trioder til HF kunne man opnå 20 til 30 ganges forstærkning med HF transformator kobling, men kun med omhyggelig afskærmning af indgangs og udgangskredse. Trioden går nemt i selvsving når forstærkningen er over ca. 10 gange, på grund af rørets indre anode gitterkapacitet, som er på omkring 5 pF. Det kunne man så kompensere for med såkaldt

”Neutrodynstabilisering”, der er meget lig tilbagekobling, men kun lige med den kapacitet der ophæver den indre kapacitet i røret. Herunder ses et diagram af en femlampe modtager med to trioder som HF forstærkertrin og med neutrodynstabilisering.



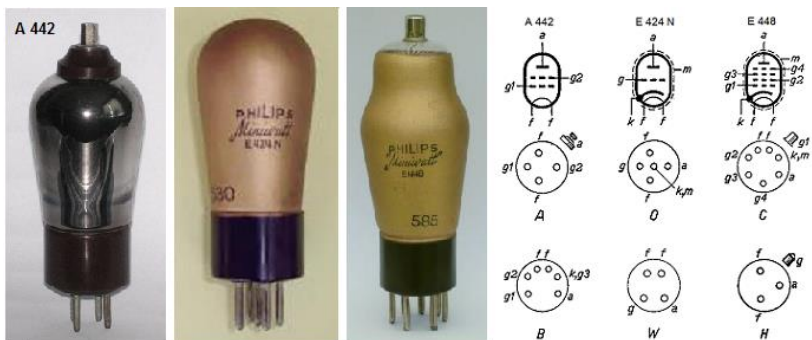
Når de er koblet som vist ville hvert rør ikke kunne give mere forstærkning end i nærheden af deres forstærkningsfaktor, hvis anoden derimod var koblet til et udtag nede på spolen ville der kunne opnås en transformatorvirkning så de måske kunne give op til tre gange mere forstærkning forudsat, at koblingskondensatoren til næste rør selvfølgelig stadig skal være forbundet til enden af spolen, men så ville det nok være umuligt, at undgå selvsving på grund af udvendig kobling mellem spoler og komponenter, selv med neutrodynstabilisering.

I 1928 udsendte Philips en af de første skærmgitterrør der var i produktion, røret A442, der havde en forstærkningsfaktor på 150, stejlehed 1 mA/V og den indre modstand var så stor som 150.000 Ohm. Gitter anode kapaciteten var i dette rør nede på 0,05 pF på grund af skærmgitteret, så røret kunne bruges både som HF forstærker uden stabilisering og modstandskoblet LF forstærker med op til 100 ganges forstærkning. Med den store HF forstærkning er der dog stor fare for kobling mellem udgang og indgang uden for røret og deraf opstået selvsving, det er derfor meget vigtigt med indbyrdes afskærmning mellem de ydre komponenter. Anoden var ført ud i toppen af røret for, at give mindst muligt kobling til stikbenene i bunden af rørsoklen og andre omgivende komponenter. En ulempe ved skærmgitterrøret var, at når skærmgitterspændingen var af samme størrelse som anodespændingen opstod der såkaldt sekundæremission på grund af, at elektronstrømmen gik næsten lige så meget til skærmgitteret som til anoden, hvilket betød nedsat forstærkning. Skærmgitterspændingen måtte derfor ikke være højere end omkring halvdelen af anodespændingen. På de senere skærmgitterrør kompenserede man for dette ved at indføre et stelforbundet fanggitter mellem skærmgitter og anode, hvilket ophævede sekundæremissionen. Nogle af disse - f. eks. pentoden B 443 - var udviklet som udgangsrør med større strømforbrug og kunne afgive op til 1,3 Watt udgangseffekt til en højttaler.

Da de tidlige rør var udviklet til batteridrift opstod der snart behov for at kunne strømføde radioanlægget fra lysnettet, så man kunne spare akkumulatører og batterier. Der

udvikledes derfor eliminatorer der omsatte netspændingen til de nødvendige gløde- og anodespændinger, så man var fri for batteriskift og de evindelige akkumulatoropladninger. Rørfabrikkerne udviklede dog hurtigt nye rørtyper der egnede sig til direkte lysnettilslutning og allerede i 1929 kunne fabrikkerne levere rør, hvor glødetråden var omsluttet af en katode der erstattede glødetrådets elektriske funktion, og som så blev opvarmet af glødetråden for at kunne udsende elektroner. Ulempen var dog, at der kunne forekomme kapacitiv kobling mellem glødetråd og katode der så vil resultere i brum i lyden, for at undgå dette udviklede man i de senere rør glødetråden op som to bifilar viklinger der neutraliserede den skadelige kapacitet. Philips lancerede B 2000 serien, der alle havde en glødestrømsforbrug på 100 mA ved 20 volt og beregnet til seriekobling af glødetrådene ved 110 - 220 V jævnspænding, man måtte så sætte en glødemodstand i serie, så spændingen passede til det antal rør der var i brug. En tilsvarende serie kunne leveres til 4 V vekselspænding hvor glødetråden på alle rørene skulle være parallelforbundet og forsynet fra en 4 V nettransformator.

I de følgende år gik udviklingen meget hurtigt, der udvikledes rør med flere gitre til brug i superheterodynmodtagere, dobbeltrør med flere enheder i samme kolbe. Rørene til HF og LF forstærkning før LF udgangsrøret, blev dækket med metallak for at forhindre utilsigtet kobling og indstråling udefra. Det var derfor nødvendigt, at udvide soklen med flere stikben på grund af de ekstra elektroder. På billedet herunder ses nogle eksemplarer af disse rør og til højre de tilsvarende sokkelforbindelser. De tre nederste sokler er andre typer der benyttedes på den tid. Bogstavet under soklerne var betegnelsen for typen i rørbøger og tabeller.



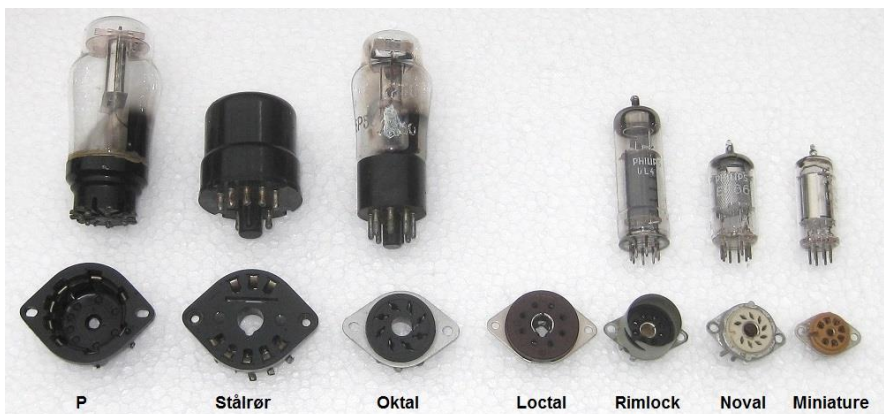
1934 lancerede Philips en rørsérie med en ny sokkel type P med otte tilslutninger i bunden og gittertilslutning i toppen. Fordelen ved denne sokkel var, at tilslutningen i fatningen var meget fjedrende og derfor giver den en mere sikker forbindelse, stikbenene er erstattet af små metalstykker i kanten af rørsoklens fod og da P soklen monteres nedfældet i radioens chassis, giver det en reduktion i højden på et par centimeter og samtidig mindre indbyrdes kapacitet imellem kontakterne, hvilket forbedrede stabiliteten. Samtidig har der været arbejdet med standardisering af rørtyperne, så de forskellige fabrikaters rør, der kan erstatte hinanden, får samme betegnelse. Efterhånden har næsten alle europæiske rørfabrikker

tilsluttet sig denne standardisering, så man uden videre kunne udskifte et rør med samme betegnelse af et andet fabrikat. Herunder skema med denne typebetegnelse.

Første bogstav	Andet bogstav	Første tal
Glødespænding, - strøm	Rørtype, funktion	Sokkeltype
A 4 V Vekselspænding	A Diode	1-9 P sokkel
B 180 mA Jævnstrøm	B Dobbeldiode	10-19 Stålrørssokkel
C 200 mA Jævn-/vekselstrøm	C Triode	20-29 Oktal/Loctal
D 1,4V Batteri	D Udgangstriode	30-39 Oktal
E 6,3V Jævn-/vekselspænding	F Pentode	40-49 Rimlock
F 12,6V Jævn-/vekselspænding	H Hexode/Hepode	60-69 Loctal (9 polet)
K 2V Batteri	K Oktode	70-79 Subminiature (8 polet)
P 300 mA Jævn-/vekselstrøm	L Udgangspentode	80-89 Noval (9 polet)
U 100 mA Jævn-/vekselstrøm	M Magisk øje	90-99 Miniature (7 polet)
V 50 mA Jævn-/vekselstrøm	Y Enkelt ensretter	
	Z Dobbelt ensretter	

E og F rørene var oprindeligt beregnet til anvendelse i automobiler med 6 og 12 V akkumulator, men E rørene er i mange typer med 200 mA glødestømsforbrug og er derfor anvendt i stor stil sammen med C rørene i seriekobling.

På billedet herunder ses et udvalg af de forskellige rørfatninger og ovenover rør med de tilsvarende sokler. Nogle af dem er dog først kommet til efter anden verdenskrig, det gælder typerne Rimlock, Noval og Miniature. Jeg havde desværre ikke et rør af Loctal serien som jeg kunne lægge ved.



Hvis man f. eks. har et rør i hånden, hvorpå der står CBL 1 kan man af tabellen se, at det skal have en glødestrøm på 200 mA, at det indeholder 2 dioder og en udgangspentode til at trække en højttaler og det har en P sokkel. Hvis man står med røret UCH 11 er det til 100 mA glødestrøm og indeholder en triode og en heptode og derfor må være beregnet til oscillator

og blandingsrør i en supermodtager, og det har stålrørssokkel. Systemet i tabellen blev dog ikke altid overholdt, Philips lancerede i 1940 U serien til 100 mA glødetrøm med tallet 1-9, så de skulle ifølge tabellen være med P sokkel, men de var forsynet med otte stikken til Oktal sokkel i 20 serien. Under krigen fremkom de første helglasrør af 21 serien. De var forsynet med 8 tynde stikken og fatning kaldet Loctal, centertappen var af metal som skulle stelforbindendes og dannede derved afskærmning mellem stikkenene. I nogle tilfælde var katode og indre afskærmning i røret ført ud gennem denne centertap (E-UCH 21).

En af de senere pentoder - EF 9 - har f. eks. stejlegheden 2,2 mAV og indre modstand 1,25 MOhm, hvilket giver forstærkningsfaktoren 2750. Med så høj indre modstand kan rørets forstærkning næsten udelukkende beregnes som "stejlhed x anodeimpedans". I den herunder viste prøveopstilling med EF 9 som MF forstærker, må impedansen i anodens svingningskreds derfor være på ca. 182 kOhm når forstærkningen er 400 gange.



Prøveopstilling med EF9 og 2 stk. 447 kHz MF transformatorer. Fra gitter 1 til anode kan EF9 give 400 ganges forstærkning. Fra første transformators indgang til anden transformators udgang kan opstillingen give 175 gange.

Den tidlige triode A 415 var udviklet til transformator koblet forstærker og kunne med en LF transformator give op til 45 ganges forstærkning. På HF (430 kHz) har jeg, i ovenstående opstilling ved hjælp af en mellemsokkel, opnået 40 ganges forstærkning fra gitteret til MF udgangstransformatorens sekundær udgang, når anoden var koblet ind på en trediedelsudtag på transformatorens primær. Det var dog kun muligt at undgå selvsving - uden neutrodynstabilisering - ved en meget lavimpedans kobling (50 Ohm) gennem en kondensator direkte til rørets gitter. Med batterirøret KF 4, har jeg i ovenstående opstilling opnået 90 ganges forstærkning fra første transformators indgang til anden transformators udgang.

Efter krigen udkom de første små helglasrør, først i 40 serien (Rimlock) og senere, først i halvtredserne, 80 serien (Noval). Man havde nu næste opnået det mulige med rørets udvikling, f. eks. havde HF pentoden EF 42 en stejleghed på 9 mA/V og dobbelttrioden til LF - ECC 83 - en forstærkningsfaktor på 100 og kunne, i modstandskobling med 250 V anodespænding, give 66 ganges forstærkning iflg. rørbøgerne.