

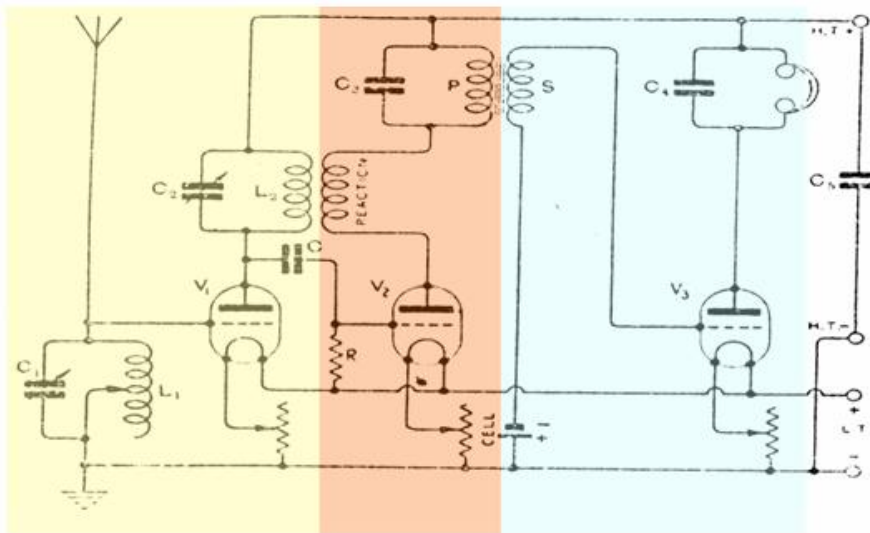
Princípy a konštrukcia spätnoväzbových prijímačov konštruovaných v 20. a 30.rokoch minulého storočia

2008 Viktor Cingel (3. doplnené znenie. Recenzovali A.Pulchart a E.Pavlík)

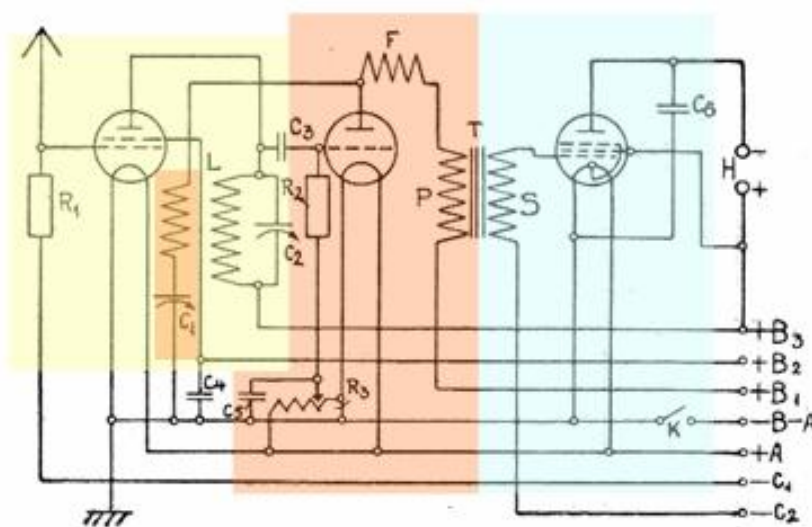
Na úvod je nutné povedať, že tento článok nemá ambíciu popísať všetky princípy a konštrukčné detaily najstarších rádioprijímačov, ale jeho cieľom je priniesť niekoľko podstatných funkčných princíпов, bez ktorých sa prípadný záujemca o opravu takýchto rádii, nezaobíde. Pre hlbšie vniknutie do problematiky doporučujem ďalšiu literatúru, najmä [1] P.Hérmardinquer: Moderní radiofónní přístroje, 1927 alebo niektoré z populárno-náučných knižiek a brožúr vydávaných v rokoch 1925-1930 [2,3]. V tomto článku je pozornosť sústredená najmä na vstupné a detekčné obvody prijímačov so spätnou väzbou, nakoľko tieto v daných rokoch predstavovali najčastejšie používaný princíp.

1. Základné konštrukčné pravidlá prijímačov

Pri rozbere činnosti prijímača z 20. a 30.rokov je možné rozpoznať niekoľko štandardných princíпов, ktoré pri oprave a reštaurovaní je potrebné dodržať. Jednotlivé princípy si opíšeme na vzorových schémach z danej doby. Pri opise sa sústredíme na typické obvody stupne, použité elektrónky, spôsoby žeravenia, konštrukciu obvodov a hlavne na spôsoby zapojenia a riadenia spätnej väzby.



Obr.1. Schéma trojlampového prijímača, triódy [3]



Obr.2. Schéma trojlampového prijímača, viacmriežkové lampy [2]

Vo vyššie uvedených príkladoch schém možno identifikovať nasledovné obvody:

- VF zosilňovač signálu (žltý)
- Detektor so spätnou väzbou (oranžový)
- NF zosilňovač (modrý)

Prijímače v týchto rokoch boli prevažne napájané z batérií, preto v schémach sa uvádzajú všetky možné použité napätie. Nebol až tak zaužívaný sieťový eliminátor a metódy zrážania a filtrovania napätí, tak sa každé anódové napätie samostatne pripájalo na potrebný vývod anódovej batérie.

Na Obr.1 si treba všimnúť aj reostaty zapojené v žeravení elektróniek. Ich hodnota bola od 30 do 50 Ohmov, boli drôtové a ich úlohou bolo nastavenie potrebnej úrovne emisie, ktorá potom znamenala riadenie hlasitosti alebo riadenie spätnej väzby.

Na Obr.2 si treba všimnúť aj princíp nastavovania pracovného bodu druhej, detekčnej elektrónky, ktorý sa nastavoval potenciometrom zapojeným v žeraviacom okruhu. Tento potenciometer mal obyčajne hodnotu 400 a viac ohmov. O tomto spôsobe riadenia budeme ešte ďalej písať.

V ďalšom texte sa sústreďíme hlavne na prvé dva obvody – VF a detekčný.

2. Používané elektrónky

V prijímačoch sa v danej dobe používali hlavne triódy, priamo žeravené, na batériové napájanie. Anódové napätia sa používali od 40 do 90V, žeravenie od 2 do 4 V – podľa typu elektróniek. Pre presné určenie doporučujem referovať potrebné katalógy, lebo pri reštaurovaní je potrebné veľmi citlivo nastaviť najmä žeravenie, aby ste si neodpálili vzácne elektrónky. Až približne po roku 1927 prichádzajú viacmriežkové elektrónky a v roku 1928, už aj elektrónky žeravené striedavým prúdom. V tomto článku sme sa obmedzili len na používanie batériových elektróniek.

Elektrónky boli veľmi citlivé aj na mechanický otras, preto sa v mnohých pätiaciach nachádzali osádzacie diery pre nožičky elektróniek uložené na miniatúrnych pružných plieškoch.

Elektrónky sa v minulosti až tak zásadne od seba neodlišovali, v zásade boli konštruované na niektorý účel a v mnohých prípadoch sa dajú spoľahlivo medzi sebou nahradzovať. Mali obyčajne štyri nožičky: dve nožičky na žeravenie, čo bola zároveň katóda, jedna mriežka a jedna anóda.

V nasledujúcich tabuľkách uvádzame prehľad najčastejšie dostupných elektróniek. V ďalších katalógoch možno nájsť aj elektrónky iných výrobcov, napr. Mars elektrónky [6]. Tabuľky boli publikované v letáčku dobového predajcu [5].

Mikrolampy - pre vf časť a nf zosilňovač (len pre sluchátka)

Mars	Philips	Marconi-Osram	Triotron
G	A 410	DE 3	TS 1
Mars Mikro	A 406		TL 1
Super Mars	A 310		TS 4
X	A 2		TL 4
O	E		RS 4
L	A 409		
	A 430		
	A 209		
	A 435		
Kremenezky	Telefunken	Valvo	Métal
A 10	RE 79	Normal	Micro DG
A 16	RE 89	Reflex	Micro TMD
A 42	RE 064	Oekonom N	

A 11 A 21 A 43 A 13 A 22 A 49 A 14 A 33 A 15 A 41	RE 062 RE 054 RE 052 RE 074	Oekonom H	
Tungsrám	Fotos-Grammont	La Radiotechnique	Ultra a Triotron
MR 2 MR 3 H 2 H 3 MR X R 406 G 405 G 407	Microtriode	R 5 R 21 R 26 R 14 R 23 R 15	U 60 Ad 5 RD 4 WD 4

Detektorové lampy

Philips	Tungsrám	Telefunken	Triotron
A 415 A 425	G 409	RE 084	SD 4

Reproduktorové lampy (koncové, pre reproduktor - tlampač)

Mars	Philips	Marconi-Osram	Triotron
Ultra-Mikro US B 201 A Ampliotron A n D	A 201 B 205 B 403 B 405 B 406 B 409 C 509	DE 4 DE 5 LS 5 DEP 410 P 425	ZE 4 ZD 4 UD 4 XD 4
Kremenzky	Valvo	Telefunken	Métal
A 18 A 19 A 25 L 24 L 44 L 25	201 B Telotron L 410 L 413 L 415	RE 134 RE 354 RE 154 RE 114 RE 209 RE 124 RE 152 RE 144 RE 504	E 1
Tungsrám			
MR 41 205 D MR 4 MR Y L 414 P 410 P 414 P 415	VX-101-A Magnavox Q R S Cunningham CX 301-A	Standard Oertified Longbird Gecovalve Eagle	



Príklady dobových elektróniek: Philips, Telefunken, Marconi, Zenit, Rectron, Radio Micro, Mars a iné.

3. Typické schémy obvodov v rádioprijímačoch

V ďalšom si popíšeme zjednodušene princípy používané v jednotlivých obvodoch. Tieto princípy poslúžia pri oprave, resp. reštaurovaní najmä v prípadoch, keď nepoznáme schému resp. niektorý obvod je v prístroji prerušený, pokazený, alebo chýbajúci.

3.1. VF zosilňovač

Používa sa na zosilnenie vf signálu. Býva pripojený najčastejšie na ladiaci rezonančný obvod. Na väčšie zosilnenie vf signálu sa v prijímačoch, najmä amerických, používa rovnaký vf obvod používa zapojený za sebou – 2 až 3 krát. Väzba medzi vf obvodmi býva najčastejšie pomocou ladeného vf transformátora, komplikuje to ladenie prístroja, lebo všetky ladené vf obvody musia byť naladené na tú istú frekvenciu. Na Obr.1 sú použité dva ladené okruhy (v mriežke a v anóde prvej elektrónky) a na Obr.2 je to len jeden (v anóde).

Vf zosilňovač má obyčajne regulované žeraviace napätie pomocou reostatu. Predpätie na prvú mriežku sa dosiahne zapojením dolného konca mriežkovej cievky na – mínus pól žeravenia, Obr.1, resp. privedením – mínus napätia cez vhodný odpor (2 MOhm) – Obr.2.

3.2. Detektor

Detektor rozpoznáte obyčajne tak, že mriežkové predpätie danej detekčnej elektrónky je zapojené na + kladný pól žeravenia cez odpor (Obr.1 a Obr.2), resp. cez odpor R_g premostený malým kondenzátorom C_g (100-300 pF) aj cez mriežkovú cievku na + pól žeravenia – Obr.3 a ďalej. Ďalšie znaky (elektrónkového) detektora charakterizujú aj tieto znaky: spätná väzba z anódy detektora na jeho mriežkový obvod (alebo cez viac obvodov), sluchátka alebo nf výstupný transformátor v anódovom okruhu detekčnej elektrónky.

3.3. NF zosilňovač

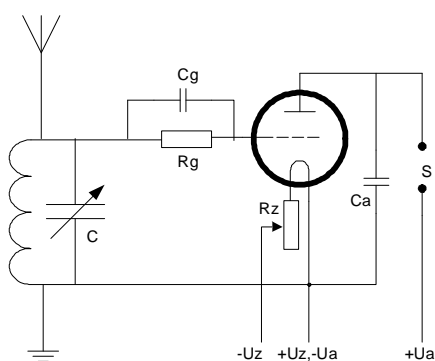
Hlavnou charakteristikou je, že použitá lampa priamo napája z anódy sluchátka alebo vysokoohmový elektromagnetický reproduktor. Druhým neklamným znakom nf zosilňovača je nf prevodný transformátor alebo odporová väzba – pripájajúce jednotlivé stupne – detektor alebo predchádzajúci nf – na ďalší nf stupeň. Väzobné transformátory boli prevodu 1:3 až 1:5. V prípade odporovej väzby to bola trojica súčiastok – anódový odpor predchádzajúcej elektrónky (50-200 kOhm), väzobný kondenzátor (2.000-10.000 pF) a mriežkový odpor (1-3 MOhmy). V mriežkovom obvode poslednej elektrónky sa ešte často pripájala do série mriežková batéria (alebo zvlášť napájanie), cca 9 až 15 V. Toľko pre ilustráciu nf časti. Tej sa ale v tomto článku nebudeme ďalej detailnejšie venovať. Na Obr.1 a Obr.2 sú v modrej časti ilustrované jednoduššie nf zosilňovače – s triódou a s viacmriežkovou elektrónkou (neskôr cca 1930).

4. Spätnoväzbové prijímače

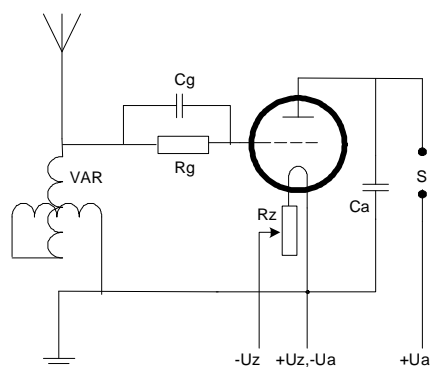
V tejto časti si detailne popíšeme princípy konštrukcie spätnoväzbových prijímačov. Návodom pre štruktúru textu ako aj väčšina obrázkov bola prevzatá z článku [4], doplnená o praktické poznámky a skúsenosti z reštaurovania podobných prijímačov. Článok je napísaný ako malá „encyklopédia“ jednotlivých zapojení, ich aplikáciu si musíte nájsť v konkrétnom prijímači podľa daných podmienok, tvarových konštrukcií a pod. Článok je doplnený niektorými praktickými poznatkami z reštaurovania takýchto rádii.

4.1. Prijímač, jedoelektrónkový („jednolampovka“)

Jedna elektrónka môže byť použitá ako detektor pre uspokojivý príjem na sluchátka aj pre vzdialenejšie stanice. Zapojenie takéhoto typu prijímača je na Obr.3. vyššie. Cievka L a ladiaci kondenzátor C sú použité na ladenie prijímanej frekvencie, ich veľkosti sú zvolené podľa postupu uvedeného ďalej (pozri *Cievka, ladenie, rozmery.*). Podobný typ prijímača, ale s variometrovým ladením, je zobrazený na Obr.4. Obe prijímače poskytujú dostatočný príkon pre sluchátka ale majú menšiu selektivitu.



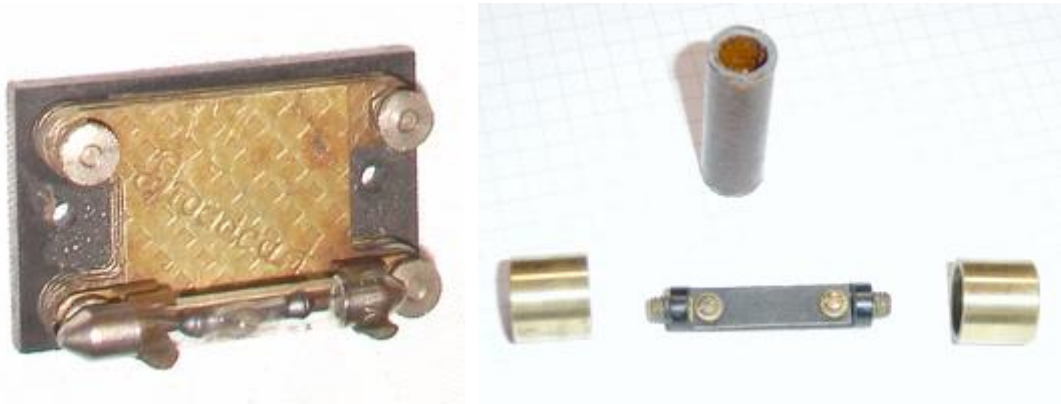
Obr.3. Najjednoduchší detektor



Obr.4. Ladenie pomocou variometra

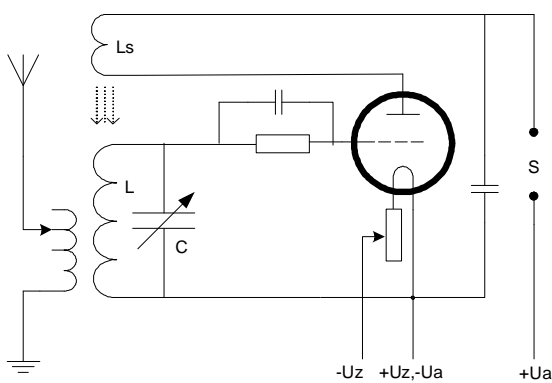
Poznámka k schémam: V schémach nie sú uvedené „bodky“ na ilustráciu spojenia dvoch vodičov, vodiče sa všade elektricky spájajú, až na výnimku v žeraviacom odvode $+U_z$ a $-U_z$. Tam je bodka explicitne použitá

Pri študovaní schém zistíte, že mriežkový zvodový odpor R_g (v angličtine Grid Leak) a spolu s kondenzátorom C_g sa vyskytujú ako štandardný prvok detektora. Preto výrobcovia tento prvok vyrábali ako kompaktný celok. V amerických prijímačoch sa používal kompaktný prvok vo forme valčeka, kde obal tvoril kondenzátor a vo vnútri bol zabudovaný odpor - Obr.5b. Iné firmy to konštruovali na malej doštičke, kde sa upevnil odpor (najčastejšie vákuový Loewe) a doštičkový kondenzátor - Obr.5a.

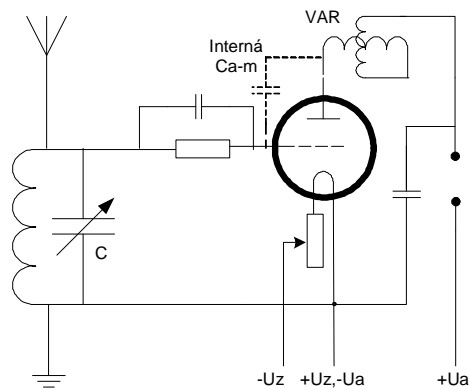


Obr.5a. Konštrukcia komponentu R_g a C_g (európska a americká [7] v rozloženom stave)

Prijímače s jednou elektrónkou a so spätnou väzbou sú zobrazené na Obr.6a a 6b. Anténový obvod s odbočkami pre vhodné prispôsobenie antény, je induktívne naviazaný na ladiaci rezonančný obvod L/C. V zapojení na Obr.6a. je použitá pre spätnú väzbu malá spätnoväzobná cievka L_s , ktorej úlohou je priviesť časť energie späť na mriežku pre ďalšie zosilnenie. Na Obr.6b je použitý variometer VAR a spätná väzba je zabezpečená vnútornou kapacitou elektrónky Anóda-Mriežka - Cam. Variometer (bude ilustrovaný ďalej), je sústava dvoch cievok, kde jedna je stacionárna a druhá sa otáča vo vnútri stacionárnej cievky. Obyčajne bol guľovitý, aby mal čo najväčšiu vnútornú kapacitu medzi vinutiami. Na Obr. 4. je uvedený variometer, kde rezonančný obvod je dosiahnutý vlastnými cievkami a vnútornou kapacitou variometra.



Obr.6a. Prijímač so spätnou väzbou



Obr.6b. Spätná väzba internou kapacitou

4.2. Prijímač, spätnoväzbový

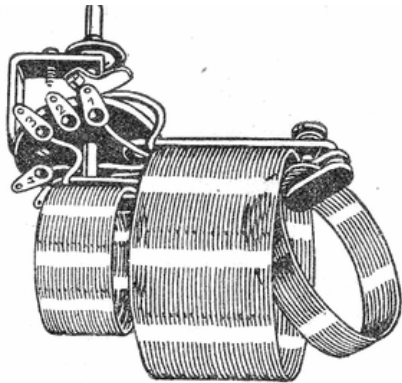
V tejto časti detailnejšie rozvedieme vyššie naznačené princípy spätnej väzby. Tento typ prijímača používa riadenú kladnú spätnú väzbu v detektorovom stupni, niektorým spôsobom popísaným ďalej v časti *Spätná väzba, princípy a spôsob riešenia*. Najčastejšie sa používa pohyblivá alebo otáčajúca sa spätnoväzbová cievka, inštalovaná vo vhodnej vzdialenosti pri mriežkovej ladiacej cievke. Selektivita je

vcelku uspokojivá, pri doplnení ďalšieho nf zosilňovača je možné prijímať aj vzdialenejšie stanice pomerne hlasno.

Spätnoväzbová cievka – je elektricky zapojená do anódového obvodu a je induktívne naviazaná na ladiacu cievku v mriežkovom obvode. Používajú sa dva spôsoby riadenia väzby: otáčaním spätnoväzbovej cievky a zmenou vzdialenosti spätnoväzbovej cievky od ladiacej cievky. Ďalší spôsob riadenia spätnej väzby, v prípade pevne nastavenej cievky, je riadenie malým sériovým kondenzátorom alebo rezistorom. Popis nájdete ďalej v časti *Spätná väzba, princípy a spôsob riešenia*.

Ukážky spätnoväzbových cievok

Pre ilustráciu uvádzame typické konštrukčné prevedenie spätnoväzbových cievok. Na ďalších obrázkoch si všimnite stacionárnu cievku a pohyblivú spätnoväzbovú cievku.



Valcová Ls, otáčavá cievka



Gul'ové cievky, variometer



Plochá Ls, vzájomne pohyblivá



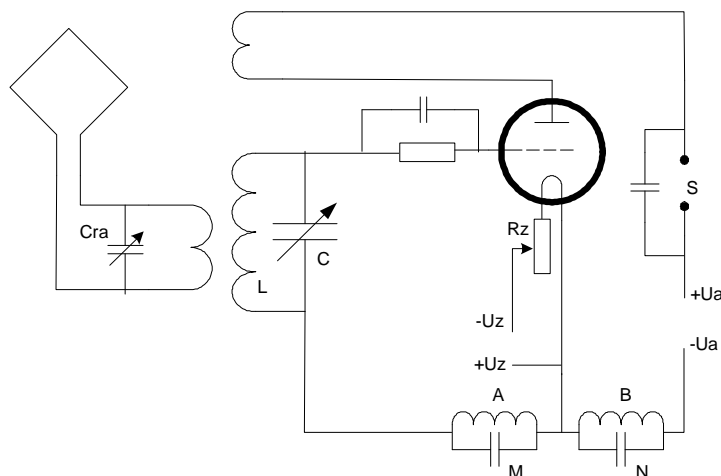
Valcová, pevná Ls

Obr.7. Konštrukčné prevedenie cievok a spätnoväzbovej cievky

4.3. Prijímač so zdokonalenou spätnou väzbou

(Z angličtiny Super-Regenerative) – Takýto jedoelektrónkový prijímač umožňuje maximálnu mieru väzby a zároveň potlačenie voľných oscilácií. Základný princíp je ukázaný na Obr.8.

Tento typ prijímača síce teoreticky bol popísaný už v 30.rokoch, ale svoje uplatnenie našiel až na vyšších frekvenciách, najmä KV, oveľa neskôr, keď boli dostupné kvalitnejšie elektrónky.



Obr.8. Super-regeneratívny prijímač.

Ak by sme zanedbali cievky A a B a kondenzátory M a N v dolnej časti schémy, tak je to vlastne už spomínaný základný spätnoväzbový prijímač. Signál je prijímaný v rámovej anténe, ktorá spolu s ladiacim kondenzátorom Cra tvorí prvý rezonančný obvod. Mriežkový rezonančný obvod je ladený kondenzátorom C. Spätná väzba je dosiahnutá spätnoväzbovou cievkou. Takéto zostavenie obvodu je v zásade postačujúce, ale pri silnejšej väzbe okamžite produkuje oscilácie. Maximálne zosilnenie bude zaistené práve tesne pred bodom oscilácií

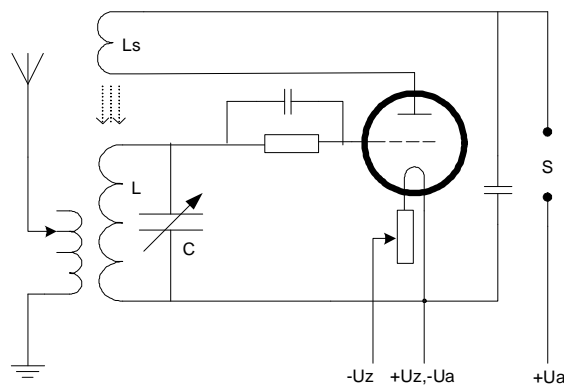
V aktuálnom zapojení prijímača, obvod umožňuje spätnej väzbe nasadiť sa, viac a viac sa zosilňovať až do bodu, kedy veľká energia sa z anódy prenesie do mriežkového obvodu. Pokiaľ sa spätná väzba zosilňuje, ale je tesne pred bodom oscilácií, dodatočný obvod v spodnej časti schémy pozostávajúci z cievky A a kondenzátora M, začne absorbovať energiu až je spätná väzba potlačená. Následne aj absorpcia energie v obvode A/M je zastavená a spätná väzba sa opäť začína nasadzovať.

Cievky A a B sú induktívne previazané a spolu s kondenzátormi M a N tvoria oscilačný obvod, ktorý zaisťuje aby elektrónka oscilovala na frekvencii obvodov A/M a B/N. Táto rezonančná frekvencia je vyššia ako počutelné pásmo, stačí frekvencia okolo 20 kHz. Takto vyrobené oscilačné napätie je privedené do mriežky tak, že je pozitívne aj negatívne. Pokiaľ je napätie na mriežke negatívne, spätná väzba medzi mriežkou a anódou cez spätnoväzbovú cievku sa nasadzuje rýchlo a aplikuje silný signál na mriežku. Keď však oscilačné napätie prechádza do pozitívnej periódy, mriežka je na kladnom napätí a absorbuje energiu. Táto absorpcia energie zastaví spätnú väzbu pred tým než nastane oscilácia. Tieto deje sa vykonávajú na frekvencii vyššej ako je počutelná, takže v ďalšom spracovaní v nf časti (po vhodnom filtrovaní) sa na prednese neprejavajú.

Tento typ prijímača je veľmi ťažké nastaviť, ani jeho selektivita v dôsledku vynútených oscilácií nie je nijak veľká. Avšak jeho najväčšia výhoda je, že z jednej elektrónky je možné dostať najvyššie možné zosilnenie (je to najtesnejšie nastavenie pred bodom oscilácie spätnej väzby). Ako bolo spomínané, ak sa k obvodu pridá nf zosilňovač, tak je potrebné získané nf napätie filtrovať od vysokých kmitov oscilátora.

4.4. Spätná väzba, princípy a spôsoby riešenia

Spätná väzba je princíp, ktorým sa časť energie prenáša z výstupného anódového obvodu do vstupného – mriežkového obvodu. Môže byť kladná (privádzané periódy sú vo fáze so vstupnými) alebo záporná (privádzané periódy signálu sú v opačnej fáze ako vstupné periódy). V ďalšom popise hovoríme o kladnej väzbe.



Obr.9. Najjednoduchší spätnoväzbový prijímač.

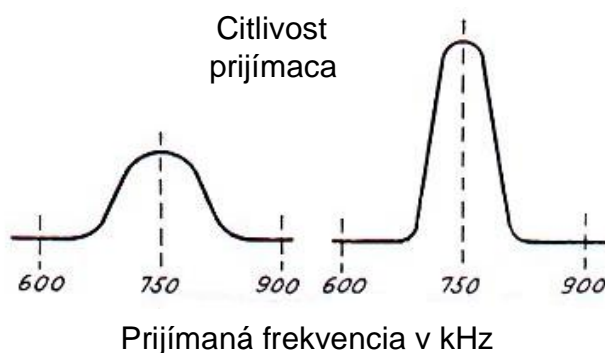
Na obrázku Obr.9. je znázornená trióda, ktorá má jednu cievku L v mriežkovom obvode a ďalšiu cievku L_s v anódovom obvode. Ak sú cievky indukčne previazané (tj. sú vo vhodnej pozícii jedna vedľa druhej), energia v anódovej cievke sa indukuje do mriežkovej cievky a pričíta sa k signálu na mriežkovej cievke, na mriežke. To spôsobí jeho opätovné zosilnenie, zvýši sa anódový prúd, čo vyvolá zmenu signálu v anódovej cievke. atď. Tento pochod opätovného zosilnenia môže pri veľkej väzbe cievok preskočiť do trvalých oscilácií. Avšak tesne pred týmto oscilačným bodom, elektrónka dosahuje niekoľkonásobne väčšie zosilnenie v porovnaní bez spätnej väzby.

Rezonančný obvod v mriežke L/C je však naladený na nejaký kmitočet a je v rezonancii s vF signálom, ktorý sa privádza na anténu. Signál na anténe obsahuje ale zmes všetkých možných kmitočtov, na mriežku sa však dostanú len kmitočty, ktoré sú v rezonancii s kmitočtom mriežkového rezonančného obvodu (a blízko okolo neho). Treba si to predstaviť asi tak, že rezonančný obvod v mriežke má odpor pre rezonančnú frekvenciu blízky nekonečnu a pre ostatné signály, blízky nule (tieto signály sú filtrované oproti uzemneniu a nedostanú sa na mriežku). Pozorný čitateľ si všimne, že vstupný obvod v mriežke má tzv. straty, tj. že každý signál je zoslabený, rezonančný menej a iné viac. Úlohou elektrónky a spätnej väzby je tieto straty eliminovať.

Signál, ktorý je na mriežke, sa elektrónkou zosilní, a v anódovom obvode stúpne prúd. Časť tohto vF signálu z anódy sa privedie opäť na mriežku a opäť sa zosilní. Najviac sa zosilnia signály v okolí rezonančnej frekvencie mriežkového obvodu, ostatné sa menej a menej zosilnia. Tým sa zvýši selektivita, tj schopnosť prijímača zosilniť len jednu frekvenciu signálu.

Takto nastavený obvod, ktorý v maximálnej miere zosilňuje signály v okolí rezonančnej frekvencie má svoju výhodu, s jednou elektrónkou dosiahneme niekoľkonásobné zosilnenie. Maximálne je v stave, kedy anódová energia privedená na mriežku ešte nespôsobí, že prekryje energiu z antény a tým spôsobí, že elektrónka začne samovoľne oscilovať. Ten, kto nastavoval a ladil spätnoväzbový prijímač, tento stav dôverne pozná, keď maličkým posunom spätnej väzby k väčšiemu zosilneniu spôsobí trvalé pískanie prijímača.

Spätná väzba teda zvyšuje citlivosť prijímača a selektivitu. Na ďalšom obrázku Obr.10. je znázornená charakteristika zosilnenia prijímača v oblasti okolo 750 kHz bez a so spätnou väzbou.



4.5. Spätná väzba, spôsoby riešenia

Je jasné, že spätná väzba musí byť pod kontrolou. Pre silné vstupné signály je možné, že netreba žiadnu spätnú väzbu, naopak, pre slabé signály bude potrebná veľmi silná spätná väzba.

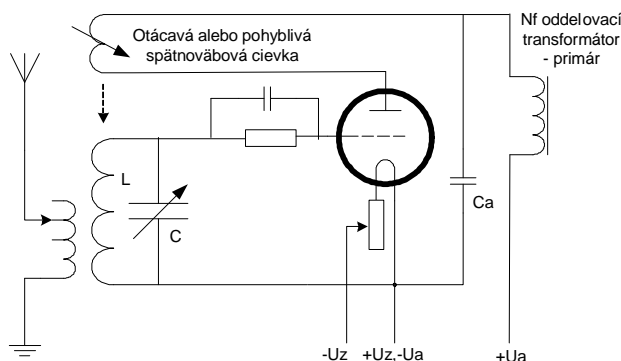
Spätná väzba môže byť riešená viacerými spôsobmi: indukčná väzba, kapacitná väzba alebo odporová väzba. Indukčná a kapacitná väzba sa osvedčili, naopak, odporová je pri vysokých frekvenciách málo účinná. Indukčná väzba sa buduje na princípe pevných alebo pohyblivých dvoch cievok, kapacitná väzba sa využíva hlavne pomocou vnútornej kapacity mriežky - triódy - voči anóde (pozri neutrodyn). U viacmriežkových elektróniek táto kapacita takmer neexistuje, tak sa používa len indukčná väzba.

Spätná väzba je obyčajne implementovaná v detektorovej elektrónke. Na nasledujúcich obrázkoch nájdete rôzne možnosti riešenia. V príkladoch sú naznačené aj nf premost'ovacie (väzobné) transformátorčeky, z ktorých sa odoberá nf signál na ďalšie zosilnenie. Okrem transformátorovej väzby pre nf signál je možné použiť odporovo/kondenzátorovú väzbu. Na princípoch vf spätnej väzby to však nič nemení.

V prípade triód, takmer vždy existuje **vnútorná kapacita medzi mriežkou a anódou**, tj vnútorná kladná spätná väzba. Táto kapacita je nezávislá od nijakého obvodu zapojeného v okolí triódy a spôsobuje vždy spätnú väzbu. Ďalej je treba dodať, že reaktancia (odpor) tejto vnútornej kapacity je pre vysoké frekvencie nižšia v porovnaní s nižšími frekvenciami. Preto táto vnútorná spätná väzba je účinnejšia pre vysoké frekvencie. Veľmi jednoducho preto vzniknú neželané oscilácie práve na vysokých frekvenciách. Preto všeobecne možno povedať, že sa bude vyžadovať účinnejšia spätná väzba na menších frekvenciách a menej účinná väzba na vysokých frekvenciách.

4.6. Riadenie spätnej väzby spätnoväzbovou cievkou

Už sme spomínali vyššie, že základným princípom zapojenia spätnej väzby, je schéma podľa Obr.9. Na Obr. 11 túto schému trochu rozšírime o ďalšie komponenty. Najtypickejšia konštrukcia cievkového aparátu je zobrazená na Obr.7. Anténna cievka je navinutá vľavo (môže mať odbočky), mriežková v strede (anténna a mriežková cievka tvoria vf transformátor), tieto cievky sú fixné. Počet závitov spätnoväzbovej cievky býva cca 10 a menej, vtedy je cievka blízko mriežkovej. Ak je závitov viac (15 až 30 závitov) tak spätnoväzbová cievka môže byť aj ďalej. Spätnoväzbová cievka je umiestnená na otáčavom elemente (vpravo), spojená s ovládacím gombíkom.



Obr.11. Kompletné zapojenie spätnoväzbového prijímača

Pri ladení sa prejavuje nepríjemný efekt a to ten,, že pohybom spätnoväzbovej cievky sa trochu mení aj indukcia ladiacej cievky, čo znamená že sa prijímaná frekvencia trochu rozlad'uje. Veľkosť cievky, počet závitov ako aj umiestnenie spätnoväzbovej cievky musí byť také, aby spätná väzba natáčaním cievky sa prejavovala prechodom do oscilácií spoľahlivo aj pri nízkych ladených frekvenciách (ladiaci kondenzátor v mriežke úplne zavretý). Na vyšších to potom bude fungovať. Ak na nízkych kmitočtoch nemožno prejsť

až do oscilácií, tak potom treba zvýšiť počet závitov spätnoväzbovej cievky alebo priblížiť cievky viac k sebe.

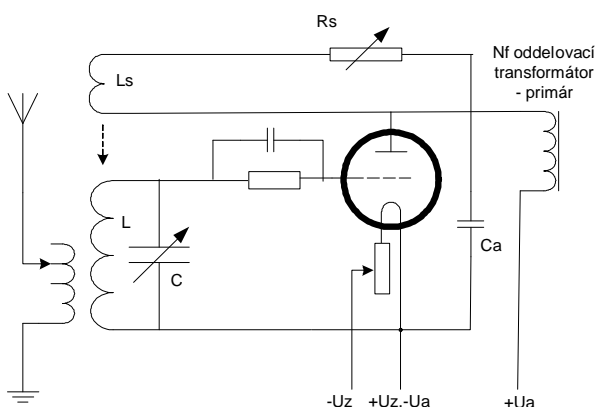
Veľmi dôležité je v akom smere je spätnoväzbová cievka zapojená. Ak totiž pri pohybe tejto cievky signál klesá a nepríde sa k osciláciám, spätnoväzbová cievka je zapojená opačne (záporná väzba). Je treba prehodiť začiatok a koniec vinutia spätnoväzbovej cievky (ak sú cievky fixné a nastavuje sa premenlivým kondenzátorom). Alebo treba zmeniť smer otáčania spätnoväzbovej cievky oproti fixnej mriežkovej cievke v prípade, ak sa nastavuje otáčaním cievok.

Najväčšia väzba sa dosiahne, ak sú osi cievok v jednej priamke. Ak sú kmitočty v cievkach vo fáze, dosiahne sa maximálna spätná väzba, až oscilácie. Ale ak sú v opačnej fáze (opačne zapojené vinutia), tak spätná väzba je minimálna. V prijímačoch si dôkladne pozrite konštrukciu pohyblivých cievok a podľa vyššie uvedených pravidiel si premyslite, v akých polohách treba cievky manévrovať. Niekedy je dovolené (aretáciami) len $\frac{1}{2}$ otáčania alebo dokonca $\frac{1}{4}$. V niektorých prijímačoch je možné otáčať dookola, ale v tom prípade treba dať pozor, lebo pretrhnete prírodné vinutie (lanko, alebo pružinu) do otáčajúcej sa cievky. Správne pripojenie začiatku a konca cievky je potrebné rozhodne u fixných cievok (ak sa spätná väzba ladí malým kondenzátorom) ale tiež v prípade, ak aretácie dovoľujú len $\frac{1}{4}$ alebo $\frac{1}{2}$ otáčky cievky. V tomto prípade totiž nemáte možnosť ísť otáčaním cievky na opačnú fázu a teda aj v tej $\frac{1}{2}$ musí spätná väzba nasadzovať.

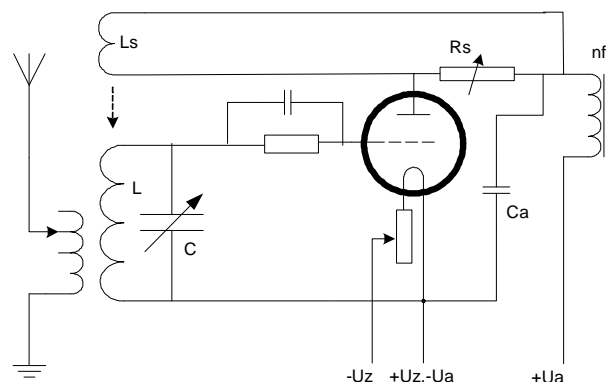
Spätná väzba z anódy na mriežku pracuje na vysokej frekvencii. V prípade ak je k anóde pripojený nf transformátor, tak táto frekvencia sa vysokou impedanciou primárneho vinutia nf transformátora neprenesie. Preto je potrebné spojenie premostiť spoj spätnoväzbovej cievky a nf trafa na jeden koniec vlákna malým kondenzátorom C_a na Obr. 11, cca 1000 pF. Na vyššie uvedených schémach je kondenzátor pripojený buď zo spoja spätnoväzbovej cievky a sluchátok na žeravenie, alebo paralelne k sluchátkam.

4.7. Riadenie spätnej väzby premenlivých odporom

Obr.12. ilustruje riadenie spätnej väzby pomocou premenlivého odporu, potenciometrom. Tento by mal mať hodnotu cca 50 kOhm a viac. Anóda je priamo pripojená na primárne vinutie nf transformátora. Potenciometer je v sérii so spätnoväzbových vinutím a cez malý kondenzátor 1000 pF je pripojený k žeraviacemu vláknu. V tomto zapojení obyčajne spätnoväzbová cievka nie je otočná, je fixná voči mriežkovej cievke. Medzi týmito cievkami musí byť malá medzera aby väzba spoľahlivo nasadzovala a oscilácie sa musia objaviť aj pri nízkych kmitočtoch a pri nastavení potenciometra na najnižšiu hodnotu. Ak sa oscilácie nedostavia, je treba zväčšiť počet závitov alebo viac priblížiť cievky k sebe. Nezabudnite tiež pre veriť, či sú správne zapojené vinutia spätnoväzbovej cievky, aby sa dosiahla kladná spätná väzba. Prax ukázala, že pri 50 kOhm potenciometri je treba 15-30 závitov spätnej väzby a vzdialenosť medzi cievkami 3 až 8 mm.



Obr.12 Riadenie sp.väzby sériovým odporom...

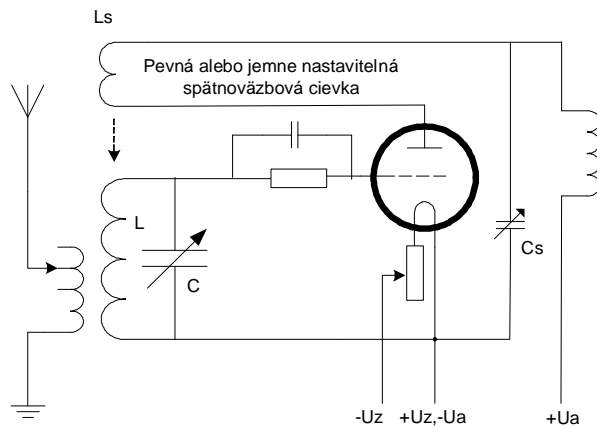


Obr.13. ... paralelným odporom.

Na Obr.13. je iné uporiadanie, v ktorom premenlivým potenciometrom sa tlmí spätnoväzbová cievka. Pri najnižších hodnotách potenciometra je spätná väzba najmenšia a naopak. Všetky ostatné, doteraz spomínané princípy tu fungujú rovnako.

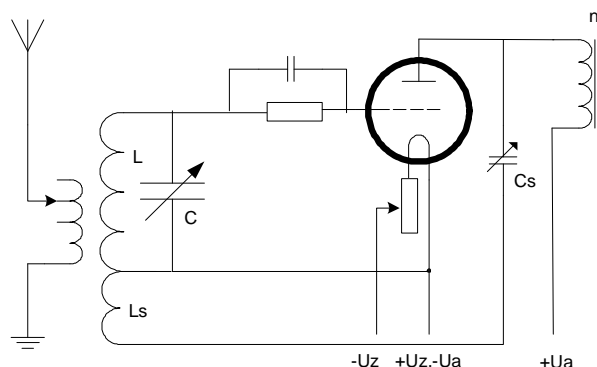
4.8. Riadenie spätnej väzby premenlivým kondenzátorom.

Na Obr.14. je ilustrované zapojenie, v ktorom sa na riadenie spätnej väzby požíva premenlivý kondenzátor Cs. Mriežková cievka L a spätnoväzbová cievka Ls sú voči sebe vo fixnej polohe. Tento kondenzátor býva obyčajne s pevným dielektrikom, hodnoty do 500 až 1000 pF. Ak je kondenzátor menšej kapacity, treba mať spätnoväzbovú cievku s väčším počtom závitov. Anóda triódy je obyčajne zapojená cez spätnoväzbovú cievku na nf trafo, a spoj Ls a nf primár na rotor kondenzátora a stator je pripojený na žeravenie. V modernejších prijímačoch, kde vstupná elektrónka má namiesto nf transformátora anódový pracovný odpor, tak stator je pripojený na šasi (zem) a rotor je pripojený na spätnoväzbové vinutie.



Obr.14. Riadenie spätnej väzby premenlivým kondenzátorom Cs.

Pri nastavovaní prijímača s touto spätnou väzbou sa postupuje týmto spôsobom. Oscilačný obvod v mriežke sa nastaví na najnižšiu frekvenciu (zavretý ladiaci mriežkový kondenzátor). Spätnoväzbový kondenzátor sa nastaví na najväčšiu kapacitu. Prívody spätnoväzbovej cievky sa preskúšajú v oboch smeroch, pri jednom nasadia oscilácie. To je správny smer. Ak oscilácie nenasadzujú pri žiadnom smere, tak sa cievky musia viac k sebe priblížiť. Pri tomto sa nájde bod, kedy spätná väzba nasadí do oscilácií, v tejto polohe cievky fixujte. Dosiahlo sa že na najnižších frekvenciách, pri maximálnej hodnote spätnoväzbového kondenzátora, väzba nasadila. Potom pri vyšších frekvenciách väzba určite nasadí do oscilácií, odstránenie oscilácií sa dosiahne zmenšením kapacity spätnoväzbového kondenzátora. Ak v nejakej polohe nenasadzujú oscilácie, treba zväčšiť počet závitov spätnoväzbovej cievky.

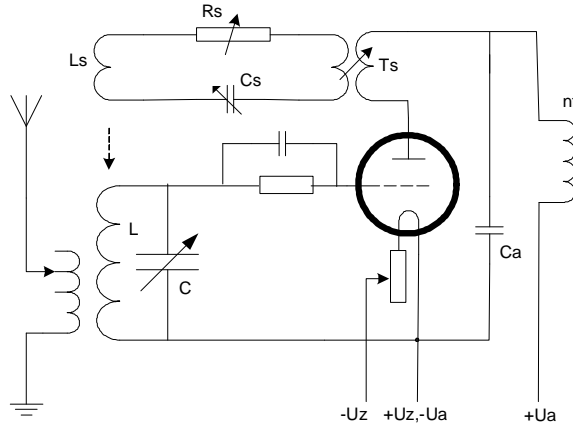


Obr.15. Ďalšie riešenie spätnoväzbovej cievky

Veľmi často používaný spôsob je aj umiestnenie spätnoväzbovej cievky ako súčasť vinutia mriežkovej cievky (v opačnej fáze) – Obr.15.,. Počet závitov býva približne $\frac{1}{4}$ z počtu závitov mriežkovej cievky.

4.9. Riadenie spätnej väzby prídavným obvodom

Na Obr.16. je menej časté používanie riadenia. Princíp spočíva v tom, že malým vf transformátorom T_s (20:20 závitov) zapojeným do série v anódovom okruhu sa časť energie pretransformuje do pomocného obvodu. V tomto obvode sa signál spracuje spätňoväbovou cievkou L_s , regulujúc potenciometrom R_s a C_s , známym spôsobom. V niektorých variantoch sa malý vf transformátor v anódovom obvode konštruuje s premenlivou väzbou, ako variometer s oddelenými cievkami.



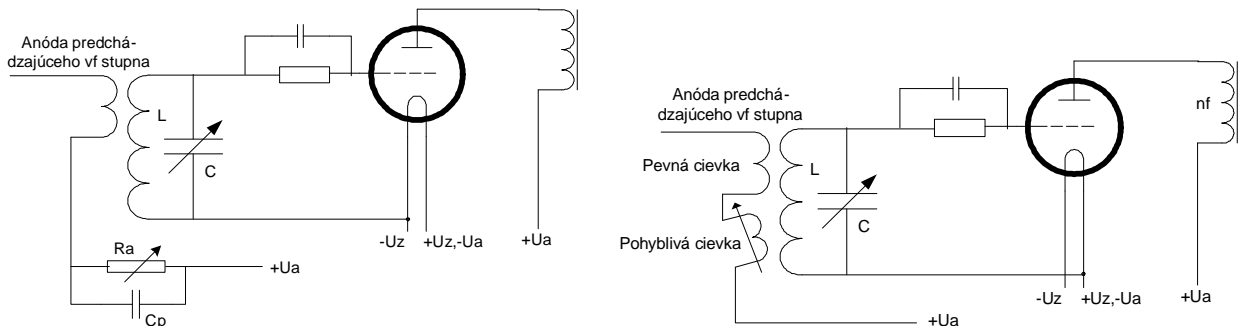
Obr.16. Riadenie spätnej väzby prídavným obvodom.

Sú tu celkom tri možnosti riadenia spätnej väzby, hoci len jedna sa aplikuje v daný okamih. Je možné regulovať zmenou väzby v anódovom vf transformátore. Ak sa však použije ladiaci kondenzátor na riadenie, vtedy sa nepoužíva riadenie potenciometrom ani riadenie väzbou vf transformátora. Podobne je tomu aj v prípade ak sa riadi pomocou premenlivého potenciometra – nepoužije sa premenlivý kondenzátor ani premenlivý vf transformátor.

4.10. Riadenie anódového obvodu predchádzajúceho vf stupňa

Metódy popísané ďalej sú vhodné vtedy, ak v prijímači sa nachádza viacstupňový vf zosilňovač a jednotlivé stupne sú previazané vf transformátorovou väzbou. Spätňá väzba v danom obvode je dosiahnutá implicitne, vnútornou kapacitou triódy. Preto sa potom riadi veľkosť signálu v predchádzajúcom stupni, v anódovom obvode.

Na obrázku Obr.17. sú znázornené spôsoby regulácie spätnej väzby vo viacstupňovom vf zosilňovači tak, že sa minimalizuje prísun signálu z predchádzajúceho stupňa vf zosilňovača do mriežkového obvodu elektrónky. Potenciometrom R_a (cca 10 kOhm až 100 kOhm) sa reguluje pracovný bod predchádzajúcej elektrónky, tak, že do ďalšieho stupňa príde len taký signál, ktorý nespôsobí oscilácie. Potenciometer je premostený kondenzátorom C_p cca 1 mikroFarad, aby sa zmenou odporu v anóde predchádzajúcej elektrónky neminimalizovalo zosilnenie vf frekvencií.



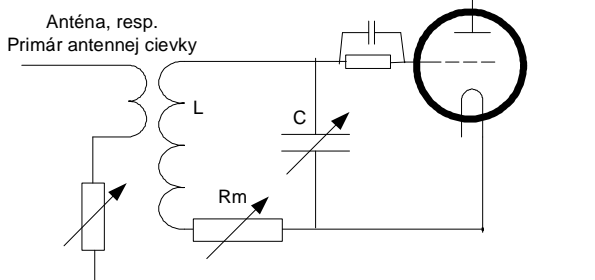
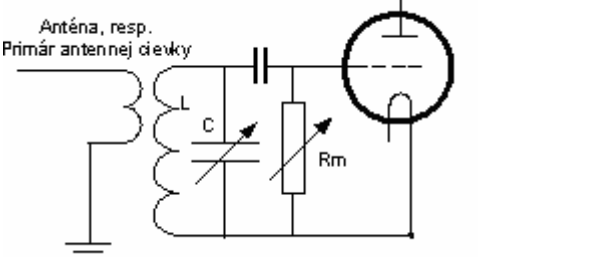
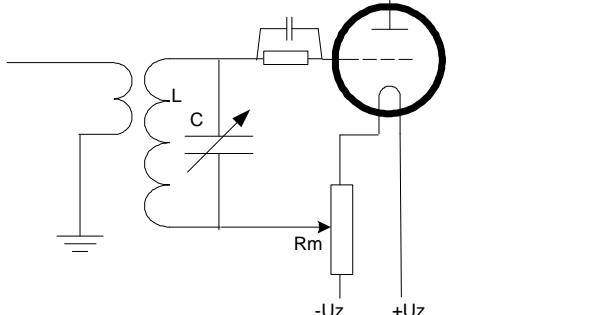
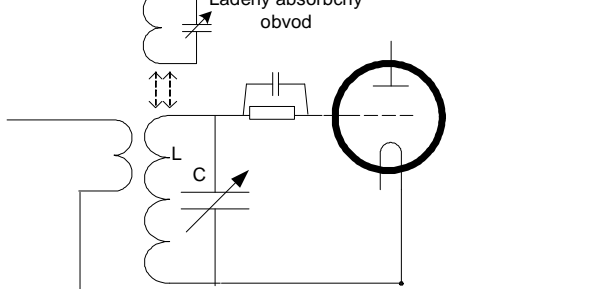
Obr. 17. Riadenie spätnej väzby reguláciou signálu v predchádzajúcom vf stupni

Ďalšia metóda je založená na riadení indukčnej väzby medzi dvomi sekciami na primárnej strane v transformátora, v predchádzajúcom stupni. Otáčaním jednej sekcie primárneho vinutia sa dosiahne, že signál sa vzájomnou indukčnosťou týchto sekcií buď vo fáze sčíta (veľká spätná väzba v ďalšom stupni) lebo sa pri opačnom natočení, odčíta (menšia spätná väzba), čím sa reguluje veľkosť signálu na primárnej strane.

Táto metóda sa používa aj pre automatické nastavovanie spätnej väzby, v takom prípade je pohyblivá cievka spriahnutá mechanicky s ladiacim kondenzátorom. Nastavenie je potom urobené tak, že silnejšia spätná väzba je v oblasti nižších kmitočtov a naopak.

4.11. Neefektívne metódy riadenia spätnej väzby

Metódy popisované vyššie umožňujú riadiť spätnú väzbu tak, že sa ne stráca efektívny rádio signál, pracujú s najmenšími stratami. Medzi ďalšie metódy patria tie, ktoré znižujú aj rádio signál v mriežkovom obvode. Toto zapríčiňuje menšiu citlivosť a selektivitu. Prehľad metód a typické zapojenie je sumarizované v nasledujúcej tabuľke.

Popis	Typická schéma
<p>Spätná väzba je cez vnútornú kapacitu triódy. Jej riadenie je dosiahnuté zmenou vstupného rádio signálu pomocou potenciometra (reostatu) buď na primárnej strane v obvodu (v anténnom obvode prvej elektrónky) alebo v sérii s ladeným mriežkovým obvodom. Hodnota reostatu sa pohybuje od cca 20k do stoviek kilo ohmov (300-400k). Konkrétna veľkosť závisí od konštrukčných parametrov cievky a ladiaceho kondenzátora.</p>	
<p>Riadenie spätnej väzby zmenou zvodového odporu mriežky. Hodnota potenciometra býva cca 0,1 MOhm. Zmenšovaním odporu sa znižuje stupeň spätnej väzby a naopak.</p>	
<p>Riadenie spätnej väzby zmenou pracovného bodu (predpätia) na mriežke. V tomto zapojení je použitý potenciometer Rm medzi žeraviacimi vláknami. Pracovný bod sa potom plynulo nastavuje od hodnoty $-U$ žeravenia až po 0V (pól – anódového napätia je zapojený na $+U$ žeravenia)</p>	
<p>Riadenie spätnej väzby absorpciou signálu v ladenom obvode. Malý rezonančný obvod je tesne naviazaný na ladený rezonančný obvod. Ak sa malý rezonančný obvod približuje svojou frekvenciou k frekvencii ladeného obvodu, odčerpá energiu a zníži signál (zamedzí osciláciám) do mriežkového obvodu.</p>	

<p>Riadenie spätnej väzby variometrom VAR v anódovom obvode. V tomto zapojení sa pri zvýšenej indukčnosti variometra zvýši veľkosť signálu preneseného vnútornou kapacitou do mriežky a naopak.</p>	
<p>Modifikovaná metóda s použitím dvoch variometrov. Prvý Va, v anóde, pracuje ako bolo vyššie popísané a druhým Vm sa ladí vstupný obvod (prijímaný kmitočet)</p>	

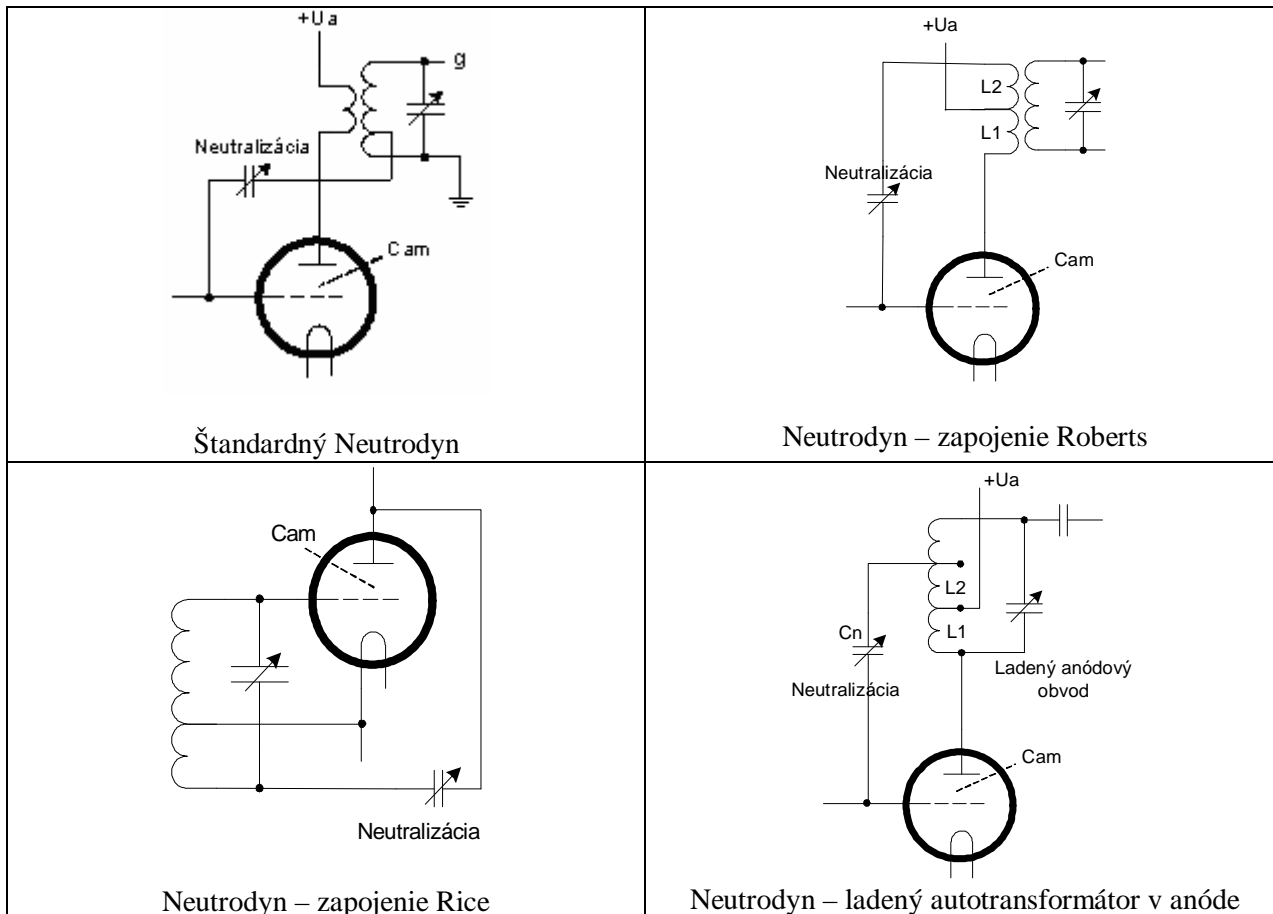
4.12. Automatické riadenie spätnej väzby

Už bolo popísané, že obyčajne väčšia (tesnejšia) spätná väzba je potrebná pri nízkych kmitočtoch a voľnejšia pri vysokých prijímaných kmitočtoch. Toto podmienilo nápad spojiť mechanicky ladenie vstupnej mriežkovej cievky a elementu na riadenie spätnej väzby. Ladenie je obyčajne robené ladiacim kondenzátorom a preto, ak je na riadenie spätnej väzby použitý kondenzátor, tak tento spätnoväzbový môže byť mechanicky spriahnutý s ladiacim. Problémom je však, že potrebné priebehy kapacít nie je možné vždy presne zvládnuť, nakoľko priebeh ladenia vstupného obvodu silne závisí od antény a jej vnútornej kapacity, a nehovoriac už o zmeny kapacity v prípade výmeny elektrónky, výmenou cievkovej súpravy pre iné vlnové dĺžky a pod. Niekedy sa tieto princípy kombinovali aj s možnosťou doladenia spätnoväzbovej cievky (posunom na pevnej cievke) alebo mechanickou adjustáciou polohy rotora na spätnoväzbovom kondenzátore. Cieľ je vždy odstrániť oscilácie na celom vlnovom rozsahu. Dôsledkom ale potom je, že prijímač nie je rovnomerne citlivý na všetkých prijímaných kmitočtoch.

Riadenie spätnej väzby v prípade rámovej antény – v prípade, že v prijímači je ako anténa použitá vstupná ladená cievka a je konštruovaná ako rámová anténa, tak na túto anténu je možné privinúť cca $\frac{1}{4}$ až $\frac{3}{4}$ závitov spätnoväzbovej cievky (na vnútornej strane spojené a pripojené na jeden pól žeravenia). K tomuto novému vinutiu sa pripojí do série malý premenlivý kondenzátor s kapacitou od 250 do 500 pF a zapojený na anódu. Nastavením toho premenlivého kondenzátora sa nastaví pracovný bod spätnej väzby. V tomto prípade je vyžarovanie oscilačného signálu do antény a okolia najväčšie.

5. Neutrodyn - Nastavenie spätnej väzby vo vybalancovaných obvodoch.

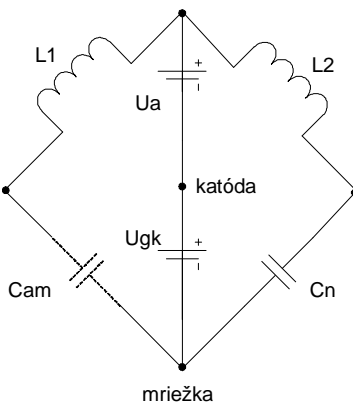
Ďalej popisované spôsoby sú založené na rovnakom princípe. Vnútnou kapacitou anóda-mriežka sa v trióde prejavuje kladná spätná väzba. Pomocou malej kapacity sa do mriežky privedie signál v opačnej fáze, ktoré sa vynulujú a potom trióda prestane oscilovať. Prijímače postavené na tomto princípe sú nazývané Neutrodyny. Podľa typu obvodu, ktorým sa dosahuje výroba opačnej fázy napätia sa prijímače nazývajú: Roberts, Rice, Samson prijímače [4]. Tieto princípy sú naznačené na nasledujúcich schémach. V praxi sa osvedčil názov "neutralizácia".



Obr.18. Rôzne metódy zapojenia neutralizácie v neutrodyne

Malá pridaná kapacita (Neutralizácia) do mriežky (nastaviteľná v hodnote do cca 50 pF) odoberá signál opačnej fázy buď z vhodnej odbočky v anódovom okruhu elektrónky alebo niekedy aj zo sekundáru vf anódového transformátora (ak je za sebou viac vf obvodov).

Z elektrického hľadiska je možné vyššie uvedené obvody prekresliť do mostíkového zapojenia (Obr.19), v ktorom, keď bude vyvážený (dosiahne sa to zmenou kapacity neutralizačného kondenzátora), tak vf signál (vf napätie) medzi bodmi „mriežka“ a „katóda“ bude nulové, tj. elektrónka nezosilní žiadne dodatočné napätie (oscilačné), a zosilňovať bude signál, ktorý tento mostík rozladí – tj vstupný signál prijímaného kmitočtu.



Obr. 19. Elektrická schéma neutralizačného obvodu.

5.1. Technika neutralizácie pri oprave.

Pri reštaurovaní rádia, v ktorom sú použité princípy neutrodynu, je potrebné neutralizovať všetky obvody, ktoré majú neutralizačný kondenzátor. Vo všeobecnosti možno použiť tento postup.

1. Podľa schémy si označte (očísľujte) všetky cievky (väčšinou vzduchové) a všetky premenlivé kondenzátory v rádiu, aby ste si boli istý, ktorý stupeň idete ladiť a neutralizovať. Neohýbajte žiadne plechy rotorov kondenzátorov, lebo mohli byť súčasťou nastavenia (okrem prípadov, kde je to jednoznačne poškodené).
2. Ak má prijímač viac obvodov pred detektorom, tak neutralizácia prebehne od posledného obvodu pred detektorom späť až ku anténemu stupňu.
3. Naladíte prijímač na čo najvyššiu frekvenciu, 1 až 1,3MHz, ladiace kondenzátory čo najviac otvorené. Frekvenciu zistíte z použitého vf generátora, modulovaného nf sínusovým napätím. Signál privedte cez umelú anténu a osciloskopom postupne pripájaným na anódy jednotlivých vf stupňov, naladíte čo najväčší signál na každej anóde. Ide o naladenie mriežkových rezonančných obvodov na prijímanú frekvenciu.
4. Ak v niektorom obvode kvôli vnútorným osciláciám nejde naladiť, tak nahrubo nastavte neutralizačný kondenzátor tak, aby vnútri obvodu neboli oscilácie.
5. Neutralizácia prebieha opakovane pre všetky vf obvody.
6. Vypnite prijímač. V neutralizovanom obvode odpojte žeravenie od danej triódy (alebo použite "dobrú" triódu, ktorej nefunguje len žeravenie).
7. Zapnite prijímač. Ak na výstupe je prijímaný signál (na detektore alebo v reproduktore počujete signál), tak obvod potrebuje neutralizáciu. Otáčajte neutralizačným kondenzátorom dovtedy, kým signál buď nezanikne alebo je minimálny. (pozn. Neutralizovaný obvod nezosilňuje, nežeraví, preto minimum, lebo pracuje len vyššie opísaný mostík).
8. Jemne doladíte ladiace obvody prijímača na maximálny signál (doladenie) a znovu doladíte neutralizačný kondenzátor v nastavovanom obvode na minimum signálu.
9. Prijímač vypnite a zapojte žeravenie, resp. vymeňte triódu za dobrú. Nehýbte s nastavením neutralizačného kondenzátora ani ladiacim kondenzátorom v tomto stupni.
10. Pokračujte ďalším obvodom smerom k anténe, až kým takto nie sú vyneutralizované všetky obvody, tj opakujte kroky 6 až 10.
11. Ak prijímač stále osciluje, tak buď celú procedúru zopakujte ešte raz, ale nezabudnite, že ladené obvody po prvej procedúre už máte perfektne nastavené na prijímaný kmitočet. S nimi nehýbte. Taktiež dobrou pomôckou je kontrolovať dobrým osciloskopom (vstupný odpor viac ako 1 Mohm), na ktorej anóde pri funknom prijímači vznikajú oscilácie. Tento obvod skúste neutralizovať samostatne, možno to pomôže.

Keďže spätná väzba a neutralizácia značne závisia od vnútornej kapacity elektrónky, je jasné, že každá výmena elektróniek znamená novú neutralizáciu. Rovnako nevymieňajte medzi jednotlivými stupňami elektrónky, lebo každý stupeň je neutralizovaný na danú elektrónku.

6. Dobové predpisy pre rádioprijímače

O tom, že spätná väzba je nebezpečná pre ostatných poslucháčov na okolí sa vedelo a úrady prijímali rozhodnutia a pokyny pre majiteľov prijímačov. Ako ukážku možno uviesť technické predpisy z roku 1926 [8], kde sa v paragrafe 12. o Technických predpisoch cituje už aj Vestník z roku 1924.

„Přijímací radiotelegrafní a radiotelefonní přístroje musí být sestaveny a jejich součástky zapojeny tak, aby nemohly přístroje ani při zvýšeném napětí anodovém a katodovém vydávati do prostoru vlastní elektrické kmity. Tak například zpětného spřažení nesmí se použítí na libovolný okruh, který jest jakkoli

volně sprážen s anténou, nýbrž zpětného sprážení může se užítí jen nejbliže k anténě na anodový okruh první lampy ovšem za předpokladu, že i takto sestavený přijímač nebude vydávati vlastní kmity do prostoru. Přijímací přístroje radiotelegrafní a radiotelefonní, vydávající vlastní elektrické kmity do prostoru, jsou z prodeje a provozu bez výjimečné vyloučeny."

Toto znamená, že sa predpisovalo, v ktorej časti má byť zapojený detekčný stupeň a samozrejme sa myslelo aj na zahraničné prístroje, ktoré bolo treba dať schváliť.

Ministerstvo pôšt a telegrafů vydalo niekoľko predpisov a ustanovení vo Vestníku, ktorým sa upravovali koncesionárske poplatky, spôsob používania ale i technické parametre prijímačov. Pre technické otázky a schvaľovanie technickej spôsobilosti prijímačov bol používaný najmä Vestník min.pôšt a telegrafů s výnosom č.50.659-11 z roku 1925. Zoznamy schválených prijímačov boli pravidelne publikované. Ako príklad je možné uviesť SEZNAM KONCESOVANÝCH VÝROBCU A JEJICH „RADIOFONNÍCH PŘÍSTROJŮ“ ČESKOSLOVENSKÉ PROVENIENCE SCHVÁLENÝCH MINISTERSTVEM POŠT A TELEGRAFŮ V ROCE 1925, ktorý uverejnil časopis Radio všem v roku 1925. [9]

7. Záver

Neskôr, s príchodom dvojmriežkových elektróniek, sa v rokoch okolo 1930 a neskôr už väčšinou používalo ustálené zapojenie spätnej väzby, väčšinou na princípe “anóda – spätnoväzpbná cievka – malý premenlivý kondenzátor pripojený na zem“. Svedčí o tom aj rad prijímačov, ktoré sa vyrábali aj v čsl. Produkcii, spomenieme napr. prijímače Telefunken, Sigma, Bezdra a pod. uvedené v knihe M.Baudyš. Československé prijímače [10].

Verím, že vyššie sumarizované poznámky od mnohých autorov, ako aj praktický pohľad na jednotlivé techniky prinesie čitateľovi úžitok v tom, že nepotrebuje veľké znalosti z elektrotechniky, aby sa pustil do reštaurovania rádia z 20. a 30.rokov. Článok nezostane nemenný. Ak sa objavia novšie skúsenosti, prinesiem jeho inovovanú verziu.

8. Použitá literatúra

- [1] P.Hérmardinquer: Moderní radiofónní přístroje, 1927. Nakladatelstv9 E.Beaufort, Praha
- [2] Rádió késulekek és alkatrészek, reklamný katalóg Bárta és Társa, Budapest, 1931.
- [3] W.James: Domáci konstruktér. Příručka pro radioamatéry, 1925. Nakladelství Orbis Praha.
- [4] Regenerative and Reflex Receivers, Kim Smith and The Radio Electronique (internet)
- [5] Regenerace lamp. Reklamný prospekt, Ing.J.Schusta, Praha Karlín (30 roky)
- [6] Mars elektronky. Katalóg firmy NESVA, Brno
- [7] Foto zvodového mriežkového odporu. Eduard Pavlík, SR
- [8] JUDr. Aloiz Burda. Příručka pro účastníky radiofonního rozhlasu, 1926 (www.radiohistoria.sk)
- [9] Z.Vaníček. SEZNAM KONCESOVANÝCH VÝROBCŮ A JEJICH „RADIOFONNÍCH PŘÍSTROJŮ“ ČESKOSLOVENSKÉ PROVENIENCE SCHVÁLENÝCH MINISTERSTVEM POŠT A TELEGRAFŮ V ROCE 1925 (www.radiohistoria.sk)
- [10] M.Baudyš. Československé přijímače, SNTL, Praha, 1946.