

9. PŘELADITELNÉ VYSOKOFREKVENČNÍ GENERÁTORY

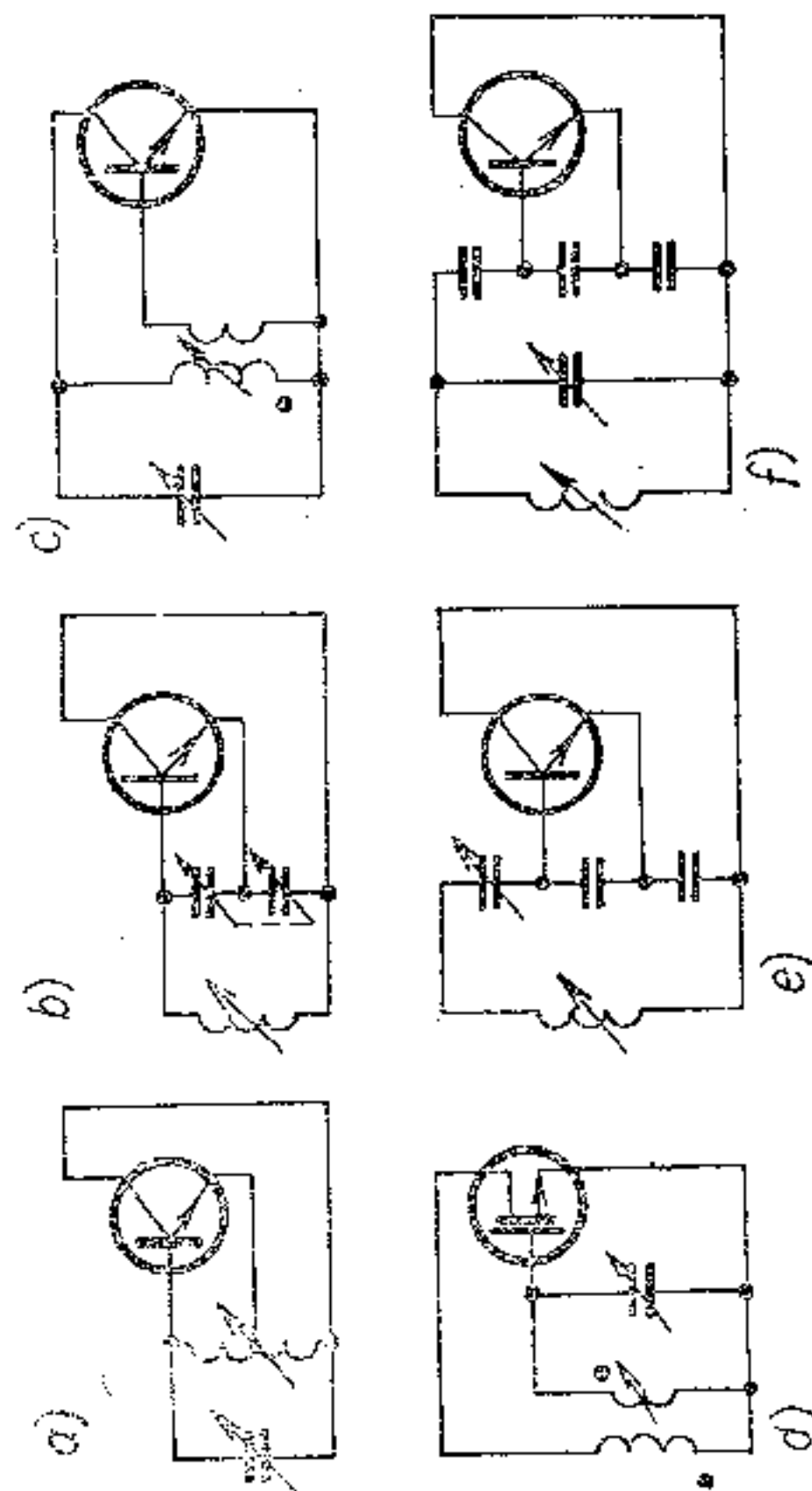
Návrh přeladitelných vysokofrekvenčních generátorů vychází ze stejných zásad jako návrh vysokofrekvenčních generátorů s pevným kmitočtem, uvedený v předcházející kapitole. Zde ještě nastává problém jak zachovat nastavené optimální pracovní podmínky při přeladování, a to v celém rozsahu požadovaného kmitočtového pásma. Z teorie vyplývá, že přeladování oscilátoru se změnou ladící součástky obecně mění podmínky vzniku a udržení kmitů. Oscilátor se musí na všech pracovních kmitočtech rozkmitat a ustálit amplitudu kmitů. To je zaručeno při určitém nadbytku výkonového zesílení aktivní součástky; přitom mez potřebného zesílení vyplývá z lineární teorie (viz kap. I.), a to z podmínky, že determinant linearizované soustavy představující oscilátor je roven nule. Naproti tomu příliš velký přebytek zesílení vede k tomu, že oscilátor dává signál s velkým obsahem vyšších harmonických kmitočtů, což působí odchylku kmitočtu od vlastního rezonančního kmitočtu kmitavého obvodu. U většiny oscilátorů se používá k omezení amplitudy nelinearity aktivní součástky (viz kap. II.). Pro tyto typy s kmitavým obvodem LC platí (viz kap. I., vztah (93)), že odchylka kmitočtu způsobená nelinearitou je přímo úměrná druhé mocnině činitele zesílení a nepřímo úměrná druhé mocnině činitele jakosti kmitavého obvodu. Větší přebytek zesílení tedy způsobuje rychlé zhoršování kmitočtové stálosti. Může se ovšem stát, že nastavíme-li malou rezervu zesílení, bude oscilátor v části rozsahu kmitat kmitky blízkými harmonickému průběhu a vykazovat dobrou kmitočtovou stabilitu, v jiné části kmitočtového rozsahu však nebude splněna podmínka vzniku kmitů a oscilátor vysadí.

U většiny oscilátorů se amplituda kmitů mění rovnoměrně s přebyt- kem zesílení, takže stoupání nebo klesání amplitudy při přeladování oscilátoru upozorňuje na zvětšování nebo zmenšování nadbytečného

Tab. 2.

Typ oscilátoru	Amplituda kmitů směrem k vyšším kmitočtům při	
	ladění kapacitou	ladění indukčností
Hartley	stoupá	klesá
Colpitts	stoupá	klesá
Meissner	stoupá	klesá
Schnell	stoupá	klesá
Gouriet-Clapp	rychle klesá	klesá
Seller	stoupá	klesá

výkonového zesílení aktivní součástky oscilátoru. Tab. 2 znázorňuje chování nejběžnějších typů oscilátorů při ladění změnou indukčnosti L nebo kapacity C . Předpokladem je, že mezní kmitočet aktivního prvku je alespoň o řád vyšší než pracovní kmitočet oscilátoru. Pro přehlednost je popis oscilátorů v tab. 2 ve stejném pořadí jako jejich schematické znázornění na obr. 87, kde jsou vyznačeny šipkami proměnné ladící součástky.



Obr. 87. Schematický přehled zapojení často používaných oscilátorů: a) Hartleyův; b) Colpittsův; c) Meissnerův; d) Schnellův; e) Gourietův—Clappův; f) Selerův

Základními požadavky při přeladování oscilátorů jsou stálost amplitudy a dosažení co nejmenšího zkreslení. Při splnění těchto požadavků je zaručeno, že kmitočtová stálost oscilátoru nebude citelně ovlivněna nelinearitou prvku omezujícího amplitudu kmitů. Uvedené požadavky jsou protichůdné a v praxi je třeba najít přijatelný kompromis.

Velmi dobrých výsledků lze dosáhnout úpravou kmitavého obvodu přidáním dalších reaktančních prvků, které svým vlivem kompenzují do značné míry změny činitele jakosti obvodu LC a změny činitele vazby obvodu LC s aktivním prvkem při přeladování. Tímto problémem se podrobně zabýval Vackář [1], který vytvořil různá zapojení oscilátorů, které vykazují velmi dobrou kmitočtovou stálost při možnosti značného přeladování kmitočtu. Zapojení oscilátoru s malým kolísáním amplitudy je založeno na této úvaze [1]. Kmitavý obvod LC v rezonanci představuje rezistanci R_0 , jeho ztráty musí hradit aktivní součástka (elektronka nebo tranzistor). Do tří uzlů kmitavého obvodu jsou připojeny elektrody aktivní součástky (mřížka, katoda, anoda elektronky, báze, emitor, kolektor tranzistoru). Kmitavý obvod má transformanční účinky, které lze znázornit schematicky podle obr. 88, kde je obvod LC nahrazen pro rezonanci odporem R_0 .

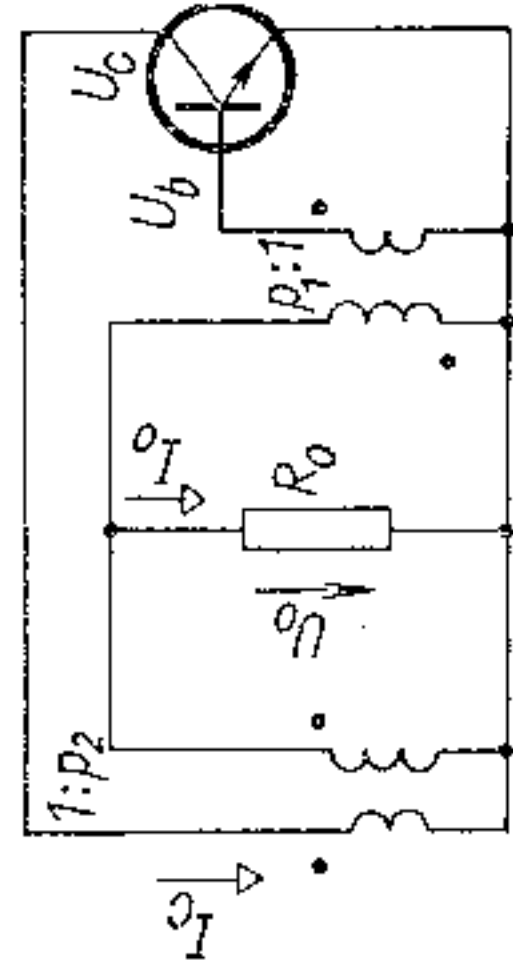
$$R_0 = Q\omega L$$

(233)

Napětí U_0 na obvodu se transformuje do báze tranzistoru transformacním poměrem p_1 , z kolektoru na odpor R_0 poměrem p_2

$$U_b = \frac{1}{p_1} U_0 \quad (234)$$

$$U_c = \frac{1}{p_2} U_0 \quad (235)$$



Obr. 88. Zjednodušené náhradní schéma oscilátoru s tranzistorem

nedbat vůči jeho výstupnímu výkonu. Potom je výstupní proud I_c

$$I_c = g_{21e} U_b \quad (236)$$

Pro udržení kmitů musí tranzistor hradit ztráty odporu R_0 , tedy musí být

$$R_0 \left(I_c \frac{1}{p_2} \right)^2 = \frac{U_0^2}{R_0} \quad (237)$$

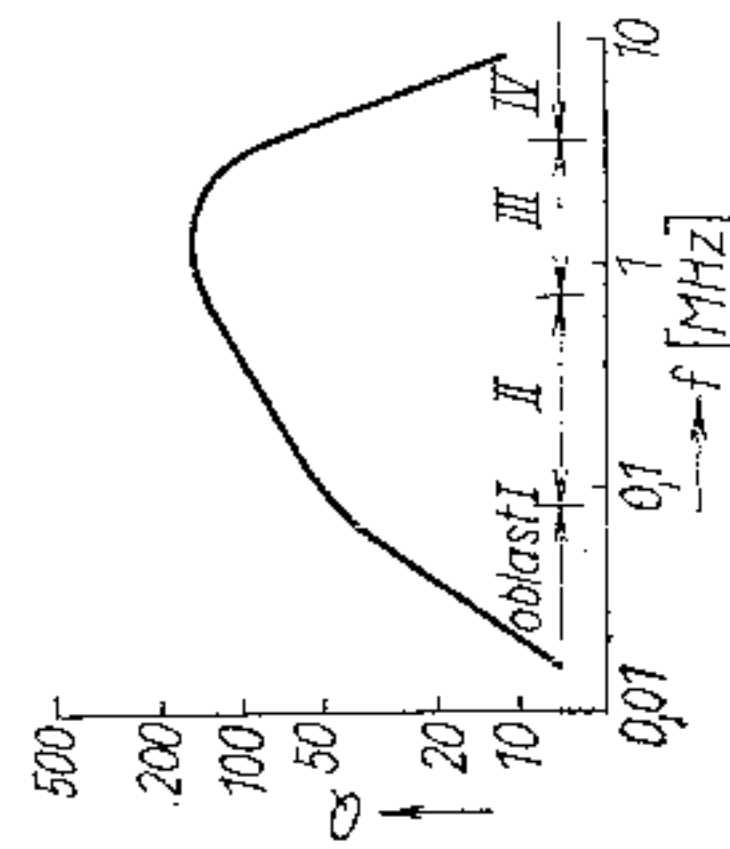
Po dosazení ze vztahů (234), (235), (236) dostaneme pro strmost podmínku

$$g_{21e} = \frac{p_1 p_2}{R_0} \quad (238)$$

Vztah (238) určuje minimální strmost g_{21e} potřebnou pro činnost oscilátoru.

Transformační převody p_1 a p_2 jsou při ladění oscilátoru buď stálé, nebo proměnné, jestliže je proměnný ladící prvek zařazen v části obvodu určující převod p . Avšak ani při stálých převodech p_1 a p_2 není podmínka (238) splněna nezávisle na kmitočtu, protože odpor R_0 je na kmitočtu závislý podle vztahu (233). Navíc činitel jakosti Q je poměrně složitou funkcí kmitočtu. Typická závislost Q je na obr. 89. V obrázku lze rozlišit čtyři kmitočtové pásma, v nichž se průběh Q navzájem liší. Nejčastěji se pracuje v oblasti III, kde lze pokládat Q přibližně za konstantní.

Máme-li dosáhnout toho, aby výraz $R_0/p_1 p_2$ byl nezávislý na kmitočtu, musíme vazební transformační prvky mezi aktivní součástkou a kmi-



Obr. 89. Závislost činitele jakosti Q obecné cívky na kmitočtu

tavým obvodem vytvořit tak, aby součin $p_1 p_2$ měl závislost na kmitočtu právě takovou, jako odpor R_0 .

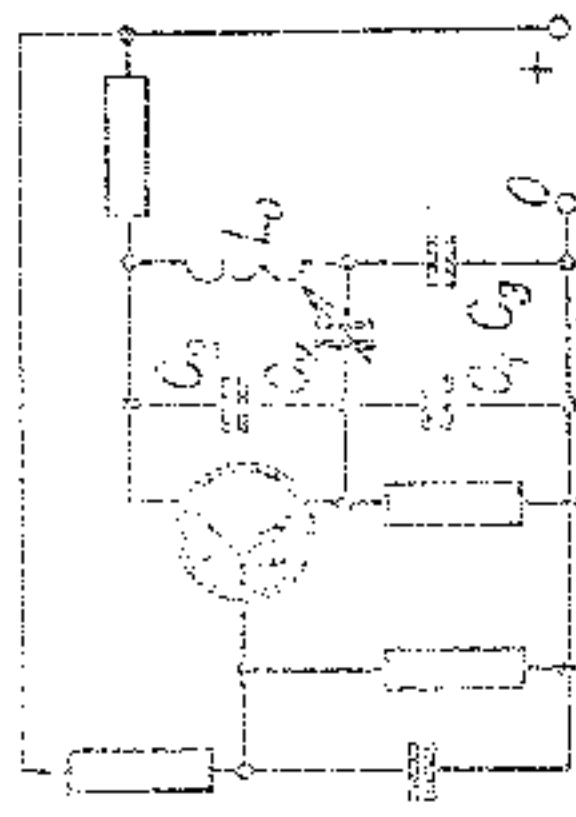
To je základní myšlenka, na níž jsou založeny Vackářovy oscilátory. Prvním oscilátorem tohoto druhu byl oscilátor nazvaný V 45 (ostatní typy se nazývají vždy podle roku vzniku zapojení). Pro tento oscilátor, znázorněný na obr. 90, lze odvodit vztahy

$$p_1 = \omega^2 L C_2 \quad (239)$$

$$p_2 = \frac{C_1 + C_3}{C_3} \cdot \frac{\omega^2 L C_2}{\omega^2 L C_2 - 1} \quad (240)$$

Podmínka oscilační pak zní

$$g_{21e} = \frac{\omega C_2}{Q \left(1 - \frac{1}{\omega^2 L C_2} \right) C_1 + C_3} \quad (241)$$



Obr. 90. Vackářův oscilátor V 45 s tranzistorem

Pokud je činitel Q nezávislý na kmitočtu, lze derivací podle kmitočtu zjistit, že strmost g_{21e} je sice obecně závislá na kmitočtu, avšak má velmi ploché minimum v oblasti, kde

$$p_1 = \omega^2 L C_2 = 3 \quad (242)$$

Pro střední úhlový kmitočet ladícího rozsahu ω_0 a činitel jakosti na tomto kmitočtu Q_0 je

$$p_1 = 3 \quad (243)$$

$$p_2 = 3 \quad (244)$$

$$C_1 = C_3 \quad (245)$$

Z toho vyplývají tyto hodnoty součastí:

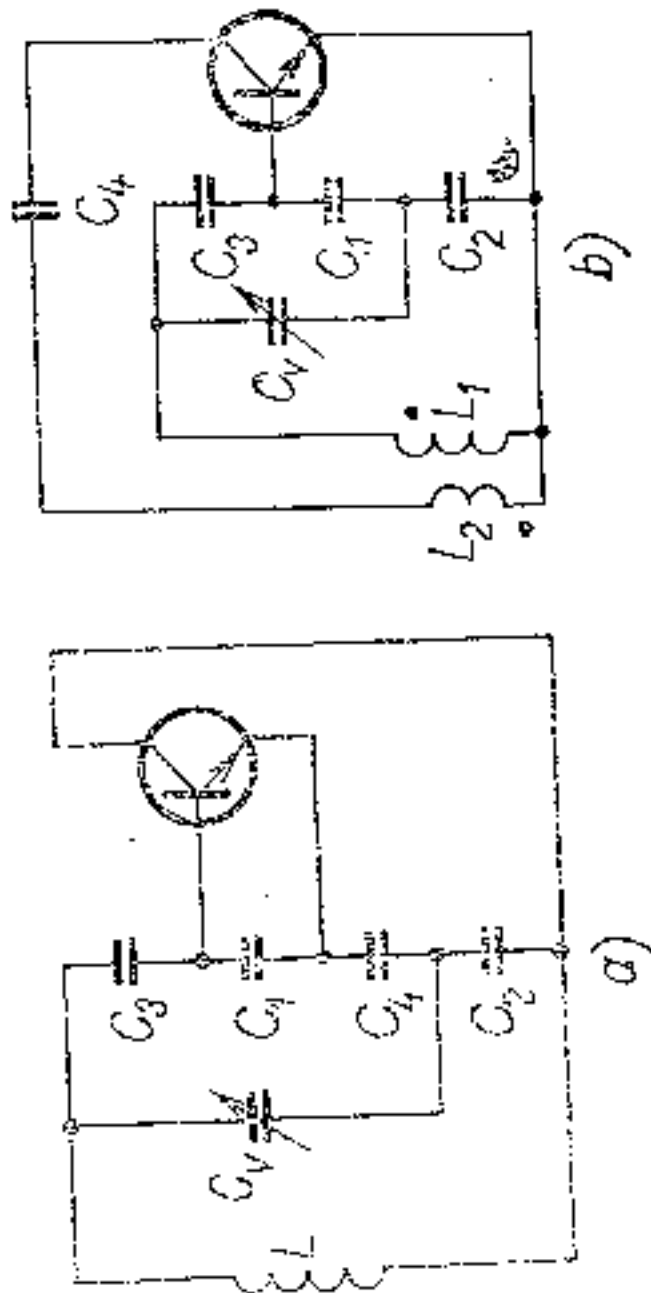
$$\omega_0 L = \frac{9}{g_{21e} Q_0} \quad (246)$$

$$\frac{1}{\omega_0 C_2} = \frac{\omega_0 L}{3} \quad (247)$$

$$C_{v0} = \frac{C_3}{2} = \frac{C_2}{2} \quad (248)$$

kde C_{v0} je ladící kapacita pro střední úhlový kmitočet rozsahu ω_0 .

Podobně je možné odvodit optimální hodnoty součástek pro další zapojení V 47 a V 57 na obr. 91a) a 91b) [1]. Oscilátor V 47:



Obr. 91. Vackářový oscilátory:
a) typ V 47; b) V 57

$$\omega_0 L = \frac{Q_0}{4g_{21e}} \cdot \frac{\omega_0^4}{\omega_{\max}^4} \quad (249)$$

$$\frac{1}{\omega_0 C_2} = \frac{1}{4g_{21e}} \cdot \frac{\omega_0^2}{\omega_{\max}^2} \quad (250)$$

$$C_{v0} + C_3 = \frac{1}{\omega_0^2 L} \quad (251)$$

$$C_3 = C \frac{\omega_0^2}{\omega_{\max}^2 - \omega_0^2} \quad (252)$$

$$C_4 = 2C_1 = \frac{4g_{21e}}{\omega_0} \quad (253)$$

$$\omega_0 L_1 = \frac{1}{\omega_0(C_{v0} + C_3)} \quad (254)$$

$$p_0 = \sqrt{\omega_0 L_1 Q_0 g_{21e}} \quad (255)$$

$$L_2 = L_1 / k p_0 \quad (256)$$

$$C_4 = 1 / \omega_0^2 L_2 \quad (257)$$

$$C_3 = (C_{v0} + C_3) \frac{\omega_0^2}{\omega_{\max}^2} \quad (258)$$

$$C_2 = (C_{v0} + C_3) 2p_0 \quad (259)$$

$$C_1 = 2p_0 C_3 \quad (260)$$

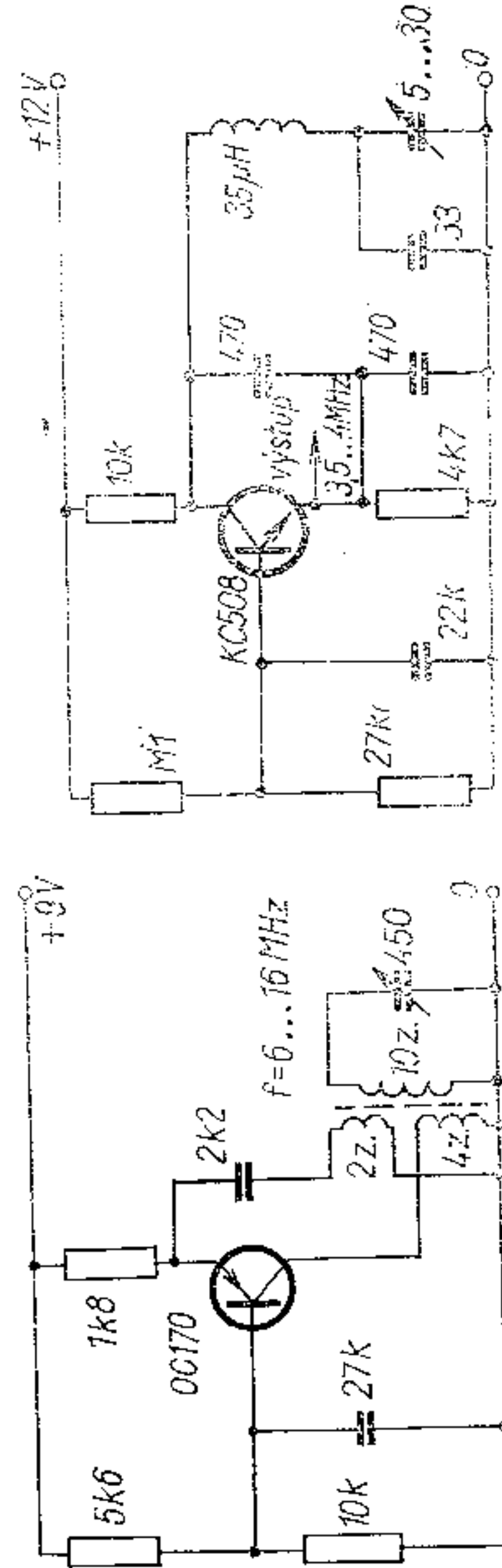
kde $\omega_{\max}$ je nejvyšší úhlový kmitočet ladícího rozsahu.

Při návrhu oscilátorů tohoto typu se přihlíží k velikosti strmosti g_{21e} použitého tranzistoru ve zvoleném pracovním bodě a hodnoty zapojení se vypočítají podle výše uvedených vztahů. V knize [1] jsou podrobně popsána ještě další zapojení oscilátorů (V 50 a V 56) a jsou uvedeny hodnoty součástek také pro jiné oblasti Q , než je oblast III.

Oscilátor typu V 57 umožňuje přeladování se stálou amplitudou v rozsahu 1 : 2,5 za předpokladu stálého Q (oblast III), pro Q v oblasti II s jinými hodnotami součástek až 1 : 3.

Podobný oscilátor V 45 je oscilátor Deaconův [1], který však vyžaduje dvojí ladící kondenzátor; dává přibližně tytéž výsledky jako oscilátor Vackářův. V praxi se často nevyžaduje velká kmitočtová stálost přeladitelných oscilátorů a používá se jednoduchých zapojení.

V tranzistorových přijímačích pro příjem dlouhých, středních a krátkých vln se nejčastěji používá oscilátor s induktivní zpětnou vazbou a laděným obvodem v kolektoru nebo v bázi (Meissnerův nebo Schnellův). Rozsah ladění je až 1 : 3 a ladí se obvykle otočným kondenzátorem. V tom případě se navrhuje oscilátor tak, aby podmínka oscilace byla splněna na nejnižším kmitočtu ladícího rozsahu (viz tab. 2). Příklad zapojení je na obr. 92 [6].



Obr. 92. Zapojení oscilátoru tranzistorového přijímače pro krátkovlnné pásmo

Obr. 93. Gourietův-Clappův oscilátor pro kmitočtové pásmo 3,5 MHz až 4 MHz

Pro malý rozsah ladění je vhodný oscilátor Gourietův-Clappův, při ladění kondenzátorem jej lze používat pro rozsah nejvýše 1 : 1,15 [1], při ladění cívkou až 1 : 1,5. Příklad zapojení je na obr. 93. Podobný oscilátor v zapojení Seilerovč je uveden v lit. [7].

LITERATURA

- [1] Vackář, J.: Vysíláče I. Teoretické základy. SNTL, Praha 1960, s. 113—134.
- [2] Hoffner, V.: Směšovače a oscilátory. SNTL, Praha 1964, s. 102—125.
- [3] Hozman, J.: Amatérská stavba vysílačů a přijímačů. Naše vojsko, Praha 1963, s. 15—18.
- [4] Čermák, J., Navrátil, J.: Tranzistorová technika. SNTL, Praha 1967, s. 277—303.
- [5] Szerszen, J.: Generatory tranzystorowe. Wydawnictwa naukowo-techniczne, Warszawa 1961, s. 136—140.
- [6] Tranzistorový přijímač TESLA 2818B. Sdělovací technika, 1968, č. 9, s. 355—358.
- [7] Diefenbach, W. W.: Abstimmbarer Transistor-Oszillator für 3,5 MHz. Funktechnik, 1970, č. 10, s. 380.