Radiový KONSTRUKTÉR Svazarmu
Plánky a návody Amatérského radia

ROČNÍK II • 1956 • ČÍSLO 4

UDRŽET ZÁJEM O RADIOTECHNIKU

Zimní období, kdy je v našich organisacích nejživější sezóna kursů, je už pomalu za námi. Stovky lidí, kteří ještě loni hleděli s posvátnou úctou na rozhlasový přijimač, dovedou dnes již obratně opravit složité elektronické zařízení a mnozí z nich se dokonce mohou odvážit zasednout ke klíči kolektivní vysílací stanice. To je nesporný klad, který nám přinesla minulá zima díky obětavosti těch vyspělejších radistů, kteří svůj volný čas ochotně věnovali vyučování v základních kursech radiotechniky.

Nebylo by však správné se domnívat, že provedením kursů a úspěšnými závěrečnými zkouškami věc končí a že nástupem jara je konec „kursové" sezóně. Soudruzi, kteří jste již takové kursy pořádali, dali jste si práci spočítat, jak to dopadlo s hospodárností takového kursu s hlediska Svazarmu? Kurs se pořádal v místnostech, opatřených Svazarmem. Používalo se pomůcek a materiálu, který pro tento účel zapůjčil nebo docela věnoval Svazarm. Účastníci za celé technicky náročné školení nemusili zaplatit ani korunu – a tu shledáváme, že část i z těch, kteří celý kurs vydrželi bez absence, se po skončení kursu stáhne do svých domovských ulit a zhotovuje si jednoduchoučké přijimače nebo spravuje přijimače všem známým. A tato část absolventů nebývá malá.

Přemýšleli jste, jakou ztrátu tito lidé pro Svazarm znamenají? Ne, nechceme vyčítat náklad, který byl vynaložen na jejich vyškolení; vždyť zvýšená kvalifikace kteréhokoli občana se určitě společnosti během času vyplatí. Ta ztráta je mnohem citelnější v tom, že takto odpadlý absolvent se mnohdy již nadobro spokojí s těmi základními znalostmi, které získal v krátkém kursu. A ten, který má zájem o prohlubování vědomostí, se pak ve své osamocenosti prokousává mnohem tíže a zdlouhavěji všemi problémy, které se mu při dalším studiu vyskytnou. Zůstanou-li absolventi kursu dále v kolektivu, jde jejich sebevzdělávání mnohem rychleji kupředu jak ku prospěchu jejich, tak k prospěchu společnosti. Sezóna kursů tedy nekončí zkouškami, ale pokračuje po celý rok dál. A tady je úkol pro ty, kterým naše práce přirostla k srdci: soudruzi, nepřipusťte, aby po skončení zimy činnost v základní organisaci, SDR nebo klubu ochabla. Zájem o váš kolektiv udržíte u nových členů jen tehdy, najdou-li v kolektivu větší možnost k rozvinutí svých zájmů nežli ve svém koutečku doma. Vymýšlejte pro ně zajímavé náměty pro jejich práci, pomozte jim radou tam, kde by se zalekli obtížného úkolu. Tato práce je pro vás obtížnější jen letos – podaří-li se vám ji dovést do konce, budou již napřesrok z těchto zapálených lidí vaši pomocníci při získávání dalších nových. To, co zde říkáme, není žádným novým objevem. Je to zkušenost ze všech masových organisací – ROH, SČSP, ČSM. Živá a zajímavá činnost ve všech organisačních stupních je jedinou pevnou zárukou, že nově získaní členové se nestanou „papírovými", ale budou iniciativně a nadšeně plnit hlavní úkol Svazu pro spolupráci s armádou: masové šíření branných znalostí. A taková živá činnost je současně i nejkrásnějším darem, kterým se budeme moci pochlubit na I. sjezdu Svazarmu příští měsíc v Praze!

POMOCNÍK RADIOKONSTRUKTÉRA

Poslední doba je jistě velmi plodná na radiotechnickou literaturu všeho druhu, původní i přeloženou, obecnou i silně specialisovanou. V nemalé míře se tak ovšem děje vinou špatné koordinace edičního plánování, takže několik nakladatelství vydává současně publikace podobného, ne-li stejného obsahu.

Přesto radioamatéři i pracovníci technických kádrů potřebují často některé méně běžné vzorce které si nelze stále pamatovat, nomogramy, návrhy výstupních transformátorů, korekčních filtrů a hlavně výrobní údaje, jež se vůbec těžko opatřují – zvláště pro mimopražské pracovníky. Vyhledávání jich v literatuře je pracné a zabere mnoho času.

Předkládáme proto v dalším takový stručný výtah potřebných početních vzorců, nomogramů a tabulek, ale i hodnot transformátorových plechů, vf železových jader, keramických kondensátorů čs. výroby atd.

Škoda jen, že nedostatek místa nedovoluje uveřejnit více materiálu, jak tomu bylo na př. v dávno rozebrané a stále hledané autorově příručce Radiotechnika do kapsy.

SLÁVA NEČÁSEK

1.0. VŠEOBECNÁ ČÁST.

1.1 Obecné a elektrotechnické symboly

A – starší znak práce
B – magnetická indukce
B – jalová vodivost
b – šířka (rozměr)
C – elektrická kapacita
c – rychlost světla
D – dielektr. posunutí
d – průměr
δ – ztrátový úhel
E – elektromotor. síla (ems)
e – okamžitá hodnota ems
ε – dielektrická konstanta
η – účinnost
F – magnetomotor. síla
f – kmitočet, frekvence
Φ – magnetický tok
G – elektr. vodivost ($= 1/R$)
g – zisk, zesílení
H – intensita magnet. pole
h – výška, hloubka
I – elektrický proud
i – okamžitá hodnota proudu
$\varkappa$ – spec. vodivost ($= 1/\varrho$)
L – indukčnost
l – délka
Λ – magnet. vodivost
λ – délka vlny
M – vzájemná indukčnost
m – hmota
μ – magnetická permeabilita
$\mathcal{N}$ – závity (dříve též výkon)
P – elektrický výkon, příkon
p – poměr, převod
Q – elektrické množství
Q – činitel jakosti
R – elektrický odpor
r – poloměr
R_m – magnet. odpor (reluktance)
ϱ – specifický (měrný) odpor
S – obecný znak plochy
σ – hustota el. proudu
T – doba trvání 1 periody
U – elektrické napětí
u – okamžitá hodnota napětí
V – objem, obsah
V – elektrický potenciál
v – rychlost obecně
W – energie; práce
X – reaktance, jalový odpor
Y – admitance, zdánlivá vodivost ($G + j\,B$)
Z – impedance, zdánlivý odpor ($R + j\,X$)
z – závity (na př. Az = ampérzávity)

1.2. Znaky použitých jednotek

A – ampér, jednotka el. proudu
C – coulomb (ampérsekunda)
dB – decibel, logarit. poměr
F – farad, jednotka kapacity
G – gauss, jedn. magnet. indukce
H – henry, jednot. indukčnosti
Hz – hertz, jednotka kmitočtu
J – joule, výkon 1 Ws
M – maxwell, jedn. magnet. toku
N – newton, jednotka síly
N – neper, logar. poměr
Oe – oersted, jedn. magn. pole
Ω – ohm, jednotka el. odporu
S – siemens, jedn. el. vodivosti
V – volt, jednotka napětí
VA – voltampér, výkon st proudu
W – watt, činný výkon st proudu
Wb – weber, jednot. magnet. toku

1.3. Dekadické násobky a zlomky

jednotek, platné ve střední Evropě.

10^{-12} – piko, p	10^{-3} – mili, m	10^{0} – jednotka	10^{3} – kilo, k
10^{-9} – nano, n,	10^{-2} – centi, c	10^{1} – deka, D	10^{6} – mega, M
10^{-6} – mikro, μ	10^{-1} – deci, d	10^{2} – hekto, h	10^{9} – giga, G

Příklad: 1 μF = 10^{-6} F; 1 kΩ = 1000 Ω

1.4. Řecká abeceda

A α – alfa, B β – beta, Γ γ – gamma, Δ δ – delta, E ε – epsilon, Z ζ – zeta, H η – eta, Θ ϑ – theta I ι – jota, K $\varkappa$ – kappa, Λ λ – lambda, M μ – my, N ν – ny, Ξ ξ – xi, O o – omikron, Π π – py, P ϱ – rho, Σ σ – sigma, T τ – tau, Y υ – ypsilon, Φ φ – fi, X x – chi, Ψ ψ – psi, Ω ω – omega.

2.0. ELEKTROTECHNICKÁ ČÁST

Vysvětlení ke vzorcům: Údaje v hranaté závorce vpravo značí jednotky, v nichž musíme do vzorců dosazovat, postupně od levé ruky k pravé. Hodnota před rovnítkem je oddělena středníkem. Na př. ve vzorci

$$U = I R \quad [\mathrm{V}; \mathrm{A}, \Omega]$$

dostaneme napětí U ve voltech, dosadíme-li proud I v ampérech a odpor R v ohmech.

Násobení v algebraických rovnicích se neznačí ani tečkou, na př. 2 krát π krát f píšeme $2\pi f$.

2.1. Důležité základní vztahy

a) Ohmův zákon

vyjadřuje závislost mezi napětím U, proudem I a odporem R.

Napětí

$$U = I R \quad [\mathrm{V}; \mathrm{A}, \Omega] \qquad (2.1.-1)$$

proud

$$I = \frac{U}{R} [\mathrm{A}; \mathrm{V}, \Omega] \qquad (2.1.-2)$$

odpor

$$R = \frac{U}{I} [\Omega; \mathrm{V}, \mathrm{A}] \qquad (2.1.-3)$$

Závislost výkonu P na napětí U, proudu I a odporu R

$$P = U I = \frac{U^2}{R} = R I^2$$

$$[\mathrm{W}; \mathrm{V}, \mathrm{A}; \mathrm{V}, \Omega; \Omega, \mathrm{A}] \qquad (2.1.-4)$$

Z daného výkonu P osamotíme napětí

$$U = \frac{P}{I} = \sqrt{P R} \; [\mathrm{V}; \mathrm{W}, \mathrm{A}; \mathrm{W}, \Omega] \qquad (2.1.-5)$$

proud

$$I = \frac{P}{U} = \sqrt{\frac{P}{R}} \; [\mathrm{A}; \mathrm{W}, \mathrm{V}; \mathrm{W}, \Omega] \qquad (2.1.-6)$$

nebo odpor

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{P}{I^2} \; [\Omega; \mathrm{V}, \mathrm{W}; \mathrm{W}, \mathrm{A}] \qquad (2.1.-7)$$

Příklady: Odpor, který by srazil žhavicí napětí elektronky ze 6,3 V na 4 V (tedy o 2,3 V) při proudu 1,7 A podle (2.1. – 3) $R = \frac{2,3}{1,7} = 1,35\ \Omega$.

Jaký druh (typ) odporu potřebujeme do katody EL11, má-li mít hodnotu 150 Ω a protéká-li jím 40 mA? (2.1. – 4) $P = 150 \cdot 0,04^2 = 0,24$ W.

b) *Kirchhoffovy zákony.*

I. V proudovém uzlu algebraický součet proudů přitékajících a odtékajících je roven nule

$$\Sigma I_p - \Sigma I_o = 0 \quad \text{[A nebo mA]} \qquad (2.1. - 8)$$

jinak vyjádřeno: Proud (součet proudů) do uzlu přitékající je roven součtu proudů odtékajících

$$\Sigma I_p = \Sigma I_o \quad \text{[A nebo mA]} \qquad (2.1 - 9)$$

II. V uzavřeném obvodu je algebraický součet ems (napětí) roven součtu součinů odporů jednotlivých větví a protékajících proudů

$$\Sigma U = \Sigma R I$$
$$\text{[V; } \Omega\text{, A nebo V; k}\Omega\text{, mA]} \qquad (2.1. - 10)$$

neboli: proud všech větví je dán součtem součinů jejich vodivosti a napětím na nich

$$\Sigma I = \Sigma G U \quad \text{[A; S, V]} \qquad (2.1. - 11)$$

Vodivost

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U} \text{[S; } \Omega\text{,; A, V]} \qquad (2.1. - 12)$$

a z toho

$$R = \frac{1}{G} \text{[}\Omega\text{; S]} \qquad (2.1. - 13)$$

Příklad: V universálním přijimači chceme elektronku CF7 (žhavicí napětí 13 V, proud 0,2 A) nahradit výprodejní RV12P2000 o napětí 12,6 V a proudu 0,08 A. Jaký odpor musíme k ní paralelně připojit? (Malý rozdíl 0,4 V lze zanedbat.) Označme odpor vlákna staré elektronky R_1, nové R_2 a jejich vodivosti G_1 a G_2. Podle (2.1. - 12) $G_1 = \frac{0,2}{13} = 0,01539$ S a $G_2 = \frac{0,08}{13} = 0,00615$ S. Přidaný odpor musí mít vodivost 0,01539 — 0,00615 = 0,00924 S, čemuž odpovídá (2.1. – 13) odpor $R = \frac{1}{0,00924} = 108,2\ \Omega$.

c) *Zákon Jouleův*

Elektrická energie se na odporu mění v teplo. Jeho množství

$$Q = 0,239\ U I t = 0,239\ I^2 R t$$
$$\text{[cal; V, A, vt; A, } \Omega\text{, vt]} \qquad (2.1. - 14)$$

Q = množství vyvinutého tepla v kaloriích, t = čas ve vteřinách.

Příklad: Odporem 500 Ω teče proud $I = 0,25$ A. Za 10 min (= 600 vt) se vyvine teplo
$Q = 0,239 \cdot 0,25^2 \cdot 500 \cdot 600 = 4490$ cal $\doteq$ $\doteq 4,5$ kcal.

2.2. Odpor vodičů a změna s teplotou

Odpor vodičů (drátů, šňůr, lan)

$$R = \varrho \frac{l}{S} \text{[}\Omega\text{; } \Omega\text{m/mm}^2\text{, m, mm}^2\text{]} \qquad (2.2. - 1)$$

R je odpor v Ω, ϱ = specifický (měrný) odpor materiálu l = délka vodiče v m, S jeho průřez v mm²,

Kruhový průřez má plochu

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \text{[mm}^2\text{; mm]} \qquad (2.2. - 2)$$

Příklad: 100 m drátu Cu ∅ 0,2 mm ($S = 0,0314$ mm²) má odpor

$$R = 0,0175 \frac{100}{0,0314} = 557\ \Omega.$$

Odpor se mění s teplotou. Běžně se uvádí vzorec

$$R_t = R_{20} [1 + \alpha (t - 20)] \text{[}\Omega\text{; } \Omega\text{, °C]} \qquad (2.2. - 3)$$

α = teplotní součinitel, R_{20} = odpor při 20 °C, t = oteplení, R_t = výsledný odpor.

Úpravou vzorce (2.2. – 3) dostaneme výhodnější tvar

a) pro změnu odporu ΔR v %

$$\Delta R = \frac{R_t - R_{20} \cdot 100}{R_{20}} =$$
$$= 100\, \alpha\, (t - 20) \text{[\%; } \Omega\text{, °C]} \qquad (2.2. - 4)$$

b) pro zjištění oteplení Δt ve °C

$$\Delta t = t - 20 = \frac{\Delta R}{100\,\alpha} \text{ [°C; °C, \%]} \qquad (2.2.-5)$$

Zvýšení odporů měděných (s dostatečnou přesností i hliníkových) vodičů oteplením ukazuje tabulka:

ΔR v %:	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Δt ve °C:	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
	50	55	60	65	70	75	88	100	113	125

Mezilehlé hodnoty určíme početně ze vzorců (2.2. – 4) a (2.2. – 5).

Příklady: Vinutí síťového transformátoru má při 20 °C odpor 80 Ω. Po zahřátí v provozu odpor stoupl na 96 Ω, t. j. o 20 %, čemuž odpovídá oteplení $\Delta t = 50$ °C; výsledná teplota $t = 50 + 20 = 70$ °C.

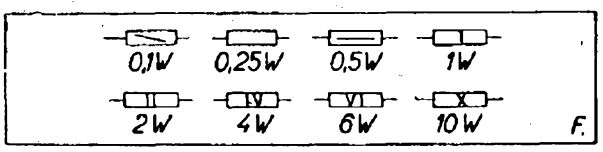
Budicí vinutí reproduktoru má odpor 2 000 Ω. Po skončeném provozu je jeho teplota 55 °C, čili oteplení

$$\Delta t = 55 - 20 = 35 \text{ °C.}$$

Odpor stoupne (podle tabulky) o 14 %, t. j. na $1{,}14 \cdot 2\,000 = 2\,280$ Ω.

2.3. Zatížitelnost odporů schematicky

Druh (typ) odporu podle wattového zatížení se ve schematech znázorňuje čarami nebo číslicí ve znaku odporu (obr. 2 – 1).



Obr. 2 - 1

2.4. Spojování odporů

Nejčastěji se spojují 2 odpory (nebo 2 skupiny). Výsledný odpor

a) *paralelně* (obr. 2 - 2)

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \text{ [Ω, kΩ nebo MΩ]} \qquad (2.4.-1)$$

Z toho určíme neznámý druhý odpor

$$R_2 = \frac{R_1 R}{R_1 - R} \text{ [Ω, kΩ nebo MΩ]} \qquad (2.4.-2)$$

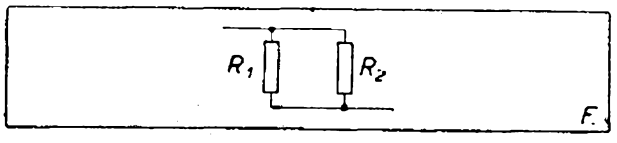
b) *v serii* (obr. 2 - 3)

$$R = R_1 + R_2 \ldots + R_n \text{ [Ω, kΩ nebo MΩ]} \qquad (2.4.-3)$$

Příklady: Jaký výsledný odpor dává 30 kΩ a 60 kΩ paralelně?
Podle (2.4. – 1)

$$R = \frac{30 \cdot 60}{30 + 60} = \frac{1\,800}{90} = 20 \text{ kΩ.}$$

Jakou hodnotu musíme připojit paralelně k odporu 1 000 Ω, abychom dostali 800 Ω? Podle (2.4. – 2)

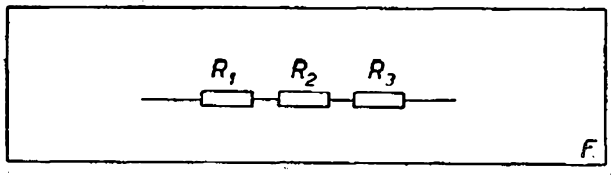


Obr. 2 - 2

$$R_2 = \frac{1\,000 \cdot 800}{1\,000 - 800} = \frac{800\,000}{200} = 4\,000 \text{ Ω.}$$

Jakou hodnotu dá 120 Ω a 50 Ω v serii? Podle (2.4. – 3)

$$R = 150 + 20 = 170 \text{ Ω.}$$



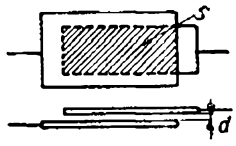
Obr. 2 - 3

2.5. Kapacita kondensátorů

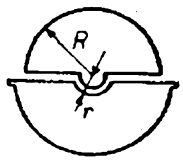
Kondensátor o 2 deskách (polepech) má kapacitu

$$C = \frac{\varepsilon S}{0{,}9 \cdot 4\,d} = 0{,}0885\,\frac{\varepsilon S}{d} \text{ [pF; cm², cm]} \qquad (2.5-1)$$

ε = relativní dielektrická konstanta isolantu, S = plocha kryjících se částí desek v cm², d = tloušťka dielektrika (u vzduchového kondensátoru vzájemná vzdálenost desek) podle výkresu na obr. 2 – 4).



Obr. 2 - 4



Obr. 2 - 5

Kondensátor o n polepech.

$$C = 0{,}0885 \frac{\varepsilon S (n - 1)}{d}$$

[pF; cm², cm] (2.5. – 2)

n = celkový počet polepů.

Otočný kondensátor s polokruhovými deskami.

Největší kapacita

$$C = \frac{\varepsilon (n - 1) (R^2 - r^2)}{0{,}9 \cdot 8\, d} = 0{,}138 \frac{\varepsilon (n - 1) (R^2 - r^2)}{d}$$

[pF; cm², cm] (2.5. – 3)

Vzduchový otočný kondensátor (kruhový)

$$C = \frac{0{,}138 (n - 1) (R^2 - r^2)}{d}$$

[pF; cm², cm] (2.5. – 4)

d = vzdálenost desek od sebe, R = vnější poloměr rotoru, r = poloměr výřezu pro osu ve statoru (obr. 2–5).

Příklady: Vzduchový kondensátor o 2 deskách 1,5 × 2 cm a 0,6 mm od sebe vzdálených má kapacitu (2.5. – 1)

$$C = 0{,}0885 \cdot 3/0{,}06 = 4{,}4 \text{ pF}.$$

Kondensátor se 7 polepy 1,25 × 2 cm účinné plochy má dielektrikem slídu s konstantou $\varepsilon = 6$, silnou 0,1 mm. Kapacita kondensátoru je podle (2.5. – 2)

$$C = 0{,}0885 \frac{6 \cdot 2{,}5 (7 - 1)}{0{,}01} \doteq 795 \text{ pF}.$$

Krátkovlnný vzduchový otočný kondensátor s 9 polokruhovými deskami vnějšího poloměru rotoru R = 3 cm, poloměr výřezu ve statoru r = 1 cm. Plechy jsou od sebe vzdáleny 1,6 mm. Podle (2.5. – 4) je největší jeho kapacita

$$C = \frac{0{,}138 \cdot 8 (9 - 1)}{0{,}16} = 55 \text{ pF}$$

2.6. Spojování kondensátorů

a) *paralelní*

spojení několika kapacit je podobné, jako *seriové* spojování odporů a platí pro ně stejné vzorce [kapitola 2.4., rovnice (2.4. – 3)]. Místo znaku odporu R používáme ovšem symbolu kapacity C.

b) *seriové*

Pro toto spojení kapacit platí stejná pravidla, jako pro *paralelní* odpory (2.4. – 1) a (2.4. – 2).

V Dodatku je přehledný nomogram s návodem pro podobné účely (obr. 3 – 5 IV. strana obálky).

2.7. Spojování indukčností

Několik indukčností možno spojit

a) *paralelně*

při čemž postupujeme stejně, jako při paralelním spojování odporů; poslouží nám vzorce (2.4. – 1) a (2.4. – 2) nebo nomogram v Dodatku (str. IV. obálky).

b) *seriově*

podobně, jako spojujeme do serie odpory (2.4. – 3). Symboly odporů R samozřejmě zaměníme za znaky indukčnosti L.

2.8. Výpočet indukčnosti vinutí

2.8.1. Vysokofrekvenční vzduchové cívky

1. Válcová (solenoid) o 1 vrstvě (obr. 2 – 6).

Indukčnost

$$L = \frac{\pi^2 N^2 d^2 \cdot 10^{-8}}{l \left(1 + 0{,}45 \frac{d}{l}\right)} \text{ [}\mu\text{H; cm]}$$

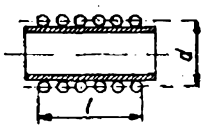
(2.8. – 1)

L = indukčnost v μH, d = průměr cívky až do osy drátu, l = osová délka vinutí, N = počet závitů.

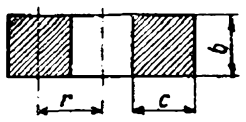
Z toho závity pro danou indukčnost

$$N = \sqrt{\frac{L\, l \left(1 + 0{,}45 \frac{d}{l}\right)}{\pi^2 d^2 \cdot 10^{-8}}} \text{ [}\mu\text{H, cm]}$$

(2.8. – 2)



Obr. 2 - 6



Obr. 2 - 7

2. Vinutí o více vrstvách (křížové) je-li r, b i c přibližně stejné

$$L = \frac{0{,}315\, r^2 N^2}{6r + 9b + 10c} \; [\mu\text{H, cm}] \qquad (2.8.-3)$$

r = střední poloměr (do poloviny výšky vinutí, obr. 2 – 7), b = šířka cívky, c = výška vinutí, vesměs v cm.

Počet závitů takové cívky

$$N = \sqrt{\frac{L\,(6r + 9b + 10c)}{0{,}315\, r^2}} \; [\mu\text{H, cm}] \qquad (2.8.-4)$$

Příklady: Válcová cívka průměru d = 3 cm nese v 1 vrstvě 80 závitů drátu 0,3 mm, 2× hedvábím opředeného; osová délka vinutí l = 3 cm. Její indukčnost (2.8. – 1)

$$L = \frac{9{,}87 \cdot 6400 \cdot 9 \cdot 10^{-3}}{3\left(1 + 0{,}45\,\frac{3}{3}\right)} = 131\ \mu\text{H}.$$

Křížové vinutí o středním poloměru r = 7 mm, výška vinutí c = 6 mm a šířka b = 5 mm má 400 závitů 0,15 mm, smalt + hedvábí. Indukčnost (2.8. – 3)

$$L = \frac{0{,}315 \cdot 0{,}7^2 \cdot 400^2}{6 \cdot 0{,}7 + 9 \cdot 0{,}5 + 10 \cdot 0{,}6} = \frac{24\,700}{14{,}7} = 1680\ \mu\text{H} = 1{,}68\ \text{mH}.$$

2.8.2. Vf cívky se železovým jádrem

Použitím speciálního vf železa se zvýší indukčnost i činitel jakosti Q proti cívkám vzduchovým a navíc lze měnit indukčnost – podle druhu jádra – v rozmezí ± 10 ÷ 15 %.

Železová jádra Tesla jakosti A jsou určena pro kmitočty do 2 MHz. Lepší druh D 2 (značený žlutou skvrnou) je pro kmitočty vyšší.

Indukčnost cívek se železovým jádrem

$$L = k\,N^2 \; [\mu\text{H}] \qquad (2.8.-5)$$

kde k je konstanta účinnosti příslušného jádra, N jsou závity.

Z toho potřebný počet závitů

$$N = \sqrt{\frac{L}{k}} \; [\mu\text{H}] \qquad (2.8.-6)$$

K vypočtené hodnotě přidáme asi 5 % závitů pro možnost změny indukčnosti.

Příklad: Šroubové jádro M7 × 13 mm má pro střední vlny konstantu k = 0,0125. Kolik závitů navineme křížově pro indukčnost L = 180 μH? Podle rovnice (2.8. – 6)

$$N = \sqrt{\frac{180}{0{,}0125}} = \sqrt{14\,400} = 120\ \text{z.}$$

Přidáme-li ještě + 5 % = 6 závitů, navineme cívku o 126 závitech.

Šroubová jádra, jichž se používá nejčastěji, mají při stejném typu různý vliv na indukčnost podle rozměrů cívky (vinuté obvykle na trolitulové kostřičce). Tak pro šroubové jádro Tesla NT-N 045 rozměrů M7 × 13 mm v kostřičce WA 20614 je k podle výsledků praxe:

Jádro M7 × 13 (2.8. – 7)

Jednovrstvová (kv) cívka $k \doteq 0{,}011$

Křížově vinutá (sv) cívka $k \doteq 0{,}0125$

Křížově vinutá (dv) cívka $k \doteq 0{,}0145$

Z toho důvodu neuvádí výrobce činitele k, ale t. zv. poměrnou permeabilitu μ_r, poměr indukčnosti cívky s vloženým železovým jádrem k indukčnosti téhož vinutí bez jádra

$$\mu_r = \frac{L_{Fe}}{L_0} \; [\mu\text{H}] \qquad (2.8.-8)$$

U šroubových jader Tesla M4 × 10 až M10 × 25 je μ_r = 1,3 až 2.

U plášťových („hrnečkových") jader, kde vinutí je zcela uzavřeno vf železem, na př. Tesla NT-N 046, se dá činitel k spíše určit (ačkoli ho výrobce ani zde neudává); průměrně je – pro druhy výprodejní i nové výroby – pro

plášťová vf jádra (2.8. – 9)

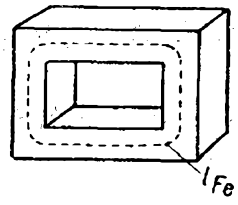
$$k \doteq 0{,}034$$

2.8.3. Indukčnost vinutí se železným jádrem
(pro nf kmitočty)

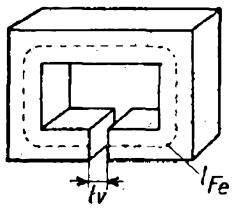
1. *uzavřeným* (obr. 2 – 8)

$$L = \frac{4\pi \mathcal{N}^2 \mu S_{Fe}}{10^9 l_{Fe}} \text{ [H; cm}^2\text{, cm]} \qquad (2.8.-10)$$

S_{Fe} = účinný („čistý") průřez železného jádra v cívce (cm²), μ = permeabilita plechů, l_{Fe} = délka magnet. cesty (= délka střední siločáry) v cm, $\mathcal{N}$ = počet závitů.



Obr. 2 - 8



Obr. 2 - 9

Použijeme-li hodnoty magnetického odporu (reluktance) R_m, je indukčnost

$$L = \frac{4\pi \mathcal{N}^2 \cdot 10^{-9}}{R_m} = \frac{12{,}56\, \mathcal{N}^2 \cdot 10^{-9}}{R_m} \text{ [H]} \qquad (2.8.-11)$$

kde reluktance (obecně)

$$R_m = \frac{l}{\mu S} \text{ [cm, cm}^2\text{]} \qquad (2.8.-12)$$

l = délka siločáry v železe nebo ve vzduchové mezeře, S = průřez magnetické cesty v cm².

2. *Je-li železné jádro přerušeno* vzduchovou mezerou (obr. 2 – 9) je výsledná indukčnost

$$L = \frac{4\pi \mathcal{N}^2 \cdot 10^{-9}}{\frac{l_{Fe}}{\mu S_{Fe}} + \frac{l_v}{S_v}} \text{ [H; cm, cm}^2\text{]} \qquad (2.8.-13)$$

kde l_v = délka magnet. cesty vzduchem = šířce vzduchové mezery, S_{Fe} = plocha průřezu účinné části jádra, S_v bývá vlivem rozptylu siločar o něco větší ($S_v = 1{,}05 \div 1{,}2\, S_{Fe}$); pro malé vzduchové mezery lze v praxi tento rozdíl zanedbat, takže počítáme $S_v = S_{Fe}$.

Při velké vzduchové mezeře můžeme naopak zanedbat vůbec vliv magnetické cesty železem (délka siločáry l_{Fe}).

Přibližná indukčnost pro tento případ

$$L \approx 0{,}4\pi \frac{S_{Fe}}{l_v} \mathcal{N}^2 \cdot 10^{-8} \text{ [H; cm}^2\text{, cm]} \qquad (2.8.-14)$$

Příklad: 2 800 závitů je navinuto na železném jádře o účinném průřezu S_{Fe} = 2 cm² se vzduchovou mezerou l_v = 0,4 mm. Její indukčnost je přibližně (2.8. – 14)

$$L = 1{,}256 \frac{2}{0{,}04}\, 2\,800^2 \cdot 10^{-8} = 4{,}9 \text{ H.}$$

2.8.4. Stanovení vzduchové mezery

Protéká-li vinutím se železným jádrem – kromě střídavé složky – také stejnosměrný proud, musí jádro mít určitou vzduchovou mezeru, aby nenastalo magnetické přesycení železa. To je případ filtračních a nf tlumivek, mezistupňových a výstupních transformátorů.

Potřebnou velikost vzduchové mezery zjistíme snadno a dostatečně přesně z grafu na str. 129, který platí pro obvyklý materiál na tato jádra, ocelový plech se 4 % křemíku.

Na vodorovné ose je intensita magnetického pole $H = \mathcal{N}I/l_{Fe}$ [Az/cm], na svislé hodnota $\frac{LI^2}{V}$ kde L = indukčnost v H, I = ss proud v A a V = objem železa v cm³. Křivka udává poměr $a = \frac{l_v}{l_{Fe}}$.

Potřebné vztahy:

$$H = \mathcal{N}I/l_{Fe} \qquad (2.8.-15)$$

(H = magnetické pole, $\mathcal{N}$ = závity, I = proud v A, l_{Fe} = střední siločára v cm)

$$V = S_{Fe} \cdot l_{Fe} \qquad (2.8.-16)$$

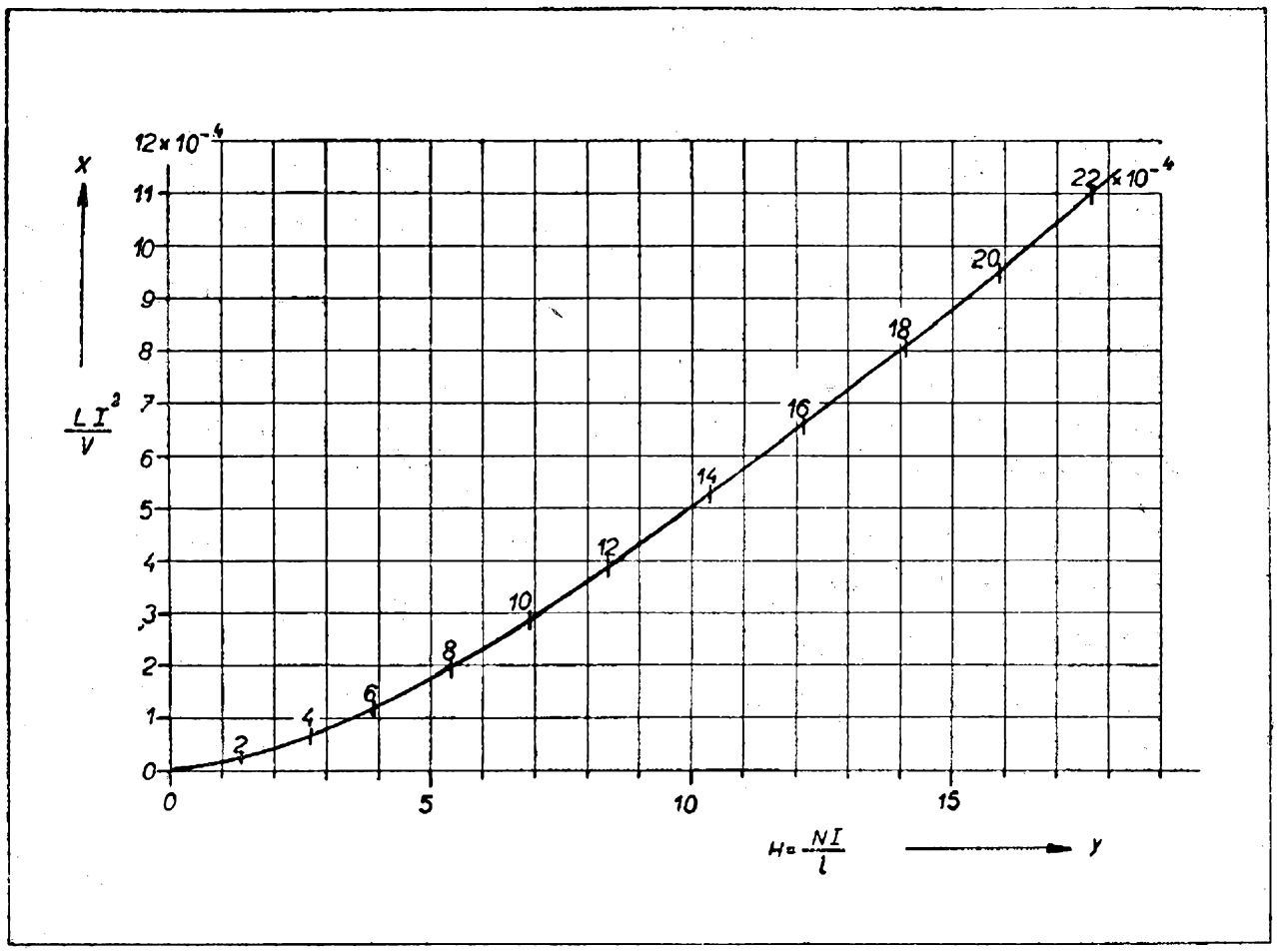
(V = objem železného jádra, S_{Fe} = účinný průřez jádra).

Poměr délky vzduchové mezery k délce siločáry v železe

$$a = \frac{l_v}{l_{Fe}} \qquad (2.8.-17)$$

z čehož

$$l_v = a\, l_{Fe} \qquad (2.8.-18)$$



Graf pro výpočet vzduchové mezery.

a počet závitů

$$N = \frac{H \cdot l_{Fe}}{I} = \frac{NI}{l_{Fe}} \cdot \frac{l_{Fe}}{I} \quad (2.8.-19)$$

Příklad: Na jádro tvaru *E* s příložkou *I* čistého průřezu $S_{Fe} = 3$ cm² a délky magnetické siločáry $l_{Fe} = 10$ cm chceme navinout tlumivku o indukčnosti $L = 8$ H při proudu $I_{ss} = 50$ mA.

Postup: Určíme hodnotu $LI^2 = 8 \cdot 0{,}05^2 = 0{,}02$. Objem železa (2.8. – 16) $V = 3 \cdot 10 = 30$ cm³, takže $\frac{LI^2}{V} = \frac{0{,}02}{30} = 0{,}000666 \doteq 6{,}7 \cdot 10^{-4}$. Tuto hodnotu vyhledáme na svislé ose *x*; vedeme odtud vodorovnou přímku, až protne křivku *a*, což se stane v bodě 16.

Je tedy (2.8. – 17) $\frac{l_v}{l_{Fe}} = 16 \cdot 10^{-4}$, takže vzduchová mezera má mít podle (2.8. – 18) šířku

$l_v = 0{,}0016 \cdot 10 = 0{,}016$ cm $= 0{,}16$ mm. (Protože u jádra tvaru *E/I* je magnetický tok přerušen dvakrát, oddálíme příložku od jádra o $\frac{0{,}16}{2} = 0{,}08$ mm vložením stejně silného impregnovaného papíru). Z bodu 16 na křivce *a* spustíme kolmici a dostaneme na vodorovné ose *y* hodnotu magnetomotorické síly $H = 12{,}2$. Z toho podle vztahu (2.8. – 19) určíme pro žádanou indukci počet závitů

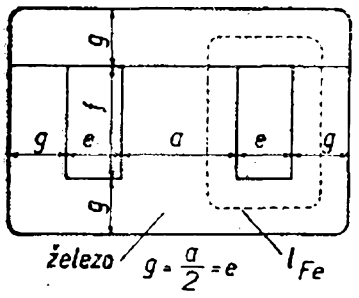
$$N = \frac{12{,}2 \cdot 10}{0{,}05} = 2\,440 \text{ závitů.}$$

Průměr drátu je dán proudem (viz síťový transformátor); pro 50 mA je $d = 0{,}16$ mm.

2.9. Délka střední siločáry

Železné jádro bývá nejčastěji tvaru písmene E s příložkou I (obr. 2 – 10) nebo tvaru M. U jádra E/I je (při značení rozměrů podle výkresu) délka střední siločáry

$$l_{Fe} = 2\,(e + f) + \pi g \quad [\text{cm; cm}] \quad (2.9.-1)$$



Obr. 2 - 10

Pro plechy tvaru M je příslušný výkres v Dodatku, obr. 3 – 2, str. 155 (Čs transformátorové plechy).

Příklad: Plech podle výkresu 2 – 10 má rozměry: $e = 1{,}2$ cm, $f = 3{,}2$ cm, $g = 1{,}2$ cm. Délka jeho střední siločáry (2.9. – 1)

$$l_{Fe} = 2\ (1{,}2 + 3{,}2) + 3{,}14 \cdot 1{,}2 = 8{,}8 + 3{,}77 = 12{,}57 \text{ cm.}$$

2.10. Zatižitelnost neznámých tlumivek

U tlumivek se železným jádrem, na nichž není údaj o proudovém zatížení (na př. výprodejní druhy), můžeme zjistit dovolený stejnosměrný proud z její přípustné wattové zatižitelnosti.

Zatížení volíme

$$P = 1 \div 1{,}5\ [\text{W}] \quad (2.10. - 1)$$

podle velikosti a provedení.

Z toho určíme dovolený proud

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}}\ [\text{A; W}, \Omega] \quad (2.10. - 2)$$

kde R je ohmický odpor vinutí, který změříme stejnosměrným ohmmetrem.

Příklad: Tlumivka střední velikosti má ohmický odpor $R = 260\ \Omega$. Zvolíme-li zatížení $P = 1{,}25$ W, smí tlumivkou protékat nejvýše proud (2.10. – 2)

$$I = \sqrt{\frac{1{,}25}{260}} = \sqrt{0{,}0048} \doteq 0{,}07 \text{ A.}$$

2.11. Síťový transformátor

nemá ss magnetisace ani úmyslně vytvořené vzduchové mezery. Proto plechy překládáme střídavě a účelně volíme tvar plášťový, vcelku vyseknutý.

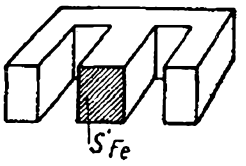
Postup výpočtu síťových transformátorků pro menší výkony (běžné druhy v přijimačích a zesilovačích):

Čistý (netto) průřez jádra, nečítaje isolaci plechů (lak či papír nebo okuje)

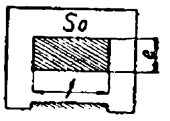
$$S_{Fe} = c \sqrt{\frac{P_p}{f}}\ [\text{cm}^2\text{; VA, Hz}] \quad (2.11. - 1)$$

c = konstanta, daná jakostí plechů, běžně $7 \div 9$, P_p = celkový primární příkon (včetně ztrát) ve VA, f = kmitočet sítě v Hz.

Hrubý (bito) průřez jádra (obr. 2 – 11)



Obr. 2 - 11



Obr. 2 - 12

$$S'_{Fe} = \frac{S_{Fe}}{\varkappa}\ [\text{cm}^2\text{; cm}^2] \quad (2 \cdot 11 - 2)$$

$\varkappa$ = činitel plnění plechů v jádře; pro polepené papírem $\varkappa = 0{,}83 \div 0{,}9$, lakované a oxyd. $\varkappa \doteq 0{,}95$.

Při známé šířce sloupku $\check{s}$ najdeme výšku jádra (paketu)

$$h_{Fe} = \frac{S'_{Fe}}{\check{s}}\ [\text{cm; cm}^2\text{, cm}] \quad (2.11. - 3)$$

Příkon (primární výkon) je větší než výkon odebíraný

$$P_p = \frac{\Sigma P_s}{\eta}\ [\text{VA; VA}] \quad (2.11. - 4)$$

P_p = příkon ve VA, ΣP_s = součet sekundárních výkonů, η = účinnost transformátorů (pro menší druhy asi $0{,}8 \div 0{,}85$).

Počet závitů jednotlivých vinutí

$$N = \frac{U \cdot 10^8}{4{,}44\, f\, B\, S_{Fe}}\ [\text{z; V, Hz, G, cm}^2] \quad (2.11. - 5)$$

pro magnetické sycení (indukci) $B = 10\,000\ G = 1$ Wb/m²

$$N \doteq \frac{45 \cdot U}{S_{Fe}}\ [\text{z; V, cm}^2] \quad (2.11. - 6)$$

Podle jakosti železa můžeme volit i větší hodnotu sycení.

Průměr drátu vinutí

$$d \doteq \sqrt{\frac{I}{2}}\ [\text{mm; A}] \quad (2.11. - 7)$$

(pro zatížení $\sigma = 2{,}55$ A/mm²) nebo z nomogramu v Dodatku (obálka, str. III).

Proud anodového vinutí usměrňovací elektronky podle Kammerlohera

$$I_{ef} \doteq \frac{I_{ss} \cdot \sqrt{2}}{p} \text{ [mA; mA]} \quad (2.11.-8)$$

I_{ef} = ef hodnota střídavého proudu, I_{ss} = stejnosměrný odebíraný proud, p = počet cest usměrnění.

Podle jiných pramenů je vzhledem k oteplení nutno dimensovat anodové vinutí bohatěji a to
pro jednocestné usměrnění

$$I_{ef} = 2{,}2\ I_{ss} \text{ [mA; mA]} \quad (2.11.-9)$$

pro dvojcestné usměrnění

$$I_{ef} = 1{,}1\ I_{ss} \text{ [mA; mA]} \quad (2.11.-10)$$

V praxi zcela postačí (dvojcestně)

$$I_{ef} = I_{ss} \text{ [mA; mA]} \quad (2.11.-11)$$

Předběžnou kontrolu vhodnosti rozměru plechu podle velikosti (plochy) S_o okénka a primárního příkonu P_p provedeme podle vzorce

$$P_p \leq 0{,}6\ S'_{Fe}\ S_o \text{ [VA; cm}^2\text{]} \quad (2.11.-12)$$

S'_{Fe} = hrubý průřez jádra, S_o = plocha okénka v cm² (obr. 2 – 12).

Korekce ztrát v mědi počtem závitů.

Ohmický odpor vinutí působí ztrátu napětí jak v primárním, tak i v sekundárním vinutí. Proto na primáru ubereme 3÷5 % závitů z vypočtené hodnoty (více při slabším drátu a větším počtu závitů), takže počet primárních závitů bude

$$N_p = N \cdot 0{,}97 \div N \cdot 0{,}95 \quad (2.11.-13)$$

kde N = vypočtený počet závitů na 1 volt.

Na sekundárních vinutích přidáváme 4÷8 %, podle vzdálenosti vinutí od jádra

$$N_s = N \cdot 1{,}04 \div N \cdot 1{,}08 \quad (2.11.-14)$$

Příklad výpočtu: Potřebujeme transformátor na síť 120 V pro přijimač s elektronkami EF9, EF6, EL3 a AZ1 a 2 žárovkami 6,3 V/0,3 A. Usměrnění zvolíme dvojcestné, st napětí na anodách usměrňovací elektronky 270 V_{ef}. Stejnosměrný odebíraný proud bude I_{ss} = = 60 mA.

Stanovíme odebíraný výkon: Proudy přijímacích elektronek a žárovek $I_ž = 0{,}2 + 0{,}2 + 0{,}9 + 2 \cdot 0{,}2 = 1{,}7$ A. Žhavicí napětí $U_ž = 6{,}3$ V · *a*) Žhavicí výkon $P_ž = 6{,}3 \cdot 1{,}7 = 10{,}7$ W · *b*) Výkon pro žhavení usměrňovačky. $P_u = 4 \cdot 1{,}1 = 4{,}4$ W. *c*) Anodový výkon poloviny sekundáru (bereme-li podle (2.11. – 11) $I_{st} = I_{ss}$)

$$P_a = 270 \cdot 0{,}06 = 16{,}2 \text{ W.}$$

Součet sekundárních výkonů, t. j. hodnot *a*), *b*), *c*), $\Sigma P_s = 10{,}7 + 4{,}4 + 16{,}2 = 31{,}3$ W.

Účinnost $\eta \doteq 0{,}8$, proto primární příkon (2.11. – 4)

$$P_p = 31{,}3/0{,}8 = 39 \text{ W.}$$

Průřez účinného železa v jádře (2.11. – 1), volíme-li činitel c = asi 7,3 a při f = 50 Hz: $S_{Fe} = 7{,}3\ \sqrt{39/50} = 7{,}3\ \sqrt{0{,}78} = 6{,}5$ cm². Při činiteli plnění $\varkappa = 0{,}95$ je btto průřez (2.11. – 2) $S'_{Fe} = 6{,}5/0{,}95 = 6{,}85$ cm².

Použijeme normovaného plechu Ma 25 (viz Dodatek) o šíři středního sloupku $b = 2{,}5$ cm a rozměrech okénka pro vinutí 2 × 6,5 cm. Tloušťka svazku z těchto plechů bude podle (2.11. – 3) $h_{Fe} = 6{,}85/2{,}5 = 2{,}75$ cm.

Zkouška vhodnosti rozměrů plechu: Plocha okénka $S_o = 2 \cdot 6{,}5 = 13$ cm². Podle (2.11. – 12) má být

$$P_p \leq 0{,}6 \cdot 6{,}85 \cdot 13 \leq 53{,}4.$$

Ježto $P_p = 39$, platí vztah $39 < 53{,}4$; plech je dostatečný. (Případně zvolíme plech s okénkem menším a kontrolu opakujeme.)

Pro magnetickou indukci $B = 10$ kG je počet závitů na 1 V (2.11. – 6) 45/7 = 6,4 z/V.

Primár, po odečtení asi 4 % na ohmické ztráty, vyžaduje (2.11. – 13) $N_p = 6{,}4 \cdot 120 \cdot 0{,}96 = 736$ závitů.

Primární proud (2.1 – 6)

$$I_p = 39/120 = 0{,}325 \text{ A.}$$

Tomu odpovídá drát (2.11. – 7) průměru $d = \sqrt{0{,}325/2} = 0{,}39$ mm (použijeme 0,4 mm).

„Žhavicí" sekundár 2 × 3,15 V s připočtením asi 4 % podle (2.11. – 14)

$N_ž = 6{,}4 \cdot 6{,}3 \cdot 1{,}04 = 42$ závity. Drát pro proud 1,7 A má průměr

$$d = \sqrt{1{,}7/2} = 0{,}92 \text{ mm}$$

(vezmeme 0,9 nebo 0,95 mm).

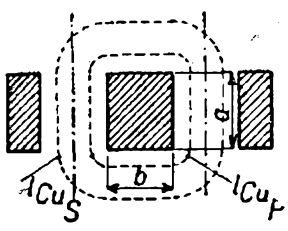
Anodové vinutí, každá polovina (přidány asi 4 %)
$N_a = 6{,}4 \cdot 270 \cdot 1{,}04 = 1\,800$ závitů.
Průměr drátu $d = \sqrt{0{,}06/2} = 0{,}18$ mm.
Žhavicí vinutí pro usměrňovačku + 5 %
$N_u = 6{,}4 \cdot 4 \cdot 1{,}05 = 27$ závitů, průměr drátu $d = \sqrt{1{,}1/2} = 0{,}75$ mm.

Návrhy transformátorků se s úspěchem provádějí pomocí nomogramu, ježto používané hodnoty jsou dosti pružné. Podobný nomogram je v Dodatku, str. III. obálky.

2.12. Délka středního závitu

Pro zjištění délky drátu a tím i odporu jakéhokoli vinutí (tlumivka, výstupní nebo síťový transformátor) používáme délky středního závitu, který můžeme předběžně zjistit i na jádře bez vinutí nebo na prázdné cívce. Střední závit totiž běží pomyslně uprostřed mezi největším a nejmenším průměrem příslušného vinutí. Jeho délku tvoří obvod sloupku železného jádra a obvod kruhu o průměru d, rovném vzdálenosti hledaného středního závitu od povrchu jádra (obr. 2 – 13)

$$l_{Cu} = 2\,(a + b) + \pi\, d \text{ [cm]} \qquad (2.12.-1)$$



Obr. 2 - 13

Předpokládáme-li cívku rozdělenou podélně na 2 části, primární a sekundární, je pro jádru bližší primár průměr zaoblení

$$d = \frac{o}{2} = 0{,}5o$$

(je-li o = šířce okénka), pro vzdálenější sekundár $d = 0{,}75\, o$.

Délka primárního středního závitu

$$l_{Cu_p} = 2\,(a + b) + 0{,}5\,\pi\, o \text{ [cm]} \qquad (2.12.-2)$$

délka středního závitu sekundáru

$$l_{Cu_s} = 2\,(a + b) + 0{,}75\,\pi\, o \text{ [cm]} \qquad (2.12.-3)$$

Příklad: Průřez jádra má rozměry $a = 2$ cm, $b = 2{,}5$ cm, šíře okénka $o = 1{,}5$ cm. Střední závit primáru (2.12. – 2) $l_{Cu_p} = 2\,(2 + 2{,}5) + 3{,}14 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}5 = 9 + 2{,}35 = 11{,}35$ cm. Sekundární střední závit $l_{Cu_s} = 2\,(2 + 2{,}5) + 0{,}75 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}5 = 9 + 3{,}53 = 12{,}53$ cm.

2.13. Výstupní transformátory

Převod

$$p = \sqrt{\frac{Z_p}{R_k}} \qquad (2.13.-1)$$

kde p = převod (poměr závitů), Z_p = primární impedance (výrobci udávají zatěžovací odpor R_a nebo při dvojčinných stupních $R_{a,a}$), R_k = střídavý odpor (impedance) kmitací cívky.

(Zatěžovací odpory pro jednoduchý stupeň a dvojčinné stupně třídy A a B jsou v kap. 2.25. Zatěžovací odpor elektronek.)

Impedance kmitací cívky

se určí, není-li udána, přibližně z jejího ohmického odporu

$$R_k \doteq 1{,}25\, r \qquad (2.13.-2)$$

kde R_k je impedance, r = stejnosměrný (ohmický) odpor cívky.

2.14. Návrh výstupních transformátorů

a) VT pro jednoduchý koncový stupeň třídy A.

VT pro jednu výkonovou elektronku musí být opatřen vzduchovou mezerou. Proto se primární indukčnost pohodlně počítá z grafu (str. 129) nebo jiným způsobem.

Průřez jádra

se určí z výkonu jako u transformátoru síťového (2.11. – 1), jen kmitočet se volí nižší ($f = 35 \div 50$ Hz) a konstanta c větší, na př.

$$S_{Fe} = 10\sqrt{\frac{P}{f}} \text{ [cm}^2\text{; W, Hz]} \qquad (2.14.-1)$$

U jakostních VT stanovíme průřez železa raději podle dvojnásobku výkonu a případně volíme ještě větší konstantu c:

$$S_{Fe} = c \sqrt{\frac{2P}{f}} \text{ [cm}^2\text{; W, Hz]} \qquad (2.14.-2)$$

kde $c = 10 \div 12$, f = dolní hraniční kmitočet.

Při primární impedanci $Z_p = R_a$ poklesne přenášené napětí o 30 % (= — 3 dB). Při větším Z_p je úbytek menší.

Optimální hodnota

$$Z_p = 2 \div 3\ R_a \text{ [}\Omega\text{ nebo k}\Omega\text{]} \qquad (2.14.-3)$$

V grafu (2 – 14) jsou přímo vyneseny závislosti úbytků v dB na primární indukčnosti pro $f = 50$ Hz.

Ježto ohmický odpor vinutí má být zanedbatelný proti impedanci

$$(R \leqq 0{,}05\ Z_p)$$

je prakticky

$$Z_p = \omega L_p \text{ [}\Omega\text{; H]} \qquad (2.14-4)$$

Z toho primární indukčnost VT

$$L_p \doteq \frac{Z_p}{\omega} \text{ [H; }\Omega\text{]} \qquad (2.14.-5)$$

kde ω je kruhový kmitočet, příslušný nejnižšímu požadovanému kmitočtu f.

Počet závitů pro tuto indukčnost a velikost vzduchové mezery pro zvolené jádro vypočteme způsobem, podrobně popsaným v kap. 2.8.4.

b) VT pro dvojčinný stupeň.

U nich není předmagnetisace ss proudem (magnetické pole obou částí primáru se ruší), a proto není třeba vzduchové mezery.

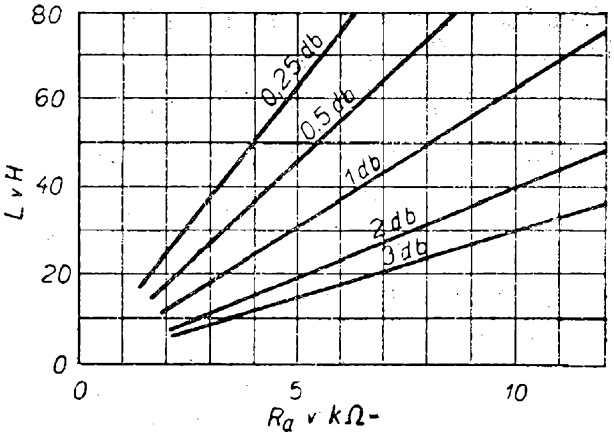
Stanovíme-li předem primární impedanci Z_p z udaného zatěžovacího odporu $R_{a,a}$, počítá se dále VT pro třídu A i B stejně.

Indukčnost primáru

$$L_p = \frac{Z_p}{\omega} = \frac{4\pi \mathcal{N}^2 \mu S_{Fe}}{l_{Fe} \cdot 10^9}$$

$$\text{[H; }\Omega\text{, Hz, cm}^2\text{, cm]} \qquad (2.14.-6)$$

(všechny symboly byly již dříve vysvětleny).



Obr. 2 - 14.

Průřez železa v jádře stanovíme obdobně jako u jednoduchého VT, na př. (2.14. – 1) nebo (2.14. – 2)

$$S_{Fe} = 10 \sqrt{\frac{2P}{f}} \text{ [cm}^2\text{; W, Hz]}$$

a počet primárních závitů

$$\mathcal{N} = \sqrt{\frac{10^9\, l_{Fe}\, L}{4\pi \mu S_{Fe}}} \text{ [cm; H, cm}^2\text{]} \qquad (2.14.-7)$$

(Permeabilita μ se volí blízko počáteční hodnoty (tab. VII, str. 159), na př. pro 4 % křemíkový plech 500 ÷ 800).

Příklad výpočtu: Dvojčinný VT třídy A pro 2 elektronky EL5. Údaje výrobce elektronek: Výkon $P = 19{,}5$ W, zatěžovací odpor od anody k anodě $R_{a,a} = 4\,500\ \Omega$, max. anodový proud 2 × 65 mA. Reproduktor má kmitačku $R_k = 8\ \Omega$. Impedance primáru zvolena $Z_p = 2\ R_a$. Vybrané plechy jádra mají délku magnetické siločáry $l_{Fe} = 19{,}7$ cm, šíře středního sloupku $a = 3$ cm, okénko má plochu 1,5 × 6,0 cm. Zvolený spodní kmitočet $f = 40$ Hz ($\omega = 6{,}28 \cdot 40 = 251$), permeabilita železa $\mu = 800$.

Jádro pro výkon asi 20 W (podle 2.14. – 2)

$$S_{Fe} = 10 \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{40}} = 10 \text{ cm}^2.$$

Činitel plnění $\varkappa = 0{,}9$, proto hrubý průřez jádra (2.11. – 2)

$$S'_{Fe} = 10/0{,}9 = 11 \text{ cm}^2.$$

Při šířce sloupku $a = 3$ cm bude tloušťka svazku (2.11. – 3)

$$h_{Fe} = 11/3 = 3{,}7 \text{ cm.}$$

Primární indukčnost (2.14. – 5)

$$L_p = \frac{2 \cdot 4\,500}{251} = \frac{9\,000}{251} = 36 \text{ H.}$$

Počet závitů na celém primáru (2.14. – 7)

$$N_p = \sqrt{\frac{10^9 \cdot 19{,}7 \cdot 36}{12{,}56 \cdot 800 \cdot 10}} = \sqrt{\frac{710 \cdot 10^9}{100 \cdot 10^3}} = \sqrt{7{,}1 \cdot 10^6} = 2\,660 \text{ záv.}$$

V polovině tohoto počtu, na 1 330. závitu vyvedeme odbočku na + pól anodového napětí.

Drát (2.11. – 7) pro $I_{max} = 0{,}065$ A, $d = \sqrt{0{,}065/2} = \sqrt{0{,}0325} = 0{,}18$ mm.

(S výhodou vineme obě poloviny primáru i sekundáru na 2 části přepažené cívky – lepší elektrická souměrnost a menší kapacita vinutí, která omezuje přenos vysokých tónů.)

Převod transformátoru (2.13. – 1)

$$p = \sqrt{\frac{4\,500}{8}} = \sqrt{526{,}5} = 23{,}8.$$

Sekundární vinutí $N_s = 2\,660/23{,}8 = 112$ záv. Sekundární proud (pro jistotu vzata účinnost $\eta = 0{,}9$)

$$I_s = \sqrt{\frac{20}{8}} \cdot 0{,}9 = \sqrt{2{,}5} \cdot 0{,}9 = 1{,}42 \text{ A}$$

a odpovídající průměr drátu (2.11. – 7)

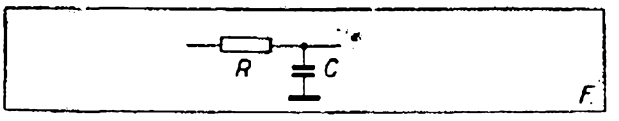
$$d = \sqrt{1{,}42/2} = \sqrt{0{,}71} \doteq 0{,}85 \text{ mm.}$$

Po skončeném výpočtu zkontrolujeme, zda se vinutí vejdou na cívku, případně zpětným postupem i výslednou indukčnost primárního vinutí.

2.15. Časová konstanta

Obvod: kondensátor – odpor

Nabíjí nebo vybíjí-li se kondensátor přes ohmický odpor, je velikostí obou složek dán čas, potřebný k nabití (vybití) kondensátoru na určenou část nejvyšší možné hodnoty napětí (U_{max}). To je podkladem výpočtu hodnot oddělovacích a filtračních obvodů (filtrace napětí stínicích mřížek, automatické regulace úniku a p.).



Obr. 2 - 16.

Kondensátor s odporem má časovou konstantu

$$\tau = -2{,}3\, C R \log (1 - U) \quad [\text{vt.; F, } \Omega\text{, V}] \qquad (2.15. - 1)$$

U = napětí na kondensátoru, C = kapacita ve F, R = odpor v Ω, τ = časová konstanta ve vt a f = kmitočet v Hz (obr. 2 – 16).

Pro střídavý proud

$$\tau = \frac{1}{f} \quad [\text{vt; H}] \qquad (2.15. - 2)$$

Obyčejně počítáme s napětím na kondensátoru $U = 0{,}632$ ($\doteq 63$ %) U_{max}; pak se vzorec (2.15. – 1) zjednoduší

$$\tau = CR \quad [\text{vt; } \mu\text{F, M}\Omega] \qquad (2.15. - 3)$$

Z toho potřebná kapacita

$$C = \frac{\tau}{R} \quad [\mu\text{F; vt, M}\Omega] \qquad (2.15. - 4)$$

a odpor

$$R = \frac{\tau}{C} \quad [\text{M}\Omega\text{; vt, } \mu\text{F}] \qquad (2.15. - 5)$$

Příklad: Filtrační odpor automatiky je 1 MΩ; jaká musí být kapacita v tomto obvodu, aby magické oko sledovalo pohotově změny vf napětí, nikoli ale modulaci?

Zvolíme τ pod nejnižším nf kmitočtem, na př. pro 20 Hz. Časová konstanta (2.15. – 2) $\tau = \frac{1}{20} = 0{,}05$ vt.

Kapacita (2.15. – 4)

$$C = 0{,}05 : 1 = 0{,}05\ \mu\text{F} = 50 \text{ nF.}$$

2.16. Kapacitní reaktance

(jalový odpor kondensátoru při střídavém proudu).

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad [\Omega\text{; F, Hz}] \qquad (2.16. - 1)$$

nebo pro C v μF

$$X_c = \frac{10^6}{2\pi f C} = \frac{1{,}59 \cdot 10^5}{f C}$$
$$[\Omega;\ \mu\text{F, Hz}] \qquad (2.16.-2)$$

Příklad: Kondensátor 5000 pF ($= 5 \cdot 10^{-3}$ μF) klade střídavému proudu o 50 Hz odpor (2.16. – 2)

$$X_c = \frac{1{,}59 \cdot 10^5}{50 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} \doteq 630\,000\ \Omega = 630\ \text{k}\Omega.$$

2.17. Induktivní reaktance

(jalový odpor indukčnosti při střídavém proudu).

$$X_L = \omega L = 2\pi f L = 6{,}28 f L$$
$$[\Omega;\ \text{H, Hz}] \qquad (2.17.-1)$$

Příklad: Tlumivka 25 H má při $f = 100$ Hz reaktanci (2.17. – 1)

$$X_L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 100 \cdot 25 = 15\,600\ \Omega.$$

2.18. Obvody R—C

Při rovnosti hodnot odporu R a kapacitní reaktance X_c je

$$R\,\omega\,C = 1 \quad [\Omega, \text{Hz, F}] \qquad (2.18.-1)$$

z čehož

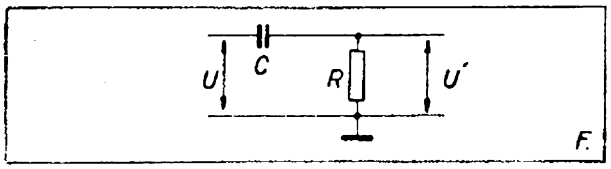
$$R = \frac{1}{\omega C} \quad [\Omega;\ \text{F, Hz}] \qquad (2.18.-2)$$

Při kmitočtu rovnosti (mezném) je poměr napětí U' na odporu (nebo kondensátoru) k celkovému napětí U obvodu (obr. 2 - 17).

$$p = \frac{U'}{U} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}707 \qquad (2.18.-3)$$

t. j. $U' \doteq 71\ \%\ U$, čili o 30 % (— 3 dB) menší. Při seriovém spojení R—C ubývá nižších kmitočtů o 6 dB (na polovinu) pro oktávu, t. j. pro poloviční kmitočet.

Při paralelním R—C ubývá naopak napětí *nad* mezným kmitočtem o 6 dB (na polovinu) pro oktávu (t. j. tón o dvojnásobném kmitočtu).



Obr. 2 - 17.

Zeslabení nebo zisk g pro n-oktáv od mezného kmitočtu

$$\mp g = \mp 2^n \qquad (2.18.-4)$$

(na př. pro 3 oktávy $g = 2^3 = 8$).

Kapacita pro podmínku rovnosti

$$C = \frac{10^6}{2\pi f R} = \frac{1{,}59 \cdot 10^5}{f R}$$
$$[\mu\text{F; Hz, }\Omega] \qquad (2.18.-5)$$

nebo

$$C = \frac{1{,}59 \cdot 10^8}{f R} \quad [\text{pF; Hz, k}\Omega] \qquad (2.18.-6)$$

Podobně odpor

$$R = \frac{1{,}59 \cdot 10^8}{f C} \quad [\text{k}\Omega;\ \text{Hz, pF}] \qquad (2.18.-7)$$

Mezný kmitočet

$$f = \frac{1{,}59 \cdot 10^8}{C R} \quad [\text{Hz; pF, k}\Omega] \qquad (2.18.-8)$$

Vztahy (2.18. – 5) až (2.18.-8) platí pro paralelní i seriové spojení R—C.

Příklad: V odporové vazbě má mřížkový svod koncové elektronky 500 kΩ. Jak velký musí být vazební kondensátor, aby mezný kmitočet (zeslabení o 30 %) byl 35 Hz? (2.18. – 6)

$$C = \frac{1{,}59 \cdot 10^8}{35 \cdot 500} = \frac{15 \cdot 9{,}10^7}{1{,}75 \cdot 10^4} = 9\,000\ \text{pF}.$$

Pro jiný poměr napětí než $p = 0{,}707$ platí pro seriový obvod R—C vztah

$$\frac{1}{\omega C} = R\frac{\sqrt{1-p^2}}{p} = R\frac{1}{a}$$
$$[\text{Hz, F; }\Omega;\ \Omega] \qquad (2.18.-9)$$

kde činitel

$$a = \frac{p}{\sqrt{1-p^2}} \qquad (2.18.-10)$$

Z toho kondensátor

$$C = \frac{1{,}59 \cdot 10^8 \cdot a}{f R} \quad [\text{pF; Hz, k}\Omega]$$
$$(2.18.-11)$$

a odpor

$$R = \frac{1{,}59 \cdot 10^8 \cdot a}{f C} \quad [\text{k}\Omega;\ \text{Hz, pF}]$$
$$(2.18.-12)$$

Pro poměr $p = 0{,}95$ činitel $a = 3$. Připustíme-li tudíž úbytek 5 % napětí, volíme C třikrát větší než jaké by vyšlo z kmitočtu rovnosti (mezného).

Příklad: Kondensátor odporové vazby, je-li následující odpor $R = 800$ kΩ a úbytek zesílení při 30 Hz smí činit jen 5 %, je podle (2.18. – 11)

$$C = \frac{1{,}59 \cdot 10^8 \cdot 3}{30 \cdot 800} = \frac{47{,}7 \cdot 10^7}{24 \cdot 10^3} \doteq 20 \text{ nF}.$$

2.19. Katodové kondensátory

Kondensátory, které blokují katodové odpory elektronek, se nemohou počítat z poměru $R = 1/\omega C$. Spolupůsobí tu negativní zpětná vazba, úměrná zisku (zesílení) stupně g. Kapacita je pak

$$C = \frac{159\, g\, a}{f R_a} \; [\mu\text{F; Hz, k}\Omega] \qquad (2.19.-1)$$

Pro paralelní spojení R—C (obr. 2 – 18) je činitel

$$a = \frac{p}{1 - p} \qquad (2.19.-2)$$

Zisk elektronek je obecně (2.24. – 7)

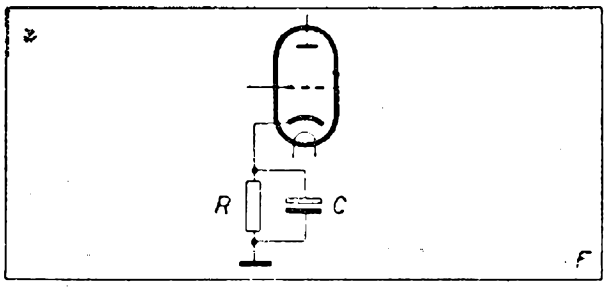
$$g = \frac{\mu R_a}{R_a + R_i} \; [\text{k}\Omega]$$

μ = zesilovací činitel, R_i = vnitřní odpor, R_a = vnější (zatěžovací) odpor elektronky.

Pro pentody, hexody a pod. elektronky lze vliv R_a zanedbat proti velkému R_i. U nich je (2.24. – 8)

$$g \doteq S_d \cdot R_a \quad [\text{mA/V, k}\Omega]$$

kde S_d = dynamická (pracovní) strmost (viz dále kap. 2.24. Elektronky).



Obr. 2—18.

Katodový kondensátor u pentod, hexod a j. elektronek

$$C = \frac{159\, Sd\, a}{f} \; [\mu\text{F; mA/V, Hz}] \qquad (2.19.-3)$$

Pro triody, které mají menší strmost a zisk, vyjde katodový kondensátor menší. Zato strmé koncové pentody vyžadují velikou hodnotu C.

Příklad: Koncová pentoda EL3 má pracovní strmost $S_d = 8$ mA/V. Aby na kmitočtu 40 Hz nenastalo větší zeslabení než 10 % [$p = 0{,}9$ a tedy podle (2.19. – 2) $a = \frac{0{,}9}{1 - 0{,}9} = 9$] byla by paralelní kapacita v katodě

$$C = \frac{159 \cdot 8 \cdot 9}{40} \doteq \frac{114 \cdot 10^2}{40} \doteq 285\ \mu\text{F}.$$

2.20. Elektrická jakost obvodů

Cívka: Činitel jakosti

$$Q = \frac{2\pi f L}{R_z} = \frac{\omega L}{R_z} \; [\text{Hz, H, }\Omega] \qquad (2.20.-1)$$

Ztrátový činitel

$$d = \operatorname{tg} \delta = \frac{R_z}{\omega L} = \frac{1}{Q} \; [\Omega\text{, Hz, H}] \qquad (2.20.-2)$$

R_z je ztrátový odpor, součet všech odporů obvodu (ohmický, vysokofrekvenční a pod.)

Kondensátor: Činitel jakosti

$$Q = \frac{1}{2\pi f C R_z} = \frac{1}{\omega C R_z} \; [\text{Hz, F. }\Omega] \qquad (2.20.-3)$$

2.21. Resonanční obvody

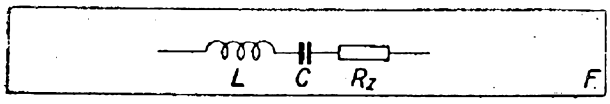
Thomsonův vzorec:

a) základní. Resonanční kmitočet

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = \frac{0{,}159}{\sqrt{LC}} \; [\text{Hz; F, H}] \qquad (2.21.-1)$$

b) pro nízké kmitočty

$$f_r = \frac{159}{\sqrt{LC}} \; [\text{Hz; }\mu\text{F, H}] \qquad (2.21.-2)$$



Obr. 2—19.

c) pro vysoké kmitočty

$$f_r = \frac{5{,}03 \cdot 10^3}{\sqrt{L\,C}} \text{ [kHz; mH, pF]} \qquad (2.21.-3)$$

[Pro f v MHz, L v μH, a C v pF použijeme vzorce (2.21. – 2)].

Z toho kapacita

$$C = \frac{2{,}53 \cdot 10^4}{f_r^2\,L} \text{ [pF; MHz, } \mu\text{H]} \qquad (2.21.-4)$$

a indukčnost

$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4}{f_r^2\,C} \text{ [}\mu\text{H; MHz, pF]} \qquad (2.21.-5)$$

Příklady: Na jaký kmitočet je naladěn obvod s cívkou $L = 200$ μH a kondensátorem $C = 300$ pF? Podle (2.21. – 2)

$$f_r = \frac{159}{\sqrt{200 \cdot 300}} = \frac{159}{245} = 0{,}65 \text{ MHz.}$$

Impedance obvodu L—C v serii, se ztrátovým odporem R_z (obr. 2 – 19):

$$Z = \sqrt{R_z^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \qquad (2.21.-6)$$

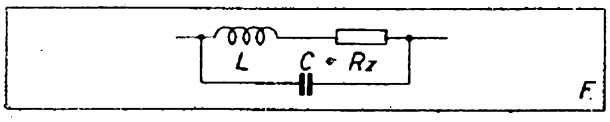
L—C paralelní, R_z v serii s L (obr. 2 – 20);

$$Z = \frac{1}{\omega C}\sqrt{\frac{R_z^2 + \omega^2 L^2}{R_z^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \qquad (2.21.-7)$$

L-C při resonanci:

Induktivní reaktance X_L je rovna kapacitní X_C

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \text{ a proto } \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$$



Obr. 2—20.

Impedance za resonance

a) v seriovém obvodu

$$Z_r \doteq R_z \text{ [}\Omega\text{; }\Omega\text{]} \qquad (2.21.-8)$$

b) v paralelním obvodu

$$Z_r \doteq \frac{L}{R_z C} \text{ [}\Omega\text{; H, }\Omega\text{, F]} \qquad (2.21.-9)$$

2.22. Perioda, kmitočet a vlnová délka

Doba trvání 1 periody střídavého proudu

$$T = \frac{1}{f} \text{ [vt; Hz]} \qquad (2.22.-1)$$

T = čas ve vteřinách, f = kmitočet (počet kmitů za vt.)

Kmitočet

$$f = \frac{1}{T} \text{ [Hz; vt]} \qquad (2.22.-2)$$

Příklad: Doba trvání 1 periody kmitočtu $f = 5\,000$ Hz činí $T = \frac{1}{5\,000} = 0{,}0002$ vt $= 200$ μs (mikrosekund).

Kruhový kmitočet (úhlová rychlost)

$$\omega = 2\pi f = 6{,}28 f \text{ [Hz]} \qquad (2.22.-3)$$

Příklad: Kruhový kmitočet střídavého proudu o 200 Hz je

$$\omega = 6{,}28 \cdot 200 = 1\,256$$

Pro vysoké kmitočty se udává také ještě délka vlny

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ [m; kHz]} \qquad (2.22.-4)$$

z čehož kmitočet

$$f = \frac{c}{\lambda} \text{ [kHz; m]} \qquad (2.22.-5)$$

kde c je rychlost světla a elmag vln; pro vzorec (2.22. – 4) a (2.22. – 5)

$$c \doteq 3 \cdot 10^5 \text{ km/s.}$$

Příklad: Jak dlouhé vlně přísluší kmitočet 200 kHz? (2.22. – 4)

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^5}{200} = 1\,500 \text{ m}$$

Jakému kmitočtu odpovídá vlna 6,3 m? (2.22. – 5)

$$f = \frac{3 \cdot 10^5}{6{,}3} = 47{,}5 \text{ MHz.}$$

2.23. Ladicí obvody

2.23.1. *Kmitočtový rozsah*

Poměr $\frac{f_{max}^2}{f_{min}^2} = \frac{C_{max}}{C_{min}}$ [kHz; pF] (2.23. – 1)

a tedy $\frac{f_{max}}{f_{min}} = \sqrt{\frac{C_{max}}{C_{min}}}$ [kHz; pF] (2.23. – 2)

kde f_{max} je nejvyšší kmitočet (nejkratší vlna), f_{min} je nejnižší kmitočet (nejdelší vlna). C_{max} je největší hodnota ladicí kapacity, C_{min} hodnota nejmenší.

Při tom (obr. 2 - 21).

$$C_{min} = C_o + C_L + C_z + C_t \text{ [pF; pF]} \quad (2.23. - 3)$$

C_o = nejmenší kapacita ladicího kondensátoru při úplném otevření (0°), C_L = vnitřní kapacita cívky, C_z = kapacita spojů a C_t = kapacita paralel. vyvažovacího kondensátoru (trimru).

$$C_{max} = C_{180} + C_L + C_z + C_t \text{ [pF; pF]} \quad (2.23. - 4)$$

C_{180} = kapacita ladicího kondensátoru uzavřeného (180 °).

Známe-li jeden krajní kmitočet vlnového pásma, je šíře pásma (vlnový rozsah) dána ladicím kondensátorem. Druhý krajní kmitočet

$$f_{min} = \frac{f_{max}}{\sqrt{\frac{C_{max}}{C_{min}}}} \text{ [kHz, pF]} \quad (2.23. - 5)$$

nebo opačně

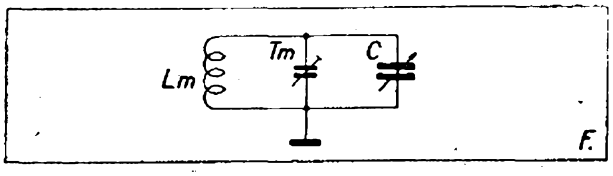
$$f_{max} = f_{min} \sqrt{\frac{C_{max}}{C_{min}}} \text{ [kHz, pF]} \quad (2.23. - 6)$$

Příklad: Ladicí kondensátor má kapacitu C_o = 12 pF, C_{180} = 502 pF. Jaký bude vlnový rozsah středních vln, má-li cívka kapacitu $C_L \doteq 20$ pF, spoje $C_z \doteq 15$ pF, trimr je nastaven na C_t = 10 pF a volíme-li nejdelší vlnu λ = 576 m (= 520 kHz)?

C_{max} = 502 + 20 + 15 + 10 = 547 pF,
C_{min} = 12 + 20 + 15 + 10 = 57 pF.

Podle (2.23. – 6) $f_{max} = 520 \sqrt{\frac{547}{57}} =$
$= 520 \cdot 3{,}1 = 1610$ kHz = 186 m.

Opačně rozsah f_{min} ze známého nejvyššího kmitočtu f_{max} se počítá podle (2.23. – 5). Podobně se určuje rozsah krátkých a dlouhých vln, jen kapacity C_L a C_z, případně C_t jsou poněkud jiné.



Obr. 2—21. Trimr T_m je pro vzorce 2.23-3 a 2.23-4 totožný s C_t.

2.23.2. *Superhet:*

Superhet má pomocný oscilátor, pracující s kmitočtem (f_o) odlišným od kmitočtu (f) přijímaného antenou. Rozdíl obou je mezifrekvenční kmitočet (F).

$$F = f_o - f \text{ [kHz nebo MHz]} \quad (2.23. - 7)$$

Tento rozdíl musí být zachován po celé stupnici přijímače a u všech vlnových rozsahů. Přesný rozdíl vstupního a oscilačního kmitočtu volíme běžně jen ve 3 bodech (zv. body shody nebo souběhu), ačkoli se vyskytly i přijímače s 5, ba dokonce se 7 body shody.

1. Vstupní okruh se vypočítá podle odstavce 2.23.1. Kmitočtový rozsah.
2. Souběh (sladění) vstupu a oscilátoru ve 3 bodech (Čebyševova aproximace):

Střední bod shody vlnového rozsahu

$$f_2 = \frac{f_{max} + f_{min}}{2} \text{ [MHz; MHz]} \quad (2.23. - 8)$$

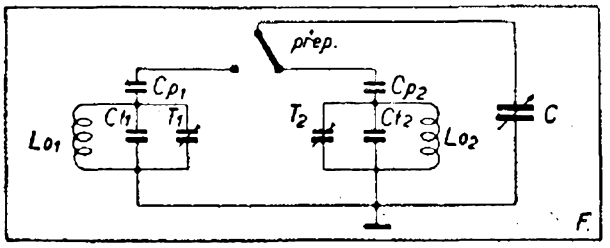
krajní, u konce ladicího rozsahu

$$f_1 = f_2 - \frac{\sqrt{3}}{4}(f_{max} - f_{min}) \text{ [MHz; MHz]} \quad (2.23. - 9)$$

a u jeho počátku

$$f_3 = f_2 + \frac{\sqrt{3}}{4}(f_{max} - f_{min}) \text{ [MHz; MHz]} \quad (2.23. - 10)$$

f_1 = kmitočet vstupního obvodu bližší f_{min}, f_3 = vstupní kmitočet bližší f_{max},



Obr. 2—22.

$\frac{\sqrt{3}}{4} = 0{,}433$. Význam ostatních symbolů stejný jako výše.

Jim přísluší v oscilačním obvodu kmitočty

$f_{o1} = f_1 + F$ (2.23. – 11)
$f_{o2} = f_2 + F$ [MHz; MHz] (2.23. – 12)
$f_{o3} = f_3 + F$ (2.23. – 13)

F = mezifrekvenční kmitočet v MHz.

Příklad: Určit kmitočty shody pro sv pásmo 200÷560 m při mezifrekvenci $F = 460$ kHz (dosazujeme v MHz). C_{min} (2.23. – 3) = 70 pF, C_{max} (2.23. – 4) = = 550 pF, indukčnost mřížkové cívky $L_m = 160\ \mu$H.

Rozsah

200 ÷ 560 m = 1,5 ÷ 0,536 MHz;
$f_{max} - f_{min} = 1{,}5 \div 0{,}536 = 0{,}964$ MHz.

Střední kmitočet shody (2.23. – 8)

$$f_2 = \frac{1{,}5 + 0{,}536}{2} = 1{,}018 \text{ MHz}$$

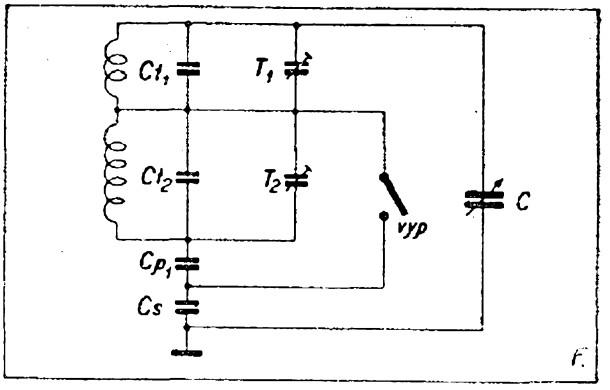
1. krajní (2.23. – 9)
$f_1 = 1{,}018 - (0{,}433 \cdot 0{,}964) =$
$= 1{,}018 - 0{,}417 \doteq 0{,}60$ MHz.
2. krajní (2.23. – 10)
$f_3 = 1{,}018 + (0{,}433 \cdot 0{,}964) =$
$= 1{,}018 + 0{,}417 = 1{,}435$ MHz.

Jsou tedy kmitočty shody u vstupního okruhu

$f_1 = 0{,}60$ MHz, $f_2 = 1{,}018$ MHz,
$f_3 = 1{,}435$ MHz

a jim odpovídající kmitočty oscilátoru

(2.23. – 11)
$f_{o1} = 0{,}60 + 0{,}46 = 1{,}06$ MHz
(2.23. – 12)
$f_{o2} = 1{,}018 + 0{,}46 = 1{,}478$ MHz
(2.23. — 13)
$f_{o3} = 1{,}435 + 0{,}46 = 1{,}895$ MHz.



Obr. 2—23.
(Kondensátory C_{p1} a C_s jsou prohozeny.)

Obdobně se určí souběhové kmitočty na vlnách krátkých a dlouhých. (U krátkých vln – pro malou selektivitu vstupního obvodu – se často sladění provádí jen ve 2 bodech).

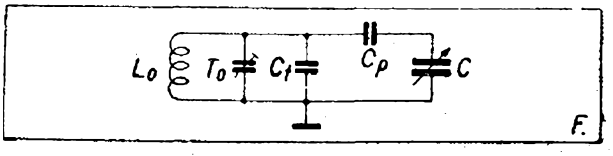
3. Výpočet oscilátoru.

K stanovení hodnot oscilátoru používá se nejčastěji grafické případně početně grafické metody. To však vyžaduje dosti přesné kreslení diagramu vypočtených křivek na průhledné šablony. Početní způsob je pro nekreslíře snazší. Uvádíme zjednodušený postup, pro stručnost ve tvaru výsledných vzorců.

Jednotlivé vlnové rozsahy oscilátoru jsou nejčastěji zapojeny buď podle obr. 2 – 22 nebo podle obr. 2 – 23. Zjednodušený oběma společný obvod znázorňuje obr. 2-24. Vstupní obvod superhetu nemá paddingu; je nakreslen na obr. 2 – 21.

Značky v textu a na nákresech:

f	= kmitočet vstupního obvodu,
f_o	= kmitočet oscilátoru
F	= kmitočet mezifrekvence
f_1, f_2, f_3	= kmitočty souběhu
f_{o1}, f_{o2}, f_{o3}	= jim odpovídající kmitočty oscilátoru (nejnižší je kmitočet f_1, resp. f_{o1})
C_1, C_2, C_3	= kapacity vstup. ladicího kondensátoru v bodech souběhu



Obr. 2—24.

C_{o1}, C_{o2}, C_{o3} = totéž v oscilátoru
L_m = ladicí cívka (mřížková) vstupního obvodu
L_o = ladicí cívka oscilátoru
C_p = vyrovnávací kapacita, padding
C_t = paralelní kapacita
C_s = seriový kondensátor k paddingu (obr. 2-23).
$T_{m1,2}$ = trimry vstupního mřížkového obvodu
$T_{o1,2}$ = trimry oscilátoru
f_{min} = nejnižší kmitočet ladicího obvodu (nižší než f_1 nebo f_{o1})
f_{max} = nejvyšší kmitočet téhož obvodu

Poměr kapacit a kmitočtů v bodech souběhu

$$C_1 : C_2 : C_3 = \frac{1}{f_1^2} : \frac{1}{f_2^2} : \frac{1}{f_3^2} \quad [\text{pF; MHz}] \quad (2.23.-14)$$

Obdobná závislost je mezi kapacitami oscilátoru C_{o1}, C_{o2}, C_{o3} a kmitočty f_{o1}, f_{o2}, f_{o3}.

Poměry obou krajních kmitočtů souběhu k střednímu

$$p_1 = \frac{C_1}{C_3} = \left(\frac{f_3}{f_1}\right)^2 \quad [\text{pF; MHz}] \quad (2.23.-15)$$

$$p_2 = \frac{C_1}{C_2} = \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 \quad (2.23.-16)$$

$$p_3 = \frac{C_{o1}}{C_{o3}} = \left(\frac{f_3 + F}{f_1 + F}\right)^2 = \left(\frac{f_{o3}}{f_{o1}}\right)^2 \quad (2.23.-17)$$

$$p_4 = \frac{C_{o1}}{C_{o2}} = \left(\frac{f_2 + F}{f_1 + F}\right)^2 = \left(\frac{f_{o2}}{f_{o1}}\right)^2 \quad (2.23.-18)$$

Poměr kapacity C_p ke kapacitě ladicího kondensátoru v 1. poloze souběhu C_1

$$\frac{C_p}{C_1} = a \quad [\text{pF}] \quad (2.23.-19)$$

a poměr

$$\frac{C_t}{C_1} = b \quad [\text{pF}] \quad (2.23.-20)$$

Hodnoty a, b zjistíme z rovnic, porovnávajících jednotlivé poměry p_1 až p_4 (odvození pro stručnost vypuštěno).

Nahradíme-li některé opakující se výrazy pomocnými veličinami

$$(p_3 - 1)(p_4 - 1)(p_1 - p_2) = l \quad (2.23.-21)$$

$$(p_4 - 1)(p_1 - p_3) - (p_3 - 1)(p_2 - p_4) = m \quad (2.23.-22)$$

$$p_1(p_3 - 1)(p_2 - p_4) - p_2(p_4 - 1)(p_1 - p_3) = n \quad (2.23.-23)$$

zjednoduší se výrazy pro a, b na tvary

$$a = \frac{l + m}{n} \quad (2.23.-24)$$

$$b = \frac{m(l + m)}{l(l + m + n)} \quad (2.23.-25)$$

Kapacitu C_1 zjistíme z rovnice

$$C_1 = C_{max}\left(\frac{f_{min}}{f_1}\right)^2 \quad [\text{pF, MHz}] \quad (2.23.-26)$$

Pomocí veličin a, b zjistíme pak hodnotu paddingu

$$C_p = C_1 \cdot a \quad [\text{pF; pF}] \quad (2.23.-27)$$

a paralelní přídavné kapacity

$$C_t = C_1 \cdot b \quad [\text{pF; pF}] \quad (2.23.-28)$$

Kapacita C_t je paralelně k cívce, ale není totožná s trimrem, může ovšem být jeho větší kapacitou nahrazena.

Výsledná kapacita C_o oscilátorového obvodu s paddingem C_p a přídavnou kapacitou C_t pro ten který bod shody n

$$C_{on} = C_t + \frac{C_p \cdot C_n}{C_p + C_n} \quad [\text{pF; pF}] \quad (2.23.-29)$$

Potřebnou indukčnost oscilátorové cívky L_o určíme nejpřesněji z poměru indukčností pro všechny body souběhu, na př.

$$\frac{L_m}{L_o} = \left(\frac{f_{o1}}{f_1}\right)^2 \left(b + \frac{a}{a + 1}\right) \quad [\mu\text{H; MHz}] \quad (2.23.-30)$$

isolováním hodnoty

$$L_o = L_m \frac{f_1^2}{f_{o1}^2\left(b + \frac{a}{a + 1}\right)} \quad [\mu\text{H; MHz}] \quad (2.23.-31)$$

Známe-li již některou hodnotu ladicí

kapacity oscilátoru, na př. C_{o1}, určíme L_o též z Thomsonova vzorce

$$L_o = \frac{2{,}53 \cdot 10^4}{f_{o1}^2 C_{o1}} \; [\mu H; MHz, pF] \qquad (2.23.-32)$$

Tím je výpočet všech hodnot oscilátoru proveden. Výsledky v praxi zcela vyhoví, vyžadují však přesnější počítání (na více deset. míst, s výhodou pomocí 5 ÷ 7 místných logaritmických tabulek).

Máme-li v zapojení podle obr. 2 - 23 středovlnný padding již dán, použijeme pro dv jen doplňovací seriové kapacity C_s, která s C_{p1} dá hodnotu dlouhovlnného paddingu C_{p2}

$$C_s = \frac{C_{p1} \cdot C_{p2}}{C_{p1} - C_{p2}} \; [pF] \qquad (2.23.-33)$$

Na př. vyjde-li pro dlouhé vlny C_{p2} = = 180 pF a v obvodu je již zařazen sv padding C_{p1} = 540 pF, zapojíme do serie pro dv kapacitu

$$C_s = \frac{540 \cdot 180}{540 - 180} = 270 \text{ pF}.$$

2.24. Elektronky

Barkhausenův vztah (vnitřní rovnice elektronky)

$$S R_i D = 1 \; [A/V, \Omega] \qquad (2.24.-1)$$

S = strmost v A/V, R_i = vnitřní odpor elektronky v Ω, D = průnik v desetinném zlomku, μ = zesilovací činitel, Δ (delta) = malá změna.

Dosazují-li se běžné hodnoty, S v mA/V a D v %, dostaneme

$$S R_i D = 100\,000 \qquad (2.24.-2)$$

Vnitřní odpor

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{1}{S D} = \frac{\mu}{S}. \qquad (2.24.-3)$$

Strmost

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g} = \frac{1}{R_i D} = \frac{\mu}{R_i}. \qquad (2.24.-4)$$

Průnik

$$D = \frac{\Delta U_g}{\Delta U_a} = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{S R_i}. \qquad (2.24.-5)$$

Zesilovací činitel

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_g} = \frac{1}{D} = R_i S. \qquad (2.24.-6)$$

U_a = anodové napětí, U_g = mřížkové napětí, I_a = anodový proud.

Příklady: Elektronka AC2 má strmost S = 2,5 mA/V a zesilovací činitel μ = = 30. Její vnitřní odpor (2.24. - 3)

$R_i = \frac{30}{0{,}0025}$ = 12 000 Ω. Průnik této elektronky (2.24. - 5)

$$D = \frac{1}{0{,}0025 \cdot 12\,000} = 3{,}3\ \%.$$

Zesílení (zisk) obecně

$$g = \frac{R_a}{D\,(R_a + R_i)} = \frac{\mu R_a}{R_a + R_i}. \qquad (2.24.-7)$$

R_a = vnější (anodový) odpor, R_i = = vnitřní odpor elektronky.

Pentoda, hexoda

a podobné elektronky s velikým R_i, u nichž $R_a \ll R_i$ mají přibližně

$$g \doteq \frac{R_a}{D R_i} \doteq S_d R_a \; [k\Omega; mA/V, k\Omega] \qquad (2.24.-8)$$

kde S_d = pracovní (dynamická) strmost elektronky.

Příklad: Elektronka AC2 (R_i = = 12 kΩ, μ = 30) má v nf odporové vazbě anodový odpor R_a = 200 kΩ. Zesílení stupně $g = \frac{30 \cdot 200}{200 + 12} = 28.$

Koncová pentoda AL4 má dynamickou strmost 8 mA/V a zatěžovací odpor R_a = 7 000 Ω. Zisk koncového stupně s ní (2.24. - 8)

$$g = 0{,}008 \cdot 7\,000 = 56.$$

Dynamická strmost

pro koncové elektronky, známe-li mřížkový signál $U_{g\,st}$ pro výstupní výkon P_v = 50 mW

$$S_d = \sqrt{\frac{P_v}{U_{gst}^2 R_a}} \; [A/V; W, V, \Omega] \qquad (2.24.-9)$$

nebo ze statických hodnot

$$S_d = \frac{S R_i}{R_i + R_a} = \frac{1}{D\,(R_a + R_i)} \; [mA/V; k\Omega] \qquad (2.24.-10)$$

Zesílení obecně

$$g = \frac{U_{a\,st}}{U_{g\,st}} \text{ [V]} \quad (2.24.-11)$$

Střídavé napětí na primáru výstupního transformátoru (anodé koncové elektronky)

$$U_{ast} = \sqrt{P_v R_a} \text{ [V; W, } \Omega\text{]} \quad (2.24.-12)$$

Příklad: Elektronka EL6 má zatěžovací odpor $R_a = 3\,500\ \Omega$ a potřebuje pro výkon $P_v = 50$ mW střídavý mřížkový signál $U_{g\,st} = 0{,}3$ V_{eff}. Její dynamická strmost (2.24. – 9)

$$S_d = \sqrt{\frac{50 \cdot 10^{-3}}{0{,}3^2 \cdot 3\,500}} = \sqrt{0{,}00016} = 12{,}6 \text{ mA/V}.$$

Výkonová pentoda EL3 při odporu $R_a = 7\,000\ \Omega$ potřebuje pro výkon 50 mW na mřížce signál $U_{g\,st} = 0{,}33$ V_{ef}. Jaké je střídavé napětí na anodě a jaký napěťový zisk má tento koncový stupeň? Napětí (2.24. – 12) $U_{a\,st} = \sqrt{50 \cdot 10^{-3} \cdot 7\,000} = \sqrt{350} = 18{,}7$ V a zesílení (2.24. – 11)

$$g = \frac{18{,}7}{0{,}33} = 55{,}6.$$

Katodový sledovač

slouží jako transformátor impedancí. Vstupní signál se přivádí na vysokou impedanci mřížkového okruhu, výstupní se odebírá z nízké impedance v katodě. Elektronka zde nezesiluje.

Zisk katodového sledovače

$$g = \frac{R_k}{\frac{R_i}{\mu} + R_k\left(1 + \frac{1}{\mu}\right)} \text{ [k}\Omega\text{)]} \quad (2.24.-13)$$

Výstupní impedance

u elektronek s větší strmostí jako katodový sledovač má přibližně hodnotu

$$Z_{výst} \doteq \frac{1}{S} \text{ [k}\Omega\text{; mA/V]} \quad (2.24.-14)$$

Příklady: Elektronka AC2 ($R_i = 12$ kΩ, $S = 2{,}5$ mA/V, $\mu = 30$) je zapojena jako katodový sledovač; odpor v katodě $R_k = 1$ kΩ. Zisk (2.24. –13)

$$g = \frac{1}{\frac{12}{30} + 1\left(1 + \frac{1}{30}\right)} = 0{,}7.$$

Výstupní impedance (2.24. – 14)

$$Z_{výst} = \frac{1}{2{,}5} = 0{,}4\ \text{k}\Omega = 400\ \Omega.$$

2.25. Zatěžovací odpor elektronek

2.25.1 *Stupně zesilovací.*

a) s triodou, transformátorový:

Zatěžovací odpor R_a je dán impedancí primárního vinutí transformátoru při nejnižším přenášeném kmitočtu. Volí se

$$R_a = 2 \div 3\ R_i \text{ [k}\Omega\text{; k}\Omega\text{]} \quad (2.25.-1)$$

kde R_i = vnitřní odpor triody.

b) s triodou, odporový:

R_a volíme co největší, pokud to nezužuje přenášené kmitočtové pásmo. Optimální hodnota

$$R_a = 5 \div 10\ R_i \text{ [k}\Omega\text{; k}\Omega\text{]} \quad (2.25.-2)$$

c) s napěťovou (vysokofrekvenční) pentodou, odporový:

$$R_a = 0{,}1 \div 0{,}25\ R_i \text{ [M}\Omega\text{; M}\Omega\text{]} \quad (2.25.-3)$$

2.25.2. *Stupně výkonové (koncové)*

a) jednoduchý tř. A s triodou:

$$R_a = 2 \div 3\ R_i \text{ [k}\Omega\text{; k}\Omega\text{]} \quad (2.25.-4)$$

b) jednoduchý tř. A s pentodou:

$$R_a = \frac{U_a}{I_a} \text{[k}\Omega\text{; V, mA]} \quad (2.25.-5)$$

U_a, I_a jsou statické hodnoty anodového napětí a proudu.

c) dvojčinný („push-pull") tř. A, s triodami i pentodami

$$R_{a,a} = 2\ R_a \text{ [k}\Omega\text{; k}\Omega\text{]} \quad (2.25.-6)$$

$R_{a,a}$ je celkový zatěžovací odpor primáru od anody k anodě, R_a = doporučený zatěžovací odpor pro jednu použitou elektronku.

d) dvojčinný, tř. B, s triodami i pentodami:

Zatěžovací odpor

$$R_{a,a} = 4\ R_a\ [\mathrm{k}\Omega;\ \mathrm{k}\Omega] \quad (2.25.-7)$$

(V praxi se tyto theoretické hodnoty někdy nedodržují v zájmu úsporného provozu, vyšší účinnosti nebo malého skreslení.)

2.26. Mřížkový odpor a vazební kondensátor

Mřížkový svod

Při odporové vazbě se doporučuje mřížkový odpor (svod)

$$R_g = 3 \div 10\ R_a\ [\mathrm{k}\Omega \text{ nebo } \mathrm{M}\Omega] \quad (2.26.-1)$$

(R_a je anodový odpor předchozího stupně), nepřekročí-li to výrobcem dovolenou hodnotu $R_{g\,max}$.

Příklad: Anodový odpor $R_a = 100\ \mathrm{k}\Omega$. Mřížkový svod následující elektronky (2.26. – 1) má být asi 300 kΩ až 1 MΩ.

Vazební kondensátor: a) Kapacita

Kapacitu vazebního kondensátoru C určuje následující mřížkový odpor R_g a nejnižší přenášený kmitočet f_{min}. Pro úbytek 30 % (= — 3 dB) je

$$C = \frac{1{,}59 \cdot 10^8}{f_{min}\ R_g}\ [\mathrm{pF};\ \mathrm{Hz},\ \mathrm{k}\Omega] \quad (2.26.-2)$$

Příklad: Mřížkový svod koncové elektronky $R_g = 600$ kΩ. Aby byly dobře reprodukovány basy, dosadíme za f_{min} asi třetinu nejnižšího požadovaného kmitočtu, na př. 40/3 ≐ 13 Hz. Potřebná vazební kapacita (2.26. – 2)

$$C = \frac{1{,}5 \cdot 10^8}{13 \cdot 600} = \frac{15 \cdot 10^7}{7{,}8 \cdot 10^3} = 17\,000\,\mathrm{pF}.$$

b) Isolační odpor:

Isolační odpor vazebního kondensátoru musí být vysoký. R_a předcházejícího stupně, isolační odpor vazebního kondensátoru R_{isol} a mřížkový svod R_g tvoří dělič. V poměru $R_g : R_{isol}$ proniká na mřížku napětí U_a s anody předchozí elektronky a zmenšuje mřížkové předpětí — U_g. Isolační odpor kondensátoru má být 800 ÷ 1 000 R_g.

Početně

$$R_{isol} = \frac{R_g\ U_a}{U_g} - R_g\ [\mathrm{M}\Omega;\ \mathrm{M}\Omega,\ \mathrm{V}] \quad (2.26.-3)$$

a krátíme-li pravou stranu hodnotou R_g

$$R_{isol} = R_g \left(\frac{U_a}{U_g} - 1\right)\ [\mathrm{M}\Omega;\ \mathrm{M}\Omega,\ \mathrm{V}] \quad (2.26.-4)$$

Příklad: Smí-li na mřížku koncové elektronky proniknout max. 0,1 V při napětí na předchozí anodě $U_a = 100$ V a při odporu $R_g = 1$ MΩ, musí mít kondensátor isolační odpor aspoň (2.26. – 4)

$$R_{isol} = 1 \left(\frac{100}{0{,}1} - 1\right) = 999\ \mathrm{M}\Omega.$$

2.27. Napájecí zdroje a filtry

2.27.1 *Odpor síťového zdroje*

Střídavé napětí z anodového sekundáru síťového transformátoru (nebo přímo ze sítě v „universálech") má při usměrnění v cestě několik odporů, které působí jeho pokles a měkkost. Úhrnný odpor usměrňovače (při použití transformátoru)

$$R_u = R_t + R_f + R_i + R_o\ [\Omega;\ \Omega] \quad (2.27.-1)$$

kde R_t = převedený odpor síťového transformátoru, R_f = ohmický odpor filtru nebo tlumivky, R_i = odpor usměrňovačky (odečtený z charakteristiky) a R_o = ochranný odpor, je-li ho použito.

Odpor transformátoru

$$R_t = R_S + p^2 R_P\ [\Omega;\ \Omega] \quad (2.27.-2)$$

R_S = ohmický odpor anodového sekundáru (při dvojcest. usměrnění poloviny), p = poměr napětí sekundáru k primáru, R_P = odpor primáru.

Příklad: Transformátor 220 V/2 × 500 V má odpor primáru $R_P = 80\ \Omega$, $^1/_2$ sekundáru $R_S = 150\ \Omega$, tlumivka $R_f = 100\ \Omega$, usměrňovačka $R_i = 200\ \Omega$; ochranný odpor nebyl použit. Jaký je celkový odpor usměrňovače? Stanovíme poměr transformátoru

$$p = 500/220 = 2{,}27, \quad p^2 = 5{,}2,$$

$$R_t = 150 + 5{,}2 \cdot 80 = 415\ \Omega.$$

Dosazením do (2.27. – 1) dostaneme

$R_u = 415 + 100 + 200 = 715\ \Omega.$

2.27.2 *Filtry. – Filtr počínající kondensátorem:*

Střídavá složka (zvlnění) na 1. čili sběracím kondensátoru

a) při dvojcestném usměrnění (základní kmitočet $f = 100$ Hz)

$$U_b = \frac{1{,}5\ I}{C}\ [\text{V; mA, } \mu\text{F}] \quad (2.27.-3)$$

I = odebíraný ss proud, C = kapacita sběracího kondensátoru.

b) Při jednocestném usměrnění (f = = 50 Hz)

$$U_b = \frac{4\ I}{C}\ [\text{V; mA, } \mu\text{F}] \quad (2.27.-4)$$

Příklad: Zdroj zatížený stejnosměrným odběrem $I = 80$ mA má na vstupní kapacitě $C = 32\ \mu$F střídavou složku (2.27. – 3)

$$U_b = \frac{1{,}5 \cdot 80}{32} = \frac{120}{32} = 3{,}75\ \text{V}.$$

2.27.3 *Filtr počínající tlumivkou:*

Pro získání „tvrdého napětí", které málo kolísá s odběrem, zařazujeme na vstup filtru nárazovou tlumivku. Její indukčnost

$$L = \frac{U_{ss} \cdot 10^3}{500\ I_{ss}}\ [\text{H; V, mA}]. \quad (2.27.-5)$$

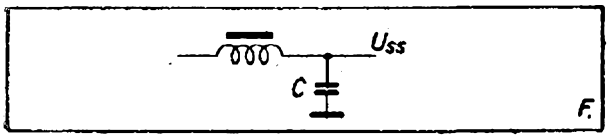
U_{ss} = usměrněné napětí zdroje, I_{ss} = = minimální odebíraný usměrněný proud.

Příklad: Nárazová tlumivka pro zesilovač se zdrojem o napětí $U_{ss} = 400$ V a proudu I_{ss} min = 100 mA musí mít indukčnost (2.27. – 5)

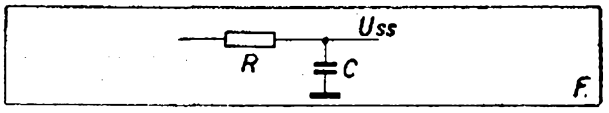
$$L = \frac{400 \cdot 10^3}{500 \cdot 100} = \frac{400 \cdot 10^3}{50 \cdot 10^3} = 8\ \text{H}.$$

2.27.4 *Filtrace*

1. Obvodem z tlumivky a kapacity (druhého kondensátoru) zmenší se zbytkové střídavé napětí sběracího kondensátoru na hodnotu (obr. 2 – 25)



Obr. 2—25.



Obr. 2—26.

$$U_b' = \frac{10}{\omega^2 LC}\ [\%;\ \text{Hz, H, } \mu\text{F}] \quad (2.27.-6)$$

čili pro dvojcestné usměrnění

$$U_b' = \frac{253}{LC}\ [\%,;\ \text{Hz H, } \mu\text{F}] \quad (2.27.-7)$$

2. Obvodem z odporu a kapacity (obr. 2–26) klesne bručení na hodnotu

$$U_b' = \frac{10^8}{\omega^2 RC}\ [\%;\ \text{Hz, } \Omega, \mu\text{F}] \quad (2.27.-8)$$

tedy pro dvojcestné usměrnění

$$U_b' = \frac{1{,}6 \cdot 10^5}{RC}\ [\%;\ \Omega, \mu\text{F}] \quad (2.27.-9)$$

Příklady: Filtr s tlumivkou 20 H a 2. kondensátorem $C_2 = 8\ \mu$F při dvojcestném usměrnění sníží bručení (2.27. – 7)

$$\text{na } U_b' = \frac{253}{20 \cdot 8} = \frac{253}{160} = 1{,}58\ \%.$$

Filtr z odporu 1 000 Ω a kondensátoru 8 μF propustí za stejných okolností (2.27. – 9)

$$U_b' = \frac{1{,}6 \cdot 10^5}{1\,000 \cdot 8} = 20\ \%$$

střídavé složky s 1. kondensátoru.

2.28. Rozvod nf energie

Podle čs. norem zesilovače větších výkonů mají výstup proveden pro standardní střídavé napětí 100 V. Ze známého výkonu zesilovače P určí se výstupní impedance

$$Z = \frac{U^2}{P}\ [\Omega;\ \text{V, W}] \quad (2.28.-1)$$

pro 100 V linku

$$Z = \frac{10\,000}{P}\ [\Omega;\ \text{W}] \quad (2.28.-2)$$

Příklad: Zesilovač má výkon 25 W při výstupním napětí 100 V. Výstupní impedance $Z = \frac{10\,000}{25} = 400\ \Omega$.

Nf linky (rozvod nf energie)

Pro delší vedení, v němž by při nízkoohmových reproduktorech vznikaly značné ztráty, a pro více než asi 5 reproduktorů vůbec je lépe upravit výstup zesilovače na střední impedanci (200 ÷ 2 000 Ω) a každý reproduktor opatřit separátním transformátorem.

Zásadně platí

$$\Sigma W = \frac{PZ}{Z_R}\ [W; W, \Omega] \quad (2.28.-3)$$

kde W = výkon jednotlivých reproduktorů, Z_R = výsledný odpor (impedance) reproduktorů, P = nf výkon a Z = výstupní impedance zesilovače (linky).

Impedance jednotlivých reproduktorů

$$Z_R = \frac{PZ}{W}\ [\Omega; \Omega, W] \quad (2.28.-4)$$

Potřebný výkon zesilovače

$$P = \Sigma W\ [W] \quad (2.28.-5)$$

Příklad: Na rozvodovou linku o impedanci 100 Ω máme připojit 1 reproduktor 8 W, 2 reproduktory po 4 W a 2 po 1 W. Jaký výkon musí mít zesilovač a jakou primární impedanci budou mít transformátory jednotlivých reproduktorů? Výkon zesilovače $P = 8 + (2 \cdot 4) + (2 \cdot 1) = 18$ W.

Primární impedance ze vzorce (2.28.-4)

a) pro reproduktor 8 W:

$$Z_R = \frac{18 \cdot 100}{8} = \frac{1\,800}{8} = 225\ \Omega;$$

b) pro každý ze 4 W reproduktorů:

$$Z_R = \frac{18 \cdot 100}{4} = \frac{1\,800}{4} = 112\ \Omega;$$

c) a pro reproduktory 1 W:

$$Z_R = \frac{18 \cdot 100}{1} = 1\,800\ \Omega.$$

Opačně výkon W, který z linky dostává ten který reproduktor při známé impedanci Z_R

$$W = \frac{PZ}{Z_R}\ [W; W, \Omega] \quad (2.28.-6)$$

Příklad: Jaký výkon připadá na reproduktor o primární impedanci $Z_R = 2\,000\ \Omega$, připojený s jinými na lince 100 Ω při výkonu zesilovače 25 W?

$$W = \frac{25 \cdot 100}{2\,000} = 1{,}25\ W.$$

2.29. Decibely, nepery

Jsou to logaritmické poměry dvou napětí, proudů nebo výkonů. Decibely dB používají dekadických logaritmů (log), nepery N přirozených (ln).

Decibely.

a) poměr napětí

$$dB = 20 \log \frac{U_2}{U_1}\ [V, mV, \text{nebo } \mu V] \quad (2.29.-1)$$

log = dekadický logaritmus, U_2 = napětí výstupní, U_1 = vstupní (porovnávací);

b) proudů

$$dB = 20 \log \frac{I_2}{I_1}\ [A, mA \text{ nebo } \mu A] \quad (2.29.-2)$$

I_2 = proud výstupní, I_1 = vstupní.

c) výkonů

$$dB = 10 \log \frac{P_2}{P_1}\ [W, mW \text{ nebo } \mu W] \quad (2.29.-3)$$

P_2 = výstupní výkon, P_1 = vstupní, po případě P_0 = základ 0 dB = 1 mW.

Ve všech případech kladný poměr je zisk, záporný útlum (ztráta).

Příklady: Napětí je v zesilovači zesíleno 6 000krát. Kolik je to dB? Logaritmus 6 000 = 3,7782. Podle (2.29.-1) zisk = 20 · 3,7782 = 75,5 dB.

Výkon zesilovače P = 3 W

t. j. 3 000 mW a podle (2.29.-3)

$$10 \log \frac{3\,000}{1} = 10 \log 3\,000 = 34{,}8\ dB.$$

Nepery.

a) poměr napětí

$$N = \ln \frac{U_2}{U_1} \text{ [V, mV nebo } \mu\text{V]} \qquad (2.29.-4)$$

ln = přirozený logaritmus; indexy značí stejné hodnoty jako výše.

b) proudů

$$N = \ln \frac{I_2}{I_1} \text{ [A, mA nebo } \mu\text{A]} \qquad (2.29.-5)$$

c) výkonů

$$N = 1/2 \ln \frac{P_2}{P_1} \qquad (2.29.-6)$$

Převod dB *na* N *a opačně.*

$$1 \text{ dB} = 0{,}115 \text{ N} \qquad (2.29.-7)$$
$$1 \text{ N} = 8{,}686 \text{ dB} \qquad (2.29.-8)$$

2.30. Rozsahy měřicích přístrojů

2.30.1. *Ampérmetr*

a) Jednoduchý bočník (shunt, obr. 2–27) má hodnotu

$$R_p = \frac{R_v}{n-1} \text{ [}\Omega\text{; }\Omega\text{]} \qquad (2.30.-1)$$

kde R_v = vnitřní odpor přístroje, n = = poměr požadovaného k dosavadnímu rozsahu.

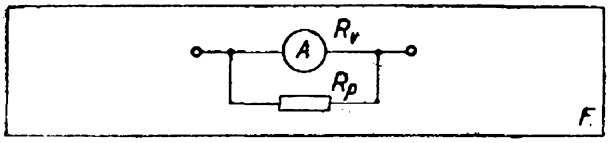
Příklad: Jaký bočník připojit paralelně k přístroji s plnou výchylkou 200 μA a vnitřním odporem 1 000 Ω, aby měl rozsah do 50 mA? (2.30.–1)

$$n = \frac{50}{0{,}2} = 250.$$

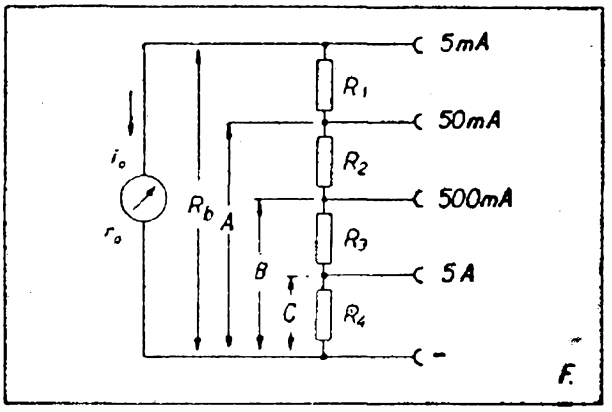
$$R_p = \frac{1\,000}{(250-1)} = \frac{1\,000}{249} = 4{,}02\,\Omega.$$

b) Sdružený (Ayrtonův) bočník

Moderní universální miliampérvoltmetry (Avomet, Normametr, Multizet a j.) používají pro všechny proudové



Obr. 2—27.



Obr. 2—28.

rozsahy společný (sdružený) bočník s odbočkami pro jednotlivé proudové rozsahy. Odpory jsou pak s měřidlem spojeny nejen paralelně, jako u jednoduchého bočníku, ale zbývající jejich část je s ním v serii. Výpočtů – více méně složitých – je několik. Zjednodušený způsob:

Odpor samotného měřicího systému nazveme r_0, proud pro plnou výchylku i_0 a odpor celého bočníku R_b. Jednotlivé proudové rozsahy – od nižších hodnot k vyšším – označíme I_1, I_2, I_3 .... Celkový odpor bočníku podle Kirchhoffova zákona

$$R_b = \frac{r_0}{\frac{I_1}{i_0} - 1} \text{ [}\Omega\text{; }\Omega\text{, mA)} \qquad (2.30.-2a)$$

čili, označíme-li poměr proudů

$$\frac{I_1}{i_0} = n \text{ [A, mA nebo } \mu\text{A]} \qquad (2.30.-3)$$

dostaneme vzorec podobný (2.30.–1)

$$R_b = \frac{r_0}{n-1} \text{ [}\Omega\text{; }\Omega\text{]} \qquad (2.30.-2b)$$

Ježto některé části bočníků zahrnují několik odporů najednou (obr. 2–28), označíme je písmeny A, B, C...

Jejich vztahy k odporu celého bočníku jsou v opačném poměru jednotlivých proudů k nejmenšímu proudu bočníku I_1.

Pro odporovou větev A platí

$$\frac{A}{R_b} = \frac{I_1}{I_2} \text{ [}\Omega\text{; A nebo mA]} \qquad (2.30.-4)$$

podobně pro druhou větev

$$\frac{B}{R_b} = \frac{I_1}{I_3} \text{ [}\Omega\text{; A nebo mA]} \qquad (2.30.-5)$$

a pro třetí

$$\frac{C}{R_b} = \frac{I_1}{I_4} \; [\Omega;\ \text{A nebo mA}] \quad (2.30.-6)$$

a tak dále. Z toho isolujeme hodnoty jednotlivých větví:

$$A = \frac{R_b I_1}{I_2} \; [\Omega;\ \Omega, \text{A nebo mA}] \quad 2.30.-7)$$

$$B = \frac{R_b I_1}{I_3} \; [\Omega;\ \Omega, \text{A nebo mA}] \quad (2.30-8)$$

$$C = \frac{R_b I_1}{I_4} \; [\Omega;\ \Omega, \text{A nebo mA}] \quad (2.30.-9)$$

Isolujeme jednotlivé odpory děliče (bočníku), jak plyne z nákresu 2–28:

$$R_1 = R_b - A \quad [\Omega;\ \Omega] \quad (2.30.-10)$$

$$R_2 = A - B \quad [\Omega;\ \Omega] \quad (2.30.-11)$$

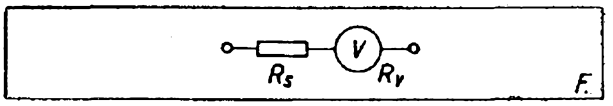
$$R_3 = B - C \quad [\Omega;\ \Omega] \quad (2.30.-12)$$

$$R_4 = C \quad [\Omega;\ \Omega] \quad (2.30.-13)$$

Příklad: Měřicí systém má odpor $r_o = 100\ \Omega$ a pro plnou výchylku proud $i_o = 1$ mA. Vypočíst sdružený bočník a jeho jednotlivé odpory pro proudové rozsahy:
$I_1 = 5$ mA, $I_2 = 50$ mA, $I_3 = 500$ mA a $I_4 = 5$ A.

Poměr proudů (2.30. – 3) $n = \frac{5}{1} = 5$.
Podle (2.30. – 2b) je celkový odpor bočníku $R_b = \frac{100}{5-1} = \frac{100}{4} = 25\ \Omega$.
Větev A (2.30. – 7) má odpor $\frac{25 \cdot 5}{50} = 125/50 = 2{,}5\ \Omega$, větev B (2.30. – 8) podobně $\frac{125}{500} = 0{,}25\ \Omega$, větev $C = \frac{125}{5\,000} = 0{,}025\ \Omega$ (2.30. – 9).

Jednotlivé odpory děliče (2.30 – 10) až (2.30 – 13): $R_1 = 25 - 2{,}5 = 22{,}5\ \Omega$, $R_2 = 2{,}5 - 0{,}25 = 2{,}25\ \Omega$, $R_3 = 0{,}25 - 0{,}025 = 0{,}225\ \Omega$, $R_4 = 0{,}025\ \Omega$. Při konstrukci nezapomínat na dostatečné dimensování jednotlivých částí! Odpor R_4 na př. musí snést bez podstatného ohřátí proud 5 A, přestože



Obr. 2—29a.

je zatížen podle vztahu $P = RI^2$ jen $0{,}025 \cdot 25 = 0{,}625$ W.

2.30.2 *Voltmetr.*

a) Seriový (předřadný) odpor pro voltmetr (obr. 2–29a).

$$R_s = R_v\ (n - 1)\ [\Omega;\ \Omega] \quad (2.30.-14)$$

n = poměr rozsahu požadovaného k starému rozsahu voltmetru, R_v = vnitřní odpor, v tomto případě včetně starého odporu (počet ohmů na 1 V násobený rozsahem).

Příklad: Voltmetr odporu 1 000 Ω/V s rozsahem do 30 V chceme přeměnit na rozsah do 600 V.

$$R_v = 30 \cdot 1\,000 = 30\,000\ \Omega.$$

$$R_s = 30\,000\,\frac{600}{30} - 1 = 30\,000 \cdot 19 = 570\,000\ \Omega.$$

b) Odpor voltmetru na 1 V.

Známe-li proud pro plnou výchylku měřicího systému, má přístroj jako voltmetr odpor na volt

$$R_{1v} = \frac{10^3}{i_o} \; [\Omega/\text{V};\ \text{mA}] \quad (2.30.-15)$$

kde i_o = proud systému pro plnou výchylku.

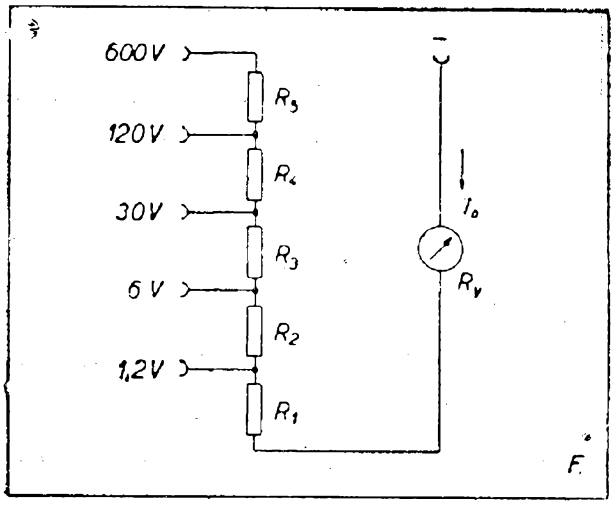
Příklad: Proud měřidla $i_o = 0{,}5$ mA. Jako voltmetr bude mít tento přístroj odpor (2.30. – 15)

$$R_{1V} = \frac{10^3}{0{,}5} = 2\,000\ \Omega/\text{V}.$$

c) Sdružený předřadný odpor.

Kombinované miliampérvoltmetry (Avomet, Multizet a j.) mají sdružené i seriové odpory pro měření napětí. Odpor R_s je tvořen několika částmi, odpovídajícími jednotlivým rozsahům napětí (obr. 2–30).

Při výpočtu vycházíme z nejmenšího voltového rozsahu a další odpory počítáme podle vzorce (2.30. – 14) jako rozšíření měřicího rozsahu.



Obr. 2—29b

Příklad: Měřicí systém má pro plnou výchylku napětí $u_0 = 0{,}1$ V, proud $i_0 = 1$ mA, takže $R_{1V} = \frac{1}{0{,}001} = 1\,000\,\Omega/\mathrm{V}$. Máme z něho vytvořit voltmetr s přepinatelnými rozsahy 1,2 – 6 – 30 – 120 – 600 V. Jednotlivé části předřadného odporu označme R_1, R_2, R_3 ....

Napěťové poměry: $n_1 = \frac{1{,}2}{0{,}1} = 12$

$n_2 = \frac{6}{1{,}2} = 5$ $\quad n_3 = \frac{30}{6} = 5$

$n_4 = \frac{120}{30} = 4$ $\quad n_5 = \frac{600}{120} = 5$

Odpory:

$$R_V = \frac{u_0}{i_0} = \frac{0{,}1}{0{,}001} = 100\ \Omega$$

$$R_1 = 1\,000 \cdot 0{,}1\ (12 - 1) = 1\,100\ \Omega$$
$$R_2 = 1\,000 \cdot 1{,}2\ (5 - 1) = 4\,800\ \Omega$$
$$R_3 = 1\,000 \cdot 6\ (5 - 1) = 24\,000\ \Omega$$
$$R_4 = 1\,000 \cdot 30\ (4 - 1) = 90\,000\ \Omega$$
$$R_5 = 1\,000 \cdot 120\ (5 - 1) = 480\,000\ \Omega$$

2.31. Oprava měřicí chyby

při měření běžným ručkovým voltmetrem.

Měření voltmetrem o poměrně malém vnitřním odporu na měkkém zdroji napětí (na př. divisoru nebo odporu) dává nesprávné výsledky. Připojením voltmetru totiž původní napětí poklesne a tuto zmenšenou hodnotu voltmetr ukáže. Chybu možno vyloučit opakováním měření napětí týmž přístrojem na 2 různých rozsazích, na př. do 250 V a do 500 V. Odpor voltmetru při menším rozsahu označme R_1 a napětí při něm naměřené U_1. Odpor při větším rozsahu označíme R_2 a naměřené napětí U_2. Napětí U_0 bez zatížení voltmetrem (odvození viz v autorově článku, Sdělovací technika č. 9/1953):

$$U_0 = \frac{U_1 U_2 \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right)}{U_1 - \frac{R_1}{R_2} U_2}\ [\mathrm{V}, \Omega] \qquad (2.31.-1)$$

Nazveme-li poměr obou měřicích rozsahů a tedy i odporů voltmetru

$$\frac{R_1}{R_2} = p, \text{ bude}$$

$$U_0 = \frac{U_1 U_2 (1 - p)}{U_1 - p\, U_2}\ [\mathrm{V}] \qquad (2.31.-2)$$

Příklad: Na anodovém odporu nízkofrekvenční elektronky naměříme Avometem o vnitřním odporu 1 000 Ω/V na rozsahu 300 V napětí $U_1 = 80$ V, na rozsahu 600 V $U_2 = 100$ V. Odpor voltmetru pro nižší napětí je $R_1 = 1\,000 \cdot 300 = 300$ kΩ, pro druhý rozsah $R_2 = 1\,000 \cdot 600 = 600$ kΩ. Poměr odporů

$$p = \frac{R_1}{R_2} = \frac{300}{600} = 0{,}5.$$

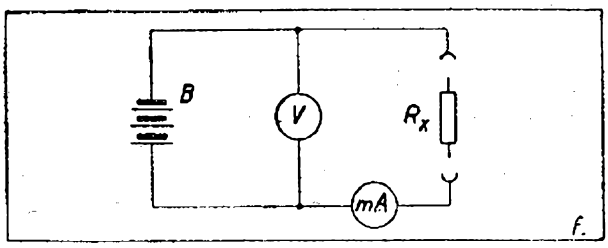
Skutečné napětí na odporu

$$U_0 = \frac{80 \cdot 100\ (1 - 0{,}5)}{80 - (0{,}5 \cdot 100)} = \frac{4\,000}{30} = 133{,}3\ \mathrm{V}.$$

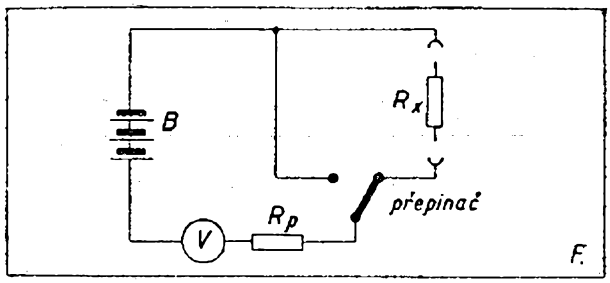
2.32. Měření odporů, indukčností a kapacit

jednoduchým miliampérvoltmetrem.

V mnoha případech měření součástek vystačíme s běžným miliampérvoltmetrem pro stejnosměrný a střídavý proud, doplníme-li měření jednoduchým výpočtem. Odpory měříme nejjednodušeji stejnosměrným proudem, kapa-



Obr. 2—30.



Obr. 2—31.

city a indukčnosti proudem střídavým, na př. síťovým, po případě vhodně transformovaným.

Odpory a reaktance zjišťujeme:

a) z proudu, protékajícího měřenou součástkou,

b) ze 2 výchylek voltmetru na stejném měřicím rozsahu.

2.32.1. *Měření odporů*

I. Proudem.

Neznámý odpor R_x zapojíme podle obr. 2–30 do serie se zdrojem stejnosměrného napětí B o zanedbatelném vnitřním odporu (akumulátor, dobrá suchá baterie) a ss miliampérmetrem mA. Výši napětí udává ss voltmetr V. Podle napětí baterie B se dají měřit velké i malé odpory. Za předpokladu, že vnitřní odpor R_p měřicího přístroje možno zanedbat vůči měřenému odporu R_x, je hledaný odpor

$$R_x = \frac{U \cdot 10^3}{I} \; [\Omega; \text{V, mA}] \qquad (2.32.-1)$$

Příklad: Obvodem protéká proud $I = 5$ mA při napětí $U = 10$ V. Měřený odpor má hodnotu

$$R_x = \frac{10 \cdot 1\,000}{5} = \frac{10\,000}{5} = 2\,000\ \Omega.$$

Není-li odpor přístroje zanedbatelný, použijeme vzorce

$$R_x = \frac{U \cdot 10^3}{I} - R_p \; [\Omega; \text{V, mA}, \Omega] \qquad (2.32.-2)$$

Příklad: Odpor R_x je v serii s miliampérmetrem o odporu $R_p = 200\ \Omega$. Napětí $U = 1{,}5$ V, protékající proud $I = 2$ mA. Neznámý odpor

$$R_x = \frac{1{,}5 \cdot 1\,000}{2} - 200 = 550\ \Omega.$$

II. Ze dvou výchylek voltmetru.

a) Větší odpory.

Použijeme zapojení podle obr. 2–31. Voltmetr je zařazen přepínačem jednou před, po druhé za měřený odpor R_x.

Neznámý odpor

$$R_x = R_p \frac{U - U_1}{U_1} \; [\Omega; \Omega, \text{V}] \qquad (2.32.-3)$$

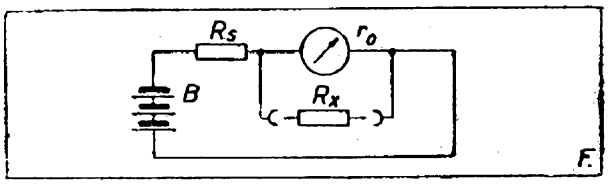
kde R_p je vnitřní odpor voltmetru (odpor na 1 volt násobený měřicím rozsahem), U = napětí zdroje B a U_1 = napětí za odporem.

Příklad: Napětí baterie $U = 70$ V; přes odpor R_x naměřeno $U_1 = 30$ V. Měřicí rozsah voltmetru je 150 V při odporu 500 Ω/V, takže $R_p = 500 \cdot 150 = 75\,000\ \Omega$. Hledaný odpor $R_x = 75\,000 \frac{70 - 30}{30} = 99\,750\ \Omega$.

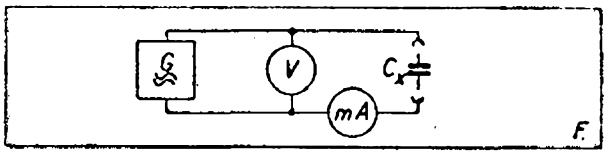
b) Malé odpory.

Voltmetrem, u něhož je vyvedena otočná cívka (starší přístroje Roučka DUO, Mavometer, ale také Avomet mezi zdířkami + a 300 mV) lze měřit i odpory zcela malé, připojíme-li je podle obr. 2–32 přímo na vývody cívky. Je-li její odpor r_o zanedbatelný proti seriovému odporu voltmetru R_s, na př. pro $U \geq 50$ V, hledaný odpor

$$R_x = \frac{U_1}{U - U_1} r_o \; [\Omega; \text{V}, \Omega] \qquad (2.32.-4)$$



Obr. 2—32.



Obr. 2—33.

kde U = napětí zdroje, U_1 = napětí po připojení odporu a r_0 = odpor cívky přístroje.

Příklad: Odpor přístrojové cívky $r_0 = 100\ \Omega$. Se zdrojem $U = 100$ V ukazuje voltmetr, nastavený na rozsah 120 V po připojení odporu R_x k cívce měřidla napětí $U_1 = 2$ V.

$$R_x = \frac{2}{100 - 2} \cdot 100 = 2{,}04\,\Omega.$$

2.32.2. *Měření kapacit.*

Zcela malé kondensátory se měří speciálními můstky, substituční metodou nebo v resonančním obvodu oscilátoru. Větší kapacity lze měřit střídavým proudem sítě. I zde jsou možné dva způsoby:

1. Měření kapacity proudem.

Větší kapacity, i řádu μF, se určují jako impedance Z z napětí střídavého zdroje U a protékajícího st proudu I podle Ohmova zákona $Z = U/I$. Zapojení měrného obvodu je na obr. 2–33. G = střídavý generátor (v praxi síť nebo transformátor), V = st voltmetr, mA = st miliampérmetr a C_x = měřená kapacita.

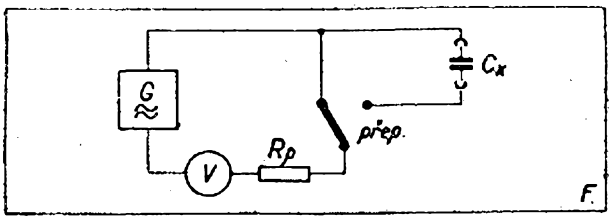
Odpor přístroje je při měření většinou zanedbatelný. Pak impedance $Z = X_c = \frac{1}{\omega C}$, takže

$$\frac{1}{\omega C} = \frac{U}{I}\ [\text{Hz, F; V, A}] \qquad (2.32.-5)$$

z čehož kapacita

$$C_x = \frac{I \cdot 10^6}{U}\ [\mu\text{F; A, Hz, V}] \qquad (2.32.-6)$$

Poznámka: Napětí U volíme takové, aby proud I byl dobře měřitelný; pro větší kapacity menší napětí a naopak.



Obr. 2—34.

Pro běžné st sítě o $f = 50$ Hz je kapacita přímo

$$C_x = \frac{3{,}18\,I}{U}\ [\mu\text{F; mA, V}] \qquad (2.32.-7)$$

Příklad: Při napětí sítě $U = 120$ V protéká kondensátorem proud $I = 4$ mA. Kapacita

$$C_x = \frac{3{,}18 \cdot 4}{120} = \frac{12{,}73}{120} = 0{,}106\ \mu\text{F}.$$

Ze vzorce (2.32.–7) plyne zajímavá skutečnost:

Zvolíme-li měrné napětí $U = 3{,}18$ V krátí se číselné hodnoty v čitateli i jmenovateli a vyjde

$$C_x = I\ [\mu\text{F; mA}] \qquad (2.32.-8)$$

Měrné napětí 3,18 V bývá při ruce – je to s dostatečnou přesností napětí poloviny žhavicího vinutí 6,3 V naprázdno.

Tímto způsobem lze měřit také elektrolyty (na polaritě nezáleží), jsou-li aspoň na pětinásobné měrné napětí.

Příklad: Miliampérmetr ukazuje za měření filtračního elektrolytu při napětí $U = 3{,}18$ V proud $I = 17$ mA. Kapacita elektrolytu (2.32.– 8) $C_x = 17\ \mu$F.

2. Stanovení kapacity ze 2 výchylek voltmetru.

Zapojení měřicího obvodu pro tento případ udává obr. 2–34. Voltmetr se přepíná přímo na st zdroj a v serii s měřeným kondensátorem. Předností tohoto způsobu je, že ani proražený kondensátor nemůže poškodit měřicí přístroj. Hodí se pro menší kapacity (řádu nF).

Hledaná kapacita

$$C_x = \frac{U_1\sqrt{U^2 - U_1^2} \cdot 10^6}{\omega R_p (U^2 - U_1^2)}$$

$$[\mu\text{F; V, Hz, }\Omega\text{, V}] \qquad (2.32.-9)$$

R_p = odpor voltmetru daný rozsahem, U = napětí zdroje, U_1 = napětí za kapacitou C_x.

Pro kmitočet $f = 50$ Hz lze vzorec opět zjednodušit

$$C_x = \frac{3180\, U_1 \sqrt{U^2 - U_1^2}}{R_p\,(U^2 - U_1^2)} \quad [\mu F;\ V\ \Omega] \qquad (2.32.-10)$$

Příklad: Zdroj o $f = 50$ Hz má napětí $U = 220$ V; po přepojení na kapacitu C_x udává voltmetr $U_1 = 100$ V na rozsahu 600 V. Odpor přístroje je 333,3 Ω/V takže $R_p = 333{,}3 \cdot 600 = 200\,000\ \Omega$. Podle (2.32. – 10)

$$C_x = \frac{3180 \cdot 100 \sqrt{220^2 - 100^2}}{2 \cdot 10^5\,(220^2 - 100^2)} =$$

$$= \frac{6{,}25 \cdot 10^7}{0{,}77 \cdot 10^{10}} = 0{,}008\ \mu F = 8\ nF.$$

2.32.3. *Měření indukčností*

Měření indukčností střídavým proudem pomocí miliampér-voltmetru se hodí pro větší hodnoty řádu henry, nikoli pro malé cívky vf obvodů. Měření velmi nízkým kmitočtem nedává někdy správné výsledky. Indukčnosti se železným jádrem, které pracují se ss předmagnetisací, bylo by nutno měřit také pod ss proudem. Měrné střídavé napětí smíme volit jen tak vysoké, aby protékající proud se nelišil od provozní hodnoty.

a) Měření střídavým proudem.

Obvod zapojíme podle obr. 2–33; místo kapacity C_x zařadíme hledanou indukčnost L_x. Vinutí má také ohmický odpor (odpor měřidla je zanedbatelný). Impedance má tedy komplexní tvar $Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$ a Ohmův zákon platný pro indukčnost

$$\sqrt{R_0^2 + \omega^2 L^2} = \frac{U}{I} \quad [\Omega;\ Hz,\ H,\ V,\ A] \qquad (2.32.-11)$$

(R_0 = ohmický odpor vinutí), z čehož hledaná indukčnost

$$L_x = \frac{\sqrt{Z^2 - R_0^2}}{\omega} \quad [H;\ \Omega,\ \Omega,\ Hz] \qquad (2.32.-12)$$

Je-li ohmický odpor zanedbatelný proti impedanci ($R_0 \ll Z$), pak, podobně jako při kapacitě, $Z = X_L = \omega L$, čímž se vzorec zjednoduší

$$L_x = \frac{Z}{\omega} \quad [H;\ \Omega] \qquad (2.32.-13)$$

Při kmitočtu sítě $f = 50$ Hz

$$L_x = 0{,}003183\ Z \quad [H;\ \Omega] \qquad (2.32.-14)$$

Příklad: Tlumivkou zapojenou v obvodu podle obr. 2–33 místo kondensátoru C_x protéká proud $I = 0{,}01$ A při st napětí $E = 118$ V. (Ohmický odpor vinutí $R_0 = 300\ \Omega$ lze zanedbat);

$$Z \doteq \frac{118}{0{,}01} = 11\,800\ \Omega.\ \text{Pak}\ L_x =$$

$$= 0{,}003183 \cdot 11\,800 = 37{,}6\ H.$$

b) Určení L ze dvou údajů voltmetru.

Použijeme zapojení jako v obr. 2–34, kde místo kapacity C_x zapojíme neznámou indukčnost L_x.

$$L_x = \frac{R_p}{\omega} \cdot \frac{\sqrt{U^2 - U_1^2}}{U_1} \quad [H;\ \Omega,\ Hz,\ V] \qquad (2.32.-15)$$

kde R_p = odpor voltmetru, U = napětí zdroje, U_1 = napětí po přepojení voltmetru na indukčnost. Ohmický odpor vinutí R_0 můžeme zanedbat. Střídavé napětí U se volí takové, aby obě výchylky voltmetru bylo možno rozlišit.

Příklad: St voltmetrem o odporu 333,3 Ω/V naměříme na rozsahu 30 V napětí $U = 15$ V, přes indukčnost L_x pak $U_1 = 11$ V. Odpor voltmetru $R_p = 10\,000 = 10^4\ \Omega$, $\omega = 314$.

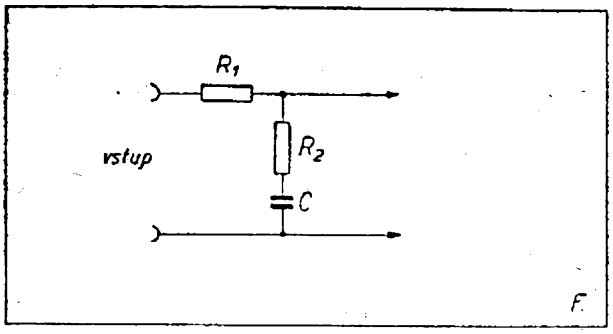
$$L_x = \frac{10^4}{314} \cdot \frac{\sqrt{15^2 - 11^2}}{11} = 29{,}5\ H.$$

2.33. Opravné obvody

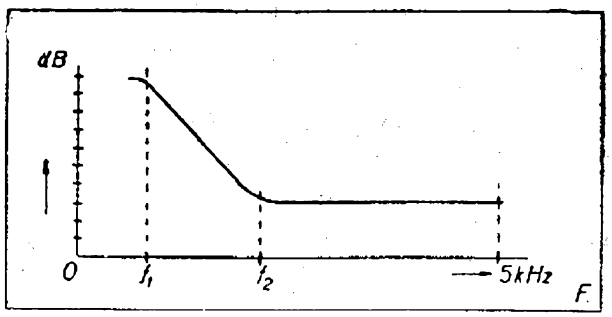
pro gramofonové přenosky.

a) Běžné desky 78 ot/min.

Gramofonový záznam má plynule zeslabeny nízké tóny počínajíc asi kmitočtem 300 Hz. Proto je nutno – zvláště k magnetickým přenoskám – zařadit t. zv. dolnofrekvenční propust, která nízké



Obr. 2—35.



Obr. 2—36. Křivka obvodu z obr. 2—35.

kmitočty lépe propouští. Postačí filtr *R–C* jehož zapojení a kmitočtový průběh znázorňují obr. 2–35 a 2–36. Oba mezné kmitočty, nejnižší f_1 a dělicí f_2 možno volit. Podélný člen (odpor R_1) má být tak velký, aby vnitřní impedance zdroje (přenosky, případně jejího transformátoru) byla zanedbatelná. Příčný člen (odpor R_2 s kapacitou C v serii) určují dělicí kmitočet.

Odpor

$$R_2 = R_1 \frac{f_1}{f_2 - f_1} \text{ [k}\Omega\text{; k}\Omega\text{, Hz]} \qquad (2.33.-1)$$

a příslušná kapacita

$$C = \frac{10^3}{2\pi f_1 R_1} = \frac{159}{f_1 R_1} \text{ [}\mu\text{F; Hz, k}\Omega\text{]} \qquad (2.33.-2)$$

Pro kontrolu: dolní kmitočet

$$f_1 = \frac{R_2 f_2}{R_1 + R_2} \text{ [Hz; k}\Omega\text{,Hz]} \qquad (2.33.-3)$$

dělicí kmitočet

$$f_2 = f_1 \frac{R_1 + R_2}{R_2} \text{ [Hz; Hz, k}\Omega\text{]} \qquad (2.33.-4)$$

Je samozřejmé, že síla reprodukce klesne; zlepší se však silně přednes basů.

Příklad: Magnetická přenoska má impedanci $Z = 3\,000\ \Omega$. Volíme tedy odpor $R_1 = 50$ kΩ. Dělicí kmitočet $f_2 = 300$ Hz, dolní mezný $f_1 = 40$ Hz. Vypočteme členy: podle (2.33.–1)

$$R_2 = 50 \frac{40}{300 - 40} = \frac{2\,000}{260} = 7{,}7 \text{ k}\Omega$$

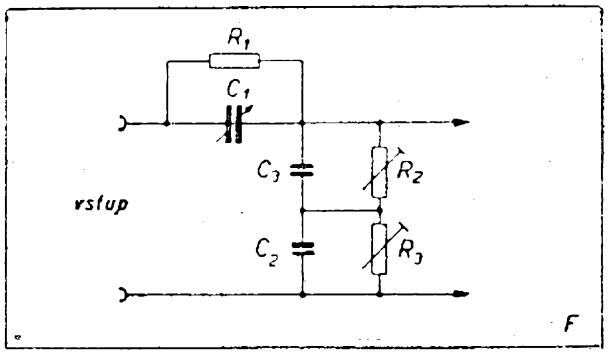
a ze vzorce (2.33.–2)

$$C = \frac{159}{40 \cdot 50} = \frac{159}{2\,000} \doteq 80 \text{ nF.}$$

b) Dlouhohrající (mikrodesky) $33^1/_3$ ot/min.

U těchto jsou nejen zeslabovány nízké kmitočty, nýbrž i vyšších plynule přibývá. Proto je nutno v zesilovači „přidávat" basy a současně „ubírat" vysoké tóny. Pro přizpůsobení jakosti nahrávky a přenosky (většinou krystalové) posluchačovu vkusu je dobře, jsou-li členy filtru měnitelné.

Princip zapojení je na obr. 2–37. Podélný člen je zde větší ($R_1 = 500$ kΩ) a přemostěný kapacitou (běžný opravný obvod pro krystalové přenosky) proměnné hodnoty $C_1 = 500$ pF max, kterou nastavíme podle sluchu. V příčném členu je – jako u obvodu popsaného dříve – odpor $R_2 = 10$ kΩ, regulovatelný, a kapacita $C_2 = 50$ nF. Navíc jsou tu řiditelný odpor $R_3 = 500$ kΩ a kapacita $C_3 = 10$ nF potlačující vyšší kmitočty podle nastavení.



Obr. 2—37.

2.34. Zatížení selenových desek

Údaje o zatižitelnosti selenových usměrňovačů se značně liší. Pro běžné, vzduchem chlazené destičky v jednocestném zapojení možno považovat za směrné tyto hodnoty proudu (platí pro seleny starší výroby):

Tabulka zatížení. Kruhové desky.

∅ mm	I – mA	∅ mm	I – A
5	5	45	0,3
7	10	67	0,6
18	38	84	1,2
25	75	112	2,0[1])
35	150	120	5,0[2])

Poznámky: [1]) S vloženými chladicími plechy 195 × 195 mm až 5 A – [2]) Při chladicí ploše 230 × 230 mm 6,5 ÷ 8 A.

Zatížení čtvercových desek se stanoví podle účinné plochy v cm². Kruhová plocha $S = 0{,}785\ d^2$, čtvercová $S = a, b$ [cm²; cm], kde a, b jsou strany.

Pro vysokonapěťové seleny (sloupky) počítáme na 1 destičku střídavé napětí U_{st} 14 ÷ 18 V_{ef}, pro nízkonapěťové v můstkovém spojení (nabíječe a p.) U_{st} = 7 ÷ 9 V_{ef}.

Počet článků i max. povolený proud závisí na druhu zatížení usměrňovače (odpor, kondensátor nebo akumulátor)!

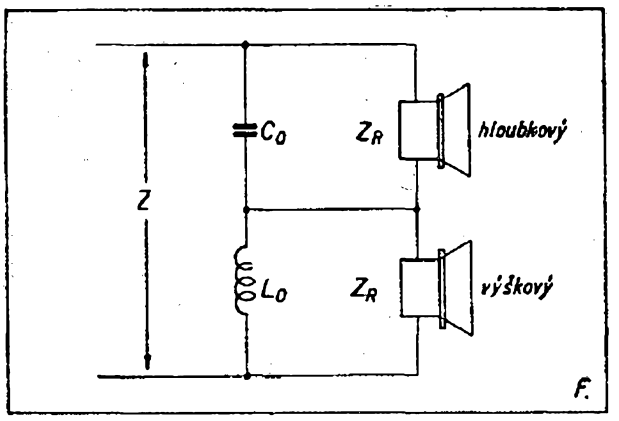
2.35. Elektrické výhybky

pro nízko- a vysokotónové reproduktory.

Širokopásmové zesilovače používají oddělených reproduktorů pro hluboké tóny (velký průměr membrány, měkké středění) a pro vysoké (malý průměr a tvrdé středění, nebo krystalový systém).

Jsou-li oba napájeny z téhož výstupního transformátoru, používá se elektrické výhybky, kombinovaného filtru z kapacit a indukčností. Uvedeme jen druhy s konstantní impedancí, u nichž je vstupní a výstupní impedance stejná.

Jednoduchá výhybka (obr. 2 – 38 a 2 – 39).



Obr. 2—38.

Indukčnost

$$L_0 = \frac{Z_R}{2\,\pi f_c} = \frac{0{,}159\ Z_R}{f_c}\ [\mathrm{H}; \Omega, \mathrm{Hz}] \qquad (2.35.-1)$$

kde Z_R je impedance vstupu nebo výstupu, f_c = dělicí kmitočet reproduktorů.

Kapacita

$$C_0 = \frac{10^6}{2\,\pi f_c Z_R} = \frac{1{,}59 \cdot 10^5}{f_c Z_R}$$

$$[\mu\mathrm{F}; \mathrm{Hz}, \Omega] \qquad (2.35.-2)$$

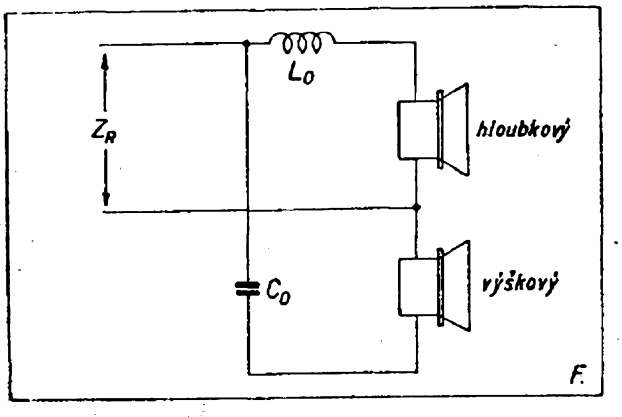
Filtr s 2 tlumivkami (obr. 2 – 40) má 2 indukčnosti

$$L_1 = \frac{L_0}{\sqrt{2}} = 0{,}707\ L_0\ [\mathrm{H}] \qquad (2.35.-3)$$

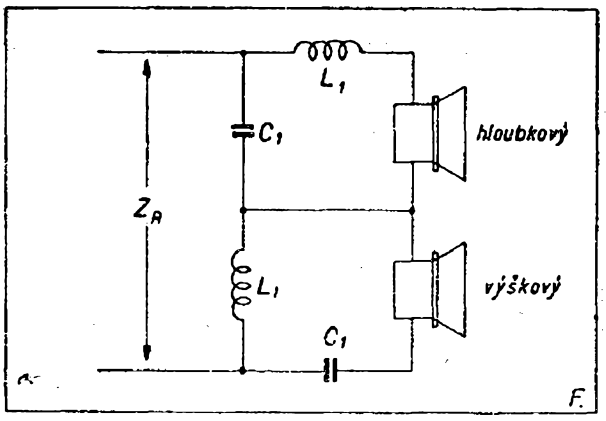
a kapacity

$$C_1 = \sqrt{2\ C_0} = 1{,}414\ \sqrt{C_0}\ [\mu\mathrm{F}] \qquad (2.35.-4)$$

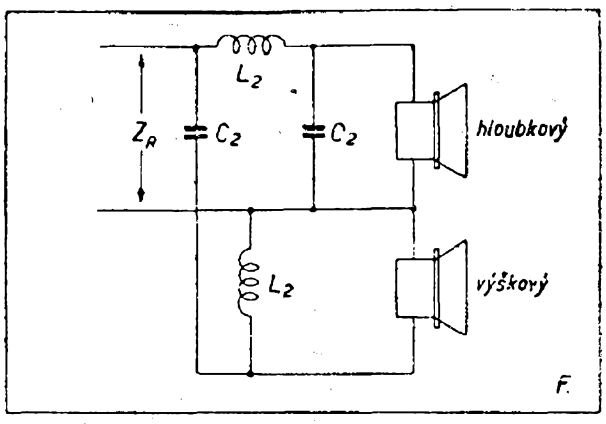
Podle obr. 2 – 41 je indukčnost



Obr. 2—39.



Obr. 2—40.



Obr. 2—41.

$$L_2 = \sqrt{2\,L_0} = 1{,}414\,\sqrt{L_0}\ [\mathrm{H}] \qquad (2.35.-5)$$

a kapacita

$$C_2 = \frac{C_0}{\sqrt{2}} = 0{,}707\,C_0\ [\mu\mathrm{F}] \qquad (2.35.-6)$$

Nevýhodou výhybky na nízkoohmovém výstupu ($4 \div 6\,\Omega$) jsou veliké hodnoty kapacit a velmi malé indukčnosti. Lepší je to při vyšší impedanci (12,15Ω. viz přijimač Stradivari z NDR).

Příklady: a) Jednoduchá výhybka podle obr. 2 – 38. Reproduktory mají kmitačky 6Ω, dělicí kmitočet volíme $f_c = 1\,000$ Hz. Seriová indukčnost pro hluboké tóny (2.35. – 1)

$$L_0 = \frac{0{,}159 \cdot 6}{1\,000} = \frac{0{,}953}{1\,000} = 0{,}000\,953\ \mathrm{H} \doteq 1\ \mathrm{mH}\ (!).$$

Kapacita pro výškový reproduktor (2.35. – 2)

$$C_0 = \frac{1{,}59 \cdot 10^5}{1\,000 \cdot 6} = \frac{1{,}59 \cdot 10^5}{6 \cdot 10^3} = 26{,}5\ \mu\mathrm{F}.$$

b) Složitější výhybka podle obr. 2 – 40 ($Z_R = 6\,\Omega, f_c = 1\,000$ Hz). Do vzorců (2.35. – 3) a (2.35. - 4) musíme dosadit hodnoty L_0 a C_0, které jsme vypočetli výše: $L_0 = 0{,}953$ mH, $C_0 = 26{,}5\ \mu$F.

Pak budou obě indukčnosti (2.35. – 3) $L_1 = 0{,}707 \cdot 0{,}953 = 0{,}674$ mH a každá z kapacit (2.35. – 4) $C_1 = 1{,}414\,\sqrt{26{,}5} = 1{,}414 \cdot 5{,}15 = 7{,}27\ \mu$F. Kapacita je podstatně menší než v předchozím příkladě.

3. DODATEK

3.1. Čs. transformátorové plechy

Poznámka: Transformátorové plechy jsou legované přísadou několika procent křemíku a mají menší magnetisační ztráty W/kg. Dynamové plechy nejsou vůbec nebo jen málo legované křemíkem a jejich ztrátové číslo je větší.

Plechy E/I mají název „Transformátorové plechy E nebo Ie". Značení se skládá z typového označení (E nebo Ie), ze ztrátového čísla Z_{10} (ve W/kg pro magnetickou indukci $B = 10\,000$ G), lomeného tloušťkou plechu, event. z údaje o úpravě povrchu a číselného znaku normy. Na př. velikost 40 z plechu 1,6 W/kg tloušťky 0,5 mm, lakovaný, se značí E 40-1,6/0,5/L ČSN ....

Lakování povrchu se vyjadřuje písmenem *L*; podobně oxydace písmenem O, polepení papírem P.

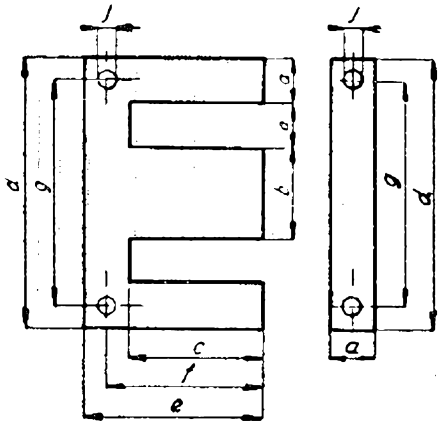
Rozměry hlavních druhů plechů E/Ie v mm jsou v tab. I. Význam sloupců ozřejmí výkres plechu na obr. 3 – 1.

Plechy M jsou raženy v celku, prostřední sloupek na jedné straně je přeseknut. Mají název „transformátorové plechy M" a vyrábějí se v provedeních Ma, Mb. Značení je podobné jako u tvaru E/I, na př. Ma 12—1,4/0,35 ČSN ....

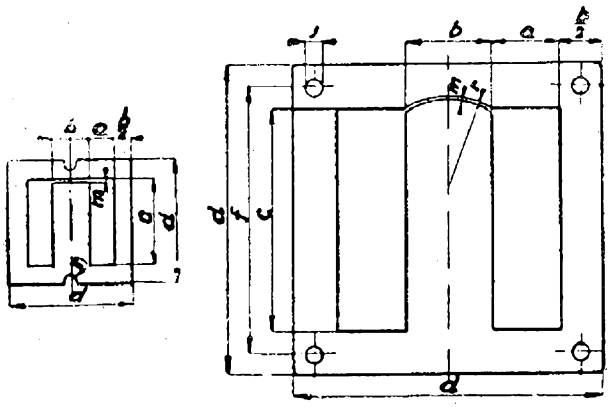
Úprava povrchu má rovněž stejné označení jako u druhu E/I. Tvar Ma je znázorněn na obr. 3 – 2.

Tabulka I.

Tvar	a	b	c	d	e	f	g	j
E/Ie 8	4	8	12	24	16	—	—	—
E/Ie 10	5	10	15	30	20	—	—	—
E/Ie 12	6	12	18	36	24	—	—	—
E/Ie 16	8	16	24	48	32	28	40	3,5
E/Ie 20	10	20	30	60	40	35	50	3,5
E/Ie 25	12,5	25	37,5	75	50	43,7	62,5	5
E/Ie 32	16	32	48	96	64	56	80	6
E/Ie 40	20	40	60	120	80	70	100	7
E/Ie 50	25	50	75	150	100	87,5	125	9
E/Ie 64	32	64	96	192	128	112	160	11
E/Ie 80	40	80	120	240	160	140	200	13



Obr. 3—1.
Normalisovaný plech E/I.



Obr. 3—2.
Normalisované plechy Ma.

Tabulka II.

Tvar	a	b	c	d	f	j	r_1	r	m
Ma 6	5	6	16	22	—	—	1,8	—	Doporučené rozměry vzduchové mezery jsou: 0 — 0,3 — 0,5 — 1 a 2 mm.
Ma 8	6	8	20	28	—	—	1,8	—	
Ma 10	8	10	26	36	—	—	2,3	—	
Ma 12	10	12	32	44	—	—	2,3	—	
Ma 16	12	16	40	56	48	3,5	—	20	
Ma 20	16	20	52	72	62	3,5	—	20	
Ma 25	20	25	65	90	78	5	—	25	
(Ma 28)	22	28	72	100	86	6	—	25	
Ma 32	25	32	82	114	98	6	—	32	
(Ma 36)	28	36	92	128	110	7	—	32	
Ma 40	32	40	104	144	124	7	—	40	
(Ma 45)	36	45	117	162	140	9	—	40	
Ma 50	40	50	130	180	155	9	—	50	
(Ma56)	45	56	146	202	174	11	—	50	
Ma 64	50	64	164	228	196	11	—	64	
(Ma 70)	56	70	182	252	217	13	—	64	
Ma 80	64	80	208	288	248	13	—	80	
Ma 100	80	100	260	360	310	13	—	100	

Poznámka: Nedoporučuje se používat plechů Ma 28, 36, 45, 56, 70.

Plechy Mb jsou podobné tvaru Ma, mají ale jiný poměr šířky okénka *a* k šířce sloupku *b* (pro úsporu obrázku není zvlášť nakreslen; význam sloupců v tabulce je stejný jako pro plechy Ma od velikosti Ma 16, (viz obr. 3 - 2).

Materiál, tloušťka plechů, značení.

a) Transformátorové normované plechy se značí TN a ztrátovým číslem na př. TN 1,3.

Dynamové plechy normované se značí DN s přidáním ztrátového čísla, na př. DN 3,0.

b) Tloušťka.

Plechy TN do ztrátového čísla 1,1 W/kg včetně se vyrábějí jen v tloušťce 0,35 mm.

Plechy od ztrátového čísla 1,2 do 1,6 včetně v tloušťce 0,35 i 0,5 mm.

Tabulka III

Tvar	a	b	c	d	f	j	r	m
Mb 32	18	32	68	100	86	6	32	Doporučené velikosti vzduchových mezer jsou: 0 — 0,3 — 0,5 — 1 a 2 mm.
Mb 36	21	36	78	114	98	7	32	
Mb 40	24	40	88	128	110	7	40	
Mb 45	27	45	99	144	124	9	40	
Mb 50	31	50	112	162	140	9	50	
Mb 56	34	56	124	180	155	11	50	
Mb 64	37	64	138	202	174	11	64	
Mb 70	44	70	158	228	196	13	64	
Mb 80	46	80	172	252	217	13	80	
Mb 90	54	90	198	288	248	13	80	
Mb 100	60	100	220	320	270	13	100	

Plechy DN od ztrátového čísla 1,75 jen v tloušťce 0,5 mm.

Tab. IV.

Plech	Barva	Plech	Barva
TN 1,1	žlutá	DN 1,75	zelená
TN 1,2	oranžová	DN 2	hnědá
TN 1,3	modrá	DN 2,3	žlutá
TN 1,45	růžová	DN 2,6	červená
TN 1,6	temně fialová	DN 3,0	bílá
		DN 3,6	bez označ.

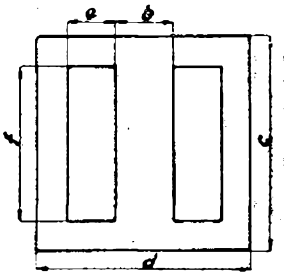
c) Barevné značení.

Není-li plech lakovaný, značí se barevnými pruhy (tab. IV.) nebo nátiskem ztrátového čísla a šipkami ve směru válcování.

3. 2. Inkurantní transformátorové plechy.

Kromě trafoplechů čs. výroby je v prodeji mnoho různých transformátorů a samotných jader z bývalých německých pozůstatků. Proto uvádí tab. V. hlavní hodnoty transformátorových plechů inkurantních.

Obr. 3—3.



Tab. V. Inkurantní plechy

I. Röhr. Tr. (= Röhren Trafo) velikost 1 ÷ 7 (do 180 VA)

Rozměry, hodnoty (obr. 3. - 3)		1 M 42	2 M 55	3 M 65	4 M 74	5 M 85	6 M 102a	7 M 102b
	c	42	55	65	74	85	102	102
	d	42	55	65	74	85	102	102
	b	12	17	20	23	29	34	34
	a	9	10,5	12,5	14	15, 5	17	17
	f	30	38	43	49	56	68	68
výška svazku (paketu) mm	h	15	20	27	32	32,5	35	52
délka silokřivky l_{Fe}	cm	10,2	13	15,4	17,2	19,7	23,8	23,8
účinný průřez S_{Fe}	cm^2	1,48	2,82	4,5	6,2	7,9	10	15
váha jádra	kg	0,12	0,31	0,61	0,9	1,33	2	3
ztráty v železe (B = 12 kG/50 Hz)	W	0,55	1,25	2,25	3,4	4,9	7,6	11,3
délka střed. závitu l_{Cu}	cm	8,8	11,4	13,8	16,2	17	19,8	23,3
závity na 1 volt	z/V	25,6	13,4	8,4	6,15	4,76	3,76	2,5
přenášený výkon (50 Hz, otepleni 60 °C)	VA	5	15	25	50	70	120	180

2. Zub. Tr. (= Zubehör Trafo) velikost 8 ÷ 14 (do 900 VA)

rozměry v mm (obr. 3—3.)		8	9	10	11	12	13	14
	c	130	130	150	150	150	170	170
	d	105	105	120	120	120	140	140
	b	35	35	40	40	40	45	45
	a	30	30	35	35	35	40	40
	f	70	70	80	80	80	95	95
výška svazku (paketu) mm	h	35	45	40	50	60	65	75
délka silokřivky l_{Fe}	cm	28,6	28,6	32	32	32	36,3	**36,3**
účinný průřez S_{Fe}	cm^2	10,2	13,2	13,5	16,8	20,2	24,7	**28,5**
váha jádra	kg	2,5	3,2	3,7	4,7	5,6	7,9	9
ztráty v železe (B = 12 kG/50 Hz)	W	9,5	12	14	17,5	21	30	34
závity na 1 volt	z/V	3,68	2,84	2,78	2,24	1,85	1,52	1,32
přenášený výkon (50 Hz, oteplení 60 °C)	VA	250	290	340	430	530	750	900

3.3 Značení odporů a kondensátorů Tesla

Tyto výrobky n. p. Tesla jsou značeny přehlednou kodovou soustavou. Hodnoty nF, kΩ a podobné se v ní nevyskytují, stejně jako desetinná čárka, kterou zastupuje symbol řádu, doplněný znakem jednotky J.

$J = 1 \cdot k = 10^3 \quad M = 10^6 \quad G = 10^9$

Základem stupnice odporů je 1 Ω, kapacit 1 pF. Odpory se od kondensátorů liší počátečním znakem TR (odpory) a TC (kapacity). Ve schematech se udává jen hodnota; rozlišují se symbolem.

Hodnoty větší se píší vlevo od řádového znaku (1M = 1 MΩ nebo μF), menší vpravo (M4 = 0,4 MΩ nebo μF). Celistvé hodnoty do 1 000 se neoznačují (500 = 500 pF nebo Ω).

Sdružené hodnoty se oddělují zlomkovou čarou: Elektrolyt 16 + 8 μF je 16/8 M.

Za označením TR nebo TC následuje trojčíslí, udávající provedení, zatížení, provozní napětí a j. (TR 104, TC 519). Od údaje hodnoty je zlomkovou čarou odděleno velké písmeno, znak tolerance v %. Základní tolerance ± 13 %, u větších kapacit ± 20 % se neznačí. Uvádí se jen tolerance zúžená: A = ± 10 %, B = ± 5 %, C = ± 2 %, D = ± 1 %, E = ± 0,5 %. Elektrolyty mají s ohledem na stárnutí menší toleranci v záporné hodnotě než v kladné (na př. — 20 %, + 50 %).

Řada jmenovitých hodnot je odvozena z t. zv. vybraných čísel Renardovy řady R 10 (součinitel $\sqrt[10]{10} = 1{,}25$, doplněný násobky a zlomky deseti), na př. 1,0 — 1,25 — 1,6 — 2,0 — 2,5 — — 3,2 — 4,0 — 5,0 — 6,4 — 8 — 10. (Kondensátory větších kapacit mají řidší řadu hodnot.)

Příklady značení: TR 103 1k6/C je odpor normalisovaného značení, vrstvový s drátovými vývody, hodnota 1,6 kΩ, tolerance ± 2 %.

TC 104 64k je svitkový kondensátor v isolantové trubce, papírové dielektrikum, drátové vývody. Hodnota 64 000 pF, tolerance (neudaná) ± 20%. TC 521 32/32 M značí dvojitý elektrolyt v plechovém obalu se středovým upevněním, kapacita 2×32 μF/450. V =.

3.4. Čs. keramické kondensátory

Elektrokeramika n. p. vyrábí keramické dielektrikum a pevné i nastavitelné kondensátory (trimry). Používá k označení druhu, hodnot i tolerance normalisovaného systému Tesla. Rozsah pracovních teplot — 60° až + 80° C.

Vyráběné keramické kondensátory (tvarem shodné s bývalými „vojenskými"):

1. Perlové, v hodnotách 0,5 ÷ 4 pF, značení TC 300 ... TC 302.

Příklad: TC 300 3J2/A značí perlový kondensátor z hmoty U, kapacity 3,2 pF ± 10 %, provozní napětí max. 600 V_{ss}.

2. Terčové (2 ÷ 40 pF) značení TC 305 ... TC 307 nebo z hmoty U se sníženým činitelem tg $\delta = 10 \cdot 10^{-4}$, označené přidáním písmene S.

Příklady: TC 307 6J4 je terčový kondensátor 6,4 pF ± 20 % (neznačeno). TC 305 S 30 je podobný kondensátor 30 pF s tg δ do $10 \cdot 10^{-4}$.

3. Trubkové: a) s drátovými vývody TC 311, z hmoty A, provozní napětí 400 V v kapacitách 5 ÷ 100 pF, nebo z hmoty U (TC310), příp. se sníženým tg δ (ke znaku přidáno písmeno S), provozní napětí 250 V, kapacity 5 pF ÷ 1k.

b) s páskovými vývody z hmoty A, provozní napětí 500 až 1050 V_{st} (podle druhu), kapacity 2,5 ÷ 125 pF. Značení TC 700 ... TC 710.

c) s páskovými vývody z hmoty B, TC 720 ... TC 730, provozní napětí 450 ÷ 900 V_{st}, kapacity 6,4 ÷ 125 pF.

Tab. VI. Hodnoty kondensátorových hmot

Vlastnosti	A Porcelit Stealit	B60P	B30P	B50N	U Rutilit	H1	H2
		Stabilit				Permitit	
Dielektr. konst. ε při 1 MHz	6,5	18÷20	18÷22	20	90	3000÷ ÷4000	1300
Teplotní činitel na 1 °C a 1 pF $.10^{-6}$ při 1 MHz a tepl. + 20°C až + 80° C	+ 90 až + 180	+40 +80	+ 10 až + 50	— 30 až —70	– 650 až —750	silně záporný	proměn. podle absol. teploty
Ztrátový činitel tg $\delta.10^{-4}$ při 1 MHz	9	4	4	4	10 nebo 20	50	100
Teplot. koef. ztr. činit. při 1 MHz a teplot. +20+80 °C	3–4	3	3	3	5	—	—
Součinitel délkové roztažitelnosti za teplot 20÷100 °C	8	8	8	8	8,5	8	8
Elektr. pevnost nejméně kV/mm	20	8	8	10	8	8	8
Průměr elektr. odpor při 100 °C, ohm.cm	$>10^{12}$	$>10^{11}$	$>10^{11}$	$>10^{11}$	$>10^{11}$	$>10^{11}$	$>10^{11}$
Barevné označení dielektrika	tmavě zelená	trávově zelená	šedá	světle modrá	světle zelená oranž.*	bílá	růžová

*) Kondensátory natřené světle zeleně mají ztrátový úhel maximálně do 10.10^{-4}, oranžové mají tg δ do 20.10^{-4}.

Ve znaku je rozlišen druh hmoty B (viz tab. VI.), na př. TC 722 50N 25/C je kondensátor 25 pF ± 2 % z hmoty B50N, provozní napětí 650 V_{st} (= = 900 Vss).

d) s páskovými vývody, hmota U; značení TC 740 ... TC 750, provozní napětí 250 až 650 V_{st}, kapacity 5 ÷ 1k6 (= 1 600 pF). Rozlišuje se barvou podle tg δ do $10 \cdot 10^{-4}$ a $20 \cdot 10^{-4}$.

e) s páskovými vývody, z hmoty H1. Provozní napětí 150 až 750 V_{st} = = 400 ÷ 1 000 V_{ss}. Značení neudáno. Kapacita 200 pF až 16 k.

f) totéž z hmoty H2. Kapacita 200 pF až 8 k.

4. Dolaďovací (trimry) o průměru rotoru 16 a 25 mm, značení TC 335... TC 340, měnitelné v rozmezí kapacit od 1,5 do 4 pF až od 50 do 100 pF. Tg δ pro hmotu U je maximálně $20 \cdot 10^{-4}$, pro hmotu B nejvýše $10 \cdot 10^{-4}$.

Vysílací a speciální druhy (průchodkové, hrncové, opěrné a j.) pro nedostatek místa neuvádíme. (Podle katalogu Elektrokeramiky, n. p., Praha.)

*

3.5. TRANSFORMÁTOROVÉ PLECHY

Tab. VII. Vlastnosti ferromagnetických materiálů

Materiál	μ_0	μ_{1000}	μ_{max}	μ_{max} při B	B_{max}	Použití
Běžný dynamový plech	200	1 400	3 000	3 000	20 000	Levné síťové transformátory a filtrační tlumivky
Středně legovaný (do 2 % Si)	300	2 500	4 000	4 500	20 000	Lepší transform., tlumivky, jakostní síťové, nf a výstup. transformátory
Křemínkový (4 % Si, 96 % Fe)	500	3 500	7 000	6 000	20 000	
Slitiny s niklem:						
Permalloy C (78,5 % Ni, 18 % Fe 3,% Mo, 0,5 % Mn)	10 000	25 000	55 000	4 500	9 000	Velmi jakostní nf transformátory a tlumivky bez ss magnetisace
Mumetal (76 % Ni, 17 % Fe, 5 % Cu, 2 % Cr)	12 000	20 000	45 000	4 000	8 000	
Permenorm (permalloy B) 48 % Ni, 52 % Fe	2 700	—	19 000	4 500	14 000	Pozn. Názvy a složení čs. speciálních slitin se poněkud liší.
Megaperm 4510 (45 % Ni, 45 % Fe, 10 % Mn)	3 300	—	68 000	5 000	9 300	

μ_0 = počáteční permeabilita, μ_{1000} = permeabilita při B = 1 000 G, μ_{max} = nejvyšší permeabilita, μ_{max} při B = hodnota magnetické indukce B pro μ_{max}, B_{max} = = největší magnetická indukce (sycení).

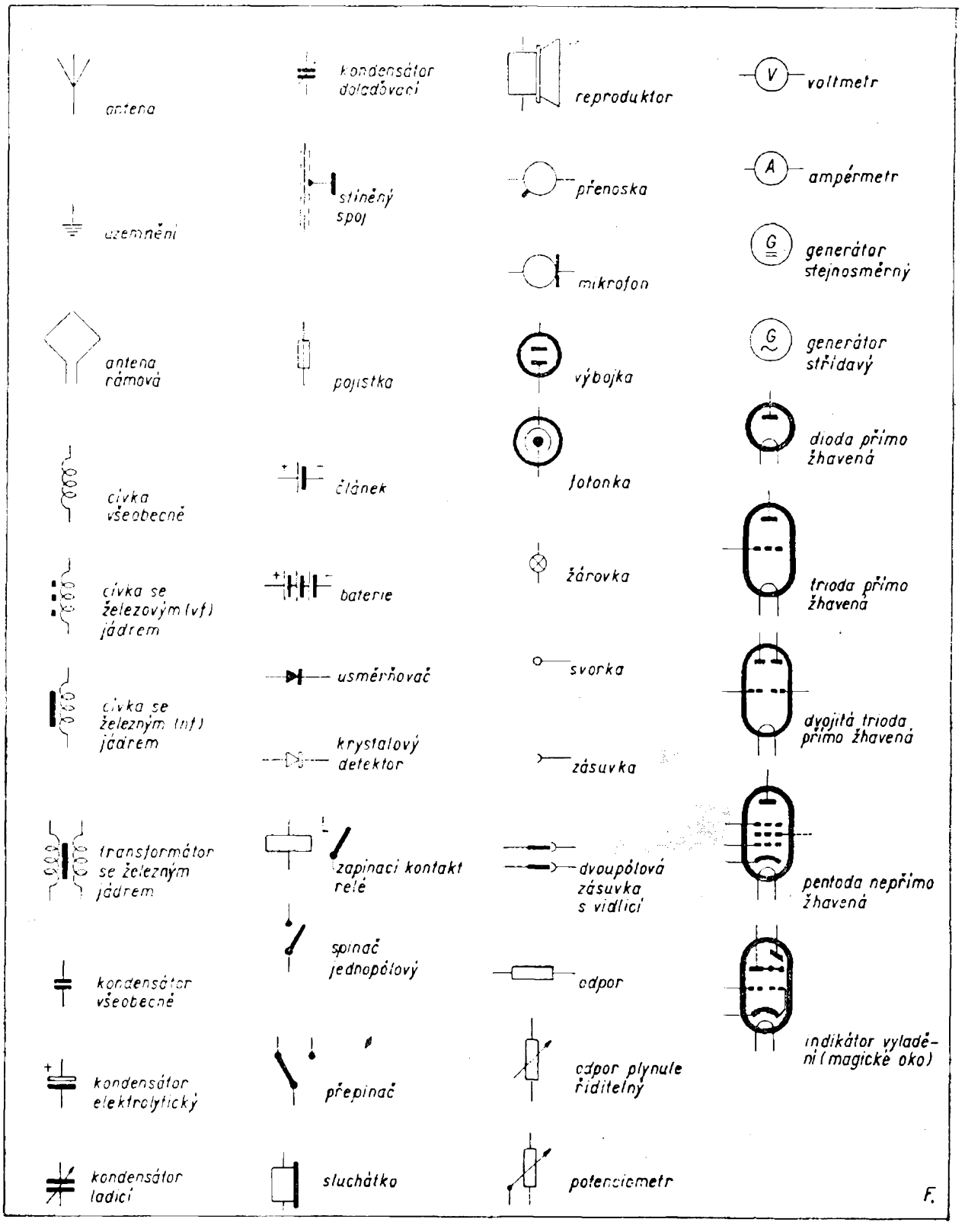
3.6. Čs. rozhlasové a televisní vysilače

Rozhlas (abecedně):	vlna m	kmitočet kHz
Banská Bystrica	427,9	701
Bratislava I	273,5	1 097
Bratislava II	427,9	701
Brno	314,7	953
Č. Budějovice	197	1 520
Hradec Králové	202,2	1 484
Jihlava	197	1 520
Karlovy Vary	197	1 520
Košice I	243,5	1 232
Liberec	202,2	1 484
Ostrava	197	1 520
Orava	243,5	1 232
Plzeň	314,7	953
Praha I	470,2	638
Praha II (do 18,00 h)	233,3	1 286
Praha II (od 18,00 h.)	197	1 520
Praha dlouhá vlna	1102,9	272
Tatry – Žilina	202,2	1 484
Ústí n. Lab.	202,2	1 484
Televise:		
Praha a Ostrava	m	MHz
obraz	6,03	49,75
zvuk	5,33	56,25
Bratislava		
obraz	5,06	59,25
zvuk	4,56	65,75

OBSAH

1.0. Všeobecná část 122
1.1. Obecné a elektrotechnické symboly . . . 122
1.2. Znaky použitých jednotek 123
1.3. Dekadické násobky a zlomky 123
1.4. Řecká abeceda 123
2.0. Elektrotechnická část 123
2.1. Důležité základní vztahy 123
2.2. Odpor vodičů a změna s teplotou 124
2.3. Zatižitelnost odporů schematicky 125
2.4. Spojování odporů 126
2.5. Kapacita kondensátorů 125
2.6. Spojování kondensátorů 126
2.7. Spojování indukčností 126
2.8. Výpočet indukčnosti vinutí 126
2.9. Délka střední siločáry 129
2.10. Zatižitelnost neznámých tlumivek 130
2.11. Síťový transformátor 130
2.12. Délka středního závitu 132
2.13. Výstupní transformátory 132
2.14. Návrhy výstupních transformátorů. . . . 132
2.15. Časová konstanta obvodu kondensátor — odpor 134
2.16. Kapacitní reaktance 134
2.17. Induktivní reaktance 135
2.18. Obvody R—C 135
2.19. Katodové kondensátory 136
2.20. Elektrická jakost obvodů 136
2.21. Resonanční obvody 136
2.22. Periody, kmitočet a vlnová délka 137
2.23. Ladicí obvody 138
2,23.1. Kmitočtový rozsah 138
2.23.2. Superhet 138
2.24. Elektronky 141
2.25. Zatěžovací odpor elektronek 142
2.26. Mřížkový odpor a vazební kondensátor. . 143
2.27. Napájecí zdroje a filtry 143
2.28. Rozvod nf energie 144
2.29. Decibely, nepery 145
2.30. Rozsahy měřicích přístrojů 146
2.30.1. Ampérmetr 146
2.30.2. Voltmetr 147
2.31. Oprava měřicí chyby 148
2.32. Měření odporů, indukčností a kapacit . . 148
2.32.1. Měření odporů 149
2.32.2. Měření kapacit 150
2.32.3. Měření indukčností 151
2.33. Opravné obvody pro přenosky 151
2.34. Zatížení selenových desek 153
2.35. Elektrické výhybky 153
3.0. Dodatek 154
3.1. Čs. transformátorové plechy 154
3.2. Výprodejní plechy 156
3.3. Značení odporů a kondensátorů Tesla . . 157
3.4. Čs keramické kondensátory 157
3.5. Vlastnosti ferromagnetických materiálů. . 159
3.6. Čs. rozhlasové a televisní vysilače 160
3.7. Nomogram síťového transformátoru . . . III
3.8. Nomogram seriových C a paralelních R a L IV

RADIOVÝ KONSTRUKTÉR SVAZARMU, návody a plánky Amatérského radia. Vydává Svaz pro spolupráci s armádou v NAŠEM VOJSKU, vydavatelství, n. p., Praha, redakce Praha I, Národní tř. 25 (Metro). Telefon 23-30-27. Řídí František SMOLÍK s redakčním kruhem (Josef ČERNÝ, Vladimír DANČÍK, Antonín HÁLEK, Karel KRBEC, Arnošt LAVANTE, Ing. Jan NAVRÁTIL, Ing. Oto PETRÁČEK, Josef POHANKA, laureát státní ceny, Antonín RAMBOUSEK, Josef SEDLÁČEK, mistr radioamatérského sportu a nositel odznaku „Za obětavou práci", Josef STEHLÍK, mistr radioamatérského sportu, Vlastislav SVOBODA, laureát státní ceny, Jan ŠÍMA, mistr radioamatérského sportu, Zdeněk ŠKODA). Administrace NAŠE VOJSKO, n. p., distribuce, Praha II, Vladislavova 26, telefon 22-12-46, 23-76-46. Vychází měsíčně, ročně vyjde 10 čísel. Cena jednotlivého čísla 3,50 Kčs, předplatné na půl roku 17,50 Kčs. Rozšiřuje Poštovní novinová služba. Objednávky přijímá každý poštovní úřad i doručovatel. Tiskne NAŠE VOJSKO, n. p., Praha. Otisk povolen jen s písemným svolením vydavatele. Příspěvky redakce vrací, jen byly-li vyžádány a byla-li přiložena frankovaná obálka se zpětnou adresou. Za původnost a veškerá práva ručí autoři příspěvků. Toto číslo vyšlo 10. dubna 1956.
VS 12906 - PNS 319.



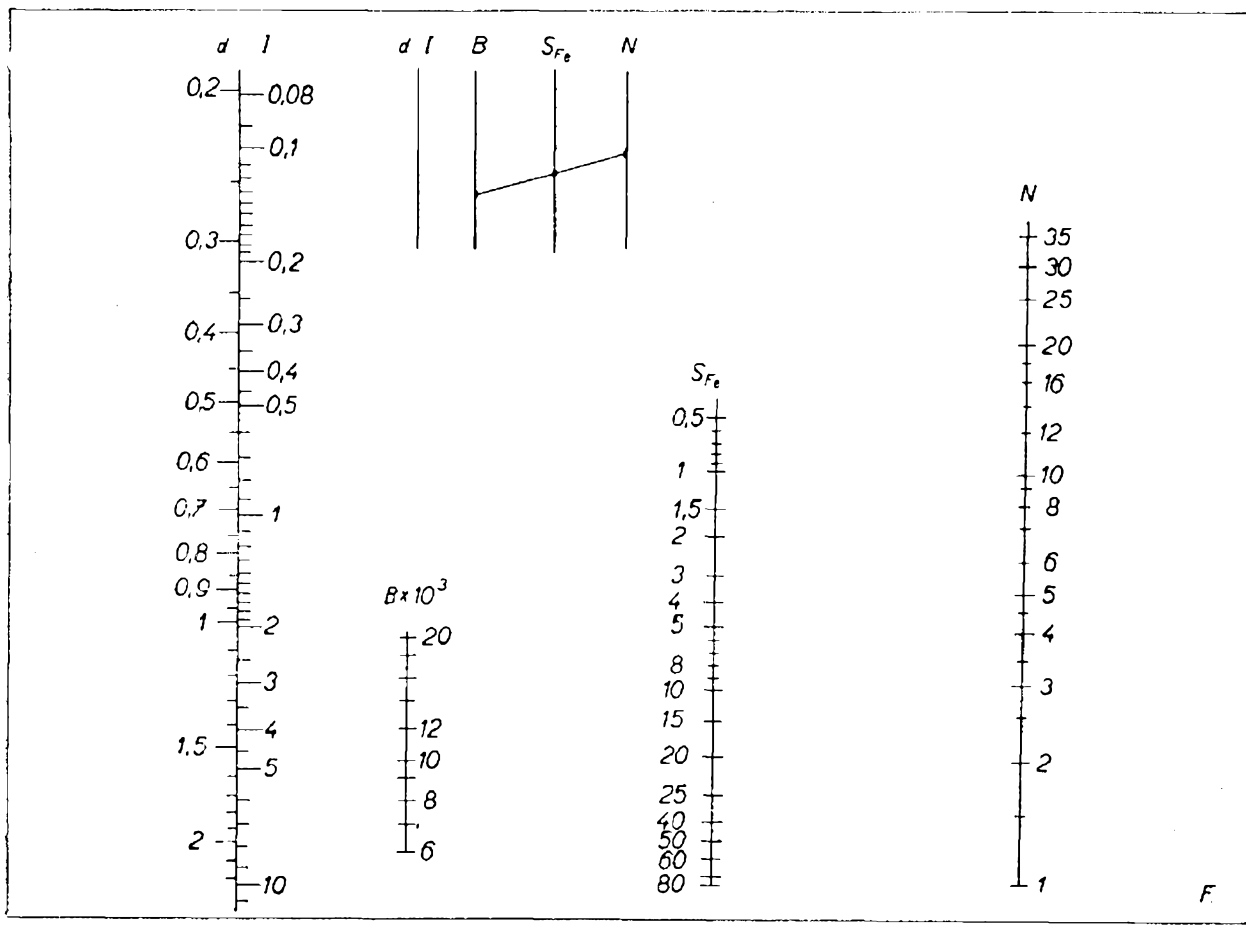
Prvým předpokladem pro úspěšné vniknutí do tajů radiotechniky je znalost jejího „těsnopisu" – schemat. Hlavní znaky podle čs. normy obsahuje hořejší tabulka. Jiné jsou v dalším textu, na př. znázornění zatížitelnosti odporů ve wattech na str. 125.

3.7. Nomogram síťového transformátoru (obr. 3—4)

Průřez jádra se určí předem z odebíraného výkonu a účinnosti podle vzorce (2.11. – 1). Položíme pravítko tímto bodem stupnice S_{Fe}, aby levým koncem protínalo stupnici $B \times 10^3$ G ve zvolené hodnotě magnetické indukce (nejčastěji 10, nejvýše 12). Pravý konec pravítka vytne na stupnici N počet z/V. Čtvrtá stupnice vlevo, s označením d/I je převodní a s nomogramem nesouvisí. Ukazuje proudu I vpravo příslušející průměr drátu d na levé straně svislice.

Hodnoty na stupnici neobsažené (na př. proud slabší než 80 mA nebo silnější než 1 A) hledáme tak, že údaj stupnice I násobíme (nebo dělíme) stem a odpovídající průměr drátu d násobíme (dělíme) deseti, ježto $I\,k = d^2$ a proto $d = \sqrt{I\,k}$; (k = konstanta proudové hustoty).

Příklad: Z příkonu P_p zjistíme průřez $S_{Fe} = 5$ cm². Volíme-li $B = 10$ kG, najdeme na stupnici N hodnotu 9 z/V. Máme-li určit drát pro proud 20 mA (= 0,02 A), hledáme na pravé straně převodní svislice číslici 2 (protože 2/100 = 0,02), čemuž vlevo odpovídá průměr $d = 1/10 = 0{,}1$ mm.



Obr. 3—4. Nomogram síťového transformátoru.

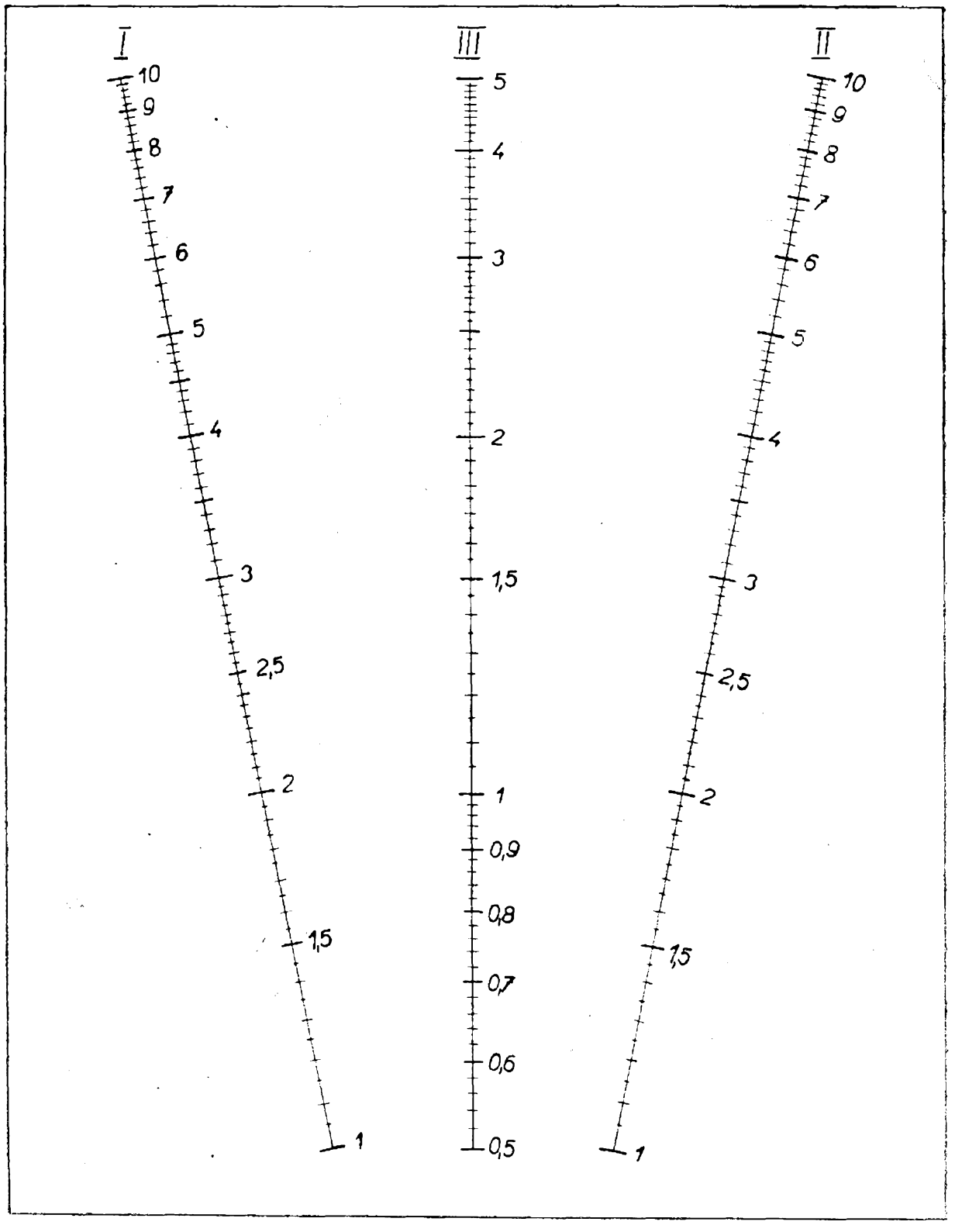
3.8. Nomogram seriových kapacit a paralelních odporů (indukčností) (obr. 3—5)

Na stupnici I a II vyhledáme hodnoty obou C, R nebo L a tyto body spojíme přímkou. Svislice III udává výsledek. Větší nebo menší hodnoty, než nomogram obsahuje, dosáhneme násobením nebo dělením všech stupnic týmž okrouhlým číslem.

Příklad: Kolik dají odpory 3 kΩ a 5 kΩ paralelně? „3" na stupnici I a „5" na stupnici II spojíme přímkou, která protne stupnici III na hodnotě 1,8. Výsledek je 1,8 kΩ.

Opačně najdeme potřebnou hodnotu, kterou musíme spojit s daným odporem paralelně (při kapacitách v serii). Žádanou hodnotu hledáme na stupnici III, danou na I. Výsledek čteme na stupnici II.

Příklad: Kapacitu 200 pF potřebujeme snížit na 160 pF. Spojíme pravítkem bod 2 stupnice I s bodem 1,6 stupnice III. Pravítko protne stupnici II v bodě 8. Zařadíme tedy do serie 800 pF.



Obr. 3—5. Nomogram spojení C v serii, R nebo L paralelně.