

Ing. Dr. JIŘÍ TRŮNEČEK:

RADIOTECHNIKA

od A do Z

ENCYKLOPEDIE RADIOVÉ TECHNIKY
SOUČASNÉ DOBY PRO KAŽDÉHO



290 nákresů a fotografií

III. doplněné a rozšířené vydání

NAKLADATEL JOS. HOKR V PRAZE 1947

VŠECHNA PRÁVA VYHRÁZENA

OBSAH:

Obsah	5
Předmluva	7
Přehled základních pojmů	9
KMITY.	11
Kmity mechanické	16
Kmity akustické	17
Střídavé elektrické proudy	19
Odpory ohmické	22
Odpory kapacitní	25
Vzájemná indukce	31
Odpory induktivní	33
Řazení odporů a obvodů	39
Oscilace	45
Elektromagnetická vlna	50
Antény	52
Šíření vln	57
Nepravidelné šíření vln a poruchy	59
Další o anténách	61
Použití elektromagnetických vln	63
ELEKTRONKY.	63
Fyzikální základy	63
Konstruktivní prvky elektronky	67
Elektronky dvouelektrodové	72
A. Elektronky usměrňovací	73
B. Diody	77
Trioda	78
Trioda jako zesilovač	83
A. Zesílení odporové	85
B. Zesílení tlumivkové	86
C. Zesílení s laděným obvodem	86
D. Zesílení s neladěným transformátorem	87
E. Zesílení s laděným transformátorem	88
Zdroje p r o u d o v é
Detekce triodou	90
Trioda jako oscilátor	96
Trioda jako výstupní člen	98
Ještě o triodách	101
Tetroda a pentoda	103

Hexoda	.111
Oktoda	.114
Označování elektronek	.115
Výbojky	.117
Skreslení	.119
Zvláštní elektronky	.122
ZAPOJENÍ A PŘÍSTROJE	.129
Co žádáme od přijímače	.129
Konstruktivní prvky	.132
Základní zapojení	.138
Krystalový přijímač	.141
Přijímače s přímým zesílením	.142
Superhet	.145
Zajímavé podrobnosti a zapojení	.147
Konstruktivní detaily	.158
Kapitola rozmanitá	.162
Chyby v přijímači	.168
Něco málo o technice rozhlasu	.174
Zvukový film	.177
Katodový oscilograf	.180
Přenášení obrazů	.183
Televise	.185
Zvláštní použití	.193
POHLEDY DO MINULOSTI, BUDOUCNOSTI A NEZNÁMA	197
Vývoj radiotechniky	.197
Vlny známé a neznámé	.207
Zvláštnosti šíření vln	.209
Budoucnost radiotechniky	.210
Radiotechnika ve válce	.215
Rejstřík jmenný	.230
Rejstřík věcný	.230

PŘEDMLUVA

Současná doba dala radiotechnice vůdčí místo v životě člověka. Avšak nejen to — složitost problémů, jež tvoří její náplň, zasahuje do nejrůznějších oborů fyziky.

Rychlý vývin všech těchto složek vyžaduje si encyklopedického ujasnění a roztržidění, jež by každému odborníkovi umožnilo kdykoliv slovem i obrazem nalézt ten, či onen problém.

Proto jsem sepsal tuto knihu a jelikož málokterý obor techniky má tolik zájemců v kruhu amatérů, dal jsem jí širší základnu, jež i začátečníkům umožní vniknouti do podstaty radiotechniky.

Kniha seznámí Vás s kmity, vlněním, elektromagnetickou vlnou, pojednává o anténách, elektronkách, vysvětluje funkci přijímačů od jednoduchých až k složitým, vykládá o katodovém oscilografu, televizi, elektronovém mikroskopu, akustice. Není zapomenuto ani na přehled použití radia v gramotechnice, zvukovém filmu, letectví i lékařství. Závěrem knihy jsou zhuštěné vzorce a matematické formulky.

Psal jsem knihu se stejnou láskou, s jakou vykládám toto téma ve své praxi, a přenáším i do psaného slova ta přirovnání, jež se mi při názorných výkladech osvědčovala. Při výrazech přidržuji se odborných názvů vžitých i těch, jež navrhl »Elektrotechnický svaz«.

Jak jsem již dříve podotkl, radiotechnika je obor obsáhlý. Zdůrazňuji, že je nutno propracovati se i těmi otázkami, které na prvý pohled s vlastním předmětem nesouvisí. Avšak vyhýbám se úzkostlivě všemu zbytečnému, takže každá část, byt i pojednávála o předmětu zdánlivě vzdáleném, má svůj účel.

Těžiště radiotechniky leží ve velmi blízké budoucnosti. Pro ni je zapotřebí dorostu. Proto, mohu-li své knize jako autor přátí rozšíření — přeji jej především v kruzích mládeže — posluchačům průmyslových, pokračovacích i středních škol i přípravě, z nichž vyjde dorost pro rozhlas, dílny, továrny,

laboratoře, nemocnice, pošty a všechna ta nepřehledná povolání, jež souvisí a budou ještě co nejužěji souviset s radiotechnikou.

Skutečnost, že první vydání vyšlo v červnu 1940 a druhé již v říjnu téhož roku, přesvědčila autora o tom, že se mu podařilo to, co si přál, když knihu psal: podati veřejnosti příručku obsahující v podstatě vše to, co v ní zájemci hledají.

K třetímu vydání dochází z technických důvodů až po válce. U nás nebylo lze zaznamenati nějaký patrný pokrok radiotechniky. Domácí výrobu nejrůznějších »churchilek«, t. j. zařízení pro poslech zahraničního rozhlasu, uznávám za činnost úctyhodnou a záslužnou, ne však za technický pokrok. Ale dnes je již možno zmíniti se o oscilátorech bez nebezpečí ztráty svobody. Dále pak pronikají již zprávy o obrovském pokroku radiotechniky v cizině. Tím je řečeno, že je nutno původní znění knížky rozšířiti a doplniti. Mnohde jsou pod obrázky, jež upomínají jména firem; uvádím je v původním znění jako označení systému, ne jako značku výroby.

Ing. Dr. Jiří Trůneček.

Přehled základních pojmů.

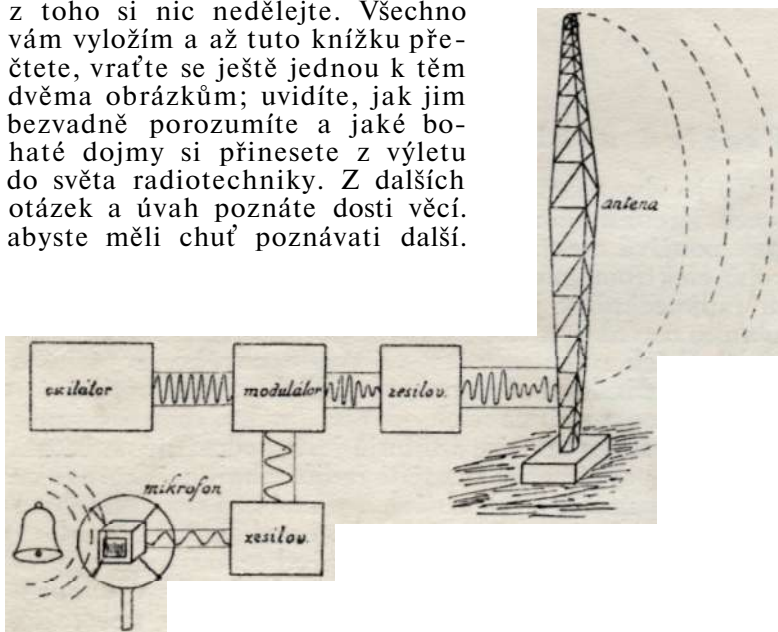
Co je vlastně radiotechnika? Nauka o vzniku, vlastnostech, šíření a účincích elektromagnetických vln. Ježto se pak používá elektronek jak při zjišťování, tak i při výrobě elektromagnetických vln, zahrnují se i elektronky do radiotechniky. Jako příbuzné odvětví uvádím akustiku (nauku o zvuku) a elektronovou optiku. Akustika se oclla ve službách radiotechniky ve světle nového, zvýšeného zájmu a učinila značné pokroky. Elektronová optika, jakožto jedno z nejmladších odvětví fyziky, dala již vznik dnešnímu stavu televise a slibuje ještě nedozírné možnosti. Bude tedy správnější označiti radiotechniku jako nauku o elektromagnetických vlnách a přenášení slova, hudby a obrazu jejich pomocí na jakoukoli vzdálenost.

Aby bylo zřejmo, kolik máme před sebou studijní práce, uvádím schematický přehled pochodu při vysílání a příjmu radiotelefonie. Neznámých výrazů se nelekejte, jsou dále podrobně vysvětleny. (Obr. 1 a 2.)

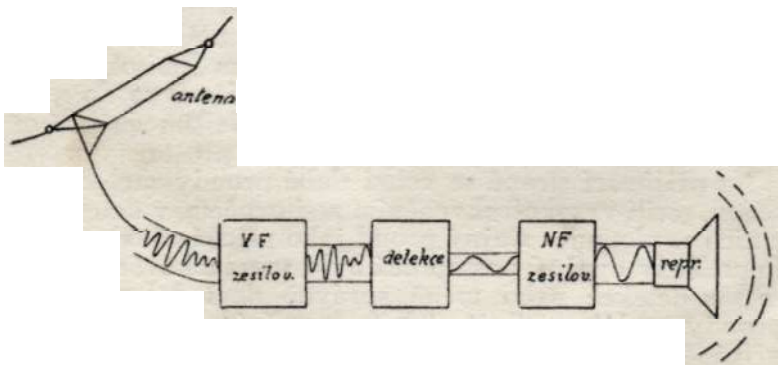
Zvuk se mění mikrofonom na elektrické střídavé proudy souhlasného průběhu jako má zvuk. Ježto jsou tyto proudy velmi slabé, je nutno je zesílit, což se stane v zesilovači s elektronekami. Ale sebe silnější proudy tohoto druhu nejsou s to šířiti se na velké vzdálenosti. Tuto schopnost mají proudy o velmi vysokém kmitočtu. Takové se vyrábějí v oscilátoru. V modulátoru se do nich »namačkají« proudy od mikrofону a po dalším zesílení se přivádějí do antény, která je vyzáří do prostoru.

Na přijímací straně se velmi slabé proudy zachytí anténou, zesílí vysokofrekvenčním zesilovačem, v detekci se z nich »vyloupne« stejný proud jako přicházel od mikrofónu. Tedy opačný postup než bylo »namačkávání«; říká se mu detekce nebo méně správně demodulace. Slabé proudy se dále zesílují nízkofrekvenčním zesilovačem a přivádějí se do reproduktoru, který je mění na akustické vlny, na stejný zvuk, jaký dopadá do mikrofónu.

Jak patrně, je tu celá řada nových a neznámých pojmů. Máme tu všelijaké kmity, vlny, střídavé proudy, elektronky, zesilovače, modulátor, detektor, antény -- ale z toho si nic nedělejte. Všechno vám vyložím a až tuto knížku přečtete, vraťte se ještě jednou k těm dvěma obrázkům; uvidíte, jak jim bezvadně porozumíte a jaké bohaté dojmy si přinesete z výletu do světa radiotechniky. Z dalších otázek a úvah poznáte dosti věcí, abyste měli chuť poznávati další.



Obr. 1. Znázornění pochodů ve vysilači.



Obr. 2. Znázornění pochodů v přijimači.

KMITY.

Představte si, že udeříme na zvon. Úderem se zvon rozechvěje. Jeho chvění rozkmitává i okolní vzduch — vytváří se zvuková vlna. Zvuková vlna pak působí v uchu dojem zvuku.

Zvukové vlny se šíří s místa vzniku (čili rozruchu) v soustředěných kulových vrstvách na všechny strany. Vzdalující se od místa svého vzniku, zvukové vlny slábnou. Slábnou se čtvercem vzdálenosti; to znamená, že ve vzdálenosti dvojnásobné klesne jejich mohutnost na čtvrtinu, v trojnásobné vzdálenosti na devítinu atp. Rychlost zvukových vln je malá; za vteřinu urazí ve vzduchu pouze asi 330 metrů.

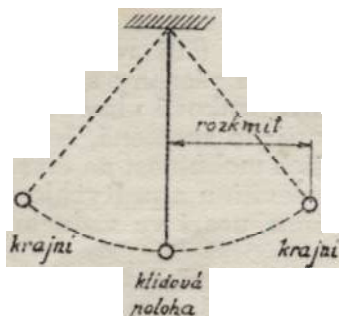
Dovolte otázku: co by dělal olověný zvon? Zněl by? Ze zkušenosti víte, že by nezněl, poněvadž olovo není dosti pružné. Naopak víme, že je možno vyrobiti zvon, který zní po úderu zvláště dlouho.

V několika samozřejmých faktech máme skryto mnoho důležitých poznatků, jež znovu vyzdvihuji. Po úderu se zvon rozechvěje. Je-li z pružného kovu, chvěje dlouho: je-li z nepružného, nechvěje třeba vůbec. Chvěním zvonu, jak jsme si řekli, se rozechvívá vzduch a šíří se zvuk. jehož jakost a výška závisí pouze na zvonu.

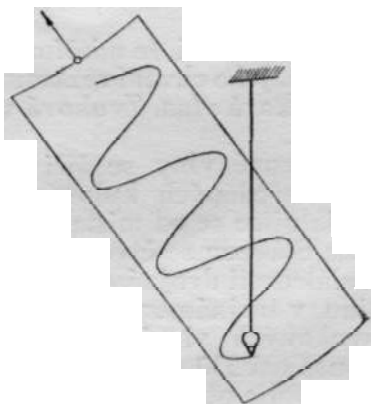
Pozorujete-li znějící zvon, vidíte, že se chvěje. Zvolme nějaký bod třeba na okraji! V klidu zaujímal tento bod určité místo. Zní-li pak zvon, není tento bod v klidu: pohybuje se směrem ven, zastaví se, pohybuje se zpět, proběhne klidovou polohou, pokračuje dále směrem dovnitř, zastaví se, pohybuje se zpět, proběhne klidovou polohou atd. Chcete-li sledovati ten pohyb hezky pomalu, zadívejte se na kyvadlo. (Není to sice přesně totéž, ale je to podobné). Kyvadlo má také svou klidovou polohu a pak dvě krajní. (Obr. 3.) Klidovou polohou probíhá kyvadlo největší rychlostí, v obou krajních se zastavuje a obrací směr svého pohybu, vrací se.

U kmitavého nebo kývavého pohybu zajímá nás **rozkmit (amplituda)**, t. j. vzdálenost polohy krajní od klidové. Upozorňuji, že rozkmit nemusí býti na obě strany od klidové polohy stejný; pak mluvíme o nesouměrných kmitech.

Co nazýváme celým **kmitem**? Celým kmitem nazýváme onen průběh, který se přesně opakuje. Tedy u kyvadla



Obr. 3. Základní pojmy pohybu kmitového.



Obr. 4. Kyvadlo kývá pohybem sinusovým.

byl by celý kmit: z jedné krajní polohy do druhé a zpět do první — nebo z klidové polohy do jedné krajní, zpět přes klidovou do druhé krajní a zpět do klidové.

Dále nás zajímá, kolik času je zapotřebí na jeden kmit. Říkáme tomu **doba kmitu**. Nebo se ptáme, kolik kmitů se vykoná za t vteřinu. Pak mluvíme o **kmitočtu** (frekvenci). Opakuji: kmitočet udává počet kmitů za vteřinu; doba kmitu je čas, potřebný k vykonání jednoho kmitu. Mezi oběma veličinami je jednoduchý vztah: kmitočet je převrtnou hodnotou doby kmitu, doba kmitu je převrtnou hodnotou kmitočtu.

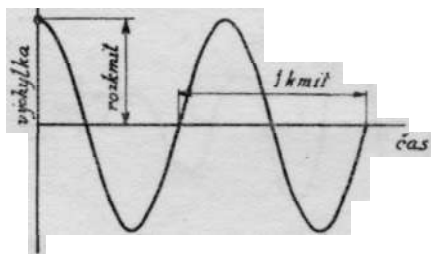
Dobu kmitu označujeme pravidelně T , kmitočet f . Uvedené vztahy jsou tedy

$$T = \frac{1}{f},$$

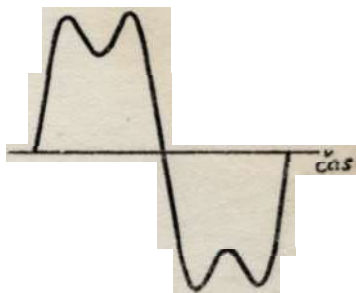
$$f = \frac{1}{T}$$

Dosud uvedené veličiny, rozkmit a kmitočet, nestačí k jednoznačnému určení kmitu; potřebujeme ještě znáti **přůběh kmitu**. Představte si, že bychom upevnili na

kyvadlo jehlu tak, aby se dotýkala začazené skleněné plochy. Bude-li se kyvadlo kývat, bude jehla psát přímku. Bude-li se pak skleněná deska současně pohybovat kolmo ke směru té přímky (kolmo k rovině kyvu), zapíše jehla vlnovku. (Obr. 4.) Podobnou vlnovku by zapisovala při vhodném uspořádání ladička. Záznam, který jsme právě



Obr. 5. Sinusový průběh kmitu.



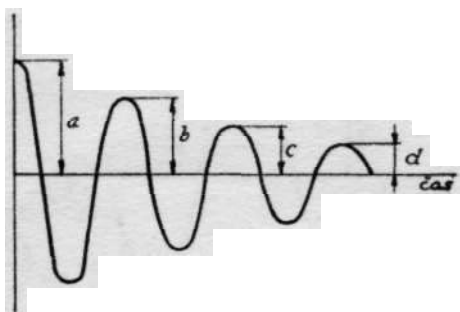
Obr. 6. Nesinusový průběh kmitu.

dostali, udává nám závislost okamžité výchylky na čase, nebo jinak řečeno, udává nám velikost výchylky pro libovolný okamžik.

Z takového diagramu (obr. 5) vidíme: a) rozkmit, b) měříme-li velikost kmitu časovým měřítkem, dostáváme dobu kmitu, c) průběh kmitu. Ten je jednoduchá vlnovka, ale nemusí jí být vždy (obr. 6). jednoduchá vlnovka je nejjednodušší možný průběh kmitu. Tato vlnovka se nazývá **sinusovka**, průběh sinusový. Složitější průběhy se dají rozložit na řadu jednoduchých sinusovek: sinusovku základní, jež má stejný kmitočet jako uvažovaný průběh, a vyšší **harmonické**. Vyšší harmonické jsou opět sinusovky, avšak jejich kmitočet je jednoduchým celistvým násobkem kmitočtu základní sinusovky. Tak na příklad druhá harmonická má dvojnásobný, pátá harmonická pětinasobný kmitočet základní sinusovky. Je-li základní kmitočet 50, mají vyšší harmonické kmitočty 100, 150, 200, 250 atd. Se složitými kmity se setkáváme v radio-technice dosti často a pravidlo o rozkladu na jednoduché kmity nám velmi usnadní práci.

Uvedené pravidlo o rozkladu libovolných periodických průběhů na sinusové se nazývá věta Fourierova.

Dosud jsme uvažovali o kmitech, jejichž rozkmit je neustále stejný. Avšak to nemusí být vždy. Vzpomeňte na příklad na zvon: po úderu byl rozkmit největší a neustále se zmenšoval, až konečně ustal. Stejně je tomu tak s kyvadlem: rozkmit rozkývaného kyvadla se neustále zmenšuje, až úplně ustane. V diagramu vidíme, jak se rozkmit zmenšuje (obr. 7). Při tom je zde velmi zajímavý stav: poměr dvou po sobě jdoucích rozkmitů je stálý; tedy $a : b$



Obr. 7. Kmit tlumený.

je rovno $b : c$, je rovno $c : d$ atd. Takovým kmitům říkáme **tlumené**. Na rozdíl od nich nazýváme **netlumené** kmity takové, jejichž rozkmit zůstává stále stejný.

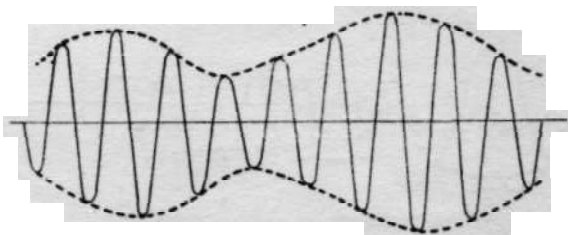
Poměr dvou po sobě jdoucích rozkmitů nám prozrazuje, jak rychle se kmity zmenšují. Ukazuje nám rychlost dozívání čili **tlumení**. Čím je tlumení větší, tím rychleji přejde kmitající soustava do klidu. Tak na příklad olověný zvon má tak velké tlumení, že ani nekmitá. Kyvadlo se ve vodě zastaví dříve než ve vzduchu. V medu by bylo tlumení tak veliké, že by se kyvadlo vrátilo z krajní polohy do klidové a tam by se zastavilo. Následek příliš velkého tlumení je, že se kmity vůbec nemohou vyvinouti.

V praxi se častěji používá t. zv. logaritmického dekrementu útlumu, což je přirozený logaritmus poměru dvou následujících rozkmitů. Jsou-li a, b po sobě následující amplitudy (obr. 7), d logaritmický dekrement útlumu, z základ přirozených logaritmů, platí

$$\frac{a}{b} = \epsilon^d \quad , \quad d = \text{lognat.} \frac{a}{b}$$

V radiotechnice se často setkáváme s kmity, jejichž rozkmit se střídavě zmenšuje a zvětšuje. Takové kmity nazývají se modulované (obr. 8). Příkladem takového modulovaného kmitu byl by na příklad tón, jehož síla se pravidelně zvětšuje a zmenšuje.

Předpokládejme, že zmenšování a zvětšování kmitů se děje také podle sinusovky — tedy nejjednodušší možný případ. Podíváte-li se pozorně na diagram, vidíte, že jsou zde na prvý pohled patrný dva kmitočty: základní (rychlý) a ten, jehož rytmem se mění rozkmit prvního kmitu (pomalý). Tomu rychlému budeme říkati nosný kmit, tomu pomalému modulující nebo **modulační**.



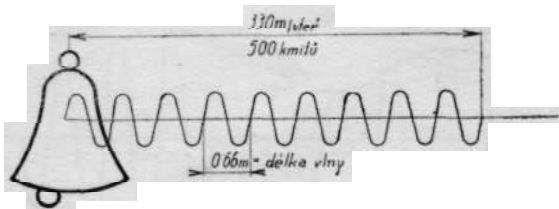
Obr. 8. Kmit modulovaný.

I modulované kmity můžeme rozložit na jednoduché sinusové: budou mít kmitočty: 1. jako nosné kmity, 2. součet kmitočtů nosného kmitu a modulačního kmitu, 3. rozdíl kmitočtů nosného kmitu a modulačního kmitu. Tedy na příklad: má-li nosný kmit kmitočet 500 a modulační kmit kmitočet 10, lze tento modulovaný kmit rozložit na 3 jednoduché netlumené (a nemodulované) sinusové kmity o kmitočtech 500, 510, 490.

Označíme-li nosný kmitočet f_1 , modulační f_2 , pak lze rozložit modulovaný kmit na tři nemodulované o kmitočtech: $f_1 - f_2$, f_1 , $f_1 + f_2$.

Je-li modulující kmit nepravidelný, pak je vlastně složen z celé řady jednoduchých kmitů, moduluje se tedy celou řadou kmitů a podle uvedeného pravidla vzniká nám celá řada různých kmitočtů. Na příklad: nosný kmit má kmitočet 500, modulační kmit je nepravidelný o kmitočet 10. Nepravidelný kmit o kmitočet 10 můžeme si rozložit na pravidelné sinusovky o kmitočtech 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 atd. Takto nepravidelně modulovaný kmit můžeme tedy rozložit na pravidelné sinusovky o kmitočtech 430, 440, 450, 460, 470, 480, 490, 500, 510, 520, 530, 540, 550, 560, 570 atd. Dokud byl kmit nemodulovaný, měli jsme jediný kmitočet, po modulaci nepravidelným kmitem máme celý svazek různých kmitočtů. Tomuto svazku kmitočtů, vznikajících modulací, říká se frekvenční spektrum.

Ještě se musíme vrátit k příkladu se zvonem. Kmitající zvon rozechvívá okolní vzduch a toto chvění šíří se všemi směry. Toto chvění ve vzduchu je již něco jiného nežli kmitání zvonu, a proto nebudeme mluvit o kmitech, nýbrž o vlně. Tedy kmitáním zvonu vzniká ve vzduchu všemi směry šířící se vlna (v našem případě zvuková). Samozřejmě můžeme i u vlny mluvit o rozkmitu, kmito-



Obr. 9. Objasnění pojmu „délka vlny“.

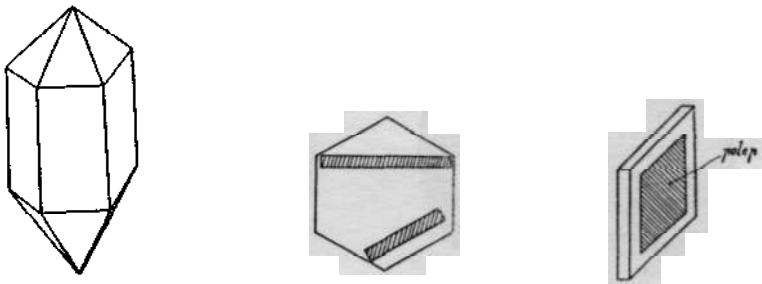
čtu, tvaru kmitu, o tlumené, netlumené a modulované vlně. Přistupuje ještě jeden nový pojem, a to je **délka vlny**. Vlna se šíří od svého zdroje jakousi rychlostí (zvuk urazí za vteřinu 330 m). Délku, kterou urazí vlna za dobu jednoho kmitu, nazýváme délkou vlny. Tak na příklad: **J**mítočet zvonu jest 500, rychlost zvuku jest 330 m za vteřinu: délka vlny je tedy $330 : 500 = 0,66$ m. (Obr. 9.) Čím je vyšší kmitočet, tím je kratší délka vlny.

K mity mechanické.

Kmity mechanické se vyskytují v přírodě velmi často a i v radiotechnice se s nimi zhusta setkáváme. V telefonním sluchátku se musí rozkmitati membrána a uvésti v chvění okolní vzduch, aby tak dala vznik slyšitelnému tónu. Gramofonní jehla se rozechvívá tím, že běží v drážce gramofonní desky, a rovněž dává vznik tónům, ať přímo či nepřímou. Kromě těchto celkem známých případů se však setkáváme ještě s mechanickými kmity neuvěřitelně rychlými, až několik milionů kmitů za vteřinu.

Zmagnetisuje-li se železná tyčinka, změní zmagnetováním svou délku. Magnetuje-li se střídavým proudem, střídavě se prodlužuje a zkracuje. Uvádí se tedy tyčinka do podélného chvění. Viděli jsme, že zvon vydává zcela určitý tón, má svůj vlastní kmitočet. Stejně i taková tyčinka má svůj vlastní kmitočet, ovšem značně vysoký. Jestliže střídavý proud, kterým tyčinku rozechvíváme, má stejný kmitočet jako je vlastní kmitočet tyčinky, bude její rozkmitání největší, pro všechny ostatní kmitočty střídavého proudu podstatně nižší.

Zjevu, že magnetováním mění železo svou délku, říká se **magnetostricke**, a používá se ho jednak k výrobě neslyšitelných akustických kmitů (ultrazvuk) a k dosažení neproměnlivého kmitočtu (ve vysilačích atp.).



Obr. 10. Krystal křemene a jak se z něho vybrušují destičky pro piezoelektrický zjev.

Krystal křemene má tvar šestibokého hranolu. Vyřízne-li se z krystalu destička, jak je naznačeno v obr. 10, má tato zajímavé vlastnosti. Protilehlé velké strany opatříme polepy. Stiskne-li se destička, vznikne mezi polepy elektrické napětí. Jestliže naopak destičku natahujeme, vzniká mezi polepy opět elektrické napětí, avšak obráceného smyslu; polep, který byl při stlačení kladně elektrický, bude při roztahení záporně elektrický, a naopak. Tento zjev nazývá se **piezoelektrický**. Piezoelektrický zjev je však také zvrtný, t. j., přivedeme-li na polepy elektrické napětí, destička se deformuje, »zhubne« nebo »ztloustne«, podle toho, na který polep přivádíme kladný a na který záporný náboj. Přivádím-li na polepy střídavé napětí, destička střídavě ztloustne a hubne«, tedy kmitá stejným kmitočtem jako přiváděný střídavý proud.

Piezoelektrického zjevu se v radiotechnice používá v novější době dosti zhusta. Máme piezoelektrické (stručně též krystalové) mikrofony, reproduktory, gramofonní přenosky. Ve vhodném zapojení se užívá popsané destičky k udržení neproměnného kmitočtu ve vysilačích.

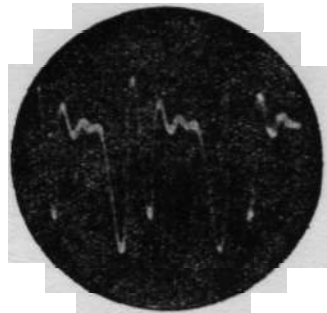
Kmity akustické.

Kmity akustické můžeme dělit na tóny a zvuky v užším slova smyslu. Tónům přisuzujeme jakousi pravidelnost (tóny hudebních nástrojů), kdežto jiným zvukům v užším slova smyslu nepravidelnost; jsou to šramoty, šelesty, cvakoty, údery atp.

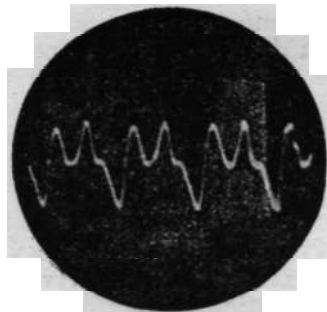
Zvuky a většina tónů mají průběh kmitů velmi složitý.



Obr. 11. Oscilogram samohlásky a.



Obr. 12. Oscilogram samohlásky o.



Obr. 13. Oscilogram samohlásky u.

Jako ukázkou podávám průběh hlásek **a** (obr. 11), **o** (obr. 12), **u** (obr. 13), zpívaných necvičeným mužským hlasem ve střední poloze. Vedle základního kmitu, který svým kmitočtem určuje výšku tónu, máme zde ještě celou řadu silně vyvinutých vyšších harmonických, jimž se u tónů říká **formanty**, a jež určují ráz tónů. Na příklad jeden a týž tón bude míti stejnou výšku, ale zníti bude zcela odlišně podle toho, bude-li zpíván mužem, ženou, či hráni na housle, saxofon, flétnu. Je tu nesporný a nápadný rozdíl a ten způsobují právě formanty.

Tóny jsou slyšitelné pouze v omezeném rozsahu. Nejnižší slyšitelný tón má kmitočet asi 16, nejvyšší asi 15.000. Malé děti mají schopnost vnímati i kmitočet 20 000, kdežto u starých lidí klesá mez slyšitelnosti až k 9000. Zvuky v užším slova smyslu jsou velmi složité tlumené kmity.

Samozřejmě mohou býti i tóny vyšší než je lidské ucho

schopno vnímati. Pak mluvíme o **ultrazvuku**. Ultrazvuk má velmi zajímavé vlastnosti: hubí některé mikroorganismy i větší tvory; v lékařství se používá na př. k léčení nádorů; kapaliny, jimiž prostupuje ultrazvuk, mají též zvláštní optické vlastnosti atd.

Ultrazvuk se vyrábí hlavně oscilátory, jež používají zjevu piezoelektrického a magnetostrikčního.

Střídavé elektrické proudy.

Technický proud střídavý mívá nejčastěji kmitočet 50. V radiotechnice pak se setkáme s proudy nejrozmanitějších kmitočetů, od zcela malých až do úžasně velikých. Jednomu průběhu (kmitu) říkáme zde **perioda**. Jednotkou pro kmitočet je **cykl**, t. i. jedna perioda za vteřinu. Má-li proud kmitočet 800 cyklů, znamená to, že má 800 period (kmitů) za vteřinu. Mnohdy potřebujeme jednotky větší: **kilocykl** má tisíc cyklů a je tedy 1000 kmitů za vteřinu, megacykl má milion cyklů.

Otevřeně řečeno, je v označování jednotky kmitočtu rozkošný zmatek. Označení cykl (c) je zavedeno v Americe. Mezinárodní komisí pro normalisaci jednotek byl přijat název hertz (Hz). Ti, kdož nechtějí používat ani c ani Hz, mohou si posloužiti označením sec^m

Při této příležitosti promluvíme si o předponách před názvy jednotek.

Předpona	Označení	Zákl. jednotku násob
kilo	k	10 ³ , t. j. . . . 1.000
mega	M	10 ⁶ , t. j. . . . 1.000.000
milí	m	10 ⁻³ , t. j. . . . 1/1.000
mikro	μ	10 ⁻⁶ , t. j. . . . 1/1.000.000
piko	p	10 ⁻¹² , t. j. . . . 1/1.,000.000.000.000

Tedy na příklad kilometr je tisíc metrů, milimetr je tisícina metru. Mikrovolt je miliontina voltu.

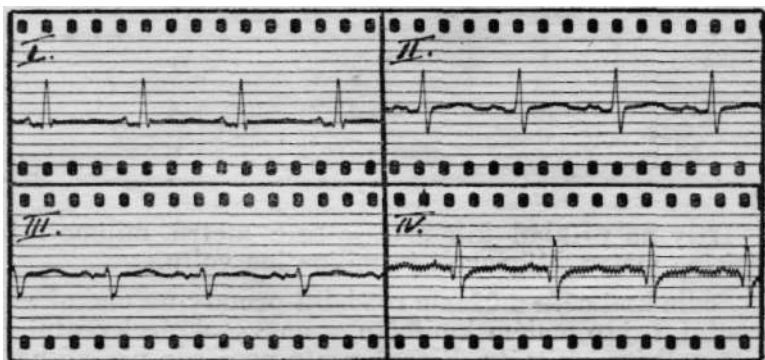
Podle kmitočtu můžeme rozdělit proudy na **nízkofrekventní**, t. j. o malém kmitočtu, a na **vysokofrekventní**, t. j. o velkém kmitočtu. Přesně vzato není zde přesné hranice. Obyčejně se jako nízkofrekventní označují takové

proudy, které procházejíce telefonem dávají vznik slyšitelnému tónu.

S nízkofrekventními proudy se setkáváme v telefonii, zesilovačích v biografech i v každém přijímači. S vysokofrekventními proudy pracuje se kromě v radiotechnice ještě v jiných oborech, hlavně v lékařství. Při diathermii se prohřívají vysokofrekventními proudy i hluboko v těle položené části a orgány.

Jestliže jeden přívod do těla pacientova má velkou plochu a druhý přívod je zakončen tenkým drátem, pak působí při průchodu dostatečně silných vysokofrekventních proudů jako nůž, t. j. řeže tkáň. Výhodou tohoto vysokofrekventního nože je, že rána nekrvácí; nevýhodou pak je, že se rány pomaleji hojí. Těmito okolnostmi je použití vysokofrekventního nože v chirurgii poněkud omezeno. Proudů vysokého kmitočtu dá se vyvolati horečka, či lépe řečeno zvýšení tělesné teploty pacientovy. Výhodou proti jiným způsobům vyvolání tělesné teploty je bezprostřední ovladatelnost, t. j. výše teploty dá se rychle a spolehlivě ovládati. Zařízení na elektrickou horečku koná znamenité služby při léčení některých chorob, bohužel je tak drahé, že jen málo ústavů si je může dovoliti.

Zajímavé je, že lidské srdce je zdrojem střídavých proudů. V přístroji, zvaném elektrokardiograf, se průběh těchto proudů zaznamenává na obyčejný kinofilm. Elektrokardiograf je nesmírně důležitou pomůckou při vy-

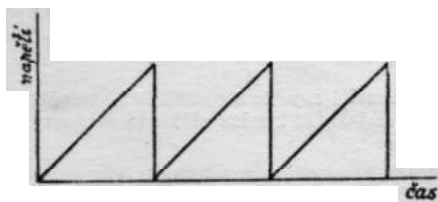


Obr. 14. Elektrokardiogram chorého srdce.

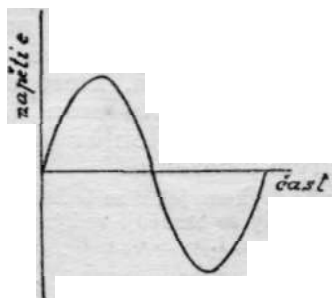
šetřování srdečních chorob. (V obr. 14 je elektrokardiogram, t. j. záznam elektrokardiografu. Vyšetřován byl těžký případ, který krátce potom končil smrtí.)

Uvedenými příklady samozřejmě není nikterak vyčerpáno použití střídavých proudů v lékařství. Vybral jsem pouze několik zajímavých případů, které mají ukázat, že radiotechnika neznamena pouze rozhlas, nýbrž může i v zdánlivě odlehlých oborech konati jiné platné služby.

V technické praxi jsou ještě důležité t. zv. **pilovité kmity** (obr. 15). K jejich výrobě je třeba zvláštních zapojení a upotřebují se hlavně v katodových oscilografech a při televizi.



Obr. 15. Pilovité kmity.



Obr. 16. Sinusový průběh střídavého napětí.

Střídavé napětí měříme volty, střídavý proud ampéry. výkon střídavého proudu wattů právě tak jako při proudu stejnosměrném. A přece je tu jakýsi rozdíl. Podívejte se na průběh střídavého napětí v obr. 16. I kdyby bylo udáno měřítko, dovedete říci, jak velké je to napětí? Vždyť je přece v každém okamžení jiné! Snadno se dá udati rozkmit, který u střídavého napětí nazýváme též **maximálním napětím**. Z praktických důvodů zavedli jsme si ještě **efektivní napětí**, které je jakousi střední hodnotou napětí za celou periodu. Při sinusovém průběhu je efektivní napětí asi 0,7 napětí maximálního, po případě napětí maximální je 1,4 napětí efektivního.

Napětí (proud) efektivní střídavé je Jaksi rovnocenné s napětím (proudem) stejnosměrným. Žárovky na 120 V proudu stejnosměrného jsou vhodné i pro 120 V efekt, proudu střídavého. Pojistky jsou stejné pro proud stejno-

směrný i střídavý. Veškeré měřicí přístroje udávají efektivní hodnoty proudu i napětí.

V jediném případě nutno dáti pozor. Pro doskok jiskry a pro elektrickou pevnost (proražení izolace) je u střídavého napětí směrodatná maximální hodnota napětí, ne efektivní! Tedy zkoušky na elektrickou pevnost izolace střídavým napětím jsou přísnější než napětím stejnosměrným. Vydří-li na př. kondensátor 500 V efekt., vydržel vlastně 700 V max. a snesl by též 700 V stejnosměrných.

Není-li nic podotknuto, rozumějí se při údajích proudu a napětí vždy hodnoty efektivní.

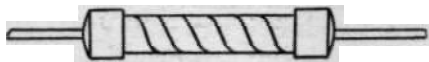
Zavedeme-li hodnoty efektivní, zůstanou nám beze změny i zákony pro proud stejnosměrný. Tedy zákon Ohmův $E = IR$ zůstává $e = iR$; platí zákon Kirchhoffův (součet proudů, které do libovolného místa přitékají, rovná se součtu proudů, které z téhož místa odtékají); platí i zákon Joulův (o elektrickém výkonu), avšak s určitým omezením.

Je zvykem, jehož se budeme přidržovati i my, že stejnosměrné napětí a proudy se označují velkými písmenami E , I , kdežto střídavé hodnoty malými e , i .

Odpory ohmické.

Při proudu stejnosměrném jsme se seznámili s odporem. To, co jsme se o něm naučili, platí i pro proud střídavý. Avšak při proudu střídavém máme ještě jiné odpory, kapacitní a induktivní, jež se při proudu stejnosměrném nevyskytují. Abychom vyznačili, že jde o odpor známý z proudu stejnosměrného, budeme mu říkat **odpor ohmický**.

S odpory ohmickými se setkáváme buď **pevnými** (fixními), jež mají stálou hodnotu, nebo **měnitelnými**. Pevné odpory bývají pro menší hodnoty z drátu, pro větší hodnoty buď z odporového drátu, navinutého na hedvábnou šňůru, nebo jsou provedeny ze zvláštního nátěru, naneseného na tyčinku z izolační hmoty (podobné porcelánu). Do vodivého nátěru bývá proříznuta šroubová drážka, jíž se cesta od jednoho konce odporu ke druhému prodlouží (obr. 17). Masivní odpory ze zvláštních odporových



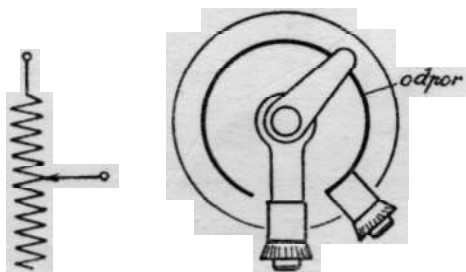
Obr. 17. Pevný ohmický odpor.

hmot (odpory silitové, karborundové atp.) se vyskytují méně často.

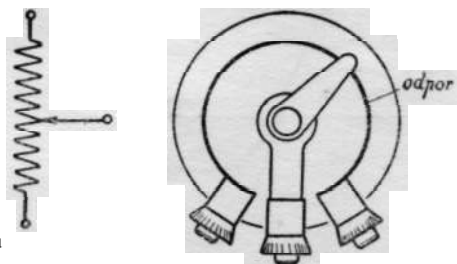
Měnitelné odpory se pravidelně provádějí jako drátové. Jsou to buď **reostaty** (obr. 18), (v dnešních zařízeních zřídka), t. j. regulační odpory, nebo **potenciometry**, nazývané též **děliči napětí** (obr. 19). Vyskytují se též potenciometry tuhové, které mají místo drátového odporu pouhou čáru tuhou na isolačním materiálu (papíru, ebonitu); mají výhodu naprosto plynulé regulace, ale jsou poněkud choulostivé a snadno se zkaží neopatrností, obzvláště elektrickou.

Každý kupovaný odpor má udáno **dovolené zatížení**. Součin z napětí mezi svorkami odporu a proudu jím protékajícího nesmí překročit toto dovolené zatížení, sice se odpor silně zahřeje, a po případě změní svou hodnotu nebo se úplně spálí.

Pro odpory ohmické platí Ohmův zákon pro každý okamžik: je-li maximální napětí, je i maximální proud; klesne-li napětí na nulu, neprotéká žádný proud. Průběhy napětí a proudu jsou současné (obr. 20). Ježto by nebylo pohodlné značiti vždy celé průběhy, pomůžeme si touto úvahou: Dejme tomu, že jedna perioda trvá celou hodi-



Obr. 18. Schema reostatu a praktické provedení.



Obr. 19. Schema potenciometru a praktické provedení.

nu. Nastane-li maximum napětí ve čtvrt, nastane maximum proudu také ve čtvrt. Nakreslíme tedy dvě šipky (ručičky na hodinách): jedna bude svou délkou ukazovat velikost maximálního napětí, svým směrem pak určuje, kdy nastane maximum napětí; druhá bude pro proud (obr. 21). Takovému znázornění říká se **vektorový diagram**. Z něj vidíme, jak velké je napětí a proud, a kdy nastane jejich maximum. Při ohmickém odporu probíhají proud a napětí současně, jsou **ve fázi**. Velikost ohmického odporu nezávisí na kmitočtu.

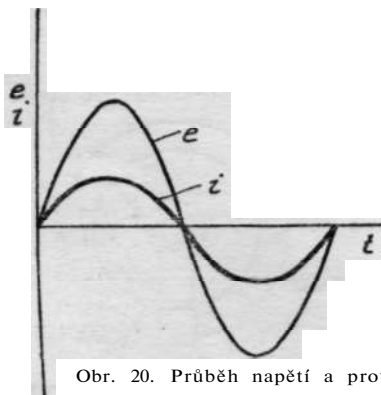
Pro ohmické odpory platí zákon Joulovův i pro střídavé proudy:

$$N = ei, \quad N = Ri^2, \quad N = \frac{e^2}{R}$$

Odpory měděných drátů je nejpohodlnější odečísti s tabulky.

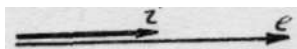
Tabulka průměrů, průřezů a odporů měděných drátů.

\varnothing mm	Průřez mm ²	Odpor ohm/m	\varnothing mm	Průřez mm ²	Odpor ohm/m
0,05	0,002	9,17	1,2	1,131	0,0142
0,10	0,008	2,29	1,4	1,539	0,0104
0,15	0,018	1,02	1,6	2,01	0,0080
0,20	0,031	0,57	2,0	3,14	0,0051
0,25	0,049	0,37	2,5	4,9	0,00326
0,30	0,071	0,255	3,0	7,07	0,00226
0,40	0,126	0,143	3,5	9,62	0,00166
0,50	0,196	0,092	4,0	12,57	0,00127
0,60	0,283	0,064			
0,70	0,385	0,047			
0,80	0,503	0,0358			
1,00	0,785	0,0229			



Obr. 20. Průběh napětí a proudu na ohmickém odporu.

V americkém odborném tisku bývají dráty označovány nikoli průměrem nebo průřezem, nýbrž číslem.



Obr. 21. Vektorový diagram napětí a proudu na ohmickém odporu.

Převod amerického označování na milimetry.

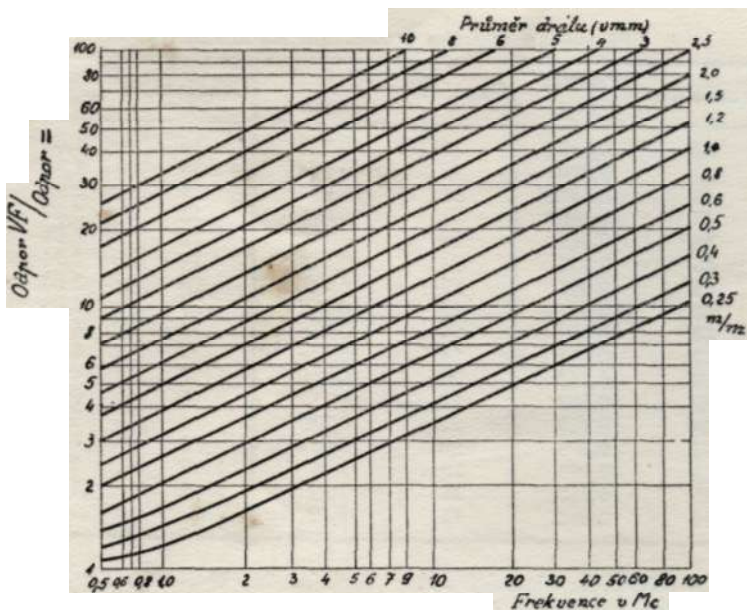
Označení	Průměr v mm	Označení	Průměr v mm	Označení	Průměr v mm
50	0,0254	33	0,254	16	1,62
49	0,0305	32	0,274	15	1,83
48	0,0406	31	0,294	14	2,03
47	0,0508	30	0,315	13	2,33
46	0,061	29	0,345	12	2,64
45	0,071	28	0,376	11	2,94
44	0,081	27	0,416	10	3,26
43	0,091	26	0,457	9	3,65
42	0,101	25	0,508	8	4,06
41	0,111	24	0,559	7	4,47
40	0,122	23	0,610	6	4,87
39	0,132	22	0,711	5	5,38
38	0,150	21	0,813	4	5,89
37	0,172	20	0,914	3	6,40
36	0,193	19	1,01	2	7,01
35	0,213	18	1,22	1	7,62
34	0,233	17	1,42		

Bylo řečeno, že ohmický odpor nezávisí na kmitočtu. To je sice pravda, ale pro ideální ohmické odpory. Při vysokých kmitočtech se odpor vodičů zvyšuje, a to tím, že proud neprochází rovnoměrně celým průřezem vodiče, nýbrž u povrchu je hustota proudová vyšší, uprostřed nižší. Nerovnoměrné rozdělení proudu po průřezu nazývá se **skin-efekt**. Zvýšení odporu je patrné z diagramu (obr. 22).

Odporů kapacitní.

Dva vodiče, oddělené od sebe izolujícím prostředím, nazýváme **kondensátor**. Izolujícím prostředím říká se **dielektrikum**. Nejobvyklejším tvarem kondensátoru jsou dvě rovnoběžné desky vzájemně izolované buď vzduchem nebo jiným dielektrikem. Kondensátor má schopnost shromažďovati elektřinu: přivede-li se na jednu desku na př. kladný náboj, rozloží se elektřina na druhé desce; záporný náboj je vázáný kladným nábojem první desky, zbývající kladný náboj na druhé desce je volný a dá se odvésti. Nabitý kondensátor se dá vybití, spojí-li se vodič obě desky. Schopnosti hromaditi takto elektřinu říkáme **kapacita**.

Kapacita kondensátoru je tím větší, čím je plocha desek větší a čím jsou blíže. Dále závisí na dielektriku: kondensátor s kapalným nebo tuhým dielektrikem má větší kapacitu než stejný se vzduchem jako dielektrikem.



Obr. 22. Diagram zvýšení ohmického odporu měděných drátů při vysokém kmitočtu

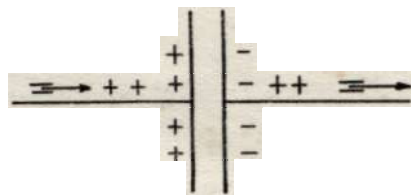
Kapacita kondensátoru se vypočte ze vzorce

$$C = \frac{P \epsilon}{4 \pi t}$$

kde C je kapacita v centimetrech, P účinná plocha desky v cm^2 , ϵ dielektrická konstanta (viz tabulku), t tloušťka dielektrika v cm.

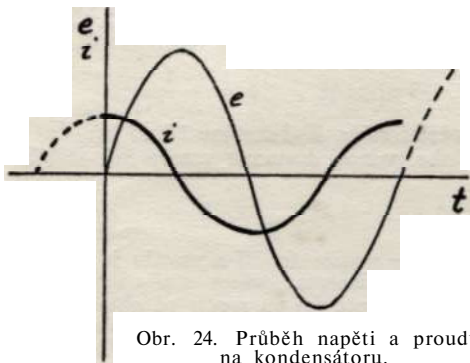
Dielektrické konstanty různých hmot

Alkohol	5 — 27	Petrolej	2 — 2,2
Cellon	3,5	Porcelán	4,4
Celuloid	4	Přírodní pryž	2,5
Ebonit	2,5 — 3,5	Síra	3,6 — 4,3
Gutaperča	3 — 3,2	Širouhlík	2,5
Jantar	2,9	Sklo	5 — 12
Kalafuna	2,6	Sklo Schotovo	8,5
Kamenec	6,4	Slída	4 — 8
Kaučuk	2 — 3,5	Šelak	2,7 — 3,8
Křemen	3,7 — 4,5	Terpentin	2,3
Leď suchý	3	Voda	80 — 81
Mikanit	4,5 — 5,5	Vulkan. tvrdá pryž	2,9 — 3
Mramor	8,3 — 8,5	Vzduch	1,0006
Olejovaný papír	2	Parafinový olej	2 — 2,5
Papír	1,8 — 2,6	Ricinový olej	4,7
Parafin	2,1 — 2,2	Repkový olej	3
Pečetní vosk	4	Terpentin	2,3
Pertinax	4,8	Transformátorový olej	2,5



Obr. 23. Střídavý proud prochází kondensátorem.

Stejnoseměrný proud kondensátorem neprochází, střídavý pak ano. Během jedné půlvlny přichází na jednu desku kladný náboj, na druhé desce se záporný náboj váže a volný kladný odtéká (obr. 23). Během druhé půlvlny přitéká na prvou desku záporný náboj a uvolněný záporný odtéká s druhé desky. Tedy střídavý proud prochází kondensátorem, a to tím lépe, čím má kondensátor větší kapacitu a proud vyšší kmitočet. Na jednu desku se vejde určité množství elektřiny a čím větší kmitočet, tím vícekrát za vteřinu toto množství projde. Ale průchod proudu kondensátorem není stejný jako průchod ohmickým odporu.

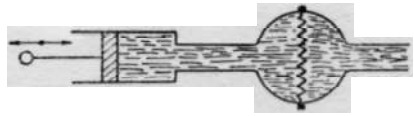


Obr. 24. Průběh napětí a proudu na kondensátoru.



Obr. 25. Vektorový diagram na pětí a proudu na kondensátor.

rem. Napřed musí proud do kondensátoru přitéci, aby se nabil. Když je nabit na nejvyšší napětí, proud nepřitéká. Největší proud poteče, když je kondensátor prázdný. Průběh proudu a napětí je znázorněn v obr. 24. Vidíme, že maximum proudu přichází o čtvrt periody dříve než maximum napětí. Chceme-li kreslit vektorový diagram, uvažujme: maximum napětí nastane ve čtvrt; maximum proudu o čtvrt hodiny dříve, tedy když je »celá« (obr. 25). Vektor napětí bude svírat s vektorem proudu úhel



Obr. 26. Mechanická obdoba poměrů na kondensátoru.

90°. (Obr. 25.) Při průchodu kondensátorem předbíhá proud o 90° před napětím.

Uvedu ještě obdoby poměrů na kondensátoru z hydrauliky (obr. 26). Pístem ve válci se uvádí voda v potrubí v kývavý (přesněji kmitavý) pohyb. V rozšířeném místě je potrubí přepaženo gumovou blanou. Rychlost vody je obrazem elektrického proudu, prohnutí gumové blány obrazem elektrického napětí. Ostatní podrobnosti této obdoby jsou samozřejmé.

Poměru mezi napětím a proudem na kondensátoru říkáme **kapacitní odpor**. Je nepřímým úměrným kapacitě kondensátoru a kmitočtu; tedy s rostoucím kmitočtem klesá a pro větší kapacity je menší.

Vyjádříme-li si právě uvedené matematicky, dojdeme k několika velmi jednoduchým výrazům. Označme kapacitu kondensátoru C (ve faradech), proud i (v ampérech), napětí e (ve voltech) a kmitočet f (v cyklech). Platí pak

$$i = e \cdot 2\pi f \cdot C \quad , \quad \text{po případě} \quad e = \frac{i}{2\pi f C}$$

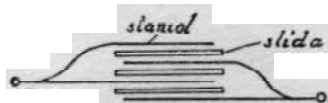
Výraz $2\pi f$ nás již bude provázeti stále. Budeme mu říkati kruhový kmitočet a označovati jej ω , Jeho pomocí dostanou vzorce jednodušší tvar

$$i = e \omega C \quad e = \frac{i}{\omega C}$$

V Ohmově zákoně jsme poznali, že poměr napětí a proudu je odpor. To platí i pro průchod proudu kondensátorem; ovšem není odpor kondensátoru totéž jako odpor ohmický. Proto jej na rozdíl od ohmického (R) označujeme X — a říkáme mu **impedance** nebo **odpor jalový** — ovšem kapacitní. Udává se v ohmech.

$$X = \frac{e}{i} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{\omega C}$$

Dále jest velmi zajímavé, že prochází-li proud kondensátorem, žádná práce se nekoná a nespotebuje se tudíž žádný elektrický výkon. To ovšem platí pouze pro ideální kondensátor. Prakticky provedené kondensátory mají vždy ztráty jednak nedokonalou izolací, jednak t. zv. ztráty dielektrické, které jsou obdobné ztrátám v železe u transformátorů. Některá dielektrika mají ztráty veliké,



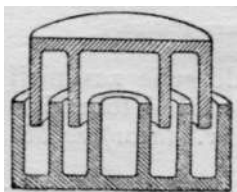
Obr. 27. Pevný kondensátor.



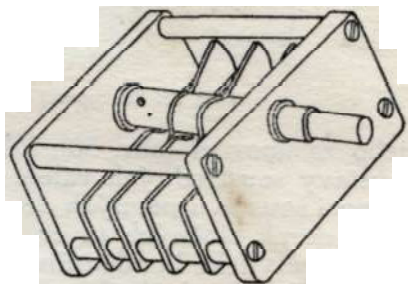
Obr. 28. Svitkový kondensátor.



Obr. 29. Stiskávací kondensátor.



Obr. 30. Zasouvací kondensátor.



Obr. 31. Otočný kondensátor.

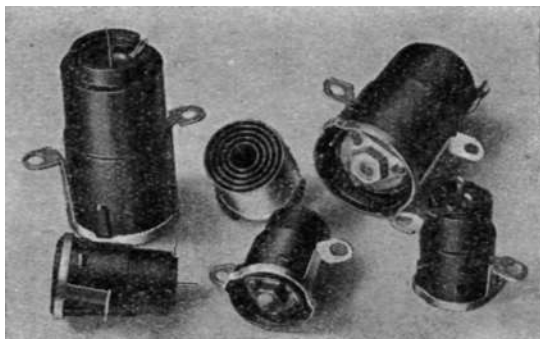
jiná malé (na př. plyny). Obzvláště nepříjemně se tyto ztráty projevují u velmi vysokých kmitočtů.

Kondensátory můžeme dělit na skupiny podle různých hledisek. Máme kondensátory s dielektrikem vzdušným, kapalným (zředka) a pevným. Dále kondensátory pevné (fixní) a měnitelné. Konečně zvláštní skupinu tvoří kondensátory elektrolytické.

Kondensátory se vzdušným dielektrikem mají malé ztráty, ale jsou velké, obzvláště mají-li být pro velká napětí (vysiláče). Kondensátory s pevným dielektrikem jsou malé, ale zase mají ztráty. Nejmenší ztráty má dielektrikum trolitul — je však křehké a při 70° C taje.

Kondensátory pevné provádějí se zhusta jako tenké slídkové destičky, na obou stranách postříbřené (stříbření tvoří vlastně kovovou destičku). Jindy je to soustava slídkových (nebo jiných) plátek, mezi něž je střídavě vkládán staniol (obr. 27). Kondensátory větších kapacit se provádějí jako svitkové (obr. 28) ze staniolu a napouštěného papíru.

Měnitelné kondensátory se provádějí buď jako stiskávací (obr. 29), kde se k jednomu plíšku přitahuje druhý,



Obr. 32. Zasunovací kondensátory Philips.

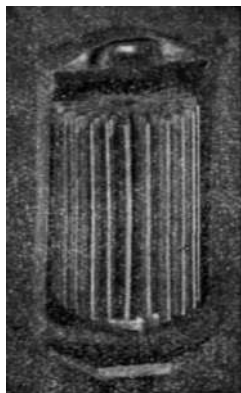
nebo zasunovací (obr. 30), kde se do sebe zasunují dvě soustavy soustředných válců, nebo otočné (obr. 31), kde se mezi soustavu pevných desek (t. zv. stator) zatačí soustava desek otočných (t. zv. rotor).

Elektrolytické kondensátory mají za základ tento zjev: Ponoříme-li do vhodného roztoku dvě desky, při čemž ta, která je spojena s kladným pólem zdroje, je hliníková, pokryje se hliník velice tenoučkou vrstvou kysličníku, který je dosti dobrým izolátorem, takže proud neprochází. Roztok a hliníková deska jsou odděleny vrstvou izolujícího kysličníku. Máme tedy kondensátor; jeho kapacita je veliká, neboť tloušťka izolující vrstvy je nepatrná (asi 0,0006 mm) a její dielektrická konstanta veliká (asi 9). Elektrolytické kondensátory mají na své rozměry ohromnou kapacitu. Lze jich použít pouze tam, kde hliníková deska zůstává trvale kladná, tedy na proud stejnosměrný nebo pro proud stejnosměrný s přimíšeným menším proudem střídavým (eliminátory).

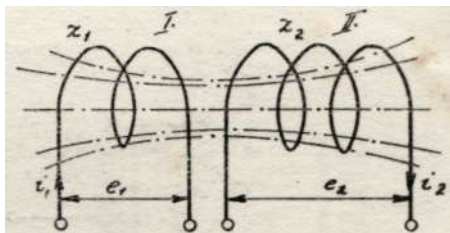
Elektrolytickým kondensátorem protéká i při stejnosměrném proudu a správném polování kondensátoru jakýsi slabý proud, neboť kysličníková vrstva není dokonalý izolátor. Dále působí elektrický kondensátor jako čistý kondensátor v sérii s ohmickým odporem asi 30 ohmů (což je způsobeno principem tohoto kondensátoru).

Měřítkem kapacity je farad (F), popřípadě mikrofarad (uF) nebo pikofarad (uuF nebo pF). Kromě toho se používá jednotky zvané centimetr. Mezi oběma jednotkami je vztah

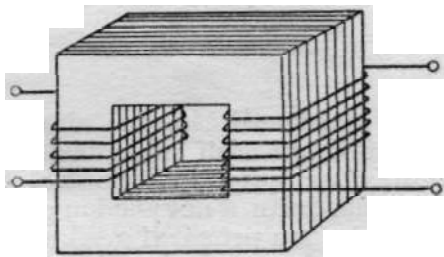
$$1 \text{ pF} = 0,9 \text{ cm}, \quad 1 \text{ cm} = 1,1 \text{ pF}$$



Obr. 33.
Průřez elektrolytickým
kondensátorem Philips.



Obr. 34. Vzájemná indukce dvou cívek.



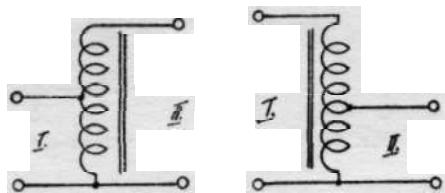
Obr. 35. Znázornění transformátoru.

Vzájemná indukce.

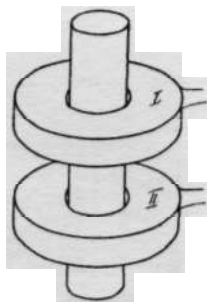
Prochází-li cívkou střídavý proud, vytváří se střídavé magnetické pole. Toto pole protíná druhou cívku, a tím se v ní indukuje střídavé napětí e_2 (obr. 34). Ježto jedna cívka působí na druhou, mluvíme o **vzájemné indukci**. Abychom protlačili proud prvou cívkou, musíme použít napětí e_1 . Pokud jsou cívky upraveny tak, že veškeré siločivky první cívky procházejí druhou cívkou, platí vztah: napětí e_1 a e_2 jsou ve stejném poměru jako počty závitů n_1 a n_2 . Naproti tomu proudy jsou v obráceném poměru závitů. Vyjádřeno rovnicí

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{n_1}{n_2}, \quad \frac{i_1}{i_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Můžeme tedy dosáhnouti libovolného napětí, volíme-li vhodně poměr závitů. Zařízení na přeměnu napětí nazývají se transformátory. Mají dvě **vinutí** (t. j. cívky), **primární** a **sekundární**. Za primární označujeme pravidelně to, které se připojuje na zdroj proudu. Oboje vinutí je upraveno na jádře, složeném ze železných plechů (obr.



Obr. 36. Schema autotransformátoru.



Obr. 37. Znárodnění transformátoru pro vysoký kmitočt.

35). Necháme-li částečně vinutí splynouti, t. j. je-li primární vinutí částí sekundárního nebo naopak (obr. 36), dostáváme **autotransformátor**. Jeho výhodou je menší spotřeba drátu, a nevýhodou pak je, že jest vodivé spojení mezi stranou primární a sekundární, což někdy vadí.

Konstrukce transformátorů na nízké kmitočty nečiní žádných potíží. Čím vyšší kmitočty, tím musí býti plechy železného jádra tenčí; transformátory pro slyšitelný kmitočt musí míti vedle toho plechy ze zvláštního materiálu.

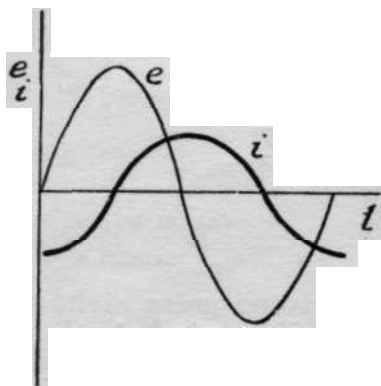
Transformátory pro vysokou frekvenci se vůbec nedají provésti v té úpravě, na kterou jsme zvyklí. Jádro se dělá ze zvláštní isolační hmoty, v níž jsou jemně rozptýleny nejjemnější železné piliny (na př. ferocart, Palafer atd.). Jádro se obyčejně nedělá uzavřené, nýbrž otevřené (obr. 37), takže magnetické silokřivky budou procházeti z valné části vzduchem. Pro takový transformátor už neplatí rovnice dříve uvedené, ježto není splněna podmínka, že všechny silokřivky jedné cívky musí procházeti druhou cívkou.

Vysokofrekvenční transformátory se dělají též bez jádra. Pro velmi vysoké kmitočty se ani jinak dělati nedají. Při nižších kmitočtech (pod 10.000 kc) jsou transformátory s železným jádrem pravidelně výhodnější.

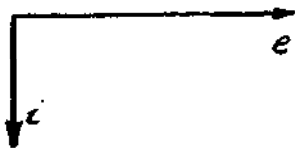
Síťový transformátor (přibližný výpočet).

$$P = 0.8 \sqrt{VA},$$

kde značí P — průřez jádra (součin stran bez ohledu na polepení papírem) v cm², VA — součin z odbíraného napětí a proudu.



Obr. 38. Průběh napětí a proudu na samoindukční cívce.



Obr. 39. Vektorový diagram napětí a proudu na samoindukční cívce.

$$n_1 = \frac{40 e_1}{P}, \quad n_2 = \frac{42 e_2}{P}$$

kde značí n_1 — počet závitů primárních, n_2 sekundárních, e_1 — napětí na primárním vinutí, e_2 na sekundárním.

Odpor y induktivní.

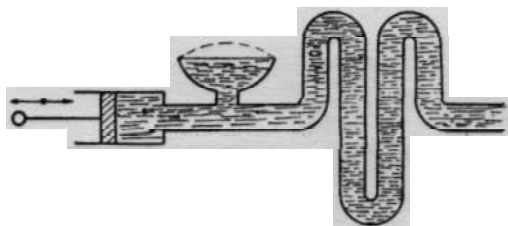
Prochází-li cívkou samotnou střídavý proud, vytváří se střídavé magnetické pole, jež protíná závit y vlastní cívky a indukuje v nich napětí. Toto vnitřní napětí jaksi brání průchodu proudu cívkou. Má-li proud cívkou procházeti, musí býti protlačován vnějším napětím.

Čím je indukováno vnitřní napětí? Změnou magnetického pole. Čím rychleji se pole mění, tím větší napětí se indukuje. Magnetické pole je vyvoláno proudem a je s proudem ve fázi. Tedy napětí bude největší, když bude nejrychlejší změna proudu, a to je tehdy, když proud prochází nulou. Průběh vnějšího napětí a proudu v cívce je znázorněn v obr. 38, popřípadě vektorovým diagramem v obr. 39.

Na cívce je proud zpožděn za napětím o 90° .

Hydraulická obdoba poměrů na samoindukční cívce je v obr. 40. Rychlost vody v dlouhém potrubí je obrazem elektrického proudu, prohnutí gumové blány obrazem elektrického napětí. Vše ostatní je samozřejmé.

Oné vlastnosti, skýtati střídavému proudu odpor tím, že se vytváří magnetické pole a že toto indukuje zpět vnitřní napětí, říkáme **indukčnost** (dříve též samo-



Obr. 40. Mechanická ob-
doba poměrů na samo-
indukční cívce.

indukce). Indukčnost závisí na čtverci počtu závitů (na př. trojnásobný počet závitů vytvoří trojnásobné pole, jež indukuje zpět v trojnásobném počtu závitů devítinásobné napětí) na ploše cívky, a na cestě, po které se ubírají magnetické silokřivky. Cívky se železným jádrem budou mít větší indukčnost než cívky bez jádra.

V dosavadních úvahách jsme předpokládali, že drát, z něhož je cívka navinuta, nemá ohmického odporu. To nelze prakticky provésti, a proto budou na skutečné, technické cívce poměry poněkud složitější. Prozatím předpokládejme, že máme co činiti s ideální cívkou.

Napětí indukované na cívce určitým proudem bude tím větší, čím je větší indukčnost a čím je větší kmitočet.

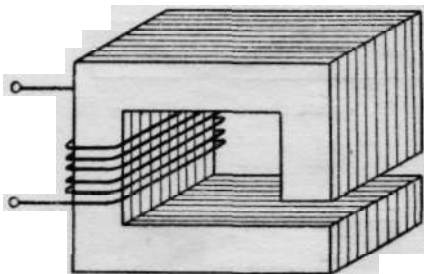
Poměru mezi napětím a proudem na ideální cívce říkáme **induktivní odpor**. Je přímo úměrný indukčnosti a kmitočtu; s rostoucím kmitočtem stoupá a pro větší indukčnosti je větší.

Vyjádříme-li si právě uvedené matematicky, dojdeme k několika velmi jednoduchým výrazům. Označme indukčnost cívky L (v henry), proud i (v ampérech), napětí e (ve voltech) a kmitočet f (v cyklech). Platí pak

$$e = i 2\pi f L = i \omega L$$

$$X = \frac{e}{i} = 2\pi f L = \omega L$$

Cívky můžeme dělit podle velikosti. Pro nízké kmitočty jsou cívky se železným jádrem, složeným ze železných plechů. Mají velmi značnou indukčnost. Nazývají se tlumivky. Mají vzhled transformátorů, mají ovšem pouze jedno vinutí, a mívají železné jádro přerušeno vzduchovou mezerou (obr. 41); pro velmi vysoké kmitočty mají opět jádro ferocartové (viz obr. 37) nebo jsou konečně bez jádra.



Obr. 41. Znárodnění tlumivky

V mnohých případech, jak bude dále ukázáno, je ohmický odpor cívky závadou, a musí býti tudíž udržen co nejmenší. Při velmi vysokých kmitočtech nejde proud celým průřezem drátu, nýbrž zhušťuje se při povrchu a méně prochází středem. Tomuto zjevu se říká **skin-efekt**. (Viz též pojednání o ohmickém odporu.)

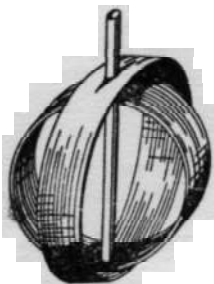
Při vysokém kmitočtu se ještě uplatňuje vzájemná kapacita závitů. Mezi závitů je napětí — jsou odděleny izolací — tedy dva závitů tvoří spolu kondensátor. Poněvadž tato kapacita je nežádoucí, dělají se cívky buď s velkým stoupáním závitů z holého drátu (pro velmi vysoké kmitočty), nebo se vinou tak, aby závitů neležely těsně vedle sebe, nýbrž se křižovaly. Tento způsob vinutí je znázorněn v obr. 42 v rozvinutí a používá se dnes běžně ve všech přijímačích.

Někdy se ještě používá zvláštního uspořádání dvou cívek, zvaného **variometr**. V cívce většího průměru je uspořádána cívka menšího průměru otočně kolem osy kolmé k osám obou cívek (obr. 43). Obě cívky jsou spojeny za sebou. Je-li směr proudu v obou cívkách stejný, je indukčnost největší; otočí-li se pohyblivou cívkou o půl obrátky, je směr proudu v obou cívkách protivný a indukčnost je nejmenší. Lze tedy indukčnost v určitých mezích plynule měniti otáčením vnitřní cívky.

Cívka s běžcem, podobná velkému válcovému reostatu, kde se pohybem běžce zapojoval větší nebo menší počet závitů, patří již minulosti.

Jednotkou indukčnosti je **Henry** nebo centimetr. Vztah mezi oběma jednotkami je

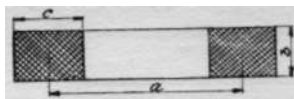
$$1H = 1.000.000.000 \text{ cm.}$$



Obr. 43. Variometr.



Obr. 42. Vinutí cívek o malé kapacitě.



Obr. 44. Rozměry voštinové cívky.

Indukčnost válcové cívky (Nagaokův vzorec).

$$L = D^3 n^2 k_1$$

$$L = l^3 n^2 k_2$$

kde značí L indukčnost v μH , D průměr cívky v cm , l délku cívky v cm , k_1 a k_2 konstanty závislé na poměru $l : D$ (viz tabulku), n počet závitů na centimetr délky cívky (viz následující tabulku):

Poměr $l : D$	$k_1 \times 1000$	$k_2 \times 1000$	Poměr $l : D;$	$k_1 \times 1000$	$k_2 \times 1000$
0,01	0,03450	34.500	1,00	67,95	67,95
0,015	0,07190	21.304	1,50	114	33,77
0,02	0,1206	15.080	2,00	161,5	20,19
0,03	0,2485	9.183	2,50	209,6	13,42
0,04	0,4130	6.451	3,00	257,9	9,554
0,05	0,6050	4.840	3,50	307,8	7,178
0,06	0,8373	3.876	4,00	355,9	5,547
0,07	1,092	3.185	4,50	405,5	4,349
0,08	1,373	2.681	5,00	454	3,623
0,09	1,641	2.305	5,50	502,7	3,028
0,10	2,006	2.006	6,00	552	2,555
0,15	3,908	1.213	6,50	601,7	2,192
0,20	6,313	789,3	7,00	650,7	1,892
0,25	9,016	577,2	7,50	700,3	1,656
0,30	11,99	443,4	8,00	749,4	1,463
0,35	15,27	356	8.50	798,6	1,301
0,40	18,63	291	9,00	847,2	1,162
0,45	22,25	244,2	9,50	897,3	1,047
0,50	25,93	207,4	10,00	946,4	0,9464
0,55	29,75	178,7	15,00	1440	0,4265
0,60	33,52	155,2	20	1933	0,2416
0,65	37,72	137,4	25	2426	0,1553
0,70	41,94	122,3	30	2919	0,1081
0,75	46,05	109,1	35	3414	0,07960
0,80	50,39	98,17	40	3908	0,06105
0,85	54,69	88,94	45	4401	0,04831
0,90	58,75	80,79	50	4895	0,03914
0,95	63,48	74,04			

Dosadíme-li do vzorce konstantu tak, jak je uvedena v tabulce, musíme výsledek dělit 10.000, chceme-li dostat L v uH, dělit 10 pro L v cm.

Počet závitů na centimetr délky závisí na způsobu vinutí. Tabulka průměru izolovaných vodičů pomůže, ale nezapomenouti, že obzvláště při ručním vinutí se nedá přiřaziti závit k závitů.

Průměry izolovaných drátů.

Průměr drátu v mm					
holého	opřed, hedvábím		opřed, bavlnou		email.
	1 X	2X	1 X	2X	
0,1	0,14	0,185	0,175	0,25	0,122
0,2	0,24	0,285	0,275	0,35	0,232
0,3	0,34	0,385	0,375	0,45	0,339
0,4	0,44	0,485	0,475	0,55	0,445
0,5	0,54	0,59	0,58	0,65	0,550
0,6	0,64	0,69	0,68	0,75	0,654
0,7	0,74	0,79	0,78	0,85	0,759
0,8	0,84	0,89	0,88	0,95	0,862
0,9	0,94	0,99	0,98	1,05	0,967
1,0	1,04	1,09	1,08	1,15	1,072

Indukčnost cívky (jiný způsob)

$$L = \frac{l^2}{l} k$$

kde L je indukčnost v cm, b délka navinutého drátu v cm, k je konstanta, závislá na poměru D/1, l délka cívky.

D/1	k	D/1	k	D/1	k	D/1	k
0	1,000	0,45	0,834	0,68	0,766	1,3	0,629
0,01	0,9957	0,5	0,818	0,7	0,761	1,4	0,611
0,02	0,9916	0,52	0,812	0,75	0,748	1,5	0,595
0,05	0,9791	0,54	0,806	0,8	0,735	1,6	0,579
0,1	0,9588	0,56	0,800	0,85	0,723	1,7	0,564
0,2	0,920	0,58	0,794	0,9	0,711	1,8	0,551
0,25	0,901	0,6	0,788	0,95	0,699	2	0,525
0,3	0,883	0,62	0,783	1,0	0,688	2,5	0,472
0,35	0,886	0,64	0,777	1,1	0,667	3	0,429
0,4	0,850	0,66	0,771	1,2	0,647	5	0,32

Indukčnost cívky voštinové

$$L = \frac{l^3 n^2 a}{23 a + 44 b + 39 c} \quad (a, b, c, L \text{ v cm})$$

Indukčnost tlumivky.

$$L = \frac{0,4 \pi n^2 P}{d + \frac{l}{\mu_1}} 10^{-8}$$

Je-li tlumivka předmagnetována stejnosměrným proudem (eliminátor), platí

$$L = \frac{0,8 B^2 \left(d + \frac{l}{\mu_1} \right) 2 P}{\left(d + \frac{l}{\mu_1} \right) i^2} 10^{-8} \quad (B \text{ se volí})$$

$$n = \frac{0,8 B \left(d + \frac{l}{\mu_1} \right)}{i}$$

kdež značí:

- n -- počet závitů,
- L -- indukčnost v Henry,
- B -- hustota silokřivek,
- P -- průřez železa v cm²,
- d -- tloušťka vzduchové mezery v cm,
- l -- střední délka silokřivky v železe v cm,
- i -- proud stejnosměrný v A,

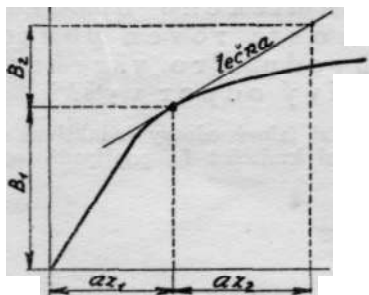
$$\mu_1 = \frac{0,8 B_1}{az_1}$$

$$\mu_2 = \frac{0,8 B_2}{az_2}$$

Pro běžné plechy vystačí tabulka:

B	,u1	,u2
5.000	2.500	2.500
6.000	2.500	2.400
7.000	2.470	2.200
8.000	2.400	1.850
9.000	2.250	1.350
10.000	2.000	800
11.000	1.700	530
12.000	1.400	350
13.000	1.100	230
14.000	800	150
15.000	500	70

Razení odporů a obvody.



Obr. 45. Magnetizační křivka žel. plechů

Zapojíme kondensátor, ohmický odpor a ideální cívku za sebou (obr. 46). Všemi bude protékat stejný, společný proud, který vyvolá napětí na kondensátoru zpožděné, na ohmickém odporu ve fázi a na cívce předbíhající před proudem. Dají se tato napětí sečíst? Ovšem, ale ne prostým sečtením. Zcela obdobná úloha zní: jdu

z Prahy 20 kilometrů na

sever, pak 3 km na východ a pak 15 kilometrů na jih.

Jak daleko jsem od Prahy? Ušel jsem sice 38 km, ale od

Prahy jsem necelých 6 km. Cesta na sever a na jih se

odčítají. Zcela obdobně napětí na kondensátoru a cívce se

odčítají. Co by se stalo, kdyby napětí na cívce a kondensátoru byla stejně veliká? Pak by se navzájem vyvážila

a zbývalo by pouze napětí na ohmickém odporu. Tedy

proud by protékal, jako by cívka a kondensátor byly

nahrazeny přímým spojem a zbyl pouze ohmický odpor.

Je to možné provést? Snadno. Víme, že stoupá-li kmitočet,

stoupá napětí na cívce a klesá napětí na kondensátoru.

Je možno najít takový kmitočet, pro který jsou obě

napětí stejná. (Odpory induktivní a kapacitní jsou si rovný.)

Říkáme mu **resonanční kmitočet**. Při rezonančním

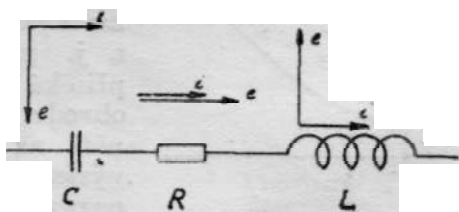
kmitočtu je obvod, složený z kapacity, indukčnosti a

ohmického odporu, ve stavu **resonance**. Ježto jsou prvky

zařazeny za sebou, v serii, máme **seriovou resonanci**. Po-

měru mezi napětím a proudem celého obvodu říkejme

zdánlivý odpor.



Obr. 46. Výklad seriové resonance.

Při seriové resonanci je zdánlivý odpor obvodu složeného z ohmického odporu, kapacity a indukčnosti roven pouze ohmickému odporu obvodu. Pro všechny jiné kmitočty je zdánlivý odpor vyšší.

Jak bylo řečeno, při resonanci jsou si jalové odpory induktivní a kapacitní rovny. Označíme-li resonanční kmitočet f_0 , popřípadě ω_0 , platí

$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$$

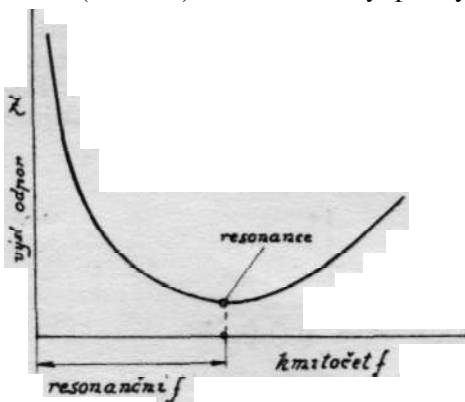
a z toho jednoduchou úpravou

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

To je vzorec Thomsonův. Platí i pro resonanci paralelní.

Průběh zdánlivého odporu v závislosti na kmitočtu udává nám **resonanční křivka** (obr. 47). Tato forma je méně obvyklá, obvyčejně se kreslí závislost proudu na kmitočtu při stálém napětí (obr. 48). V uvedeném obraze jsou zakresleny tři křivky: I pro velký, II pro střední a III pro malý ohmický odpor. Čím je odpor menší, tím výše a strměji křivka vystupuje; pro nulový odpor do nekonečna. Kdyby byl ohmický odpor nulový, znamenal by celý obvod při resonanci zkrat.

Zapojme odpor ohmický, kapacitní a induktivní vedle sebe (obr. 49). Pro všechny prvky je společné napětí, ale

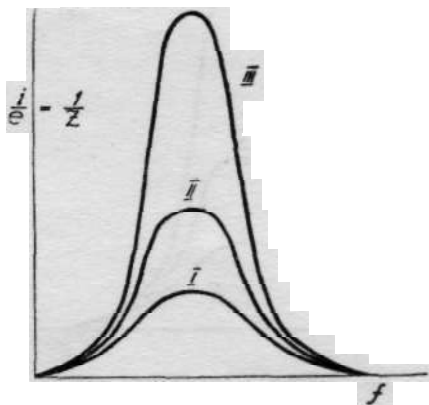


proud je v ohmickém odporu ve fázi, v kondensátoru předbíhá a v cívice je zpožděn za napětím. Sečteme-li tyto proudy, dostáváme výsledný proud, t. j. proud, který přitéká do celého obvodu. Poměr napětí na obvodu a výsledného proudu nazýváme zdánlivým odporem.

Obr. 47. Resonanční křivka seriového obvodu.

Jsou-li si odpory induktivní a kapacitní rovny, nastává paralelní resonance. Proudý kondensátorem a cívkou se navzájem vyvažují a zbývá pouze proud ohmickým odporem.

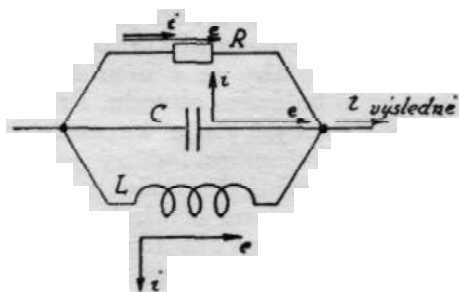
Při paralelní resonanci je zdánlivý odpor obvodu složeného z ohmického odporu, kapacity a indukčnosti roven ohmickému obvodu. Pro jiné kmitočty je zdánlivý odpor nižší!



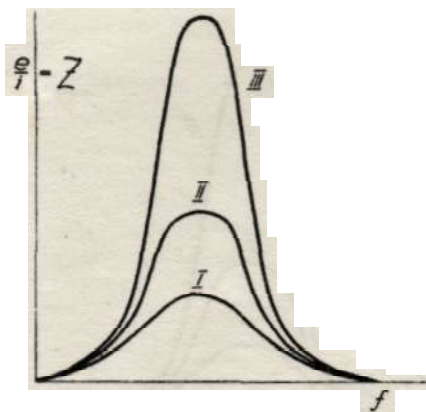
Obr. 48. Jiný způsob kreslení rezonanční křivky.

Resonanční křivka (obr. 50) má známý tvar: I pro malý, II pro střední, III pro velký ohmický odpor. Pro nekonečný ohmický odpor byl by výsledný odpor při resonanci roven nekonečnu.

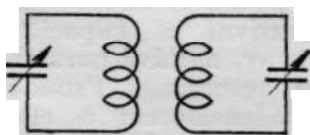
Tyto úvahy platily pro ideální cívku, t. j. cívku bez ohmického odporu. Jak to vypadá s cívkou, jež má ohmický odpor? Při seriové resonanci se prostě její odpor přičte k ohmickému odporu. Při paralelní resonanci se dá odpor cívky nahradit odporem paralelním k obvodu, a to malý odpor cívky velkým odporem, velký odpor cívky malým odporem. Máme-li tedy obvod složený z kondensátoru a technické cívky, bude při paralelní resonanci zdánlivý odpor obvodu tím větší, čím bude



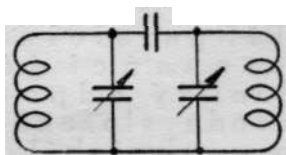
Obr. 49. Výklad o paralelní resonanci.



Obr. 50. Resonanční křivka paralelního obvodu.



Obr. 51. Induktivně vázané obvody.



Obr. 52. Kapacitně vázané obvody.

ohmický odpor cívky menší. Je tedy patrný vliv jakosti cívky na tvar resonanční křivky.

Ježto jde o věc krajně důležitou, zdůrazňuji ještě jednou: Při seriovém zapojení cívky a kondensátoru je při resonanci odpor nejmenší. Při paralelním zapojení cívky a kondensátoru je při resonanci odpor největší.

Je-li ohmický odpor cívky R , je zdánlivý odpor Z_0 při resonanci dán výrazem:

$$Z_0 = \frac{L}{RC} \quad (\Omega, H, F)$$

Měníme-li velikost kapacity (otočný kondensátor) nebo indukčnosti (variometr, cívka s běžcem) obvodu za tím účelem, abychom měnili resonanční kmitočet, říkáme, že obvod **ladíme**.

Viděli jsme, že při spojení cívky s kondensátorem existuje vždy resonanční kmitočet. Jestliže byl takový obvod konstruován, aby se v něm využilo resonančních zjevů, mluvíme o **laděném obvodu**. Přísně vzato je každý obvod, v němž se vyskytuje kapacita a indukčnost, laděným obvodem. Ovšem za laděný *jej* pokládáme tehdy, leží-li jeho resonanční kmitočet v rozsahu kmitočetů, s nimiž pracujeme. Tak na příklad má-li nějaký obvod resonanční kmitočet 100 cyklů a my pracujeme s kmitočty 150 až 300 kilocyklů, nebudeme pokládati ten obvod za laděný.

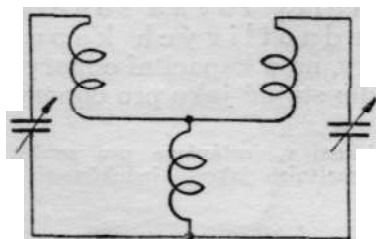
Velmi zajímavé je chování dvou laděných obvodů o stejném rezonančním kmitočtu, působí-li nějakým způsobem na sebe. Působení je možné různého druhu. Je možno nechat na sebe působiti obě cívky induktivně (obr. 51), takže vlastně máme jakýsi transformátor oboustranně laděný. Obvody na sebe působí indukci, mluvíme o **induktivní vazbě**. Co je to vlastně **vazba**? Tím slovem rozumíme, že se část napětí z jednoho obvodu přenáší do druhého. Přenáší-li se malá část, mluvíme o **volné vazbě**, přenáší-li se velká část napětí, mluvíme o **těsné vazbě**. Podle způsobu, jak se přenáší část napětí, můžeme rozznávat vazby induktivní, kapacitní a galvanické.

Velikost vazby induktivní závisí na tom, jak velká část silokřivek cívky jednoho obvodu prochází též cívkou druhého obvodu. Tedy pro dosažení těsné vazby musely by býti cívky sousedí a hodně blízko sebe. Vzdálím-li je nebo vůči sobě natočím, vazba bude volnější.

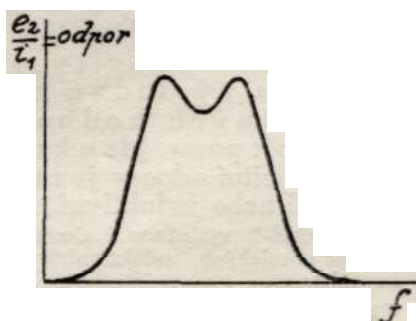
Při **kapacitní vazbě** přenáší se část napětí z jednoho obvodu do druhého kondensátorem (obr. 52). Vazba je tím těsnější, čím je kapacita tohoto vazebního kondensátoru větší.

Při **galvanické vazbě** (obr. 53) je prostě část obvodu oběma obvodům společná. Vazba je tím těsnější, čím je odpor společné části větší. Tedy v našem případě, kdy je společná cívka, bude těsnější vazba při větší cívce. Kdyby byl společný kondensátor, bude vazba těsnější při menším kondensátoru.

Vedle uvedených jednoduchých případů vazeb jsou možné ještě kombinované vazby, ale není třeba se jimi podrobněji zabývat.



Obr. 53. Galvanicky vázané obvody.



Obr. 54. Resonanční křivka vázaných obvodů.

Vázané obvody mají také rezonanční křivku. Stanovila by se na př. jako závislost poměru napětí v druhém a proudu v prvním obvodu (tedy vlastně jakéhosi odporu) na kmitočtu. Pokud je vazba obvodů velmi volná, neliší se rezonanční křivka od křivky jednoduchého obvodu nijak zdatelně. Je-li pak vazba těsnější, křivka se na vrcholu deformuje a přechází do sedlovitého tvaru (obr. 54). Oba vrcholy křivky jsou tím dále od sebe a důl mezi nimi tím hlubší, čím je vazba okruhů těsnější.

Řazení odporů stejného druhu je velmi jednoduché:

Ohmické odpory v serii se prostě sečítají. Na př. 5 ohmů v serii s 3 ohmy dává výsledný odpor 8 ohmů.

Jsou-li ohmické odpory paralelně, je převratná hodnota výsledného odporu rovna součtu převratných hodnot jednotlivých odporů. Na př. jsou paralelně dva odpory 7 ohmů a 3 ohmy. Výsledný odpor jest 2 1/3 ohmu, neboť

$$\frac{1}{2 \cdot 1} = \frac{1}{7} + \frac{1}{3}.$$

Induktivní odpory v serii se prostě sečítají (stejně jako ohmické).

Jsou-li induktivní odpory paralelně, je převratná hodnota výsledného odporu rovna součtu převratných hodnot jednotlivých odporů (stejně jako u odporů ohmických).

Kapacity paralelně řazené se prostě sečítají. (Pozor! Sečítají se kapacity, ne kapacitní odpory! Pro kapacitní odpory by bylo pravidlo stejné jako pro odpory ohmické nebo induktivní.) Na př. 500 cm a 1000 cm paralelně dává 1500 cm.

Jsou-li kapacity v serii, je převratná hodnota výsledné kapacity rovna součtu převratných hodnot jednotlivých kapacit. (Opět pozor, jde o kapacity, ne o kapacitní odpory! Pro kapacitní odpory je pravidlo stejné jako pro odpory ohmické nebo induktivní.)

Označíme-li výslednou hodnotu indexem v, dostáváme pro součet odporů ohmických, induktivních a kapacitních jakož i indukčnosti a kapacit:

v serii:

$$\begin{aligned} R_v &= R_1 + R_2 + R_3 + \dots, & X_{iv} &= X_{i1} + X_{i2} + X_{i3} + \dots, \\ X_{cv} &= X_{c1} + X_{c2} + X_{c3} + \dots, & L_v &= L_1 + L_2 + L_3 + \dots, \end{aligned}$$

$$\frac{1}{C_v} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

paralelně:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots, \quad \frac{1}{X_v} = \frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \frac{1}{X_3} + \dots$$

$$\frac{1}{L_v} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots, \quad C_v = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

Pro dva odpory paralelně se obvykle používá vzorce

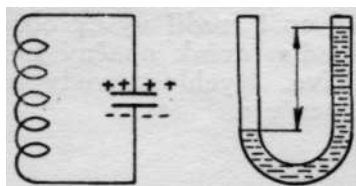
$$R_v = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Samozřejmě lze téhož vzorce použití i pro dva paralelní jalové odpory, pro dvě paralelní indukčnosti nebo dvě kapacity v serií.

Oscilace.

Je všeobecně známo, že nabitý kondensátor se vybije, spojí-li se obě desky vodivě. Co by se stalo, kdyby se kondensátor vybíjel přes cívku? Pak nastane složitý úkaz, který si musíme podrobně probrati. Pro jasnější názor sledujme současně obdobný případ z mechaniky — pohyb vody v trubici tvaru U. Podotýkám, že rozdíl vodních hladin je obdobný rozdílu napětí mezi oběma deskami kondensátoru, rychlost vody pak obdobná velikosti elektrického proudu.

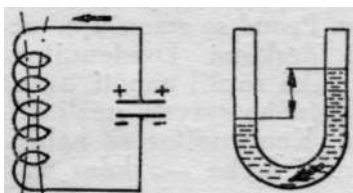
1. Kondensátor je nabit: horní deska +, dolní —. Proud není žádný (obr. 55).



Obr. 55. Výklad vzniku oscilací.

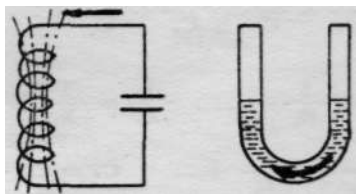
2. Kondensátor se vybíjí přes cívku. Rozdíl napětí mezi deskami kondensátoru se zmenšuje. Proud vzrůstá. V cívce se vytvářejí magnetické siločivky (obr. 56).

1. Voda je v pravém rameni vysoko, v levém nízko. Proudění není žádné.



Obr. 56. Výklad vzniku oscilací.

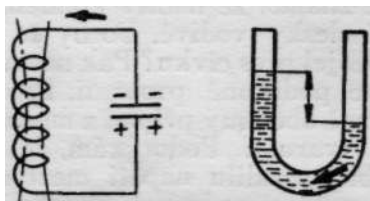
2. Voda se snaží v obou ramenech vyrovnat. Rozdíl hladin se zmenšuje. Rychlost vody vzrůstá.



Obr. 57. Výklad vzniku oscilací.

3. Kondensátor je vybit. Není rozdíl napětí mezi deskami. Proud dosáhl nejvyšší hodnoty. V cívce se vytvořilo největší množství silokřivek.

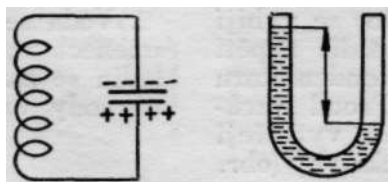
3. Hladiny se vyrovnaly. Není mezi nimi výškového rozdílů. Rychlost vody dosáhla nejvyšší hodnoty.



Obr. 58. Výklad vzniku oscilací.

4. Silokřivky v cívce zanikají. Tím budí v cívce takové napětí, které udržuje proud dále stejného směru. Proud se zmenšuje, mezi deskami kondensátoru vzniká rozdíl napětí, avšak opačného smyslu nežli dříve. Kondensátor se nabíjí: horní deska $-$. dolní $+$.

4. Setrvačností proudí voda dále stejným směrem. V levém rameni voda stoupá, v pravém klesá. Vzniká opět rozdíl výšek obou hladin, avšak opačný než dříve. Rychlost vody se zmenšuje.



Obr. 59. Výklad vzniku oscilací.

5. Silokřivky v cívce zanikly. Proud ustal. Kondensátor je nabit: horní deska —, spodní +.

Stav je stejný jako 1., jen rozdíl napětí na kondensátoru je opačného smyslu.

5. Proud ustal. V levém rameni je voda vysoko, v pravém nízko.

Stav je stejný jako i., jen rozdíl hladin je opačného smyslu.

Nyní by byl průběh stejný jak popsáno, jenže proud by byl opačného směru, a ze stavu 5. by se přešlo do stavu 1. Pak by se celý pochod opakoval. Z mechanické obdoby víme, že voda v trubici se bude kývati, což je vlastně druh kmitání. Při výboji kondensátoru přes cívku vznikají elektrické kmity, **oscilace**.

Víme, že mechanické kmity vody se budou v rozkmitu stále zmenšovati, rozdíl hladin bude stále menší, až konečně kmity ustanou. Ustanou proto, že jsou zde ztráty třením. Rozkmit oscilací se bude zmenšovati, až oscilace ustanou. Příčinou jsou ztráty v ohmickém odporu obvodu a ztráty vyzařováním (viz dále).

Jaký kmitočet budou míti oscilace? Bude to rezonanční kmitočet toho obvodu. Kmity budou tlumené. Na velikost tlumení dá se také usuzovati z tvaru rezonanční křivky; čím je štíhlejší a vyšší, tím je tlumení menší. Nebo, opačně řečeno, obvody s malým **útlumem** mají štíhlou a vysoko rezonanční křivku.

Přísně vzato, lze rezonanční kruhový kmitočet vzorcem Thomsonovým vypočísti v případě tlumených kmitů jen přibližně. Přesný výraz jest

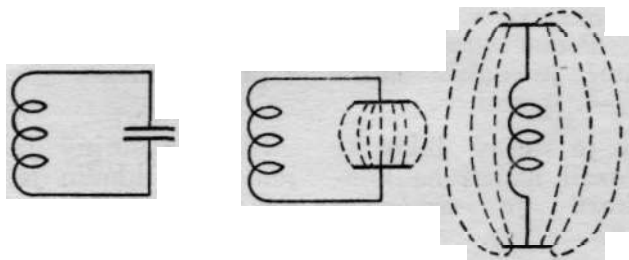
$$\omega_s = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

kdež R jest ohmický odpor použité indukčnosti. Tlumení jest:

$$d = \pi R \sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{R}{2f_0 L} = 2\pi^2 f_0 R C,$$

kdež značí d logaritmický dekrement tlumení, R odpor cívky v Ω , C kapacitu ve F, L indukčnost v H, f_0 rezonanční kmitočet.

Oscilační obvod (t. j. laděný obvod, v němž vznikají oscilace) nemusí mít takový tvar, jak bylo právě vyloženo (obr. 60). Představte si, že se desky kondensátoru od sebe vzdalují (obr. 61). Konečně jsou desky kondensátoru hodně daleko od sebe a cívka leží mezi nimi (obr. 62). Ta-

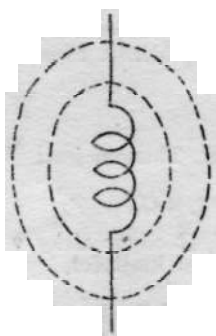


Obr. 60, 61. 62. Od uzavřeného oscilačního obvodu přes otevřený až k dipólu a vysílací anteně.

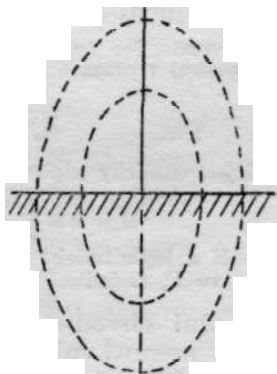
kovému obvodu říkáme **otevřený** na rozdíl od **uzavřeného** (obr. 60).

Otevřený obvod můžeme zjednodušovati. Není třeba, aby na konci obvodu byly desky, stačí jen rovnoběžné dráty. Ba dokonce ani rovnoběžných drátů není třeba, neboť prosté dráty, vedoucí od cívky, mají vzájemnou kapacitu (obr. 63). Pak můžeme zjednodušovati cívku tím, že jí ubíráme závitů, nebo prostě tahem za konce oscilačního obvodu cívku natahujeme. Konečně přejde cívka v přímý drát. Avšak i přímý drát má indukčnost. Tedy nejjednodušším tvarem oscilačního obvodu je prostý přímý drát. Má indukčnost, jeho polovice mají vzájemnou kapacitu, je to tedy oscilační obvod. Říká se **mu dipól**.

V praxi se používá jak uzavřených, tak otevřených

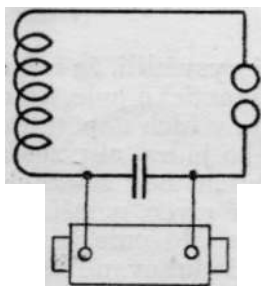


Obr. 63.

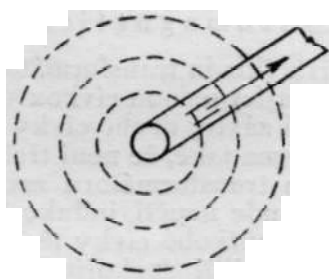


Obr. 64.

Od uzavřeného oscilačního obvodu přes otevřený až k dipólu a vysílací anteně.



Obr. 66. Oscilací obvod s jiskříštem, napájený Ruhmkorffovým induktorem.



Obr. 66. Rozložení magnetických silokřivek kolem vodiče, protékajícího proudem.

obvodů. Otevřené se mnohdy zjednodušují tak, že se neprovádějí úplně, a chybějící část se nahradí spojením se zemí. Takový útvar působí pak asi tak, jako by chybějící část byla v zemi. Tak na příklad dipolu se provádí jen polovice; přesto funguje jako celý dipol (obr. 64).

Dipol je vůbec velmi zajímavý. Mezi jeho konci je střídavé napětí. Uprostřed pak protéká střídavý proud. Vypadá to dosti zvláštně, protéká-li proud drátem, který je na obou koncích vlastně izolován a »nikam« nevede. Nutno si však uvědomiti, že se zde přelévá proud z jednoho konce drátu na druhý.

Jakým způsobem se budí elektrické oscilace? Nejjednodušší způsob je tento (obr. 65): kondensátor obvodu se nabíjí z Ruhmkorffova induktoru. Dostoupí-li náboj na kondensátoru dostatečné výše, přeskočí na jiskřišti jiskra. Tato jiskra uzavře obvod a oscilace se vyrábějí jak již bylo popsáno. Po několika kmitech jiskra zhasne, obvod se přeruší a oscilace ustanou.

Jakkoli vypadá tento způsob primitivní, byl v začátcích radiotechniky jediný, který jsme znali, a zdárné výsledky pokusů o překonání vzdálenosti mluví v jeho prospěch. Dnes se tohoto způsobu již nepoužívá.

Zato velmi často se vyskytuje tento způsob tam, kde o něj vůbec nestojíme. Na příklad zapneme vypínač. Dříve byly dráty nabity — tvořily tedy nabitý kondensátor. Jakmile se spojí, vybíjí se kondensátor; ježto pak má drát svoji indukčnost, vzniknou oscilace. Stejně je tomu i při přerušení proudu. Můžeme říci, že všude tam, kde se proud zapojuje nebo přerušuje, vznikají elektrické oscilace.

Elektromagnetická vlna.

Při výkladu transformátoru jsme si vysvětlili, že proud protékající jednou cívkou vytvoří magnetické pole, které protíná závity druhé cívky a indukuje v nich napětí. Poznali jsme také, že není třeba železného jádra, aby zůstal princip transformátoru zachován. Ovšem bez železného jádra bude napětí, indukované v druhé cívce, menší. Ani nemusí býti obě cívky těsně vedle sebe. Můžeme je libovolně vzdáliti, spokojíme-li se tím, že indukované napětí se bude zmenšovat se čtvercem vzdálenosti.

Je známo, že i přímý drát, protékáný proudem, bude vytvářet kolem sebe magnetické silokřivky. Ty budou mít tvar soustředných kružnic, jejichž střed leží v ose drátu (obr. 66). Může tedy i přímý drát vytvářet magnetické pole a působiti jako první cívka transformátoru. Druhá cívka může zůstatí cívkou, nebo se také může zjednodušiti na jednoduchý drát, rovnoběžný s prvním.

Máme-li tedy přímý drát, protékáný střídavým proudem, vytvářejí se magnetické silokřivky tvaru soustředných kružnic, které se rozšiřují všemi směry do dálky. Vložíme-li do těchto silokřivek cívku nebo přímý drát, indukuje se v něm střídavé napětí.

Jak bychom to měli zařídití, aby napětí, indukované v jakési vzdálenosti, bylo co největší? Podle zákona o elektromagnetické indukci vyplývají tyto pokyny: proud protékající prvním drátem budiž co nejsilnější, druhý drát budiž co nejdelší a konečně kmitočet budiž Co nejvyšší. Druhá podmínka má omezení mechanického i elektrického rázu (na př. těžko předepsati konstrukci svislého drátu o délce — 200 m). Třetí podmínka již sama sebou nadhazuje použití dipolu jako prvního drátu.

Otevřený oscilační obvod vytváří magnetické silokřivky tvaru soustředných kružnic. Uzavřený oscilační obvod sice také vytváří magnetické silokřivky, ale v omezené míře. Otevřený obvod, jehož úkolem je vytvářeti silokřivky, nazýváme **vysílací antenou**. Antena vysílací nevytváří jen silokřivky magnetické, nýbrž i elektrické, jak je naznačeno v obr. 60 až 64. I ty se šíří do dále všemi směry a jsou vždy kolmé na magnetické silokřivky. Jsou tedy vysílány současně silokřivky magnetické a elektrické a mluvíme tedy o elektromagnetické **vlně**. Její podstatu lze těžko vysvětliti, ale pro názor stačí vzpome-

nouti si na příklad se zvonem: zvon — vysílací antena
zvuková vlna — elektromagnetická vlna. Elektromagne-
tická vlna šíří se rychlostí světla, t. j. 300.000 km/sec.

Vztah mezi kmitočtem f a délkou vlny λ je samozřejmý

$$\lambda = \frac{300000000}{f} \text{ (m)}, \quad f = \frac{300000000}{\lambda}$$

Kilocykly — délky vlny.

Sloupce je možno prohodit: takže na př. 100 m — 3000 kc.

kc nebo m	m nebo kc	kc nebo m	m nebo kc	kc nebo m	m nebo kc	kc nebo m	m nebo kc	kc nebo m	m nebo kc
100	3000	300	1000	500	600.0	700	428.6	900	333.3
120	2500	320	937.4	520	576.9	720	416.7	920	326.1
140	2143	340	882.3	540	555.6	740	405.4	940	319.1
160	1875	360	833.3	560	535.7	760	394.8	960	312.5
180	1667	380	789.4	580	517*2	780	384.6	980	301.1
200	1500	420	750	600	500.0	800	375.0	1000	300.0
220	1363	400	714.3	620	483.9	820	365.9	—	—
240	1250	440	681.8	640	486.8	840	357.1	—	—
260	1154	460	652.2	660	454.6	860	348.8	—	—
280	1071	480	625.0	680	441.2	880	340.9	—	—

Megacykly — délka vlny.

Mc nebo m	m nebo Mc	Mc nebo m	m nebo Mc	Mc nebo m	m nebo Mc	Mc nebo m	m nebo Mc	Mc nebo m	m nebo Mc
1	300	21	14.28	41	7.317	61	4.918	81	3.704
2	150	22	13.63	42	7.143	62	4.839	82	3.659
3	100	23	13.04	43	6.977	63	4.762	83	3.614
4	75	24	12.50	44	6.818	64	4.687	84	3.571
5	60	25	12.00	45	6.667	65	4.615	85	3.529
6	50	26	11.54	46	6.522	66	4.546	86	3.488
7	42.86	27	11.11	47	6.383	67	4.478	87	3.448
8	37.50	28	10.70	48	6.250	68	4.412	88	3.409
9	33*33	29	10.34	49	6.122	69	4.348	89	3.371
10	30*00	30	10.00	50	6.000	70	4.286	90	3.333
11	27.27	31	9.677	51	5.882	71	4.225	91	3.297
12	25.00	32	9.374	52	5.769	72	4.167	92	3.261
13	23.08	33	9.091	53	5.660	73	4.110	93	3.226
14	21.43	34	8.823	54	5.556	74	4.054	94	3.191
15	20.00	35	8.571	55	5.454	75	4.000	95	3.158
16	18.75	36	8.333	56	5.357	76	3.948	96	3.125
17	17.65	37	8.108	57	5.263	77	3.896	97	3.093
18	16.67	38	7.894	58	5.172	78	3.846	98	3.061
19	15.78	39	7.692	59	5.085	79	3.798	99	3.030
20	15.00	40	7.500	60	5.000	80	3.750	100	3.000

kmitočet	délka vlny	použití
pod 150 kc	přes 2.000 m	zámořská telegrafie, zpravodajská služba.
150— 300 kc	2.000—1.000 m	rozhlas (t. zv. dlouhé vlny),
300— 500 kc	1.000— 600 m	ojedinele rozhlas, vojenské a policejní telegrafy, služba pro lodi a letadla, povětrnostní zprávy,
500— 1.500 kc	600— 200 m	rozhlas (t. zv. střední vlny),
1.500— 6.000 kc	150— 50 m	policejní a vojenské telegrafy, zámořská vysílání,
6.000—15.000 kc	50— 20 m	rozhlas (t. zv. krátké vlny), zámořská telegrafie, amatérské vysílání,
15.000—30.000 kc	20— 10 m	amatérské vysílání zámořská telegrafie, rozhlas ojedinele,
přes 30.000 kc	pod 10 m	okreskový rozhlas (t. zv. ultrakrátké vlny), televise.

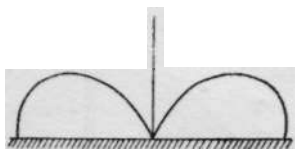
Uvedeným výčtem není vyčerpán ani rozsah, ani použití. Nejkratší vlny dosud laboratorně vyrobené měly délku menší než 1 mm. Běžnými prostředky se dá vyrobiti vlna délky asi kolem 3 m, speciálním zařízením lze pohodlně sestoupiti na délku několika málo centimetrů (kolem 5 cm). Tyto velmi krátké vlny (nazývané někdy decimetrové, centimetrové nebo mikrovlny) ukázaly za poslední války zajímavé vlastnosti a slibují překvapující možnosti.

Pro výpočet délky vlny λ z hodnot oscilačního obvodu se zhusta používá vzorec, v němž se vše dosazuje v centimetrech:

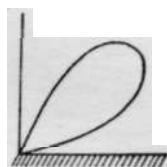
$$\lambda = 2 \pi \sqrt{LC}$$

Antény.

Od vysílací anteny se šíří elektromagnetická vlna všemi směry — tedy stejně jako světlo od zdroje. Odtud také název **radio**, neboť radius je latinsky paprsek. Dosud



Obr. 67.



Obr. 68.

Vertikální diagramy záření anteny.



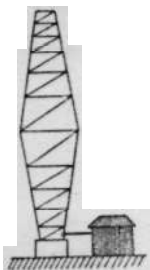
Obr. 69.



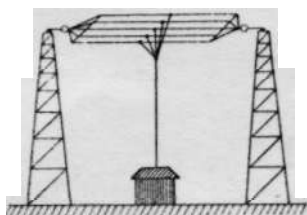
Obr. 70.

Horizontální diagramy záření anteny.

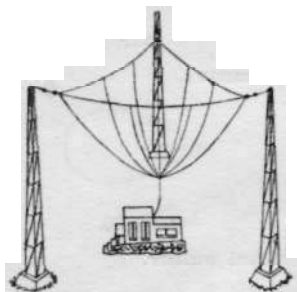
jsme předpokládali, že se elektromagnetická vlna šíří všemi směry stejně. To však není pravda. Ani ze světelného zdroje se nešíří světlo všemi směry stejně. Obvyčejná svíčka září více směrem vodorovným než nahoru. Právě tak je to s antenou. Nakreslíme si diagram, v němž bude naznačeno, jak silně vysílá antena v tom kterém směru, a budeme mu říkati **diagram** záření **anteny**. Může nás zajímat záření ve vodorovné rovině (jako bychom se dívali na záření shora) a dostáváme **horizontální diagramy**, nebo nás zajímá záření ve svislé rovině (pozorujeme záření se strany) a dostáváme **vertikální diagramy**. V obr. 67 až 70 je uvedeno jako ukázka několik takových diagramů. Vhodnou konstrukcí anteny můžeme zvýšiti vyzářování v libovolném směru vodorovném či šikmém, což je z diagramů patrné. Antenám, které jsou tak vybaveny, aby vysílaly převážně jedním směrem, říkáme **směrové anteny**.



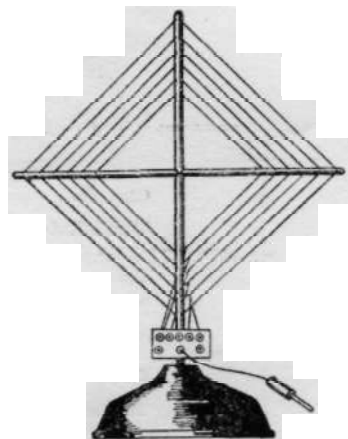
Obr. 71. Věžová vysílací antena.



Obr. 72. Vysílací antena T.



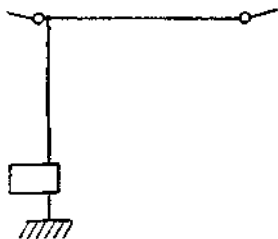
Obr. 73. Jiný typ vysílací anteny.



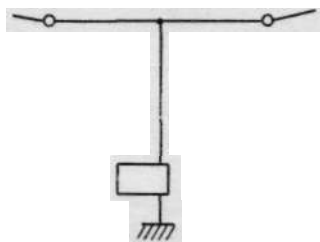
Obr. 74. Rámová antena.

Vysílací anteny se provádějí obyčejně jako jednoduché stožáry (obr. 71), nebo řada rovnoběžných drátů izolovaně zavěšených na dva stožáry (obr. 72), nebo konečně jako značně komplikované útvary, používající celé řady stožárů, mezi nimiž jsou napjaty dráty podle zvláštních výpočtů. Příkladem prvního typu je nová antena v Liblicích, druhého typu stará antena v Liblicích, příkladem třetího typu je antena v Luxembourg (obr. 73). Pro vysílání vln krátkých a ultrakrátkých jsou antenní útvary velmi zajímavé, ale jejich teorie rozhodně vybočuje z programu této knihy.

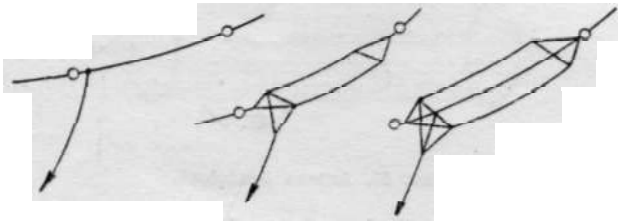
Anteny přijímací jsou zařízení, jimiž se přeměňuje elektromagnetická vlna na střídavé napětí. Zásadně je možno rozdělit anteny na **rámové a vysoké**. Anteny rámové mají tvar cívky o velkém průměru (obr. 74), anteny



Obr. 75. Přijímací antena L.



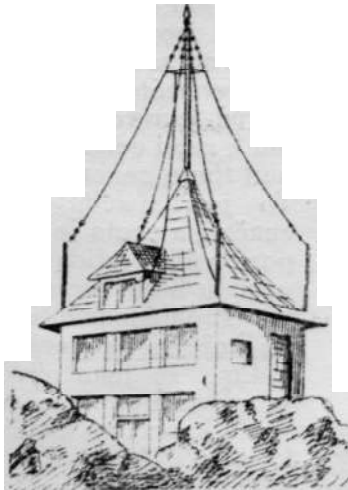
Obr. 76. Přijímací antena T.



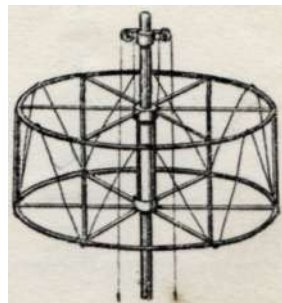
Obr. 77. Přijímací antena L jedno-, dvou- a třípramenná.

vysoké se skládají z vodiče vztyčeného nebo napjatého směrem vzhůru, k němuž je nahoře někdy připojena vodorovná část. Podle umístění se dělí vysoké anteny na venkovní, půdní, pokojové; podle provedení na tyčové (kovová tyč nebo drát napjatý podél bambusové tyče) a drátové: L (obr. 75) a T (obr. 76) anteny. Dále jsou anteny jedno-, dvou- i vícepramenné (obr. 77).

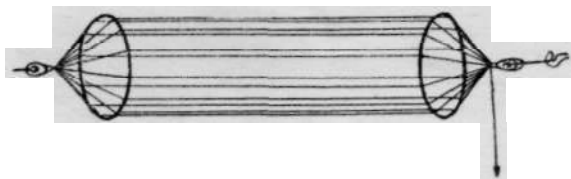
Jako zvláštní anteny bylo by uvést deštníkovou (obr. 78), (dráty od svislé části vodorovně napjaté paprskovitě několika směry), košíkovou (obr. 79). hranolovou (vícepramenná antena, jejíž prameny nejsou uspořádány jako obvykle v rovině, nýbrž na myšleném válci) (obr. 80); jsou sice nákladné, ale nemají žádných výhod, které by zvýšený náklad ospravedlnily. Košíková antena je vedle



Obr. 78. Antena deštníková.



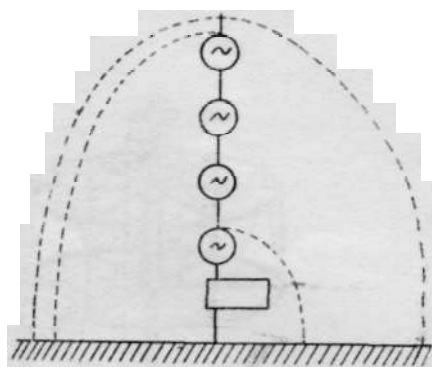
Obr. 79. Antena košíková.



Obr. 80. Antena hranolová.

toho velmi nebezpečná pro zvýšené nebezpečí úderu blesku. Dále se v obchodě nabízejí anteny spirální, jež se sice snadno umisťují, ale elektricky v nich neshledávám nic zvláštního. Mám, a to nijak netajím, nedůvěru ke všem antenám, jež se dnes nabízejí s hlučnou reklamou a mnoho slibují, ať mají tvar koule, košťate či ježka z měděných drátů. Ostatně, kdo prostuduje vše, co souvisí s antenou, učiní si svůj vlastní úsudek; poznamenávám jen, že výklad o stíněné anteně najde čtenář v odstavci o poruchách.

Představte si svislý drát. Mezi spodní konec tohoto drátu a zem bude zapojen nějaký přístroj. Přečází-li přes tento drát elektromagnetická vlna, indukuje v něm napětí. V každé jeho části se indukuje napětí. Mysleme si, že bude indukční účinek nahrazen malými generátory, na př. uprostřed každého délkového metru jeden (obr. 81). Tyto generátory mají prohnět proud oním přístrojem. Ždalo by se to nemožné, poněvadž jsou generátory připojeny pouze jedním pólem, ale obvod se uzavírá kapacitou. Uvažujeme-li nejspodnější generátor, tedy je



Obr. 81. Výklad působnosti přijímací anteny.

obvod uzavřen kapacitou k zemi celého drátu nad tímto generátorem. To je kapacita dosti značná, a proto její odpor vůči střídavému proudu bude zcela malý. Prohlédneme-li si nejhořejší generátor, vidíme, že jeho obvod je uzavřen pouze nepatrnou kapacitou malého kousku drátu nad ním vůči zemi. Odpor tak malé kapacity je veli-

ký. Může tedy horní generátorek dodávat mnohem méně proudu než spodní, je méně účinný, ačkoli, pokud se indukovaného napětí týče, je rovnocenný. Kdybychom chtěli jeho účinnost zvýšit, museli bychom na horní konec anteny přidat nějakou kapacitu vůči zemi. To se stane nejlépe tím, když na horní konec přidáme vodovodný drát. — Mohli bychom samozřejmě přidat libovolný útvar, který by měl vůči zemi kapacitu — kouli, plechovou desku. Z důvodů cenových a montážních je nejméně výhodnější prostý napjatý drát nebo jednoduchá konstrukce ze silnějších drátů (známá obrácená třínožka a pod.), umístěná na bambusovém stožáru.

Napětí, indukované v přijímací anteně, je největší, souhlasí-li přijímaný kmitočet s vlastním kmitočtem přijímací anteny. Kdybychom si stanovili závislost napětí indukovaného v anteně na kmitočtu dopadající vlny, dostali bychom známou rezonanční křivku. To je samozřejmě, poněvadž přijímací antena je vlastně oscilační obvod. Ježto má antena vzhledem ke své indukčnosti a kapacitě dosti veliký ohmický odpor, je značně tlumená a její rezonanční křivka je dosti plochá.

Někdy zúmyslně pracujeme na anteně daleko od resonance. V tom případě mluvíme o **aperiodické, neladěné anteně**. Pracujeme-li při resonanci, mluvíme o **laděné anteně**. Laděná antena má sice větší účinnost, t. j. podává větší napětí, ale zato působí jakési potíže při obsluze, a proto se jí používá *jen* zcela výjimečně.

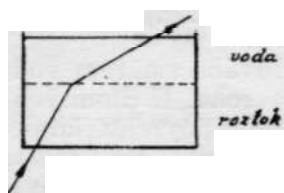
Šíření vln.

Doposavad jsme se spokojovali s předpokladem, že vysílací antena vysílá elektromagnetickou vlnu všemi směry (nemáme na mysli směrové anteny) a antena přijímací přeměňuje elektromagnetickou vlnu na elektrické kmity. Nyní nás bude zajímat, jak to vlastně vypadá mezi antenou vysílací a přijímací. Spojení zprostředkuje jednak vlna povrchová a jednak prostorová.

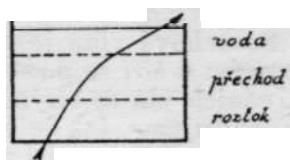
Povrchová vlna je antenou vyzařována směrem vodorovným a šíří se podél zemského povrchu. U dlouhých a středních vln se ohýbá podél zemského povrchu, čímž si vysvětlujeme, jak je možné, že lze zachytit elektromagnetickou vlnu i z míst vzdálených tisíce kilometrů. Kdyby se vlna šířila přímočaře, nebylo by to s ohledem na kulatost země možné.

Prostorová vlna je antenou vyzařována šikmo vzhůru do prostoru. Odtud se vrací a přichází k přijímací anteně šikmo shora. Fakt, že se vlna vrací, zdá se zajisté dosti podivný. Vysvětlení pro tento úkaz je dvojí, jedna teorie praví, že ve výšce asi 50—200 km nad povrchem zemským je jakási hladina, zvaná **Heawisideova** (hevisajdova) **vrstva**. O tuto vrstvu se prostorová vlna odráží a přichází tedy zpět k zemskému povrchu. Nesmíme si však představovati Heawisideovu vrstvu jako něco pevného. Ve skutečnosti mění svou výšku i se různě prohýbá. Jaké to bude mít následky pro odraz vln, snadno si dovedete představit, vzpomenete-li na odraz slunečních paprsků o čeřící se vodní hladinu. Osvětlení jednoho a téhož místa těmito odraženými paprsky se mění, ačkoli slunce svítí stále stejně. Podobně i prostorová vlna po odrazu o Heawisideovu vrstvu přichází s měnící se mohutností.

Teorie s Heawisideovou vrstvou nevysvětluje jednoznačně všechny zjevy. Druhá teorie je založena na lomu elektromagnetické vlny. Představte si, že v nějaké nádobě je nasycený solný roztok, na nějž je opatrně nalita čistá voda. Mezi oběma je ostré rozhraní. Prochází-li šikmý světelný paprsek z roztoku do vody, lomí se (obr. 82). Necháme-li nádobu delší dobu státi, bude přechod z nasyceného roztoku do čisté vody povlovný. Světelný paprsek se nezlomí, nýbrž přejde poznenáhlu z jednoho směru do druhého (obr. 83). Zcela podobně je tomu i s prostorovou vlnou. Prostor kolem země mění s výškou své fyzikální vlastnosti, a tak se prostorová vlna jaksi ohýbá, až přejde zpět k zemi. Obdoba mezi světlem a elektromagnetickou vlnou je velmi dobře odůvodněna, neboť obojí je vlnění a řídí se týmiž zákony. Z nauky o světle víme, že se jinak láme světlo červené a jinak fialové. Elektromagnetické vlny se různě lámou (nebo



Obr. 82. Lom světla na rozhraní dvou prostředí.



Obr. 83. Změna směru světla v přechodu mezi dvěma prostředími.

v našem případě ohýbají) podle délky vlny. Proto se budou vlny různých délek a různých vysílacích stanic různě chovati a různě vraceti zpět.

Povrchová vlna naráží na své cestě u zemského povrchu na celou řadu překážek. Je tu celá řada předmětů, které jsou vodivé a mají podobný účinek jako na transformátoru závit na krátko. Za nimi vzniká stín. Jsou-li tedy — mezi antenou vysílací a přijímací — pohoří, lesy a velké budovy, je za nimi, t. j. směrem od vysílací anteny, stín, t. j. místo, kde bude napětí indukované v přijímací anteně menší, než by bylo bez těchto překážek. Ve větší vzdálenosti od překážek není stín tak patrný, po případě není vůbec znatelný.

U dlouhých vln se šíří povrchová vlna do ohromných vzdáleností. Čím je však vlna kratší, tím více jsou jí na závalu různé překážky, až u krátkých vln zaniká povrchová vlna po několika málo kilometrech. Při ultrakrátkých vlnách je dokonce vliv překážek tak veliký, že je příjem možný pouze tehdy, je-li z vysílací anteny vidět antenu přijímací. Protože se šíří téměř jako světlo, říká se někdy ultrakrátkým vlnám (t. j. pod 10 m) **kvasioptické** (skoro světelné).

Při dlouhých vlnách děje se šíření pouze vlnou povrchovou, jež proniká do ohromných vzdáleností (zámořská telegrafie). Prostorová vlna se k zemi nevrací.

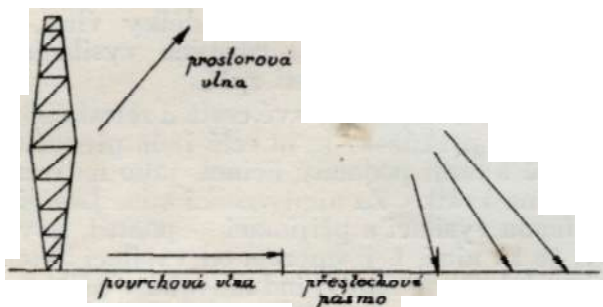
Při středních vlnách děje se šíření jak vlnou prostorovou, tak povrchovou. Povrchová vlna má dosah několika desítek, prostorová vlna několika set, ba i několika tisíc kilometrů.

Při krátkých vlnách převládá šíření prostorovou vlnou. Povrchová vlna zaniká po několika kilometrech nebo desítkách kilometrů. Mezi dosahem povrchové vlny a příchodem prostorové vlny je t. zv. **přeslechové pásmo** (obr. 84), kde není příjem možný.

Vlny ultrakrátké se šíří jako světlo. Příjem je možný pouze tam, kam je viděti z vysílací anteny. Prostorová vlna se nevrací.

Nepřavidelné šíření vln a poruchy.

Na šíření prostorové vlny má vliv Heawisideova vrstva. Stav Heawisideovy vrstvy závisí na mnoha okolnostech: na denní a roční době, na slunečních skvrnách, magnetic-



Obr. 84. Vlna povrchová a prostorová a přeslechové pásmo.

kých poměrech, polární záři atd. Ale i povrchová vlna podléhá celé řadě proměnlivých vlivů: vzdušné proudy, srážky, magnetické poměry, činnost sluneční, roční a denní doba atp. Je tedy samozřejmé, že velikost napětí na přijímací anteně bude kolísati; klesne třeba i na nulu. Tomuto kolísání síly příjmu říkáme **únik** nebo **fading** (fejding). Únik však může mít ještě složitější příčiny. Dejme tomu, že na přijímací antenul přicházejí obě vlny, povrchová i prostorová, stejně silně. Pokud jsou ve fázi, jejich účinky na přijímací antenu se sčítají. Jestliže však přichází jedna o půl periody zpožděna, pak se jejich účinky na přijímací antenu odčítají a případně se ruší. Přichází-li na př. vrch povrchové vlny, přichází zároveň důl prostorové vlny, a obě vlny se v účinku zeslabují. Vzájemné posunutí o půl periody vzniká tím, že je cesta prostorové vlny delší. Stačí tedy nepatrné posunutí Heavisideovy vrstvy, dráha prostorové vlny se změní o půl délky vlny a přejde se ze stavu, kde se obě vlny v účinku sčítají, do stavu, kde se odčítají.

Dalším nepříjemným zjevem jsou **poruchy**. Viděli jsme, že vždy, kde se přeruší nebo zapne proud, vzniknou oscilace. Přesněji řečeno, vznikají oscilace všude tam, kde se ukáže elektrická jiskra. A to je velmi často; na vypínačích, nedokonalých dotycích, u uvolněných žárovek a pojistek, na kolektorech elektrických motorků, na samočinných regulátorech teploty v elektrických vařičích, žehličkách, poduškách, na elektrických zvoncích, automobilových svíčkách, na číselnicích automatických telefonů, na relátkách telefonních i telegrafních ústředěn, u některých matečných elektrických hodin. Dále někdy

vznikají jiskry a tím i oscilace u hnacích řemenů, mazaných kalafunou. Celá řada elektroléčebných přístrojů je velmi vydatným zdrojem oscilací; přístroje diathermické, Rontgenovy aparáty, některá »horská slunce« atd.

Vedle toho i výboje atmosférické elektřiny jsou zdroji silných oscilací. Je tedy zdrojů nežádaných oscilací až dost. Věc by byla dosti nepříjemná, kdyby každý z obvodů vysílal jednu vlnu, či přesněji řečeno, vlnu o jediném kmitočtu. Bohužel jsou takto vznikající kmity silně tlumené, a tlumený kmit je možno rozložit na řadu kmitů všech kmitočtů. Vysílá tedy každý takový nechtěný vysílač velmi široké frekvenční pásmo.

Přímý dosah vln od elektrických zařízení není velký, jen několik metrů, ale zato vyzařuje celé vedení. Musíme tedy přijmouti nepříjemnou skutečnost, že naše elektrická vedení, ať světelné, či telegrafní a telefonní sítě, vyzařují každým svým místem široké pásmo vln na vzdálenost několika metrů.

Atmosférické poruchy, t. j. oscilace, vznikající při výbojích atmosférické elektřiny, mají dosah i mnoha desítek kilometrů.

Další o antenách.

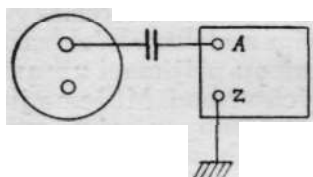
O poruchy nestojíme. Bohužel, proti atmosférickým poruchám jsme bezmocní. Poruchám z elektrických zařízení se hledíme vyhnout tím, že antenu přijímací upravíme co nejdále ode všech elektrických vedení. Můžeme jíti dokonce tak daleko, že zařídíme antenu co nejvýše na střeše domu, tedy hodně daleko od všech možných zdrojů poruch, a přívod od této anteny k přístroji upravíme tak, aby k němu poruchy nemohly. Nejlépe se to provede tak, že se přívod provede jako kabel, jehož plášť jest uzemněn. Vlastní přívod je dosti tenký drát, plášť má průměr asi 1 cm; izolací mezi pláštěm a vlastním přívodem je převážně vzduch. Rušící vlna nemůže proniknouti uzemněným pláštěm k přívodu. Přívod je tedy nerušený, ale i neúčinný.

Anteny se stíněným svodem, krátce zvané **stíněné anteny**, mají své výhody i nevýhody: výhodou je, že vlastní antena stojí hodně vysoko, kam nedosahují poruchy, kde je možný lepší příjem vysílačů, ježto v té výšce sotva leží antena ve stínu nějaké překážky. Nevýhodou je malá

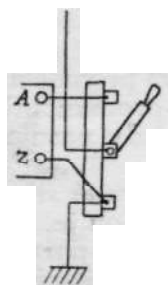
účinnost a vysoký pořizovací náklad. Vedle toho stačí nedostatečná pečlivost při montáži a výhody se velmi podstatně zmenší. Stíněné anteny se hodí pro velké, citlivé přijímače. Při malých přijímačích obyčejně nadobro zklamou.

Pokyny pro stavbu anten jsou velmi jednoduché. Antena musí být proti zemi dobře izolována — nešetřiti! Antena musí být vedena co nejdále od všech vodivých předmětů (i domů, stromů), hlavně pak od elektrických vedení. Čím je antena položena výše, tím lépe. Nezapomenouti, že uzemnění je částí anteny, tedy prováděti stejně pečlivě. Obyčejně se uzemňuje na vodovod nebo ústřední topení; postarat se o dobrý dotyk! Pouhé omotání drátu kolem trubky nelze nazvat dobrým dotykem. Neuzemňujte na hromosvod! Špatně provedené uzemnění může ohroziti i lidské životy.

Zhusta se používá t. zv. **anten síťových**. Mezi síť světelného proudu a přijímač se zapojí malý kondensátor (obr. 85) kapacity 200 cm nebo méně. Antenou je pak světelná síť a kondensátor brání vniknutí síťového napětí do přijímače. Mnohdy se tento kondensátor přímo montuje do přijímače; jindy se zase upravuje do líbivé formy a prodává se pod jménem **antenor**. Síťová antena je velmi po-



Obr. 85. Síťová antena.



Obr. 86. Antenní přepínač.



Obr. 87. Antenní bleskojistka.

hodlna, nepotřebuje žádné instalace; zato však výsledky jsou závislé na místních poměrech. Někde podává síťová antena silný příjem, jinde mizivě malý; všude pak přináší spoustu poruch.

Venkovní anteny se mají uzemňovati, nepoužívá-li se jich. Pohodlně se tak děje **antenním vypínačem** nebo **přepínačem** (obr. 86). Přeložením páky dolů se přijímač odpojí od anteny a antena se uzemní. Jindy se používá **antenních bleskojistek**. Je to v podstatě jiskřiště, v němž nastává výboj již při malých napětích (na př. 300 V), jež se zapojí mezi antenu a zem. Stoupne-li vlivem atmosférické elektřiny napětí anteny proti zemi nad tuto mez, nastane výboj v jiskřišti a náboj anteny se beze škod odvede do země. Nejlepší jsou antenní bleskojistky, plněné vzácnými plyny (hlavně neonem).

Použití elektromagnetických vln.

Ježto elektromagnetické vlny snadno překonávají vzdálenosti, byla nasnadě myšlenka použití jich k přenášení zpráv. Kdysi se používalo vln tlumených, dnes výhradně vln netlumených. Vysílají-li se v rytmu Morseových (nebo jiných) telegrafních značek, mluvíme o **radiotelegrafii**. Jestliže je vlna modulována střídavými proudy, získanými z mikrofonu, mluvíme o **radiotelefonu**. Pro radiotelegrafii a radiotelefonu je netlumená vlna tímtež, čím je pro normální telegrafii a telefonii stejnosměrný proud. Při telegrafii se proud zavádí a přerušuje, při telefonii se mění jeho síla mikrofonem. Obdoba je tak jasná, že ji netřeba blíže vysvětlovati.

Úžasný rozmach radiotechniky způsobil teprve vynález elektronek.

ELEKTRONKY.

Fysikální základy.

Dělíme-li kousek nějaké hmoty, na př. kuchyňské soli, na stále menší a menší částice, dospějeme konečně k částici tak malé, že ji nelze žádným mechanickým způsobem dále dělit. Takováto částice se nazývá **molekula**. Molekulu však můžeme dělit dále chemicky na tak zvané **atomy**. Kuchyňská sůl se skládá z atomu chloru a atomu

sodíku. Různé fyzikální zjevy však nasvědčovaly tomu, že atom je ještě dále dělitelný. Ježto nemáme možnosti jakkoli se o jeho složení přesvědčiti, jsme odkázáni na pouhé dohady. Z různých teorií o stavbě atomu vybírám onu, jež je nejsnáze pochopitelná.

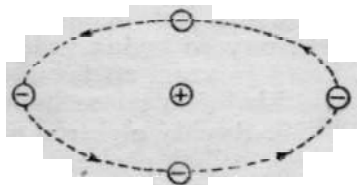
Atom si představujeme jako malou sluneční soustavu (obr. 88) s kladně nabitým **jádrem** uprostřed v úloze slunce, kolem něhož krouží jeden nebo více záporně nabitých elektronů. **Elektron** je tedy nejmenší částička hmoty a současně i elektřiny.

Chemická povaha atomu závisí nejen na počtu obíhajících elektronů, nýbrž i na stavbě jádra. Jádro si můžeme představit asi jako malinu, složené z částic kladných a záporných — při čemž kladné jsou v převaze, a tím právě se váží oběžné elektrony. Má-li se provést změna jednoho prvku v druhý, je třeba nejen změnit počet oběžných elektronů, nýbrž i stavbu jádra.

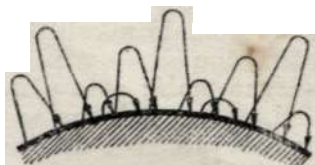
V hmotě máme nejen elektrony, jež jsou pevně vázány k jádru, nýbrž i elektrony volné. Nesmíte se však dáti mýlit jménem a myslit si, že volný elektron je prostě tulák bez vlasti a že je v tělese jaksi nadpočetný. Doopravdy patří i volný elektron k nějakému jádru, jenže to nebere s domovskou příslušností příliš doslovně a řídí se spíše zásadou: Ať obíhám, kde obíhám, jen když obíhám. Jinak řečeno, takový elektron si zakrouží kolem nějakého jádra, najednou si zamane a přeskočí do oblasti jiného atomu, odtud zase přeskočí a zakrouží si zase kolem jiného jádra a tak dále. Jednotlivé atomy si takto nepravidelně vyměňují elektrony. Pozorujeme-li pouze ty volné elektrony, můžeme říci, že se v hmotě zcela nepravidelně pohybují — t. j. nejrůznějšími směry i rychlostmi.

Vlivem elektrického pole se tento pohyb uspořádává, takže převládají elektrony pohybující se jedním směrem. Pohyb elektronů jedním směrem označujeme jako elektrický proud. Elektrony se pohybují ve vodiči od záporného pólu zdroje ke kladnému.

Zvyšuje-li se teplota hmoty, jsou pohyby elektronů stále živější. Při dostatečně vysoké teplotě (nebo jiné příčině, jež zvyšuje energii elektronů) mohou nabýti elektrony takové rychlosti, že na povrchu tělesa vyběhnou ven do prostoru.



Obr. 88. Model atomu.



Obr. 89. Vznik prostorového náboje.

Nejprve předpokládejme, že okolní prostor je úplně prázdný, to jest bez jakéhokoli jiného tělesa a bez plynu. Elektrony vystupují ze žhavého tělesa různou rychlostí. Zdálo by se, že budou postupovati volným prostorem rovnoměrnou rychlostí bez překážek do nekonečna. To je však omyl. Při této úvaze jsme přehlédli, že žhavé těleso se stalo tím, že je opustily záporné elektrony, kladným. Původně bylo zcela neelektrické, t. j. kladné a záporné náboje (jádra a elektrony) se dokonale vyvažovaly. Jestliže odešly do prostoru elektrony, tedy záporné náboje, musí zůstat žhavé těleso kladně elektrické.

Elektron, který opustil žhavé těleso, je tedy jeho kladným nábojem přitahován zpět. Jeho rychlosti ubývá, až konečně nastane pohyb zpět. Tedy něco úplně podobného tomu, vyhodí-li se kámen do výše: stoupá, jeho rychlosti ubývá, až počne klesati a spadne na zem. Je samozřejmé, že elektrony rychlejší odletí dále, pomalejší méně daleko (obr. 89). Poletující elektrony vytvoří kolem žhavého tělesa jakousi mlhovinu. Ježto se skládá ze záporně nabitých elektronů, je i prostor, vyplněný mlhovinou, záporně nabit; proto se mu říká **prostorový náboj**.

Postaví-li se do blízkosti žhavého tělesa jiné těleso, mohou nastati tři případy: buď je nové těleso neelektrické, nebo je záporně či kladně elektrické.

Je-li toto nové těleso neelektrické, nemá vlivu na pohyb elektronů. Jen tehdy, je-li velmi blízko žhavého tělesa, mohou rychlé elektrony na něj dolétnouti a usaditi se na něm. Ovšem přílivem elektronů stává se toto těleso záporným, takže přechází v případ druhý.

Je-li nové těleso záporně nabitě, odpuzuje záporné elektrony. Jen rychlý elektron by mohl i proti odpudivé síle dolétnouti na záporně nabitě těleso.

Je-li nové těleso nabito kladně, nastávají zjevy poněkud složitější. Předpokládejme, že náboj kladného tělesa

je malý. Pak rychlé elektrony budou jím přitaženy, kdežto pomalé nikoli. Rychlé elektrony se hodně vzdálí od žhavého tělesa, a proto síla, která je vrací zpět, bude poměrně malá; zato přitažlivá síla kladného tělesa bude velká, neboť elektron se mu přiblížil. Rychlý elektron se tedy nevrátí zpět do žhavého tělesa, nýbrž přelétne na kladné těleso. Naproti tomu pomalý elektron se vrátí zpět do žhavého tělesa, ježto se od něj málo vzdálil a zůstal tedy v oblasti velké přitažlivé síly, kdežto působení kladného tělesa je malé pro velkou vzdálenost.

Žhavému tělesu, z něhož vystupují elektrony, budeme říkati **katoda**; kladnému tělesu, jež je cílem elektronů, budeme říkati **anoda**.

Při malém kladném náboji anody dolétnou na ni jen nejrychlejší elektrony; zvětší-li se náboj anody, dolétnou i méně rychlé. Při určitém, dostatečně velkém náboji přilétnou na anodu všechny elektrony, které katoda vyšle.

Uvedený zjev, že prázdným prostorem projde proud, je-li katoda rozežhavana a anoda nabitá kladně, pozoroval prvý Edison (po němž je také tento zjev nazván) při pokusech, jimiž hledal příčinu, proč jeho žárovky mají krátký život. Ježto pak pozorovaný zjev nedával odpověď na jeho otázku, zůstal po dlouhá léta nepovšimnut.

Vložme mezi anodu a katodu další těleso, které sice může býti nositelem elektrických nábojů, při tom však je pro elektrony prostupné. Prakticky se požadovaných vlastností dosáhne na př. sítkou z tenkých drátů. Tomuto novému tělesu budeme říkati mřížka.

Udělíme-li mřížce kladný náboj, pak budou na elektrony vystupující z katody, působiti přitažlivé síly nejen z anody, nýbrž i z mřížky. Ježto pak je mřížka ke katodě blíže nežli anoda, bude její náboj působiti na elektron, vystupující z katody, silněji, nežli by působil stejný náboj na anodě. Jinak řečeno: na odchod elektronů z katody mají náboje na mřížce takový vliv, jako by měly na anodě náboje několikrát větší. Kolikrát větší? To závisí na vzájemném uspořádání katody, mřížky a anody, a je tedy pro určité uspořádání stálá veličina, jíž se říká **zesilovací činitel**. Tedy zesilovací činitel nám udává, kolikrát větší musí býti náboje na anodě, aby se dosáhlo stejného účinku jako náboji na mřížce.

Je-li tedy náboj mřížky kladný, je účinek na tok elek-

tronů takový, jako kdyby se anodové napětí zvětšilo. Budou tedy přitahovány i pomalejší elektrony a tok elektronů bude větší. Některé z elektronů, které vyjdou z katody, nedojdou až k anodě, nýbrž skončí svou dráhu na kladně nabitě mřížce; ovšem těch je poměrně málo.

Je-li mřížka záporně nabitá, působí na tok elektronů tak, jako by se anodové napětí zmenšilo. Tok elektronů bude menší. Ježto je mřížka nabitá záporně, nedopadá na ni žádný elektron a celý jejich tok jde od katody k anodě.

Těch několik prostých fakt je základem pro pochopení funkce elektronek. Zbývá ještě zmíniti se o dvou důležitých zjevech. Narazí-li prudce letící elektron na molekulu nějakého plynu, rozbije ji, to jest, vyrazí z ní jeden nebo více elektronů. Místo molekuly a jednoho elektronu máme teď více elektronů a zbytek molekuly, t. zv. **ion**, který má samozřejmě kladný náboj. Popsanému zjevu se říká **ionisace**.

Narazí-li pak elektron na tuhé těleso, mohou nastati různé zjevy. Pro nás důležitý je ten, kdy elektron do hmoty vnikne a zůstane tam — tedy celkem nic zvláštního. Jiná důležitá možnost je ta, že rychlý elektron dopadne pod vhodným úhlem a vhodnou rychlostí a vyrazí několik dalších elektronů, t. **zv.sekundárních elektronů**, které se pohybují pouze malou rychlostí. (Vrhne-li se do hromady šterku kámen, odletí několik kousků šterku.)

Všech dosud poznáných vlastností se technicky využívá; jak, bude podrobněji popsáno.

Konstruktivní prvky elektronky.

Co je to vlastně elektronka? Její dřívější název radiolampa je nehezky, nečeský, a nemá se ho užívat. Vymežit několika slovy pojem elektronky a zůstatí při tom srozumitelným, je nesnadné. Nejspíše by bylo možno označiti elektronku jako technické zařízení, které využívá průchodu elektronů prázdným prostorem.

Z fyzikálních základů, které jsme právě probrali, vysvítají jasně podmínky, jimiž je nutno se při konstrukci elektronky řídit. Nejdůležitějším prvkem je katoda. Prozatím je nám o ní známo, že musí být rozežhavana a vysílati elektrony. Zásadně může každá hmota **emitovati** (vysílati) elektrony, ovšem jen tehdy, má-li dostatečně vysokou teplotu. Pro většinu hmot je tato teplota tak

vysoká, že materiál již měkne, vypařuje se nebo se taví. Ježto však potřebujeme i při těch vysokých teplotách dostatečnou mechanickou pevnost, zůstává náš výběr omezen na malý počet kovů. Z nich se z praktických důvodů užívá **wolframu**, který je i při nejvyšších teplotách dostatečně pevný.

Wolfram se dá vytáhnouti v dlát a umožňuje pěkné řešení: drát se rozežhává průchodem proudu ze zvláštního zdroje a stává se tak schopným emitovati elektrony. Takovéto katodě se říká přímo žhavená. Uvedeného řešení se dříve běžně používalo a dosud se hojně vyskytuje u vysílacích elektronek pro svou velkou trvanlivost. Pro běžnou praxi má tu nevýhodu, že spotřeba žhavicího proudu je veliká. Tomu jest rozuměti tak, že pro určitý tok elektronů je třeba určitého výkonu žhavicího proudu, a poměr mezi požadovaným tokem elektronů a potřebným výkonem žhavicího proudu je nepříznivý. Wolframové vlákno má malou účinnost.

Účinnost se podstatně zlepši, přimísíme-li k wolframu trochu **thoria**. (Thorium je vzácný kov.) Thorium daleko snáze emituje elektrony než wolfram, ale nehodí se pro své ostatní vlastnosti k přímé výrobě katod. Kombinace s wolframem je velmi šťastná, neboť při zachovaných dobrých mechanických vlastnostech podává velkou emisi při značně nižší teplotě než čistý wolfram. Velkou nevýhodou thoriovaných katod je choulostivost proti přezhavení, t. j. vyžhavení na vyšší teplotu než normální vyšším žhavicím proudem. Zvýšenou teplotou se totiž vypaří tenoučká vrstva thoria na povrchu katody, a tato ztratí schopnost emitovati elektrony. Thoriovaných katod už se dnes používá celkem zřídka.

Jako další krok ve vývoji katod je možno uvést **katodu** oxidovou: wolframové vlákno povlékne se vrstvou kysličníků (oxidů) vzácných kovů. Nejúčinnější pak je katoda baryová s povlakem barya (vzácného kovu) a jeho kysličníku. Dnes se používá, až na řídké výjimky, katod oxidových a baryových.

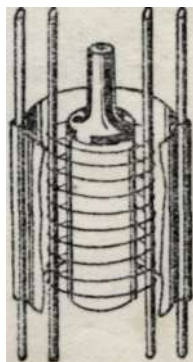
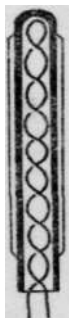
Další předpoklad pro uspokojivou funkci katody je stálá její teplota. Již z dosavadního výkladu je jasné, že katoda musí nabýti určité teploty, má-li nastati emise elektronů. Je-li teplota nižší, emise nenastane; je-li pak vyšší, je i emise větší. Zachování stálé teploty katody při

žhavení elektrickým proudem z baterií je snadné; zato při žhavení střídavým proudem jsou zde jakési obtíže. Jak známo, nabývá střídavý proud během jedné periody dvakrát hodnoty maximální a dvakrát hodnoty nulové. Když je proud maximální, je i vývin tepla největší; když je proud nulový, žádné teplo se nevyvíjí. Tedy během jedné periody střídavého proudu stoupá vývin tepla dvakrát z hodnoty nulové na maximální a klesá zpět na nulu. Při silném vývinu tepla se katoda ohřívá, při nulovém vychládá. Není tedy teplota katody stálá, nýbrž kolísá s dvojnásobným kmitočtem střídavého proudu. A ježto emise závisí na teplotě, kolísá i emise, což by způsobovalo v přijímači nebo zesilovači nesnesitelné bručení.

Je tedy třeba vykonstruovati katodu tak, aby její teplota co nejméně kolísala. Toho se dosáhne, provede-li se katoda tak, aby se co nejméně ochlazovala a přitom popjala hodně tepla.

Nasadě je řešení použití tlustého drátu. Tlustý drát má velkou hmotu a v poměru k ní malý ochlazovací povrch. Taková katoda se pomalu ohřívá a tedy i pomalu chladne. Dá se proto žhavit i střídavým proudem.

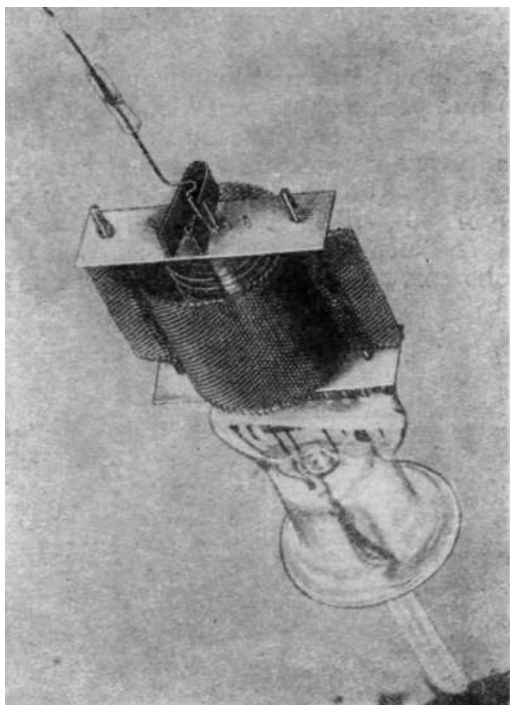
Toto řešení se pro jiné potíže valně neujalo. Zato zobecnělo jiné provedení katody. Katodu samu tvoří niklová trubička, na vnějším povrchu opatřená emitující vrstvou. Uvnitř trubičky je žhavicí vlákno, které vyhřívá katodu na žádoucí teplotu (obr. 90). Niklová trubička tvoří takovou; zásobárnu tepla, že kolísání teploty žhavicího vlákna nemá pozorovatelného vlivu na teplotu povrchu katody.



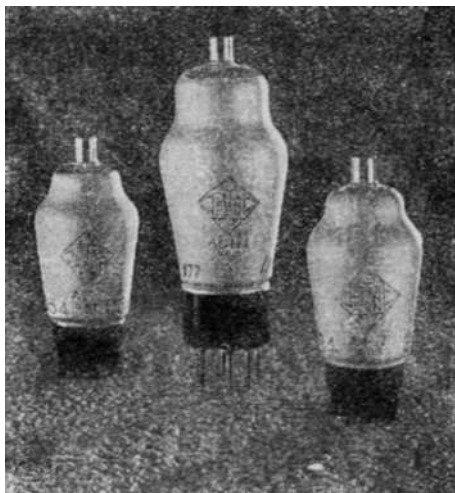
Obr. 90. Nepřímo žhavená katoda. Obr. 91. Systém elektronky schematicky.

Věc nejlépe vysvitne na příkladě: Představte si, že na elektrickém vaříči bude stát nádoba s vodou. Vaříč bude vždy 5 vteřin zapjat a 5 vteřin vypjat. Je zřejmé, že teplota topné spirály bude velmi podstatně kolísati, pravděpodobně se bude rozežhavovati a zase vychládati, avšak ve vodě na vaříči bude kolísání teploty nepozorovatelné, obzvláště tehdy, bude-li nádoba vyzařovati málo tepla, bude-li tepelně dobře izolována. Z uvedeného příkladu je jasně patrné, že katoda pro žhavení střídavým proudem musí míti buď velkou tepelnou zásobu, nebo musí býti postaráno o to, aby se pomalu ochlazovala, nebo je konečně nejlépe, učiniti obě opatření současně. Detaily konstrukce nejsou pro pochopení věci důležité.

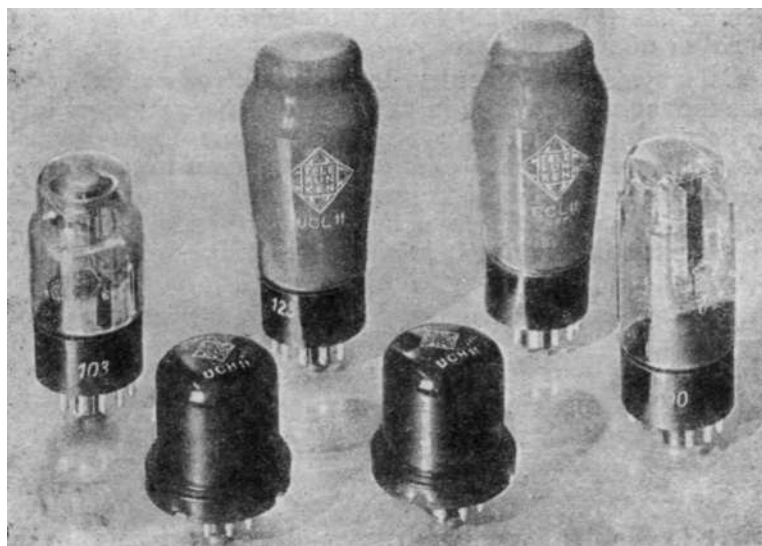
Máme tedy dva druhy katod: **Přímo žhavené** jsou ty, kde účinná vrstva, t. j. vrstva vysílající elektrony, je nanášena přímo na kovovém vlákně, jímž prochází žhavicí proud a jež se tímto proudem rozežhává. **Nepřímo**



Obr. 92. Systém elektronky Philips.



Obr. 93. Elektronky Telefunken se skleněnou bankou, mřížkovým vývodem na vrcholu baňky a patičí kolíkovou (uprostřed) a lamelovou (po stranách).



Obr. 94. Elektronky Telefunken s americkou patičí. Vpředu dvě elektronky s kovovou baňkou.

Žhavené katody jsou rozežhávány zvláštním topným vláknem, které se pochodů v elektronce neúčastní.

• Anody provádějí se jako válce nebo hranoly, obklopující soustředně katodu (obr. 91), a jsou buď z niklového plechu nebo z drátěného pleťiva. Ježto se anody, obzvláště u větších elektronek, silně zahřívají, musí býti nějakým způsobem postaráno o dostatečný odvod tepla. Anody se buď načernují. ježto černá barva lépe vyzařuje teplo, nebo se zvětšuje jejich povrch tím, a) že se provedou z drátěného pleťiva, b) plechovým anodám upraví se chladicí žebra. U velkých vysílacích lamp jsou někdy chladicí žebra umístěna i vně mimo elektronku anebo je anoda chlazená vodou.

Mřížky se dnes pravidelně konstruují jako šroubovice z tenkého drátu a jsou soustředné s katodou. (Obr. 91.) Umístěny jsou mezi katodou a anodou. Jako materiálu se používá molybdenu.

Vzájemná poloha katody, mřížek a anody pojišťuje se zvláštními můstky buď ze slídy nebo z keramického materiálu.

Katodu, mřížky a anodu, tedy veškeré prvky, které se účinně účastní na pochodech v elektronce, nazýváme souborným názvem **elektrody**.

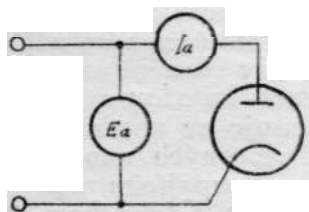
Celý systém elektronky, to jest elektrody s držáky a upevňovacími můstky, je zataven v baňce, z níž vzduch je co nejdokonaleji vyčerpán. Viděli jsme, že i nejmenší stopy plynu jsou na překážku nerušenému toku elektronů. Baňky se vyrábějí nejčastěji ze skla, v novější době pak také kovové. Kovové baňky mají vedle některých elektrických předností ještě tu výhodu, že umožňují zmenšiti vnější rozměry elektronky.

Aby systém elektronky byl chráněn před vnějšími elektrickými vlivy, pokrývá se skleněná baňka většiny elektronek kovovým povlakem.

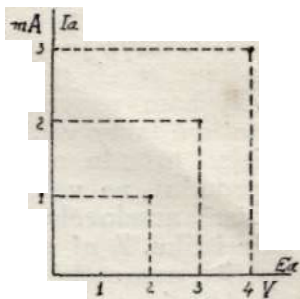
Přívody k elektrodám jsou vyvedeny jednak do patice, jednak do svorek na baňce.

Elektronky dvouelektrodové.

V této skupině jsou dva druhy elektronek: usměrňovací a diody. Mezi oběma není rozdílu v působnosti, jediné v použití a přizpůsobení pro žádaný účel.



Obr. 95. Schema měření charakteristiky - dvojelektrodové elektronky.



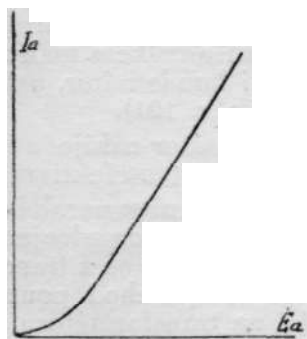
Obr. 96. Konstrukce charakteristiky.

A. Elektronky usměrňovací.

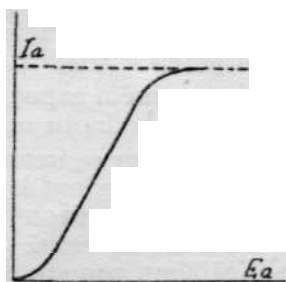
Rozžhavme jakýmkoliv způsobem katodu; mezi anodu a katodu zapojujeme různá napětí, jež měříme voltmetrem, a měříme při tom proud, který odtéká z anody. (Obr. 95). Výsledky měření můžeme sestavit do tabulky.

4 V	3 mA
3 V	2 mA
2 V	1 mA
0 V	0 mA
- 2 V	0 mA
- 4 V	0 mA

Tato tabulka je poněkud nepřehledná, daleko lépe nám vyhoví diagram (obr. 96). Na vodorovnou osu naná-



Obr. 97. Charakteristika dvojelektrodové elektronky.



Obr. 98. Charakteristika končí nasyceným proudem.

šíme velikost napětí, měřeného voltmetrem (kladná napětí, t. j. když je anoda kladná, vpravo), na svislou osu nanášíme anodový proud. Tím dostaneme řadu bodů. Kdybychom provedli větší počet měření, splynuly by jednotlivé body v čáru. (Obr. 97.) Tato čára nám udává závislost proudu, odtékajícího z anody (stručně anodového proudu), na velikosti napětí mezi katodou a anodou (stručně anodového napětí) a jmenuje se **anodová charakteristika**. Z ní vidíme, že při záporných anodových napětích neprotéká žádný proud, se stoupajícím napětím pak stoupá zprvu pomaleji, pak rychle. Kdybychom postupovali dále, viděli bychom, že pro vyšší anodová napětí stoupá proud pomaleji, až se konečně ustálí na jakési hodnotě, kterou nepřekročí ani při sebevětším zvyšování anodového napětí. (Obr. 98.) Tomuto meznímu proudu říkáme **proud nasycený**. Při nasyceném proudu všechny elektrony, jež byla katoda schopna emitovati, přejdou k anodě. Velikost nasyceného proudu závisí na jakosti, velikosti a teplotě katody. S teplotou nasycený proud rychle stoupá.

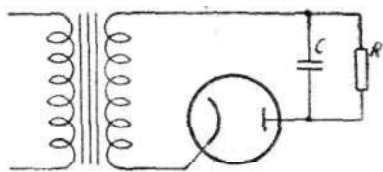
Na charakteristice můžeme pozorovati dolní a horní ohyb a část mezi nimi je více méně rovná.

Zapojíme elektronku podle obr. 99 tak, že katoda přijde na jeden pól transformátoru a anoda přes kondensátor C na druhý pól. Paralelně ke kondensátoru je odpor R, který prozatím necháme nepovšimnut. Bude-li horní svorka transformátoru záporná a spodní kladná, nemůže elektronkou projít žádný proud a poměry jsou stejné, jako kdyby v místě elektronky bylo přerušení. (Obr. 100.) Je-li naopak horní svorka kladná a spodní záporná, představuje nám elektronka vodivé spojení o celkem malém odporu a transformátor může nabíjeti kondensátor, a to horní pól kladně a spodní záporně (obr. 101).

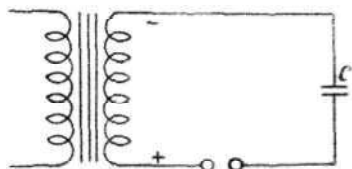
Při popsaném zapojení se tedy kondensátor nabije, a to na maxim, hodnotu napětí transformátoru (ne efektivní).

Kondensátor se nemůže vybiti jinak, než přes paralelní odpor R, Vzhledem k odporu R je kondensátor zdrojem stejnosměrného proudu; tento zdroj doplňuje se z transformátoru, při čemž elektronka dovolí průchod pouze nabíječícímu proudu. Průběh napětí na transformátoru a kondensátoru je vyznačen v obr. 102.

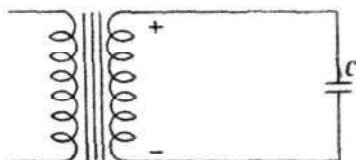
Funkce celého zapojení nejlépe vysvitne na příkladu:



Obr. 99.



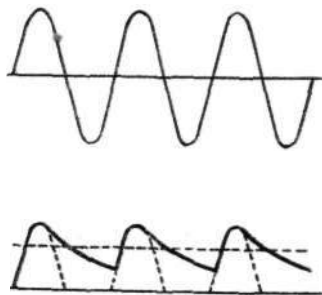
Obr. 100.



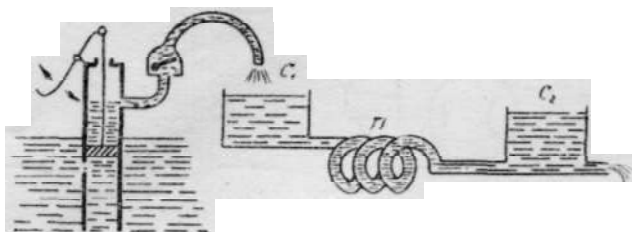
Obr. 101.

Usměrnění střídavého proudu dvouelektrodovou elektronkou.

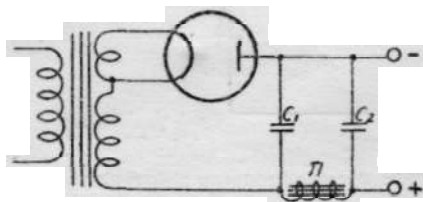
transformátor s elektronkou funguje podobně jako pumpa s ventilem, kondensátor si můžeme představit jako nádrž, v níž je u dna otvor, odkud voda opět odtéká. Pumpa dodává vodu do nádrže s přestávkami, nárazovitě, ale přesto odtok otvorem je více méně rovnoměrný. Odtok bude tím rovnoměrnější, čím bude nádrž větší. Kdyby nám šlo o odtok *ještě* rovnoměrnější, připojili bychom další nádrž dlouhým potrubím, v němž by se uplatnila setrvačnost vody. V druhé nádrži bude výška hladiny kolísati mnohem méně nežli v první, a tudíž bude i odtok mnohem rovnoměrnější. (Obr. 103.) Provedeme-li popsaný příklad elektricky, dostáváme zapojení podle obr. 104. Místo dvou nádrží jsou zde dva kondensátory, místo druhého potrubí je zde tlumivka. Přímo žhavená katoda žhává se ze zvláštního vinutí na transformátoru. Celé zapojení nazývá se **jednocestný eliminátor**, kondensátorům s tlumivkou (již lze někdy nahraditi ohmickým odporem) říká se **filtrační řetěz**. Filtrační řetěz může býti i vícenásobný, t. j. mů-



Obr. 102. Průběh napětí na transformátoru a kondensátoru usměrňovače.



Obr. 103. Znázornění působnosti eliminátoru.



Obr. 104. Jednocestný eliminátor.

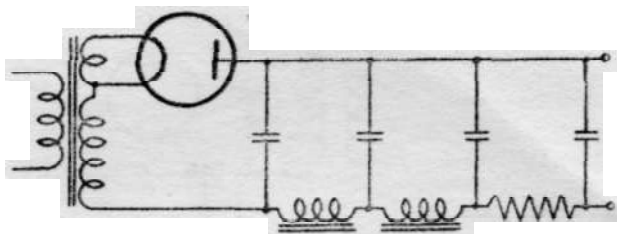
že býti zapojeno za sebou více tlumivek a více kondenzátorů. (Obr. 105).

Záporný pól eliminátoru se obvykle spojuje s kostrou přijímače, t. zv. chassis (šasi), a toto se uzemňuje.

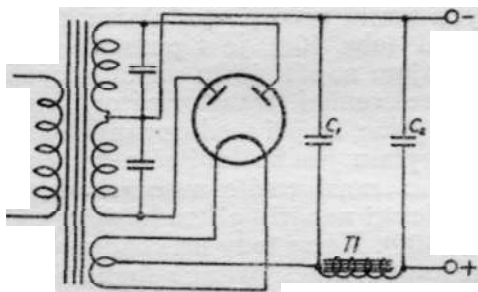
Při jednocestném eliminátoru využívá se pouze jedna půlvlna střídavého proudu. Chceme-li zužitkovat obě půlvlny, musíme buď použít dvou jednocestných eliminátorů nebo **dvoucestného eliminátoru**. (Obr. 106.) V obr. 107 je znázorněn průběh napětí na transformátoru a na prvním kondenzátoru dvoucestného eliminátoru. Vidíte, že kolísání napětí je mnohem menší než bylo u jednocestného eliminátoru. Je možno tedy vystačiti s menším filtračním řetězem nebo dosáhnouti lepšího uklidnění stejnosměrného napětí.

O eliminátorech je nutno si ještě zapamatovati:

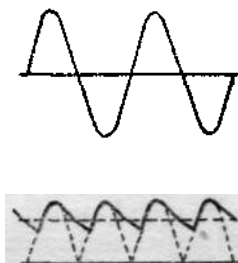
1. je lhostejno, zda tlumivka je v kladném či záporném pólu. S ohledem na snazší izolaci se dává tlumivka na ten pól, který má vůči zemi (a tedy i vůči kostře přístroje a tím i jádru tlumivky) menší napětí.
2. Katoda usměrňovací elektronky s hlediska stejnosměrného proudu je kladná.
3. Usměrněné stejnosměrné napětí může být vyšší nežli napětí transformátoru, ježto se kondenzátor nabíjí na maximální hodnotu, a na transformátoru měříme efek-



Obr. 105. Jednocestný eliminátor s prodlouženým filtračním řetězem.



Obr. 106. Dvoucestný eliminátor.



Obr. 107. Průběh napětí na transformátoru a prvním kondensátoru dvoucestného eliminátoru.

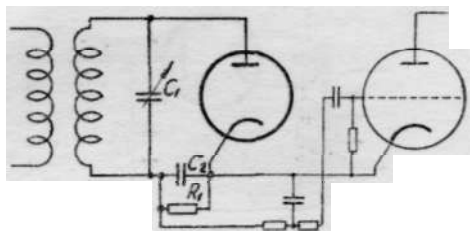
tivní hodnotu. Výše stejnosměrného napětí závisí silně na zatížení eliminátoru, to jest se zatížením klesá.

4. Někdy způsobuje eliminátor v přijímači i přes dokonalý filtrační řetěz nepříjemné bručení. Pak pomáhají kondensátory paralelně k vinutí transformátoru (viz obr. 106).

V nových přijímačích pro obojí druh proudu se používá usměrňovacích elektronek s nepřímou žhavenou katodou. Zapojení eliminátoru zůstává totéž; celý rozdíl je pouze v tom, odkud je žhavana katoda, a to není pro funkci eliminátoru podstatné.

B. Diody.

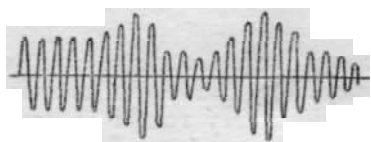
Diody jsou v podstatě usměrňovací elektrony pro vysoký kmitočet a malé proudy. Mají pravidelně nepřímou žhavenou katodu a velmi malé anody. Máme také diody se dvěma anodami, **duodiody**, a se třemi anodami, **triodiody**.



Obr. 108. Dioda jako detektor.

Diod se užívá k detekci modulovaných kmitů. Pochodu, jímž se z modulovaných kmitů získají modulační kmitý, se říká detekce. Zapojení (obr. 108) je v podstatě totéž jako u eliminátoru: zdrojem napětí je tu místo síťového transformátoru vysokofrekvenční transformátor, který může být laděný. Viděli jsme, že při modulovaných kmitech se mění rozkmit v rytmu jiného kmitočtu, tedy napětí na vysokofrekvenčním transformátoru stoupá a klesá. Stejně bude stoupati a klesati napětí na kondensátoru C_2 nebo na odporu R_1 (obr. 109). Máme tedy na kondensátoru kolísající stejnosměrné napětí, detektované napětí, nízkou frekvenci, již můžeme vésti k dalším lampám k zesílení. Je nutno uvědomiti si, že na kondensátoru C_2 není pouze nízká frekvence, nýbrž i zbytky vysoké frekvence. V některých případech bývá nutno před dalším zesílením tyto zbytky odfiltrovati.

Diodu je možno zapojiti ještě jiným způsobem, a to podle obr. 110. Působení je zcela obdobné jako při zapojení dříve probíraném.

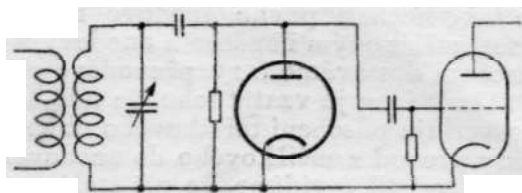


Obr. 109. Průběh napětí na laděném obvodu a kondensátoru C_2 .

Trioda.

Trioda je elektronka se třemi elektrodami: katodou, anodou a mřížkou. Katoda bývá přímo i nepřímou žhavená. Jak bylo již probráno ve fyzikálních základech, má na tok elektronů vliv nejen napětí anodové, nýbrž i napětí mřížkové.

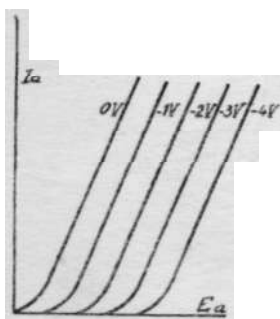
Ve všech dalších úvách budeme říkati struč-



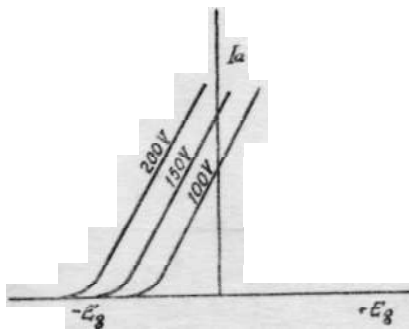
Obr. 110. Dioda jako detektor v jiném zapojení.

ně **napětí anodové**, **napětí mřížkové** místo přesnějšího: napětí mezi anodou a katodou, napětí mezi mřížkou a katodou. Dále předpokládáme, že katoda má náboj 0. Tedy na příklad, řekneme-li anodové napětí je + 250 V. znamená to, že mezi katodou a anodou je zapojeno napětí 250 V, a to kladným pólem k anodě, záporným ke katodě. U přímo žhavených katod měříme napětí vzhledem k zápornému konci žhavicího vlákna při žhavení proudem stejnosměrným, vzhledem ke středu vlákna při žhavení proudem střídavým.

Viděli jsme, že tok elektronů, či lépe řečeno anodový proud, závisí na anodovém a mřížkovém napětí, tedy na dvou veličinách. Chceme-li konstruovati charakteristiky, musíme vždy jednu z těch veličin nechat stálou a druhou měnit. Můžeme nechat stálé mřížkové napětí a měřiti závislost mezi anodovým proudem a anodovým napětím; pak můžeme změnit mřížkové napětí na jinou hodnotu a opět měřiti. Vyneseme-li výsledky měření do diagramu (obr. 111), dostáváme soustavu **anodových charakteristik**. Ke každé charakteristice musí býti ovšem připsáno, při kterém mřížkovém napětí je měřena.



Obr. 111. Anodové charakteristiky triody.

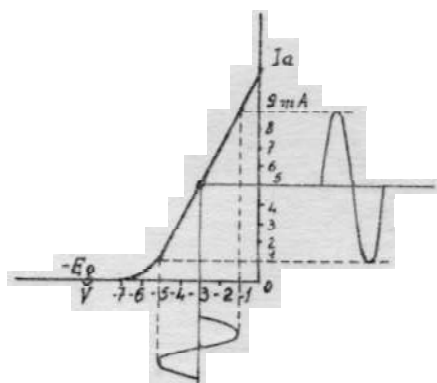


Obr. 112. Převodové charakteristiky triody.

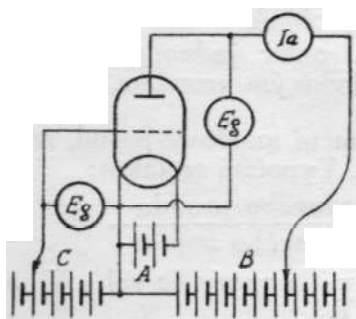
Můžeme také nechat pevné anodové napětí a měřiti závislost mezi mřížkovým napětím a anodovým proudem. Tímto způsobem dostáváme t. zv. **převodové charakteristiky** (obr. 112). Název je vzat z toho, že tato charakteristika nám osvětluje působení mřížkového obvodu na anodový — tedy převod z mřížkového do anodového. Z převodové charakteristiky vidíme, že při stálém anodovém napětí způsobuje mřížkové napětí změny anodového proudu. Je-li na mřížce střídavé napětí sinusového průběhu, kolísá i anodový proud podle sinusovky (obr. 113).

Stane-li se mřížkové napětí kladným, protéká mřížkový proud, na mřížce se tedy spotřebuje elektrický výkon, Je-li mřížka záporná, mřížkový proud neprotéká, a na mřížce se žádný výkon nespotřebuje. Anodový proud je možno tedy řídit bez spotřeby elektrického výkonu na mřížce, postaráme-li se o to, aby mřížkové napětí bylo stále záporné. Proto dáváme mřížce t. zv. **záporné předpětí**, t. j. stejnosměrné záporné napětí, kolem něhož se pak vyvíjí střídavé mřížkové napětí. Dejme tomu, že bychom na mřížku museli přiváděti střídavé napětí o rozkmitu 2 V. Aby napětí mřížkové nebylo nikdy kladné, musíme dáti mřížce záporné předpětí nejméně 2 V (obr. 113). Předpětím mřížky volíme na charakteristice **pracovní bod**.

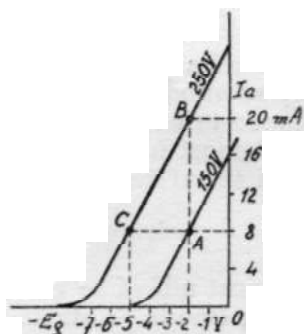
Pro posouzení elektronky jsou směrodatné tři charakteristické veličiny: **zesilovací činitel**, **vnitřní odpor** a **strmost**. Tyto hodnoty je možno stanovit buď přímým měřením nebo z charakteristik. Zapojení pro měření cha-



Obr. 113. Změny mřížkového napětí způsobují změny anodového proudu.



Obr. 114. Schema měření charakteristik triody.



Obr. 115. Stanovení charakteristických veličin triody.

Charakteristik je uvedeno v obr. 114. Dejme tomu, že při anodovém napětí + 150 V na mřížkovém napětí -2 V bude anodový proud 8 mA (obr. 115, bod A); zvýšíme-li napětí na 250 V, stoupne anodový proud na 20 mA (bod B). Abychom při zvýšeném anodovém napětí + 250 V dostali původní anodový proud 8 mA, musíme změnit mřížkové napětí na -5 V (bod C). Tedy zvýšení anodového napětí o 100 V vyvolalo zvýšení anodového proudu o 12 mA a bylo opět vyváжено změnou mřížkového napětí o 3 V.

3 V na mřížce vyvážíly účinek 100 V na anodě; je tedy snadné vypočítati zesilovací činitel:

$$\text{zesilovací činitel} = \frac{\text{změna anodového napětí}}{\text{změna mřížkového napětí}}$$

V našem případě je tedy zesilovací činitel asi 33 .

Někde se v literatuře setkáme s pojmem průnik. Průnik není nic jiného nežli převratná hodnota zesilovacího činitele; udává se v procentech. V našem případě byl by tedy průnik $3 : 100 = 3\%$.

Zvýšení anodového napětí o 100 V způsobilo zvětšení anodového proudu o 12 mA. Elektronka se tedy chová jako ohmický odpor, jímž napětí 100 V protlačí proud 12 mA. Tomuto odporu říkáme vnitřní odpor elektronky. Výpočet je velmi snadný:

$$\text{vnitřní odpor} = \frac{\text{změna anodového napětí}}{\text{změna anodového proudu}}$$

V našem případě je asi 8300 ohmů.

(Počítati vnitřní odpor elektronky jednoduše tak, že by se anodové napětí dělilo anodovým proudem, bylo by naprosto nesprávné!)

Strmost nám udává, oč se změní anodový proud, změní-li se mřížkové napětí o 1 V. Vypočítá se takto:

$$\text{strmost} = \frac{\text{změna anodového proudu}}{\text{změna mřížkového napětí}}$$

Strmost udává se v mA/V (čti miliampery na volt). V našem případě je strmost 4 mA/V.

Zesilovací činitel se v literatuře značí μ (méně často g), průnik D , vnitřní odpor ρ (v německé literatuře R), strmost S . Mezi charakteristickými vlastnostmi je vztah

$$S \rho D = 1.$$

(Moji žáci si pro snadné zapamatování okřtili tento vztah jako »srdeční rovnici«.)

Označíme-li rozdíl anodových napětí ΔE_a , rozdíl mřížkových napětí ΔE_g a rozdíl anodových proudů ΔI_a (rozdíly jsou vzaty z charakteristik podle již uvedeného návodu), platí vztahy

$$\mu = \frac{\Delta E_a}{\Delta E_g}$$

$$\rho = \frac{\Delta E_a}{\Delta I_a}$$

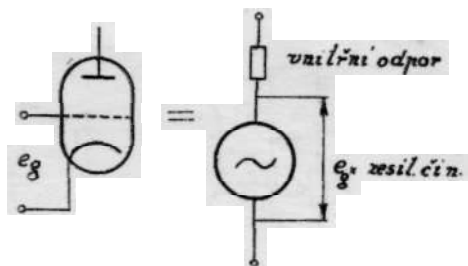
$$D = \frac{\Delta E_g}{\Delta E_a}$$

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta E_g}$$

Proč máme dva pojmy: zesilovací činitel a průnik? Pojem zesilovacího činitele byl zaveden v Americe, kdežto průnik v Německu. Je jasné, že oba pojmy jsou vlastně stejného druhu. Sledují-li se poměry uvnitř elektronky, pracuje se poněkud lépe s průnikem; naproti tomu o pochodech ve vnějších obvodech dává jasnější obraz zesilovací činitel. Pojem zesilovacího činitele je používanější.

Jak bylo dříve řečeno, působí střídavé napětí na mřížce kolísání anodového proudu. Toto kolísání je právě takové, jako kdyby se neměnilo mřížkové napětí; nýbrž anodové napětí, a to o hodnotu mnohem větší; o velikost mřížkového napětí násobeného zesilovacím činitelem. Velikost výkyvů anodového proudu je omezena vnitřním odporem elektronky. Celý pochod nejlépe osvětluje věta Barkhausenova:

»Působí-li na mřížku elektronky střídavé napětí, chová se elektronka ve svém



Obr. 116. Symbolické vyjádření Barkhausenovy věty.

anodovém obvodu jako zdroj střídavého napětí o vnitřním odporu elektronky; napětí má shodný průběh s průběhem napětí na mřížce. Velikost tohoto napětí je dána součinem z mřížkového napětí a zesilovacího činitele.»

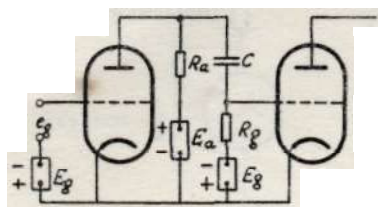
Tato věta nám nesmírně usnadňuje práci. Víme, že si můžeme nahradit lampu malým generátorem, který dodává takové napětí, jaké mu nadiktuje napětí na mřížce a zesilovací činitel, a do serie s tímto generátorem je připojen vnitřní odpor elektronky (obr. 116). Na příklad: kdybychom elektronce, jejíž charakteristické hodnoty jsme právě stanovili, přiváděli na mřížku střídavé napětí 2 V, bude působiti jako zdroj střídavého proudu o napětí 66 V, k němuž je do serie zapojen odpor 8300 ohmů. Tím víme o vnitřním mechanismu elektronky právě tolik, abychom mohli sledovati jednotlivá zapojení.

Trioda jako zesilovač.

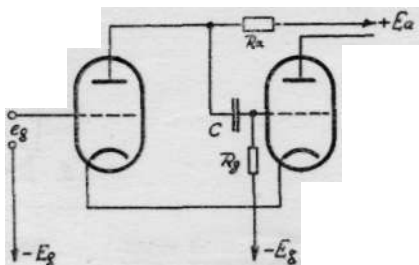
Ve většině případů chceme v zesilovači z anodového obvodu vytěžiti zvýšené napětí, pouze u koncových elektronek chceme vykořistiti výkon.

Chceme-li dostati z elektronky napětí, musíme vložit do cesty anodového proudu nějaký odpor, na němž by anodový proud toto žádané napětí vyvolal. Může to být prostý ohmický odpor, induktivní odpor — tedy tlumivka, primární vinutí transformátoru nebo laděný obvod. Podle tohoto dělítky rozeznáváme zesilovače s vazbou odporovou, tlumivkovou, transformátorovou nebo s laděným obvodem.

Aby schemátka, která budu uváděti, byla pokud možno přehledná, provedeme některá zjednodušení:



Obr. 117. Zesilovač s odporovou vazbou.

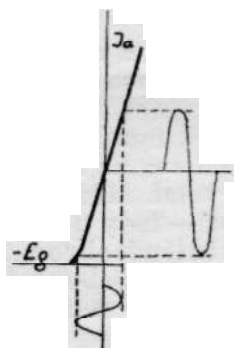


Obr. 118. Zjednodušený způsob kreslení.

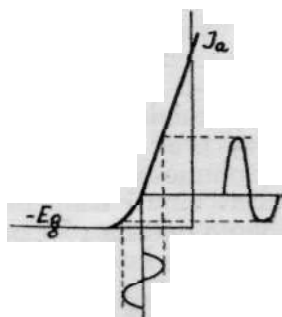
1. Budeme kreslit pouze triody s nepřímou znavenou katodou a nebudeme se starati o to, odkud a jak je katoda žhavana.
2. Nebudeme zakreslovati zdroje napětí, neboť je zřejmo, že anoda bude připojena ke kladnému pólu anodového zdroje napětí, mřížka k zápornému pólu zdroje mřížkového předpětí.

Aby bylo zřejmo, jaké zjednodušení to znamená, je schema odporového zesilovače kresleno dvakrát: jednou bez zjednodušení, po druhé zjednodušené (obr. 117 a obr. 118).

Pro správnou funkci zesilovače je nutné, aby mřížkové předpětí bylo správně voleno. Je-li příliš malé, pak se stává mřížka kladnou, vznikají mřížkové proudy a tím se rozkmit jedné půlvlny střídavého mřížkového napětí zmenšuje (obr. 119). Je-li naopak mřížkové předpětí příliš



Obr. 119. Skreslení mřížkovými proudy.



Obr. 120. Skreslení v ohybu charakteristiky.

veliké, pak jedna půlvlna střídavého mřížkového napětí se zesiluje na přímkové části charakteristiky, tedy hodně, druhá půlvlna již v ohybu, tedy málo (obr. 120). V obou případech neodpovídá zvlnění anodového proudu tomu, co jsme přivedli na mřížku. Na mřížku jsme přiváděli sinusové napětí, zvlnění anodového proudu není přesně sinusové: elektronka **skresluje**. Při volbě mřížkového předpětí je nejlépe řídit se údaji výrobce elektronky. Přibližně se vypočte mřížkové předpětí tak, že se anodové napětí dělí dvojnásobným zesilovacím činitelem (platí jen pro triody).

A. Zesílení odporové.

Schema zapojení je uvedeno v obr. 117 a obr. 118. Anodový proud prochází **anodovým odporem R_a** . Kolísá-li anodový proud, vznikají na tomto odporu střídavá napětí. Ta převádíme přes kondensátor, t. zv. **vazební kondensátor**, na mřížku další elektronky. Mřížka další elektronky potřebuje také záporné předpětí; to přivádíme odporem R_g , kterému říkáme **mřížkový odpor**.

Zesílení je zcela obecně poměr napětí na výstupu a vstupu zesilovače. Zesílení elektronky (s příslušnými vazebními prvky) je poměr napětí na mřížce další elektronky a na mřížce uvažované elektronky.

Anodový odpor R_a volíváme asi 200.000 ohmů. Přitom dostáváme zesílení asi 0,95 zesilovacího činitele prvé elektronky.

Vazební kondensátor se volí podle účelu od 1000 cm až do 0,1 F. Pro reprodukci hudby a řeči vyhovuje bezvadně hodnota 5000 až 10.000 cm. Je velmi důležité, aby vazební kondensátor měl dobrou izolaci, neboť jinak by jím procházel stejnosměrný proud z kladného pólu anodového zdroje na mřížku druhé elektronky a zmenšoval by záporné předpětí.

Mřížkový odpor volívá se co největší, avšak s ohledem na možné nedostatečné izolace v elektronce nebo v objímce bývá pro elektronky menšího výkonu asi 2 M ohmy, pro elektronky většího výkonu i méně než 1 M ohm

Odporový zesilovač se výborně hodí pro nízkou frekvenci; pro vysokou frekvenci bývá málo účinný, a to tím méně, čím je zesilovaný kmitočet vyšší. Při nízké frekvenci zesiluje rovnoměrně veškeré tóny. V konstrukci je jednoduchý a levný.

Označíme-li zesílení A , vnitřní odpor ρ , vnější odpor R , zesilovací činitel μ , strmost S a t. zv. pracovní strmost S' platí tyto vztahy:

$$A = \mu \frac{R}{\rho + R}$$

nebo

$$A = RS'$$

kdež,

$$S' = S \frac{\rho}{\rho + R}$$

B. Zesílení tlumivkové.

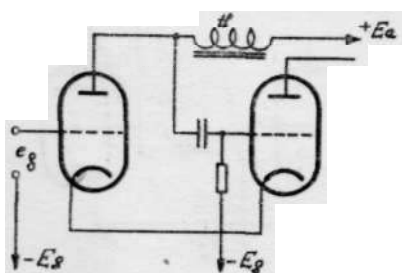
Nahradíme-li anodový odpor tlumivkou, dostáváme tlumivkové zesílení (obr. 121). Tlumivka klade střídavému proudu tím větší odpor, čím má větší indukčnost a čím je kmitočet proudu vyšší. Proto se volí tlumivka s největší možnou indukčností, aby i nejnižším kmitočtům, které zesilujeme, skýtala dostatečně veliký odpor a zesílení bylo postačující.

Tlumivkový zesilovač hodí se v první řadě pro zesílení nízké frekvence. Je-li tlumivka dobře volena, je zesílení dosti rovnoměrné, podobně jako u zesilovače odporového. Konstrukce je jednoduchá, avšak nákladnější než konstrukce odporového zesilovače. Nyní se jí valně nepoužívá, ač před několika roky byla velmi oblíbená.

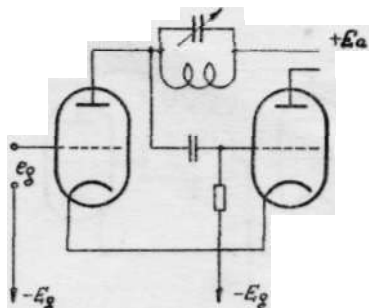
Tlumivkové zesílení hodí se i pro vysokou frekvenci, avšak neskýtá žádných zvláštních výhod a setkáme se s ním pouze ve starších aparátech.

C. Zesílení s laděným obvodem.

Zapojí-li se místo anodového odporu laděný obvod (obr. 122), dostáváme zesilovač, který podstatně zesiluje pouze rezonanční kmitočet laděného obvodu, kdežto ostatní kmitočty zesiluje málo. Přesněji řečeno: vynášíme-li diagram závislosti zesílení na kmitočtu, dostáváme známou rezonanční křivku. Kdybychom tuto rezonanční křivku srovnávali s rezonanční křivkou samotného laděného obvodu, zjistili bychom, že rezonanční křivka zesilovače je poněkud plošší. To je způsobeno tím, že paralelně k laděnému obvodu leží jednak mřížkový odpor druhé elektronky a jednak vnitřní odpor první elektronky. Mřížkový odpor nebyl by celkem na závadu, poněvadž je veliký, ale vnitřní odpor první elektronky je dosti malý a má nepříznivý vliv na průběh rezonanční křivky.



Obr. 121. Zesilovač s tlumivkovou vazbou.



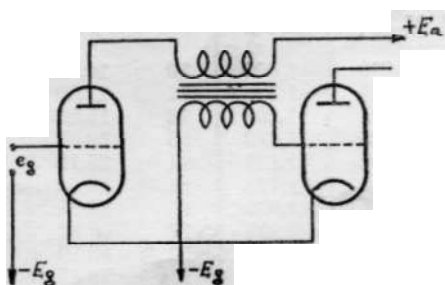
Obr. 122. Zesilovač s laděným obvodem.

Všechny uvedené druhy zesilovačů podávaly zesílení menší než zesilovací činitel první elektroniky. Zesilovače s transformátorem mohou podat zesílení větší.

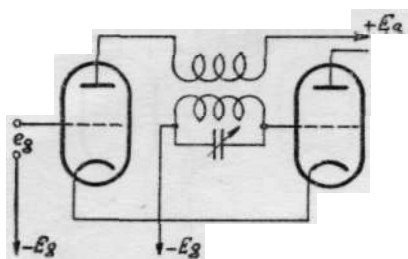
D. Zesílení s neladěným transformátorem.

Zapojení je naznačeno v obr. 123 a je tak jasné, že celkem nepotřebuje výkladu. Má-li sekundární vinutí větší počet závitů nežli primární (t. j. ono, které jest protékáno anodovým proudem), je napětí na sekundárním vinutí větší než to, které vzniká na vinutí primárním. Poměr vinutí volívá se obyčejně 1:3 až 1:5.

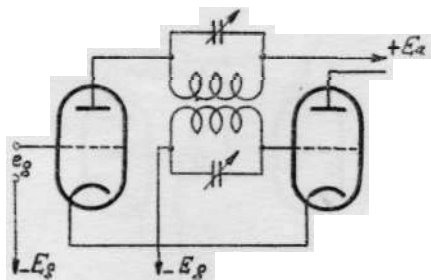
Transformátorového zesílení používá se pro nízkou frekvenci. Je-li použitý transformátor dobré jakosti, je zesílení všech v úvahu připadajících tónů rovnoměrné. Transformátorové zesílení je tedy větší než u zesilovačů doposud popsaných, a možno se tedy spřáteliti s poněkud vyšší cenou.



Obr. 123. Zesilovač s transformátorovou vazbou.



Obr. 124. Zesilovač s jednostranně laděným transformátorem.



Obr. 125. Zesilovač s oboustranně laděným transformátorem.

E. Zesílení s laděným transformátorem.

Použitý transformátor může být laděn na straně anodové, nebo na straně mřížkové (obr. 124), nebo konečně oboustranně (obr. 125). V tomto posledním případě mluvíme o pásmovém filtru. Křivka zesílení v závislosti na kmitočtu má podobný průběh jako křivka pásmového filtru, avšak z důvodů již dříve uvedených je poněkud plošší.

Zesílení zesilovačů udává se buď poměrem vstupního a výstupního napětí, nebo v decibelech (db).

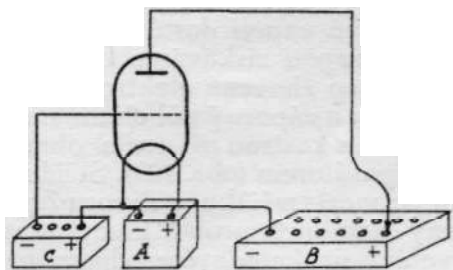
Označíme-li vstupní a výstupní výkon N_1 a N_2 , jest
počet decibelů = $10 \log. N_2 / N_1$

Jeden decibel značí tedy poměr 1,259.

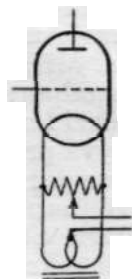
Označíme-li vstupní a výstupní napětí E_1 a E_2 , jest
počet decibelů = $20 \log. E_2 / E_1$

Jeden decibel značí tu 1,122. Rozdíl ve vzorcích je způsoben tím, že výkon je úměrný čtverci napětí ($N \sim E^2$).

db	N_2 / N_1	E_2 / E_1	db	N_2 / N_1	E_2 / E_1
0	1,000	1,000	10	10,00	3,162
1	1,259	1,122	11	12,59	3,548
2	1,585	1,259	12	15,85	3,981
3	1,995	1,413	13	19,95	4,467
4	2,512	1,585	14	25,12	5,012
5	3,162	1,778	15	31,62	5,623
6	3,981	1,995	16	39,81	6,310
7	5,012	2,239	17	50,12	7,080
8	6,310	2,512	18	63,10	7,943
9	7,943	2,818	19	79,43	8,913
10	10,000	3,162	20	100,00	10,00



Obr. 126. Zapojení baterií.



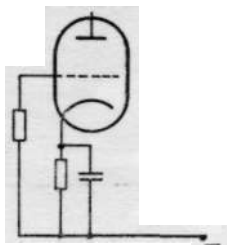
Obr. 127. Přímou žhavena katoda se žhává střídavým proudem.

Zdroje proudové.

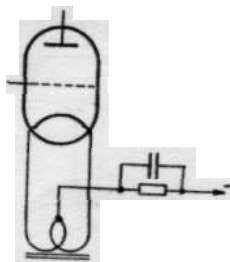
Pro každou elektronku potřebujeme tři proudové zdroje: na žhavení katody, pro anodové napětí, pro mřížkové předpětí. Používáme-li baterií, zapojíme je podle obr. 126, t. j. záporný pól žhavicí baterie (A-baterie), záporný pól anodové baterie (B-baterie) a kladný pól mřížkové baterie (C-baterie) jsou spojeny dohromady. Tento uzlový bod se pokládá za katodu.

Jde-li o lampu přímo žhavenou střídavým proudem, považujeme za katodu střed žhavicího vlákna. Ježto tento není z elektronky vyveden, považujeme za střed vlákna střed žhavicího vinutí nebo střed potenciometru, který je zapojen paralelně k vláknu (obr. 127). Tento potenciometr musí mít malý odpor; prodává se pod jménem **odbručovač**.

U síťových přístrojů, t. j. takových, které odebírají potřebnou elektrickou energii ze sítě světelného proudu, snažíme se získati všechna potřebná napětí ze sítě. Při



Obr. 128. Jak se získá mřížkové předpětí u katod nepřímou žhavených.



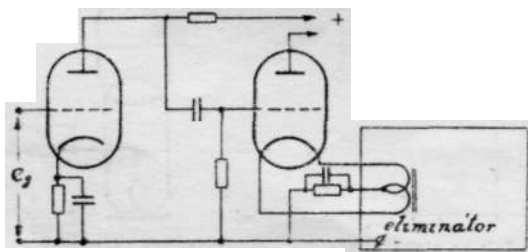
Obr. 129. Jak se získá mřížkové předpětí u katod přímo žhavených.

sítích střídavého proudu získáváme žhavicí proud jednoduše transformátorem. Anodové napětí dostáváme z eliminátoru. Mřížkové záporné napětí získáváme t. zv. **katodovým odporem**. Pro nepřímou žhavenou elektronku zapojí se mezi katodu elektronky a záporný pól eliminátoru (který bývá pravidelně spojen s kostrou přístroje) ohmický odpor s paralelním kondensátorem (obr. 128). Střídavé mřížkové napětí zavádí se mezi mřížku a záporný pól eliminátoru. Stejnsměrný anodový proud, který musí vycházeti z katody, vyvolává na katodovém odporu napětí. Tím se stává katoda vůči zápornému pólu eliminátoru, a tedy i vůči mřížce, kladnou. Je-li katoda proti mřížce kladná, je mřížka proti katodě záporná, a to je to, co jsme chtěli. Anodový proud v zesilovači kolísá podle zesilovaného kmitočtu. Aby tak nekolísalo i mřížkové předpětí, zapojuje se paralelně ke katodovému odporu kondensátor, který působí jako reservoir a omezuje kolísání mřížkového předpětí na nepozorovatelnou míru. U přímo žhavených elektronek (pravidelně jen koncových) zapojuje se katodový odpor s paralelním kondensátorem mezi střed žhavicího vinutí a záporný pól eliminátoru (obr. 129).

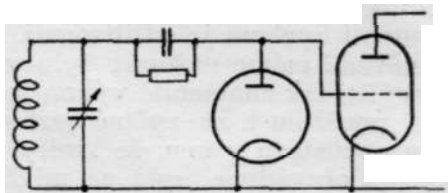
V obr. 130 je zapojení odporového zesilovače provedeno i s příslušnými předpětími, jak je získáváme pomocí katodových odporů. Porovnáte-li toto zapojení s dříve uvedenými (obr. 117 a 118), uvidíte, že celé zapojení se vám již bude zdát velmi jednoduché, a to proto, že již chápete význam každého odporu a kondensátoru.

Detekce triodou.

Povšimněte si obrázku 108 a pak věnujte svoji pozornost obrázku 131. Vidíme zde známé zapojení diody při



Obr. 1330. Odporový zesilovač, napájený ze sítě.



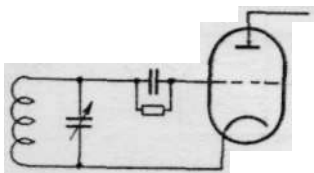
Obr. 131. Působení mřížkové detekce.

detekci, pouze s tím rozdílem, že kondensátor s paralelním odporem nejsou připojeny ke katodě, nýbrž k anodě diody. To na principu detekce nic nemění. Ještě spíše odpovídá toto zapojení obrázku 99, který byl vyložen velmi podrobně.

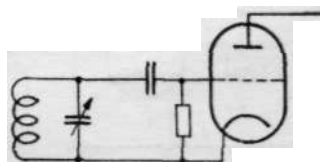
Přímo z anody diody je spojení na mřížku triody. Poznali jsme, že napětí, které míníme zesílit, musíme přivést mezi katodu a mřížku triody. Na kondensátoru s paralelním odporem je nízká frekvence a zbytky vysoké frekvence. Tento obvod je spojen s mřížkou triody přímo a s katodou přes laděný obvod. Na mřížku se tedy dostává jak vysoká tak i nízká frekvence.

Diodu můžeme v tomto zapojení s klidem vynechat, aniž by nastala nějaká zásadní změna (obr. 132). Úlohu diodové anody bude zastávat mřížka triody. Vyjdeme-li ze zapojení obr. 110, dostaneme po vynechání diody zapojení podle obr. 133. Mezi působnostmi zapojení podle obr. 132 a 133 není zásadního rozdílu. Obojí jsou charakteristická pro t. zv. **mřížkovou detekci**. **Mřížkový kondensátor** má hodnotu 100—200 cm. **mřížkový svod** hodnotu 1—2 megohmy.

Zapojení pro mřížkovou detekci působí jednak jako dioda katodou a mřížkou a obstarává vlastní detekci, jednak jako trioda zesiluje to, co jsme získali detekcí.



Obr. 132. Trioda jako detektor.

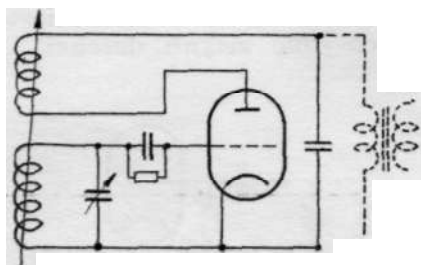


Obr. 133. Trioda jako detektor (jiné zapojení).

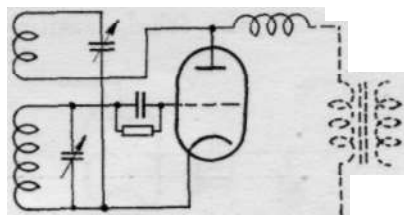
Kdyby nám zbytky vysoké frekvence v anodovém obvodu překážely, mohli bychom je odfiltrovati. Obvykle se tak nedělá, poněvadž máme možnost tyto zbytky ještě zužitkovati a zvýšiti tak znamenitě výkon tohoto zapojení. Stane se tak použitím t. zv. zpětné vazby čili reakce.

Zpětná vazba pozůstává v tom, že kmity, elektronkou zesílené, částečně převádíme zpět na mřížku. V tomto případě budeme převáděti právě ty vysokofrekvenční zbytky. Dejme tomu, že vysokofrekvenční napětí na mřížce je právě 1 Volt. Vhodným uspořádáním vrátí se na mřížku $1/2$ V, tedy polovina původního napětí. Toto nové napětí $1/2$ V však proběhne stejný koloběh a vrátí se zpět na mřížku jako $1/4$ V. Historie se opakuje a na mřížku přijde $1/8$ V, $1/16$ V, $1/32$ V atd. Původně byl na mřížce 1 V, zpětnou vazbou se tam ukázala napětí $1/2$, $1/4$, $1/8$, $1/16$, $1/32$ V. Celkem budou na mřížce 2 V, tedy dvojnásobek proti případu bez použití reakce. Kdyby se ze zesíleného napětí dostalo zpět na mřížku 0.9V, bylo by nakonec na mřížce 10 V (t. j. $1+0.9+0.81+0.729+0.6561$ atd.). Zpětná vazba nám zesílí 10krát. Teoreticky je sice možno dosáhnouti libovolně velikého zesílení, prakticky se dá použití zesílení nejdříve 10–20násobného.

Jak se provede zpětná vazba? Uvádím tři základní způsoby. První je naznačen v obr. 134. Napětí se na mřížku přivádí induktivně. Velikost vazby se řídí vzájemnou polohou cívek. Za reakční cívku musí býti zapojen kondensátor ke katodě. Ten tvoří snadnou cestu pro proudy o vysokém kmitočtu, proudy jsou silné a v reakční cívce se může vytvořiti silné indukující pole. Kdyby zde toho kondensátoru nebylo, musely by se vysokofrekvenční proudy namáhavě prodíratí vazebními prvky



Obr. 134. Audion se zpětnou vazbou.



Obr. 135. Audion s kapacitní zpětnou vazbou.

pro nízkou frekvenci; vysokofrekvenční proud by byl slabý a pole možná i nedostačující.

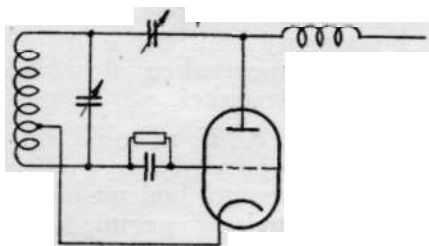
Druhé **zapojení**, t. zv. **Reinartzovo**, je v obr. 135. Odtok vysokofrekvenčních proudů z anody je na jedné straně znemožněn vysokofrekvenční tlumivkou a děje se přes reakční cívku a reakční kondensátor. Velikostí kapacity reakčního kondensátoru řídí se velikost protékajícího proudu a tím velikost pole cívky. Tedy zpětná vazba se ovládá kondensátorem. Tlumivka není mnohdy nezbytně nutná pro funkci tohoto zapojení, ale nedovoluje vniknouti vysoké frekvenci do nízkofrekvenčního zesilovače.

Přísně vzato, znázorňuje obr. 135 vlastně **Schnellovo zapojení**. Reinartzovo zapojení se liší tím, že místa reakční cívky a reakčního kondensátoru jsou prohozena, t. j. jdeme-li od anody, přichází nejprve reakční kondensátor a pak teprve reakční cívka. Ač jinak není rozdílu, má Schnellovo zapojení tu výhodu, že rotor reakčního kondensátoru je uzemněn. Ježto však vlastním vynálezcem zásady je Reinartz a Schnell toto zapojení pouze zdokonalil, nedopouštím se svým označením valné chyby.

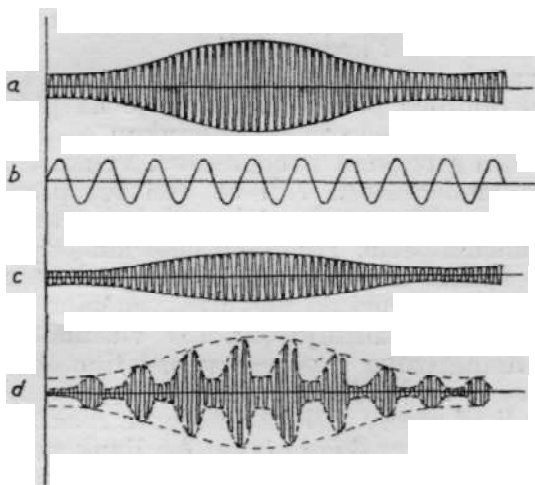
Hartleyovo zapojení je velmi podobné Reinartzovu (obr. 136). Ladicí kondensátor přemosťuje obě cívky, mřížkovou i reakční. Zpětná vazba se řídí otočným kondensátorem.

Vedle těchto tří hlavních zapojení je ještě velká řada variant, které při bližším pozorování prozradí snadno svoji příbuznost k některému z popsaných. Nemají žádných zvláštních výhod a nepovažuji **za** nutné se jimi blíže zabývat.

Elektronka v zapojení pro mřížkovou detekci je mnohdy označována jako **andion**. Audion se zpětnou vazbou patří mezi nejpoužívanější zapojení, neboť je jednoduché, vysoce účinné a dá se snadno obsluhovat.



Obr. 136. Hartleyovo zapojení.

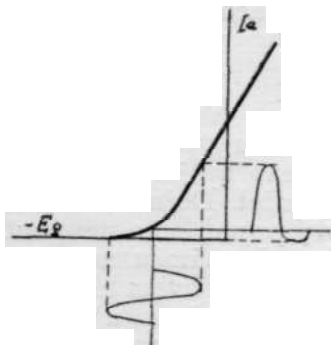


Obr. 137. Výklad působení superreakce.

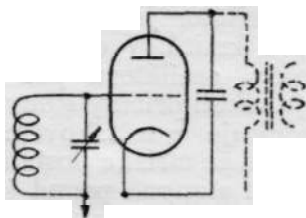
Neobyčejného zesílení zpětnou vazbou dá se dosáhnouti v přijímačích **superregenerativních** neboli **superreakčních**. Superreakce se dosáhne, přivádí-li se na mřížku nebo anodu audionu pomocné střídavé napětí o kmitočtu asi 20.000 až 30.000 cyklů. To způsobí, že se zpětné vazby dá neobyčejně využítí. Superreakce se používá hlavně při příjmu vln ultrakrátkých.

Jak již bylo ukázáno, dá se dosáhnouti tím většího zesílení, čím je zpětná vazba těsnější. Bohužel, čím je vazba těsnější, tím je stav labilnější a elektronka snadno upadne do samovolných oscilací. Pomocným střídavým napětím o neslyšitelném kmitočtu, přiváděným buď do anodového nebo do mřížkového obvodu, se elektronka střídavě rozkmitává a utlumuje. Tím se dosáhne stability i při velkém zesílení. Celý postup je zřejmý z obr. 137, kdež značí **a** modulovaný kmit, **b** pomocný kmitočet, **c** průběh napětí v mřížkovém obvodu bez superreakce, **d** průběh napětí v mřížkovém obvodu se superreakcí.

O mřížkové detekci je nutno říci ještě několik slov. Čím přichází silnější vlna, tím větší je napětí na mřížce. Ježto je záporné, posunuje se pracovní bod na hlavní charakteristice směrem doleva, anodový proud klesá. Ocitne-li se pracovní bod v dolním ohybu charakteristi-



Obr. 138. Detekce v ohybu charakteristiky.



Obr. 139. Anodová detekce.

ky, klesá účinnost zapojení, ježto se současně uplatňuje anodová detekce (viz dále), při níž anodový proud stoupá a oba způsoby detekce pracují proti sobě. Mřížková detekce je velice citlivá, ale nesnese přílišných napětí. Pro příjem velmi silných stanic není právě nejvhodnější.

Při **anodové detekci** zvolí se pracovní bod v dolním ohybu charakteristiky (obr. 138). Pak se kladné půlvlny střídavého napětí, přivedeného na mřížku, zesílují hodně, záporné půlvlny buď mnohem méně nebo vůbec ne. Ačkoli je tedy na mřížku přiváděno symetrické napětí, průběh anodového proudu je nesouměrný a upomíná na průběh proudu při jednocestném usměrnění. Čím větší napětí se přivádí na mřížku, tím větší je střední anodový proud. Pro spolehlivou detekci je nutno zapojiti mezi anodu a katodu malý kondensátor (obr. 139). Jeho úkol je podobný úkolu prvního kondensátoru v eliminátoru. . Poznali jsme dosud tři způsoby detekce, a je třeba si objasniti jejich vzájemný poměr.

Diodová detekce je citlivá a je s to zpracovati i veliká napětí. Hodí se i pro příjem nejsilnějších stanic. Nemá zesílení.

Mřížková detekce je citlivá, ale nemůže zpracovati velká napětí. Pro příjem silných stanic je méně vhodná; podává zesílení a dává možnost použití zpětné vazby.

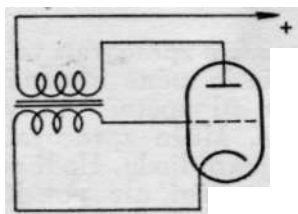
Anodová detekce je méně citlivá. Může zpracovati i velká napětí, ač ne tak bezvadně jako dioda. Hodí se pro příjem silných stanic. Podává zesílení, ale použití zpětné vazby není právě radno, poněvadž funkce celého

zapojení závisí silně na zastavení pracovního bodu, a to se právě průběhem doby mění.

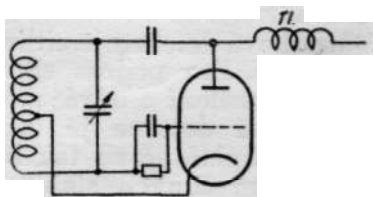
Trioda jako oscilátor.

Oscilátor je zařízení na samočinnou výrobu elektrických kmitů. V obr. 140 jest uvedeno nejjednodušší zapojení oscilátoru pro nízký kmitočet. Dejme tomu, že z jakékoli příčiny stoupne anodový proud. Toto stoupnutí indukuje v mřížkovém vinutí transformátoru napětí, a to tak, že mřížka dostane kladné napětí. Vlivem kladného napětí stoupne proud ještě více, tím se indukuje nové kladné napětí na mřížku a tak dále, až stoupnutí mřížkového napětí nevyvolá stoupnutí anodového proudu (na př. horní ohyb charakteristiky). Jakmile přestane proud stoupati, zmizí kladné napětí na mřížce a proud počne klesati. Klesající proud indukuje na mřížku záporné napětí, jež způsobí další pokles anodového proudu, a tak dále, až anodový proud přestane klesati (dolní ohyb charakteristiky — proud případně vůbec ustane). Přestane-li proud klesati, zmizí záporné napětí na mřížce, tím počne proud opět stoupati. Na mřížce se vytváří kladné napětí, proud stoupá dále a pochod se bude neustále opakovati. Vznikají nám elektrické kmity. Jaký budou míti kmitočet? Jak anodový, tak mřížkový obvod můžeme pokládati za laděné obvody, a každý má svůj vlastní rezonanční kmitočet. Oscilátor bude kmitati menším z obou kmitočtů; při tom je lhostejno, zda obvod, který vnutil oscilátoru svůj kmitočet, je mřížkový nebo anodový.

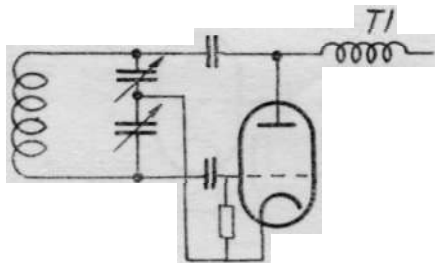
Uděláme-li u audionu zpětnou vazbu příliš těsnou, vzniknou oscilace. Veškerá zapojení audionu se zpětnou vazbou, dříve probraná, mohou býti oscilátory, učiníme-li zpětnou vazbu dostatečně těsnou. Hartleyovo zapojení, v technice přijímačů téměř neužívané, těší se jako osci-



Obr. 140. Princip oscilátoru.



Obr. 141. Hartleyův oscilátor.

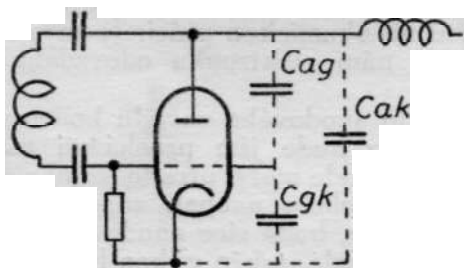


Obr. 142. Colpittův oscilátor.

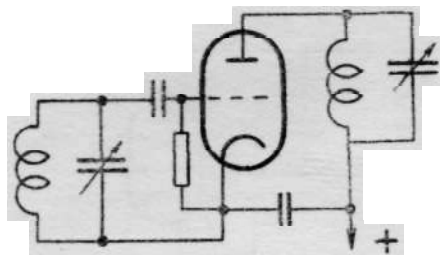
látor (obr. 141) největší oblibě. Někdy se mu také říká **třibodové zapojení**.

Obdobou Hartleyova zapojení je **zapojení Colpittovo** (obr. 142). Zde není vedena odbočka ke katodě z cívky, nýbrž z kapacity; proto je kondensátor dvojitý a oba díly se ovládají současně. V této formě by ovšem bylo Colpittovo zapojení poněkud méně pohodlné. Zato v oblasti krátkých vln nabývá zajímavého tvaru. Při krátkých vlnách mívá použitý otočný kondensátor kapacitu pouze několika málo centimetrů. Při tak malé ladicí kapacitě se již velmi zdatně uplatňuje vliv vnitřních kapacit elektroniky. V obr. 143 jsou tyto zakresleny čárkovaně; dáte-li si práci a výsledujete to pozorně, uvidíte, že kapacity mezi anodou a katodou a dále mezi mřížkou a katodou jsou zapojeny vlastně právě tak jako ladicí kondensátory Colpittova obvodu. Bude tedy tento obvod oscilovati, ač nemá na prvý pohled žádné zpětné vazby - a bude oscilovati i tehdy, vynechá-li se ladicí kondensátor vůbec.

Další velmi důležitý oscilátor **Huth-Kúhnův** (v anglické literatuře často označovaný TPTG) má stejně laděné



Obr. 143. Oscilátor pro velmi krátké vlny.



Obr. 144. Oscilátor Huth-Kühnův.

obvody na anodě i na mřížce (obr. 144); vazba je způsobována vnitřní kapacitou elektronky mezi anodou a mřížkou.

To je nejstručnější výčet oscilátorů; je jich skutečně velké množství. Další důležité oscilátory, t. zv. elektro-
nově vázané (E. C), budou popsány v části o pentodách.

Teorie oscilátorů je velmi složitá, ale pokud se nechceme zabývat vysláním, není pro nás důležitá. Stojí za zmínku, že při oscilátorech velmi záleží na mřížkovém svodu, neboť jeho velikost řídí velikost mřížkového napětí, jež se při oscilacích samočinně nastaví. Dají se tedy vhodnou volbou mřížkového svodu nastavití nejpriznivější pracovní podmínky. Dále je hodno zmínky, že vazba nemá být příliš těsná, chceme-li dostati kmity pokud možno sinusového průběhu; je radno voliti vazbu jen tak těsnou, jak je právě nezbytně nutno pro spolehlivé udržení oscilací.

Trioda jako výstupní člen.

Konečným účelem každého zesilovače nebo přijímače jest odevzdati reproduktoru elektrickou práci, kterou tento přemění na akustickou práci. Je tedy otázkou, jak to zařídit, aby nám elektronka odevzdala co největší práci.

Kdybychom do anodového obvodu koncové triody zapojili velký odpor, bude jím procházeti malý proud a elektrický výkon bude malý. přes to, že napětí na odporu bude velké. Kdybychom naopak zapojili do anodového obvodu malý odpor, bude sice anodový proud větší, ale zato napětí bude malé, takže výkon bude zase malý. Je však možno najíti takový odpor, na němž bude výkon

největší. Tento **odpor** je roven vnitřnímu odporu elektronky. Poměru mezi vnitřním odporem elektronky a vnějším odporem říká se někdy **přizpůsobení**. Pro největší výkon je tedy přizpůsobení rovno 1. Bohužel nemůžeme se spokojit pouze s podmínkou o dosažení maximálního výkonu. Požadujeme také co nejmenší skreslení, nezávislost odevzdávaného akustického výkonu na kmitočtu atd. Těmito podmínkami se ovšem přizpůsobení mění. Dá se sice zjistit graficky ze soustavy anodových charakteristik, avšak účelnější, přesnější a pohodlnější je přenechat tuto práci a celou řadu laboratorních měření výrobcí, který pro každý typ koncové elektronky udává **nejvýhodnější vnější odpor**. Odpor reproduktoru pak má mít tuto hodnotu.

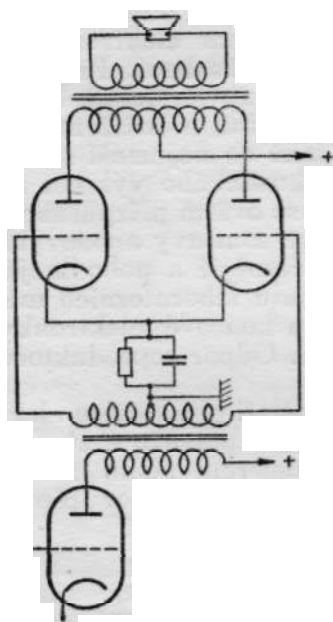
Ovšem nebylo by právě účelné dělati pro každou elektronku zvláštní reproduktor. Zde však pomůže t. zv. **výstupní transformátor**; vhodným poměrem počtu závitů primárních a sekundárních lze libovolný odpor reproduktoru »transformovati« na žádanou velikost.

Výpočet poměru počtu závitů je velmi jednoduchý. Označíme-li počet závitů primárních (anodových) n_1 , a sekundárních (reproduktorových) n_2 , nejvýhodnější vnější odpor R a ohmický odpor reproduktoru, měřený stejným proudem r , platí

$$\frac{n_1}{n_2} = \sqrt{\frac{R}{1,25 r}}$$

Zhusta se používá **dvojčinného zapojení**, dvou koncových elektronek, zvaného též **push-pull** (pušpul) nebo **zapojení protitaktní**. (Obr. 145.) V anodovém obvodu poslední zesilovací elektronky je zapojen transformátor, jehož sekundární vinutí má střední vývod. Tento je přes příslušné předpětí veden ke katodám, konce vinutí jsou spojeny s mřížkami. Mřížky pracují v protitaktu, t. j. když je na jedné mřížce kladné napětí, je na druhé záporné a naopak. Když v jedné elektronce proud stoupá, v druhé klesá. Obě elektronky pracují svými anodami na společný dvojčinný transformátor; anodové napětí se přivádí do středního vývodu. Ježto obě poloviny vinutí jsou protékány proudem protivnými směry, působí stoupnutí proudu v jedné polovině stejně jako klesnutí proudu v polovině druhé. Obě poloviny, primárního vinutí se podporují v "účinku na sekundární vinutí.

Proč se tohoto způsobu vůbec používá? Hlavní příčina



Obr. 145. Dvojčinné zapojení.

Takovému zesílení, kde pracovní bod je v dolním ohybu charakteristiky, říkáme **zesílení třídy B**. Je-li pracovní bod uprostřed přímé části charakteristiky, mluvíme o zesílení **třídy A**. A je-li konečně záporné předpětí mřížky tak veliké, že pracovní bod leží již mimo charakteristiku, máme **zesílení třídy C**.

Zhusta se používá **zesílení třídy AB**, při němž je pracovní bod asi na počátku dolního ohybu charakteristiky. Při malých rozkmitech působí pak jako zesilovač třídy A, při velkých rozkmitech jako zesilovač třídy B.

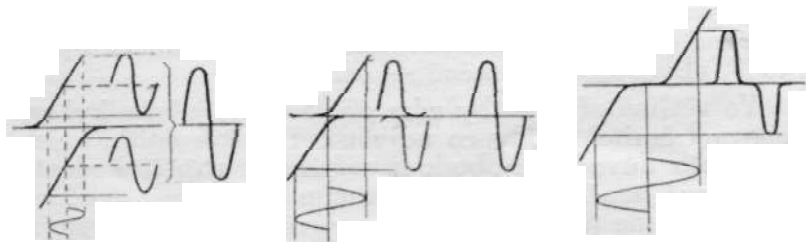
Zesílení třídy A (obr. 146) podává nejmenší možné skreslení, vznikající zakřivením charakteristiky. Hodí se pro vysokou i nízkou frekvenci.

Zesílení třídy B (obr. 147) dává snesitelné skreslení a hodí se hlavně pro vysokou frekvenci a pro nízkou frekvenci pro velké výkony. Lépe využítuje elektronky a má malou spotřebu anodového proudu. Za klidu, t. j. když se na mřížky nepřivádí žádné střídavé napětí, neprotéká téměř žádný anodový proud. Čím je větší stří-

tkví v tom, že tímto způsobem dosáhneme mnohem menšího skreslení. Podmínkou ovšem je, aby pracovní bod byl správně zvolen, asi uprostřed přímé části charakteristiky.

Zvolíme-li takové předpětí, že se pracovní bod octne až v dolním ohybu charakteristiky, pracují při dvojčinném zapojení střídavě obě elektronky. Dodává-li mřížkový transformátor jednou polovinou vinutí kladnou půlvlnu, připojená elektronka pracuje; druhá polovice vinutí dodává zápornou půlvlnu a připojená elektronka nepracuje (srovnej obr. 138).

Anodový transformátor dostává pak jednu půlvlnu od jedné, druhou půlvlnu od druhé elektronky, a v sekundárním vinutí dostáváme celý průběh.



Obr. 146. Zesílení třídy A. Obr. 147. Zesílení třídy B. Obr. 148. Zesílení třídy C.

davé napětí, přiváděné na mřížku, tím je větší spotřeba anodového proudu. Nebo, obráceně vzato, spotřeba anodového proudu je úměrná hlasitosti: pro velkou hlasitost značná, pro ticho téměř žádná. Používá se proto také pro cestovní bateriové přijímače, kde je nutno baterie co nejvíce šetřit. Pro ten účel konstruují se též dvojité triody, t. j. dvě triody v jedné baňce, zvané **duotriody**.

Zesílení třídy C (obr. 148) se hodí pouze pro vysokou frekvenci, ježto při nízké frekvenci by dávalo nesnesitelné skreslení. Na vysoké frekvenci je velmi účinné.

Ještě o triodách.

Dosud jsme probrali hlavní způsoby použití triody. Abychom své vědomosti doplnili, musíme probrati ještě několik bodů a objasniti některé pojmy.

Anodová baterie dodává elektrický proud při určitém napětí, dodává tedy elektrický výkon. Tento výkon se spotřebuje v elektronce a promění se na anodě v teplo. Proto se mu říká **anodový ztrátový výkon** nebo prostě **anodová ztráta**. Anodová ztráta je tedy součinem anodového napětí a proudu. Každá elektronka má udánu anodovou ztrátu; přes tuto mez nesmí být elektronka zatížena, sice by se anoda nadměrně zahřála a elektronka by se mohla poškoditi.

Přichází-li na mřížku střídavé napětí, lze odebírat z anodového obvodu střídavý **užitečný výkon**. Poměr užitečného výkonu a anodové ztráty dává **anodovou účinnost**. **Celková účinnost** je poměr užitečného výkonu k součtu anodové ztráty a žhavicího výkonu (t. j. součinu ze žhavicího napětí a proudu). Anodová účinnost

koncové triody bývá při zesílení třídy A asi 25%. Při zesílení třídy B může dosáhnouti celková účinnost i přes 75%, obyčejně však méně — asi 50%.

Ve většině případů by nám přišlo vhod, kdyby byl zesilovací činitel triody co největší. To však dobře nejde z těchto důvodů: Nabude-li mřížkové napětí hodnoty »anodové napětí děleno zesilovacím činitelem«, anodový proud ustane (účinek anody je právě vyvážen záporným napětím na mřížce). Čím je při daném anodovém napětí zesilovací činitel větší, tím menší je mřížkové napětí, jímž se zarazí anodový proud. Dříve již bylo ukázáno, že mřížkové napětí se smí pohybovati pouze mezi tímto mezním napětím a nulou. Tomuto rozpětí se říká **pracovní rozsah**, a je tím menší, čím je zesilovací činitel větší. Aby se tento pracovní rozsah zvětšil, bylo by nutno buď zvýšiti anodové napětí, což ve většině případů nelze učiniti z bezpečnostních důvodů a s ohledem na izolaci elektronky, nebo snížiti zesilovací činitel. Zůstává tedy zesilovací činitel triod omezen na poměrně malé hodnoty.

Jiným problémem je toto: V anodovém obvodu triody budiž zapojen odpor (na př. při odporové vazbě). Napětí zdroje anodového proudu budiž stálé. Je naprosto zřejmo, že plné napětí anodového zdroje se dostane na anodu pouze tehdy, nebude-li protékati anodový proud. Bude-li protékati, pak vznikne úbytek na spádu na vnějším odporu a napětí na anodě bude tím menší, čím bude anodový proud silnější. Předpokládejme nyní, že napětí mřížky stoupl. Stoupne tedy i anodový proud, ale zvětšený anodový proud vyvolá větší úbytek na spádu na vnějším odporu a napětí na anodě klesne. To znamená, že pokud je v anodovém obvodu nějaký odpor, nestoupne anodový proud o tolik, o kolik by stoupl bez tohoto vnějšího odporu. Anoda působí změnami svého napětí proti účinku mřížky a zmenšuje zesílení; mluvíme o **zpětném působení anody** (viz též: pracovní strmost).

Další zjev, který si zaslouží naší pozornosti, byl již poněkud probrán. Leží-li totiž v anodovém obvodu elektronky laděný obvod, leží vnitřní odpor elektronky k obvodu paralelně a zvětšuje jeho tlumení, jeho rezonanční křivka se stává plošší. Uvážíme-li, že rezonanční odpor dobrého obvodu pro střední vlny je asi 100.000 ohmů a vnitřní odpor běžné triody je kolem 10.000 ohmů, vidíme,

že je škodlivý vliv vnitřního odporu elektronky nečekaně veliký.

A konečně si musíme uvědomiti, že anoda s mřížkou tvoří dohromady kondensátor. Je tedy kapacitní vazba mezi obvodem mřížkovým a anodovým, a ta může vésti tak daleko, že vzniknou samovolné oscilace.

Má tedy trioda tyto vlastnosti, které by vyžadovaly nápravy: omezený zesilovací činitel, zpětné působení anody, tlumení anodových obvodů poměrně malým vnitřním odporem triody, kapacitní vazba mezi anodou a mřížkou. Byly proto konstruovány nové typy elektronek s větším počtem mřížek, které popsané vady nevykazují.

Tetroda a pentoda.

Tetroda je elektronka se dvěma mřížkami, tedy čtyřmi elektrodami. Prvá mřížka (blíže katody) je zcela normální mřížka se záporným předpětím, jejíž, změny napětí budou ovládati anodový proud. Abychom ji odlišili od druhé, budeme jí říkati **řídící mřížka**. Druhá mřížka je mezi řídící mřížkou a anodou a bude míti stálý kladný náboj. Nazveme ji **ochranná mřížka**. Ježto je ochranná mřížka blíže katodě, bude její kladný náboj účinkovati na tok elektronů mnohem více nežli náboj na anodě. Mohli bychom dokonce mluvíti o jakémsi zesilovacím činiteli ochranné mřížky. (Nebývá velký, asi 5 až 25.) Je však zřejmo, že kladné napětí na ochranné mřížce bude působiti právě tak, jako bychom na anodu přidali mnohem větší napětí. Na příklad, má-li anoda napětí 250 voltů, ochranná mřížka 100 V a zesilovací činitel ochranné mřížky je 15, bude tok elektronů právě takový, jako kdyby ochranná mřížka vůbec odpadla a na anodu se přidalo napětí 15 x 100 V a anodové napětí bylo tedy 1750 V! Zřejmě má na anodový proud rozhodující vliv náboj ochranné mřížky, kdežto vliv anodového napětí je poměrně malý (250 V proti 1500 V).

To má ovšem zajímavé důsledky. Na první pohled je patrné, že zpětné působení anody se podstatně zmenší, neboť kolísání anodového napětí nemá na anodový proud valného vlivu. Dále je ihned jasno, že si můžeme dovoliti velký zesilovací činitel při dostatečně velikém pracovním

rozsahu, neboť máme k dispozici ohromné anodové napětí (1750 V!), aniž bychom ovšem zvětšili napětí anodového zdroje nad bezpečnou mez — ba dokonce je vůbec nezvětšujeme. Při bližší úvaze seznáme dále, že vnitřní odpor elektronky stoupne, ježto i dosti velké změny anodového napětí vyvolají jen malé změny anodového proudu (viz výpočet vnitřního odporu elektronky).

Je velmi důležité uvědomiti si, že mřížkové předpětí není diktováno anodovým napětím jako u triod, nýbrž napětím ochranné mřížky.

Když jsme již uspokojivě zmenšili tři vady triod, pokusíme se i o čtvrtou. Provede-li se ochranná mřížka zvláštním způsobem, tvoří kapacitní stínítko mezi anodou a řídicí mřížkou. Silokřivky, vycházející z anody, dospívají pouze k ochranné mřížce a nemohou proniknout k řídicí mřížce. Právě tak nemohou silokřivky z řídicí mřížky proniknout k anodě. Není tedy téměř žádné kapacitní vazby mezi anodou a řídicí mřížkou. Ochranná mřížka v tomto provedení dostává nové jméno: **stínící mřížka**.

Použití stínící mřížky přineslo nám tyto výhody:

1. velký pracovní rozsah při velkém zesilovacím činiteli,
2. zpětné působení anody je zmenšeno na nepatrnou míru,
3. vnitřní odpor stoupl a netlumí již znatelně obvody v anodě,
4. kapacitní vazba mezi obvodem mřížkovým a anodovým je zmenšena na zanedbatelnou míru.

Převodová charakteristika tetrody vypadá právě tak jako u triody, jen vedle údajů anodového napětí je zde ještě udáno napětí stínící mřížky.

Popsaná tetroda není však jediná elektronka se dvěma mřížkami. Před drahným časem velmi oblíbená **dvoumřížková elektronka** má dodnes existenční oprávnění, ač se jí používá jen velice zřídka. Jak již samo jméno napovídá, má dvě mřížky; mřížka bližší ke katodě dostává malý kladný náboj, mřížka vzdálenější od katody je obvyklá řídicí. Mřížka bližší katodě (někdy se jí říká velmi nevýstižně *prostorová*, protože zasahuje clo prostorového náboje) svým kladným nábojem usnadňuje výstup elektronů z katody tak, že je pro anodu opravdo-

vou hračkou přitáhnouti je k sobě. Proto se spokojí dvoumřížková elektronka s velmi malým anodovým napětím; tím je dvoumřížková elektronka přímo určena pro nejmenší přenosné přijímače, takové kapesní cestovní.

Vývoj se však nezastavil u tetrod, obzvláště proto, že se ukázaly zjevy, které volaly po nápravě. Je vám známo, že se budou elektrony elektronkou pohybovati tím rychleji, čím bude větší anodové napětí. A když jsme stínící mřížkou jaksí zvýšili anodové napětí, musíme počítati s tím, že elektrony budou dopadati na anodu takovou rychlostí, že dají vzniknouti sekundárním elektronům. Kdyby se tak stalo u triody, není tento zjev nijak povážlivý, poněvadž sekundární elektrony chtějí přistáti na kladně nabitě elektrodě, a tou je v triodě pouze anoda. Sekundární elektrony se tedy opět vrátí na anodu — a vlastně se nic nestalo.

Hůře to vypadá u tetrody. Tam se mohou sekundární elektrony usaditi na stínící mřížce; anodový proud se tím zmenší a proud stínící mřížky se zvětší. Ba dokonce může nastati případ, že anodový proud klesne o tolik, že obrátí svůj směr. To vše by nebylo celkem tak zlé, kdybychom mohli předem a se vsí určitostí s těmito zjevy počítati, což však, bohužel není možno. Nechci tvrditi, že tetroda je naprosto rozmarné a nevypočitatelné stvoření, ale chci naznačiti, že zde ještě byla možnost zlepšení.

Mezi anodu a stínící mřížku se prostě vloží další (už třetí) mřížka, která se spojí s katodou neboj dostane slabý záporný náboj. Sekundární elektrony nebudou již přitahovány kladným nábojem stínící mřížky a hezky se vrátí zpět na anodu. Nové, třetí mřížce dáme podle její působnosti jméno **hradící mřížka**. Jinak je ve funkci elektronka se třemi mřížkami (tedy pěti elektrodami), zvaná **pentoda**, stejná jako tetroda.

Jedině všechna zdokonalení, která jsme jmenovali při tetrodě, jsou ještě jasněji vyjádřena: *ještě* větší vnitřní odpor, větší zesilovací činitel, menší zpětné působení anody a menší kapacita mezi anodou a mřížkou.

Pentody úplně opanovaly pole a dělí se podle provedení na pentody koncové a vysokofrekvenční.

Velice zajímavé je porovnání koncové triody a **koncové pentody**.

Trioda:

1. Malé zesílení.
2. K dosažení určitého výkonu je na mřížce třeba velkého střídavého napětí.
3. Anodová účinnost je asi 25% (při zesílení třídy A).
4. Malé skreslení (5%) je způsobováno převážně sudými harmonickými.
5. Zabarvení reprodukce je hlubší; basy jsou mohutné,

Pentoda:

1. Velké zesílení.
2. K dosažení určitého výkonu je na mřížce třeba malého střídavého napětí.
3. Anodová účinnost je asi 50% (při zesílení třídy **A**).
4. Větší skreslení (10%) je způsobováno převážně lichými harmonickými.
5. Zabarvení reprodukce je vyšší; basy jsou méně dobré.

Z přehledu je patrné, že tam, kde především záleží na jakosti reprodukce, padne volba na triodu., Ovšem jakost bude nutno zaplatiti větší spotřebou anodového proudu a případně použitím o jeden zesilovací stupeň více. Naproti tomu, kde je rozhodující cena a jednoduchost, použije se pentoda. Za získané výhody bude nutno smířiti se s větším skreslením a ostřejším, méně příjemným zabarvením reprodukce.

U koncových pentod je velmi nebezpečné odpojení přívod proudu k anodě a nechati přívod proudu ke stínící mřížce. V tom případě jde totiž celý anodový proud na stínící mřížku. Ta není na to zařízena a přetížením se silně oteplí, ba obyčejně i rozežhaví. To má pak následek, že se jednak sáláním přehřeje katoda, jednak se uvolní pohlčené plyny a pokazí se vakuum. Obojí pak je jistá cesta k zničení elektronky. Uvedený případ nastane nejčastěji odpojením reproduktoru.

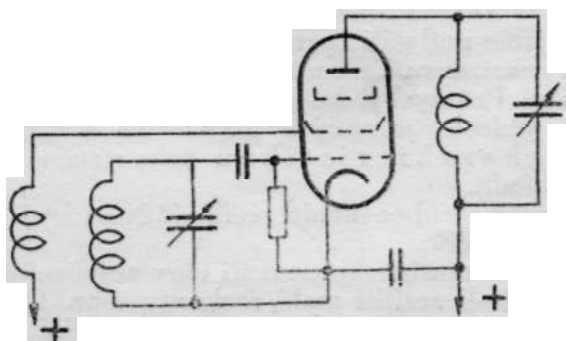
Pro úplnost je nutno říci, že pentoda představuje pouze jednu z možných cest, jimiž se vyhýbáme účinku sekundárních elektronů. Jiné dokonale uspokojující řešení nám podává svazková **tetroda** (beam-tetroda, vyslov bímtetroda). V Evropě se dělaly mřížky tetrod tak trochu libovolně; výsledkem pak bylo, že elektrony putovaly od katody k anodě jak se dalo. Abyste mi dobře rozuměli: ty elektrony putovaly od katody k anodě přesně podle předpisu, ale cesta prostorem jim nebyla jednoznačně určena, takže dráhy jednotlivých elektronů mohou být

značně odlišné. Naproti tomu v Americe konstruovali mřížky v přesném zákrytu, čímž byly dráhy elektronů přesně určeny a tím soustředěny do přesně definovaných svazků. Případně vznikající sekundární elektrony nemožou se dostat na stínící mřížku, neboť jsou soustředěným svazkem primárních elektronů doslova zahánány zpět. Beam-tetrody jsou prakticky rovnocenné pentodám.

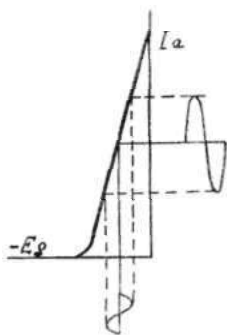
Trioda a pentoda svádějí spolu po léta úporný boj. Ač se již zdálo, že pentoda úplně opanovala pole, staly se nové triody před několika lety velmi vážným konkurentem. Nato přišly pentody s tak mohutným zesílením, že triodám zůstává vyhrazeno místo jen v nejluxusnějších přijímačích, kde pak pracují obyčejně v dvojčinném zapojení.

Vysokofrekvenční pentody mohou se použití stejně v zesilovačích vysoké i nízké frekvence. V zesilovačích nízkého kmitočtu se nedá použití transformátorové vazby. Jinak zůstávají zapojení, uvedená pro triody, beze změny. Jedině se nesmí zapomenouti na přívod kladného mřížkového napětí na stínící mřížku. Stejně se dá pentodou použít jako audionu i k anodové detekci. Zato nemá smyslu používat ji jako oscilátoru, neboť lacinější a jednodušší trioda dokáže prakticky totéž.

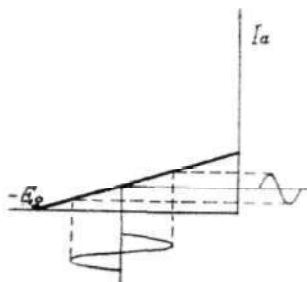
A přece značnou důležitost mají t. zv. elektronově vázané oscilátory. Příkladem je zapojení podle obr. 149. Vlastní oscilátor je zapojen známým způsobem mezi katodu, řídicí a stínící mřížku; stínící mřížka zastává pro oscilátor úkol anody. Mřížka ovšem řídí celý tok elektronů a ne jen onu část, která dopadá na stínící mřížku.



Obr. 149. Elektronově vázaný oscilátor.



Obr. 150. Při velmi strmé charakteristice jsou změny anodového proudu velké.



Obr. 151. Při málo strmé charakteristice jsou změny anodového proudu malé.

Anodový proud má tedy střídavou složku podle rozkazů řídicí mřížky — čili diktovanou oscilátorem. Laděný obvod v anodě ocitne se v rezonanci, je-li naladěný na stejný kmitočet jako oscilátor; ostatek je již zřejmý, rozpomeneme-li se na zesilovače s laděnou anodou.

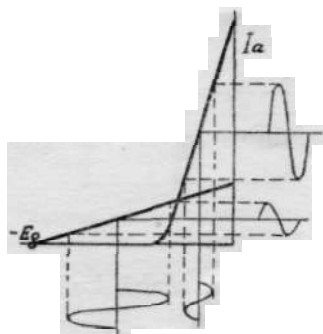
Velmi důležité jest, že anodový obvod souvisí s mřížkovým pouze tokem elektronů a nemá na mřížkový obvod žádný vliv. Elektronově vázané oscilátory jsou velmi stálé, t. j. udržují nezměněně svůj kmitočet.

Kmity, získané oscilátorem, nejsou čistě sinusové a mají tedy i vyšší harmonické. Je-li obvod v anodě laděn na některou vyšší harmonickou, lze z anodového obvodu odbírat napětí o kmitočtu té harmonické, tedy o jiném kmitočtu, než kterým pracuje vlastní oscilátor. Takovýto elektronově vázaný oscilátor se jmenuje **tritet**.

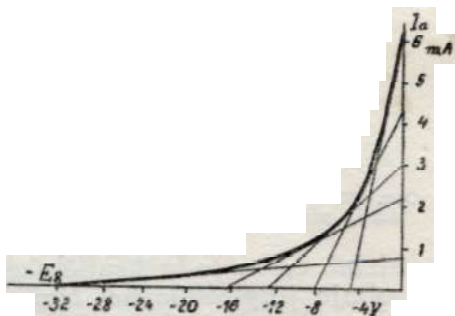
To, že jsme potlačili zpětné působení anody, dává nám možnost konstruovati pentodu s měnitelným zesílením. Průmysl jí dal jméno **selektoda** nebo **úniková pentoda**; vědecky se nazývá pentoda s exponenciální charakteristikou nebo stručně **exponenciální pentoda**.

Potřebujeme vůbec měniti zesílení? Není lepší největší možné zesílení?

Přijímačem musíme zpracovati vlny nejrůznějšího rozkmitu. Máme-li zesílití malé rozkmity (obr. 150), potřebujeme velké zesílení. Máme-li zesílití velké rozkmity, musíme míti malé zesílení (obr. 151), abychom nepřetížili



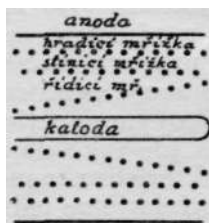
Obr. 152. Spojením dvou různých charakteristik je k dispozici dvojitá strmost.



Obr. 158. Vznik exponenciální charakteristiky.

detekční stupeň. Samozřejmě, není ani myslitelné, vyměňovati v přijímači elektronky podle síly přijímací stanice. Stačí však spojit dvě elektronky různého zesílení paralelně, čímž dostaneme lomenou výslednou charakteristiku (obr. 152), a volbou mřížkového předpětí posunovati pracovní bod podle potřeby na část s větším nebo menším zesílením.

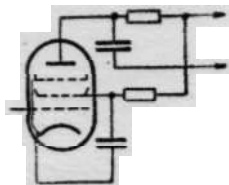
Kdybychom zapojili paralelně větší množství elektrodek s různým zesílením, měli bychom možnost volbou mřížkového předpětí vybrati si zesílení, jaké se nám právě hodí. Výsledná hlavní charakteristika je znázorněna v obr. 153. Samozřejmě nebereme celou řadu elektrodek, nýbrž dosáhneme žádaného tvaru charakteristiky vhodnou konstrukcí pentody. Stačí malá úprava mřížky. Víme, že zesilovací činitel je tím větší, čím je mřížka blíže ke katodě. Provedeme-li tedy mřížku kuželovou (obr. 154) místo obvyklé válcové, zapojili jsme vlastně



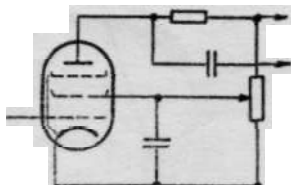
Obr. 154. Kuželová mřížka.



Obr. 155. Mřížka s různým stoupáním závitů.



Obr. 156. Stínící mřížka dostává napětí přes před ražný odpor.



Obr. 157. Stínící mřížka dostává napětí z potenciometru.

paralelně celou řadu kratičkových mřížek, z nichž každá způsobuje jiný zesilovací činitel, čili dosáhli jsme žádaného cíle. Stejného výsledku se dosáhne válcovou mřížkou s různou hustotou (obr. 155). Únikových pentod se užívá všude tam, kde je třeba měniti zesílení.

Napětí pro stínící mřížku je nižší než anodové a získává se z anodového buď předražným odporem (obr. 156) nebo potenciometrem (obr. 157). Dříve se dávala přednost potenciometru, ježto napětí stínící mřížky je pak stálé a nezávisí na anodovém proudu. Použije-li se předražného odporu, pak napětí stínící mřížky závisí na napětí mřížky řídicí: je-li záporné napětí na řídicí mřížce velké, pak je malý tok elektronů, tím i malý proud stínící mřížky. Malý proud stínící mřížky vyvolá na předražném odporu malý úbytek na spádu a tudíž je napětí stínící mřížky velké. Je-li záporné napětí řídicí mřížky malé, je větší proud stínící mřížky, větší úbytek v předražném odporu a tím menší napětí stínící mřížky.

Ale ku podivu, tato závislost se nám právě hodí. U audionu klesá anodový proud, jsou-li kmity, přiváděné na mřížku, silnější. Napětí stínící mřížky vzroste — a tím se charakteristika posune doleva — t. j. směrem k záporným předpětím. To je ovšem vítané, poněvadž se nám tím zvětšil pracovní rozsah. U **pentod s klouzavým napětím** se posunuje charakteristika doleva a zároveň zmenšuje svou strmost. Výhodou je zvětšený pracovní rozsah.

Posunutí charakteristiky doleva pracuje proti regulaci zesílení mřížkovým předpětím: mřížkovým napětím jsme šli doleva, ale když charakteristika jde také doleva, je posunutí pracovního bodu na charakteristice menší, než by bylo na pevné charakteristice. Potřebujeme tedy k regulaci zesílení větších mřížkových napětí. Máme-li k dispozici dosti veliká napětí, získáváme napětí stínící mřížky

předražným odporem, poněvadž pak máme výhodu zvětšeného pracovního rozsahu. Nemáme-li dostatek mřížkového napětí, použijeme potenciometrového zapojení. A ježto díky moderním elektronkám máme obyčejně nadbytek regulačního napětí, používáme výlučně zapojení s předražným odporem.

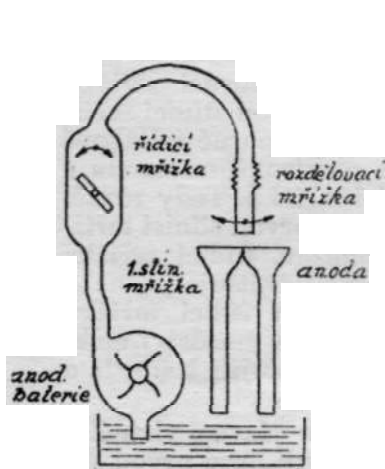
Hexoda.

Hexody jsou elektronky se čtyřmi mřížkami, tedy šesti elektrodami. Dvě z mřížek jsou upraveny jako stínící, dvě pak mají záporné předpětí a slouží k ovládní toku elektronů. Pochody v hexodě jsou poněkud složitější, než jsme dosud poznali, avšak ani zde není žádných takových komplikací, aby se *její* funkce nechala pochopit. Pořadí mřížek směrem od katody k anodě je toto: 1. mřížka řídicí, 2. prvá mřížka stínící, 3. mřížka rozdělovací, 4. druhá mřížka stínící. Působení řídicí a první stínící mřížky je dostatečně známo. Projde-li elektron první stínící mřížkou, má před sebou záporně nabitou rozdělovací mřížku. Nyní jsou dvě možnosti: je-li elektron dostatečně rychlý, prolétne setrvačností záporně nabitou mřížkou a dále pak se pohodlně dostane druhou stínící mřížkou na anodu. Je-li elektron pomalý, nestačí jeho setrvačnost k přemožení odpudivé síly rozdělovací mřížky, a vrátí se zpět na první stínící mřížku. Tedy část elektronů dospěje až na anodu, část jich přistane na první stínící mřížce. Je-li záporné napětí rozdělovací mřížky větší, vrátí se větší část elektronů na první stínící mřížku a menší část dospěje na anodu; je-li záporné mřížkové napětí menší, dospěje větší část elektronů na anodu a menší část se vrací na první stínící mřížku. Tedy **rozdělovací** mřížka posílá elektrony buď na první stínící mřížku nebo na anodu — odtud *její* název. **Řídicí** mřížka ovlivňuje výstup elektronů z katody — zvětšuje *jej* nebo zmenšuje. Tok elektronů se působením řídicí mřížky mění. Rozdělovací mřížka nemění nic na množství elektronů; pouze určuje, jaká část toku má dojít k anodě a jaká k první stínící mřížce.

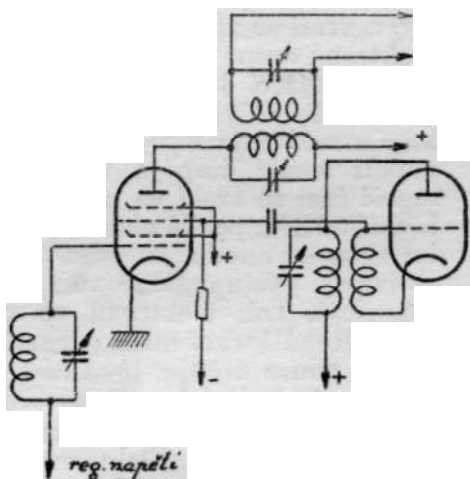
Mnohde se setkáme při popisu hexod s názvem **virtuální** (pomyslná) **katoda**. Elektrony se zvolňují mezi první stínící a rozdělovací mřížkou. Jejich hustota tudíž vzroste. Vysvětlím to příkladem. Obecenstvo vychází z biografu

širokým východem. Venku prší. Každý vycházející se při pohledu na dešť zarazí, okamžik zaváhá a pak odevzdaně kráčí dále. Ten okamžik zaváhání, to jest zvolnění chůze, způsobí ve východu tlačenicí. Již jednou jsme se setkali se zvýšenou hustotou elektronů, a to bylo u katody v tak zvaném prostorovém náboji. Budeme tedy předpokládati, že mezi první stínící a rozdělovací mřížkou vznikl prostorový náboj od jakési neskutečné, pomyslné čili virtuální katody. Nad touto katodou je rozdělovací mřížka jako řídicí a stínící (druhá) mřížka a anoda. Máme tedy tetrodu s virtuální katodou. Bylo by tedy možno pokládati hexodu za seriové zapojení triody a tetrody. Virtuální katoda nemůže dodat libovolné množství elektronů jako normální katoda, neboť nemá žádnou vlastní zásobu. Všechny elektrony jsou jí dodávány spodní triodou.

Ať už použijeme prvního výkladu či druhého s virtuální katodou, vidíme, že množství elektronů, dopadajících na anodu, je výsledkem působení mřížky řídicí a rozdělovací — nebo jinak řečeno anodový proud je řízen dvěma mřížkami. Kdybychom na příklad přiváděli na řídicí mřížku vysokofrekvenční kmity a na rozdělovací mřížku nízkofrekvenční kmity, budou z anody odtékati modulované kmity. Rozdělovací mřížka pouští na anodu proměn-



Obr. 158. Znárodnění působnosti hexody.

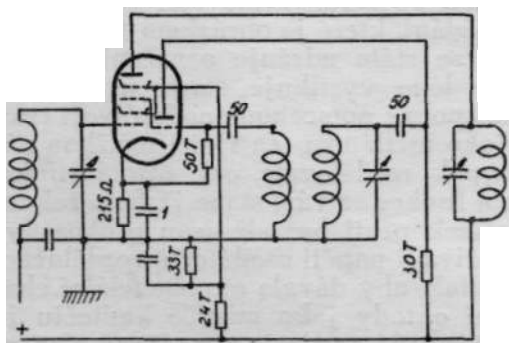


Obr. 159. Princip směšování hexodou.

livé množství vysokofrekvenčního toku elektronů — čili vysokofrekvenční složka anodového proudu mění svůj rozkmit v rytmu nízké frekvence, je tedy modulovaná.

Komu dosavadní výklady nestačily, nechť se laskavě podívá na obrázek 158. Účinek řídicí mřížky je vystižen klapkou lehce otočnou. Rozdělovací mřížka je naznačena kývavým potrubím; voda z něho vytékající se rozděluje o hranu sběračů, které představují anodu a první stínící mřížku. Podle polohy kývavého potrubí bude se voda v různém poměru dělit mezi vedení anodové a stínící mřížky. Bude-li klapka kmitati na př. 20krát za minutu a kývavé potrubí 3krát za minutu, pak bude protékati anodovým potrubím proud, který se chvěje 20krát za minutu, a velikost těchto záchvěvů se mění 3krát v minutě. Můžeme tedy prokázati, že v anodě jsou kmity frekvence řídicí mřížky modulovány kmity frekvence rozdělovací mřížky. Hodila by se tedy hexoda znamenitě k modulování kmitů, ale to není vlastním jejím účelem. Modulované kmity dají se rozložit na sinusové kmity; nosný kmit a kmity o součtu a rozdílu kmitočtů nosného a modulačního kmitu. Přivádíme-li na mřížku řídicí kmity jedné frekvence a na mřížku rozdělovací kmity jiné frekvence, můžeme si v anodovém obvodu laděným transformátorem vybrati podle libosti frekvenci součtovou nebo rozdílovou.

Důležité je, že je-li jeden z kmitů hexodě přiváděných modulován, jsou i kmity o součtové nebo rozdílové frekvenci modulovány, a to stejně; přebraly prostě modulaci od kmitů, přiváděných na mřížku. Dá se tedy přejíti he-



Obr. 160. Trioda — hexoda jako směšovací stupeň.

xodou z jakéhokoli kmitočtu na libovolný jiný, přivádějí-li se na mřížku kmity vhodného kmitočtu. Hexoda slouží jako **měníč kmitočtu**. Vhodné zapojení je uvedeno v obr. 159. Jak je patrné, musí zde býti trioda jako oscilátor, aby dodávala kmity žádaného kmitočtu. Proto se zhusta vestavuje přímo do baňky hexody a dostáváme tak **triodu-hexodu**. Její zapojení je v obr. 160. Je uvedeno se všemi detaily; v principu se neliší od obr. 159. Jsou tu katodové odpory, potenciometr pro získání kladného napětí pro stínící mřížky. Řídící mřížka hexody má exponenciální charakteristiku a hodí se tudíž současně k regulaci zesílení.

Vyskytla se též hexoda s hradící mřížkou; ta pak ovšem není už hexoda, nýbrž **heptoda**. Jinak pracuje stejně jako hexoda.

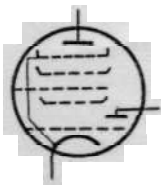
Jméno heptoda není, bohužel, označením určitého typu — to je jen označení počtu elektrod. Pro velmi nízká anodová napětí je vykonstruována pentoda, která má kromě obvyklých elektrod ještě prostorovou mřížku a elektrodu na svazkování elektronů. Je tu o dvě elektrody více — a tedy je to heptoda.

Konečně by se mohl označovati pentagrid (o němž je jednáno při oktodách) jako heptoda.

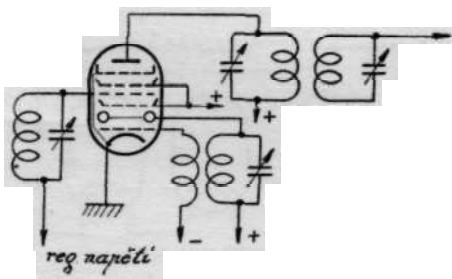
Ale heptody jsou velmi vzácné — a proto i tato nejasnost asi nepovede k nedorozuměním.

O k t o d a.

Oktoda má osm elektrod. Jejich uspořádání je naznačeno v obr. 161 poněkud neobvyklým způsobem. Pomocná anoda je totiž kreslena stranou. Nejnovější konstrukce oktody mají sice uspořádání, které je obrázkem 161 přesně vystiženo, ale přesto se stále udržuje označení oktody podle obr. 162, které lépe vystihuje starší uspořádání oktody. Prvá mřížka spolu s pomocnou anodou tvoří triodu, již se používá jako oscilátoru. Za řídicí mřížkou následuje prvá stínící, pak rozdělovací, pak druhá stínící, hradící a anoda. Celá funkce se vám stane jasnou, řekneme-li si, že úlohy mřížek proti hexodě jsou prohozeny: na řídicí mřížku se přivádí napětí oscilátoru, rozdělovací mřížka je provedena tak, aby dávala exponenciální charakteristiku. Zapojení oktody jako měniče kmitočtu je uvedeno v obr. 162. Pomocná anoda je vyznačena v praxi



Obr. 161. Oktoda.



Obr. 162. Oktoda jako směšovací stupeň.

obvyklým způsobem. Zapojení samo je průzračné a nepotřebuje zvláštního výkladu.

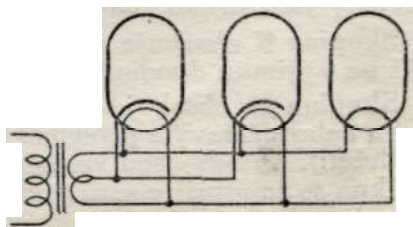
Vyskytla se též elektronka zvaná **pentagrid**; je to vlastně oktoda bez hradící mřížky. Pokud vím, již se jí nepoužívá.

Hexody i oktody se někdy zahrnují pod souborný název **směšovací elektronky**.

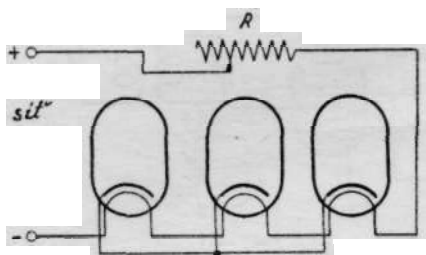
Označování elektronek.

Před několika lety se shodly firmy Philips, Telefunken a Tungstram na jednotném označování typů elektronek, které má vedle jednotnosti ještě tu výhodu, že podává obraz o použitelnosti elektronky. Označení se skládá z dvou nebo více písmen a z čísla. Prvé písmeno udává, do které skupiny patří elektronka svým žhavením.

Skupina A obsahuje elektronky žhavené střídavým proudem o napětí 4 volty (nutno přesně dodržeti). V této skupině jsou elektronky převážně s nepřímo žhavenou katodou. Žhavicí vlákna jednotlivých elektronek se zapojují paralelně (obr. 163).



Obr. 163. Paralelní žhavení katod.



Obr. 164. Seriové žhavení katod.

Skupina B obsahuje elektronky žhavené stejnosměrným proudem 180mA (nutno přesně dodržeti). Katody jsou vesměs nepřímo žhavené. žhavicí vlákna jsou zapojena v sérii (obr. 164), při čemž se regulačním odporem R musí nastavit proud na hodnotu přesně 180 mA. Elektronky této skupiny se dnes již nepoužívá.

Skupina C obsahuje elektronky žhavené stejnosměrným nebo střídavým proudem o intenzitě 200 mA (přesně dodržeti). Katody jsou vesměs nepřímo žhaveny, žhavicí vlákna se zapojují v sérii podle obr. 164, Elektronky této skupiny se používá v přijímačích pro obojí druh proudu.

Skupina D obsahuje elektronky žhavené stejnosměrným proudem o napětí 1.4 V. Katody jsou přímo žhavené. Jsou určeny pro žhavení z galvanických článků (Leclancheových).

Skupina E obsahuje elektronky žhavené proudem o napětí 6.3 V a proudu 200 mA (poněkud jiný proud mají koncové a usměrňovací elektronky). Katody jsou nepřímo žhavené.

Skupina F obsahuje elektronky žhavené z automobilové baterie o napětí 13 V (jmenovité napětí baterie 12 V).

Skupina H obsahuje elektronky žhavené z baterie 4 V. Katody jsou přímo žhavené.

Skupina K obsahuje elektronky žhavené z baterie 2 V. Až na výjimku duodiody jsou katody přímo žhavené.

Skupina U obsahuje elektronky žhavené stejnosměrným nebo střídavým proudem o intenzitě 100 mA (přesně dodržeti). Katody jsou vesměs žhaveny nepřímo, žhavicí vlákna se zapojují v sérii podle obr. 164. Elektronky této skupiny se používá v přijímačích pro obojí druh proudu.

Skupina V obsahuje elektronky žhavené přímo ze sítě. Žhavicí napětí 55 V a 110 V, žhavicí proud 50 mA. Katody jsou nepřímo žhavené.

Druhé a po případě třetí písmeno znamená druh elektronky a po případě její použití.

- A = dioda,
- B = duodioda,
- C = trioda, ne však koncová,
- D = koncová trioda,
- E = tetroda,
- F = vysokofrekvenční pentoda,
- H = hexoda, heptoda,
- K = oktoda,
- L = koncová pentoda,
- M = ukazatel ladění,
- X = usměrňovací, dvoucestná, plynem plněná,
- Y = usměrňovací, jednocestná, vzduchoprázdná,
- Z = usměrňovací, dvoucestná, vzduchoprázdná.

Za písmeny přichází číslo, které znamená pořadové číslo typu. Čísla větší než 11 znamenají obvykle elektronky s kovovou baňkou.

Příklad: AL 4 je koncová pentoda typu 4, žhavená 4 V střídavého proudu. EBL 1 je kombinace duodiody a koncové pentody typu 1, žhavena 63 V libovolného proudu. KCH 1 je trioda-hexoda typu 1, žhavená z baterie 2 V. Firma Tungstam přidávala před popsané označení ještě písmeno T, které značí pouze původ: tedy na příklad TCL 2, TAB 2 atd.

Elektronky, u nichž je rozhodující údaj žhavicího napětí, tedy skupin A, E, F, H, K, se zapojují žhavicími vlákny paralelně (obr. 163). Elektronky, u nichž je rozhodující údaj žhavicího proudu, tedy skupin B, C, U, V a někdy též E, zapojují se svými vlákny do serie (obr. 164).

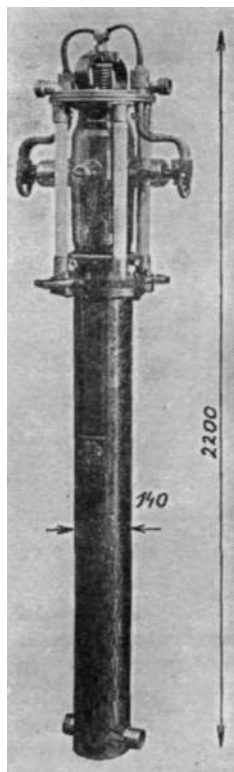
Výbojky.

Výbojky jsou zcela podobné elektronkám, jen jejich baňka není vzduchoprázdná, nýbrž obsahuje trochu plynu. Ze žhavé katody vystupují elektrony, jež rozbíjejí molekuly plynu na iony a elektrony. K anodě doletí tedy více elektronů, než jich opustí katodu; zato na katodu



Obr. 165. Knoflíková elektronka je nejmenší používaná elektronka (Philips).

dopadají kladné iony. Usměrňovací výbojky dávají mnohem větší proud, než by dávaly elektronky stejné velikosti. A přece se jich používá v omezené míře. Hlavní důvod pro to jest, že jsou velmi choulostivé na krátké spojení. Nastane-li krátké spojení na usměrňovací elektronce (na př. proražením prvního kondensátoru filtračního řetězu), nestane se nic zvláštního. Elektronka nemůže dodávat více než nasycený proud. Při krátkém spojení je sice přetížena, ale celkem to není zlé. U výbojky způsobí krátké spojení stoupnutí proudu nad normální hodnotu. Na katodu dopadá proto větší množství ionů, čímž se katoda více ohřeje. Zvýšená teplota katody způsobí další stoupnutí proudu. Na katodu dopadá ještě více ionů, katoda se ještě více ohřeje, proud ještě více stoupne atd. Nakonec se katoda obyčejně spálí. Aby se tak nestalo, zapojují se na anody



Obr. 166. Největší vysílací elektronka Telefunken o užitečném výkonu 300 kW. Spodní válcovitá část je plášť anody, jímž proudí chladicí voda. Míry jsou v milimetrech.

výbojek ochranné odpory, které sice znamenají jakousi trvalou ztrátu, ale chrání výbojku před krátkým spojením a zničením. Též se používá pojistek.

Velmi zajímavou výbojkou je **thyatron** (zvaný též **plynová trioda**). Je to vlastně usměrňovací výbojka s řídicí mřížkou; vypadá tedy jako trioda, ale její funkce je naprosto odlišná. Anodové napětí, při němž počíná téci anodový proud, je závislé na mřížkovém předpětí. Jestliže však již anodový proud počne protékat, nemá mřížkové napětí žádný vliv na jeho velikost. Má-li anodový proud ustati, musí anodové napětí klesnouti pod určitou mez. Thyatronů se používá v radiotechnice při výrobě pilových kmitů; v silnoproudé elektrotechnice se také začínají ujímati pro své zajímavé možnosti.

Skreslení.

Skreslením je rozuměti odchylky kmitů zesílených od kmitů k zesílení přiváděných. Skreslení jsou dva druhy: lineární a nelineární.

Při **lineárním skreslení** zůstává zachován tvar kmitu, avšak poměr rozkmitu kmitů před zesílením a po zesílení je závislý na kmitočtu. Vzniká ve všech členech, jejichž odpor je závislý na kmitočtu. Na příklad vazební kondensátor má pro velmi nízké kmitočty velmi značný odpor — proto jsou nízké tóny zesilovány méně. Kapacity přívodu zeslabují opět vysoké tóny, neboť vysoké tóny přes tyto kapacity jaksí utíkají.

Energie, odevzdávaná koncovou elektronkou reproduktoru, bude také závislá na kmitočtu, neboť na kmitočtu závisí odpor reproduktoru. Konečně i ve vysokofrekvenčních zesilovacích stupních přijímače jsou někdy vysoké tóny zesilovány méně než nízké, jak bude později ukázáno.

Lineární skreslení nejsou valně nebezpečná, neboť vhodnou volbou hodnot konstruktivních prvků se dají silně zmenšiti. Vedle toho je možno lineární skreslení kompenzovati (vyvážiti) jiným skreslením zúmyslně zavedeným. Na příklad, víme-li, že se ve vysokofrekvenčním zesilovači málo zesilují vysoké tóny, postaráme se, aby v nízkofrekvenčním zesilovači se zesílily zvláště silně. Výsledkem bude, že celkové zesílení bude značně rovnoměrné a lineární skreslení bude malé.

Daleko horší je **nelineární skreslení**, kde se mění tvar zesilovaného kmitu. Jeho příčinou je to, že charakteristika není přímková, jak jsme předpokládali, nýbrž je zakřivená. Proto nebude tvar kmitu zesilovaného souhlasit s tvarem kmitu zesíleného. Přivádím-li na mřížku elektronky jeden kmit sinusový, dostávám v anodovém obvodu tento kmit nesinusový, skreslený; ten se skládá ze základního kmitu a řady vyšších harmonických.

Zesiluji-li dva nebo více kmitů současně, vzniknou křivostí charakteristiky nejen vyšší harmonické obou, nýbrž i t. zv. **kombinační kmity**, t. j. kmity, jež jsou všemi možnými kombinacemi kmitočtů obou uvažovaných kmitočtů a jejich vyšších harmonických. Na příklad zesiluji-li dva kmity o kmitočtech F a f , dostávám v anodě základní kmity o frekvenci F a f , vyšší harmonické o frekvenci $2F$, $2f$, $3F$, $3f$, $4F$, $4f$ atd. a kombinační kmity o kmitočtech $F + f$, $F - f$, $2F + f$, $2F - f$, $3F + f$, $3F - f$, $F + 2f$, $F - 2f$, $F + 3f$, $F - 3f$, $2F + 2f$, $2F - 2f$, $2F + 3f$, $2F - 3f$ atd.

Kdežto vyšší harmonické jsou celkem libozvučné v spojení se základním tónem, působí kombinační tóny vždy krajně nelibozvučně. Je tedy třeba starati se o to, aby skreslení bylo zmenšeno na nejmenší míru.

Mezi nelineární skreslení patří též **přeslech** (zvaný mnohdy ohavně **křížová modulace** — nešťastný překlad anglického **cross-talk**, čti krostók), který vzniká ve vysokofrekvenčním zesilovači. Přivádí-li se na řídicí mřížku dva modulované kmity (na př. Praha a Florencie), pak vlivem zakřivení charakteristiky se vyskytnou v anodovém obvodu kromě řádně zesílených kmitů (Praha a Florencie) také kombinační kmity. Z nich nejnepříjemnější jsou ty, kde si základní kmity prohodily modulaci: první kmit je modulován modulačním kmitem druhého kmitu (Praha modulací Florencie) a naopak (Florencie modulací Prahy). Dostanou tedy oba kmity vedle své vlastní modulace následkem skreslení ještě trochu modulace od toho druhého kmitu (do programu Florencie »leze« i pražský program).

Přeslech je daleko nepříjemnější, než by se zprvu zdálo. Dejme tomu, že chci poslouchat Florencii, což je slabší vysílač. Laděné obvody mezi antenou a řídicí mřížkou vysokofrekvenční elektronky nestačí plně odfiltro-

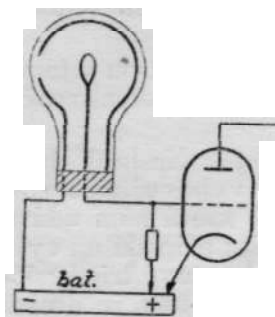
vati silný pražský vysilač. Zdálo by se, že to nevadí, ježto v dalších vysokofrekvenčních obvodech se Praha dokonale odfiltruje. Ale chyba lávky — v první elektronce nastane přeslech a modulace Prahy si »sedne« na florenckou vlnu a krásně prochází všemi filtry. Jinak řečeno, v případě přeslechu už tu Prahu žádnou filtrací ven nedostaneme.

Hned zde upozorňuji, že únikové pentody jsou v tomto směru mnohem lepší než normální vysokofrekvenční pentody.

Dá se velikost skreslení vyjádřit nějak číselně? Budiž po pravdě řečeno, že dosud nemáme vyhovujícího způsobu. Nejužívanější je **míra** skreslení, která nám udává, kolik procent z napětí skresleného kmitu připadá na vyšší harmonické. V praxi se připouští pro koncové triody 5% skreslení, pro koncové pentody 10%. Při tom je dlužno říci, že míra skreslení nám nic neříká o způsobu skreslení (t. j., které harmonické hlavně způsobují skreslení) a o možnosti výskytu kombinačních tónů.

U triod se vyskytuje hlavně skreslení sudými harmonickými, u pentod lichými harmonickými. Zapojením dvojčinným (protitaktním) se vzájemně ruší sudé harmonické. Proto se v tomto zapojení lépe osvědčují triody než pentody, používá-li se ho, aby se zmenšilo skreslení a za předpokladu, že charakteristiky obou použitých elektronek jsou naprosto stejné. Pak klesne skreslení u triod asi na 1 1/2%. (Samozřejmě se zde mluví o zesílení třídy A; zesílení třídy B vykazuje dosti značná skreslení, hlavně lichými harmonickými.)

Dalším prostředkem, jímž se zmírňuje skreslení, je t. zv. **protivazba** nebo **negativní zpětná vazba**. Její podstata je tato: část skresleného napětí z anodového obvodu se přivádí zpět na mřížku, avšak tak, aby se tím napětí na mřížce zmenšovalo. Ježto se z anody přivádějí také vyšší harmonické, skresluje se vlastně kmit na mřížce, ale obráceně: kde je v anodě nadbytek nad čistou sinusovkou (hrb), tam se zavede v mřížce nedostatek pod čistou sinusovkou (promáčklina, dolík). Zesílí-li se tento zúmyslně skreslený kmit, pak se vlivem zakřivení charakteristiky skreslí opačně, čili vlastně spraví. Tímto způsobem se sice nedá skreslení odstranit, ale dá se zmenšit asi na třetinu. O protivazbě je podrobněji jednáno dále.



Obr. 167. Zapojení fotočlátku.



Obr. 168. Vakuový fotočlánek Philips.



Obr. 169. Fotočlánek plynem plněný (Philips).

Zvláštní elektronky.

Pod tento název zahrnuji magnetron, fotočlánek, katodovou trubici čili obrazovou elektronku, magické oko čili ukazatel ladění a násobič elektronů. Dále se zmiňuji v této kapitole o neonovém ukazateli ladění, variátorech a stabilisátoru.

Magnetron je elektronka, kde se řídí tok elektronů nikoli mřížkou, nýbrž magnetickým polem. Letí-li totiž elektron napříč magnetickým polem, jeho dráha se zakřivuje. Vhodným magnetickým polem se dá dosáhnouti, že elektron buď doletí na anodu nebo se vrátí ke katodě, nebo zakrouží kolem katody. Magnetronů se používá k výrobě obzvláště krátkých kmitů (pod 1 m), ale teorie jejich působení je tak složitá, že se neodvažuji v rámci této knihy o ní pojednat.

Fotočlánek není v podstatě nic jiného než dvouelektrodová elektronka, v níž se však emise nedosahuje rozžhavením katody, nýbrž jejím osvětlením. Některé kovy mají schopnost emitovat elektrony, dopadne-li na ně světelný paprsek — a to čím více světla, tím více elektronů. Mění se tedy anodový proud podle intensity osvětlení katody, takže fotočlánek odpovídá velikostí anodového proudu na intenzitu osvětlení katody právě tak, jako

odpovídá trioda na velikost napětí na mřížce. Fotočlánek je tedy elektronka, která nám přímo přeměňuje změny osvětlení na změny elektrického proudu.

Proveden je tak, že skleněná baňka je uvnitř opatřena povlakem z kovu při světle emitujícího a tento povlak tvoří katodu. Na jednom místě je v povlaku okénko, kudy může světlo vnikati dovnitř. Anoda je vytvořena jako smyčka z tenkého drátu, aby nevrhala zbytečně stín na katodu. Principiální zapojení fotočláneku je v obr. 167.

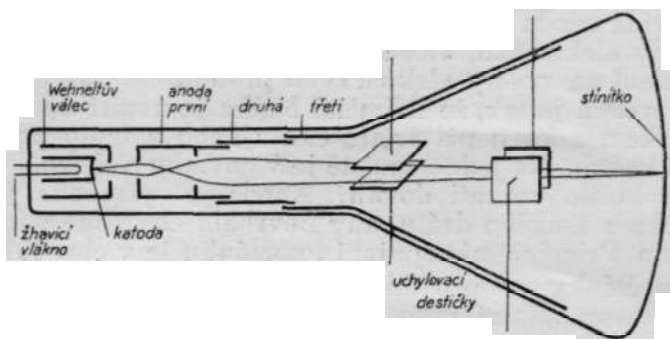
Fotočláneky se provádějí buď vzduchoprázdně nebo s plynovou náplní jako výbojky. Plynem plněné fotočláneky jsou sice citlivější (t. j. na stejné osvětlení reagují větším proudem než vakuové), ale nehodí se pro velmi rychlé změny světla a pro měřicí účely, ježto jejich citlivost se průběhem doby poněkud mění.

Fotočláneky se užívá při obrazové telegrafii, při zvukovém filmu, při televizi a pro různé speciální účely.

Obrazová elektronka (též katodová trubice). V nejhrubších rysech je její působení toto: Ze žhavé katody vyletují elektrony, a jsouce přitahovány anodou, nabývají značné rychlosti. V anodě je malý otvor, jímž některé z elektronů prolétnou a vytvoří tak úzký **elektronový paprsek**. Elektronový paprsek dopadá na stínítko opatřené takovým povlakem, že na místě zasaženém elektrony zaskví. Vytvoří tedy elektronový paprsek na stínítku světelnou stopu.

Elektronový paprsek se chová jako vodič protékající proudem a může tedy býti ovlivňován jak polem magnetickým, tak polem statickým. Protíná-li letící elektron kolmo magnetické pole, dává vznik mechanickým silám, které působí kolmo ke směru pole a kolmo ke směru pohybu elektronů. Ježto mechanická síla působí kolmo ke směru pohybu, působí nutně zakřivení dráhy elektronu. Elektronový paprsek se v magnetickém poli ohne a světelná stopa na stínítku se vychýlí ze své klidové polohy. Velikost výchylky je úměrná velikosti magnetického pole.

Prochází-li elektronový paprsek mezi dvěma destičkami, z nichž jedna je nabitá kladně a druhá záporně, přitahuje se elektron ke kladné desce a odpuzuje od záporné. Při vhodném uspořádání desek je výchylka světelné stopy z klidové polohy přímo úměrná napětí na **vychylovacím systému** desek. Uspořádají-li se v trubici dva takové



Obr. 170. Schema katodové trubice.

systémy k sobě kolmo, můžeme volenými napětími na obou systémech vychýliti světelnou stopu libovolným směrem a o libovolnou hodnotu, tedy »poslati« světelnou stopu na libovolné místo stínítka.

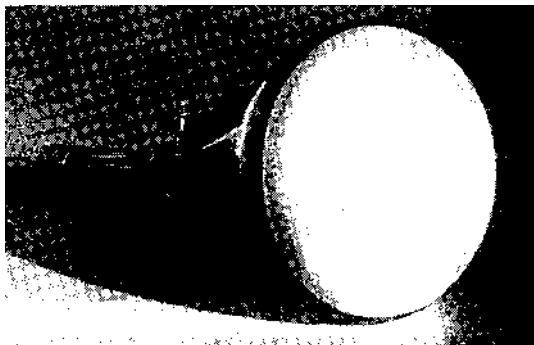
Ježto žádáme, aby obrazy, kreslené stopou na stínítku, byly ostré, musí býti stopa co nejmenší. Kdyby šlo o stopu, vytvořenou na stínítku světelným paprskem, věděli bychom si snadno rady: použili bychom čočky a tou bychom soustředili světelný paprsek do jednoho bodu. S elektronovým paprskem si však můžeme počínati právě tak. Ovšem čočka pro elektronový paprsek není snad ze skla, nýbrž ze silokřivek zvláště utvářených kondenzátorů.

Uspořádání katodové trubice ukazuje obr. 170. Katoda působí jako zdroj světla. **Wehneltův válec** působí jako zrcadlo a posílá všechno světlo zdroje jedním směrem. Tři anody o různém napětí působí jako čočka a soustřeďují světelný paprsek na žádané místo stínítka.

Kam jsme to zabředli? Zrcadla, čočky, hranoly, paprsky, cožpak je to optika? Je, jenomže **elektronová optika**. V normální optice pracujeme se světelnými paprsky, v elektronové optice s elektronovými paprsky. Jak již bylo ukázáno, máme vlastně k dispozici tytéž prostředky jako v optice, ovšem že naše zrcadla, hranoly a čočky jsou ze silokřivek magnetických i statických.

Wehneltův válec působí též jako mřížka a řídí světelnost stopy.

Tedy ještě jednou popis více odborný. Žhavou katodou vysílané elektrony se poněkud soustředí Wehneltovým



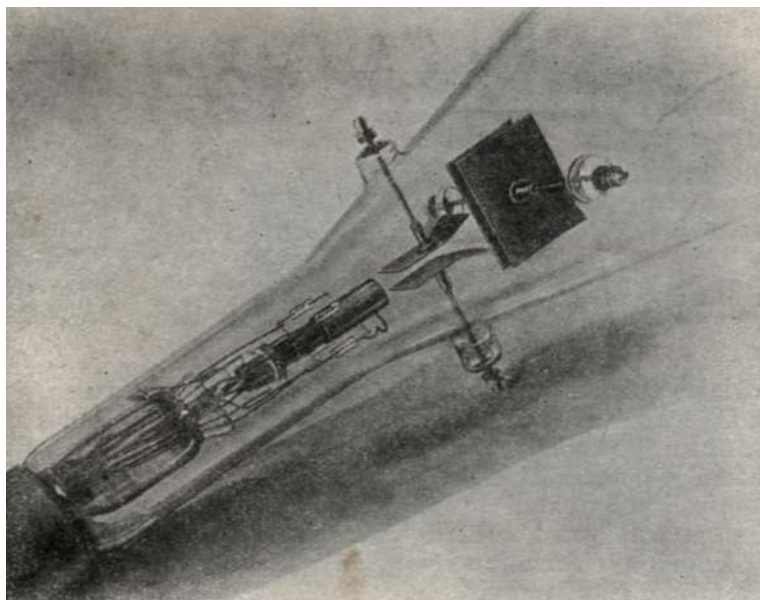
Obr. 171. Katodová trubice Philips.

válcem (záporný náboj), anodami válcového tvaru se jim udělí velká rychlost a soustředí se do jediného bodu na stínítku. Po cestě prochází elektronový paprsek mřížkou, která řídí velikost elektronového toku a tím i světelnost stopy. Vychylovací systémy vychylují paprsek a tedy i stopu ve dvou k sobě kolmých směrech.

Katodových trubice se používá v katodovém oscilografu (viz dále) a při televizi.

Ukazatel ladění čili magické oko. Původní americké magické oko se skládalo z katody, vychylovací destičky a kuželovité anody s povlakem jako má stínítko katodové trubice (obr. 173). Nabíjí-li se vychylovací destička záporně, odpuzuje elektrony; ty se jí vyhýbají a za vychylovací destičkou na anodu nedopadají. Kam elektrony dopadají, tam anoda svítí. Vzniká tedy za vychylovací destičkou stín, a to tím širší, čím je destička zápornější.

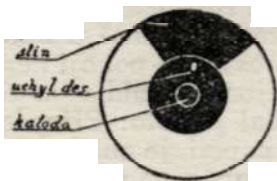
Původní americké magické oko mělo své vady: bylo málo citlivé a pak, byl-li povrch katody nerovnoměrný, bylo nerovnoměrné osvětlení stínítka. Zdejší evropská konstrukce tyto vady odstraňuje. (Obr. 174.) Aby se zvýšila citlivost, je magické oko kombinováno se zesilovací triodou. Rovnoměrné emise a tím i rovnoměrného světlení stínítka dosáhneme mřížkou, která je těsně u katody a je s ní spojena. (Vrhá-li nám žárovka po pokoji nerovnoměrné, pruhovité světlo, použijeme stínidla a závada zmizí.) Působení ukazatele ladění je toto: Přivede-li se na mřížku triody malé záporné napětí, je anodový proud veliký, ztráta na odporu veliká, napětí na anodě triody a na vychylovací destičce je malé. Destička překáží elek-



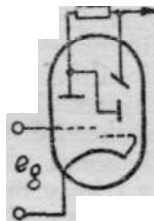
Obr. 172. Systém katodové trubice Philips.

tronům a stín je široký. Je-li na mřížce triody velké záporné napětí, je anodový proud malý, ztráta malá, napětí na vychylovací destičce velké. Destička elektronům tolik nepřekáží, stín je úzký. Magického oka se používá k různým účelům, hlavně pak v přijímačích jako ukazatele ladění.

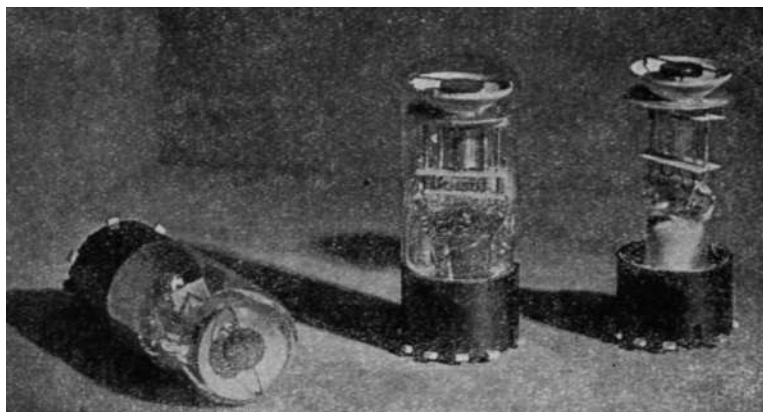
Násobič elektronů je v podstatě trioda, jejíž pomocná anoda je potažena vrstvou kysličníku barya, který snadno uvolňuje sekundární elektrony. Každý dopadající



Obr. 173. Schema působení magického oka.



Obr. 174. Schema magického oka.

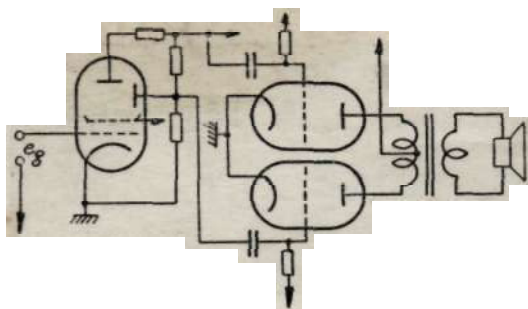


Obr. 175. Magické oko.

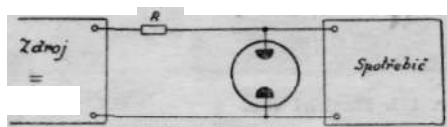
primární elektron vybaví asi 5 elektronů sekundárních. Z pomocné anody, která vzhledem k sekundárním elektronům je katodou, jde proud ke skutečné anodě. Za pomoci sekundární emise se anodový proud zpětinásobil. Proto má násobič elektronů ohromnou strmost a zesílení. Ale násobič elektronů má ještě jednu neobyčejně výhodnou vlastnost. Dopadne-li na pomocnou anodu jeden primární elektron, vypudí se 5 sekundárních, jež pak dospějí k vlastní anodě. Tedy z pomocné anody odcházejí celkem 4 elektrony (5 odchází, 1 přichází). Anodový proud a proud pomocné anody jsou k sobě v poměru 5:4, avšak obráceného směru. Zapojíme-li tedy do obou těchto obvodů odpory ve vhodném poměru, dostaneme na obou elektrodách stejné nízkofrekvenční napětí, avšak opačného smyslu. Tato napětí pak přivádíme na mřížky obou koncových elektronek v dvojčinném zapojení (obr. 176). Proti zapojení s transformátorem má toto zapojení výhodu menšího lineárního skreslení. Vzhledem k ohromnému zesílení násobiče elektronů dá se ušetřiti jeden zesilovací stupeň, čímž se opět zmenší skreslení i nelineární.

Dále by bylo zmíniti se o některých lampách, které se v radiotechnické praxi též vyskytují. Je to stabilizační výbojka, neonový ukazatel ladění a variátor.

Stabilizační výbojka je plynem plněná výbojka, v níž vzniká doutnavý výboj zcela tak, jako ve známých sig-



Obr. 176. Zapojení násobiče elektronů.



Obr. 177. Stabilisace napětí výbojkou.



Obr. 178. Stabilizační výbojka Philips.

nálních neonových žárovkách. Když byl zaveden doutnavý výboj, stačí malé změny napětí vyvolat velké změny proudu. Stabilizační výbojka se zapojuje podle obr. 177 paralelně k spotřebiči. Zdroj je připojen přes seriový odpor R . Malé změny napětí zdroje vyvolají velké změny proudu ve výbojce. Tím vznikají velké změny spádu na odporu R . Volí-li se odpor R správně, pak každé kolísání zdrojového napětí je vyváženo změnami spádu na odporu R a napětí na spotřebiči zůstává téměř beze změny. Na příklad stoupne-li napětí zdroje, stoupne proud výbojky, čímž se zvýší úbytek na spádu, a napětí na spotřebiči se téměř nezmění. Stoupne-li spotřeba zdroje, zvýšil by se spád na odporu R , ale proud výbojky klesne tak, že spád na odporu zůstane téměř na původní hodnotě a napětí na spotřebiči se změní jen nepatrně.



Obr. 179. Neonový ukazatel ladění.

Neonový ukazatel ladění je doutnavá lampa tyčkového tvaru, která má jednu elektrodu provedenou jako malý kroužek, druhou jako dlouhý přímý drát (obr. 179). Čím je větší napětí mezi elektrodami, tím výše je pokryta přímá elektroda světlem. Dá se tedy podle výšky světla soudit na napětí mezi elektrodami.

Variátor se skládá z tenkého železného drátu, napjatého ve vodíkové atmosféře. Stoupne-li napětí na variátoru, stoupne proud pouze nepatrně, ježto i nepatrné stoupnutí proudu způsobí silné stoupnutí odporu. Variátoru se užívá, aby se udržel proud pro žhavení katod seriově zapojených (viz obr. 164). Jsou ovšem variátory i jinak provedené, ale funkce zůstává táž.

ZAPOJENÍ A PŘÍSTROJE.

Doposud jsme poznali již pěknou řadu prvků, které bychom mohli řaditi k sobě a vytvořiti tak přístroje pro určité účely. Avšak k úspěšné konstrukci potřebujeme si osvojit ještě mnoho nových pojmů a poznati několik dalších prvků. Až se tak stane, budete si moci zapojení každého přístroje rozložit na známé prvky a rozuměti mu tedy. Na příklad dostanete schema přijímače — aha — tady je antena — zde zesilovač s laděným obvodem v anodě, tedy zesilovač vysokého kmitočtu — pak tu máme audion se zpětnou vazbou — řídí se kondensátorem, je to Schnellovo zapojení — odporová vazba a koncová pentoda.

Možná, že byste si přáli, abyste po přečtení této knihy mohli sami přijímače navrhovati. To sice můžete, ale mělo-li by to býti s úspěchem, musila by tato knížka býti tlustší — aspoň desetkrát tlustší, a každým rokem by k ní musil vycházet objemný dodatek.

Co žádáme od **přijímače**.

To, co žádáme od přijímače, je celkem prosté: chceme dobře slyšeti program onoho vysílače, který si vybereme, a to bez námahy. Ovšem tyto prosté požadavky se při bližším pozorování rozloží na větší řadu podmínek. Chci-li slyšeti program nějaké stanice, musím ji napřed zachytiti. Každý přijímač má jakousi spodní mez, pod kterou nepracuje, či jinak řečeno potřebuje dostati od anteny určité napětí, aby pracoval. Toto napětí je pro různé typy přijímačů různé. Takovým, které potřebují napětí hodně malé, říkáme, že jsou citlivé. Technický pojem **citlivost** označuje velikost vysokofrekvenčního modulovaného napětí, které musí býti přijímači přivedeno z anteny, aby odevzdával reproduktoru určitý minimální

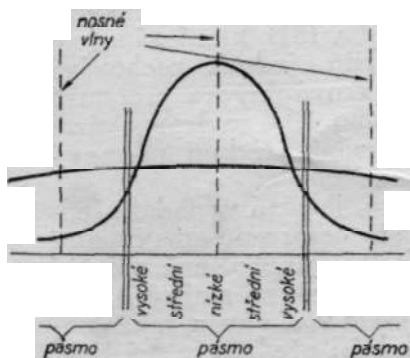
výkon (50 mW), který dává jakousi nepatrnou hlasitost (v pokoji při tichu lze dobře poslouchati). Citlivost se udává v mikrovolttech. Čím je toto číslo menší, tím je přijímač citlivější a je více schopen přijímati i slabé stanice — přijímá tedy více stanic.

Jako příklad uvádím, že t. zv. dvojky mívají citlivost 200 až 300, střední superhety bez zesílení vysoké frekvence 20 až 30, se zesílením vysoké frekvence pod 10 mikrovoltů.

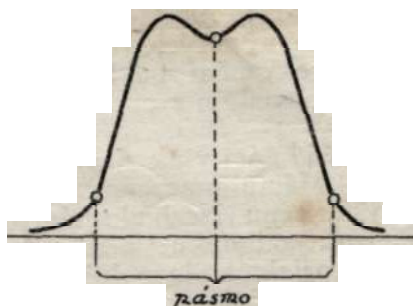
Dále chci zachytiti pouze jednu stanici, ne několik najednou. To znamená, že přijímač musí propustiti vlnu jedné stanice a ostatní potlačit, nepropustiti. Této vlastnosti se říká **odladivost** čili **selektivita**. Technicky se selektivita měří poměrem výšky rezonanční křivky v místě resonance a v místě od resonance vzdáleném o 9 kilocyklů.

Další požadavek je dobrý přednes (čili dobrá **reprodukce**). Tento pojem není tak jednoduchý, jak by se zdálo. Nejjednodušší recept by byl: přednes se musí rovnati originálu. To »musí se rovnati nelze však bráti příliš doslovně. Či jak byste byli spokojeni, kdyby ve vašem pokoji najednou spustila šedesátičlenná vojenská hudba řízný pochod? Asi ne — a raději podmínku upravíme tím způsobem, že dodáme něco o přiměřené hlasitosti. Jakkoli tento zákrok vypadá velmi nevinně, je ve skutečnosti úplným zrušením podmínky. Opět nám pomůže ta vojenská hudba. Necháme ji vyhrávati na volném prostranství a budeme se od ní vzdalovati. Předpokládejme, že jdeme po úplné rovině. Hlasitost hudby se vzdáleností zmenšuje. Chcete tvrdit, že dojem, který máte v bezprostřední blízkosti a ve vzdálenosti několika set metrů, je přesně týž a liší se jen hlasitostí? To jistě ne. Ve větších vzdálenostech už se nám některé tóny ztrácejí. To vše není způsobeno tím, že by se snad některé tóny šířily hůře než jiné, příčina je v našem uchu. Naše ucho potřebuje k slyšení určitou minimální hlasitost. Tato minimální hlasitost je však pro různou výšku tónů různá: pro střední tóny nejmenší, pro hlubší a vyšší tóny větší. Zmenším-li rovnoměrně hlasitost všech tónů, může se státi, že některé vysoké a některé hluboké se již octly pod minimální hlasitostí a ucho je nevnímá. Dojem z poslechu bude tedy docela jiný než při větší hlasitosti.

Další okolnost, která nám vážně poškozuje možnost totožné reprodukce, je v principu modulace. Moduluji-li



Obr. 180. Frekvenční pásmo, a rezonanční křivka jednoduchého obvodu.



Obr. 181. Frekvenční pásmo a rezonanční křivka pásmového filtru.

vysokofrekvenční kmity nízkofrekvenčním, vytvoří se mi nové kmity, jejichž kmitočet jest od nosného kmitočtu vzdálen o nízkofrekvenční kmitočet (jeden výše, jeden níže). To znamená, že modulovaný vysílač vysílá cele frekvenční spektrum.

V Evropě pracuje velký počet vysílačů. Aby se vzájemně nerušily, bylo zvláštní úmluvou stanoveno, že nosné kmitočty musí býti od sebe vzdáleny o 9 kilocyklu. Tím je také šířka frekvenčního spektra omezena na 9 kilocyklu. Poněvadž je spektrum na obě strany od nosné vlny smí býti nejvyšší modulační kmitočet roven polovině 9 kilocyklu, t. j. 4500 cyklů. Vysílací stanice se musí postarati o to, aby žádný tón, vyšší než 4500 cyklů se nedostal k tomu, aby moduloval. Tedy ani vysílací stanice nám nedává celou hudbu, nýbrž zadržuje vysoké tóny.

Když už jsme s vysílací strany tak ochuzeni, musíme se v přijímači starati o to, abychom s vysokými tóny, jež nám zbyly, dobře hospodařili. A hned ve vysokofrekvenčním stupni přijímače narazíme na potíž. Již dříve jsme si dali požadavek po selektivitě — a té dosahujeme ladicími obvody. Má-li ladicí obvod ostrou rezonanční křivku, pak sice dobře potlačuje ostatní kmitočty, ale také ony, které jsou nositeli vysokých tónů. (Obr. 180.) Kdybychom volili křivku tupou, budeme sice míti stejné dobře basy i vysoké tóny — ale sousední stanice k tomu. Zdá se tedy, že je volání po odladivosti v přímém rozporu s touhou po dobrém přednesu.

Ovšem zde se najde krásné řešení ve formě rezonanční křivky dvou vázaných obvodů (obr. 181), která nám jednak podává dostačující selektivitu, jednak zachovává nositele vysokých tónů. Ježto taková křivka propouští celé frekvenční spektrum čili pásmo, říká se dvěma vázaným obvodům s takovou rezonanční křivkou pásmový filtr.

Pořád nám však zůstává otázka, jak má vypadat přednes. Máme omezenou hlasitost, omezenou maximální výšku tónu. Nezbude nám tedy nic jiného, než položit novou podmínku: přednes má vzbuzovati stejný dojem jako originál. Slovo dojem je ovšem věci vkusu, takže nakonec zvítězí nejjednodušší předpis: přednes se má líbit. Většině lidí se líbí, má-li přednes dosti basů a nemá řezavých výšek — čili je měkký. A dosáhnout toho není nijak těžkým úkolem.

Tedy podmínky dobrého přijímače jsou tyto:

1. citlivost,
2. odladivost,
3. dobrý přednes,
4. snadná obsluha,
5. nízká cena.

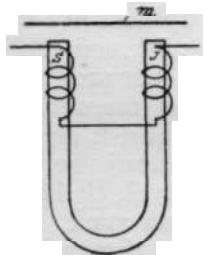
Ostatní okolnosti, jako vzhled, velikost atd., jsou podružného rázu. Citlivosti dosahuje se elektronkami s velkým zesílením nebo velkým počtem elektronek; odladivosti se dosáhne dobrými laděnými obvody — čím více, tím lépe; dobrý přednes se získá vhodně dimensovanými vazebními členy, snadná obsluha použitím vhodných zapojení — a nízká cena je otázkou čistě výrobní.

Konstruktivní prvky.

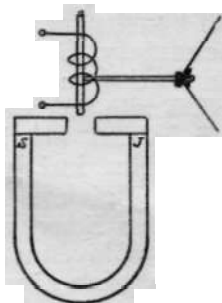
Mezi konstruktivní prvky počítáme sluchátko, reproduktor, mikrofon a gramofonní přenosku.

Sluchátko (schematicky obr. 182) se skládá ze stálého magnetu podkovovitého tvaru, na jehož pólech jsou přišroubovány pólové nástavce z měkkého železa. Na nástavcích jsou nasunuty cívky v serii zapojené. V malé vzdálenosti od pólových nástavců je kruhovitá destička z tenkého železného plechu, zvaná **membrána**. Membrána musí být upnuta po celém obvodu.

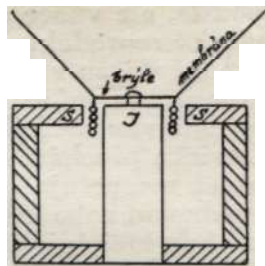
Prochází-li cívkami střídavý proud, pak se stálý magnet zesiluje a zeslabuje, membrána je přitahována více a



Obr. 182. Princip telefonního sluchátka.



Obr. 183. Princip elektromagnetického reproduktoru.



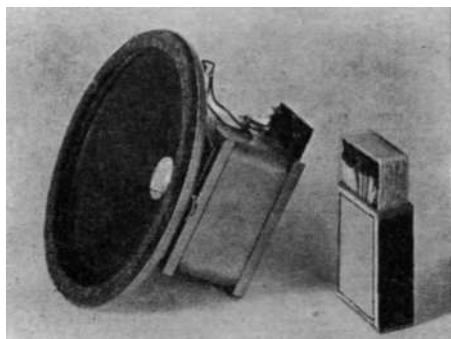
Obr. 184. Princip dynamického reproduktoru.

méně. Membrána se chvěje kmity, vynucenými střídavým proudem v cívkách, a předává své chvění okolnímu vzduchu jako zvuk. Sluchátko má být věrné (t. j. kmity membrány mají přesně odpovídati elektrickým kmitům v cívkách) a citlivé (t. j. má reagovati slyšitelně i na velmi slabé proudy). Nevyhnutelnou podmínkou pro splnění obou požadavků je silný stálý magnet. Citlivost se dá poněkud regulovati vzdáleností membrány od pólů — čím menší vzdálenost, tím větší citlivost. Je-li membrána příliš blízko, drnčí o pólové nástavce nebo na nich zůstane lpěti.

Reproduktor, zvaný též **amplion**, nebo méně vhodně tlampač, hlasadlo, je zařízení na přeměnu kmitů elektrických na akustické, určené pro hlasitý přednes. Podle principu, podle něhož jsou reproduktory konstruovány, dělí se na elektromagnetické, elektrodynamické a kystalové.



Obr. 185. Brýle dynamického reproduktoru.



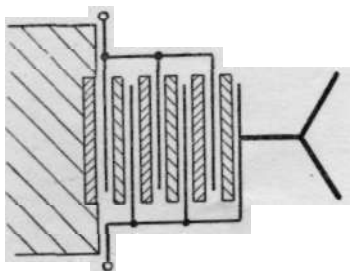
Obr. 186. Malý dynamický reproduktor Telefonken pro přenosné přístroje.

Reproduktor elektromagnetický je buď odvozen od sluchátka, nebo má zvláštní konstrukci. Těch byla ohromná spousta, ale vůbec se neudržely. Dnes patří elektromagnetický reproduktor minulosti. Pouze pro úplnost uvádím zásadní skizzu v obr. 183. Vedle pólových nástavců stálého magnetu může volně kývati kotvička, nesoucí prostřednictvím tenkého svorníku kuželovitou membránu. Kotvička prochází zcela volně cívkou. Prochází-li cívkou proud, magnetuje se kotvička střídavě a přitahuje se buď k jednomu nebo k druhému pólovému nástavci. Uvádí se tudíž do kmitání, které membrána převádí na zvuk.

Reproduktor elektrodynamický nebo také **dynamický** (obr. 184) má stálý magnet nebo elektromagnet upraven tak, že mezi pólovými nástavci vznikne kruhovitá vzduchová mezera, v níž probíhají silokřivky směrem poloměřů. V mezeře je cívka pevně spojená s kuželovitou membránou. Aby se cívka mohla v mezeře volně pohybovat ve směru své osy, ne však vybočovat na strany, je držena t. zv. brýlemi. **Brýle** jsou zhotoveny z tenkého pertinaxu nebo bakelisovaného papíru a mají takový tvar, aby byly »měkké« ve směru kolmém k své rovině, ve své rovině pak tuhé (obr. 185). Protéká-li cívkou střídavý proud, vznikají v magnetickém poli střídavé síly, které cívku rozechvějí ve směru osy. Kmity souhlasí přesně s průběhem proudu, protékajícího cívkou. Cívka mívá obvyklejně nevelký počet závitů. Nezapojuje se do anodového obvodu přímo, nýbrž prostřednictvím **t. zv. výstupního transformátoru**, který má na straně anodové velký počet závitů. Dynamický reproduktor je velmi dokonalý a všeobecně se ho užívá.

Reproduktor krystalový čili **piezoelektrický** (obr. 187) využívá dříve již popsaného zjevu piezoelektrického. Skládá se ze sloupce, složeného z řady krystalových výbrusů s polepy. Jedna strana sloupce je pevně uložena, druhá nese membránu. Výbrusy jsou složeny tak, aby deformace, způsobené přiváděným napětím, byly stejného smyslu a sčítaly se. Přivádíme-li střídavé napětí, sloupec se zkracuje a prodlužuje a rozechvívá tak membránu. Krystalový reproduktor je výborný pro přednes vysokých tónů a tam je hlavní pole jeho působnosti. Je velmi drahý.

Mikrofon je zařízení na přeměnu kmitů akustických na elektrické. Podle principu rozeznáváme mikrofony uhlí-



Obr. 187. Princip krystalového reproduktoru.

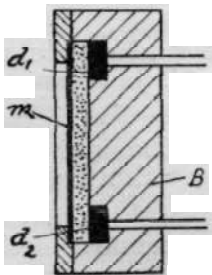


Obr. 188. Uhlíkový mikrofon.

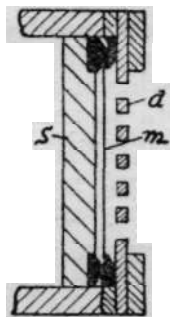
kové (obyčejný a Reissův), kondensátorový, elektrodynamický a krystalový.

Uhlíkový mikrofon (obr. 188) se skládá z uhlíkové membrány a uhlíkové rýhované elektrody. Prostor mezi oběma je uzavřen plstěným kroužkem a skoro úplně naplněn drobnými uhlíkovými kuličkami. Mluví-li se proti membráně, tato se rozechvěje. Prohýbáním membrány se mění dotyk uhlíkových kuliček a tím i odpor mikrofonu. Mikrofon se zapojí do obvodu s baterií a primárním vinutím **telefonního transformátoru**. Pokud slouží telefonní transformátor jako vstup do zesilovače, má na sekundárním vinutí velký počet závitů. Uhlíkový mikrofon má značné lineární skreslení a nehodí se tam, kde se kladou velké požadavky.

Reissův **mikrofon** (obr. 189) se skládá z mramorového bloku s mělkým vybráním, uzavřeným tenkou slídovou membránou. V takto vzniklém prostoru je náplň z uhlí-



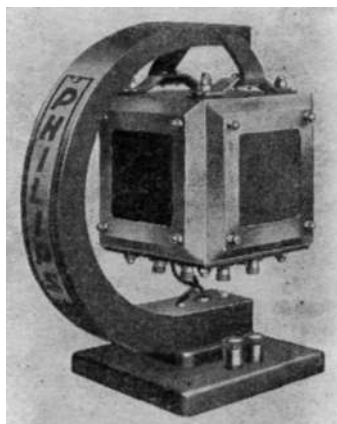
Obr. 189. Reissův mikrofon.



Obr. 190. Kondensátorový mikrofon.



Obr. 191. Páskový mikrofon RCA.



Obr. 192. Vícenásobný mikrofon Philips.

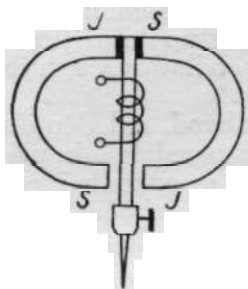
kových kuliček. Proud se přivádí dvěma uhlíkovými elektrodami. Funkce táž jako u uhlíkového mikrofonu. Mikrofon Reissův je velmi dobrý, ale má, jako každý mikrofon s uhlíkovou náplní, značný vlastní šumot. (Tyto mikrofony se osvědčily v Československém rozhlasu.)

Kondensátorový mikrofon (obr. 190) je v podstatě kondensátor s jednou deskou pevnou a druhou velmi tenkou. Dopadá-li na tu tenkou zvuk, rozechvěje ji; vzdálenost mezi deskami a tím i kapacita kondensátoru se mění. Je-li připojena baterie, vznikají nabíjecí a vybíjecí proudy. Tyto se vedou dále k zesilovači. Tento mikrofon je velmi přesný, ale choulostivý.

Elektrodynamický čili páskový mikrofon. Mezi póly silného magnetu je tenký hliníkový pásek. Tento se zvukovými vlnami rozechvěje, čímž se v něm indukují napětí, která se vedou dále k zesilovači. Je velmi přesný (ponejvíce používaný i v Československém rozhlasu).

Krystalový mikrofon není nic jiného, než obráceně pracující krystalový reproduktor. Je velmi dobrý.

Gramofonové přenosky jsou zařízení, která přeměňují výkyvy jehly, vedené v drážce gramofonové desky, na kmity elektrické. Podle principu jsou magnetické a krystalové.



Obr. 193. Princip gramofonni přenosky. Obr. 194. Gramofonni přenoska Telefunken.

Magnetická přenoska je vlastně obrácený elektromagnetický reproduktor. Mezi póly stálého magnetu může kývat železná kotvička (obr. 193), jež volně prochází cívkou. Do kotvičky se upíná gramofonová jehla. Rozkývá-li se kotvička, přibližuje se tomu či onomu pólu, čímž se mění směr silokřivek v kotvičce. Tím se indukují v cívce napětí, která se vedou dále k zesilovači.

Krystalová přenoska obsahuje krystalový výbrus, který se kmitáním jehly střídavě deformuje. Na polepech výbrusu vznikají napětí, která se vedou k zesilovači.

Základní zapojení.

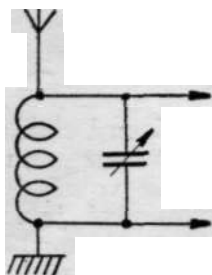
Vedle zapojení, která jsme poznali při výkladu funkce elektronek, musíme poznati ještě několik jiných, která se běžně používají v přijímačích.

Antenní vazby. Antena se spojuje s přijímačem buď přímou vazbou (obr. 195) nebo galvanicky induktivně (obr. 196) nebo čistě induktivně (obr. 197) či kapacitně

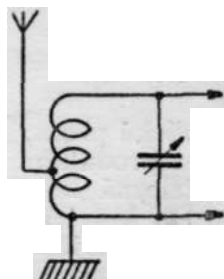
(obr. 198). Má-li být dána možnost cejchování stupnice, to jest, aby při stejné poloze ladicího kondensátoru byl vždy přijímán stejný kmitočet, musí býti vazba velmi volná. Proto se nehodí dobře přímá a galvanicky induktivní vazba a používá se jich jen tam, kde více záleží na síle příjmu než na možnosti cejchování.

Odladovač. Aby se zamezilo vnikání velmi silného vysilače do přijímače a rušení slabších stanic, používá se odladovače. Mezi vlastní antenu a antenní svorku přijímače se zapojí paralelní obvod, naladěný na kmitočet rušícího vysilače. (Obr. 199.) Ježto má při resonanci velký odpor, znesnadňuje rušícímu vysilači vstup do přijímače. Mnohdy se nepoužívá přímé vazby odladovače, nýbrž galvanicko-induktivní.

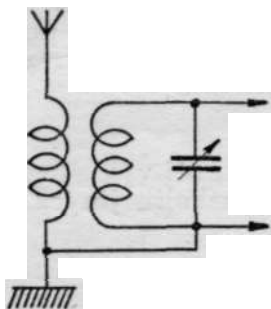
Jiný typ odladovače je seriový obvod, naladěný na kmitočet rušícího vysilače, zapojený paralelně k přijímači. (Obr. 200.) Pro rušící kmitočet je pohodlná cesta stranou přijímače. Jinak řečeno: rušící kmitočet projde raději odladovačem, než aby se šel namáhat do přijímače.



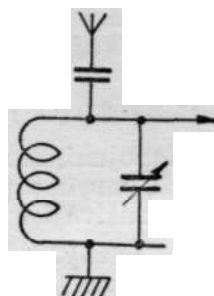
Obr. 195. Přímá antenní vazba.



Obr. 196. Galvanicky induktivní antenní vazba.



Obr. 197. Induktivní antenní vazba.

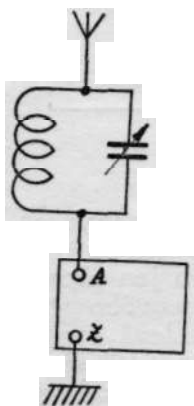


Obr. 198. Kapacitní antenní vazba.

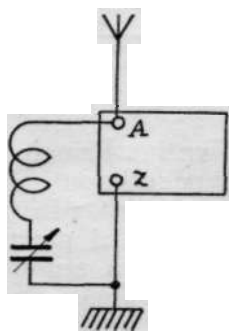
Řízení hlasitosti. Ve vysokofrekvenčních stupních se provádí změnou mřížkového napětí selektod. V nízkofrekvenčních stupních se obvykle provádí potenciometrem (obr. 201). Čím výše se běžec posune, tím větší napětí se přivádí na mřížku a tím je hlasitost větší. Používá se pravidelně na mřížce první elektronky, zesilující nízkou frekvenci.

Zabarvení přednesu řídí se buď tónovou clonou nebo proti vazbou nebo zmnožením basů.

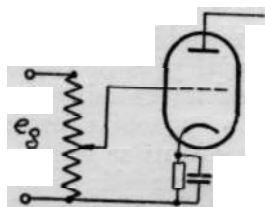
Tónová clona se skládá z kondensátoru a měnitelného odporu (obr. 202), jež se zapojují paralelně k výstupnímu transformátoru nebo mezi anodu a katodu koncové elektronky. Čím vyšší tóny, tím menší bude pro ně odpor kondensátoru a proto budou spíše voliti cestu přes něj než reproduktorem. Tónovou clonou se zeslabují vysoké tóny. Stupeň zeslabení se řídí měnitelným odporem.



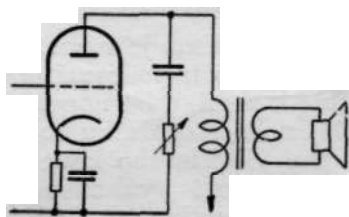
Obr. 199. Paralelní odlaďovač.



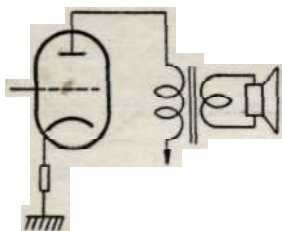
Obr. 200. Seriový odlaďovač.



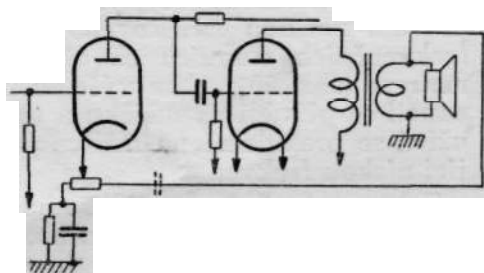
Obr. 201. Řízení hlasitosti.



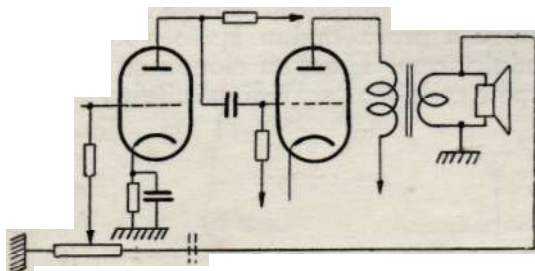
Obr. 202. Tónová clona.



Obr. 203. Nejjednodušší způsob protivazby.



Obr. 204. Protivazba na katodu.



Obr. 205. Protivazba na mřížku.

Protivazba. Princip protivazby byl již vyložen dříve. Zbývá podotknouti, že protivazba odstraňuje skreslení v těch stupních, přes něž sahá: sahá-li jen přes koncový stupeň, odstraní pouze skreslení koncového stupně; sahá-li přes dva stupně, odstraní skreslení dvou stupňů. Velmi jednoduchý způsob je ten, že se katodový odpor nepřeklene kondensátorem (obr. 203). Anodový proud, procházející katodovým odporem, vyvolává v něm napětí, jež působí proti mřížkovému napětí, čímž je uskutečněna protivazba.

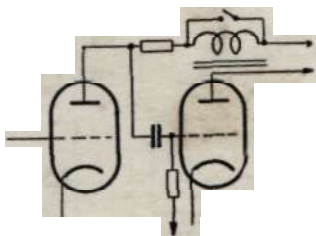
Lepší způsob je v obr. 204 a 205. Ze sekundárního vinutí výstupního transformátoru vede se napětí přes potenciometr k zemi. Část napětí se přivede buď na katodu (obr. 204) nebo na mřížku (obr. 205) tak, aby působila protivazbu. Ze kterého konce sekundárního vinutí se má vyjít, se musí vyzkoušet. Potenciometrem se dá měnit velikost protivazby (mění se velikost vazebního napětí). Zapojí-li se kondensátor, jak naznačeno čárkovaně, je

velikost protivazby závislá na kmitočtu: při vyšších kmitočtech je větší. Je nutno zdůrazniti, že protivazba zmenšuje hlasitost. Popsaná, frekvenčně závislá, protivazba bude více zeslabovati vysoké tóny a zabarvovati přednes měkčeji.

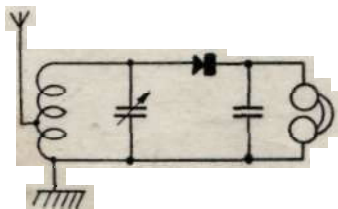
Zmnožení basů lze provésti různým způsobem. Nejoblíbenější způsob je tento (obr. 206): Za anodový odpor, který se volí menší než obvykle, se zapojí ještě tlumivka. Tato je tak konstruována, aby měla při basových tónech rezonanci (samoindukce a kapacita mezi závity vinutí). Při basech bude tedy celkový anodový odpor veliký, pro ostatní tóny menší, Ježto zesílení závisí na velikosti anodového odporu, bude i zesílení basů větší než ostarních tónů. Tlumivka se dá vypínačem spojití nakrátko. (Pozn.: Resonanční křivka tlumivky je dosti plochá, takže není třeba se obávati zmnožení jen několika málo basových tónů.)

Krystalový přijímač.

Nejjednodušším možným přijímačem je přijímač s krystalovým detektorem. Jeho zapojení je v obr. 207. Antena je připojena buď přímo nebo na odbočku cívky laděného obvodu. Vlastní **krystalový detektor** se skládá na příklad z krystalu leštěnce olověného, jehož se jemně dotýká stříbrný hrot. Tato kombinace propouští jedním směrem proud mnohem lépe než druhým směrem, tedy usměrňuje. Jakmile toto víme, ihned nám vysvitne souvislost uvedeného zapojení s jednocestným eliminátorem a zapojením pro detekci diodou, takže dalšího výkladu není třeba. Ježto je sluchátku přiváděna pouze energie, zachycená antenou, nedá se očekávati velký počet zachycených stanic. Obvyčejně stačí krystalový detektor na 2—3



Obr. 206. Zapojení pro zmnožení basů.



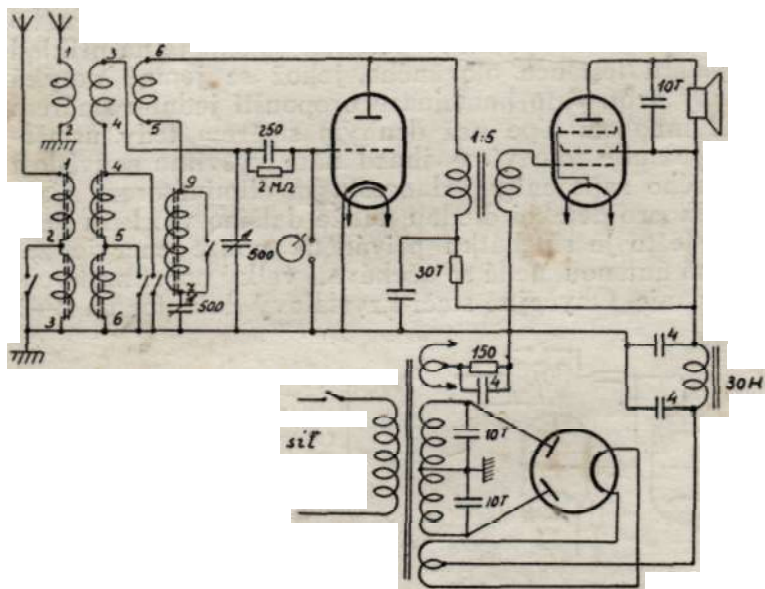
Obr. 207. Přijímač s krystalovým detektorem.

nejsilnější. Ani hlasitost nebude příliš velká; v blízkosti vysílací stanice stačí však i na reproduktor.

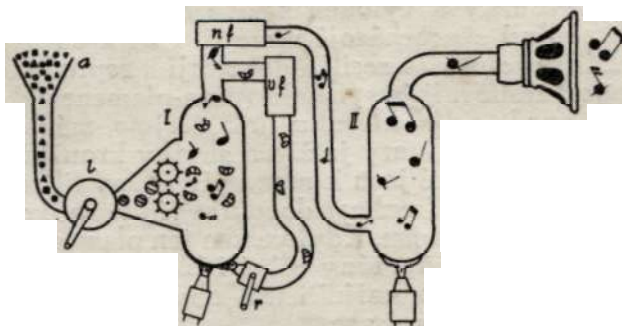
Přijímače s přímým zesílením.

Přijímače s elektronkami dělíme do dvou skupin: přijímače s přímým zesílením a superhety. **Přijímače s přímým zesílením** zesilují modulované vysokofrekvenční kmity tak, jak je přijaly z anteny. Obvykle používají audionu se zpětnou vazbou, který dává dobrou citlivost i odladivost. Přijímač se dvěma elektronkami je nejrozšířenější přijímač, ježto je jednoduchý, snadno se ovládá, dosti selektivní i citlivý, přednes dobrý, cena malá. V podstatě je to audion se zpětnou vazbou a koncový stupeň. Novější přístroje mají pentody odporově vázané. Z dosud probraných prvků bylo by lze snadno takové zapojení sestavit.

Zapojení v obr. 208 se zdá strašlivě složité, ale jen zdá. Celá potíž je v tom, že přístroj je pro tři vlnové rozsahy: dlouhé, střední a krátké vlny. Pro krátké vlny jsou vzdušné cívky: antenní 12, laděná mřížková 34 a reakční



Obr. 208. Schema přijímače o dvou elektronkách.



Obr. 209. Znázornění působnosti přijímače o dvou elektronkách.

56 (v obrázku vlevo nahoře). Pro střední a dlouhé vlny jsou cívky s ferocartovým jádrem. Pro střední vlny je anténí cívka 12, mřížková 45; pro dlouhé vlny cívky 12 a 23 v serii, po případě 45 a 56 v serii. Reakční cívka 79 je pro oba rozsahy společná. Kombinovaný přepínač, t. zv. vlnový přepínač, přepíná antenu z vzdušné cívky na ferocartovou a spojuje cívky 23 a 56, po případě i 456 na krátko. Pro příjem krátkých vln je antena připojena na vzdušnou cívku a všechny vypínače zapjaty. Pro střední vlny přepne se antena na ferocartovou cívku a vypínač, spojující cívky 456, se otevře. Při dlouhých vlnách jsou všechny vypínače otevřeny.

Mezi mřížkou první elektronky a katodou jsou svorky, na něž je možno připojit gramofonní přenosku. Přijímač pak působí jako zesilovač. Kdybychom vynechali laděné obvody, reakční obvod, mřížkový kondensátor a svod, a postarali se o vhodné předpětí první elektronky, dostali bychom zesilovač nízkého kmitočtu. Anodové napětí audionu musí být dobře vyfiltrováno a proto se filtrační řetěz prodlužuje o odpor 30 T a kondensátor. Paralelně k reproduktoru je zapojen kondensátor 10 T, t. j. 10.000 cm, aby se poněkud potlačily vysoké tóny. Jinak neobsahuje nic, co by už nebylo známo.

Působnost přijímače se dvěma elektronkami se dá pěkně pochopit podle názorného obrázku 209. Antena je znázorněna násypným košem, do něhož se zachycují všemožné vlny: kroužky, trojúhelníky a čtverečky. Laděný obvod I propustí pouze jednu vlnu — kroužky — do audionu, který je znázorněn kotlíkem s drtičem. Drtič

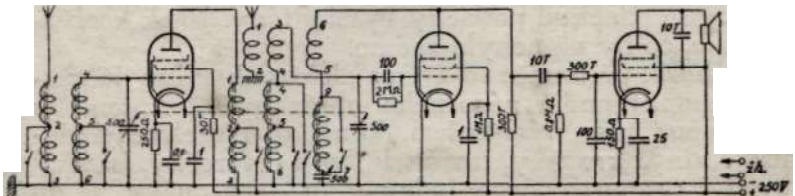
rozlouská kroužky a vyloupá z nich modulaci — tóny. Tóny se zesilují a procházejí skrze filtr nf k další elektronce, kde se ještě více zesílí a dospívají k reproduktoru.

Schopnost zesilovati je symbolisována plamenem, který dmychá zespoda na elektronku. Jak zřejmě, má audion ještě druhý plamen, který je živen zbytky kroužků (vysoké frekvence), které jsou k němu přiváděny filtrem vř. Regulační kohout r (reakce) dovoluje řídit velikost tohoto přídavného plamene. Kdybychom ten plamen udělali příliš velký, pak se nám tóny připalí (skreslení); musíme tedy přídavný plamen nařídit tak, aby tóny pěkně nabývaly, ale nepřipalovaly se.

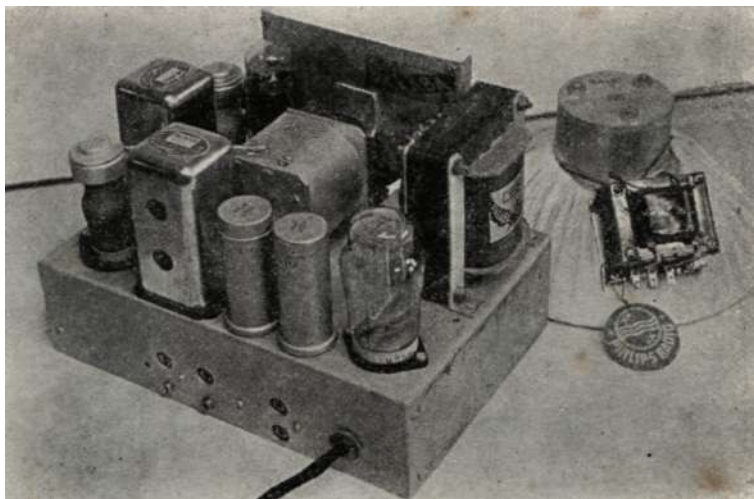
Obsluha přijímače se omezuje na ladění a nastavení zpětné vazby. Čím je vazba těsnější, tím je přijímač citlivější — podává tedy větší hlasitost — a selektivnější. Učiní-li se zpětná vazba příliš těsná, počne audion oscilovati, což se pozná v reproduktoru suchým klapnutím a skreslenou, zeslabenou reprodukcí. Je-li naladění přijímače blízké nosné vlně některého vysilače, ozývá se z reproduktoru pískání, a to tím hlubší, čím je rozdíl mezi kmitočtem nosné vlny a rezonančním kmitočtem přijímače menší (směšování zakřivenou charakteristikou — rozdílové kmity).

Přijímač s třemi elektronkami (obr. 210) je velmi průhledný. Má stupeň vysokofrekvenční, audion se zpětnou vazbou a koncový stupeň. Použito je normálních pentod. Napětí stínící mřížky získává se předražným odporem. Přijímač má větší selektivitu a citlivost než přijímač se dvěma elektronkami. Ladicí kondensátory se obvykle spojují v jeden celek (viz titulní obrázek).

jedině přijímač se dvěma elektronkami, tak zvaná dvojka, se těší oblibě jako představitel přijímačů s přímým zesílením. Ostatní velice ztrácejí ve srovnání se superhety. Celkem možno říci o této třídě přijímačů:



Obr. 210. Schema přijímače o třech elektronkách.

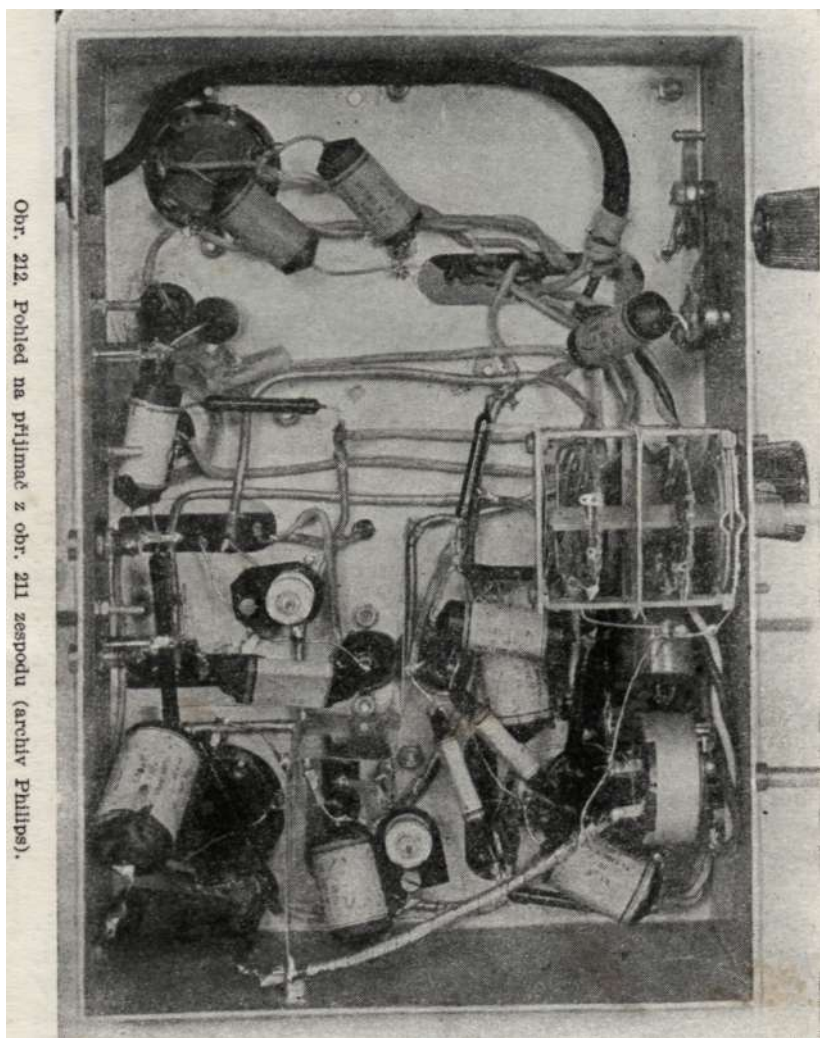


Obr. 211. Amatéřsky sestavený přijímač (archiv Philips).

zesílení za detekcí zvětšuje hlasitost, zesílení před detekcí zvětšuje citlivost a tím počet zachytitelných stanic. Chceme-li vypracovati přijímač s přímým zesílením o velké citlivosti a odladivosti a s dobrým přednesem, narážíme na značné technické potíže. Na příklad každý pásmový filtr znamená dva otočné kondensátory; žádáme-li dva pásmové filtry, potřebujeme čtyři otočné kondensátory. Kdyby se měl ladit každý zvlášť, byla by obsluha namáhavá, složitá, vyžadující zvláštního citu. Proto je nutno kondensátory nějak mechanicky vázati, což je výrobně nesnadné a drahé.

Superhet.

Rozhodně by nebylo nesnadno vytvořiti přijímač krajně dokonalý, tedy selektivní, citlivý, s dobrou reprodukcí, kdyby byl určen pro příjem pouze jedné vlny. Ladění by se provedlo jednou provždy za pomoci měřicích přístrojů, a tedy naprosto přesně. Před tento přijímač zapojíme hexodu nebo oktodu jako měnič kmitočtu, a máme tak možnost převést libovolnou vlnu, kterou chceme přijímati, na vlnu, kterou je laděn náš dokonalý přijímač.



Obr. 212. Pohled na příjímáč z obr. 211 zespodu (archiv Philips).

Přístroj, konstruovaný podle této zásady, se jmenuje superhet. Tedy superhet se skládá ze stupně **směšovacího** (hexody s oscilátorem, triody-hexody, oktody) a přijímače, laděného na pevný kmitočet, zvaný **mezifrekvence**. Ještě přesněji řečeno má superhet tyto stupně:

1. vysokofrekvenční (málo obvyklý),
2. směšovací,
3. mezifrekvenční (s pásmovými filtry),
4. detekční (dioda),
5. nízkofrekvenční (někdy chybí),
6. koncový (někdy dvojitý).

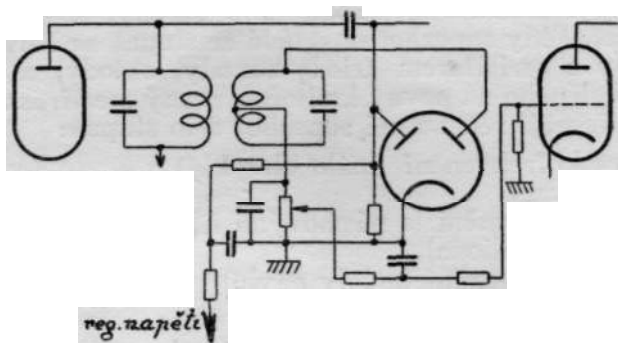
Zapojení každého z těchto stupňů je známo z teorie elektronek. Superhet jako dokonalý přijímač bývá vybaven ještě různými zajímavými detaily.

Směšovací stupeň lze postavit jako samostatný celek a předřadit pak libovolnému přijímači s přímým zesílením, čímž se vlastně vytvoří superhet. Takový směšovací stupeň se nazývá **adapter**; používá se ho k tomu, aby se přijímač přizpůsobil na příjem krátkých vln.

Zajímavé podrobnosti a zapojení.

Vyvážení úniku. Normální přijímač bude reagovat na kolísání napětí, přicházejícího z anteny, kolísáním hlasitosti. Takové kolísání hlasitosti je tak nepříjemné, že může úplně zkazit radost z poslechu. Zařídíme-li však přijímač tak, aby jeho zesílení bylo závislé na napětí z anteny, a to pro velké napětí menší zesílení, pro malé napětí větší zesílení, zmenší se podstatně kolísání hlasitosti, ba dokonce až na nepostřehnutelnou míru. Jakým způsobem by se to dalo provést? Víme, že únikové elektronky (pentody, hexody, oktody) mají tím menší zesílení, čím větší je záporné napětí na jejich mřížce. Kdybychom našli v přijímači stejnosměrné napětí, jehož velikost závisí na napětí z anteny, byla by úloha řešena.

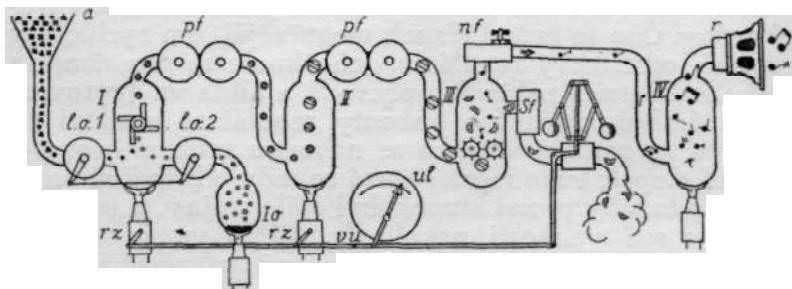
Při detekci diodou máme na odporu jednak stejnosměrné napětí, kolísající v rytmu nízké frekvence, jednak zbytky vysoké frekvence. Střední hodnota stejnosměrného napětí je úměrná napětí z anteny (přesněji řečeno rozkmitu nosné vlny). Stačí tedy z kolísajícího napětí odfiltrovat nízkou frekvenci a dostaneme žádané regulační napětí, které můžeme vést k mřížkám únikových



Obr. 213. Duodioda detektuje a získává regulační napětí pro samočinné vyvažování úniku.

elektronek. V obr. 213 je nakresleno zapojení často používané. Z primární strany mezifrekvenčního pásmového filtru jde se přes kondensátor na anodu diody; mezi anodou a katodou je odpor. Z tohoto odporu odbírá se napětí a přes filtrační řetěz se vede jako regulační napětí k mřížkám únikových elektronek. Z konce sekundární strany pásmového filtru se jde přímo na druhou anodu duodiody. Z odbočky cívky pásmového filtru se jde přes odpor s paralelním kondensátorem ke katodě. Z tohoto odporu se odbírá nízkofrekvenční napětí. Odpor je vytvořen jako potenciometr, takže zároveň slouží k řízení hlasitosti. Na mřížku nízkofrekvenčního stupně se jde přes filtrační řetěz, který odstraní zbytky vysoké frekvence (vlastně mezifrekvence). Chceme-li, aby samočinné vyvažování úniku nepůsobilo při příjmu docela slabých stanic, dáme katodě diody malé kladné předpětí, což se rovná zápornému předpětí anody. Pak začne anoda pro regulační napětí pracovat až tehdy, až je napětí jí přiváděné větší než kladné předpětí katody, tedy při silnějších vysilačích. Pak mluvíme o zpožděném vyvažování **úniku**.

Ukazatel ladění. Přivádíme-li regulační napětí na mřížku magického oka, mění se nám podle velikosti regulačního napětí úhel svítící výseče na magickém oku. Ježto při přesném vyladění vysilače je regulační napětí největší, ukazuje nám největší úhel světelné výseče, že je přesně naladěno. U přijímačů bez samočinného vyvažování úniku ladíme na maximální hlasitost. U přijímačů



Obr. 214. Znárodnění působení superhetu.

s automatickým vyvažováním nelze maxima hlasitosti postřehnouti, poněvadž je právě vyvažování úniku zastírá. Ladíme proto na maximální úhel světelné výšece magického oka.

Jiné způsoby ukazatele ladění používají měřícího přístroje v anodovém přívodu únikové elektronky (při správném vyladění nejmenší proud, ježto největší regulační napětí) nebo se napětím, vznikajícím změnou anodového proudu na odporu, ovlivňuje délka světelného sloupce v neonovém ukazateli ladění.

Abych umožnil dobré pochopení funkce superhetu, uvádím v obr. 214 jeho symbolisované působení. Setkáváme se se známou již násypnou antenou *a*, kde se zachycují kroužky, trojúhelníky i čtverečky. Laděný obvod *lo 1* propouští do první elektronky pouze černá kolečka. S druhé strany přicházejí bílá kolečka, která se vytvořila ve zvláštním kotlíku a byla pečlivě profiltrována laděným obvodem *lo 2*. V první elektronce se černá a bílá kolečka tak důkladně pomíchají, až vzniknou šedá kolečka, která se vedle toho zesílením elektronky trochu zvětší. Máte zde obraz působení směšovacího stupně; kmity z anteny a z oscilátoru se složí na mezifrekvenční kmity.

Šedá kolečka projdou pásmovým filtrem *pf* k druhé elektronce, kde se dále zesílí. Skrze pásmový filtr procházejí šedé kroužky do drtiče-diody. Tam se rozlousknou a vyloupnuté noty jdou skrze nízkofrekvenční filtr *nf* k poslední elektronce. Co znamená ten kohoutek na *nf*? To je řízení hlasitosti. Čtvrtá elektronka noty zesílí a odevzdá reproduktoru.

V drtiči vznikající slupky se vedou skrze filtr *sf*, dále

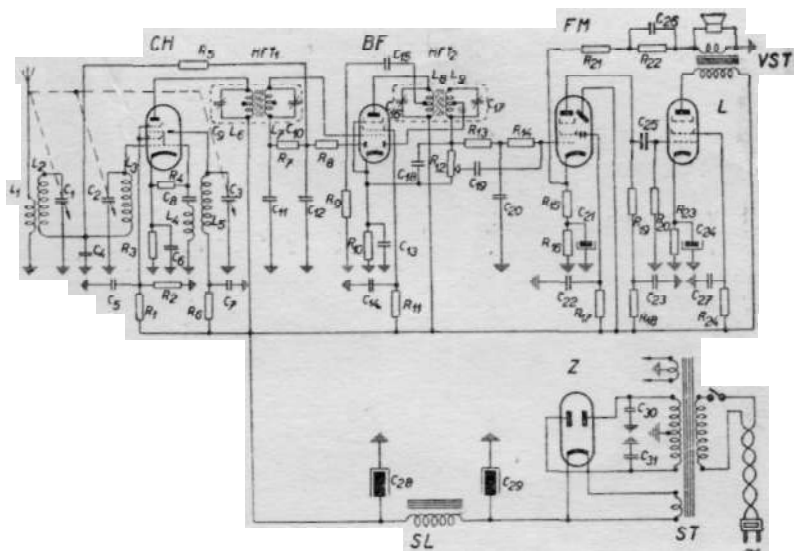
odstředivý regulátor a konečně jsou jako odpaděk vyfukovány. Čím je proud slupek mohutnější, tím rychleji se roztočí odstředivý regulátor. Jeho koule se rozestoupí a prostřednictvím pákových převodů a táhla vu (vyrovnávání úniku) se přivřou kohouty regulátorů zesílení rz. Topení se zmenší, kolečka se nebudou tolik zvětšovat a proud slupek bude menší. Stará se tedy odstředivý regulátor o to, aby proud slupek byl stále stejný, a tedy ani noty v své velikosti nekolísaly. Táhlo vu je spojeno s ručkou přístroje ul (ukazatel ladění), na němž je patrné, jak mnoho se právě reguluje — a z toho se dá soudit na velikost z anteny přicházejících koleček.

Myslím, že jednodušeji vyznačiti funkci superhetu již není možno, a nesprávnosti, které se v tomto znázornění vyskytují, jsou nezávazné.

Pro přehled opakuji funkci superhetu ještě jednou: Kmity z anteny jsou vyfiltrovány prvním ladicím obvodem a přivedeny hexodě, jíž se též přivádějí kmity z triodového oscilátoru; jejich kmitočet je určen druhým ladicím obvodem. Pásmový filtr propustí pouze žádanou mezifrekvenci k únikové pentodě. Mezifrekvence se tu zesílí a dalším pásmovým filtrem přivede k diodě. Detektované nízkofrekvenční kmity se zesilují koncovou pentodou a jsou odevzdávány reproduktoru. Kromě nízkofrekvenčních kmitů se získává v diodě stejnoměrné napětí, jehož velikost závisí na rozkmitu nosné vlny, tedy regulační napětí. Jím se řídí zesílení hexody a únikové pentody. Tohoto napětí se současně používá v ukazateli ladění. Při správném vyladění je výchylka největší. Když pak si takto důkladně osvojíte základní funkce, nebude vám nesnadno pochopiti i schema složitější.

V obr. 215 je schema superhetu. Je to superhet, který je docela na výši, nijak zastaralý. Zjednodušení v tomto schematu jsou celkem bezvýznamná: v první řadě je vynechán vlnový přepínač, který dovede každé zapojení udělat důkladně nepřehledným; dále pak je volena co nejjednodušší vazba na elektronku FM (teoreticky i prakticky správná), ač se častěji používá vazeb složitějších.

Antena je induktivně vázána cívkou L_1 s pásmovým filtrem, tvořeným obvody C_1 L_2 a C_2 L_3 ; obvody jsou spolu vázány kapacitně-galvanicky kondensátorem C_4 . Z cívky L_3 přicházejí kmity na řídicí mřížku hexodové části triody-hexody CH. Anoda triodové části je napáje-

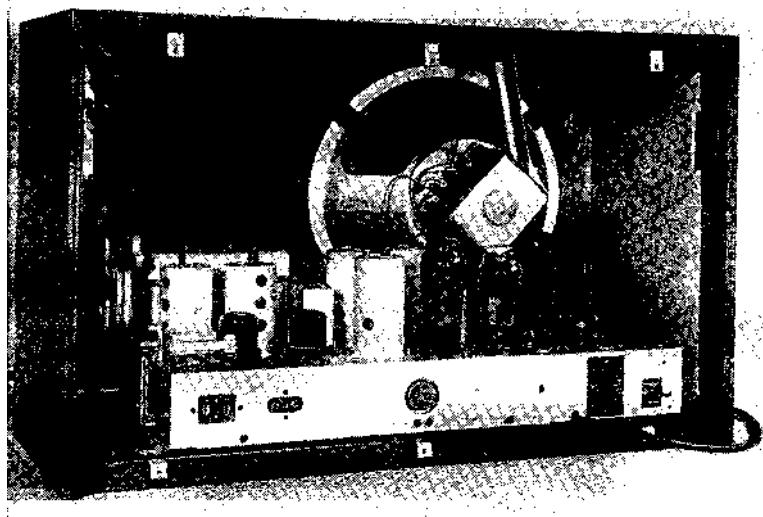


Obr. 215. Schema superhetu.

na přes laděný obvod $C_3 L_5$, na mřížku je zapojena reakční cívka L_4 ; je to známé zapojení oscilátoru. O správné předpětí mřížky se starají C_8 a R_4 , mřížkový kondensátor a svod. Otočné kondensátory $C_1 C_2 C_3$ jsou mechanicky vázány. Do katodového přívodu triody-hexody je zapojen katodový odpor R_3 a utišovací kondensátor C_6 , jimiž se získává vhodné katodové předpětí.

Získaná mezifrekvence se přenáší z anodového obvodu hexody na mřížku kombinované duodiody-pentody BF pásmovým filtrem $C_9 L_6 - L_7 C_{10}$. Katodové předpětí se získává odporem R_{10} a utišuje kondensátorem C_{13} .

Do anodového obvodu únikové pentody je zapojen pásmový filtr $C_{16} L_8 L_9 C_{17}$, z něž se přenáší napětí k duodiodě. Ze středu cívky L_9 jde se na anodu duodiody, z konce přes paralelně zapojené R_{12} a C_{18} přímo ke katodě. Odpor R_{12} je vytvořen jako potenciometr, takže posuvem běžce se řídí velikost nízkofrekventního napětí, jež se vede přes kondensátor C_{19} na řídicí mřížku pentodové části kombinované elektronky FM. Na tutéž mřížku se přivádí usměrněné napětí s horního konce odporu R_{12} přes filtr, složený z odporů R_{13} a R_{14} , a kondensátoru



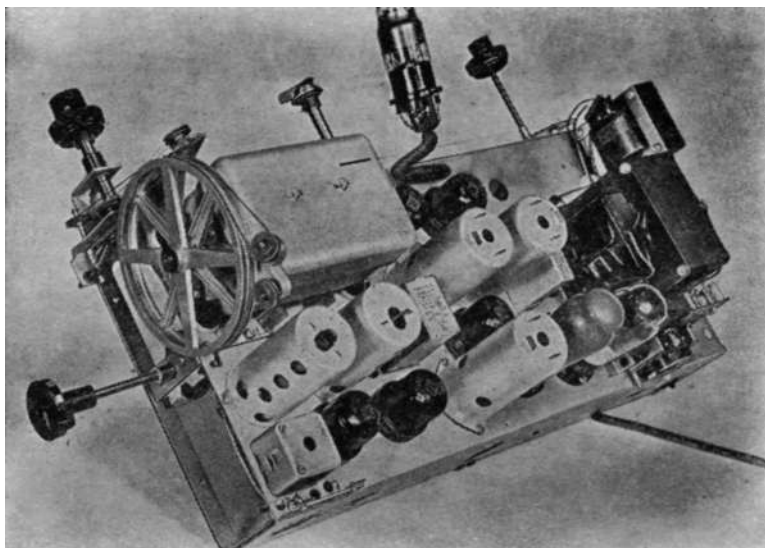
Obr. 216. Pohled do superhetu Telefunken.

C_{20} , jímž se zbaví zbytků mezifrekvence i nízké frekvence. Přichází tedy přes tento filtr na mřížku nízkofrekventní pentody regulační napětí. Máme zde tedy samočinné vyvažování úniku v nízkofrekventním zesilovači, což je sice pro nás zatím nové, avšak ve skutečnosti dosti časté. Stínící mřížka pentody je přímo spojena s uchylovacími destičkami magického oka, takže magické oko ukazuje známým způsobem velikost regulačního napětí — čili vlastně rozkmit nosné vlny.

Zesílená nízká frekvence se přivede normální odporovou vazbou ($R_{19}C_{25}R_{20}$) na mřížku koncové pentody. Mřížkové předpětí se získává odporem R_{23} a kondensátorem C_{24} . Reproduktor je vázán transformátorem.

Od primárního vinutí druhého mezifrekventního transformátoru vede cesta přes kondensátor C_{15} k druhé anodě duodiody a odtud dále odporem R_9 k zemi. Napětí na odporu R_9 se použije jako regulační přídatkové napětí pro hexodu a únikovou pentodu. Zbytky mezifrekvence a nízké frekvence se vyfiltrují odpory a kondensátory R_8 , C_{12} , R_5 a R_7C_{11} .

Katoda duodiody má od členu R_{10} , C_{13} malé kladné předpětí vůči druhé anodě, čili druhá anoda má malé zá-



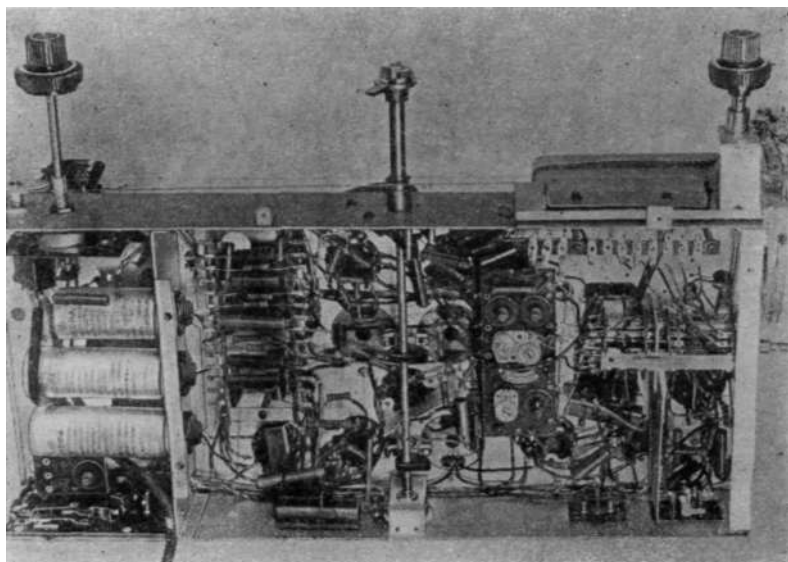
Obr. 217. Chassis superhetu Telefunken (viz obr. 216).

porné napětí vůči katodě. Je tedy zapotřebí, aby mezifrekvenční napětí dosáhlo určité výše a přemohlo toto předpětí. Pak teprve začne pracovat samočinné vyvažování úniku. Máme zde tedy zpožděné vyvažování úniku.

Jak patrně, získává se katodové předpětí pro elektronku FM členem $Ri6$ $C21$. Přes odpory $R21$ a $R22$ se vede napětí ze sekundárního vinutí výstupního transformátoru mezi katodu a odpor $R15$; máme zde tedy protivazbu. Ježto je odpor $R22$ překlenut kondensátorem $C26$, je protivazba účinnější pro vysoké tóny a reprodukce bude mít měkčí zabarvení.

Jako zdroj anodového napětí je dvoucestná usměrňovací elektronka s filtračním řetězem $C29$ $SLC28$. Snížená napětí se odbírají přes odpory a jsou utištěna kondensátory: Re C_7 , $R11$ $C14$, $R17$ $C22$, Ris $C23$, $R24$ $C27$. Napětí pro stínící mřížky hexody se odebírá z potenciometru Ri $R2$ a je utištěno kondensátorem $C5$. Kondensátory $C30$ a $C31$ zamezují, vysokofrekvenční bručení.

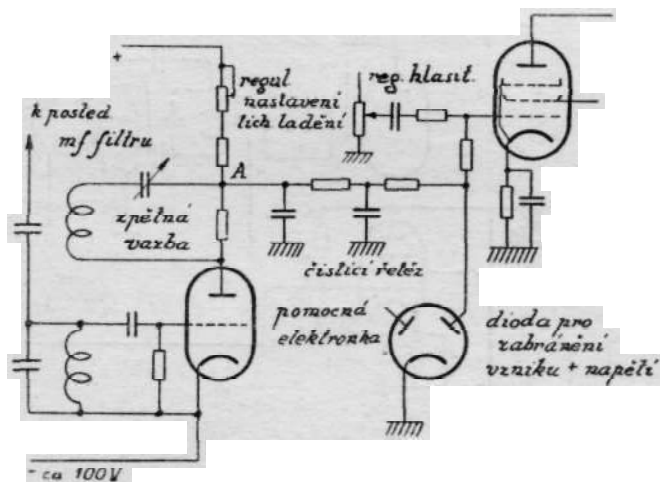
A tak jsme poznali účel každého prvku v tak složitém zapojení. Mnohdy mají superhety ještě další zajímavé detaily.



Obr. 218. Chassis superhetu Telefunken zespona (viz obr. 216 a 217).

Regulace šířky pásma. Mění-li se nějakým způsobem vazba mezi obvody pásmového filtru, mění se šířka pásma, které tímto filtrem prochází. Při užším pásmu je větší selektivita a reprodukce má hlubší zabarvení (ježto pásma, kde jsou vysoké tóny, byla »uříznuta«). Při širším pásmu je menší selektivita, ale je i více vysokých tónů, reprodukce zní jasněji. Regulací šířky pásma lze tedy nejen měnit selektivitu, nýbrž i zabarvení tónu — tedy působení je podobné jako tónové clony. Regulace šířky pásma a tónová clona se mnohdy ovládají jediným knoflíkem.

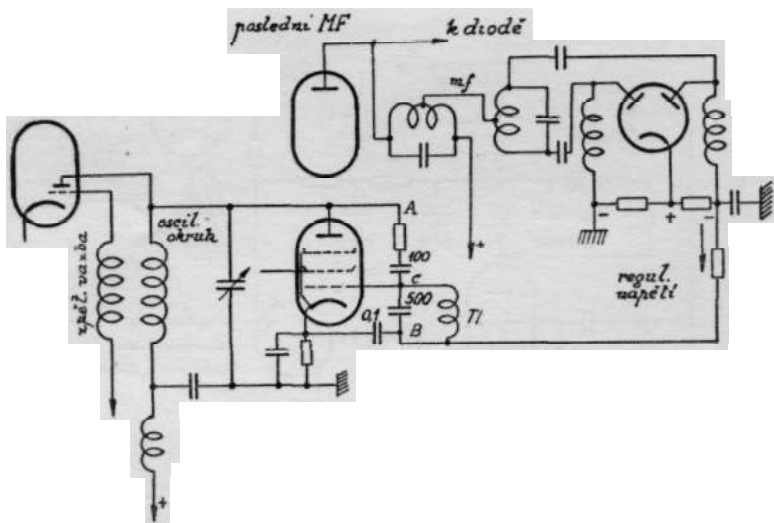
Tiché ladění (crack killer, čti krek kiler). U přijímačů s automatickým vyvažováním úniku je velmi nepříjemné, že mezi vysilači, tedy kde není nosné vlny, má přijímač největší zesílení. Mezi vysilači reprodukuje se co nejsilněji poruchy. Tomu se odpomůže takto: Dokud nepřichází do přijímače nosná vlna, je na mřížce nízkofrekvenční elektronky tak veliké záporné předpětí, že elektronka vůbec nepracuje. Přejde-li nosná vlna, předpětí na mřížce klesne tak, že elektronka pracuje zcela normálně.



Obr. 219. Schema tichého ladění.

Zapojení pro tiché ladění je v obr. 219. S pásmovým filtrem pro mezifrekvenci je vázán ještě jeden laděný obvod, který je mřížkovým obvodem audionu. Aby rezonanční křivka tohoto obvodu byla co nejostřejší, je použito zpětné vazby. Audion tvoří část potenciometru, který je zapojen mezi kladné anodové napětí a velké záporné napětí (-100 V). Nepřichází-li na mřížku audionu napětí, což je tehdy, když se nepřijímá žádný vysilač, je jeho proud veliký, tedy odpor pro stejnosměrný proud malý. Výsledek je tíž, jako bychom sjeli na obyčejném potenciometru běžcem hodně dolů: budeme odbírat velké záporné napětí. Zachytí-li přijímač nějakou vlnu, dostane se na mřížku audionu napětí, jeho proud klesne, čili odpor stoupne. Výsledek je tíž, jako bychom běžcem na potenciometru vyjeli kousek nahoru: budeme odbírat malé nebo žádné záporné napětí. Aby se při zvláště silném vysilači nedostalo na mřížku nízkofrekvenční elektronky kladné napětí, o to se stará dioda: jakmile by se objevilo kladné napětí, vybijí se přes diodu. Ostatní detaily jsou zřejmé z obrázku.

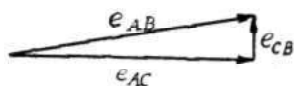
Samočinné doladění (nazývané obyčejně a nesprávně **automatické ladění**) způsobuje, že se přijímač samočinně vyladí na nosnou vlnu, i když mechanicky nebyl



Obr. 220. Schema samočinného doladění.

vyladěn přesně. Teorie tohoto zapojení je velmi složitá a musí být uvedena jen náznakově. Paralelně k laděnému obvodu oscilátoru směšovacího stupně je zapojena pentoda. (Obr. 220.) Paralelně k pentodě je potenciometr, složený z ohmického odporu a kondensátorů. Odbočka z tohoto potenciometru je vedena na mřížku. A nyní musíte věřit, že takto zapojená pentoda působí jako indukčnost (vysvětlení v petitu), jejíž velikost závisí na mřížkovém předpětí pentody. Mění-li se tedy předpětí na mřížce pentody, mění se rezonanční kmitočet oscilačního obvodu, neboť se mění indukce. Mění-li se kmitočet oscilátoru, mění se i kmitočet ze směšovacího stupně vycházející mezifrekvence.

Na poslední mezifrekventní stupeň je dosti složitým způsobem napojena duodiody. Cívky, připojené na anody duodiody nejsou stejné, nýbrž se maličko liší. Přichází-li správná mezifrekvence, je napětí na obou odporech, připojených ke katodě duodiody, stejné. Ježto jsou opačného smyslu, je napětí bodu a proti zemi nula. Je-li přiváděná frekvence větší nebo menší než správná mezifrekvence, je napětí na tom či onom odporu větší a bod a má proti zemi napětí buď kladné nebo záporné. Není

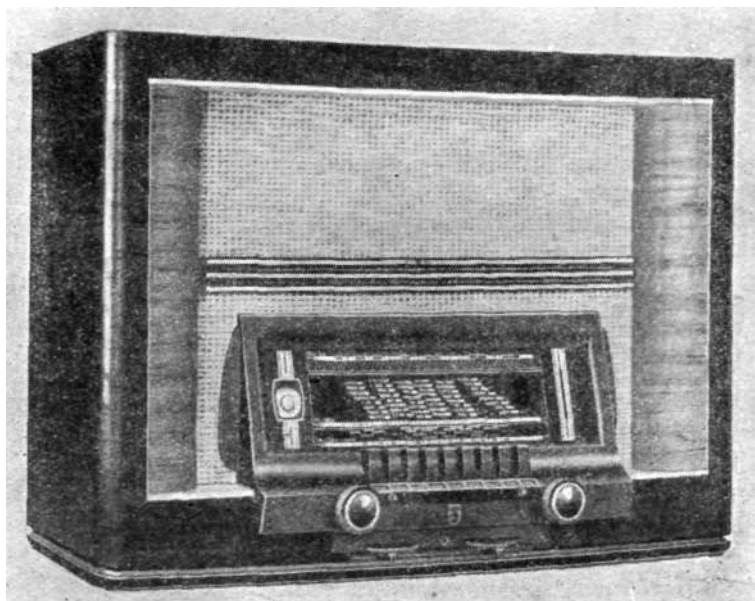


Obr. 221. Vektorový diagram napětí na impedanční pentodě.

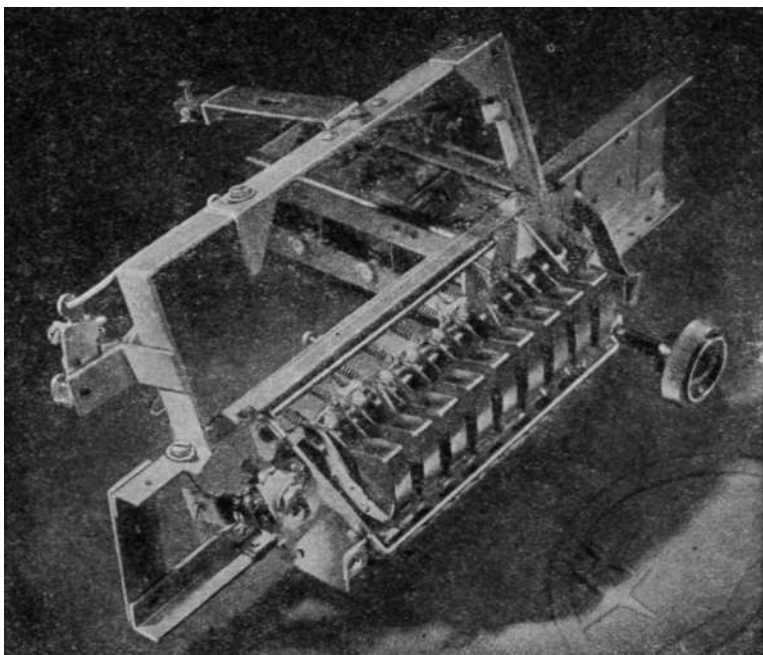
nikterak obtížné provést, aby toto napětí, přivedené na mřížku pomocné pentody, změnilo kmitočet oscilátoru tak, aby se samočinně nastavila správná mezifrekvence.

Z anody ke katodě pentody je potenciometr, složený z velkého odporu a poměrně velkého kondensátoru. Napětí na kondensátoru (BC) (500) je téměř kolmé k napětí na celém potenciometru (AB) (obr. 221). Proto je i anodový proud (ve fázi s mřížkovým napětím) kolmý k napětí anodovému (jež je střídavé!) a je tedy stejné fázové posunutí mezi napětím na elektronce a jejím proudem jako na indukčnosti. Působí tedy pentoda v tomto zapojení jako indukčnost.

Tlačítkové ladění je vrcholem pohodlí. Přijímač má řadu tlačítek, označených jmény vysilačů. Stiskne-li se některé tlačítko, vyladí se příslušná stanice., Způsobů, jak se toho dosáhne, je několik.



Obr. 222. Tlačítkový superhet Philips.



Obr. 223. Tlačítková, mechanika superhetu Philips.

1. Stisknutím tlačítka se zapojí obvod, laděný na příslušnou stanici.

2. Stisknutím tlačítka se nastaví normální kondensátor tak, že je vyladěna žádaná stanice. Nejsnáze se provádí se zasunovacími kondensátory.

3. Stisknutím tlačítka se zapojí elektromotor, který naladí přijímač na žádanou stanici.

Všechny popsané způsoby jsou čistě mechanické. Třetí způsob se mnohdy kombinuje se samočinným doladěním, čímž se dosáhne největší přesnosti a spolehlivosti.

Konstruktivní detaily.

Konstrukce přijímačů rozhlasu je dnes ustálená. Kostra přijímače, t. zv. chassis, je z plechu a uzemňuje se. Na svrchní straně jsou montovány elektrolytické kondensátory, síťový transformátor, cívky v krytech, objímky pro elektronky. Dále zde bývá upevněn otočný konden-

sátor, mnohdy pružně uložený na gumových špalících, i se stupnicí. Na spodní straně chassis jsou vedeny spoje a upevněny pevné kondensátory, odpory a vlnový přepínač. Na přední straně chassis jsou montovány veškeré regulátory. Přívody pro antenu, uzemnění, přenosku a druhý reproduktor jsou vyvedeny na zadní stranu chassis. Také tam bývají regulátory, které se nastavují jednou provždy nebo zřídka kdy, jako odbručovač, odladovač, nastavení tichého ladění, vypínač pro zmnožení basů a pod. Chassis bývá zespoda uzavřeno víkem.

Při stěsnané stavbě přijímačů je nutno postarat se o to, aby nevznikaly nežádoucí vazby. Jsou to hlavně přívody k mřížkám, na které by se kapacitou vůči jiným přívodům mohla přenášeti různá napětí a způsobiti tím zjev velmi nevídané, na příklad samovolné oscilace vysokého i nízkého kmitočtu, různá brucení a vrčení atd. Proto se provádějí tyto přívody stíněné, to jest opatřené vodivým pláštěm, který se spojí s chassis, a jsou tím chráněny před kapacitním přenosem napětí. Dále by mohly vzniknouti magnetické vazby mezi cívkami různých obvodů. Aby se tomu předešlo, uzavírají se cívky do kovových krytů. Elektronky mají již baňku pokovenou nebo kovovou, a jsou tedy také chráněny. Zvláštní plechové kryty elektronek se vyskytují jen v amerických přijímačích.

Chassis se montuje spolu s reproduktorem do skříňky bakelitové nebo dřevěné. Tvzení, že bakelitové skříňky dávají horší zvuk, pokládám za předsudek, ač někteří praktikové toto tvzení horlivě zastávají. Dovolávají-li se toho, že zvuk houslí závisí na použitém materiálu, zapomínají, že housle vydávají zvuk celým povrchem resonanční skříňky, kdežto u přijímače se snažíme omeziti chvění jen na membránu reproduktoru. Dokonce tvrdím, že chvění skříňky je škodlivé, neboť k rozechvění se spotřebuje energie, která je pro přednes ztracena. Dále pak chvěje skříňka pravidelně tak, že zmenšuje hlasitost. A přece má skříňka vliv na jakost zvuku: ne však svým materiálem, nýbrž tvarem. Vzdušný obsah skříňky má podle jejího tvaru více nebo méně vyjádřený resonanční kmitočet. Zhruba řečeno větší a hlubší skříňky mají jasněji vyjádřený hlubší resonanční kmitočet, menší a mělčí skříňky méně vyjádřený resonanční kmitočet vyšší. Lze tedy vhodnou volbou tvaru skříňky více

nebo méně vyzvednouti některou oblast tónů; pravidelně nám záleží na nízkých tónech, a pak se musíme spřáteliti s poněkud většími rozměry.

Reproduktor se obyčejně nemontuje pevně, nýbrž pružně prostřednictvím gumových podložek. Totéž platí i o chassis. Reproduktorů oddělených od přijímače se používá méně často; pak se obyčejně montují na ozvučnou desku, t. j. desku z překližky nebo linolea, která má uprostřed otvor průměru membrány. Ozvučná deska tvoří jakési nehybné pokračování membrány. Čím je ozvučná deska větší, tím lépe jsou podávány nízké tóny. Vysvětlení tohoto zjevu je takové: Představte si, že se membrána právě pohybuje dopředu. Pak před ní vzniká zhuštění, za ní zředění. Pochopitelně se snaží zhuštění a zředění vyrovnati kolem kraje membrány. Jsou-li kmity rychlé, pak není dostatek času k tomu, aby vyrovnání nastalo. Naopak při pomalých kmitech je dosti času, aby nastávalo vyrovnání mezi zhuštěním a zředěním. Toto vyrovnání zhoršuje účinnost přeměny kmitů membrány na kmity akustické. Způsobuje tedy vyrovnání kolem krajů membrány horší reprodukci nízkých tónů. Aby se to zamezilo, musí se udělati cesta pro vyrovnání hodně dlouhá, což se stane ozvučnou deskou, neboť pak může vyrovnávání nastati teprve kolem kraje ozvučné desky. Čím větší deska, tím lepší hluboké tóny. Nikdy by se nemělo jíti pod rozměry 60X60 cm. Podivuhodně hezké reprodukce se dosáhne, montuje-li se reproduktor na dveře, neboť ozvučnou deskou je celá stěna; to ovšem vyžaduje vyříznutí otvoru do výplně dveří a doporučuje se až po dohodě s majitelem domu.

Po výkladu vidíte, že název ozvučná deska je velmi nešťastně volen, poněvadž deska nikterak není účastna na vtvoreni zvuku. Dále bych chtěl upozorniti, že funkce skříňky je v zásadě stejná jako funkce ozvučné desky; proto mívají malé skříňky vysoce zabarvený a ostrý přednes — zkrátka basy chybějí.

Proč se montuje chassis pružně? Aby se zmenšilo nebezpečí akustické zpětné vazby. Pokleпáte-li na některou elektronku (hlavně audion), ozve se v reproduktoru někdy jasný zvuk. Poklepem, se totiž systém elektronky mechanicky rozkmitá a to pak je slyšet v reproduktoru. Avšak reproduktor působí akustickými kmity zpět na tu elektronku; snadno může nastati případ, že toto půso-

bení je tak velké, že stačí udržeti systém elektronky v trvalých kmitech nebo je dokonce vyvolati; výsledek pak je, že přijímač nebo zesilovač počne houkati nebo výtí. Tomu zjevu říkáme právě akustická zpětná vazba. Elektronce, která je náchylná k mechanickým kmitům svého systému a tím i k akustické zpětné vazbě, říkáme mikrofonická elektronka.

Na chassis bývá zároveň s kondensátorem montována stupnice se jmény vysilačů. Nejobvyklejší jest stupnice rovná a stupnice kruhová. Rovná je poněkud přehlednější, ale to je konečně věcí zvyku.

Provedení a vybavení přijímače se řídí podle různých hledisek: záleží na tom, má-li být přístroj levný, či má-li mít všechny vymoženosti, podle toho, jde-li o přijímač do bytu či auta nebo přenosný, t. zv. weekendový. Přijímače pro zvláštní účely, jako do letadel, pro vojsko, policii, přijímače pro zámořský styk, konstruují se zvláště s ohledem na spolehlivost. Zabíhali bychom však příliš daleko, kdybychom se chtěli zabývat i těmito detaily, o které se musí starati konstruktér, nikdy však uživatel přijímače.

Síťové přijímače bývají vybaveny ochranou proti vnikání poruch ze sítě. Výborným prostředkem je stínící kovová folie mezi primárním a sekundárním vinutím. Jindy se do síťových přívodů zapojují vysokofrekvenční tlumivky.

Nejběžnější jsou přijímače na střídavý proud. Není třeba se o nich zvláště rozepisovati, ježto úplná schemata mluví sama srozumitelnou řečí.

Přijímače na obojí druh proudu (též zvané universální přijímače) zasluhují trochu naší pozornosti. Žhavicí vlákna elektronek jsou zapojena v serii spolu s osvětlovací žárovkou a regulační lampou (variátorem). Přijímač nemá vůbec síťového transformátoru; zato má usměrňovací elektronku, za níž následuje normální řetěz jako v obyčejném eliminátoru. Přístroj pracuje stejně na sítích střídavého i stejnosměrného proudu. Obyčejně nepatrně více bručí než přijímače na proud střídavý. Na sítích stejnosměrných je nutno dávat pozor na pólování zásuvky; zastrčí-li se zásuvka obráceně, t. j. ten kolíček, který byl nahoře (napravo), dolů (nalevo), přijímač je naprosto němý, ježto se na anodu usměrňovací elektronky přivádí záporné napětí a je tedy celý přijímač bez proudu.

Přenosné přijímače jsou bateriové. Jsou konstruovány s ohledem na to, aby jejich spotřeba byla co nejmenší. Používají elektronek s nepatrnou spotřebou žhavicího proudu a jako koncového stupně se s oblibou používá duotriody v dvojčinném zapojení třídy B.

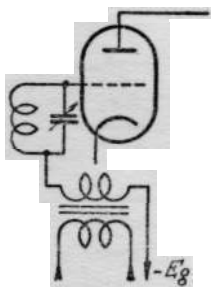
Bývá zvykem rotor ladícího a, pokud možno, i reakčního kondensátoru uzemňovati, aby se neuplatňovala kapacita ruky, t. j. změna kapacity kondensátoru přiblížením ruky. Jinak se nebezpečí kapacity ruky odstraní dokonalým stíněním kondensátoru.

Kapitola rozmanitá.

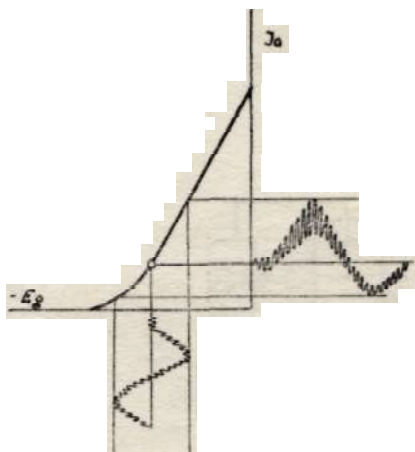
Při dosavadní více méně souvislé pouti po oblastech radiotechniky se zvláštním zřením k příjmu rozhlasu minuli jsme některé partie, které snad nejsou zrovna nejdůležitější, ale přesto neuškodí, když si o nich povíme.

Společná antena. V městech se stává umístění anten nepříjemným problémem. Anteny pokojové a síťové dávají mnoho poruch, ale venkovní antena, ač nejlepší, těžko se umísťuje. Radikálně řeší tento problém společná antena. Na domě se umístí jedna jediná antena, ale tak dobrá, jak jen lze za peníze pořídit. Od anteny se vede zvláštní kabel do speciálních zásuvek u účastníků v tom domě. Zásuvka dává možnost připojení antenního a uzemňovacího přívodu k přijímači. V zásuvce jsou dva odpory a kondensátor tak řazené, že zaručují sice každému dostatečnou dodávku energie z anteny, vylučují však každou zlomyslnost (na př. kdyby někdo chtěl znemožniti poslech ostatních tím, že by spojil antenní přípojku s uzemněním nakrátko). Pro větší počet účastníků se mezi antenu a rozvod zařazuje aperiodický antenní zesilovač, který rovnoměrně zesiluje vše, co na antenu přichází. Takový zesilovač se automaticky zapíná hodinami. Při malém počtu účastníků (nejvýše 5) lze se obejít bez zesilovače.

Reflex. Reflexní zapojení je takové, kde se jedné elektronky využívá současně ve dvou různých oblastech kmitů, tedy na příklad vysoké a nízké frekvence, nebo mezifrekvence a nízké atd. Zapojení jsou mnohdy velmi vtípná, ale dnes se jich téměř vůbec nepoužívá. Úspora jedné elektronky je zaplácena složitějším zapojením a zvýšeným skreslením.



Obr. 224. Princip mřížkové modulace.



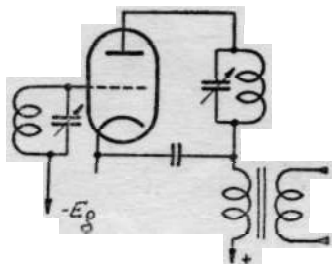
Obr. 225. Působení mřížkové modulace.

Loftin White (loftin vajt), nazývané též zapojení s přímou vazbou, je sice velmi vychvalováno, ale neprávem. Je to jakýsi druh odporového zesílení bez vazebního kondensátoru, a tudíž zesiluje všechny kmitočty naprosto stejně. Pravdou je, že rozdíl proti obyčejnému odporovému zesilovači není prakticky žádný, a pro normální účely nepatrné zlepšení nijak neopravňuje takové zkomplikování zapojení a riziko, že drahé elektronky vezmou náraz za své. Schema raději neuvádím.

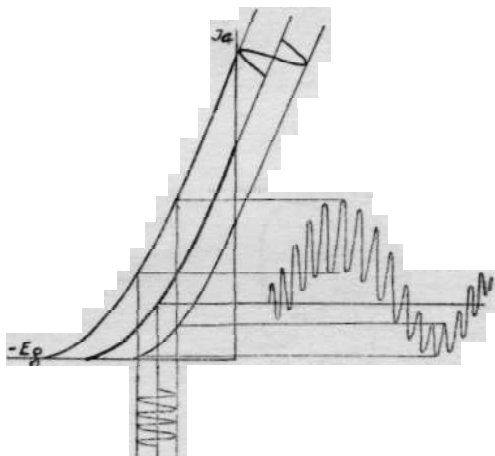
Divoké kmity. Tímto romantickým názvem označují se nechtěné oscilace, které samovolně vznikají nejčastěji na výkonných koncových pentodách. Délka vlny bývá obyčejně jen několik decimetrů. Bráníme se jim odpory (200 až 2000 ohmů), zapojenými přímo na mřížku nebo anodu.

Modulace. Jakým způsobem se vlastně provádí modulace? Viděli jsme, že by to šlo bezvadně pro malé výkony hexodou nebo oktodou, ale jak to bude při větších výkonech? Tu používáme buď modulace mřížkové nebo anodové.

Modulace mřížková je znázorněna v obr. 224. Na mřížku oscilační nebo vysokofrekvenční zesilovací elektronky se přivádí ještě modulační nízkofrekvenční kmitočty. Tím se posunuje pracovní bod po charakteris-



Obr. 226. Princip anodové modulační.



Obr. 227. Působení anodové modulační.

tice do míst větší nebo menší strmosti (obr. 225) a tím se v rytmu modulační mění rozkmit vysokofrekvenčního kmitu. Mřížková modulační nepotřebuje velkých modulačních výkonů, ale dosti skresluje.

Modulační anodová čili Heisingova (obr. 226) zvyšuje a snižuje velikost anodového napětí v rytmu modulační frekvence. Tím přechází pracovní bod na charakteristiky o větší nebo menší strmosti a rozkmit anodového proudu se mění v rytmu modulačního kmitočtu (obr. 227). Heisingova modulační je bez skreslení, ale spotřebuje velké modulační výkony; větší než je výkon nosného kmitočtu.

Poslední dobou se stále mluví o **frekvenční modulační**. Obvyklá je modulační amplitudová, při níž se rozkmit nosné vlny mění v rytmu nízké modulační frekvence. Na rozdíl od toho zůstává při frekvenční modulační rozkmit nosné vlny stálý a v rytmu nízké modulační frekvence se mění kmitočty nosné vlny (obr. 228). Kdyby ve vysilači v rezonančním obvodu byl místo ladičního kondensátoru kondensátorový mikrofon, dostali bychom frekvenční modulační, neboť s dopadajícím zvukem se různě prohýbá membrána mikrofonu, čímž se mění kapacita a tím i kmitočty vysílané vlny.

Jakkoli má frekvenční modulační četné výhody, jako



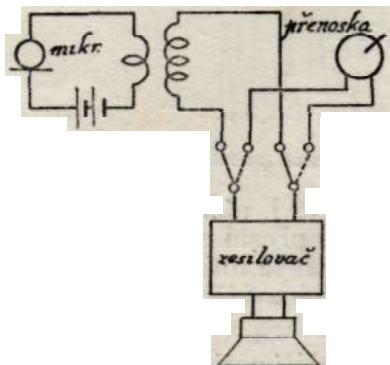
Obr. 228. Amplitudová a frekvenční modulace.

na příklad větší frekvenční rozsah (t. j. nízkofrekventní), nepoměrně menší možnosti rušení, přesto se s ní v rozhlasové technice sotva setkáme. Hodí se totiž až pro vlny kratší 20 m. Pro příjem jsou nutné zvláštní přijímače; normální přijímače se nehodí.

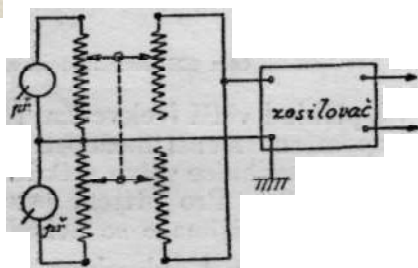
Heterodyn. Kdybychom chtěli přijímati telegrafii netlumenými vlnami sluchem, slyšeli bychom pouze začátky a konce značek, ale více nic. My však chceme slyšeti značky jako tóny. K tomu si dopomůžeme, přivádíme-li k detekčnímu stupni ještě jiné nepřerušované kmity kmitočtu blízkého přijímanému. Tyto dva kmity dávají kombinační kmity; volíme-li vhodně kmitočet pomocný, jsou kmity o rozdílovém kmitočtu slyšitelné. Výška slyšeného tónu je právě dána rozdílem obou kmitočtů; zjev znáte z ladění přístrojů s reakcí. Je-li tato příliš těsná, nasadí audion kmity. Blížíme-li se nějaké nosné vlně, ozývá se pískání, a to tím nižší, čím jsme nosné vlně blíže, a tím vyšší, čím jsme dále. Ostatně to z praxe dobře znáte. Způsobu vytvářeti slyšitelné kmity přimíšením pomocných kmitů říkáme heterodynování.

Heterodynů, to jest přístrojů pracujících na tomto principu, používá se jen v telegrafii.

Zesilovač pro gramofon a mikrofon. Mnohdy bývá třeba reprodukovati gramofonní desky a řeč nebo hudbu, přijímanou mikrofonem. Jak se takové zapojení provede, je v obr. 229. Z gramofonu na mikrofon se přepíná jednoduchým dvoupólovým přepínačem. Mikrofonní transformátor má míti velký převod (1:25). Napětí, získané mikrofonem, je dosti malé a je nutno je zvýšiti transformací. Jinak je zapojení velmi jednoduché a průhledné. Mikrofon kondensátorový a páskový potřebují ještě svůj zvláštní zesilovač, aby se v hlasitosti blížily přenosce. Mikrofon musí být umístěn tak, aby naň nepůsobil zvuk reproduktoru, sice by se zesilovač vlivem akustické zpětné vazby rozhoukal.



Obr. 229. Schema zesilovače pro mikrofon a gramofon.

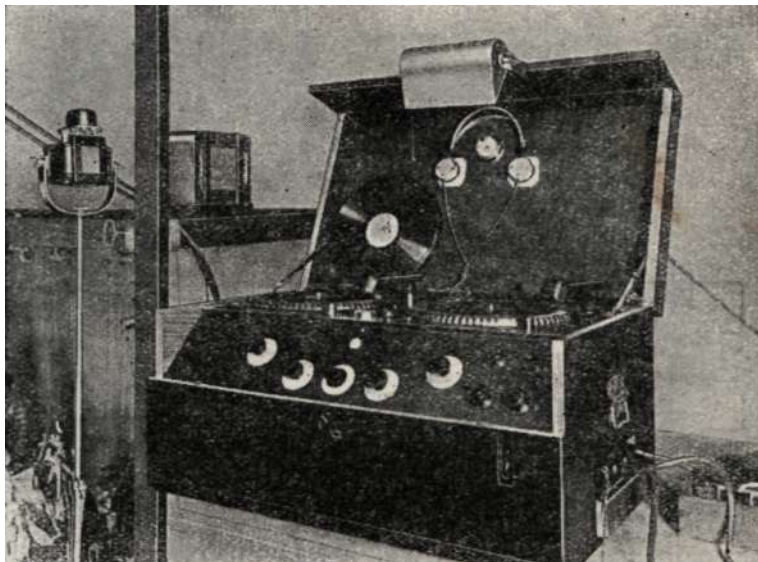


Obr. 230. Schema mixeru.

Mixer. Někdy je třeba, aby do reprodukce jedné gramofonní desky slabě zaznívala deska druhá, nebo aby řeč v mikrofonu byla podmalována hudbou či jinými zvuky. V tom případě používáme dvou přenosek (nebo jedné přenosky a mikrofonu), které jsou zapojeny na zesilovač přes t. zv. mixer (obr. 230), který dovoluje smíšení střídavých napětí od obou přenosek v libovolném poměru. Jak patrně, skládá se mixer v podstatě ze dvou potenciometrů a dvou měnitelných odporů. Pohyby běžců jsou mechanicky vázány. Vyjede-li se běžec nahoru, přichází do zesilovače pouze napětí horní zvukovky; sjede-li se dolů, pak dolní zvukovky. Ve střední poloze jsou obě stejně silné.

V případě nutnosti dá se mixer improvizovati dvěma potenciometry, při čemž proměnlivé odpory se nahradí pevnými odpory, jejichž odpor je roven odporu potenciometru (malé odchylky nevdají).

Vlnoměr. Podávám zapojení malého vysílače tlumených kmitů (obr. 232), který si sice nečiní nároků na dokonalost, ale přesto může prokázati znamenité služby — a je tak jednoduchý, že se dá zhotoviti za chvíli. Skládá se z bzučáku, k jehož přerušovanému dotyku je paralelně zapojen seriový laděný obvod. Je-li bzučák v činnosti, vysílá tlumené vlny, jak se snadno přesvědčíte svým přijímačem. Dá se snadno ocejchovati, t. j. zjistíte jaká délka vlny odpovídá jakému postavení ladicího kondensátoru (pomocí stanic známé vlnové délky na přijímači).

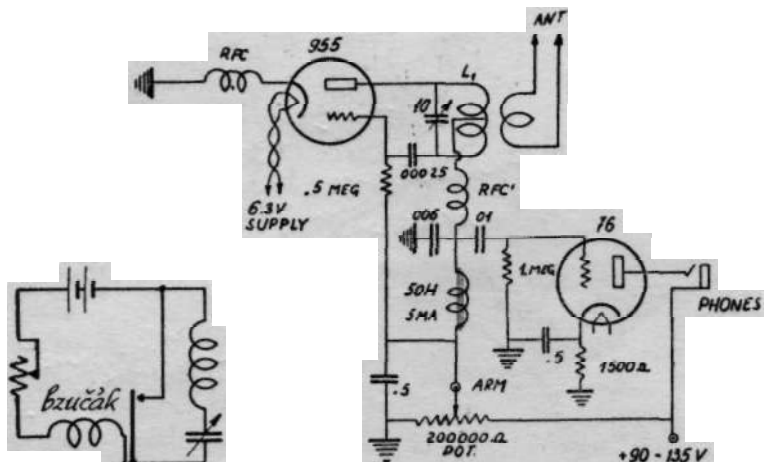


Obr. 231. Zvukove zařizování loutkového divadla. prof. Skupy s mikrofonem a dvěma gramofony. Provedla Radiotechna.

Hodí se k zjišťování délky vlny neznámých kmitů, k pokusům s tlumenými vlnami atd.

Elektronkový voltmetr je neocenitelnou pomůckou: voltmetr bez vlastní spotřeby a nezávislý na kmitočtu! A při tom to není nic jiného než elektronka, zapojená pro anodovou detekci, do jejíhož anodového obvodu je zapojen miliampérmetr. Čím větší napětí se přivádí na mřížku, tím větší je anodový proud. Cejchuje se napětím o síťovém kmitočtu, které se dá běžnými přístroji pohodlně měřit.

Přijímač pro ultrakrátké vlny. Uvádím přijímač pro vlny 2 1/2 metru. Je kreslen jednak způsobem obvyklým v Americe (obr. 233), jednak evropským (obr. 234). Pověšimně si odlišného označování elektronek, jakož i zvláštního uspořádání celého schématu. Zapojení samo je Hartleyovo s tlumivkovou vazbou na koncový stupeň. Zpětná vazba se řídí zrněnou anodového napětí pomocí potenciometru. Zdánlivě tedy velmi jednoduché zapojení. Ale pozor na zapojení mřížkového svodu! Ten vede na



Obr. 232. Schema bzučákového vlnoměru.

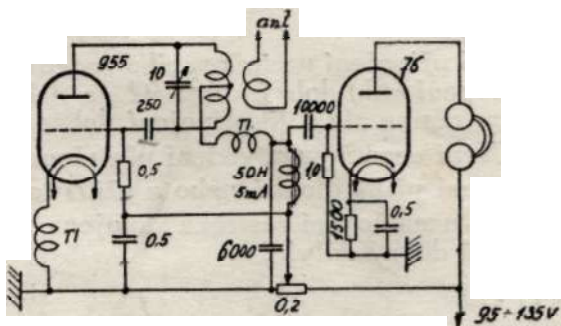
Obr. 233. Schema přijímače pro ultrakrátké vlny 2 1/2 m (americký způsob kreslení schemat).

velké kladné napětí! Nelamte si nad tím hlavu, tímto malým detailem se přijímač změnil na superregenerativní. Je znamenitě účinný, ale pouze na ultrakrátkých vlnách. Na normálních rozhlasových vlnách nepodává nic více než normální audion se zpětnou vazbou. Podrobnou teorii nebudu probírat, neboť je dosti složitá a jaksí se vymyká z rámce této knihy, neboť patří do oboru pokusnictví na ultrakrátkých vlnách.

Chyby v přijímači.

Co byste dělali, kdyby se vám najednou zastavil motor automobilu? Přesvědčíte se, máte-li v nádrži benzin, pracuje-li zapalování, není-li zanesen karburátor — a pak zavoláte automechanika. A moje rada těm, jimž nehraje přijímač v továrně vyrobený, je prostá: podívejte se, není-li přerušena antena, uzemnění, je-li v zásuvce opravdu proud — a pak volejte odborníka. Do továrních přijímačů není radno vnikat. Svůj psací stroj, telefon, své zuby si také nespřavujete sami. Proč by měl přijímač činiti výjimku a neměl by se světiti odborníku? Ovšem je mezi vámi spousta těch, kteří radiotechnice rozumějí dobře — mnozí si svůj přijímač udělali sami. Prosím, kdo se cítí odborníkem, ať se pokusí. Buď se mu to povede, nebo si

Obr. 234. Tentýž přijímač z obr. 233 kreslený evropským způsobem.



vyžádá pomoci odborníka z povolání o něco později. Ale já jsem vás varoval. Zvláště superhety nechte na pokoji! Vždyť nemáte všechna ta měřicí zařízení, která jsou nezbytná k seřízení superhetu, k jeho vyvážení a vyladění.

Po této důrazné výstraze přece jen vám prozradím stručný návod, jak postupovati při hledání poruchy. Zcela zásadně může být chyba v eliminátoru (přesněji v zásobování proudem), v nízkofrekvenční části, v mezifrekvenční nebo vysokofrekvenční části, v elektronkách nebo v reproduktoru. Hledati poruchy bez dobrého měřicího přístroje a přesného schematu přijímače nemusí vésti k cíli.

Nejprve vyzkoušíme vše mimo přijímač.

Anténa:

1. Je každý spoj dobrý? Není některý uvolněný nebo oksyložený?
2. Je samočinná bleskojistka v pořádku?
3. Je antenní vypínač v pořádku a správně zapjat?
4. Je antenní zástrčka dobře připojena? Má dobrý dotyk?

Stíněná anténa: Stejně jako obyčejná anténa (1, 2, 4), ale ještě k tomu:

5. Je dostatečná izolace mezi žilou a pláštěm?
6. Není žíla někde přerušena?
7. Není plášť někde přerušen?

U z e m n ě n í :

1. Má připojení uzemňovacího vedení na vodovod (*ústř. topení atd.*) dobrý kontakt? Je dobře oškrábán lak, měděnka atd.? Je připojení dobře přitaženo?
2. Není uzemňovací vedení přetrženo?
3. Není příliš dlouhé nebo z příliš tenkého drátu?
4. Je uzemňovací zástrčka zapojena na správné místo? Má dobrý dotyk?

S í ť :

1. Je přijímač nastaven správně na napětí sítě?
2. Je zásuvka v pořádku (pojistky) ? Dává dobrý dotyk se zástrčkou?
3. Je přívodní šňůra k přijímači v pořádku?

B a t e r i e :

1. Má žhavicí baterie potřebné napětí? Není akumulátor vybit?
2. Mají anodová a mřížková baterie správné napětí? (Obojí měření, t. j. 1. i 2. prováděti při přijímači v chodu).
3. Jsou přívody od baterií v pořádku? Je všude dobrý dotyk?
4. Jsou přívody zapojeny správně?

R e p r o d u k t o r :

1. Je spojovací šňůra v pořádku?
2. Mají přívody na přijímači a na reproduktoru dobrý dotyk?
3. Je reproduktor zapojen na správné místo (t. j. tam, kam má být) ?

Když jsme podle udaného plánu zjistili, že je vše v pořádku, pokračujeme dále, ač podotýkám, že bez dobrého měřícího přístroje se sotva obejdeme.

E l i m i n á t o r :

- a) Do přijímače nejde žádný proud, ač je pojistka v pořádku. Nezapomeňte na tu pojistku!

1. U přijímačů na proud střídavý to může být porucha síťového vypínače, špatný dotyk ve vypínači, spálené primární vinutí transformátoru nebo přerušení v některém spájeném místě.
 2. U přijímačů na obojí druh proudu to může být obrácené pólování síťové zástrčky, přerušené vinutí tlumivky, přerušené žhavicí vlákno některé z elektromotek, přerušené vlákno osvětlovací žárovky, vada v síťovém vypínači, přerušení v některém spájeném místě.
- b) Ač odebírá proud, zůstává přijímač němý. Příčinou může být zkrat v transformátoru, proražený filtrační kondensátor, zkrat v přijímači, přerušené vinutí v transformátoru, přerušené vedení v přijímači, vadná usměrňovací elektronka.

N í z k o f r e k v e n ě n í č á s t :

Do příslušných zdírek se zapojí gramofonní přenoska a přehraje se gramofonní deska. Nejsou-li na přístroji zdíčky pro přepojení přenosky, zapojí se tato mezi mřížku audionu, po případě první nf elektronky a chassis. Je-li dobrý přednes, je nízkofrekvenční část v pořádku. Jinak postupujeme tak, že zkusíme odzadu. Zapojíme zvukovku mezi mřížku koncové elektronky a chassis a zkusíme. Je-li vše v pořádku (nesmí vás mýlit, že je reprodukce velmi slabá!), zapojíme přenosku mezi mřížku předchozí elektronky a zkusíme atd. Tím způsobem se rychle najde místo poruchy. Příčinou může být elektronka, vazební členy (transformátor, odpor, kondensátor, spoje) nebo reproduktor (kmitací cívka, budicí cívka). Nemáme-li přenosky, lze si vypomoci obyčejnými sluchátky, do nichž se fouká nebo hvízdá.

V y s o k o f r e k v e n ě n í č á s t :

Zde je zkoušení obtížné a různé podle typu přístroje. Nejsnazší je zapojit antenu přes kondensátor 5000 cm na laděný obvod detekční elektronky a přesvědčit se, otáčením ladicího kondensátoru, zda je příjem možný. V příznivém případě jde se na předchozí elektronku atd., zcela obdobně, jak bylo popsáno u nízkofrekvenční části. Chyba zde může být i pře-

rušení cívek, v zkratu kondensátoru, v špatných dotycích, ve vlnovém prepínači a v elektronkách. Před zásahy do ladicích kondensátorů varují!

M e z i f r e k v e n ě n í č á s t :

Zkoušení bez měrného vysilače a dobrých měřicích přístrojů nemá valné ceny. Obratný amatér si sice i zde vypomůže a používá sluchu za měřicí přístroje a místo měrného vysilače má několik rozhlasových vysílaček — ale s pořádnou výbavou to přece jde lépe a přesněji.

Jak patrně, nejčastěji bývají příčinou poruch elektroniky a spájená místa. Proto tam hledejte nejdříve.

Uvedu *ještě* stručný přehled poruch příjmu a jejich příčin. Je-li příjem rušen, je nutno nejprve zjistiti, zda poruchy přicházejí zvenčí nebo mají svůj původ v přijímači samém. To se stane tak, že se vytáhne antenní zástrčka (antena se odpojí) a na *její* místo se zasune prázdná zástrčka. Jestliže poruchy zmizí nebo se zeslabí, přichází rušení zvenčí.

1. Příjem je rušen různými zvuky:

- a) Přicházejí-li poruchy zvenčí, je dobrá rada drahá. Nejučinnější pomoc je nalézt zdroj rušení a postarati se o nápravu, což obyčejně naráží na potíže: hlavně to nalezení. Částečnou pomocí je lepší antena — nejlépe stíněná.
- b) Šramoty a praskoty při odpojené anteně mají svůj původ v přijímači a jsou obzvláště silné při poklepu, při obsluze vlnového prepínače a regulátorů. Příčinou mohou býti nedobře spájené kontakty, ochablá péra ve vlnovém prepínači, vadné potenciometry regulátorů (přerušeni nebo špatný dotyk běžce), nedostatečný dotyk elektronek v objímce.
- c) Pískání, zvonění, vytí, vrčení bývá způsobeno vnitřní mechanickou vadou elektronek (mikrofonie elektronek), příliš těsnou zpětnou vazbou nebo chybou reproduktoru.
- d) Bručení bývá zaviněno špatným nastavením odbručovače, špatným uzemněním, síťovými poměry (někdy nutno odbírat proud přes vysokofrekvenční

tlumivky), nedostatečným stíněním přívodů, vadnou elektronkou (nejčastěji audionem), vadným kondensátorem nebo zkratem na tlumivce filtračního řetězu eliminátoru, přílišnou blízkostí síťového transformátoru k elektronkám.

- e) Rušení místním nebo jiným vysilačem. Nejčastější příčinou bývá nesprávná obsluha přijímače, příliš dlouhá antena (nebo jinak nevhodná), příliš těsná antenní vazba, vada v odlaďovači.

2. Příjem je příliš slabý:

Příčinou mohou být opotřebované elektronky, nevhodná antena (malá, nedostatečně izolovaná, špatně umístěná atd.), nevhodné uzemnění, přijímač je nastaven na vyšší napětí než síťové, u bateriových přijímačů jsou baterie vyčerpány.

3. Příjem je skreslený:

Může být způsobeno opotřebovanými elektronkami (hlavně koncovou a usměrňovací), příliš těsnou zpětnou vazbou, samovolným kmitáním koncové elektronky, nesprávným mřížkovým předpětím, nesprávnou hodnotou některého mřížkového odporu, chybou ve vazebních členech.

4. Síla příjmu kolísá:

Je-li příčinou únik nebo silné kolísání síťového napětí, není obvykle pomoci. Chyba může být též v elektronkách nebo v automatickém vyvažování úniku (má-li je přijímač).

5. Zpětná vazba selhává:

Příčinou bývá příliš těsná antenní vazba, poškozená izolace cívek, opotřebovaný audion, nesprávné anodové napětí, přerušená reakční cívka.

6. Gramofonní reprodukce selhává, ač je příjem v pořádku:

Chyba je buď ve vlnovém přepínači nebo v přenosce.

7. Gramofonní reprodukce je rušena:

Jde-li o bručení, pak buď není přívodní šňůra od přenosky dostatečně stíněna, nebo působí motor magneticky na přenosku. Ruší-li rozhlas, je chyba ve vlnovém přepínači.

Vím, že tento seznam není úplný. Bral jsem zřetel jen na nejčastěji se vyskytující chyby. Přesto může toto se-stavení prokázat velmi platné služby.

Něco málo o technice rozhlasu.

Posluchači rozhlasu se zdá mnohdy podivné, jak je možno vysílati z různých míst, zajímalo by ho, jak je možno ze studia vysílati hru, kde se ozývá svištění větru, hukot moře, jak se provádí vysílání z míst, kam ani telefon nevede, a podobně. Pokusím se několika slovy vysvětliti tyto záhady.

Jako je lékaři nejmilejší vyšetřovati pacienta v své ordinaci, kde má při ruce všechny své pomůcky, tak je nejpohodlnější a nejlepší vysílání ze studia, t. j. místnosti pro tento účel zvláště upravené. Studio musí míti dobrou akustiku. Má zavedené světelné signály, kterými se dorozumívá režisér nebo operatér s účinkujícími. A potom tam musí býti několik mikrofonů. Umístění mikrofonu, či vlastně umístění účinkujících vzhledem k mikrofonu, není tak jednoduchou věcí a vyžaduje velké zkušenosti režisérů i technického personálu. Při prvních pokusech před 24 lety v našem rozhlasu se vysílalo z vojenského stanu ve Kbelích. Tehdejší mikrofony byly tak málo citlivé, že, měla-li se přenášet klavírní hra, musil se mikrofon podržet přímo pod pianem. A měl-li zpěvák zpívat za doprovodu piana, musel chtě nechtě vlézt pod piano a zpívat pod ním. To není žert, to je skutečná pravda!

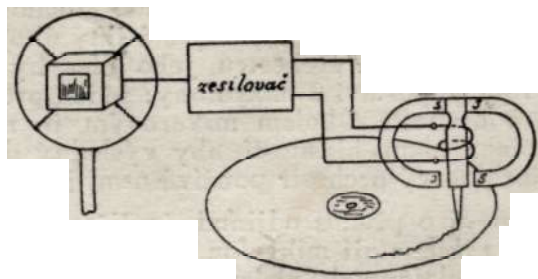
Dnešní mikrofony jsou již znamenité a účinkující si nemohou stěžovat na nedostatek pohodlí. Rozsazení orchestru bývá poněkud jiné, než bývá obvyklé při koncertech, aby se různé nástroje uplatnily v správné míře.

Od mikrofonu k vysílací stanici prochází zvuk celou řadou zesilovačů. Kdesi mezi nimi sedí důležitá osoba — mixer. Jeho starostí je pečovati, aby zvuky nebyly ani příliš silné ani příliš slabé. Na příklad jeden přednašeč

mluví velmi tiše, druhý hlučně. Změnou zesílení se tyto rozdílly vyrovnávají. Jindy má jiný úkol. Zpívá-li zpěvák za doprovodu orchestru, jeho hlas by v hudbě zanikl. Proto se postaví 2 mikrofony: jeden pro zpěváka, druhý pro orchestr. Úkolem mixerovým je nastavit správný poměr obou hlasitostí, aby výsledný dojem byl dobrý. Rozhlasový orchestr používá osmi i více mikrofonů.

Jde-li o přenos odjinud, je již práce těžší. K spojení místa, kde stojí mikrofon, a zesilovačů je třeba nejméně dvou telefonních vedení: jedno pro přenos, druhé pro dorozumívání. Není-li možno pořídit vodivé spojení, musí pomoci malá vysílačka na krátké vlny. Tedy i spojení mikrofonu s vysílací stanicí se děje pomocí elektromagnetické vlny.

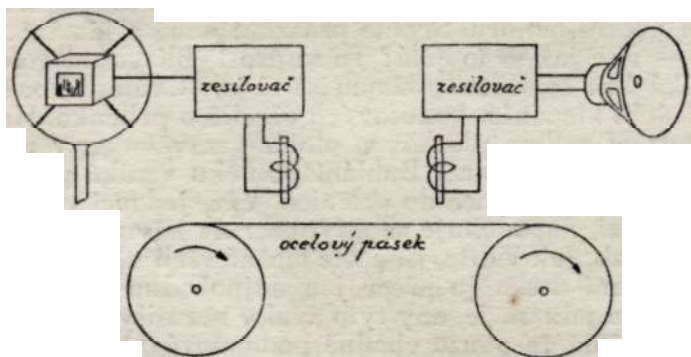
Velmi často je v rozhlase zapotřebí nejrůznějších zvuků. Některé jsou nahrány na gramofonní desky, na př. rachot vlaku, zvuk zvonů, hluk strojů, zvířecí hlasy, hukot ulice, hučení davu, výbuchy motorů, mořský příboj, bouře atd., jiné někdy napodobují imitátoři (hlavně zvířecí zvuky), jiné pak se získávají zcela uměle. Kvílení větru se napodobí strojem, kde se buben z dřevěných latí tře o napjaté hrubé plátno. Hukot moře za bouře se napodobí bubnem, ve kterém se sem tam převalují olověné broky. Zvuku vlaku se dosáhne potřásáním krabicí, jež je na jedné straně uzavřena kůží, na druhé plátnem a plněna broky. Broky v duši kopacího míče dávají dojem jedoucího vlaku. Šplouchání vody je zvuk, který je umělý jen napolo; skutečně se šplouchá vodou ve vaničce nebo v konvi. Malý motorek z vysavače prachu krásně napodobí hučení motoru. Slyšíte praskání ohně a lámání trámů — víte jak se to dělá? To se prostě blízko mikrofonu mačká kus celofánu a lámou se sirky. Cválání koně se napodobí klepáním kokosových ořechů o prkénko. Hrom se vyrábí velkou plechovou plotnou, zavěšenou v rámu, zatřese-li se jí jemně. Bublání potůčku vzniká přeléváním vody ze sklenice do sklenice. Vůz, jedoucí po hrboлатé silnici, napodobuje se mlýnkem na kávu, v němž se mele písek. Jak vidíte, jsou zde možné všelijaké triky, ale gramofonní deska je přece jen nejpohodlnější. Úkolem režiséra a mixera je, aby tyto zvuky nerušily vlastní vysílání, nýbrž je pouze vhodně podmalovávaly podle obsahu hry.



Obr. 235. Princip nahrávání gramofonové desky.

Někdy se stane, že se nemůže některý pořad vysílati v tom čase, kdy se událost skutečně odehrává. Na příklad zajímavé sportovní utkání, ježto je na programu opera. Nebo má býti přednáška, ale přednášející nemůže býti v ten čas přítomen. Takové a jiné nezvládnutelné potíže pro rozhlas prostě neexistují. Přednáška se v klidu nahraje na gramofonní desku tehdy, když má přednášející kdy. Sportovní utkání se nahraje na zvukový pás.

Z mikrofonu se jde přes zesilovač k rycí zvukovce (obr. 235). Je to vlastně přenoska silné konstrukce, která má ve své kotvičce upjatou řezací jehlu. Střídavými proudy, jež procházejí cívkou, se kotvička střídavě magnetuje a uvádí se tím do vynucených kmitů (jako elektromagnetický reproduktor). Jehla vyřezává do desky z tvrzené želatiny zvlněnou drážku. Samozřejmě musí se zvukovka při otáčení desky pohybovati od kraje k středu, aby byla



Obr. 236. Princip blattnerphonu.

drážka spirální. Takto vyrobená deska může se ihned přehrávat. Doba přehrávání je asi 4 minuty.

Zvukový pás je ocelový pásek, na němž je proveden záznam způsobem magnetickým. Zesilovač napájí elektromagnet, který je umístěn těsně nad rychle ubíhajícím ocelovým páskem (obr. 236). Elektromagnet se střídavě magnetuje a magnetuje střídavě i ocelový pásek. Pásek se změnil v souvislou řadu nepatrných magnetů různé mohutnosti a různého směru. Probíhá-li pásek pod jiným elektromagnetem, nagnetisuje jej a tím v jeho vinutí indukuje střídavá napětí, která se mohou po zesílení vésti do reproduktoru nebo kam je třeba. Doba přehrávání zvukového pásu (bez přestávky) je asi půl hodiny. Záznam na pásu je neomezeně trvanlivý, ale není-li ho již třeba, dá se magnety »vymazati« a pásku může býti použito znovu. (Náš rozhlas má k dispozici několik těchto strojů, t. zv. blattnerphonů.)

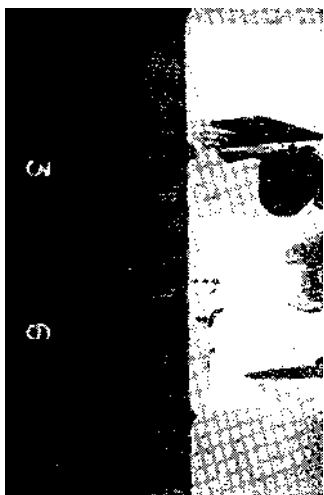
Blattnerphon se v československém rozhlasu velmi osvědčil. Zápis se provádí na ocelový pásek, který je deset milimetrů široký a jednu desetinu milimetru silný a jeden kotouč má 3000 m, t. j. 3 km. Za jednu vteřinu uběhne pásek v záznamním stroji 150 cm. Celý technický zázrak a vtip tohoto nahrávacího stroje je v tom, jak vyregulovati pohyb pásku, když se pásek s jednoho kotouče odvíjí a na druhý navíjí, a pak tajemství kovu pásku, aby si záznam aspoň po dobu jednoho roku případně uchoval a uložením ve zvláštní skříni, když jsou pásy navinuty na sobě, neztratil nic na svém záznamu. Jinak reprodukce ze zvukového pásku je skvělá jak pro hudbu, tak i pro mluvené slovo.

Kromě toho používá rozhlas v svém záznamovém oddělení svých speciálních gramofonových desek, mnoho se natáčí přímo na vosk a v poslední době se zkouší magnetophon, v kterém místo kovového pásku běží pásek z celonu se zvláštní emulsií.

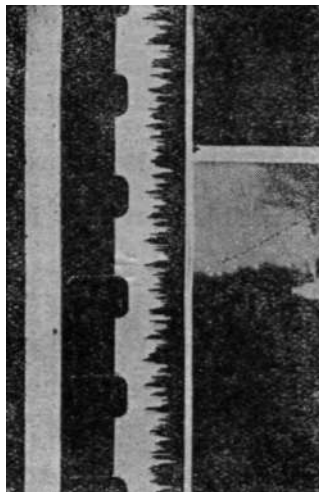
Zvukový film.

Původní zvukový film byl obyčejný film, doprovázený zvukem, nahraným na desky. Obrátky promítacího stroje byly vázány s obrátkami desky. Zařízení dobře nevyhovovalo a neudrželo se.

Při dnešním filmu je zvuk zaznamenáván na **okraj**



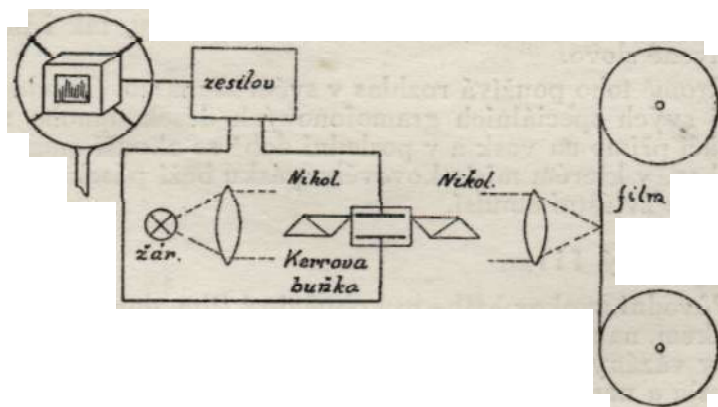
Obr. 237. Intenzitní zvukový záznam Tobis-Klangfilm.



Obr. 238. Transversální zvukový záznam Western-Klektric.

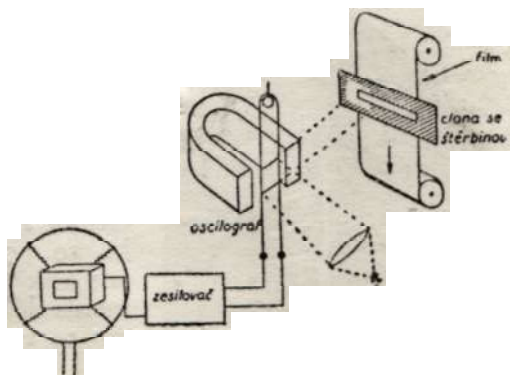
filmu vedle obrazu. Používáme dvojího druhu záznamu: intenzitního (hustotního) (obr. 237) a transversálního (příčného) (obr. 238).

Intenzitní záznam sestává z řady příčných, čárek různé hustoty a různé vzdálenosti. Vytváří se asi takto (obr. 239): Zvuk se přemění v mikrofonu na střídavé proudy. Tyto procházejí zesilovačem. Výstupní transformátor



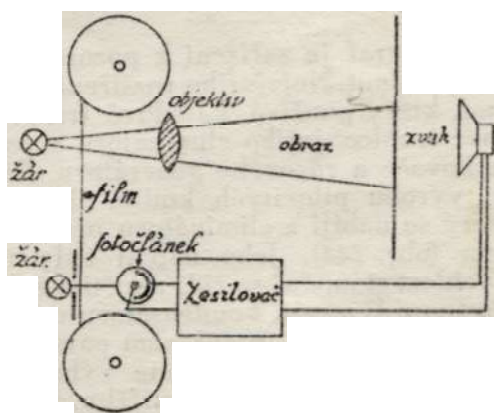
Obr. 239. Princip snímání intenzitního záznamu.

Obr. 240. Princip snímání transversálního záznamu.

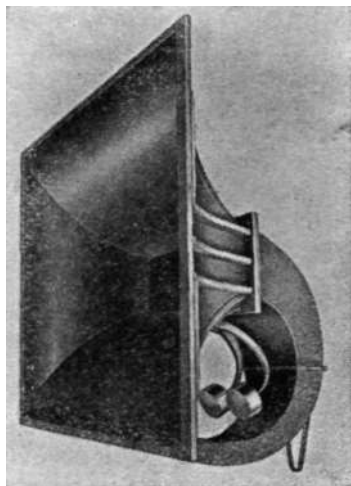


zesilovače dodává vysoké napětí Kerrově buňce. Kerrova buňka se skládá ze skleněné nádoby naplněné nitrobenzolem, v níž jsou dvě rovnoběžné destičky, vzdálené několik desetin milimetru. Vloží-li se Kerrova buňka mezi dva Nikoly (zvláštní hranoly z islandského vápence), má tu vlastnost, že propouští více nebo méně světla podle napětí mezi deskami. Bude tedy množství světla kolísati podle záchvěvů mikrofonu, a tedy podle zvuku. Toto proměnlivé množství světla dopadá uzoučkou štěrbinou (0,01 mm) na plynule běžící citlivý film a exponuje na něm intenzitní záznam.

Při transversálním záznamu vede se proud ze zesilovače do uzoučké smyčky (obr. 240) z tenkého drátu, která je



Obr. 241. Schema reprodukce zvukového filmu.



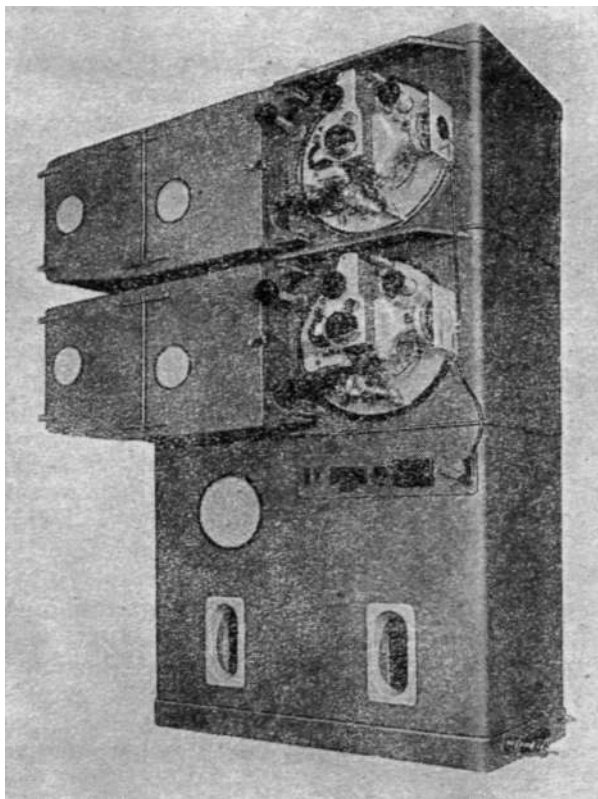
Obr. 242. Velký reproduktor pro kina se zvukovodem a dvěma dynamickými systémy (Philips)

napjata mezi póly silného magnetu. Střídavé proudy rozechvějí smyčku a s ní i malé zrcátko na ní upevněné. O toto zrcátko se odráží svazek světelných paprsků, který dopadá úzkou štěrbinou na plynule se pohybující citlivý film. Pohybem zrcátka se pohybuje i světelný paprsek a osvětluje větší či menší délku štěrbinu. Na filmu se exponují kratší nebo delší čárky, které pohybem filmu splývají v souvislý transversální (příčný) záznam

Při reprodukci probíhá zvukový záznam rovnoměrnou rychlostí před úzkou štěrbinou (obr. 241). Štěrbínou a záznamem proniká světlo intensivního zdroje do fotočlátku. Zvukový záznam způsobuje kolísání osvětlení katody fotočlátku. Tím kolísá jeho proud a střídavé napětí na odporu v obvodu fotočlátku se vede do zesilovače a odtud k reproduktoru. Promítání obrázku děje se zcela obvyklým způsobem.

Katodový oscilograf.

Oscilograf je zařízení k pozorování průběhů elektrických hodnot. Největšího rozšíření dosáhl katodový oscilograf, který používá katodové trubice. Skládá se z katodové trubice, jejího eliminátoru a pomocných přístrojů: zesilovače a rázového generátoru. Rázový generátor je na výrobu pilovitých kmitů. Skládá se z kondensátoru, který se nabíjí z eliminátoru přes pentodu stálým proudem (obr. 244). Jeho napětí tedy rovnoměrně stoupá. Rychlost stoupaní se řídí napětím řídicí mřížky pentody. Dostoupí-li napětí kondensátoru určité výše, nastane výboj v thyatronu, zapojeném paralelně ke kondensátoru. Napětí, při kterém nastane výboj v thyatronu, se má nastavit předpětím jeho mřížky. Poněvadž má thyatron

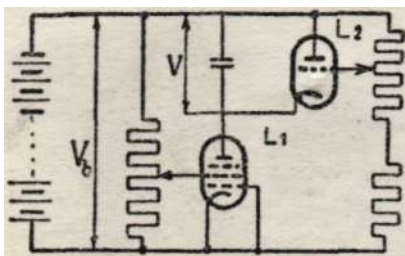


Obr. 243. Nejmodernější promítací a zvuková aparatura Philips pro kina.

malý vnitřní odpor, vybije se kondensátor okamžitě. Výboj v thyatronu ustane a kondensátor se nabíjí znovu.

Předpětím mřížky pentody se řídí kmitočet pilových kmitů, předpětím mřížky thyatronu se řídí jejich rozkmit. Přivede-li se na mřížku thyatronu kladný proudový náraz, nastane tím okamžitě výboj kondensátoru.

Vyšetřování nějakého průběhu elektrického děje se tak, že se vyšetřované napětí přivede na svisle vychylující pár desek a na vodorovně vychylující desky se přivádí takové napětí, aby se výsledná křivka na stínítku stala přehlednou. Na příklad na vodorovně vychylující desky se přivádí mřížkové napětí nějaké elektronky,



Obr. 244. Rázový generátor.

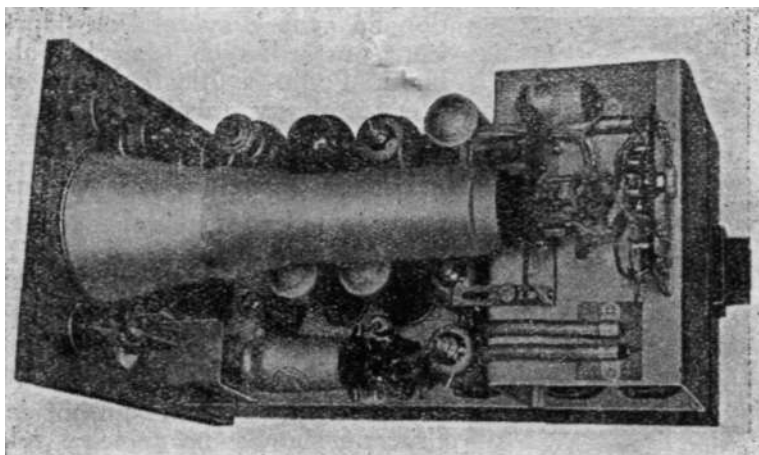


Obr. 245. Katodový oscilograf Philips.

na svisle vychylující desky se přivádí napětí, vzniklé na odporu v anodovém obvodu té elektronky: na stínítku se objeví převodová charakteristika (obr. 247). Jindy bývá lépe stanoviti závislost vyšetřované veličiny na čase; pak se přivádí na vodorovně vychylující desky pilovité kmity stejného kmitočtu (nebo polovičního, třetinového a t. o.) jako vyšetřovaný orůběh. Ježto vlivem pilovitých kmitů se pohybuje světelná stopa rovnoměrně vodorovným směrem (a pak rychle skočí zpět), je získaný obraz diagram závislosti vyšetřované veličiny na čase. Tak byly pořízeny oscilogramy hlásek a, o, u (obr. 11, 12, 13), nebo

průběh tlumených kmitů na oscilačním obvodu (obr. 248).

Katodovým oscilografem dají se nejen vyšetřovati průběhy různých napětí, nýbrž za pomoci vhodných zařízení i mechanické otřesy a chvění strojů, mechanická deformace částí strojových, tlakové poměry u parních strojů a výbušných motorů, rezonanční křivky obvodů (obr. 249), modulace vysilačů, poměry při rozběhu elektrických motorů, zapínání a vypínání vypínačů, jiskření na kolektoru motorů atd. Je tedy katodový oscilograf téměř nezbytnou pomůckou moderní elektrotechnické i strojnické laboratoře. — Záznamu oscilografu se říká oscilogram.

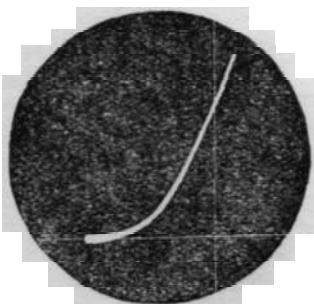


Obr. 246. Vnitřek katodového oscilografu Philips.

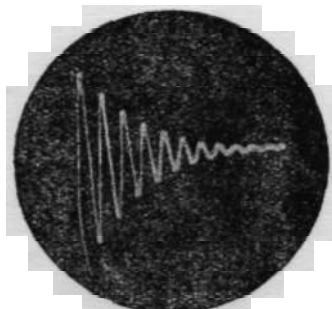
Přenášení obrazů.

Brzy po úspěchu telegrafie se vyskytly pokusy o přenos obrazů. Problém, který při přenosu drátovým vzdoroval řešení, byl pomocí radiotechnických zásad rozřešen takřka okamžitě. V dalším popíši princip **Belinografu**, který se hodí pro přenos radiotelegrafický stejně jako přenos po drátě. Jiný podobný přístroj je Karolus-Telefunken.

Obraz, který se má přenášet, navine se na válec, který se zvolna otáčí a současně posunuje (obr. 250). Na obraz



Obr. 247. Oscilogram hlavní charakteristiky triody.



Obr. 248. Oscilogram tlumených kmitů.

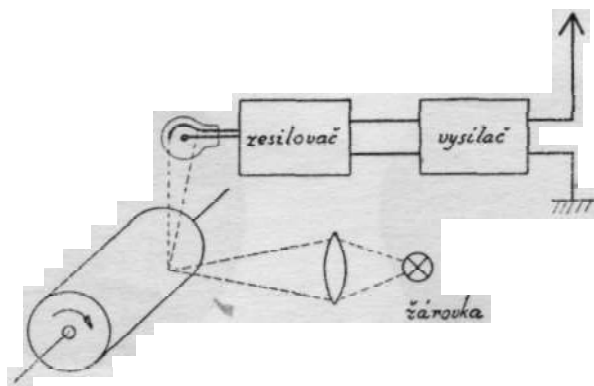


Obr. 249. Oscilogram rezonanční křivky jednoduchého obvodu a pásmového filtru.

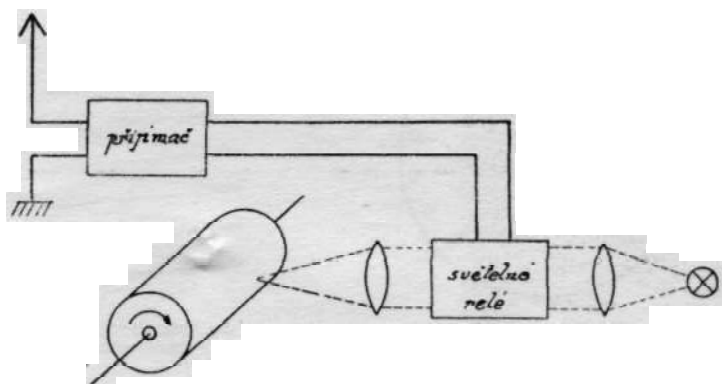
dopadá svazek světelných paprsků, soustředěných do jednoho bodu. Podle světlosti bodu, na který paprsky právě dopadají, se větší nebo menší část paprsků pohltí a odražené paprsky dopadají do fotočlásku. Ze světlého bodu je tedy fotočlánek osvětlen více, z tmavého bodu méně. Ježto se válec otáčí a posunuje, vyšetřuje se postupně bod za bodem celý obrázek. Ostatní postup je zřejmý ze schematu.

Na přijímací straně působí zachycené signály na světelné relé (to jest zařízení, jež přeměňuje elektrické proudy různé síly na odpovídající intenzity světelné),

jímž může být také na příklad Kerrova buňka s Nikoly, a řídí tak množství světla, které dopadá na válec s navinutým citlivým fotografickým papírem (obr. 251). Válec se otáčí a posunuje úplně shodně jako válec ve vysílací stanici. Papír se bod za bodem exponuje a dává po vyvolání obrázek shodný s vysílaným. Při dobrých podmínkách jsou přenesené obrázky od originálů téměř k nerozeznání. Belinograf koná neocenitelné služby žurnalistice, policii atd.



Obr. 250. Princip vysílače Belinografu.



Obr. 251. Princip přijímače Belinografu.

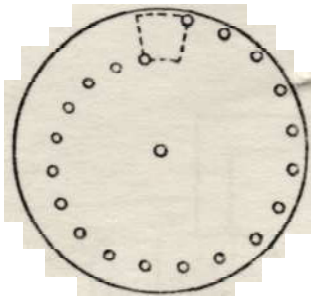
Přijímací přístroj byl svého času velmi zjednodušen a proveden tak, že se dal připojit na každý přijímač. Místo světelného relé a fotografického papíru se používalo zvlášť preparovaného papíru, který se navinul na kovový válec, a po němž psala jehla chemickými účinky proudu ze zesilovače (vlastně přijímače). Některé vysíláče vysílaly občas také obrázky. Přístroj se neujal; hlavně snad proto, že málokterý posluchač má trpělivost čekat 20 minut na obrázek.

Televise.

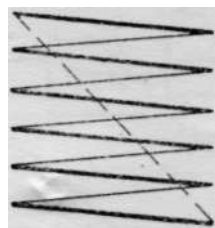
Televise je přenášení pohyblivých obrazů na dálku cestou radioelektrickou. Uspokojivé řešení se hledalo dlouhou dobu, a teprve v posledních letech opustila televise laboratoř. Dnes je televise na vysokém stupni dokonalosti.

I neoborníkovi je na první pohled zřejmo, že nebude možno přenést celý obraz najednou, nýbrž postupně, bod za bodem. Celou stránku také nelze přečísti najednou, nýbrž postupně, písmenko za písmenkem, řádek za řádkem. Celý obrázek, který se má televizně přenést, se rozdělí na prvky a podle určitého plánu se přenáší jeden prvek za druhým.

Princip rozkladu na prvky nejlépe vysvitne z výkladu jedné z prvních aparatur, užívaných k přenosu. Obrázek, který se má přenést, se promítne na rotující **kotouč Nipkovův** (obr. 252). Nipkovův kotouč má řadu otvorů, uspořádaných na spirále. Napřed proběhne prvý otvor prvou



Obr. 252. Nipkovův kotouč.



Obr. 253. Jednoduché řádkování.

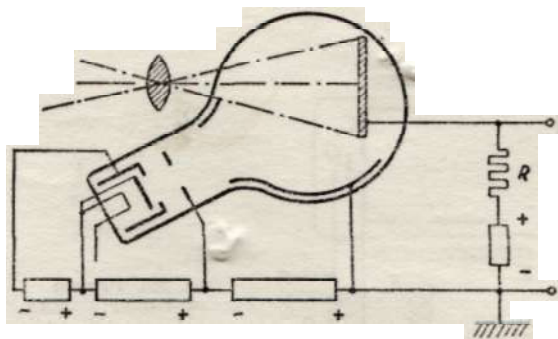
řádkou obrazu, pak nastoupí druhý otvor a proběhne druhou řádkou atd. Světlo, procházející otvorem, dopadá na fotočlánek. Je-li otvor ve světlém místě obrázku, proniká otvorem na fotočlánek hodně světla; na tmavém místě obrázku proniká otvorem málo světla. Rozložil nám tedy Nipkovův kotouč obrázek na řadu prvků světlejších a tmavších; tyto se přemění fotočlánekem na elektrické (nepravidelné) kmity, jež se po zesílení použijí k modulaci vysílače.

Na přijímací straně je místo reproduktoru na příklad speciální neonová lampa. Ta svítí intenzivněji v okamžiku, kdy ve vysílací stanici dopadá na fotočlánek jasnější paprsek, méně intenzivně, dopadá-li na fotočlánek tmavší paprsek. Lampa se pozoruje skrze stejný Nipkovův kotouč, který se otáčí souhlasně s vysílacím. V okamžiku, kdy lampa zazáří jasněji, je otvor světlejší. Při rychlé rotaci se objeví celý obrázek.

Postup přenášení obrázků je tento:

1. Obrázek se rozloží na prvky.
2. Takto získané střídání prvků světlejších a tmavších se přemění na odpovídající elektrické kmity.
3. Ty se zesílí a použijí k modulaci vysílače.
4. Modulovaná vlna se zachytí, zesílí a detektuje.
5. Získané elektrické kmity se přemění na světlo střídavé intenzity.
6. Světelné prvky se umístí na správné místo obrazu.

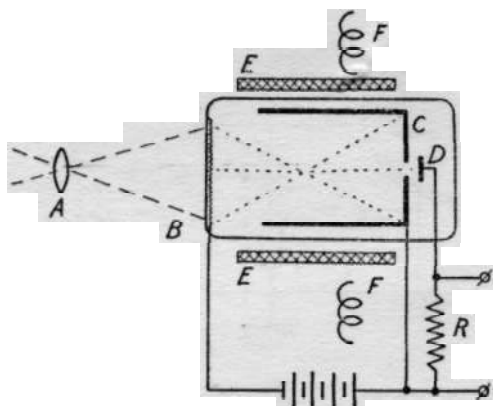
Rozklad obrázku se děje po řádcích. V řádku se zkoumá prvek za prvkem, pak se skočí na začátek příštího řádku a zkoumá se tento řádek atd. (obr. 253).



Obr. 254. Princip Zvorykinova ikonoskopu.

Má-li býti obrázek dostatečně podrobný, je nutno jej rozložit na velký počet prvků. První systémy televizní s Nipkovovým kotoučem rozkládaly obrázek ve 30 řádek, tedy asi 1200 prvků. Dnešní televise používá 441 řádek, tedy asi 250.000 prvků. Aby pohyblivý obrázek nemrkal, je nutno přenést za vteřinu 25 obrázků, tedy asi 6 milionů prvků! Je zřejmé, že veškeré mechanické systémy rozkladu a skládání obrázků musí pro takové rychlosti naprosto selhati. Používá se tedy systémů čistě elektrických.

Zvorykinův ikonoskop (obr. 254) má umělou sítnici, jež se skládá ze slídové destičky, na jedné straně pokryté droboučkými stříbrnými zrněčky, jež jsou potažena caesiumem, kovem, vhodným pro katody fotočlánků. Má tedy slídová destička na jedné straně ohromné množství droboučkových katod fotočlánků; na druhé straně má tenký povlak stříbrný. Tato destička je vložena do katodové trubice, kde na ni může dopadat paprsek elektronů. Promítne-li se na umělou sítnici nějaký obrázek, počne každá jednotlivá katoda vysílati elektrony úměrně svému osvětlení, a tím se stane kladně elektrickou. Dopadne-li na ni elektronový paprsek, kladný náboj katody se odvede. Katoda tvoří se stříbrným povlakem na druhé straně slídové destičky kondensátor; všechny změny náboje katody budou se projevovati změnami napětí stříbrného povlaku — čili změnami napětí na odporu R . Napětí odpovídá osvětlení katody. Elektronový paprsek pobíhá po umělé sítnici v řádcích podle známého pravidla.

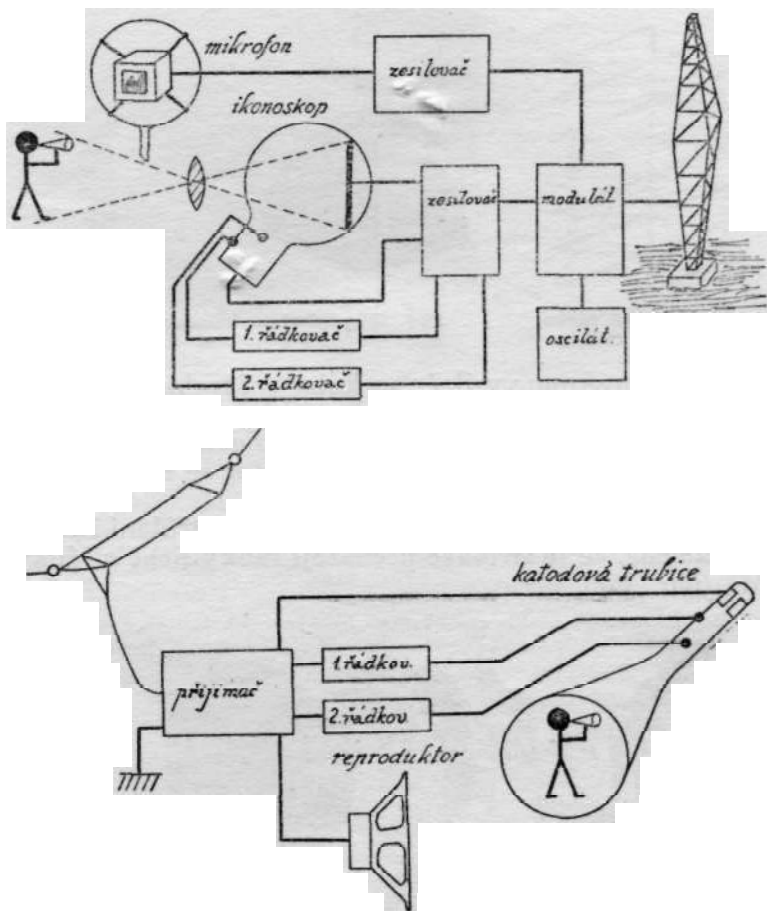


Obr. 265. Princip Farnsworthovy komory.

Farnsworthova komora (dissektor) pracuje poněkud jinak (obr. 255). Objektivem A promítá se obraz na polo-průhlednou katodu B. Válcová anoda C udílí elektronům z katody vypuzeným značnou rychlost. Dlouhá cívka E, sousedí s anodou a protékána stejnosměrným proudem, působí na elektronové paprsky jako magnetická čočka a promítá obraz katody na dno anody. Okénkem velikosti jednoho obrazového prvku mohou dospěti elektrony k sondě D. Dvěma páry cívek (z nichž je zakreslen pouze jeden, FF) se vytvářejí dvě magnetická pole na sebe kolmá; jejich působením se elektronový obrázek pohybuje a okénkem dopadá na sondu proud elektronů z jiného místa obrazu. Vhodně voleným průběhem proudu dá se dosáhnouti rozkladu obrazu podle známého pravidla. Elektrony, odtékající ze sondy, vydávají na odporu R napětí, jež se vedou dále k zesilovači.

Katodová trubice má možnost poslati elektronový paprsek na libovolné místo stínítka a mřížkou řídití světelnost. Je tedy ideální pro přijímač.

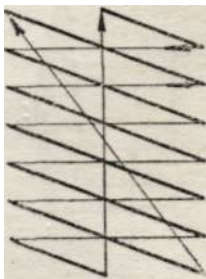
Řádkování děje se dvěma rázovými generátory. Jeden způsobuje pohyb po řádku, druhý postup řádků. Aby rázové generátory přijímače běžely souhlasně s vysilačem vysílá vysilač t. zv. **synchrosáční impulsy**, které, přivedeny na mřížku thyatronu v přijímači, způsobují výboj kondensátoru, a tím nastavují počátky a konce řádků, resp. obrázku.



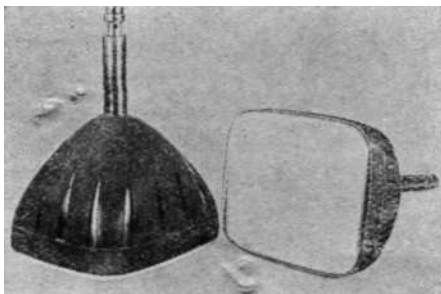
Obr. 256. Znárodnění pochodů při televizním přenosu.

Vysílání a přijímání televizní je schematicky znázorněno obrázkem 256. Obraz se opticky promítne na katodu ikonoskopu. Postupné snímání jednotlivých bodů obstarávají dva řádkovače. Proudů ikonoskopu, jakož i řádkovačů, jsou vedeny přes zesilovač do modulátoru a odtud do anteny. Zvuk zachycuje mikrofon — a další postup je již známý.

Přijímač dodává synchronizační impulsy řádkovačům, čímž je dosaženo shody mezi polohou elektronového pa-



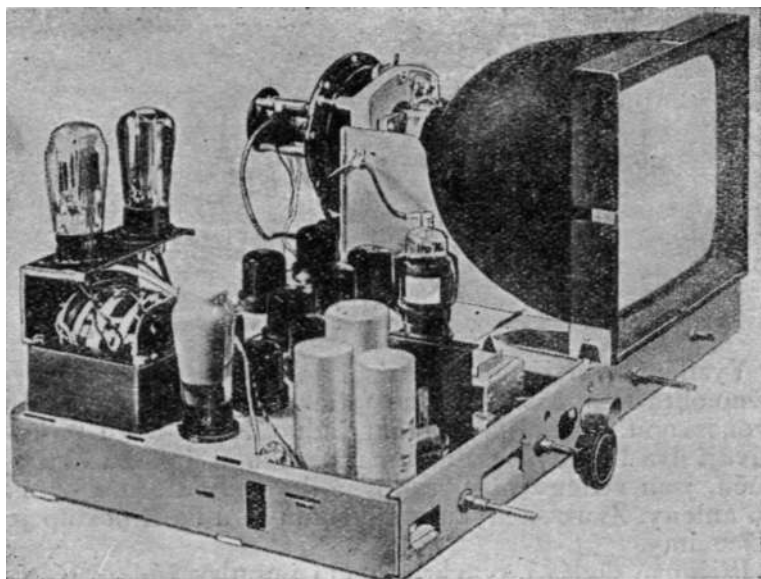
Obr. 257. Dvojitě řádkování (střídání řádků).



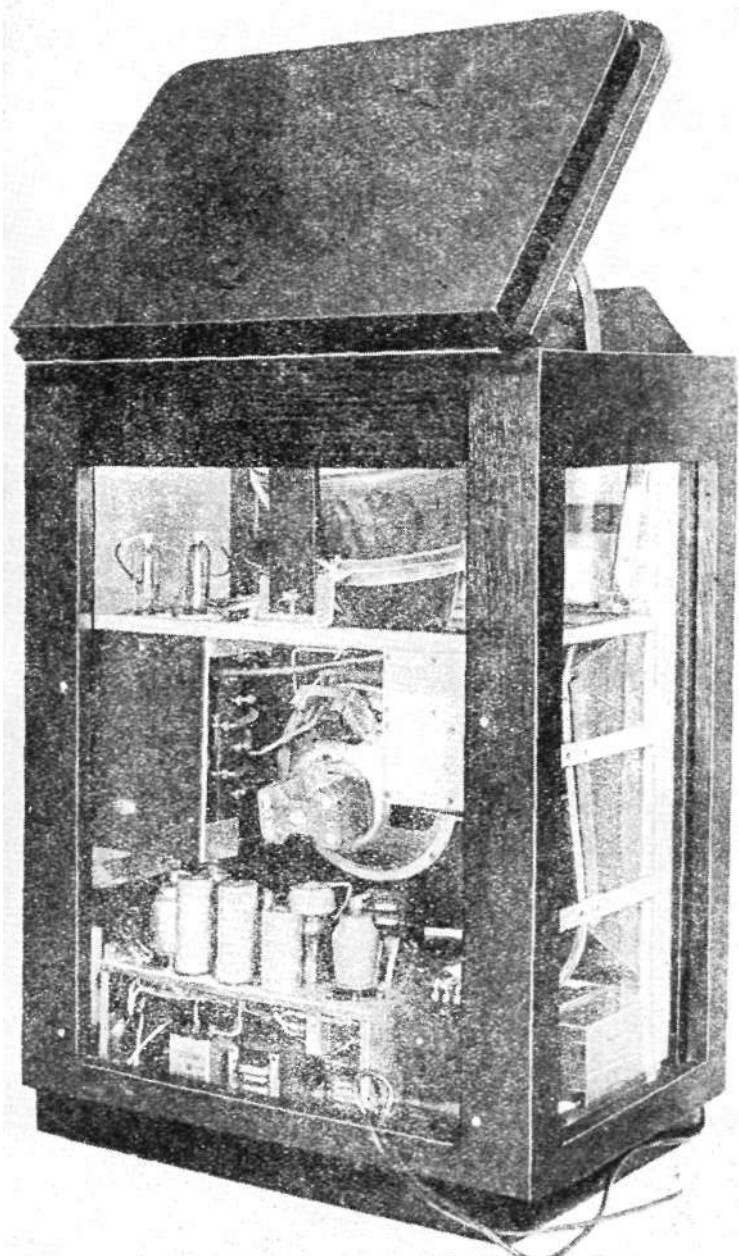
Obr. 258. Televizní katodová trubice Telefunken.

prsku v ikonoskopu vysílače a v katodové trubici přijímače a řídí světelnost stopy podle rozkazů z katody ikonoskopu, takže vzniká na stínítku katodové trubice obrázek. Přijímačem současně zásobovaný reproduktor se stará o zvukový doprovod.

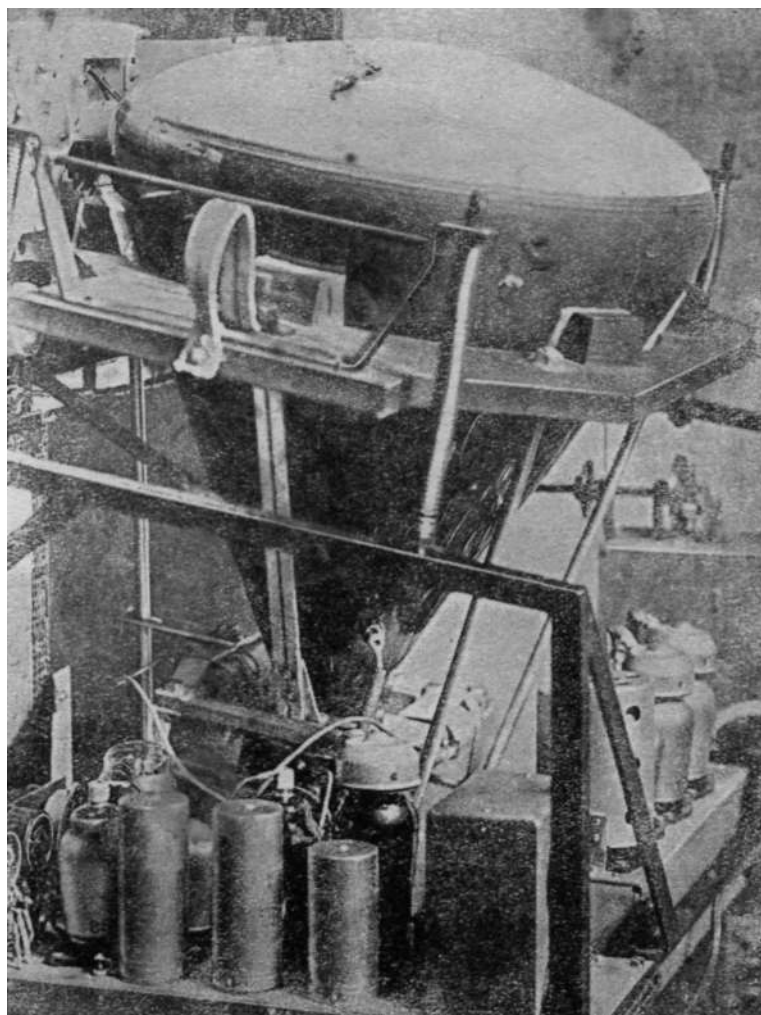
Aby obrázek neplápolal, bylo zavedeno střídání řádků. To znamená, že se střídavě přenášejí řádky liché a řádky sudé (obr. 257).



Obr. 259. Malý televizní přijímač Telefunken.



Obr. 260. Velký televizní přijímač Telefunken. Katodová trubice stojí a obraz se pozoruje v zrcadle.



Obr. 261. Detail velkého televizního přijímače.

Televizní přijímač se skládá z: 1. přijímače pro obraz, 2. přijímače pro zvuk, 3. dvou rázových generátorů, 4. katodové trubice, 5. dvou eliminátorů. Je tedy velmi složitý a zatím dosti drahý.



Obr. 262.
Princip
zaměřování.

Vzhledem k ohromnému kmitočtu modulačnímu (6 milionů prvků za vteřinu!) je možno prováděti televizi pouze na ultrakrátkých vlnách.

Zvláštní použití.

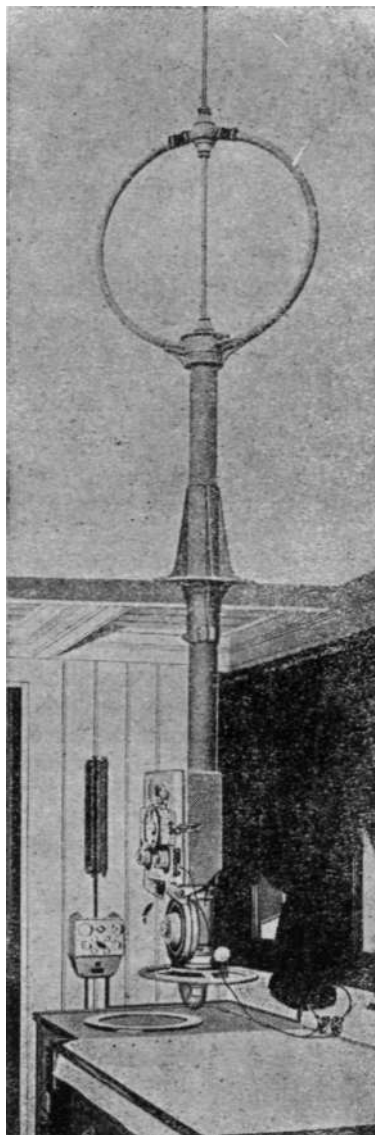
Poznaných principů radioelektrických používá se ještě mnohde jinde. Uvedu několik zajímavých příkladů:

Radiofonie po drátě. Modulované kmity se přivedou na drátové vedení. Pak se nešíří volně prostorem, nýbrž po drátě, či přesněji řečeno podél drátu. Přijímač je normální. Tímto způsobem je možno telefonovati po vedení vysokého napětí za chodu.

Zaměřování. Rámová antena má vyslovený směrový účinek. Směřuje-li rovina rámu k vysílací stanici, prochází rámem nejvíce silokřivka a příjem je nejsilnější; je-li kolmo k tomuto směru, není příjem žádný (obr. 262). Dohodnou-li se dvě přijímací stanice o směru, ze kterého přijímají vysílače, mohou zakreslením těchto směrů do mapy určit polohu vysílače. (Určování polohy lodí a letadel, hledání tajných vysílačů.) Zaměřování není přesné na krátkých vlnách. Zaměřování se též říká **radio-goniometrie**.

Řízení letu. Ze dvou stanic na letišti vysílá se směrově ve směru letu. Jedna stanice vysílá a, druhá n. Odchýlit se letadlo od správného směru vpravo nebo vlevo, přijímá buď a nebo n. Letí-li správně, a a n se doplňují na plynulý tón. Pilot může pouze podle příjmu řídit letadlo přesně k místu určení. Podobné je zařízení pro přistávání za tmy a mlhy.

Majáky. Optické majáky za špatné viditelnosti selhávají. Směr, odkud přichází charakteristická značka rádio-telegrafického majáku, se dá rámovou antenou zjistiti přesně za každého počasí.



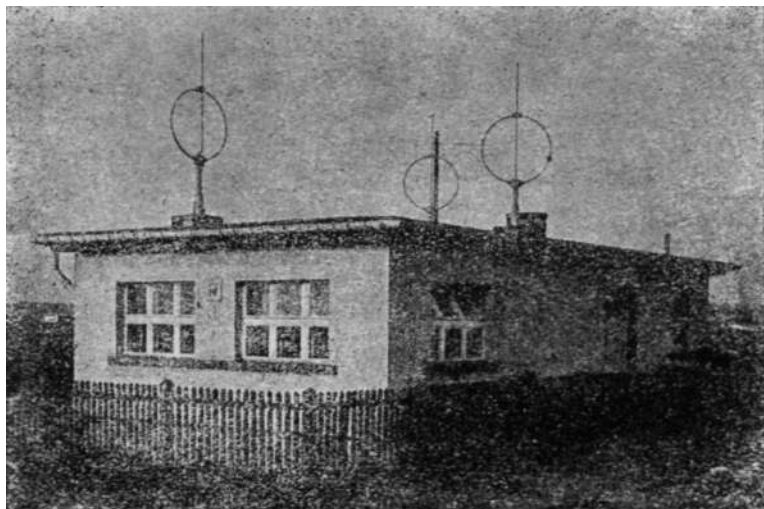
Obr. 563, Zaměřovací aparatura Telefunken
 Rám se natáčí z kabiny volantem.
 Uhel natočení se odčítá na stupnici.

Výškoměr. Letadlo, vysílá směrem dolů a přijímá vlnu, odraženou od země. Doba od vysílání k zachycení je závislá na výšce letadla a dá se jí výška měřiti. Při použití vhodného kmitočtu není stanovení doby těžké a dá se provést tak, že výška se udává samočinně.

Hledání rud. Zcela obdobným způsobem dá se stanoviti hloubka rudných ložisek.

Dálkové řízení. Dovedete si jistě představit, že bych mohl svůj automatický telefonní přístroj spojití radiotelegraficky s automatickou telefonní ústřednou. Pak bych mohl radiotelegraficky »na dálku« způsobiti svým volicím kotoučem, že by ústředna zavolala libovolného účastníka.

Dejme tomu, že přijímací stanice je spojena s malou samočinnou ústřednou. Vysílačka volá 11. V přijímací stanici se rozkaz 11 předá ústředně a ta zapojí vedení 11. Na vedení 11 je připojen elektromagnet, který zapne vypínač a spustí elektromotor. Na rozkaz 12 jiný elektromagnet vypínač vypne a motor se zastaví.



Obr. 264. Domek letecké zaměřovací stanice (archiv Telefunken).



Obr. 265. Vnitřek letecké zaměřovací stanice (archiv Telefunken).



Obr. 266. Podle údajů zaměřovačů nalezne se na mapě poloha letadla (archiv Telefunken).

Uvědomíte-li si, jak je to vlastně jednoduché, nebudete se diviti tomuto: válečná loď je úplně bez posádky a je radiotelegraficky řízena z malého motorového člunu. Na radiotelegrafický rozkaz se zatopí pod kotly, loď se rozjede, manévruje, střílí. Co více, radiotelegraficky hlásí zpět příjem a provedení každého rozkazu. Taková válečná loď je strašlivým protivníkem, neboť není na ní nikoho, kdo by mohl ztratit nervy, a v ostatních vlastnostech není horší než jiná loď s posádkou.

Elektronový mikroskop. Poznali jsme, že s elektronovým paprskem můžeme zacházeti stejně jako se světelným a že pro něj můžeme vytvořiti čočky, zrcadla a hranoly. Můžeme tedy podle optického vzoru konstruovati i mikroskop. Elektronový mikroskop je s to podati mnohem větší zvětšení než optický mikroskop a umožňuje nám spolehlivé badání tam, kde optický mikroskop již nestačil.

Theremin, trautonium atd. jsou nové hudební nástroje, pracující radiotechnickými prostředky. Jsou sice zvláštní, ale to je vše. Podle všeho se neuchytí.

Radiotechnika v lékařství. Na prvním místě jest jmenovati diathermii. Velmi často je nutno prohrátí partie uložené hluboko v těle pacientově; jediná možnost jest použití elektrického proudu, procházejícího tělem pacienta. Nelze tu použítí ani stejnosměrného ani střídavého proudu o nízkém kmitočtu, neboť kromě rozkladných

chemických účinků působí křečovitě stažení svalů. Proud vysokofrekvenční nemají těchto nepříjemných vedlejších účinků a působí pouze tepelně. Diathermia je pro moderní lékařství prostě nezbytná. Při **elektrotomii** se řeže tkáň jako nožem, ale v. f. elektrodou, vedenou malíčko nad operovaným místem; rána krvácí jen z větších cév. Při **elektrokoagulaci** se tkáň rovněž řeže v. f. elektrodou, avšak okraje rány jsou popáleny a koagulovány, takže rána nekrvácí ani z větších cév. Oba tyto způsoby v. f. chirurgie mají v lékařství důležité místo.

Radiotechnika se uplatňuje v lékařství i jinde, na př. při konstrukci Roentgenových lamp a pod.

POHLEDY DO MINULOSTI, BUDOUCNOSTI A NEZNÁMA.

Vývoj radiotechniky.

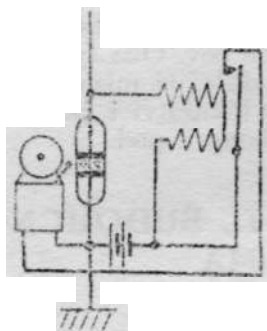
Je zajímavé, že radiotechnika má své základy velmi staré. Universitní profesor J. Henry pozoroval již v roce 1842, že působení elektrické jiskry lze pozorovati ve vzdálenosti až devíti metrů. V roce 1847 upozornil vynikající fysik Helmholtz, že výboj leydenské láhve (kondensátoru) se skládá z celé řady po sobě jdoucích jisker, které jsou za sebou střídavě jdoucí výboje v protivných směrech. V roce 1855 vypočítal W. Thomson, že za určitých podmínek je výboj kondensátoru přes cívku kmitavý. Tato čistě teoretická úvaha byla v r. 1857 pokusně potvrzena Federsensem.

V roce 1864 odvodil teoreticky James Clerk Maxwell, profesor na universitě v Edinburgu, existenci elektromagnetické vlny, jejímž zdrojem je kmitavý výboj, a jež se šíří do prostoru rychlostí světla. Asi o patnáct let později objevil profesor D. E. Hughes citlivost nedokonalého kontaktu vůči vlnám akustickým a elektrickým. Dovedl dokázat až na vzdálenost 500 m, že přeskočila elektrická jiskra.

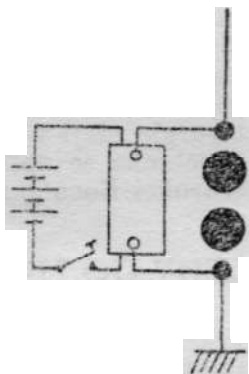
Práce Hughesovy nedošly povšimnutí. Proč, vysvětluje nám Hughes takto: »Dne 20. linora 1880 přišel president královské společnosti s oběma tajemníky profesorem Huxleyem a profesorem Stokesem ke mně aby spatřil pokusy, týkající se přenášení signálů vzduchem.



Obr. 267. Branlyho koherer.



Obr. 268. Přijímač Popovův.



Obr. 253. Marconiho vysílač.

Předvedené pokusy všechny se zdařily (byloť slyšeti signály až skoro na dálku 450 m) a s počátku se zdáli návštěvníci být překvapeni těmito výsledky, avšak asi po tříhodinném experimentování řekl prof. Stokes (vy-nikající fysik anglický), že všechny předvedené pokusy nutno vysvětliti známými zjevy elektromagnetické indukce, a že proto nemůže souhlasiti s mým názorem o jsoucnosti vln. tehdy ještě neznámých. Jelikož se mi nepodařilo přesvědčiti je o existenci těchto vln, pozbyl jsem odvahy napsati o tom nějaké pojednání, dokud bych nebyl s to jejich existenci přesně dokázati; a tak pokračoval jsem ještě několik let v pokusech, doufaje, že najdu úplně vědecký důkaz pro jsoucnost elektrických vln, jež vznikají jiskrami indukční cívky nebo influeční elektriky.« Důkaz se však Hughesovi nezdařil.

Existenci elektromagnetických vln dokázal roku 1885 nade vši pochybnost profesor Heinrich Hertz v Karlsruhe a prostudoval jejich vlastnosti. Dokázal jejich rychlost, odraz, lom, interferenci, polarisaci — zkrátka dokázal podobnost vln elektromagnetických a světelných. Tyto pokusy jsou základním kamenem, na němž byla vybudována dnešní radiotechnika. Hertz omezil se čistě na laboratorní, analytické pokusy a nepřišel na

myšlenku využití prakticky své objevy. V roce 1894 zemřel ve věku 37 let.

Po Hertzovi pracovali v tomto oboru mnozí jiní badatelé, Branly, Crookes, Lodge, Popov, Righi, Thomson.

E. Branly vynalezl **koherer**. Je to skleněná trubička, v níž jsou mezi dvěma šikmo seříznutými elektrodami uzavřeny kovové piliny (obr. 267). Tyto piliny mají tak nedokonalý kontakt, že koherer skýtá elektrickému proudu ohromný odpor. Dopadnou-li však na koherer elektromagnetické vlny, piliny se jaksi spekou a odpor klesne na malou hodnotu. Stačí slabý poklep na koherer, piliny se opět rozdělí a znovu nastane veliký odpor. Koherer je znovu připraven přijímati elektromagnetické vlny.

Kohereru použil k zajišťování elektromagnetických vln v roce 1894 sir O. Lodge a mohl je konstatovati i ve větších vzdálenostech od jiskry.

V roce 1895 sestrojil A. Š. Popov přístroj, který zachycoval a zaznamenával výboje atmosférické elektřiny (obr. 268). Mezi antenu a zem je zapojen Branlyho koherer, zapojený do okruhu s baterií a citlivým relé. Dopadne-li na antenu elektromagnetická vlna, stane se koherer vodivým a skrze vinutí relé projde proud z baterie. Kotva relé se přitáhne a tím se uzavře obvod zvonku. Zvonek poklepe na koherer a vrací *jej* v původní stav. Tímto přístrojem zaznamenával Popov blesky ze vzdálenosti mnoha kilometrů. Popovův přístroj je velmi důmyslný a byl později s nepatrnými obměnami hojně používán — ale jeho vynálezce nebyl po zásluze oceněn. Hlavní Popovovou zásluhou je to, že vynalezl antenu. Popov záhy postoupil dále a zachycoval svým přístrojem vlny, které si sám vytvářel Hertzovým oscilátorem. Podařil se mu tak přenos na 1 km, později na 5 km. Zajímavou ironií je to, že vynálezce anteny přijímací nepřipadl na myšlenku použití anteny i u vysílače, a tak se oloupil o úspěch. A tak nevděčný svět ochotně zapomíná na Popova a za ovoce jeho práce zahrnuje slávou jiné pozdější badatele.) Zjev sice smutný, ale v radio-technice ne právě ojedinělý a vzácný.

A. Righi zdokonalil Hertzův oscilátor tím, že jiskřiště provedl dvojnásobné nebo trojnásobné, čímž dosáhl zvýšeného vyzařování energie.

Guglielmo Marconi byl žákem Righiho. Podle přijímače Popovova spojil Righiho jiskřiště na jedné straně se svislým drátem — antenou, na druhé straně se zemí (obr. 269). Jiskřiště je napájeno Ruhmkorffovým induktorem. Zavádí-li se do induktoru proud v rytmu Morseových značek, přeskakují i jiskry v rytmu Morseových značek a oscilátor vyzařuje elektromagnetickou vlnu ve stejném rytmu. Přijímačem byl přístroj Popovův, kde místo zvonku byl zapojen Morseův zapisovací stroj. Dále poznal Marconi, že přijímač je nejcitlivější, je-li stejných rozměrů s vysilačem — čili jak bychom dnes řekli, je naladěn na vlnu vysilače.

Pokusy se Marconimu znamenitě dařily. Dosáhl spojení na vzdálenost několika kilometrů. Ježto potřeboval větších finančních prostředků, odjel roku 1896 do Anglie, kde se mu dostalo podpory anglické telegrafní správy. Již v roce 1897 vysílal Marconi depeše z lodi, vzdálené 16 km od břehu, do stanic Salisbury a Bath, jež jsou od sebe vzdáleny 40 km. V roce 1901 se zdařilo radiotelegrafní spojení mezi Evropou a Amerikou.

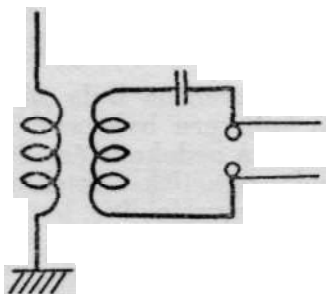
V Německu se již dlouhou dobu zabýval zdokonalením Hertzových přístrojů A. S l a b y. V roce 1897 byl v Anglii přítomen Marconiho pokusům. Po návratu telegrafoval se svým asistentem Heinrichem von Arco na vzdálenost 21 km. Jejich hlavní zásluhou je, že zavedli ladění stanic.

Ladění stanic použil současně sir O. Lodge podle zásad, které v roce 1894 stanovil profesor M. J. Pupin.

Radiotechnika ukázala své možnosti, a na celém světě pracují badatelé na jejím dalším pokroku. Není tedy nijak zvláštní, objeví-li se stejný vynález na několika místech.

F. Braun použil uzavřeného oscilačního obvodu s jiskřištěm a antenu vázal induktivně (obr. 270). Oba obvody jsou naladěny přesně na touž vlnu. Odstraněním jiskřiště z antenního obvodu bylo zmenšeno podstatně tlumení a zlepšeno vyzařování. Vysilač Braunův je výhodnější než Marconiho.

Další zdokonalení Braunova vysilače provedl v roce 1906 M. Wien tím, že zavedl mnohonásobné jiskřiště se zhasínající jiskrou. U Braunova vysilače s obyčejným jiskřištěm odevzdával sice primární obvod antennímu



Obr. 270. Oscilační obvod vázán inдукtivně s antenou.

energii, ale část energie se indukovala zpět z antenního obvodu do primárního; ionisací vzduchu zůstávalo jiskřiště vodivé a snadno přeskočila nová jiskra. Rozkmital se tedy primární obvod znovu a zbytečně ubíral antennímu obvodu energii. Wien vynalezl jiskřiště, složené z mnoha kruhových desek, oddělených isolačními vložkami tak, že mezi okraji desek vznikla mezera jen několik desetin milimetru. Při Wienově jiskřišti nová jiskra indukci z antenního obvodu nevznikne a primární obvod tudíž neubírá energii anteně.

U dřívějších jiskřišť přeskakovaly jiskry až několik decimetrů dlouhé a způsobovaly třaskavý, daleko slyšitelný hluk. U Wienova jiskřiště přeskakují malé jiskřerky zcela pravidelně (500 až 1000 za vteřinu) a vydávají tichv tón. Výška tónu byla charakteristická pro tu kterou vysílací stanici. Při příjmu dá se tón snadno rozeznati od praskotu atmosférických poruch Další výhodou Wienova jiskřiště je to, že se vysílá jediná délka vlny, kdežto u dřívějších jiskřišť se vlivem těsné vazby s antenou vysílaly vlny dvě. (Přesný výklad pokládám za zbytečný, ježto jde o věci dávno nepoužívané. Ale vzpomeňte si, že pásmový filtr má při těsné vazbě na rezonanční křivce dva vrcholy! Kdyby se takového filtru používalo při vysílání, vysílaly by se dvě vlny, odpovídající těmto dvěma vrcholům. U Wienova jiskřiště se odevzdá energie anteně, jiskra zhasne a primární obvod je přerušen — tedy vlastně není už obvodem — a zbývá pouze antenní obvod s jediným rezonančním kmitočtem).

Stejného účinku dosáhl v stejný čas Marconi rotačním jiskřištěm, kde jiskra přeskakovala na rychle se otáče-

jícím kotouči. Oboje nová jiskřiště dovolila zvětšení vyzářené energie a zmenšení tlumení a umožnila tak stavbu stanic o velké energii.

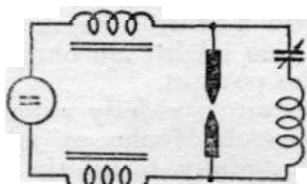
Současně s pokroky vysílání zaváděna byla zdokonalení na straně přijímací. Po kohereru byla vynalezena celá řada přístrojů, založených na nedokonalém dotyku. V roce 1902 zhotovil Marconi magnetický detektor, poněkud složitě zařízení, ale naprosto spolehlivé, byť i málo citlivé. Současně přichází R. A. Fessenden se svým termickým detektorem. V roce 1903 vynalézá Fessenden kapalinový čili elektrolytický detektor, avšak současně s ním též generál Ferié a W. Schломilch. V roce 1906 začíná se používat detektorů krystalových a zavádí se příjem sluchem. Generál H. C. Dunwoody používá karborunda, G. W. Pickard objevuje znamenité detekční vlastnosti u leštence oloveného (galenitu). V Evropě zavádí krystalový detektor F. Braun.

Dosud uvedené systémy vysílací pracovaly s elektrickou jiskrou a tlumenými vlnami. Hlavní jejich nevýhodou bylo, že vysílaly energii jen nárazovitě — t. j. nepatrný zlomek vteřiny se energie vysílala, pak mnohonásobně delší přestávka, pak opět se energie vysílá atd. Touhou bylo vysílati energii nepřetržitě, čili jak dnes říkáme, vysílati vlny netlumené.

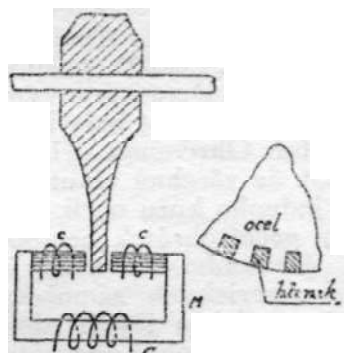
Generátory netlumených kmitů je možno rozdělit do tří skupin: 1. obloukové, 2. strojové, 3. s elektronkami.

Obloukové generátory. V r. 1899 objevil W. Duddell, že elektrický oblouk může být za určitých okolností zdrojem netlumených kmitů. Použitě zapojení je v obr 271. Oblouková lampa je napájena ze stejnosměrného zdroje přes tlumivky. Paralelně k oblouku je zapojen seriový laděný obvod. Oblouk vydává pískavý tón, jehož výška závisí na veličinách laděného obvodu. Bohužel nebylo lze získati proudy tak vysokého kmitočtu, jak je zapotřebí pro radiotelegrafii.

Tomuto nedostatku odpomohl roku 1902 dánský vynálezce W. Poulsen. Kladný uhlík nahradil měděnou, vodou chlazenou elektrodou; oblouk uzavřel do skřínky, protékané vodíkem nebo svítiplynem nebo parami alkoholu, a zavedl silné příčné magnetické pole. Tímto způsobem lze dosáhnouti vysokofrekventních oscilací. Poulsenovy vysílače se výborně osvědčily; jejich výhodou je, že se jimi snadno získává energie, postačující i k zámoř-



Obr. 271. Duddelův oblouk.



Obr. 272. Vysokofrekvenční generátor Alexandersonův.

ské telegrafii. Nevýhodou je, že oblouk musí hořeti stále, tedy i v mezerách mezi značkami. V této době se musí energie strávit ve zvláštním obvodu.

Strojové generátory se dělí do dvou skupin: a) stroje, kde se přímo vyrobí proud o žádaném kmitočtu; b) stroje, kde se vyrobí proud o menším kmitočtu a zvláštními transformátory se přeměňuje na proud o žádané frekvenci.

a) Prvý se pokusil o stavbu stroje první skupiny M Tesla, skvělý pracovník v oboru proudů o vysokém kmitočtu — avšak s výsledky nevalnými.

Dále pracoval na konstrukci těchto strojů R. A. Fessenden a E. F. W. Alexanderson (r. 1906).

Alexandersonův generátor pracuje zásadně takto (obr. 272): podkovitý elektromagnet M je magnetisován stejnosměrným proudem cívkou C. Na pólových nástavcích P, složených z tenkých železných plechů, jsou navinuty cívkou c. Mezi pólovými nástavci se otáčí železný kotouč K, do jehož obvodu jsou vybrány zářezy, takže má kotouč vlastně zuby. Je-li mezi pólovými nástavci zub, procházejí silokřivky snadno; je-li mezi nimi právě mezera, mají silokřivky cestu nesnadnější. Otáčí-li se kotouč, prochází pólovými nástavci magnetický tok větší (zub mezi nástavci) nebo menší (mezera mezi nástavci). Mění se magnetický tok indukuje v cívkách c střídavé napětí. Kmitočet je roven počtu zubů, které projdou za vteřinu mezi pólovými nástavci. Při dostatečné rychlosti kotouče dosáhne se snadno potřebného kmitočtu.

Rotující kotouč se provádí z ocele. Mezery mezi zuby

se vyplňují nemagnetick. kovem, hliníkem nebo bronzem, aby se zmenšilo tření o vzduch. Obrátky jsou ohromné (30.000 až 150.000 obrátek za minutu!). Při tom je mezera mezi kotoučem a pólovými nástavci pouze několik desetin milimetru. Musí tedy být provedení stroje naprosto bezvadné. Ohromnou výhodou Alexandersonova generátoru jest, že všechna vinutí jsou v klidu a rotující kotouč je z jednoho kusu oceli, takže je možno udělit mu ohromný počet obrátek bez obav o jeho pevnost.

Alexandersonovy stroje se znamenitě osvědčily v mnoha amerických zámořských vysilačích. Mnoho se také pracovalo na jejich zdokonalení; zmínky zasluhuje M. L a t o u r, jehož generátorů se hojně používá ve Francii.

Odlíšné a velmi zajímavé zásady použil R. G o l d - s c h m i d t. V jeho generátoru je jedno vinutí pevné, druhé pak rotuje. Pevné vinutí je protékáno stejnosměrným proudem, v druhém vinutí se indukuje střídavý proud o kmitočtu f . Tento střídavý proud v rotujícím vinutí indukuje zpět v pevném vinutí proud o kmitočtu dvojnásobném, tedy $2f$. Proud o frekvenci $2f$ indukuje v rotujícím vinutí proud o kmitočtu $3f$, ten opět zpět v pevném vinutí proud o kmitočtu $4f$ atd. Tedy stručně shrnuto: u Goldschmidtova stroje přechází energie z pevného vinutí do rotujícího, odtud zpět do pevného atd. a kmitočty se při tom zvyšuje.

Snad vás napadne, že popsaný přechod energie ze statoru do rotoru a zpět se musí dít i u obyčejných generátorů v elektrárně. Zcela správně, děje se. Jenže v elektrárně nám překáží a proto se snažíme mu zabránit, kdežto u Goldschmidtova stroje takový přechod potřebujeme a napomáháme mu zvláštními laděnými okruhy. Vedle toho celá konstrukce stroje je počítána na to, že zde budou proudy o vysokém kmitočtu, na př. plechy, z nichž je složen stator i rotor, mají tloušťku pouze 0.03 až 0.09 mm.

b) Generátory druhé skupiny vyrábějí proud o nižším kmitočtu a kmitočty se mnohonásobuje transformátory frekvence. Takový transformátor na zdvojnásobování kmitočtu konstruoval v roce 1902 J. E p s t e i n. V roce 1911 konstruovali M. J o u l y a G. V a l a u r y zařízení, jímž lze kmitočty ztrojnásobiti. Později přichází Karel S c h m i d t s transformátorovým zařízením, jímž lze kmitočty až zdesateronásobiti, ba i více.

Konstruovati generátor o poměrně nízkém kmitočtu (asi 6000 cyklů) není při použití rozsáhlých zkušeností z běžných elektrických strojů nijak nesnadné. I násobení kmitočtu pevnými transformátory dá se snadno zvládnouti. Vůbec zde není zvláštních technických potíží: soustrojí pracuje hospodárně a spolehlivě. Vedle toho lze bez složitých zařízení měniti délku vlny. Tak na př. generátor, *ježž* konstruoval H. von Arco, může vysílati šesti vlnami, aniž by měnil obrátky generátoru.

Strojními vysokofrekventními generátory jsou vybaveny velké vysílací stanice, určené pro styk se zámořím, na velmi dlouhých vlnách.

Elektronkové generátory. Teprve elektronka dala rozvoji radiotechniky rychlé tempo. T. A. Edison pozoroval již v r. 1894, že od žhavého vlákna probíhá prázdným prostorem proud ke kladně nabitě destičce — ale nepochopil dosah tohoto objevu a omezil se na popis pozorovaného zjevu v odborném časopise. Až roku 1899 konstruovali němečtí badatelé Elster a Geitel usměrňovač střídavého proudu, založený na Edisonově zjevu — bez výsledku nějak pozoruhodného — ale obrátili pozornost k Edisonovu zjevu.

Zmíněný zjev byl dosti záhadný a teprve J. J. Thomson podal jeho výklad. Dvouelektrodové elektronky k příjmu elektromagnetických vln místo kohereru použil po prvé J. A. Fleming. Dosažené výsledky byly sice znatelně lepší než s kohererem, avšak ještě ne dosti dobré. Podobné pokusy s elektronkou o dvou elektrodách konal A. Wehnelt.

Podstatné a rozhodující zlepšení elektronky provedl R. von Lieben a současně Lee de Forest zavedením třetí elektrody — mřížky (asi 1906). Na další vývoj měly podstatný vliv teoretické práce J. Langmuira a O. W. Richardsona.

Dnes je velmi těžko udati jména nejvýznačnějších pracovníků, neboť obyčejně pracují pro velké koncerny různých továren a jejich práce nejsou uveřejňovány.

Pro zajímavost ještě uvádím, že mřížky po prvé použil r. 1898 P. Leonard při pokusech s pomalými katodovými paprsky.

Jakmile se podařilo vyrobiti netlumené vlny, pracovalo se na radiotelefonu. Její pokroky lze stručně vystihnouti takto:

1904	Fessenden	dosáhl přenosu na	30 km
1906	Poulsen	” ” ”	15 km
1907	Telefunken	” ” ”	75 km
1913	Telefunken	” ” ”	600 km
1914	Poulsen	” ” ”	500 km
1919	Marconi	” ” ”	Evropa — Amerika
1921	Telefunken	” ” ”	4300 km.

Pokusil jsem se sestavit přehled, jak a příčiněním koho se radiotechnika vyvíjela. Snad není ten přehled úplný, ale to je snadno vysvětlitelné. Každý národ rád vyzdvihuje zásluhy svých občanů, a proto vypadá líčení od autorů různých národností velmi různě. Italové zbožňují svého Marconiho, Američan se chlubí Fessendenem, Alexandersonem, de Forestem, Němec má svého Hertze, von Arco, Liebena, Rus se může pyšnit Popovem a Zvorykinem. Každý národ má své vynálezce. Kdo to byl u nás?

Význačné teoretické a laboratorní práce, i v cizině uznávané, konali prof. Dr. D o m a l í p, prof. F. K o l á č e k a prof. Dr. M a č k ů. O rozvoj radiotechniky se zasloužil prof. Ing. L. Š i m e k. Další nadšený průkopník byl Ing. K. O r t, vynálezce a konstruktér, který se dočkal ocenění v Americe. Docent Dr. S a h á n e k je teoretikem světového formátu a hlavně v Americe je ceněn jako autorita. Dalším učencem jedinečných kvalit je prof. Dr. A. Ž á č e k.

Konečně nejzajímavějším zjevem je Slovák Josef M u r g a š, rodem od Báňské Bystrice. Byl knězem. Pro rozepře s maďarskými kněžími se vystěhoval do Pensylvánie v USA. Tam, kromě svého povolání, byl všestranně činný; studoval přírodopis a rostlinopis, a zvláště pracoval v radiotechnice. Jako první postavil vysílací a přijímací stanice a založil rozhlasovou společnost. Ale osud ho tvrdě pronásledoval. Několik jeho spolupracovníků zemřelo, živelní pohroma poškodila jeho vysílací stanici. Ke všemu ještě Fessenden a Marconi přicházejí se zdokonalenými přístroji. Bylo sice soudem rozhodnuto, že Murgaš je prvním vynálezcem, ale přesto užitku z tohoto rozsudku neměl. Jeho vynález byl totiž patentován pouze v jednom státě a mohl se tudíž v ostatních státech vyrábět a prodávat podle libosti. Murgaš zemřel roku 1929. Na jeho pamět jsou vydány slovenské poštovní známky z roku 1940.

Další velmi zajímavou kapitolou v dějinách radiotechniky jsou amatéři. Několik nadšenců chtělo nejen přijímat, nýbrž i vysílat a žádali za povolení takových pokusů. Vláda (nebo kongres, či kdo to vlastně byl) sice neodmítla, ale povolila pokusy pouze na krátkých vlnách. Ježto tehdejší zkušenosti ukazovaly, že pro úspěšný přenos je nutno použití ohromných energií a velmi dlouhých vln, zdálo se, že na tak krátkých vlnách a s malými energiemi se amatéři-vysilači dorozumějí pouze na několik kilometrů, dorozumějí-li se vůbec. A pak přišlo velké překvapení. Na krátkých vlnách s nepatrnými energiemi se podařilo amatérům překlenouti větší vzdálenosti, než dokázaly profesionální obrovské vysilače. Vlastně to nebyla zásluha amatérů, oni pouze objevili neznámé dosud vlastnosti krátkých vln, ale úspěch tu byl.

A hned se začalo pracovat a bádát v oblasti krátkých vln. Vynikající vědci se vrhli na tento obor, význační amatéři byli vzati do služeb radiotechnických firem a společností. Dnes bych už nedovedl říci, kteří to byli amatéři, kteří tak popohnali rozvoj radiotechniky, dokud byli amatéry. — Armstrong, Fleweling a mnoho jiných. Celkem vzato je historie vývoje radiotechniky velmi povznášející s technického hlediska, se stránky lidské dosti neutěšená. Ne každý, kdo poctivě pracoval, objevil pravdu; ne každý, kdo objevil pravdu, byl uznán; ne každý, kdo byl uznán, dočkal se zisku a slávy. Na jedné straně se stkví Marconi, na druhé se zapomíná na Popova a neví se o Murgašovi. Dnes se rozvíjí radiotechnika úsilím řady bezejmenných, kteří sedí v laboratořích velkých firem a společností.

Mám-li být upřímný, musím ještě prozradit, že prý i v radiotechnice je celá řada znamenitých vynálezů, jejichž existence byla zúmyslně utajena, ať z důvodů vojenských, hospodářských či konkurenčních. Zůstává jisto, že od radiotechniky můžeme čekat v budoucnu velmi mnoho překvapujícího — ale to už patří do jiné kapitoly.

Vlny známé a neznámé.

Poznali jsme elektromagnetické vlny různých délek. Prohlédněme si je blíže, jdouce od nejdelších k nejkratším.

Nejdelší používané vlny jsou přes 20 km dlouhé. Pra-



Obr. 273. Stupnice elektromagnetických vln.

cují jimi některé zámořské vysílací stanice. Kratší vlny, hlavně rozhlasem používané, jsou nám dobře známy. Ale již při délkách pod 10 m se ocitáme v končinách nedosta- tečně probádaných. Čím kratší vlna, tím méně ji známe. Laboratorně se podařilo vytvořiti tlumené vlny délky zlomků milimetru.

Přes neširoké neznámé pásmo dospíváme k vlnám délky setiny až tisíciny milimetru. Tyto vlny známe jako pa- prsky infračervené, tepelné. Za infračervenými paprsky přicházejí paprsky světelné, sahající od červených až po fialové. Zde jsou již vlny tak krátké že se nedají měřiti milimetrů; měří se na desítmiliontiny milimetru; tato nová jednotka se jmenuje angstrom \AA . Světelné vlny měří 7600 -3900 \AA

Za světelnými paprsky přichází záření ultrafialové. V této oblasti můžeme očekávati hojně objevů. Víme že ultrafialové záření působí chemicky (fotografie), fyzio- logicky (opalování pleti), působí fosforescenci a fluores- cenci, ale mnoho zjevů je nám ještě neznámých. Velmi zajímavé je, že na př. lidská krev vysílá t. zv. biologické záření (2370—1930 \AA)

Za rozsáhlou oblastí ultrafialového záření přichází pás- mo celkem neznámých vln a za ním říše paprsků X — Rontgenova záření. Je obecně známo, že Rontgenovy pa- prsky pronikají pevnými hmotami lépe nebo hůře podle »tvrdosti« paprsků a hustoty hmoty. Nejměkčí (nejméně pronikavé) paprsky mají délku vlny několik desítek ang- stromu. nejtvrďší (nejpronikavější) pak několik desetin angstromu. S oblastí paprsků X sousedí oblast paprsků gamma, vyzařovaných radioaktivními látkami. Jsou pron- ikavější paprsků X. Jejich délka vln se měří na setiny angstromu (miliardiny milimetru!). Za paprsky gamma přichází záření, o němž sice víme bezpečně, že existuje, ale to je také to jediné, co o něm víme. Zatím je nemůž- me dokázati, neznáme jeho vlastnosti.

Poslední známé záření jsou kosmické paprsky. Jsou tak pronikavé, že je ani metr tlustá olověná deska nezadrží. Přicházejí k nám z mezihvězdných prostorů. Jejich délka vlny se měří na stotisíciny angstrómu (biliontiny milimetru!). Jsou v poslední době předmětem živého zájmu, avšak výzkumy jsou teprve v počátcích. Je snad záření ještě kratší délky vlny? Těžko říci. Snad ano, snad ne. Zde už nevíme docela nic.

Vidíme, že jsou celé ohromné oblasti vln, o nichž nic nevíme. Někteří badatelé soudí, že každý projev života je provázen vysíláním vln. Tedy na příklad mozek vysílá vlny. Tomu zdají se nasvědčovati úspěšné pokusy s telepatíí, t. j. přenášením myšlenek. Ten, kdo by zjistil, jakou délku vlny má toto záření a dovedl konstruovati pro ně zesilovače, bude moci čísti myšlenky každého, koho dostane do dosahu svého zesilovače, na druhé straně pak bude moci zesíleným vysíláním svých myšlenek ovládati lidstvo.

Zvláštnosti šíření vln.

Představte si, že nějaká silná vysílací stanice vyšle jediný kraťoučký signál. Někde dále bude přijímací stanice, vybavená nejcitlivějším přijímačem a zařízením ke grafickému zaznamenání síly a doby přijatého signálu. Teď se ozve signál velmi silně a za nepatrný okamžik (asi tisícinu vteřiny) asi stejně silně. Co to je? Prvý signál byla povrchová vlna, druhý signál patří prostorové vlně, která musí urazit delší dráhu a přijde tudíž o něco později. Ale za okamžik (asi sedminu vteřiny) se ozve signál znovu — to oběhla vlna kolem zeměkoule a přichází k přijímací stanici po cestě dlouhé asi 40.000 kilometrů. Vlna může oběhnouti zeměkouli i několikrát za sebou; za příznivých povětrnostních podmínek byl zachycen signál a sedm ozvěn — tedy vlna oběhla sedmkrát!

Ozvěny jsou velmi nepříjemné, ježto zmenšují rychlost, kterou je možno vysílati; zcela obdobně, jako v kostelích se silnou ozvěnou musí kázající mluvit pomalu, má-li mu být rozuměno; čím silnější ozvěna, tím pomaleji musí mluvit. Při příjmu velmi silných vysílaček se přijímají nejen hlavní signály, nýbrž i ozvěny, což při rychlém tempu vysílání může i příjem znemožniti.

Naprostozáhádným je zjev, že se někdy zachytí další silné signály za několik vteřin, i několik minut po zachycení prvního signálu. Velmi zajímavé pokusy v tomto oboru prováděli spolu norský profesor Stoermer a Holanďan Dr. van der Pol. Zjistili, že nejčastější doba návratu je 8 vteřin, ale jsou doby i mnohem delší, ač vzácně. Prof. Stoermer se domnívá, že ve vzdálenosti měsíce (odpovídá rychlosti vlny a době 8 vteřin) plují v prostoru elektronové oblaky, o něž se vlna odráží zpět k zemi. Dr. van der Pol se naproti tomu domnívá, že kolem zeměkoule není jen Heawisideova vrstva, nýbrž že takových vrstev je několik v různých výškách. Může se státi, že elektromagnetická vlna pronikne mezi dvě takové vrstvy, a uvězněna mezi nimi, probíhá nezeslabena, až se jí podaří se vyprostíti a vrátí se k zemi. Polova teorie je přijatelnější proto, že současně vysvětluje různé šíření krátkých vln.

K nevysvětlitelným záhadám patří to, že lze přijímati elektromagnetické vlny, které nebyly na zemi vyslány a které přicházejí z vesmíru. Tyto vlny studuje Dr. Karel Jánský v laboratořích Bell Telephone ve zvláštní stanici v Holmeu v New Jersey. Soustavnými pokusy se zjistilo, že naše slunce vysílá k zemi elektromagnetické vlny. Zajímavější je však, že velmi silné vlny přicházejí z jiného místa vesmíru, a to z mléčné dráhy, ze směru souhvězdí Střelců.

Mluvíme-li již o astronomii, tedy je nutno říci, že žádá hvězdárna a observatoř se neobejde bez přijímače, případně vysílače, jelikož hlavní činitel ve studiu vesmíru je čas, a proto musí mít hvězdárna kromě různých dalekohledů dostatek dobrých hodin, velmi přesných, a ke kontrole přesného času rozhlasové časové signály. A první antena, která byla vůbec v Čechách napjata, byla antena hvězdárny v Ondřejově u Prahy, a to již v r. 1908, a sloužila k velkému zázraku do nedávné doby, k zachycení evropských časových signálů.

Budoucnost radiotechniky.

O budoucnosti radiotechniky je nutno mluvit velmi opatrně. Jednak můžeme tušit, kam by nás mohlo přivésti důsledné propracování a zdokonalení dnes známých

zásad, jednak jen hádati, kterým směrem půjdou nové objevy.

V rozhlasových přijímačích se dá očekávati zlepšení jakosti přednesu a zjednodušení obsluhy. Snad se podaří odstraniti poruchy (úspěšné pokusy tu již byly, ale nemohly se uplatniti pro nákladnost a obtížnou obsluhu přijímačů). Je jisto, že vyvažování úniku bude tak zdokonaleno, že bude bezvadně vyvažovati nejen únik, nýbrž i rozdíly v síle vysilačů, takže všechny dosažitelné vysilače budou přijímány i stejně silně — a snad i bez poruch. Tlačítkové ladění je dosti pohodlné, ale už byl konstruován přijímač, který se ladil pouze rozkazy. Vystavovala *jej* Marconioho společnost r. 1934 na výstavě v Londýně jako ukázkou technické vyspělosti. Stačí vysloviti před přijímačem jméno žádaného vysilače — a už *jej* slyšíte! V přístroji je mikrofon, který vyslechne rozkaz, přemění na proudy a rozkaz se vykoná. Slovo »stop« přijímač vypne. Dnes je to hračka, ale kdož ví, co bude zítra?

Televise bude asi moci zlepšiti jakost a podrobnost přijímaných obrázků. Je dokonce i možné, že bude televise v přirozených barvách, snad i plastická televise — ale na to si ještě několik dobrých let počkáme — vždyť to nemáme pořádně ještě ani ve filmu.

Velkou budoucnost bych předpovídal dálkovému řízení. U nás asi před čtrnácti lety prováděli pokusy dva inženýři celkem primitivními prostředky; manévrovali motorovým člunem na Vltavě pomocí malé vysílačky na Barrandově. V časopisech se dočítám, že po Londýně projížděl automobil bez řidiče, v Anglii a Japonsku řídili letadla z letiště, v Německu a Itálii řídili na vzdálenost válečné lodi, ve Francii dělali pokusy s radiově řízeným tankem a pozemním lezoucím torpédem, kdesi opět — snad v Itálii — vedli elektromagnetickou vlnou bezpečně raketu, nesoucí poštu. I kdyby některá z těch zpráv byla pouze senační kachnou, možné ty věci jsou všechny. Raketa, nesoucí poštu, dá se také naplniti ekrasítem a stane se tak nepřijemně přesnou bombou. Elektromagnetickými vlnami řízené válečné stroje nemají posádky, nemají nervů, a jsou tudíž šíleně odvážné a statečné. A tak by se mohlo státi, že jednou v nějaké válce budou bojovati jen stroje: jejich řidiči budou sedět, kdesi vzadu

v klidu a bezpečí a s chladnou myslí budou řídití strašlivou bitvu necitelných strojů.

Dá se předpokládati, že se elektromagnetickými vlnami bude stupňovati bezpečnost dopravy lodí i letadlem. Zde již bylo mnoho učiněno, ale mnohé lze ještě zlepšiti. Na příklad dnes se letadlo na cestě orientuje zaměřovací stanicí, ovšem zaměřování se děje jen občas, jen když letadlo o to požádá. Tuto službu by však bylo možno úplně zautomatisovati, takže by letadlo bylo pod stálou kontrolou. Sice by bylo možno řídití letadlo bez pilota, ale nemyslím, že by se to zavedlo, poněvadž pouhé prasknutí pojistky v řídicí stanici by mohlo způsobit katastrofu letadla. Zato velký úspěch by mohlo míti zavedení radiotelegrafie do železniční služby. Dnes se můžeme s řidičem lokomotivy dorozuměti jen optickými návěstími. To je ovšem nedostatečné a nespolehlivé. Návěstí je za nepříznivého počasí špatně viditelné a při sebemenší nepozornosti může býti přehlédnuto — a vlak se řítí do neštěstí. Kdyby se však zavedla návěstí radiotelegrafická na způsob lodních radiových majáků, mohl by se příjem návěstí na lokomotivě učiniti neobyčejně důrazným a vedle toho zapsati, takže přehlédnutí nebude možné. A snad by bylo výhodné, aby řidič lokomotivy měl možnost se dorozuměti s orgány na trati. Dnes má snad jen parní píšťalu — anebo musí počkat až do nejbližšího nádraží, což nemusí býti vždy postačující. Rozhodně včasné dorozumění může znamenati úsporu času i peněz.

Velké pole působnosti má radiotechnika v lékařství. Dnes se používá diathermie — prohřívání těla, máme vysokofrekvenční nůž, ale to jsou jenom začátky. Ukazuje se na příklad, že účinek diathermie není jen tepelný, nýbrž že závisí i na použitém kmitočtu. Na tomto poli se teprve zkouší. Ale snad bude možno použití radiotechniky i k rozpoznávání chorob. Pro zajímavost uvedu, co mi vykládal jeden francouzský lékař:

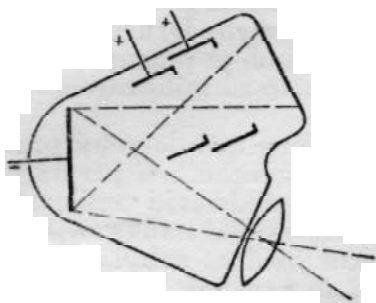
»Každá buňka lidského organismu vysílá kmity. Je-li nemocná, mají tyto jiný kmitočet, než je-li zdravá. Zvláště u rakoviny je tento rozdíl výrazný. Vhodně upravenou maličkou antenou se dá vyšetřovati, jaké kmity kde z těla vycházejí. Dá se tedy bezpečně naléztí sídlo rakoviny. Známé rakovinné nádory jsou až druhotným zjevem; prvotní příčina choroby sídlí v těle, ale běžnými vyšetřovacími metodami ji nelze zjistit. Touto novou

metodou se prvotní sídlo snadno najde a dá se odstraniti chirurgicky nebo rontgenem či radiem. Druhotné nádory pak zmizí samy sebou. Nový způsob je pracný — je nutno zkoumat lidské tělo milimetr za milimetrem — ale výsledky už stojí za to.«

Nemohu posouditi, do jaké míry měl dotýčný pravdu, ale snad to možné je. Jako radiotechnik si při dnešním stavu radiotechniky nedovedu představit zesilovač na tak krátké vlny, jaké by mohla vysílat buňka. Ale samozřejmě to neznamená, že snad již dnes nebyl takový zesilovač konstruován. Vždyť to není tak dávno, co jsme nedovedli konstruovati účinný zesilovač pro vlny kratší 200 m.

Setkal jsem se s předpověďmi, že v budoucnu se bude topit a svítit a pohánět pouze elektromagnetickými vlnami. To pokládám za fantasií, která si vůbec neuvědomuje zásady šíření elektromagnetických vln. I kdyby to bylo možné, kde je hospodárnost? A pak, nač ta bezúčelná oklika přes vysílače? Vždyť mohu říci: přístroj se připojí na elektrické vedení a po místnosti se rozlévalo příjemné teplo — a může mi být docela jedno, je-li ten přístroj vysílač elektromagnetických vln nebo prostá elektrická kamna.

Zato očekávám, že bude možno viděti potmě. Pokud vím, velmi slibné pokusy dělala fa Philips. Zásada takového vidění je tato: i když je tma, to jest nedostatek světelných paprsků, přec je tu spousta paprsků neviditelných, na příklad infračervených. Optickým systémem (dutým zrcadlem nebo čočkou) se dá vytvořiti na stínítku obraz, ovšem neviditelný. Kdyby místo stínítka byla fotografická deska, citlivá na neviditelné paprsky, bylo by možno fotografovati potmě. Prvý, kdo se fotografováním neviditelného zabýval, byl profesor české techniky v Praze Karel Václav Z e n g e r, který na př. fotografoval na desku, již si sám zhotovil, za tmavé bezměsíčné noci pohled na Prahu od hradu — a obrázek byl se všemi detaily od denního snímku k nerozeznání! Nebo jindy fotografoval v úplně tmavém pokoji teplá kamna. Zřejmě je tedy vynálezcem dnešních desek pro infračervené paprsky. Místo fotografické desky můžeme dáti desku pokrytou citlivou vrstvou, která při dopadu paprsků vysílá elektrony, zcela obdobně jako u Farnsworthovy komory. Elektronovým optickým systémem promítne se



Obr. 274. Princip zařízení pro „vidění potmě“.

obraz citlivé desky, či přesněji řečeno katody na stínítku, které při dopadu elektronů zasvitne (jako u katodové trubice, obr. 213). Na stínítku se objeví viditelně ten obraz, který byl neviditelnými paprsky vykreslen na katodu. Jistě bude možno tento přístroj zdokonaliti — a pak bude možno pěkně viděti i potmě. Mělo by to svůj význam pro dopravu za noci, pro vojenské účely, i mnohde jinde.

Mnoho lidí se zajímá o to, zda bude uskutečněno spojení s jinými planetami. Nevidím v tom nic nemožného, jestliže se najde vhodná délka vlny, která prorazí Heawisideovu a ostatní vrstvy — nejen na naší zeměkouli, nýbrž i na té druhé planetě; jestliže se vyšle dostatečně veliká energie, neboť je něco jiného vysílati na tisíce nebo miliony kilometrů, jestliže na té planetě budou míti stejné vysilače a přijímače jako my. A pak bude výsledek silně problematický, neboť co si budeme s oněmi obyvateli povídati? A jakým jazykem? Ani při sebe delších textech nenajdeme nikdy rozluštění. U všech řečí na světě jsou pojmy stejné, na př. člověk, zvíře, voda, světlo, červený, bolest, hlad — atd. Ale na té planetě je třeba projev života zcela jiný než u nás a pojmy budou zcela odlišné. Tam třeba nemají pojem pro světlo — snad jsou slepí. Místo toho třeba vnímají paprsky ultrafialové, pro které jsme zase slepí my. Zkrátka, i když bychom dosáhli spojení, nedomluvíme se.

Mnoho se již psalo a mluvilo o »paprscích smrti.. Takové paprsky prý zastavují motory aut, přivádějí k výbuchu třaskaviny, ochromují lidi — ale jejich existence se přísně tají. Sám jsem mluvil s člověkem, který se zapřísahal, že viděl na vzdálenost 5 km zapálit jakýmisi

paprsky hranici dříví. Jako podpora pro víru o existenci těchto paprsků se uvádí, že v blízkosti vysílacích přístrojů, hlavně na krátké vlny, se vodivé předměty otepí a u živých tvorů se dostavuje horečka, bezvědomí a smrt.

Já v existenci takových paprsků nevěřím. I kdybychom dovedli poslati elektromagnetické vlny neztenčeně na několik kilometrů, nedají se očekávat zjevy nápadnější než jsou dnes pozorovány přímo ve vysílacích stanicích. A dosud jsem nikdy neslyšel, že by ve vysílací stanici účinkem elektromagnetických vln shořel nábytek, revolvery v kapsách by vybuchly a obsluhující personál pomřel. Ty elektromagnetické vlny, které dovedeme vyrobiti v dostatečné síle, známe, a ty takové zázraky dosud neudělaly. A co neznámé vlny? Zřejmě by musily býti kratší než dosud známé. Kdo však někdy dělal pokusy s ultrakrátkými vlnami, ví, že potíže se získáním větší energie jsou tím větší, čím je vlna kratší. Tedy energie, které bychom dovedli těmito neznámými vlnami vyrobiti, budou malé, sotva schopné způsobiti vážné škody. Snad jsem příliš skeptický, ale povídání o paprscích smrti« má pro mne románovou příchuť. Pevně věřím v technický pokrok i možnost nových objevů, ale také v platnost poznaných fyzikálních zákonů, a podle těch by paprsky smrti nebyly vůbec nebezpečné, neboť by bylo možno se jim snadno ubrániti kovovým štítem.

RADIOTECHNIKA VE VÁLCE.

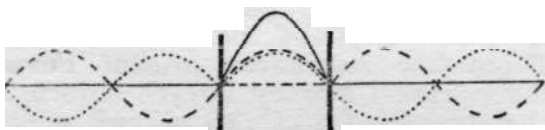
Nechal jsem předchozí kapitoly pro zajímavost beze změny. Je tak dobře vidět, jak je snadné zmýliti se při odhadu příštího vývoje — a na jiném místě se mi zase zdá, že i fantasmie byla předstižena. A to je ještě jisté, že ty nejzajímavější věci jsou dosud tajeny — a ještě dlouho tajeny zůstanou.

V této válce přišla radiotechnika důkladně k slovu: na bojišti, při vyzvědačství, dodávala odvahy i leptala morálku — byla vznešenou či sprostou podle toho, kdo jí vládl. A hned tedy můžeme učiniti jedno pozorování; čím kratší vlny, tím spíše se uplatňovaly. Abychom mohli porozuměti tomu pokroku, musíme se chvíli zabývati vlastnostmi vln a krátkých zvláště.

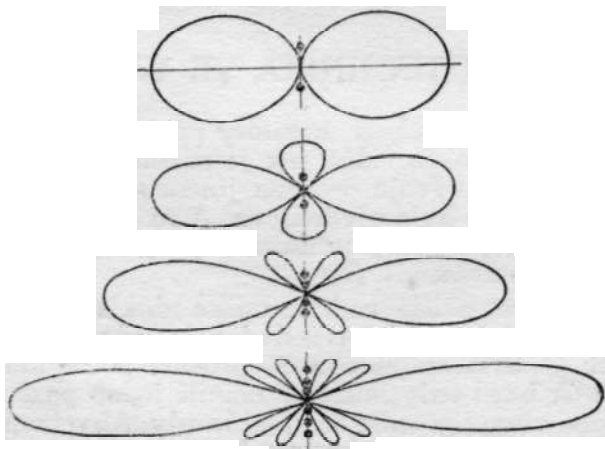
Již dříve jsem se zmínil o dipolu jakožto nejjednodušším oscilačním obvodu, popřípadě nejjednodušší anteně. Dipol je dlouhý právě polovinu délky vlny. (Jsou též čtvrtvlnné dipoly, t. j. dlouhé čtvrtinu vlny, jež jsou jedním koncem uzemněny; viz obr. 64.)

Svislý půlvlnný dipol má jako horizontální diagram záření kružnici. Co se stane, postavíme-li dva takové dipoly ve vzdálenosti půl délky vlnové? Ve směru spojnice obou dipolů tato soustava vůbec nezáří. To proto, že vlna vyzařovaná jedním dipolem je vůči vlně vyzařované druhým dipolem zpožděna o půl délky vlny (t. j. vzdálenost dipolů); má-li tedy jedna právě vrch, má druhá důl, a obě vlny se navzájem ruší (obr. 275). Tedy v rovině dipolů se vlna nešíří; ve směru kolmém se pak dipoly podporují. Horizontální diagram je v obr. 276. Čím je větší počet dipolů vzdálených o půl vlny, tím je vyzařovaný svazek vln užší.

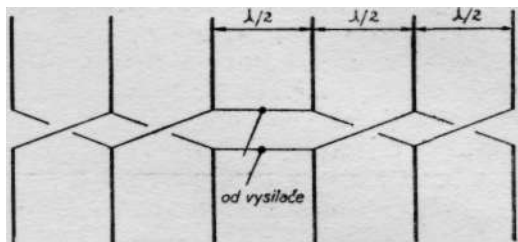
Doposud jsme umisťovali dipoly rovnoběžně v jedné



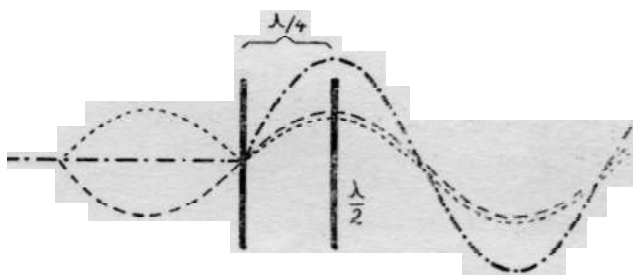
Obr. 275. Ze dvou dipolů, vzdálených o půl vlny, šíří se vlna směrem kolmým k rovině dipolů.



Obr. 276. Horizontální diagram záření různého počtu dipolů, vzdálených o půl délky vlny.



Obr. 277. Jiné uspořádání dipolů pro směrové vysílání.

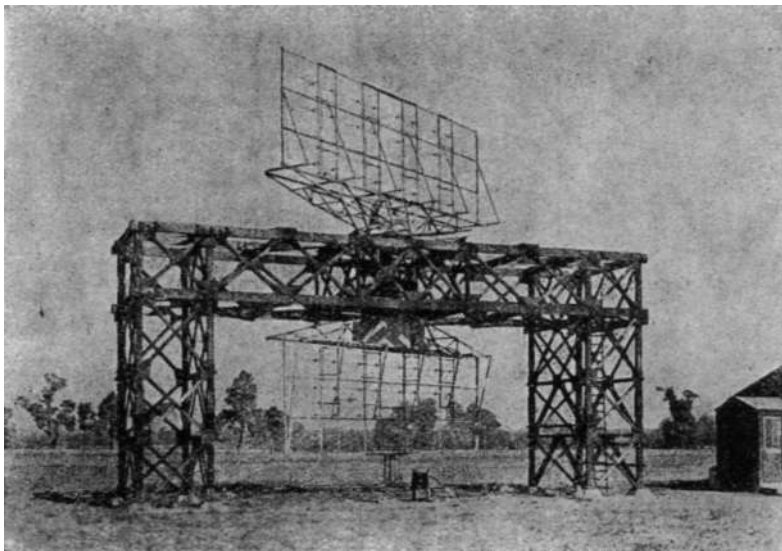


Obr. 278. Z dipolů, vzdálených o čtvrt vlny a napájených ve vhodné fázi, šíří se vlna v rovině dipolů.

rovině. Můžeme je však řaditi též v jedné přímce, a účinky jsou zcela podobné. Oba způsoby se dají kombinovati, jak ukazuje obr. 277.

Doposud jsme dosáhli kombinací dipolů, souhlasně napájených, vyzařování ve velmi úzkém svazku, avšak současně »vpřed« i »vzad«. Jestliže pak postavíme ke každému vysílacímu dipolu rovnoběžně další nenapájený dipol ve vzdálenosti čtvrtiny délky vlny, nastává zajímavý úkaz. Nenapájený dipol se rozkmitá indukcí od vysílacího dipolu, ale jeho kmitání je o $1/4$ periody zpožděno. Kmitání obou dipolů se skládají (obr. 278), a to tak, že ve směru vysílací-nenapájený se vlny ruší, ve směru nenapájený-vysílací se vlny zesilují; nenapájený dipol jaksi vlny odráží a říká se mu proto reflekcí dipol.

Chceme-li tedy poslati celou vysílanou energii jediným směrem, použijeme k tomu soustavy dipolů vysílacích (napájených se stejnou fází) a soustavy dipolů reflekcí (nenapájených). Místo soustavy reflekcí dipolů lze použítí stěny plechové (nebo z drátěného

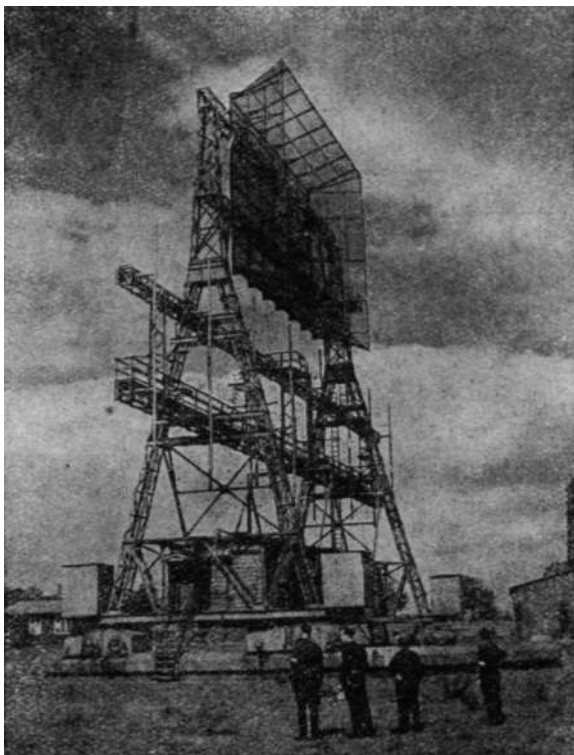


Obr. 279. Anglická konstrukce natáčecích směrových antén.

pletiva, jehož oka jsou v porovnání s délkou vlny velmi malá), postavené čtvrt délky vlnové za vysílacím systémem.

Je však možno použití i jiného uspořádání. Vysílací dipol je pouze jeden, ale reflektivních dipolů, uspořádaných tak, že tvoří parabolické zrcadlo, je několik. (Stejně je možno použití reflektivní sítě nebo plechu na vhodné kostře.) Směrovací účinek takového zrcadla je tím lepší, čím je poměr průměru zrcadla a délky vlny větší (obr. 282). Snad se zdá neuvěřitelným, že několik drátů na dřevěné kostře odráží elektromagnetické vlny tak, jako zrcadlo vlny světelné — ale je to pravdivé.

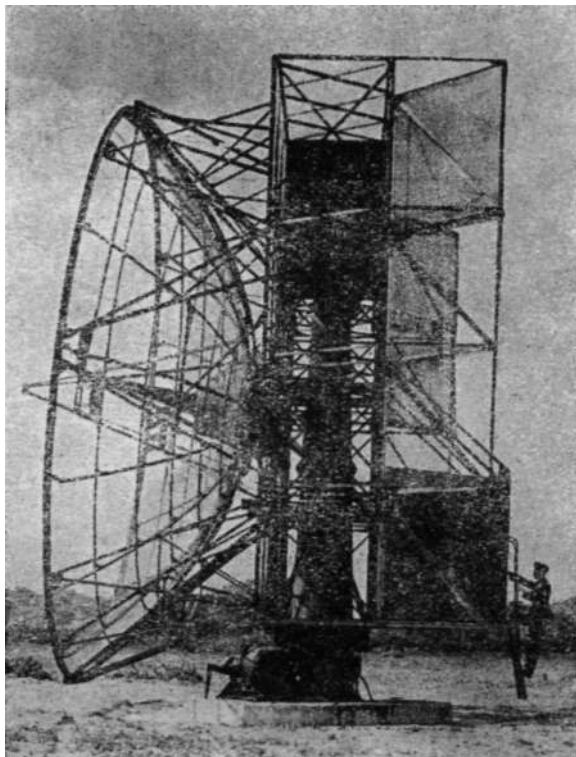
Můžeme tedy elektromagnetickou vlnu poslati takovým »vlnometem« tím směrem, kterým chceme, což ovšem znamená znamenitou úsporu energie. Ale takové »zrcadlo« působí i obráceně a soustřeďuje energii, přicházející směrem osy zrcadla, do ohniska — a to na přijímací antenu. Bez výkladu je zřejmo, že je příjem nejsilnější, souhlasí-li osa zrcadla se směrem přicházející vlny, a že s rostoucí odchylkou od tohoto směru rychle slábnou. Bylo by tedy možno zaměřovati tímto způsobem



Obr. 280. Německá konstrukce natáčecích směrových anten.

podobně jako rámem; metoda se zrcadlem je však pro krátké vlny přesnější; pro dlouhé vlny nedá se takové zrcadlo provést pro přílišné rozměry.

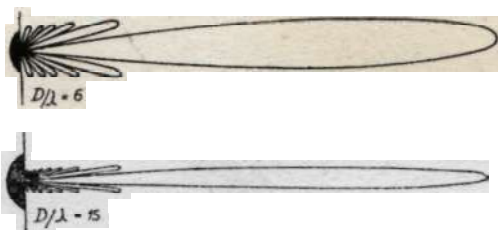
Vše, co bylo dosud řečeno o směrovém vysílání a přijímání, je známo již dávno a platí zásadně pro všechny délky vln. Je ovšem samozřejmé, že pro dlouhé vlny jsou antenní útvary úžasně rozměrné, a je nemyslitelné, aby byly ještě ke všemu natáčivé, jak bychom to potřebovali. Při použití velmi krátkých vln nečiní stavba natáčivých systémů zvláštních potíží, a konečně při použití decimetrových či dokonce centimetrových vln jsou tu útvary celkem dost malé (na příkl. zrcadlo je průměru menšího než 1 m).



Obr. 281. Směrová antena s reflektorem.

Jaké výhody nám přináší velmi krátké vlny? Potřebují pouze malé anteny a dají se tudíž snadno soustředit ve svazek. Proto je možno vytvořiti vysílací i přijímací staničky rozměrů zcela nepatrných. Americká armáda používala staniček, jež vypadaly jako mikrotelefon s velmi silnou rukojetí; v této rukojeti je celý vysílač-přijímač a vysunutelná tyčka, jež tvoří antenu. Ostatně je u nás téměř běžně známo, jak malé byly různé partyzánské staničky; některé bylo možno skrýti i pod oděvem.

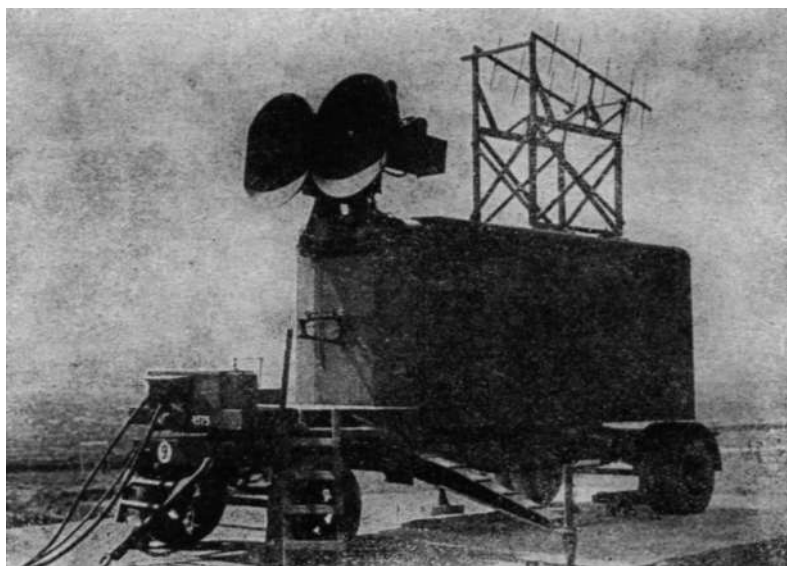
A teď přistoupíme k poněkud zajímavějším případům radiotechniky. K útokům na lodi (nebo jiné důležité cíle) se používalo bomb s velkou náloží, které byly vytvořeny



Obr. 282. Vliv poměrného průměru reflektoru na šířku vysílaného svazku.

jako letadlo; toto letadlo (s motorem) bylo bez řidiče. Dopravilo se do blízkosti cíle mateřským letadlem a odtud se pak řídilo elektromagnetickými vlnami přímo na cíl. Ošklivá zbraň, proti níž se nedalo vlastně nic dělat — ale velmi mnoho se dalo dělat proti mateřskému letadlu, které bylo pomalé a nemotorné — a tak bylo přece možno ubránit se, byl-li nepřítel zpozorován včas.

Dostí zajímavé bylo hledání ponorek. Letadlo spustilo v podezřelé oblasti na vodu několik plováků, z nichž každý byl vybaven mikrofonom, ponořeným pod vodu a



Obr. 283. Použitím centimetrových vln se rozměry anten podstatně zmenší.



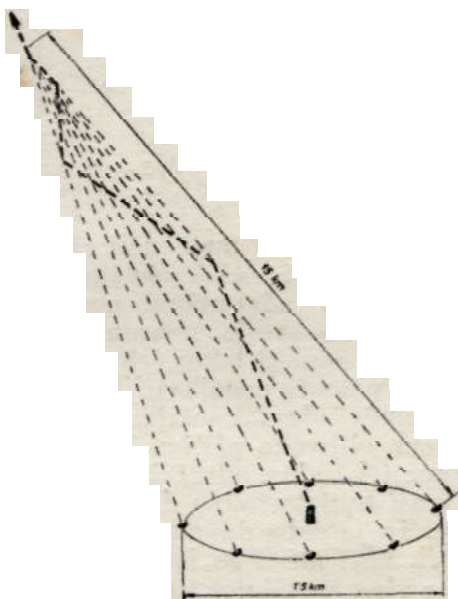
Obr. 284. „Handie-talkie“ — ruční vysílač a přijímač.

vysílačkou (každý plovák měl jinou vlnu). A teď radio-telegrafista v letadle pouze přepínal na vlny jednotlivých plováků a zjišťoval, zda »něco slyší«. Vlastně byl každý plovák ostražitým hlídačem, který okamžitě hlásil, co slyší. Byla-li v té oblasti ponorka a pohnula-li se jen, nebylo nic nesnadného určit z >hlášení« plováků její polohu — a pak byl její osud neradostný.

Raketová bomba V 2, již byla bombardována Anglie, byla při startu vedena svazky velmi krátkých elektromagnetických vln. Kolem místa startu byly v kruhu o poloměru asi $3/4$ km postaveny vysílače, jež vysílaly svazky vln, které se protínaly ve výši asi 15 km (obr. 285). Tvořily tedy svazky vln pláště šikmého kužele. Sřela byla odpalována svisle vzhůru. Jakmile se dostala do vlnového pláště kužele, uvedla přijímací stanice, ve sřele montovaná, v činnost řídicí mechanismus, který změnil směr letu dovnitř kužele. Sřela letěla více méně klikatě až k vrcholu kužele, odkudž pak už letěla dále neřízena. Působil tudíž vlnový kužel jako jakási hlaveň děla.

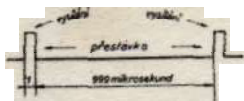
V bojích na tichomořských ostrovech se uplatnilo zařízení, zvané sniperscope; byl to malý reflektor na infračervené paprsky a dalekohled, který při pozorování převáděl paprsky neviditelné na viditelné (princip byl vyložen v předchozí kapitole). Reflektor i dalekohled byly montovány na pušku a umožňovaly tak přesnou střelbu v naprosté tmě.

Nejvíce rozruchu způsobil Radar. Tento přístroj si plně zaslouží nadšených chvalozpěvů, jimiž její zahrnují tisk, neboť jeho účast na válečném ději byla skutečně

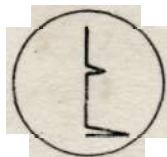


Obr. 285. Řízené odpalování rakety V 2.

rozhodující. Úkolem Radaru bylo hlásiti, blíží-li se nepřítel. A tento úkol splnil dokonale a hlásil přesně, kde je nepřítel, t. j. kterým směrem a jak daleko. A při tom je jeho princip velmi jednoduchý. Představte si, že by bylo zjistiti za temné, ale jasné noci, blíží-li se letadlo. Nejjednodušší by ovšem bylo osvětlovati světlometem systematicky oblohu a pozorovati, zda při tom letadlo neuvídíme. Jakkoli tento návod vypadá velmi samozřejmě, přece je v něm skryto několik poučení. Proč používáme světlometu? Nestačilo by nechat svítit tu obloukovku »jen tak« bez zrcadel a všeho nákladného zařízení? Teoreticky by ovšem muselo být letadlo osvětleno i od prostého zdroje — ale proč se má plýtvat světlem na všechny strany, když nám stačí, aby bylo intensivně osvětleno hledané letadlo. Je tedy soustředění světelného svazku při nejmenším znamenitou úsporou energie. Druhá podrobnost, která je tak samozřejmá, že si jí ani nepovšimnete, jest, že se musíme dívat stejným směrem, kterým svítí světlomet.



Obr. 286. Schema signálu vysílaného Radarem.



Obr. 287. Jak se jeví signály na stínítku katodové trubice.

Dejme tomu, že bychom opět měli zjistiti příchod letadla, a noc je sice tmavá, avšak vše jiné než jasná: déšť, mlha, mraky... Tady nás ovšem nechá světlo na holičkách, neboť jeho světlo neproniká mlhou, mraky atd. Je tedy třeba použití takových nějakých paprsků, jež mlhou a mraky dobře pronikají. To jsou velmi krátké (elektromagnetické) vlny. Použijeme tedy »vlnometu« místo světloometu, citlivého přijímače místo oka. Cožpak se elektromagnetické vlny odrážejí o tělesa jako světlo? Ovšem, jen musí býti to těleso dosti velké v porovnání s délkou vlny. To je další důvod, proč se musí používat velmi krátkých vln; má-li se letadlo bezpečně zjistiti, musí být délka vlny kratší než 10 m. Ježto pak bylo třeba zjišťovati i cíle mnohem menší, došlo se nakonec k vlnám délky několika centimetrů.

Tím bychom měli dán princip, jak najíti směr, v kterém je cíl. Abychom zjistili jeho vzdálenost, použijeme jiného jednoduchého triku, který vysvětlím na příkladu. Dejme tomu, že stojím na planině a v dálce je les. Vystřelím-li, uslyším za chvíli ozvěnu, jež vznikla odrazem o les. Změřím-li dobu, jež uplyne mezi ranou a ozvěnou, změřili jsme vlastně dobu, kterou zvuk potřebuje, aby doletěl tam a zpět. Jelikož je rychlost zvuku známa, je zcela primitivní vypočísti, jak daleko je ten les.

Právě tak můžeme určit vzdálenost toho letadla, změříme-li čas mezi vysláním vlny a jejím návratem. Aby takové měření bylo vůbec možné, vysíláme po kratičkou dobu (na př. jednu mikrosekundu, t. j. jednu miliontinu vteřiny), načež je dlouhá přestávka pro příjem ozvěny (na př. 999 mikrosekund), a pak se vše opět opakuje. Vysílá se tedy ne plynule, nýbrž impulsově; za vteřinu se vyše na př. 1000 impulsů po 1 mikrosekundě, oddělených přestávkami po 999 mikrosekundách (obr. 286).

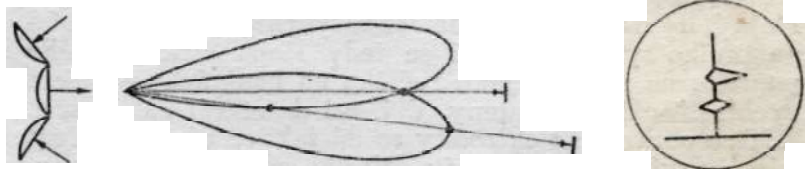
Ježto se vysílá 1 mikrosekundu a 999 mikrosekund se

čeká, jest vysílací elektronka zatížena pouze tisícinu doby a může proto býti v této tisícině ohromně přetížena. Stačí proto malé elektronky na ohromné výkony.

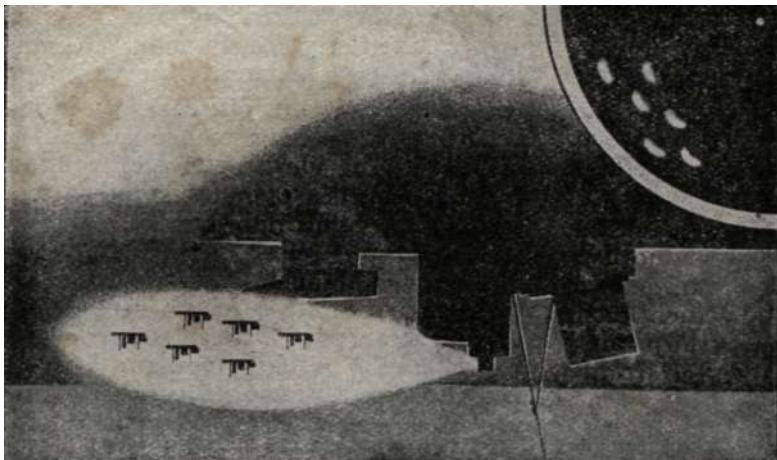
Vyvstává tu ovšem problém, jak měřiti čas na miliontiny vteřiny přesně; jakkoli se tento problém zdá nesmírně obtížný, uvidíme, že je s obrazovou elektronkou velmi snadný. Předpokládejme, že budeme na svisle vychylující systém obrazové elektronky přiváděti pilovité kmity o kmitočtu rovném počtu impulsů za vteřinu. Na vodorovně vychylující destičky dáme vývod z přijímače; na stínítku se nám pak objeví obraz asi jako v obr. 287. (Světelná stopa na stínítku se pohybuje zdola nahoru.) Dole je velký zub, který značí vyslání impulsu; dostává se do přijímače odrazem o zem. O něco výše je pak zoubek, vzniklý odrazem o cíl (letadlo). Celá svislá délka světelné stopy odpovídá vzdálenosti: rychlost vlny dělena dvojnásobným kmitočtem pilového kmitu. $\left(\frac{1}{2} \cdot \frac{c}{f} =$

$= \frac{c}{2f}$; ta dvojka se ve výraze vyskytla proto, poněvadž měříme čas za dobu »tam a zpět«.) Na příklad při kmitočtu 1000 odpovídá celá délka světelné stopy vzdálenosti 150 km ($300.000 : 2000 = 150$). Lze tedy na stínítku obrazové elektronky přímo odečítati vzdálenost cíle; měřítko se volí kmitočtem pilových kmitů (a ovšem i počtem impulsů ve vteřině, který je stejný s kmitočtem). Jsme již tedy tak daleko, že lze na prvý pohled vidět, zda v daném směru je nějaký cíl (letadlo), a jak daleko.

Tento systém lze zdokonaliti tím, že se použije dvou přijímacích systémů, jež však nejsou nařizeny přesně do směru vysílání, nýbrž s malými odchylkami vpravo a vlevo (obr. 288). Je-li cíl přesně v ose vysílání, přijímají oba systémy stejně silně (oba OA); není-li v ose, přejímají různě silně (levý OB, pravý OC). Zařídíme-li, aby



Obr. 288. Příjem dvěma natočenými směrovými antenami. Na stínítku katodové trubice se pozná směr, odkud se vracejí signály.



Obr. 289. Hlídkový člun propátrává svazkem elektromagnetických vln moře. Přítomnost plavidel se projeví na stínítku katodové trubice.

signály, zachycené pravým systémem, vychylovaly světelnou stopu vpravo, kdežto signály, zachycené levým systémem, vychylovaly stopu vlevo, budou cíle v ose jeviti na stínítku obrazové elektronky značkami souměrnými, cíle mimo osu značkami protaženými na tu stranu, na kterou je cíl z osy vychýlen.

Pro některé účely je tento systém prakticky dokonalý; samozřejmě jsou zde vždy podrobnosti odlišné podle účelu, umístění atd.

Pro jiné účely byl vykonstruován systém jiný; na laika působí dojmem daleko úžasnějším. Opět se tu používá vlnometu a souhlasně řízeného systému přijímacího. Celek se otáčí rovnoměrně asi desetkrát za minutu; obhlíží tedy samočinně celý obzor kolem dokola. Pohyb světelné stopy na stínítku obrazové elektronky se děje od středu stínítka k obvodu. Směr vychylování není stále stejný, nýbrž mění se souhlasně (synchronně) s otáčením antenního systému; otáčí se tedy stopa elektronového paprsku na stínítku jako ručička na hodinách — ovšem rychlostí otáčení anteny, t. j. asi desetkrát za minutu. Mřížce obrazové elektronky se dá takové záporné předpětí, že svítící stopa zmizí a stínítko zůstává tmavé. Signály od přijímače zmenšují toto záporné předpětí, takže

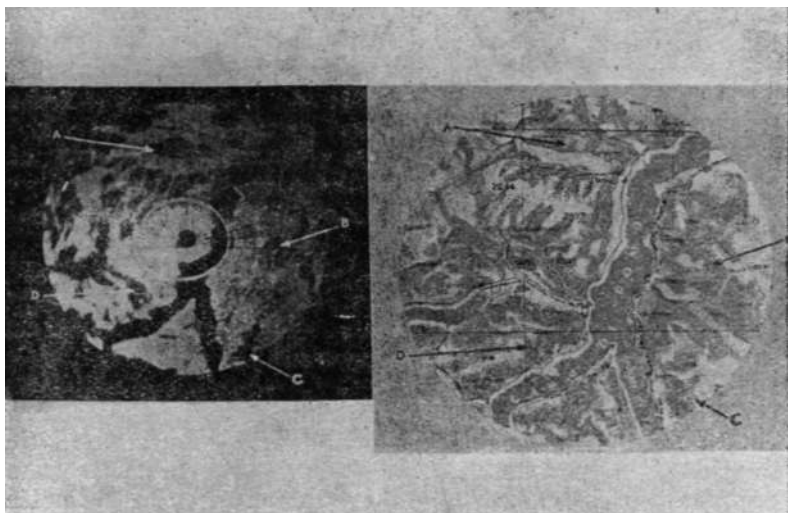
se v okamžiku signálu objeví svítící stopa. Objeví se tedy svítící bod; jeho vzdálenost od středu stínítka odpovídá vzdálenosti cíle (letadla) od místa pozorování; směr od středu odpovídá směru, kde je cíl. Udělá-li se stínítko takové, aby světelná stopa dlouho doznívala, t. j. aby její světlo zhaselo pomalu (když už elektronový paprsek na to místo nedopadá), je na stínítku plán rozložení cílů — vlastně jakási mapa. Lze tu velmi „dobře pozorovati pohyb jednotlivých cílů.

Toto zařízení bylo zdokonaleno přímo neuvěřitelně; na lodích hlásí nejen každou loď, ale i periskop ponorky; umožňuje námořní bitvu zcela »na slepo« a dokonce sleduje dráhu vystřelených granátů a kontroluje tak střelbu.

Ježto pak elektromagnetické vlny odráží jinak zem a jinak voda, lze tímto typem Radaru z letadla »viděti« krajinu i za tmy, mlhy, skrze mraky. Za války se toho používalo při bombardování, za míru se tím nejspíše umožní bezpečné řízení letadel a jejich přistávání i za snížené viditelnosti či neviditelnosti.

Jiná vymoženost jsou světlomety řízené Radarem; samočinně vyhledají cíl a již ho nepustí. Používalo se jich s úspěchem na letadlech v boji proti ponorkám. Že lze Radaru použití k míření děl a kulometů, je samozřejmé. Byly též dělány pokusy s létajícími bombami, jež se Radarem řídily samy na cíl — ale pokud vím, zatím ne právě s nejlepšími výsledky; někdy si totiž taková létající bomba zcela svéhlavě vybere jiný cíl než bylo původně určeno — na příklad letadlo, jež ji samo vypustilo. Situace pak může býti velmi dramatická. Jsou též nezaručené zprávy o torpédech, jež pomocí Radaru vytrvale pronásledují kořist sebe obratněji unikající — ale zdá se, že k uskutečnění toho plánu již nedošlo.

Mnoho se též mluvilo o myslící střele. V podstatě je to granát, který v sobě nese maličký vysilač a přijímač. Přijímač zachycuje vlnu vysilače, odraženou o cíl. Granát vybuchuje tehdy, přiblíží-li se cíli natolik, aby mu ublížil. Vysvětlení je velmi jednoduché — ale právě ty zamlčené detaily jsou asi nejzajímavější: konstrukce přístroje, který snese vystřelení z děla a při tom spolehlivě pracuje, ač je rozměrů vpravdě trpasličích, v tom je uložena spousta důmyslu. Ale právě podrobnosti se tají.



Obr. 290. Jak se totéž území jeví na stínítku Radaru a jak na mapě.

Ke konci se musím zmínit o dvou podrobnostech, jež sice nemají senzační příchuti, ale byly nesmírně důležité. Jak se má na Radaru poznat, je-li zpozorované letadlo vlastní či nepřátelské? Omyly by byly velmi tragické. Vlastní letadlo je prostě nutno vybavit identifikačním (zjišťovacím) zařízením. V podstatě je to přijímač tak vázaný s vysílačem, že cokoli přijímač zachytí, vyše vysílač okamžitě na téže vlně. Oba přístroje se motorem neustále přeladují na všechny **vlny, na nichž pracují** Radary. Ocitne-li se letadlo ve svazku vlnometu, vysílá zpět signál na téže vlně. Tím dostává značka na stínítku obrazové elektronky tvar, který je neklamným znamením, že jde o vlastní letoun. (Pokud se ovšem nepřítel nevyzbíjí také takovým zařízením.)

Jak zjišťovala letadla svoji polohu při dálkových letech, obzvláště když zabloudila? Bylo-li to nad nepřátelským územím, pak nebylo možno nějak zdlouhavě se dohadovat a zaměřovat. Zde konaly jedinečnou službu ozvěnové majáky. Takový maják měl přijímač vázaný s vysílačem zcela tak, jako identifikační zařízení, avšak pracoval pouze na jedné vlně. Letadlo v nesnazi vyslalo řadu impulsů na vlně majáku; maják je poslal zpět.

Známými metodami se tak zjistil směr i vzdálenost k majáku — čili již se našla poloha letadla. Dotazem u dalších majáků se měření ověřilo. Toto zařízení prý fungovalo tak dobře, že prý letadlo znalo v minutce svoji polohu s přesností na několik málo kilometrů.

Dále je již jasné, proč letadla vyhazovala spousty staniolových proužků; tyto proužky předstíraly přítomnost letadel a vnášely tudíž do zaměřovací služby naprostý zmatek.

Je ještě celá spousta obměn Radaru; letadla měla varovná zařízení proti přepadu odzadu, pro vyhledávání cílů a boj za naprosté neviditelnosti (trochu podivná situace: kulometčík nevidí ani na krok, jen se dívá na stínítko obrazové elektronky a podle toho střílí a dokonale zasahuje!), pěchota nacházela plížícího se nepřitele, jiným typem se opět nacházely miny — a kdož ví co ještě.

Je nesporné, že tak propracovaný Radar se uplatní i v mírovém životě; ale jak — kdož to může dnes říci?

REJSTŘÍK JMENNÝ:

(Číslo značí stránku.)

- Alexanderson 203
von Arco 200, 205
Armstrong 207
Barkhausen 82
Branly 199
Braun 200, 202
Colpitt 97
Domalíp 206
Duddel 202
Dunwoody 202
Edison 66, 205
Elster 205
Epstein 204
Farnsworth 188
Federsen 197
Ferié 202
Fessenden 202, 203
Fleming 205
Fleweling 207
de Forest 205
Geitel 205
Goldschmidt 204
Hartley 93, 96
Heawiside 58
Heising 164
Helmholtz 197
Henry 197
Hertz 198
Hughes 197
Huth-Kúhn 97
Huxley 197
Janský 210
Jouly 204
Koláček 206
Langmuir 205
Latour 204
Lenard 206
von Lieben 205
Lodge 199, 200
Macků 206
Marconi 200, 201, 202
Maxwell 197
Murgaš 206
Nipkov 185
Ort 206
Pickard 202
van der Pol 210
Popov 199
Poulsen 202
Pupin 200
Reinartz 93
Reiss 135
Righi 199
Richardson 205
Sahánek 206
Schlomilch 202
Schmidt 204
Schnell 93
Slaby 200
Stoermer 210
Stokes 197
Simek 206
Tesla 203
Thomson 197, 205
Valaurt 204
Wehnelt 124, 205
Wien 200
Zenger 213
Zvorykin 187, 205
Žáček 206

REJSTŘÍK VĚCNÝ:

- adapter 147
amplion 133
amplituda 11
anoda 66, 72
antena aperioidická 57
— laděná 57
— neladěná 57
— přijímací 54
— rámová 54
— síťová 62
— směrová 53, 216
— společná 162
— stíněná 61
— vysílací 50, 52
— vysoká 54
antenor 62
atom 63
audion 93
autotransformátor 32
belinograf 183
blattnerphon 176
bleskojistky anténní 63
bod pracovní 80
buňka Kerrova 179, 184
centimetr 30, 35
citlivost 129
clona tónová 140
crack-killer 154
cross-talk 120
cykl 19
činitel zesilovací 66, 80
decibel 88
dekrement tlumení 14, 47
dělič napětí 23
délka vlny 16
demodulace 9
deska ozvučná 160
detekce 9, 78
— anodová 95
— diodou 77, 95,
— mřížková 90, 95
detektor krystalový 141
diagram vektorový 24
— záření 53, 216, 221
diathermie 196
dielektrikum 25
dioda 77
dipól 48, 216
dissektor 188
doba kmitu 12
doladění samočinné 155
duodioda 77
duotrioda 101
elektroda 72
elektrokardiograf 20
elektron 64
— sekundární 67, 105, 126
elektronka 63
— mikrofonická 161
— obrazová 123
— směšovací 115
— usměrňovací 73
elektrokoagulace 197
elektrotomie 197
eliminátor 75
emise 67
fading 60
farad 30
ferocart 32, 34
film zvukový 177
filtr pásmový 132
formanty 18
fotočlánek 122
frekvence 12
generátor rázový 180
henry 35
heptoda 114
hertz 19
heterodyn 165
hexoda 111
hledání rud 194
charakteristika anodová 74, 79
— převodová 80
chassis 76, 159
ikonoskop 187
impedance 28
indukce vzájemná 31
indukčnost 33
ion 67
ionisace 67
jádro atomu 64
kapacita 25
katoda 66, 68
— virtuální 111
kilocykl 19, 51
kmit 11
kmítočet 12
— resonanční 39, 40
kmity 11
— akustické 17
— divoké 163

- kombinační 120
- mechanické 16
- modulované 14
- netlumené 14
- pilovitě 21, 180
- tlumené 14
- koherer 199
- komora Farnsworthliova 188
- kondensátor 25
 - *— mřížkový 91
 - vazební 85
- kotouč Nipkovův 185
- ladění 42
 - automatické 155
 - tichá 154
 - tlačitkové 157
- Lortin-White 163
- magnetophon 177
- magnetrostrikce 16
- magnetron 122
- májáky 193, 228
- megacykl 19, 51
- membrána 132
- měníč kmitočtu 114
- mezifrekvence 147
- mikrofon 134
- mikroskop elektronový 196
 - mixer 166
 - míra skreslení 121
 - modulace 163
 - molekula 63
 - mřížka 66
 - hradící 105
 - ochranná 103
 - prostorová 104
 - rozdělovači 111
 - řídicí 103, 111
 - stínící 104, 110
- náboj prostorový 65
- napětí anodové 74, 79
 - efektivní 21
 - maximální 21
 - mřížkové 79
- násobič elektronů 126
- obvod laděný 42
 - oscilační 47
- odbručovač 89
- odladivost 130
- odladovač 139
- odpor anodový 85
 - fixní 22
 - induktivní 33
 - jalový 28
 - kapacitní 28
 - katodový 90
 - mřížkový 85
 - nejnvýhodnější vnější 99
 - ohmický 22
 - vnitřní 80
 - zdánlivý 39
- oko magické 125
- oktoda 114
- optika elektronová 124
- oscilace 45
- oscilátor 96, 107
- oscilograf 180
- paprsek elektronový 123
- pás zvukový 176
- pásmo přeslechové 58
- pentagrid 115
- pentoda 105, 108, 110
- perioda 19
- poruchy 60
- potenciometr 23
- protivazba 121, 140
- proud nasycený 74
- průběh kmitu 12
- průnik 81
- přednes 130
- předpětí 80
- přenoska 136
- přepínač antenní 63
- přeslech 120
- přijímač 141
- přízpusobení 99
- push-pull 99
- Radar 222
- radiofonie po drátě 193
- radiogoniometrie 193
- radiotelefonie 63
- radiotelegrafie 63
- reakce 92
- reflex 162
- regulace šířky pásma 154
- reostat 23
- reprodukce 130
- reproduktor 133
- rezonance 39
- rozkmít 11
- rozsah pracovní 102
- řádkování 186, 190
- řetěz filtrační 75
- řízení dálkové 194
 - hlasitosti 139
 - letu 193
 - zabarvení přednesu 140
- samoindukce 33
- selektivita 130
- selektoda 108
- sinusovka 13
- skin-efekt 25, 35
- skreslení 85, 119
- sluchátko 132
- sniperscope 222
- spektrum frekvenční 15
- strmost 80
- superhet 145
- superreakce 94
- superregenerace 94
- svod mřížkový 91
- systém elektronky 72
 - vychylovací 123
- šíření vln 57
- tele vise 185
- tetroda 103
 - svazková 106
- thyatron 119, 180
- tlampač 133
- tlumení 14, 47
- tlumivka 34, 38
- transformátor 31
 - výstupní 99, 134
- tridioda 77
- trioda 78
- trioda-hexoda 114
- trioda plynová 119
- tritret 108
- trubice katodová 128
- účinnost 101
- ukazatel ladění 125, 128, 148
- ultrazvuk 16, 18
- únik 60
- útlum 14, 47
- válec Wehneltův 124
- variátor 129
- variometr 35
- vazba 43
 - akustická 160
 - zpětná 92
 - — — — — negativní 121, 14t
- vazby antenní 138
- věta Barkhausenova 88
- vinutí 31
- vlna 15
 - elektromagnetická 58
 - povrchová 57
 - prostorová 58
- vlnoměr 166
- voltmetr elektronkový 167
- vrstva Heawisideova 58
- vypínač antenní 63
- vyvážení úniku 147
- výbojka stabilizační 127
- výbojky 117
- výkon 101
- výškoměr 194
- zaměřování 193
- zapojení Colpittovo 97
 - dvojitě 99
 - Hartleovo 93
 - protitaktní 99
 - Reinartzovo 93
 - Schnellovo 93
- zatížení dovolené 23
- záznam intenzitní 178
 - transversální 178
 - zvukový 176
- zdroje proudové 89
- zesílení 85
 - třídy ABC 100
- zjev piezoelektrický 17
- zmnožení basů 141
- ztráta anodová 101
- žhavení 70

Do PDF převedl Dostál Z

Ing. Dr. Jiří Trůneček: Radiotechnika od A do Z. — III. rozšířené vydání. Jako 9. svazek sbírky „Hokrovy technické a dílenské příručky“ v r. 1947 vydal Josef Hokr v Praze.
Tiskl Blahoslav, Praha.