

Začínajícím radioamatérům:

a méně zkušeným zájemcům o příbuzné elektrotechnické obory jsme připravili novou řadu stavebních návodů

MLADÝ KONSTRUKTÉR

Dosud vyšly tyto sešity:

- 1 – Krystalka PIONÝR
- 2 – Montážní pomůcka MP - 1
- 3 – Montážní pomůcka MP - 2
- 4 – Zesilovač TZ - 2
- 5 – Přijímače bez zdrojů proudu
- 6 – Jednotransistorový přijímač TP - 1
- 7 – Hlasitý telefon (doplňk montážní pomůcky MP - 2)
- 8 – Jednoduché zkoušecí přístroje (doplňk MP - 2) I. část
- 9 – Jednoduché zkoušecí přístroje (doplňk MP - 2) II. část
- 10 – Jednoduchý měřicí přístroj RUI - 1 (I. část)

Každý sešit za jednotnou cenu 1, — Kčs

Stavební návody „Mladý konstruktér“ obdržíte v pražských prodejnách radiotechnického zboží:

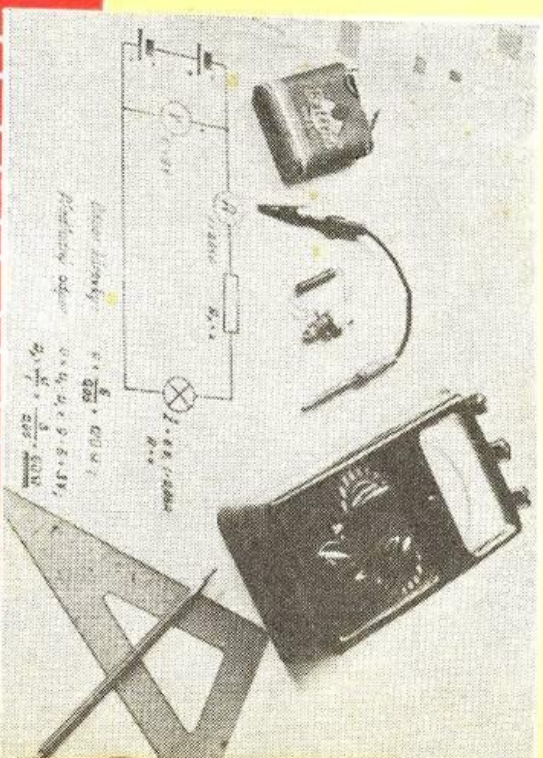
Václavské náměstí 25, Žitná 7 (Radioamatér),
Na Poříčí 45, Jindřišská 12.

D - 08*40155

Cena 1, — Kčs
56/III-8

MLADÝ KONSTRUKTÉR

10



JEDNODUCHÝ MĚŘICÍ PŘÍSTROJ RUI-1

I. část
stavební návod

DOMÁCÍ POTŘEBY • PRAHA

Inž. Ladislav Hloušek

JEDNODUCHÝ

MĚŘICÍ PŘÍSTROJ RUI - 1

Stavební návod a popis

I. část teoretická

© Inž. Ladislav Hloušek, 1964

Ve Vydavatelství obchodu vydává podnik

ДОМАСІ ПОТРЕБЫ - ПРАГА

V předchozích brožurách jsme se seznámili se zhotovováním jednoduchých přijímačů a podle uvedených návodů jsme si zhotovili celou řadu jednoduchých přístrojů. Jejich vhodným propojením jsme získali účelnou pomůcku, která nejen že hraje, ale je schopna plnit ještě celou řadu dalších funkcí, jak je podrobně popsáno ve Stavebních návodech číslo 8 a 9 této řady.

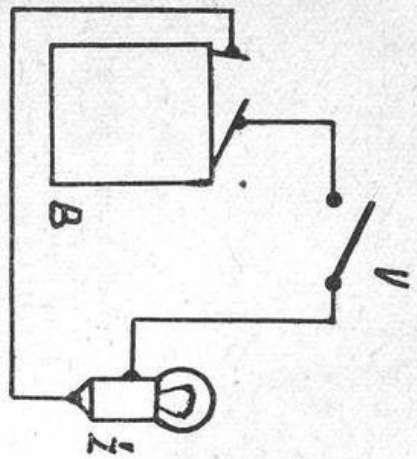
Je pravda, že jsme si přístroje postavili, a částečně i pochopili různé funkce jednotlivých součástek a použitých obvodů. Při výkladech zapojení jsme však vycházeli z určitých faktů, o kterých jsme předpokládali, že platí a více jsme se jimi nezabývali. Je proto nutné, abychom si nyní řekli i něco z teorie, která je nezbytná pro naši další práci.

Nelekejte se. Teorie není žádnou strašnou a nezáživnou věcí. Tento chybný názor mají pouze lidé, kteří mají špatný poměr k učení a kteří tvrdím, že vzorce a počítání jsou zbytečnou přítěží a k ničemu se nehodí, chtějí zakrýt nedostatek svých vědomostí.

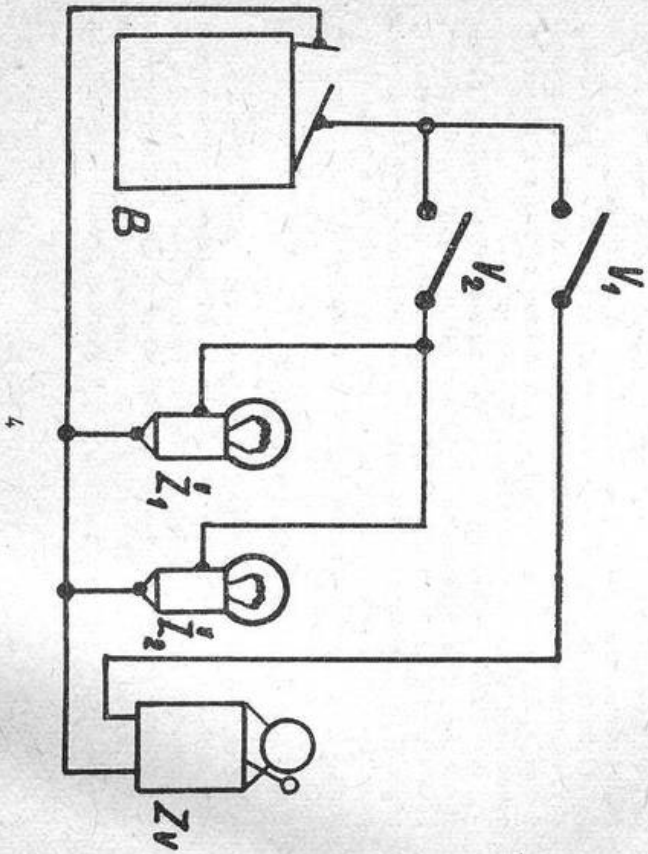
Převážnou většinu jevů, kterých radiotechnika využívá, působí elektrický proud. Jeho přímé pozorování našimi smysly (vyjma výjimečných případů, kupř. při náhodném dotyku vedení o dostatečně vysokém napětí – pozor na úraz!) není možné. Jeho přítomnost zjišťujeme proto pomocí různých přístrojů. Jak přítomnost elektrického proudu zjišťujeme a jak jej měříme, si povíme v dalších kapitolách.

ZÁKLADNÍ ELEKTRICKÉ VELIČINY

Elektrina je druh energie, který je schopen konat určitou práci. Aby mohla být vykonána, je nutné, aby ke zdroji elektrického proudu byl připojen určitý spotřebič (žárovka, motor, přijímač apod.), jak se odborně říká, aby byl uzavřen elektrický obvod a tím vytvořena cesta, kterou by mohl elektrický proud protékat. Elektrický proud je tok elektronů. V praxi se označuje i. Jednotkou proudu je ampér (A).



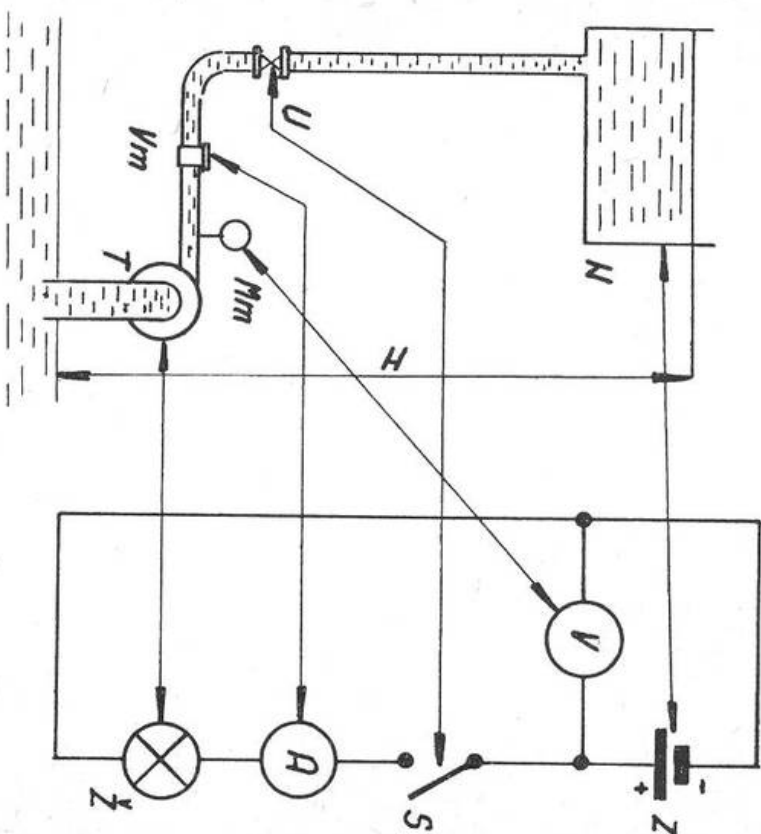
Obr. 1: Jednoduchý elektrický obvod; B – baterie; V – vypínač; Z – žárovka



Obr. 2: Složitý elektrický obvod
B – baterie; V₁, V₂ – vypínač; Z₁, Z₂ – žárovky; Z_V – zvonek

Jak vedení, kterým je spotřebič ke zdroji připojen, tak i zdroj kladem protékajícím proudem určitý odpor. Aby proud mohl protékat, musí existovat nějaká síla, která jej k tomu nutí. Touto silou je napětí na svorkách zdroje, které v praxi označujeme U.

Napětí (U) a proud (I) jsou veličiny udávající elektrický výkon. Abychom vše lépe pochopili, připravíme si uzavřený elektrický obvod k úkazu známému z vodní praxe. Prohlédněte si pozorně obr. 3 a porovnejte obdobné veličiny.



Obr. 3: Porovnání elektrického obvodu s vodním; N – nádrž; U – uzavírací kohout; Vm – vodměř; Mm – manometr; T – turbína (spotřebič); H – rozdílná výšková hladina; Z – zdroj proudu; V – voltmetr; S – spínač; A – ampérmetr; Z – žárovka (spotřebič)

Čím bude větší rozdíl výšek mezi horní a dolní hladinou H (napětí zdroje vyšší), tím bude větší pohyb vody v potrubí (elektrický proud) a tím bude větší i výkon (spotřebiče). Sestavíme-li si nyní z těchto poznatků rovnici, kde elektrický výkon označíme N, dostaneme vztah:

$$N = U \cdot I \quad [W; V, A] \quad (1)$$

kde N = výkon elektrického proudu (jednotkou je watt – značí se W)

U = napětí (jednotkou je volt – značí se V)

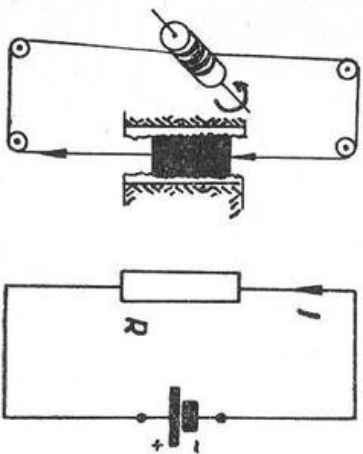
I = proud (jednotkou je ampér – značí se A)

Příklad: Jaký bude mít výkon spotřebič, je-li svorkové napětí zdroje 6 V a obvodem protéká proud 0,050 A?

$$N = 6 \cdot 0,050 = 0,3 \text{ W}$$

Řekli jsme si již, že vodič klade průchodu elektrického proudu odpor, jehož velikost je různá a závisí na druhu materiálu, ze kterého je vodič vyroben.

Co je odpor a jak vzniká? Podívejme se na obr. 4.



Obr. 4: Zndzornění vzniku elektrického odporu

Na obrázku jsou nakresleny dvě trubky, ve kterých se pohybují tělesa. Levá trubka má drsné stěny, proto se v ní bude těleso pohybovat daleko hůře než v trubce pravé, která má stěny hladké. Bude-li trubka vypadat tak, jako na obr. 5, nebude se těleso pohybovat vůbec.



Obr. 5: Zndzornění velkého odporu

6

Je třeba si ještě uvědomit, že velký podíl na pohybu tělesa má síla, která těleso tlačí. Čím bude větší, tím se bude těleso pohybovat snáze a bude lépe překonávat nerovnosti stěny trubky. Nastanou ale i takové případy (viz obr. 5), že žádá síla nebude schopná s tělesem pohybnout. Jistě dovedete tyto skutečnosti pochopit a nejsou pro vás ničím novým.

Vídíte, u elektrického proudu je princip stejný. Bude-li materiál, ze kterého je vodič vyroben dostatečně „hladký“, jak se odborně říká, bude mít dobrou vodivost, bude proud procházet snadno a ztráty budou nepatrné. Bude-li naproti tomu mít vodivost špatnou, nebo dokonce žádnou, bude proud procházet těžko, případně vůbec ne.

Není snad nutné zvláště zdůrazňovat, že sílu, která tělesem pohybuje, můžeme přirovnat k napětí, trubku k vodiči a proud k tělesu. A nyní si vše, co bylo až dosud řečeno o odporu, napíšeme do rovnice a dostaneme vztah:

$$R = \frac{U}{I} \quad [Ω; V, A] \quad (2^*)$$

kde R = odpor (jednotkou je ohm – značí se Ω)

U = napětí

I = proud

Znamená to, že odpor lze vypočítat (pokud jej neznáme) tak, že napětí podělíme proudem, který obvodem protéká.

Příklad: Jak veliké napětí je zapotřebí, aby odporem $R=120 \text{ } \Omega$, tekla proud 0,050 A?

Řešení: Použijeme rovnice 2, kde matematickou úpravou dostaneme: $U = R \cdot I$ [V; Ω, A] (3)

a dosadíme potřebná čísla:

$$U = 120 \cdot 0,050 = 6 \text{ V}$$

Podobně můžeme upravit i rovnici pro výpočet proudu:

$$I = \frac{U}{R} \quad [A; V, \Omega] \quad (4)$$

Shrneme-li vše, co až dosud bylo řečeno, dostaneme tyto zásady:

1. Ztráty způsobené odporem jsou tím větší, čím větší proud vodičem prochází.
2. Ztráty se zmenší tehdy, když při stejném proudu a odporu se zvětší napětí;
3. Aby byly při daném napětí a proudu co nejmenší ztráty, musí být i odpor co nejmenší.

*) Tato rovnice se nazývá Ohmův zákon a je jedním z nejdůležitějších v celé elektrotechnice.

7

Podle toho, jaký klade proud odpor, dělíme vodiče na tři základní skupiny:

1. Vodiče – materiály, převážně kovy, které kladou průchodu proudů velmi malý odpor;
2. Polovodiče – materiály, které vedou elektrický proud pouze za určitých podmínek. Do této skupiny patří selén, cuprox, germanium, leštěnec olovnatý apod.;
3. Izolanty – materiály, které elektrický proud nevedou. Používá se jich k výrobě izolací, izolátorů a jiných předmětů, které mají zabránit průchodu elektrického proudu. Typickými materiály této skupiny jsou sklo, porcelán, pryž, PVC, pertinax, bakelit apod.

Mezi nejlepší vodiče patří měď, hliník a stříbro. Pro spojování v radiotechnické praxi se používá převážně měděných drátů.

Rekli jsme si již, že různé materiály kladou průchodu elektrického proudu různý odpor. Tuto vlastnost nazýváme specifický odpor a pro jednotlivé materiály je různý. V praxi se udává specifický odpor jako hodnota odporu vodiče dlouhého jeden metr o průřezu 1 mm². Chceme-li zjistit odpor vodiče vyrobeného z určitého materiálu o daném průřezu a délce, použijeme této rovnice:

$$R_v = \frac{\rho \cdot l}{F} \quad (5)$$

kde R_v = výsledný odpor (jednotkou je ohm)

ρ = specifický odpor (jednotkou je $\frac{\Omega \cdot 1 \text{ m}}{\text{mm}^2}$)

l = délka vodiče (jednotkou je metr m)

F = průřez vodiče (jednotkou je mm²)

Z uvedené rovnice vyplývá, že výsledný odpor počítaného vodiče bude tím menší, čím bude menší specifický odpor a délka vodiče, a čím bude průřez vodiče větší.

Příklad: Jak veliký úbytek napětí vznikne ve dvoudrátovém vedení z měděných vodičů průřezu 4 mm² dlouhém 5 m při průtoku proudem 0,1 A? Specifický odpor mědi je 0,0178.

Řešení: Podle rovnice 5 vypočteme odpor vedení

$$R = \frac{0,0178 \cdot 2 \cdot 5}{4} = 0,445 \Omega$$

Úbytek napětí vypočteme podle rovnice 2

$$U = 0,445 \cdot 0,1 = 0,0445 \text{ V}$$

Někdy se používá též hodnoty, která se nazývá vodivost. Její jednotkou je siemens (označuje se S). Vyjadřuje, jak je který materiál vodivý. Obdobou specifického odporu je specifická vodivost, která udává vodivost jednoho metru vodiče o průřezu 1 mm². Specifická vodivost se označuje γ (řecké písmeno gamma).

Pro ty, kdož mají již větší znalosti matematiky, uvádíme, že vodivost je převrácenou hodnotou odporu. Platí proto, že:

$$G = \frac{1}{R} \quad [S; \Omega] \quad (6)$$

kde G = vodivost (jednotkou je siemens – značí se S)

R = odpor (jednotkou je ohm – značí se Ω)

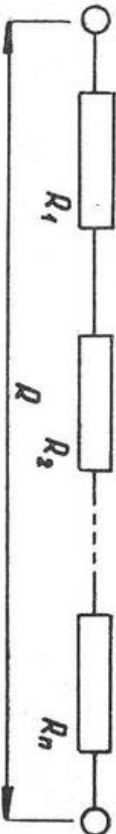
Příklad: Jaká je vodivost materiálu, jehož odpor je 50 Ω ?

Řešení: Dosazením do rovnice 6 dostaneme:

$$G = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ S}$$

Řazení odporů

Většina uzavřených elektrických obvodů sestává z celé řady různě seřazených odporů. Abychom snáze pochopili, jak se odpory v elektrickém obvodu řadí, je na obr. 6 nakreslen příklad, kdy odpory jsou seřazeny za sebou (sériově). Znamená to, že proud musí postupně procházet všemi odpory a v každém se její část ztratí. (Přesně řečeno, přemění se v jiný druh energie, převážně teplo).



Obr. 6: Řazení odporů za sebou (sériově)

R_1 až R_n jednotlivé odpory; R – výsledný odpor

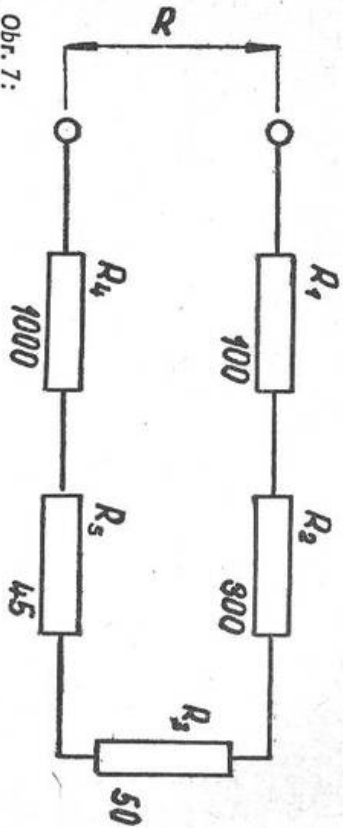
Výsledný odpor (označuje se R_0) obvodu bude tedy tak veliký, jako je součet všech odporů zatčených do obvodu. Vyjadříme-li nyní tuto skutečnost matematicky, dostaneme rovnici:

$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad [S] \quad (7)$$

kde R_0 = výsledný odpor (jednotkou je Ω)

R_1 až R_n = odpor jednotlivých odporů v obvodě (jednotkou je Ω).

Příklad: Vypočítejte výsledný odpor R_o obvodu sestaveného z dílčích odporů R_1 až R_5 seřazených podle obr. 7!



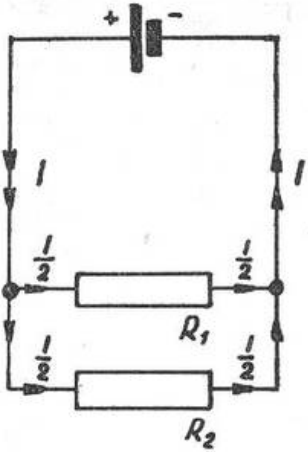
Obr. 7:

Řešení: Dosazením do rovnice 7 dostaneme:

$$R_o = 100 + 300 + 50 + 100 + 45 = 1495$$

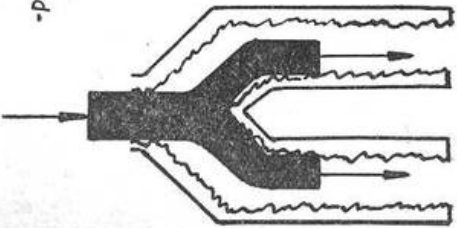
Zcela jiný případ nastane, zapojíme-li odpory vedle sebe. Proud se rozdělí do obou odporů tak, jak je znázorněno na obr. 8.

Celkový odpor obvodu se tím zmenší. Chceme-li nyní vypočítat výslednou hodnotu odporu, musíme postupovat při výpočtu jiným způsobem, než je v předchozím případě.



Obr. 8: Znázornění rozvětvení proudu při řazení odporů vedle sebe (paralelně)

10



Víme již, že spojením odporů vedle sebe bude výsledný odpor obvodu menší – z větší se jeho vodivost. Zvětší-li se vodivost (my víme, že vodivost je převrácená hodnota odporu – viz rovnice 6), stačí tyto vodivosti sečíst a máme výsledek. Pozor však! Výsledek je výsledná vodivost a chceme-li dostat hodnotu výsledného odporu, musíme vodivost převést zpět na hodnotu odporovou. Řečeno je to poměrně složitě, ale žádný strach. Napíšeme si celý vztah do rovnice, spočítáme si příklad a bude nám vše jasné.

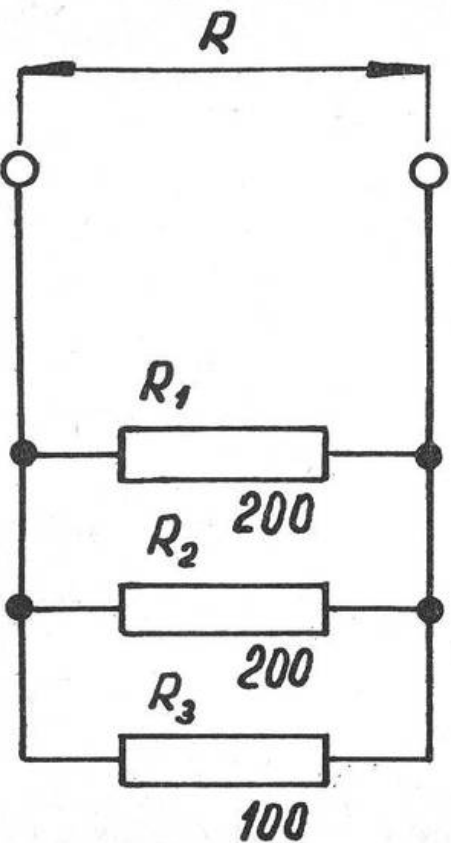
Pro výpočet výsledného odporu R_o při řazení odporů vedle sebe platí rovnice:

$$\frac{1}{R_o} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad [2] \quad (8)$$

kde $\frac{1}{R_o}$ je převrácená hodnota výsledného odporu.

$\frac{1}{R_1}$ až $\frac{1}{R_n}$ = převrácené hodnoty jednotlivých odporů.

Příklad: Jaký je výsledný odpor R_o obvodu sestaveného ze tří odporů zapojených vedle sebe podle obrázku 9?



11

Řešení: Do rovnice 8 dosadíme hodnoty z obr. 9

$$\frac{1}{R_c} = \frac{1}{200} + \frac{1}{200} + \frac{1}{100} = \frac{1+1+2}{200} = \frac{4}{200} = \frac{1}{50};$$

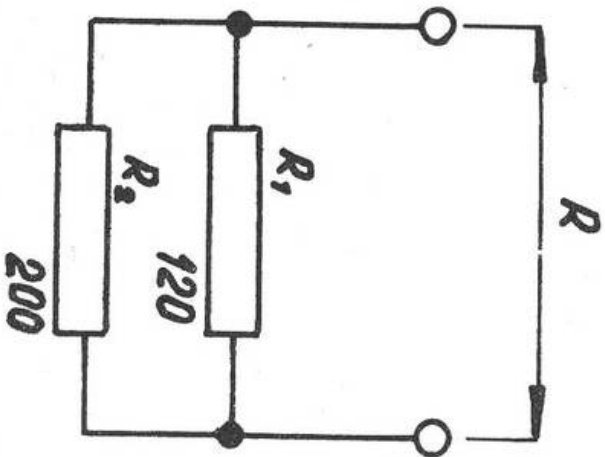
převrácením hodnoty zlomku $\frac{1}{50}$ dostaneme

$$50 = 50. \text{ Výsledný odpor zapojení podle obr. 10 je } 50 \Omega.$$

V praxi se mnohdy setkáváme s tím, že obvod se skládá pouze ze dvou odporů zapojených vedle sebe. V takovém případě můžeme s výhodou výsledný odpor R_c vypočítat:

$$R_c = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad [\Omega] \quad (9)$$

Příklad: Vypočítejte výsledný odpor obvodu zapojeného podle obr. 10!



12

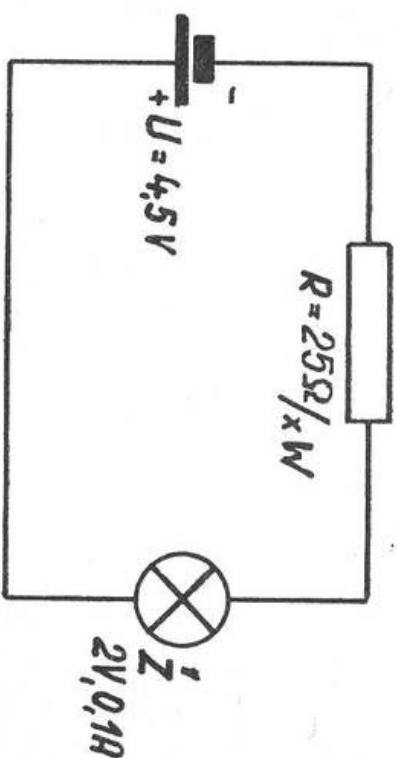
Řešení: Použijeme rovnice 9 a dosadíme hodnoty z obr. 1:

$$R_c = \frac{120 \cdot 20}{120 + 20} = \frac{2400}{140} = 17,14 \Omega$$

Při vysvětlování funkce odporu jsme si řekli, že průchodem proudem odporem vznikají ztráty, které se projevují jako teplo. Aby se odpor teplem neznížil, je nutné, aby měl dostatečně velikou plochu, ze které by teplo mohlo vyzařovat do okolí. Je proto nutné volit pro různá namáhání (v praxi se říká, že musíme odpor správně dimenzovat) odpory o dovoleném tepelném namáhání.

Namáhání odporu zjišťujeme výpočtem podle rovnice 1 a to tak, že z protékajícího proudu a velikosti odporu zjistíme úbytek napětí na odporu. Úbytek napětí, který vypočítáme ve volttech, násobíme protékajícím proudem a výsledná hodnota, která nám vyjde ve watech, udává dimenzi odporu.

Příklad: Vypočítejte dimenzi odporu zapojeného v obvodu podle obr. 11!



Řešení: Podle rovnice 3 vypočítáme úbytek napětí na odporu:

$$U = 25 \cdot 0,1 = 2,5 \text{ V}$$

vypočítaný úbytek dosadíme do rovnice 1 a vypočítáme ztrátový výkon:

$$N = 2,5 \cdot 0,1 = 0,25 \text{ W}$$

Známe-li odpor a proud, který jím protéká a chceme vypočítat ztrátový výkon, který na něm vzniká, je výhodné, když provedeme

13

matematickou úpravu rovnice 1 v obecné formě a potom teprve dosadíme číselné hodnoty. Jak tato úprava vypadá, ukazují další rovnice:

$$N = U \cdot I; \text{ víme ale také, že } U = R \cdot I;$$

Dosadíme-li nyní do rovnice 1 za U hodnotu z rovnice 3, dostaneme:

$$N = R \cdot I \cdot I \text{ což se po vynásobení rovná} \quad [W; \Omega, A] \quad (10)$$

$$N = R \cdot I^2$$

Že je nová rovnice, kterou jsme získali, správná, se snadno přesvědčíme tím, že podle ní přepočítáme původní příklad.

$$N = 25 \cdot 0,1^2 = 25 \cdot 0,01 = \mathbf{0,25 \text{ W}}$$

Rovnice je správná a platí v plném rozsahu!

MALÉ ODBOČENÍ

Probrali jsme již poměrně dosti teorie a jistě se oprávněně ptáte, k čemu je to dobré. Doposud jsme se drželi zásady, že každá naše brožura přináší návod na stavbu určitého přístroje, nebo alespoň návod, jak s přístrojem, který jsme si vyrobili, pracovat.

Ani zde tuto zásadu neporušíme. V příštím brožůře přineseme návod na stavbu jednoduchého měřičního přístroje, kterým budete moci s dostatečnou přesností měřit napětí, proud a zjišťovat hodnoty neznámých odporů až asi od 10 000 ohmů. Abyste mohli přístroj správně používat a rozuměli jeho činnosti, musíte získat základní teoretické vědomosti. Jen tak se vám stane platnou pomůckou a spolehlivým pomocníkem. Snad to pro objasnění našich záměrů postačí a můžeme se zase vrátit k „ryze teoretickým úvahám“.

ŘAZENÍ ZDROJŮ PROUDU

Jako zdroje elektrického proudu pro napájení našich přístrojů používáme suchých článků známých pod názvem baterie. Jednotlivé baterie mají podle použitého druhu různé svorkové napětí a jsou vyráběny pro určité maximální proudové zatížení.

Monočlánky (kulaté krátké sloupky) mají napětí 1,5 V a můžeme je namáhat proudem nejvíce 0,7 A. Ploché baterie mají svorkové napětí vyšší a to 4,5 V. Jejich nejvyšší dovolené proudové namáhání je však jen 0,5 A. Potřebujeme-li vyšší napětí, nebo je nutné baterii zatížit větším proudem, musíme použít většího počtu vhodně spojených baterií.



Obr. 12: Řazení (spojování) zdrojů elektrického proudu za sebou (v sérii)

Všeobecně platí zásada, že spojíme-li baterii za sebou (obr. 12), vyšší se svorkové napětí na součet napětí jednotlivých baterií, dovolené proudové namáhání se nezvyšší.

Vyjádříme-li tento vztah rovnicí, dostaneme:

$$U_V = U_1 + U_2 + U_3 \dots U_n \quad [V] \quad (11)$$

kde U_V = výsledné svorkové napětí

U_1 až U_n = svorkové napětí jednotlivých baterií

Druhá zásada nám říká, že spojením baterií vedle sebe zvýšíme dovolené proudové namáhání na součet dovolených namáhání jednotlivých baterií, ale svorkové napětí zůstává stejné. Sestavením rovnice, která tuto zásadu uplatňuje, dostaneme:

$$I_{dov} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots I_n \quad [A] \quad (12)$$

kde I_{dov} = maximální dovolené proudové zatížení v A

I_1 až I_n = dovolené proudové zatížení jednotlivých baterií v A

Důležité upozornění: Spojovat vedle sebe můžeme pouze baterie o stejném svorkovém napětí.

V případě potřeby můžeme oba způsoby vzájemně kombinovat a vytvořit tak vhodný zdroj, který potřebujeme pro napájení přístroje.

Příklad: Pro napájení bateriového tranzistorového přijímače potřebujeme zdroj elektrického proudu o svorkovém napětí 9 V, který musí dodávat proud 0,7 A. K dispozici jsou běžné ploché baterie nebo monočlánky. Kolik je třeba baterií a jak musí být spojeny?

Řešení: a) Ploché baterie:

Potřebný počet baterií vypočteme:

$$M_b = \frac{U_V}{U_b} \quad [\text{kusy, V}] \quad (13)$$

kde M_b = počet baterií, které musíme spojit do série

U_V = potřebné výsledné svorkové napětí

U_b = svorkové napětí jedné baterie

Dosazením do rovnice 13 dostaneme

$$M_b = \frac{9}{4,5} = 2 \text{ kusy}$$

Dovolené proudové zatížení jedné ploché baterie je 0,5 A. Pro napájení přijímače potřebujeme 0,7 A. Použitím jedné baterie překročíme dovolené proudové zatížení a proto musíme použít baterií více. Nejmenší nutný počet baterií zjistíme výpočtem podle rovnice:

$$M_{min} = \frac{I_p}{I_{dov}} \quad [\text{kus, A}] \quad (14)$$

kde M_{min} = nejmenší počet baterií pro dané proudové zatížení v kusech spojených vedle sebe

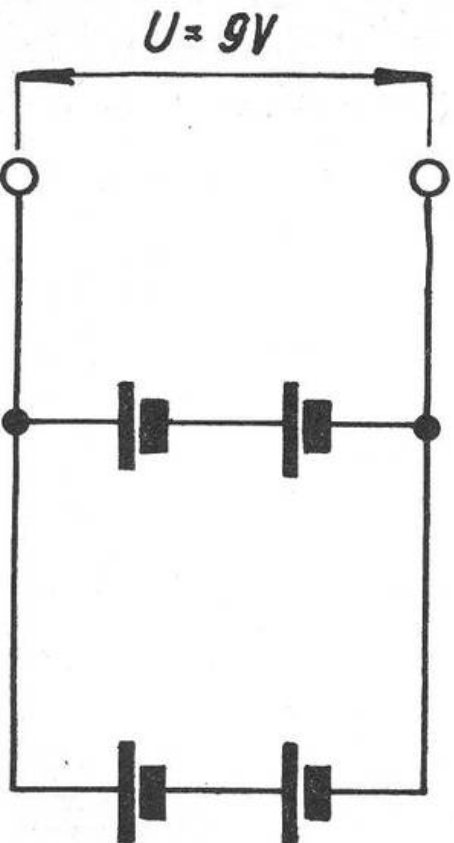
I_p = požadované proudové zatížení baterie v A
 I_{dov} = dovolené proudové zatížení jedné baterie v A

Dosazením do rovnice 14 dostaneme:

$$M_{min} = \frac{0,7}{0,5} = 1,4 \text{ kusů;}$$

baterie však nemůžeme řezat na kusy, a proto musíme vzít nejbližší počet celých baterií, tj. 2 kusy.

Zbývá již jenom navrhnout vhodné sestavení jednotlivých baterií v celek. Z výpočtu víme, že dvě baterie musí být zapojeny za sebou (v sérii) a dvě vedle sebe. Zakreslíme tuto skutečnost do schématu a výsledek je na obr. 13.



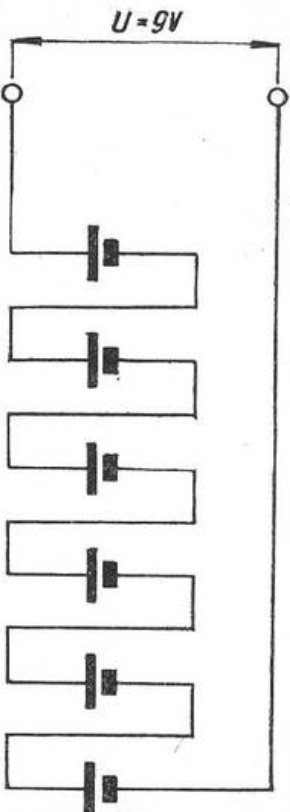
16

b) Monočlánky:

Počet baterií vypočteme:

$$M_b = \frac{9}{1,5} = 6 \text{ kusů}$$

$$M_{min} = \frac{0,7}{0,7} = 1 \text{ kus}$$



Zbývá již jen posoudit, co bude cenově výhodnější, zda ploché baterie nebo monočlánky. Tomuto úkonu říkáme ekonomické zhodnocení a má být nedílnou součástí každého navrhovaného přístroje. Otázkou hospodárnosti nesmíme zanedbávat. Naopak levný, hospodárně pracující přístroj je dobrou vizitkou každého konstruktéra. Jak na to? Spočítáme si náklady obou řešení a to, které bude výhodnější, navrhne jako konečné.

Řešení: Jeden monočlánek stojí Kčs 1,20

6 monočlánků stojí 6 · 1,20 = 7,20 Kčs

Jedna plochá baterie stojí Kčs 1,40

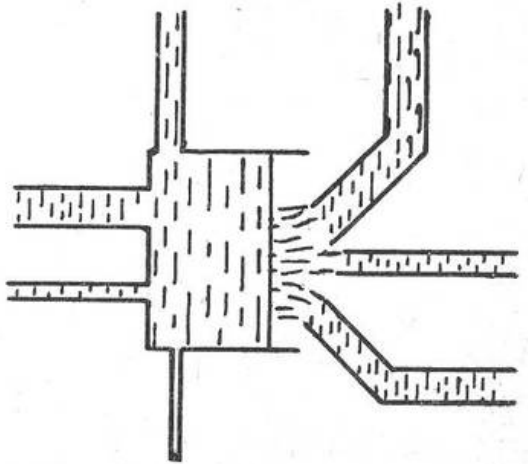
4 ploché baterie stojí 4 · 1,40 = 5,60 Kčs

Výhodnější k sestavení zdroje pro napájení tranzistorového přijímače jsou ploché baterie.

KIRCHHOFOVY ZÁKONY

Při řešení složitějších elektrických obvodů zpravidla nevystačíme s jednoduchými výpočty, které nám umožňuje Ohmův zákon. Musíme proto použít jiný způsob řešení. Pro názornost se vrátíme zase k „vodní“

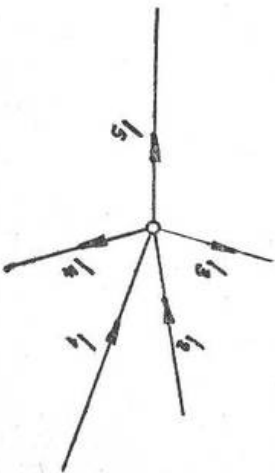
17



Obr. 15: Zndzornění uzlu proudu

aplikaci a na ni si vše objasníme. Na obr. 15 je nakreslena nádoba, do které ústí několik trubek, některými voda přitéká a jinými odtéká. Průměry trubek jsou takové, že přitékající množství vody je tak velké, že stačí vyrovnat úbytek vody, která odtече odtokovými trubkami.

Hladina v nádobě se ustálí na určité výši a bude na ní setrvávat tak dlouho, než se některá trubka ucpe nebo praskne. Jinými slovy. Pokud budou poměry normální – bude i hladina v nádrži v klidu – nebude se hýbat. Obdobná situace nastává i v místě, kde se stýká několik vodičů, kterými protéká elektrický proud a které nazýváme uzel proudu. (obr. 16).



Obr. 16: Uzel proudu

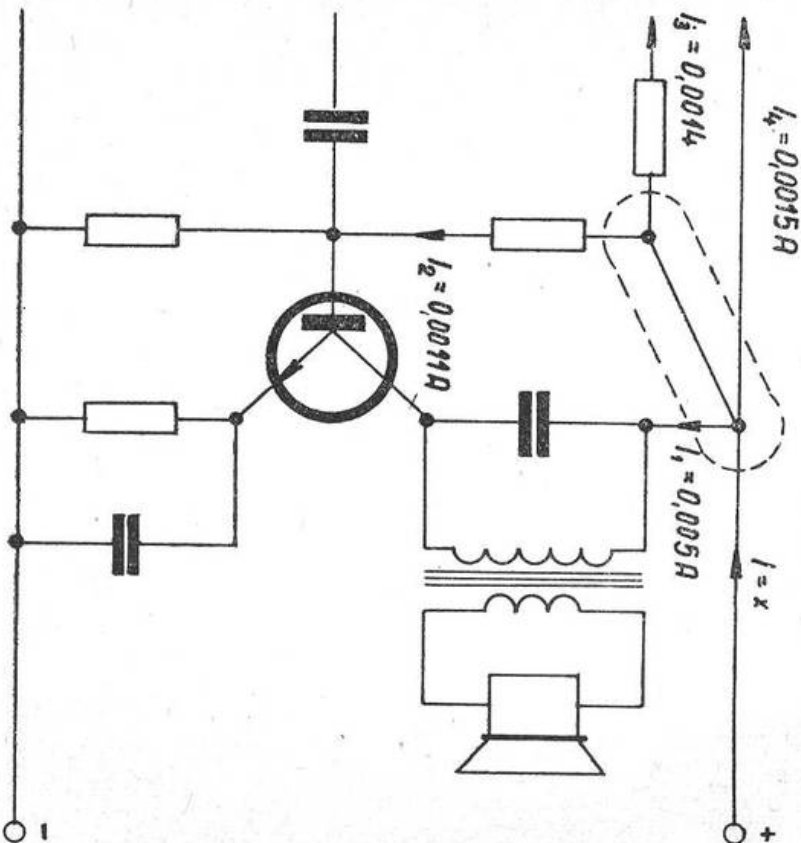
Obdobně jako platilo pro nádrž, že množství vody, které do ní přitéká je stejné jako množství vody, které odtéká, platí pro uzel proudu, že součet proudů přitékajících je stejný jako součet proudů odtékajících. Označíme-li přitékající proudy znaménkem + a odtékající —, můžeme pro daný stav napsat následující rovnici:

$$I_1(\pm) + I_2(\pm) + I_3(\pm) + I_4(\pm) + I_5 = 0 \quad [A] \quad (15)$$

což znamená, že součet proudů v uzlu se rovná nule. Tato zásada je v elektrotechnice velmi důležitá a nazývá se „první Kirchhoffův zákon“.

Příklad: Jak veliký musí být proud I_1 přitékající do uzlu proudů, když odtékající proudy mají tyto hodnoty:

$$I_2 = 0,003 \text{ A}, I_3 = 0,009 \text{ A}, I_4 = 0,002 \text{ A} \text{ a } I_5 = 0,012 \text{ A?}$$



Řešení: Úpravou rovnice 15 dostaneme:

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 0,003 + 0,009 + 0,002 + 0,012 = 0,026 \text{ A}$$

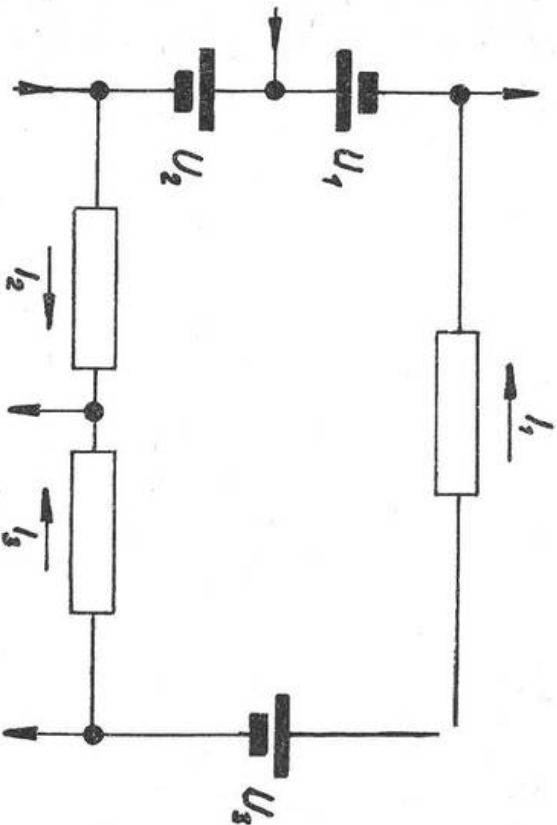
Příklad: Na jaký proud musí být dimenzován zdroj proudu pro tranzistorový zesilovač, který při plném vybití odeberá z uzlu proudu vyznačeného na obr. 17 čárkované tyto proudy:

$$I_1 = 0,005 \text{ A}, I_2 = 0,0011 \text{ A}, I_3 = 0,0014 \text{ A} \text{ a } I_4 = 0,0015 \text{ A?}$$

Řešení: Do upravené rovnice 15 dosadíme:

$$I = 0,005 + 0,0011 + 0,0014 + 0,0015 = 0,009 \text{ A}$$

Stejně tak, jako jsme stanovili pravidlo pro proudy, můžeme stanovit pro uzavřený elektrický obvod pravidlo pro napětí. Na obr. 18



Obr. 18: II. Kirchhoffův zákon Součet napětí a elektromotorických sil v uzavřeném elektrickém obvodu je roven nule.

je nakreslen uzavřený elektrický obvod sestávající ze zdrojů proudů a odporů. Z rovnice 11 víme, že spojením zdrojů do série se jejich svorková napětí sčítají. (Výsledné svorkové napětí je závislé na způsobu spojení. Spojili-li se kladná svorka jednoho zdroje se zápornou svorkou druhého zdroje, napětí se sčítají!).

Jsou-li však v baterii, ze které je zdroj sestaven, některé články převráceny (s kladnou svorkou jednoho článku je spojena kladná svorka druhého článku nebo se zápornou záporná), napětí se nesčítají, ale odečítají.

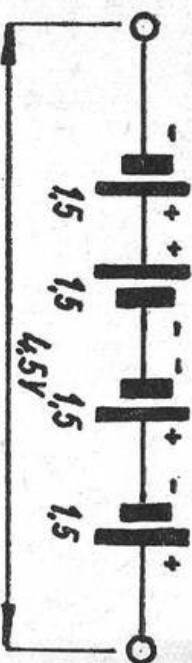
Napíšeme-li tento vztah do rovnice, dostaneme:

$$U = U_1(\pm)U_2(\pm)U_3(\pm) \dots U_n \quad [V] \quad (16)$$

kde U = výsledné napětí

U_1 až U_n = napětí článku vzhledem ke způsobu zapojení

Příklad: Jaké bude výsledné napětí zdroje sestaveného ze čtyř článků spojených podle obr. 19?



Řešení: Dosadíme do rovnice 16:

$$U = 1,5 + (-1,5) + (1,5) + 1,5 = 4,5 \text{ V}$$

Objasněním tohoto jevu jsme si vytvořili předpoklad k pochopení dalšího základního elektrotechnického zákona, který se nazývá „Druhý Kirchhoffův zákon“.

Podle tohoto zákona platí, že součet napětí a elektromotorických sil v uzavřeném elektrickém obvodu se rovná nule. Přesto, že zní tato definice učeně, pomůže nám ji objasnit obr. 18.

Při výpočtu měřičích přístrojů, který bude popsán v příští brožurě, jej nebudeme prozátím potřebovat a proto také neuvádíme příklad pro jeho hlubší objasnění.

PŘEDŘADNÉ ODOPORY A BOČNÍKY

Někdy se nám stane, že potřebujeme připojit spotřebič (žárovku, elektronku, přijímač apod.) vyrobený pro určité napětí, ke zdroji proudu o vyšším svorkovém napětí, než pro které je spotřebič vyroben. Nechceme-li jej zničit, musíme napětí zdroje upravit na potřebnou hodnotu. Způsobů je několik. Vyloučíme-li použití jiného zdroje jako další možnost, je nevhodnější (ne ovšem nejhospodárnější) použít pro snížení napětí vhodný odpor. Odpor zapojujeme do série se spotřebičem, říkáme, že jej předřazujeme (odtud jeho jméno).

Co je předřadný odpor již víme, zbývá jenom říci, jak jej vypočítáme. Předřadný odpor musí srazit tak veliké napětí, jaký je rozdíl mezi napětím zdroje a napětím spotřebiče. Napíšeme-li tuto zásadu rovnicí, dostaneme:

$$U_z = U_z - U_s \quad [V] \quad (17)$$

kde U_z = napětí, které musí srazit předřadný odpor

U_s = napětí zdroje

U_z = napětí spotřebiče

Dosadíme-li nyní vypočítané U_z do rovnice 3 (Ohmův zákon), můžeme přímo vypočítat hodnotu předřadného odporu:

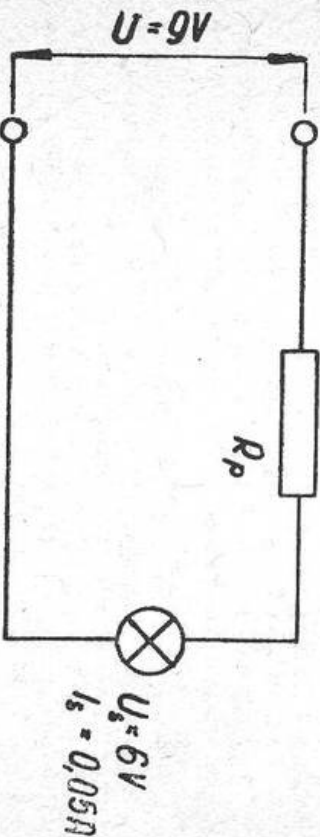
$$R_p = \frac{U_z}{I} \quad [\Omega; V, A] \quad (18)$$

kde R_p = předřadný odpor

U_z = napětí, které má předřadný odpor srazit

I = proud, který spotřebič odebírá

Příklad: Žárovku pro napětí 6 V máme připojit na baterii o napětí 9 V. Vypočítejte, jak musí být veliký předřadný odpor a na kolik wattů musí být dimenzován!



Řešení: Podle rovnice 17 vypočteme velikost napětí, které musí předřadný odpor srazit:

$$U_z = 9 - 6 = 3 V$$

Podle rovnice 18 vypočteme velikost předřadného odporu:

$$R_p = \frac{3}{0,05} = 60 \Omega$$

Dimenzi odporu vypočteme podle rovnice 1:

$$N = 3 \cdot 0,05 = 0,15 W$$

Podobný případ nastane, když do série s jiným spotřebičem zapojíme spotřebič vyrobený pro odběr nižšího proudu. Průtokem vyššího proudu by se poškodil, a proto část proudu vedeme kolem něj. V praxi to vypadá tak, že z jednoduchého elektrického obvodu uděláme složený tak, že ke spotřebiči o nižším proudovém odběru paralelně připojíme vhodně veliký odpor. Tímto odporem poteče právě tolik proudu, kolik je rozdíl mezi celkovým proudem (proudem, který odebírá výkonnější spotřebič) a proudem sériově připojeného spotřebiče. Tento odpor se nazývá bočník, protože vede část proudu bokem spotřebiče.

Pro výpočet bočníku potřebujeme znát vnitřní odpor spotřebiče, ke kterému jej budeme připojovat. Pokud odpor neznáme, vypočteme jej ze svorkového napětí a proudu, který spotřebič odebírá podle Ohmova zákona. Dále si musíme uvědomit, že celkový proud se rozdělí mezi spotřebič a bočník v opačném poměru jejich odporů. To znamená, že bočníkem poteče tolikrát větší (nebo menší) proud než spotřebičem, kolikrát je odpor bočníků menší (nebo větší) než odpor spotřebiče. Vyjděme-li tuto zásadu matematickou rovnicí, dostaneme vztah:

$$R_s : R_b = I_b : I_s \quad [A] \quad (19)$$

kde R_s = odpor spotřebiče

R_b = odpor bočníku

I_b = proud protékající bočníkem

I_s = proud protékající spotřebičem

Jednoduchou matematickou úpravou dostaneme:

$$R_s \cdot I_s = R_b \cdot I_b$$

Z této rovnice snadno vypočítáme odpor bočníku:

$$R_b = \frac{R_s \cdot I_s}{I_b} \quad [\Omega; A, A] \quad (20)$$

Příklad: Do série se spotřebičem, který odebírá ze zdroje proud 0,5 A je zařazena šesti voltová žárovka s proudovým odběrem $R_s = 0,05 A$. Vypočítejte velikost bočníku tak, aby se žárovka nepřepálila.

Řešení: Podle Ohmova zákona (rovnice 2) vypočteme vnitřní odpor žárovky:

$$R_s = \frac{6}{0,05} = 120 \Omega$$

Proud, který musí téci bočníkem, vypočteme podle rovnice:

$$I_b = I_s - I_s \quad [A] \quad (21)$$

kde I_b = proud protékající bočnicem

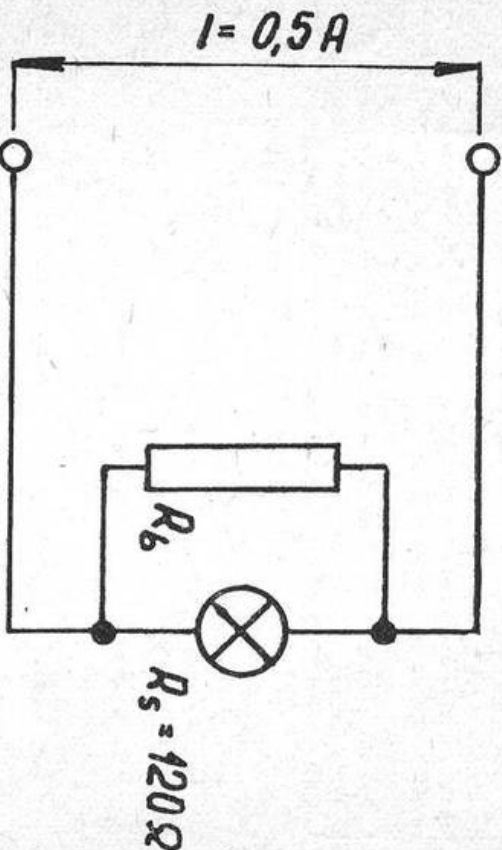
I_0 = celkový proud

I_s = proud, který odebrává spotřebič

$$I_b = 0,5 - 0,05 = 0,45 \text{ A}$$

Odpor bočnicku vypočteme podle rovnice 20:

$$R_b = \frac{120 \cdot 0,05}{0,45} = 13,34 \Omega$$



K úplnému určení bočnicku chybí ještě jedna hodnota. Jistě ji velmi rychle objevíte a snadno vypočítáte. Komu se to nepodaří, (věříme, že to nebude nikdo) nebo ten, kdo se chce o správnosti svého řešení přesvědčit, najde výsledek v příští brožuře Mladého konstruktéra.

NĚKOLIK SLOV ZÁVĚREM

Cílem této brožury bylo seznámit vás se základní elektrotechnickou teorií. Rozsah byl volen tak, abyste dostali dostatečný podklad pro výpočet a kontrolu měřičho přístroje, jehož popis přineseme v příští brožuře. Rádi bychom vám dali dobrou radu staršího kamaráda: „Ne- podceňujte teorii!“ Chceme-li dokonale rozumět svým přístrojiům a naučit se je dokonale využívat, musíme mít přiměřené znalosti. Jistě jednou chcete být mistrem ve své zálibě; nu a větre, že bez teorie to nejde.

Kolik takových nadšenců, jakými jste nyní vy, dnes stojí u samočin- ných počítačů nebo fídlí kosmické lodě. Před nedávnou dobou byli právě takovými nadšenci pro radioamatérský sport jako jste vy, a mnohý z nich se právě tak prokousával základními teoriemi.

Vidíte a dnes jsou vynikajícími odborníky, konstruktéry a vedoucími v závodech. Kdo ví, který z vás nastoupí jednou na jejich místo. Předpo- klady k tomu máte všichni stejné. Záleží jen na vás, jak jich budete umět využít.

Nezapomínejte také, že radioamatérské kroužky SVAZARMU rádi přijmou do svých řad každého nového zájemce o tento krásný sport!

Montážní pomůcka MP-1 je vhodná pro každého radioamatéra, zvlášt- ě začátečníka, neboť si na ní můžete vyzkoušet zapojení přístroje. Hlavní její výhoda spočívá v tom, že při zapojení s tranzistory nemusíme používat pájku (která teplem ohrožuje životnost spojů) a spoje jsou přesto spolehlivé a mechanicky pevné.

Montážní pomůcka MP-2 popisuje výrobu skříňky s vestavěným reproduktorem, výstupním transformátorem, přepínačem a s bateriemi pro napájení tranzistorových přístrojů. Do této skříňky můžete podle stavebních návodů č. 4, 5, 6 a 7 zamontovat zesilovač TZ-2, přijímač bez zdroje proudu, jedno tranzistorový přijímač TP-1 a hlasitý telefon jako doplněk montážní pomůcky MP-2. Celek bude tvořit univerzální zkoušecí přístroj pro laborace a opravy radiopřijímačů a jednoduchých přístrojů, přičemž najdete v každém sešitě popis samostatného funkčního celku.

LITERATURA

inž. dr. Truneček a kolektiv: Přehled elektrotechniky
inž. dr. Mir. Peček: Fyzikální základy radioelektroniky I. díl.