

27. Elektrický výkon

1. Klíčová slova

Zdroj elektrického napětí, elektromotorické napětí, vnitřní odpor zdroje, zátěž, elektrický výkon, účinnost přenosu energie.

2. Princip

Elektrický výkon je roven součinu napětí a proudu. Tyto veličiny jsou proměřovány v elektrickém obvodu tvořeném zdrojem a měnitelnou zátěží.

3. Pomůcky

Elektrochemický zdroj napětí (monočlánek), systém ISES s moduly voltmetrem a ampérmetrem, odporová dekáda, vodiče.

4. Úkol

A. Určete závislost elektrického výkonu P předaného rezistoru o odporu R v závislosti na proudu I obvodem. Pro jakou hodnotu odporu je výkon maximální a jakou má velikost?

B. Z měření v úkolu A stanovte pomocí aproximace $y = ax^2 + bx + c$ elektromotorické napětí zdroje ε a jeho vnitřní odpor R_i .

C. Určete účinnost přenosu energie ze zdroje do spotřebiče v závislosti na odporu spotřebiče.

D. Ze změřené závislosti svorkového napětí U_{sv} zdroje elektromotorického napětí na proudu I , který jím protéká zjistěte elektromotorické napětí zdroje ε a jeho vnitřní odpor R_i a srovnajte s výsledkem z úkolu C.

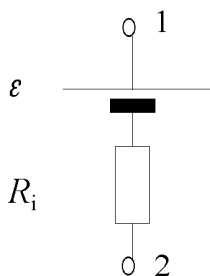
5. Teorie

Zdroje elektrické energie, někdy nazývané i zdroje elektromotorického napětí, ať již pracují na principu elektrochemickém nebo elektromechanickém, jsou konstruovány pro výrobu a optimální přenos elektrické energie do spotřebiče. Zdroj energii předává spotřebiči, ne však celou, jen její část. Zbytek jsou ztráty jak ve zdroji samotném, tak i během přenosu. K charakteristice energetických poměrů používáme elektrický výkon (dále jen výkon)

$$P = UI, \quad (27.1)$$

což je vlastně energie odevzdaná (přijata) za jednotku času.

Základní charakteristikou zdrojů elektromotorického napětí jsou elektromotorické napětí ε a vnitřní odpor R_i , jak je znázorněno v Obr. 27. 1.



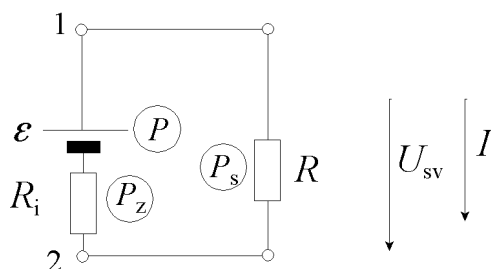
Obr. 27. 1 Náhradní schéma zdroje elektromotorického napětí

Zapojíme-li takový zdroj do elektrického obvodu se spotřebičem v podobě rezistoru o odporu R podle Obr. 27. 2 je elektrický proud obvodem

$$I = \frac{\varepsilon}{R + R_i} \quad \text{neboli} \quad U_{sv} = \varepsilon - R_i I, \quad (27.2)$$

kde jsme označili svorkové napětí $U_{sv} = R \cdot I$.

Vynásobením předchozí rovnice proudem I a úpravou získáme rovnici pro energetickou bilanci přenosu energie ze zdroje do spotřebiče



Obr. 27. 2 Elektrický obvod se zátěží připojenou ke zdroji

$$\varepsilon I = U_{sv}I + R_i I^2 \quad \text{neboli} \quad P = P_s + P_z \quad (27.3)$$

kde všechny členy v rovnici představují elektrický výkon, jehož modelové závislosti jsou na Obr. 27.

3. Člen $P = \varepsilon I$ je výkon odevzdaný zdrojem elektrické energie, člen $P_s = U_{sv}I$ je výkon přijatý do spotřebiče a člen $P_z = R_i I^2$ představuje výkon ve formě tepla, které ohřívá vlastní zdroj a představuje tak ztráty při přenosu energie. Ztráty způsobené přenosem energie po vedení zanedbáváme.

Spojíme-li rovnice (27.2) a (27.3), získáme pro výkon odevzdaný do spotřebiče v závislosti na

odporu spotřebiče vztah

$$P_s = \frac{\varepsilon^2}{R + R_i} - R_i \frac{\varepsilon^2}{(R + R_i)^2}, \quad (27.4)$$

jehož maximum zjistíme z podmínky $dP/dR = 0$, ze které vyplývá $R_{\max} = R_i$ a pro maximální výkon ve spotřebiči je pak $P_{s \max} = \varepsilon^2 / 4R_i$. Modelová závislost výkonu odevzdaného do spotřebiče P_s na odporu spotřebiče R je na Obr. 27. 4.

Účinnost přenosu η energie ze zdroje do spotřebiče můžeme tedy definovat:

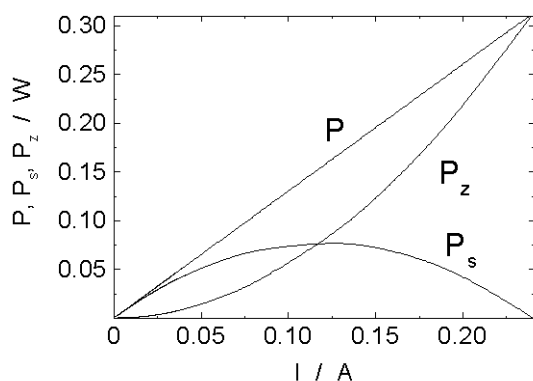
$$\eta = \frac{P_s}{P} = \frac{U_{sv}}{\varepsilon} = \frac{R}{R + R_i}. \quad (27.5)$$

Maximální výkon (energie) je do spotřebiče přenesen pro $R_{\max} = R_i$ a $U_{sv} = \varepsilon/2$ a účinnost při maximálním přenosu činí $\eta_{\text{pmax}} = 0,5$. Modelová závislost účinnosti přenosu výkonu (energie) do spotřebiče na odporu spotřebiče R je na Obr. 27. 5. Při měření budeme využívat obvod podle Obr. 27. 6.

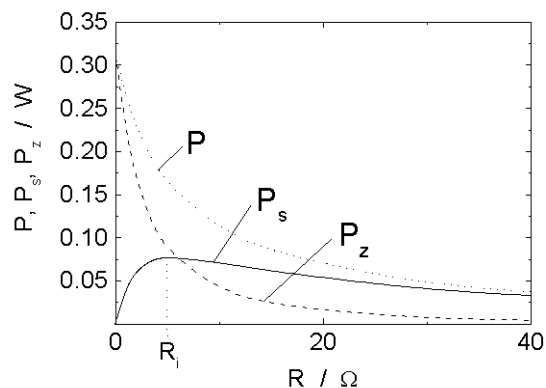
6. Pokyny pro měření

A . Sestavte obvod podle Obr. 27. 6, modul voltmetru nastavte na rozsah 10 V, modul ampérmetru na rozsah 1A.

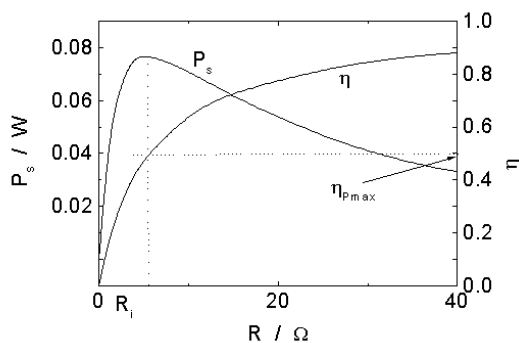
Nastavte konfiguraci **vykon.imc**. Měření bude prováděno v pevně stanoveném počtu 10 kroků.



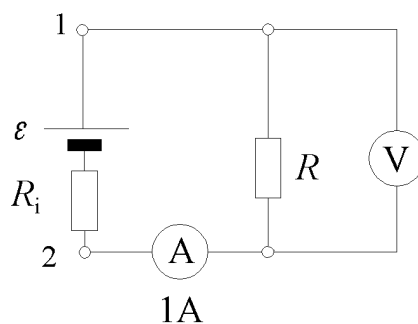
Obr. 27. 3 Modelová závislost celkového výkonu odevzdaného zdrojem a jeho složek



Obr. 27. 4 Modelová závislost výkonu na velikosti zátěže



Obr. 27. 5 Modelová závislost účinnosti přenosu výkonu do spotřebiče



Obr. 27. 6 Schéma elektrického obvodu pro měření.

Nastavte odpor dekády na hodnotu 0Ω a proveďte první měření svorkového napětí U_{sv} a proudu I , výpočtem rovněž stanovte výkon ve spotřebiči P_s .

Postupně zvyšujte odpor dekády krocičky v řadě 1, 2, 5, 10, 15, 27, 40, 65, a 100Ω a opakujte měření U_{sv} , I a P_s , celkový počet měření je 10.

6. Pokyny pro vyhodnocení

Využijte možnosti aproximací programu ISES, data ukládejte a zpracujte v editoru EXCEL. Pro výpočet chyby předpokládejte, že chyba měření napětí a proudu je 1%.

A. a B. Vyneste graficky závislost P_s na I a proložte experimentální data polynomem druhého stupně, z koeficientů u lineárního a kvadratického členu určete na základě rovnice (27.3) elektromotorické napětí zdroje ε a jeho vnitřní odpor R_i . Na základě rovnice (27.3) stanovte také maximální výkon ve spotřebiči $P_{s \max}$ a stanovte odpovídající hodnotu odporu spotřebiče.

C. Vyneste závislost účinnosti přenosu energie η ze zdroje do spotřebiče v závislosti na odporu R . Účinnost pro každou nastavenou hodnotu odporu R určete z měřeného svorkového napětí U_{sv} a elektromotorického napětí zdroje ε určeného v úkolu B. Porovnejte ji se závislostí vypočtenou z nastavených hodnot R a hodnoty vnitřního odporu R_i (známou z úkolu B), kterou vynesete do téhož grafu. Všechny výpočty podle rovnice (27.5).

D. Vyneste graficky závislost U_{sv} na I a proložte ji regresní přímkou. Srovnáním s rovnicí (27.2) stanovte elektromotorické napětí zdroje ε a jeho vnitřní odpor R_i Porovnejte výsledek s výsledkem úkolu B.

7. Kontrolní otázky

Jak zní Ohmův zákon?

Jaký je vztah mezi elektrickým výkonem, proudem a napětím?

Co je svorkové napětí zdroje?

Co je elektromotorické napětí zdroje a jeho vnitřní odpor ?

Jaký je vztah mezi celkovým výkonem odevzdaným zdrojem a příkonem zátěže?

Může mít svorkové a elektromotorické napětí téhož zdroje stejnou velikost?

Jaký vliv má velikost vnitřního odporu zdroje na svorkové napětí zdroje?

Jak lze určit hodnoty elektromotorického napětí a vnitřního odporu?

Jaký je vztah mezi celkovým výkonem odevzdaným zdrojem a příkonem zátěže?

Jaká je závislost výkonu předaného zátěži na její velikosti?

Za jakých podmínek je výkon předaný zátěži maximální? Odvoďte.

Co je účinnost přenosu energie?

Jak závisí účinnost přenosu energie pro daný zdroj na velikosti zátěže?