

2. Moč

Moč (simbol P) je definirana kot produkt napetosti in toka. Enota je W(att). Matematično je

$$P = U \cdot I.$$

V primeru, da se moč troši na linearnem upor (na katerem velja $U = RI$), dobimo še druge koristne zveze:

$$P = RI^2 \text{ ali } P = U^2 / R.$$

Te zveze pogosto imenujemo kar Joulov zakon, saj je James P. Joule leta 1841 prvi prišel do ugotovitve, da je sproščena toplota v prevodniku proporcionalna kvadratu toka, ki teče skozi vodnik.

Moč je merilo za intenzivnost dela, ki ga opravljajo električne sile. Obstaja torej neposredna zveza med močjo in delom,

$$A = \int P \cdot dt.$$

Če je moč časovno konstantna dobimo $A = P \int dt = P \cdot T$, kjer je T čas opravljanja dela.

Primer: Ko priključimo breme (avtomobilska žarnica) na enosmerni vir napetosti 12 V teče skozenj tok 2 A. Določimo moč na bremenu, upornost bremena in energijo, ki se sprosti na bremenu v času 10 minut.

Rešitev: Moč je $P = UI = 12 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = 24 \text{ W}$. Upornost je

$$R = P / I^2 = 24 \text{ W} / (2 \text{ A})^2 = 6 \Omega. \text{ Energija je}$$

$$A = W = PT = 24 \text{ W} \cdot 10 \cdot 60 \text{ s} = 14400 \text{ J} = 14,4 \text{ kJ}.$$

Ali gre vsa ta energija v toploto (segrevanje)? Vsekakor en del, drugi del pa gre v svetlobno energijo. (Žarnice z žarilno nitko nimajo ravno velikega izkoristka, običajno med 10 in 20 % celotne moči).

Moč na bremenu. Oglejmo si, kako se moč spreminja na spremenljivem bremenskem upor,

ki ga priključimo na realni napetostni vir. Veljati mora $P_b = R_b I^2 = R_b \left(\frac{U_g}{R_b + R_g} \right)^2$. To ni

ravno preprosta funkcija, saj R_b nastopa 2x, tako v števcu kot v imenovalcu. Ugotovimo lahko dve skrajnosti: ko je bremenski upor enak nič, bo moč enaka nič, in ko bo bremenski upor

zelo velik bo veljalo $P \approx \frac{U_g^2}{R_b}$. Ta moč se bo z večanjem očitno zmanjševala proti nič. Vmes

bo imela funkcija (moč) nek maksimum.

Primer: Določimo moč na bremenu 10 Ω , ki ga priključimo na realni napetostni vir 12 V z notranjo upornostjo 2 Ω .

$$\text{Rešitev: } P = 10 \Omega \left(\frac{12 \text{ V}}{12 \Omega} \right)^2 = 10 \text{ W}.$$

SLIKA: Iščemo moč na bremenu R_b , ki je priključeno na realni napetostni vir.

Vprašanje: Ali lahko to moč dosežemo tudi pri kakšni drugi upornosti?

Odgovor je pritrjen: Če enačbo zapišemo tako, da iščemo neznanu upornost bremena pri znani moči, dobimo:

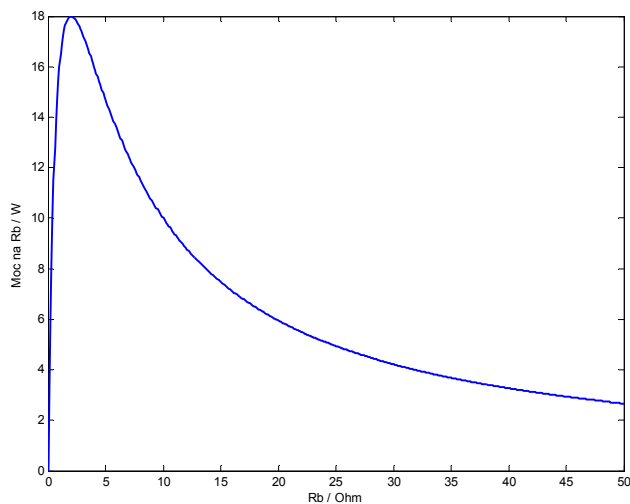
$10(2 + R_b)^2 = 12^2 R_b$, kar je kvadratna enačba, ki je s preureditvijo enaka

$$10R_b^2 - 104R_b + 40 = 0$$

(Pri zapisu v matematično obliko smo zaradi preglednosti opustili pisanje enot. Ko določimo rešitev moramo pravilno enoto dopisati!)

Rešitvi kvadratne enačbe sta dve: že znanih 10Ω , pa tudi $0,4 \Omega$.

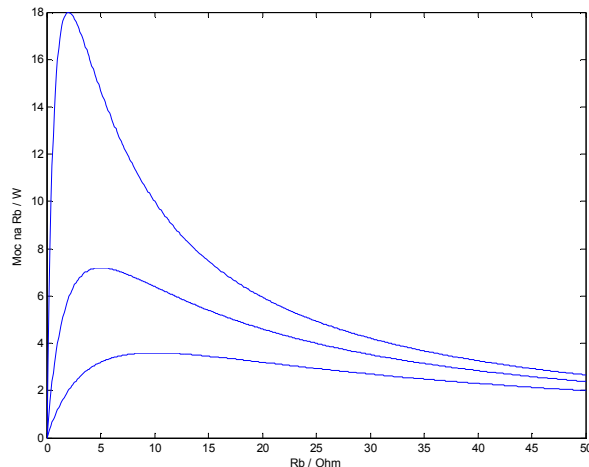
Poglejmo si rešitev še grafično



Ugotovimo, da se grafična rešitev sklada z matematično. Grafični prikaz je izveden s programom Matlab, ki je zelo primeren program za izračune v elektrotehniko.

Preprosti ukazi s programom Matlab za izračun in prikaz moči na bremenu:

```
% Komentar: Matlab program za izracun moci na uporu Rb
Rb=0:0.1:50 % tvorimo niz vrednosti Rb od 0 do 50 s korakom 0,1
Ug=12
Rg=2
P=Rb*Ug^2./(Rg+Rb).^2 % Izracun moci
plot(Rb,P) % izris
xlabel('Rb / Ohm')
ylabel('Moc na Rb / W')
```



SLIKA: Prikaz moči za različne vrednosti notranje upornosti generatorja (2Ω , 5Ω in 10Ω).

Maksimalna moč na bremenu. Vzemimo primer bremena priključenega na realni napetostni vir in se vprašajmo, kdaj je na bremenu največja moč. Grafična določitev je seveda enostavna, matematično pa jo določimo pri pogoju, da mora biti naklon premice na funkcijo moči enak nič (vzporeden z X osjo). Ker naklon premice dobimo z odvajanjem, moramo maksimalno moč iskati pri pogoju

$$\frac{dP}{dR_b} = 0. \text{ Ugotovimo, da z odvajanjem dobimo pogoj, da mora biti za maksimalno moč na}$$

bremenu upornost bremena enaka notranji upornosti vira:

$$R_b = R_g.$$

Kolikšna bo tedaj moč? Preprosto vstavimo pogoj v enačbo in dobimo:

$$P_b = R_b \left(\frac{U_g}{R_b + R_b} \right)^2 = \frac{U_g^2}{4R_b}.$$

Primer: Določimo še maksimalno moč iz prejšnjega primera. To bo tedaj, ko bo

$$R_b = 2 \Omega, \text{ moč pa bo tedaj } P_{\max} = \frac{(12 \text{ V})^2}{4 \cdot 2 \Omega} = 18 \text{ W}. \text{ Rešitev se seveda sklada z}$$

odčitkom maksimalne moči, ki jo poiščemo na grafu.

Merilni inštrumenti.

Poznamo vrsto merilnih inštrumentov, ki nam omogočajo meritve električnih veličin: voltmeter, ampermeter, ohmeter, vatmeter in drugi. Običajno so bili ti inštrumenti analogni in so bili zasnovani na osnovnih principih lastnosti električnega polja. Večinoma so uporabljali vrtljive tuljavice. Sodobni inštrumenti so večinoma digitalni, izdelani z uporabo elektronskih elementov. Največji problem merilnih inštrumentov je njihova omejena točnost merjenja, ki je pogosto določena s ceno naprave. Omejeno točnost naprav je potrebno upoštevati pri natančnejših meritvah. S problemi merjenja se ukvarja posebno področje elektrotehnike – metrologija.

Voltmeter. Voltmeter je inštrument za merjenje napetosti. Simbol je krog s črko V v sredini kroga. Idealni voltmeter bi bil tak, ki bi ga priključili med merilni sponki in se razmere v vezju ne bi spremenile. V resnici ima vsak voltmeter določeno notranjo upornost, ki je velika, ni pa neskončna. Zamislimo si, da merimo napetost odprtih sponk. S priključitvijo voltmetra bomo spremenili razmere v vezju, saj bo skozi voltmeter stekel določen tok, ki pri odprtih sponkah ne bi.

SLIKA: Voltmeter: priključitev, razlika med idealnim in realnim voltmetrom.

Razširitev merilnega območja voltmetra je mogoča z dodanim preduporom, ki ga vežemo zaporedno voltmetru. S tem izvedemo že omenjen napetostni delilnik.

Primer: Vzemimo, da voltmeter meri do 5 V (merilno območje), želimo pa meriti do 100 V, pri čemer je notranja upornost voltmetra 100 kΩ. Določimo predupor tako, da bo voltmeter kazal 5 V tedaj, ko bo na zaporedno vezavo voltmetra in predupora priključena napetost 100 V.

Rešitev: $100\text{ V} = IR_p + 5\text{ V}; I = \frac{5\text{ V}}{100\text{ k}\Omega}. R_p = 1900\text{ k}\Omega = 1,9\text{ M}\Omega.$

SLIKA: Povečanje merilnega območja voltmetra.

Ampermeter. Ampermeter je inštrument za merjenje toka. Umestimo ga v vejo, v kateri želimo meriti tok. Simbol za ampermeter je krog s črko A v sredini kroga. Tudi ampermeter ni idealen inštrument. V idealnih razmerah naj bi bila notranja upornost ampermetra čim manjša, torej taka, ki ne bi povzročila dodatnega padca napetosti na inštrumentu.

SLIKA: Ampermeter, priključitev

Prav tako kot voltmetru, lahko tudi ampermetru povečamo merilno območje vendar tako, da upor vežemo vzporedno z ampermetrom, ki ga imenujemo tudi soupor ali kar po angleško »šant« (ang. shunt). S tem del toka, ki bi ga sicer meril ampermeter preusmerimo v vzporedno vejo.

Primer: Želimo meriti toke 30 A, pri čemer nam inštrument kaže največ 10 A. Notranja upornost ampermetra v tem merilnem območju 0,2 Ω. Določimo upornost soupora.

Rešitev: Ker ampermeter meri največ 10 A, moramo predvideti, da bi pri toku 30A v vzporedni veji tekel tok 20 A. Napetost na ampermetru pri 10 A je 2 V, ta napetost mora biti tudi na souporu v vzporedni veji. Veljati mora torej $R_s = \frac{2V}{20A} = 0,1 \Omega$.

SLIKA: Razširitev merilnega območja ampermetra s souporom.

Vatmeter je inštrument za merjenje moči. Ima dva para sponk. Z enim parom merimo napetost, z drugim pa tok. Simbol je krogec s črko W. Odčitek vatmetra bi bil ob upoštevanju neidealnosti vatmetra različen glede na priključitev sponk. Zakaj?

SLIKA: Priključitev vatmetra.

Ohmmeter. Je naprava za merjenje upornosti. V osnovi je inštrument, ki pri znani vzbujačni napetosti meri tok skozi breme in iz razmerja določi upornost bremena.

Univerzalni inštrument običajno vključuje tako ampermeter, voltmeter kot ohmeter, običajno pa je z njim mogoče meriti tudi kapacitivnosti, določene parametre nelinearnih elementov (tranzistorjev, diod), induktivnosti, pogosto pa tudi omogočajo priklop določenih senzorjev (temperature, svetilnosti), brezkontaktno merjenje toka (s tokovnimi kleščami) in tudi priklop na računalnik za sprotno odčitavanje in kasnejšo analizo podatkov.

Povzetek, vprašanja.

- 1) Kako je definirana moč? Zapiši zveze tudi z upoštevanjem Ohmovega zakona.
- 2) Kakšna je povezava med močjo in delom?
- 3) Kako se spreminja moč na bremenu, ki je priključen na realni napetostni vir?
- 4) Ali lahko enako moč dosežemo pri dveh različnih upornostih?
- 5) Kdaj bo moč na bremenu, ki je priključeno na realni napetostni vir maksimalna? Pri kateri upornosti? Kolikšna bo tedaj moč?
- 6) Voltmeter. Razširjanje merilnega območja s preduporom.
- 7) Ampermeter. Razširjanje merilnega območja s souporom.
- 8) Ohmeter, Watmeter, Univerzalni inštrument.