

ELEKTRIČNA MOČ

TEORIJA

ELEKTRIČNO DELO

V poglavju Električna potencialna energija – Potencial in napetost smo ugotovili, da je delo sile, ki premakne naboj e iz ekvipotencialne ploskve V_1 na ekvipotencialno ploskev V_2 enako:

$$A = e(V_2 - V_1) = eU$$

V enačbi smo upoštevali, da je napetost U enaka razliki potencialov.

Če vstavimo izraz za električni naboj ($e=I t$) dobimo:

$$A = UI t \quad (1)$$

Enota za delo je J (Joule) ali Ws (Watt sekunda)

ELEKTRIČNA MOČ

Električna moč je delo na časovno enoto:

$$P = \frac{A}{t}$$

Enota za moč je J/s (Jouli na sekundo) ali W (Watt)

Z uporabo enačbe (1) in Ohmovega zakona ($U = I R$ in $I = \frac{U}{R}$)

lahko napišemo enačbo za moč v treh oblikah:

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (2)$$

Zapišimo še enačbo za delo v vseh oblikah:

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

NALOGE

Rudolf Kladnik: Svet elektronov in atomov, str 76 naloge 1 do 12.

ELEKTRIČNA MOČ VAJA 1

Vodni grelnik za 80 litrov vode ima vgrajen električni grelec z uporom 19Ω . Koliko odstotkov električne energije se pri napetosti 220 V porabi za segretje vode, če se 80 litrov vode v 2 urah segreje od začetne temperature 20°C do končne 70°C ?

Podatki:

$$V = 80 \text{ l} \Rightarrow m = 80 \text{ kg}$$

$$U = 220 \text{ V}$$

$$R = 19 \Omega$$

$$t = 2 \text{ h} = 2 \cdot 3600 \text{ s}$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 70^\circ\text{C}$$

$$\eta = ?$$

Rešitev:

Naloga nas sprašuje o izkoristku pretvorbe električne energije v tisti del toplote, s katerim segrevamo vodo v grelniku. Izkoristek je količnik med koristno toploto in vloženim električnim delom, množenim s 100, če je v odstotkih.

$$\eta = \frac{Q}{A_e} \cdot 100$$

Voda v grelniku sprejme toploto:

$$Q = mc(T_2 - T_1)$$

kjer je c specifična toplota vode (4200 J/kgK).

V poglavju Teorija poiščemo enačbo za električno delo, ki najbolj ustreza podatkom:

$$A_e = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

Obe enačbi vstavimo v enačbo za izkoristek:

$$\eta = \frac{mc(T_2 - T_1)R}{U^2 t} \cdot 100$$

Vstavimo podatke in izračunamo:

$$\eta = \frac{80 \text{ kg} \cdot 4200 \text{ J} \cdot (70 - 20) \text{ K}}{\text{kg} \cdot \text{K} \cdot 220^2 \text{ V}^2 \cdot 2 \cdot 3600 \text{ s}} \cdot 100 = 91$$

Rešitev:

Za segrevanje vode porabimo 91 % električne energije

ELEKTRIČNA MOČ VAJA 2

Iz cekas žice s premerom 0,2 mm želimo napraviti grelno žico kuhalnika. Kako dolgo žico potrebujemo, da bo kuhalnik pri napetosti 220 V gorel z močjo 2 kW? (Specifična upornost cekasa je $1,1 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$).

Podatki:

$$2r = 0,2 \text{ mm} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow R = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$U = 220 \text{ V}$$

$$P = 2 \text{ kW} = 2000 \text{ W}$$

$$\zeta = 1,1 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$$

$$d = ?$$

Rešitev:

Ker imamo podano moč in napetost lahko zapišemo enačbo za upor cekas žice:

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

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

$$\zeta \frac{d}{S} = \frac{U^2}{P}$$

$$d = \frac{U^2 S}{\zeta P}$$

$$d = \frac{U^2 \pi r^2}{\zeta P}$$

$$d = \frac{220^2 \text{ V}^2 \pi (0,1 \cdot 10^{-3})^2 \text{ m}^2}{1,1 \cdot 10^{-6} \Omega \text{ m} 2000 \text{ W}} = 0,69 \text{ m}$$

Izrazimo R:

V levo stran enačbe vstavimo izraz za upor žice (glej Teorijo):

Izrazimo dolžino žice d:

Vstavimo formulo za presek žice - ploščino kroga:

Vstavimo podatke in izračunamo:

Rezultat:

Dolžina žice je 69 cm.

ELEKTRIČNA MOČ VAJA 3

Grelni žico kuhalnika z uporom 40Ω priključimo na napetost 220 V. Koliko stane električno delo, ki ga potroši kuhalnik v 5 urah, če stane kWh električne energije 0,05 €?

Podatki:

$$R = 40 \Omega$$

$$U = 220 \text{ V}$$

$$t = 5 \text{ h}$$

$$C = ?$$

Rešitev:

Najprej izračunajmo električno delo. V poglavju [Električna moč](#) izberemo enačbo, ki najbolj streza podatkom.

$$A = \frac{U^2}{R} t$$

Vstavimo podatke in izračunamo:

$$A = \frac{220^2 \text{ V}^2}{40 \Omega} 5 \text{ h} = 6000 \text{ Wh} = 6 \text{ kWh}$$

Potrošili smo 6 kWh električnega dela. Ker je cena kWh enaka 0,05 € sledi, da je skupna cena električnega dela :

$$6 \text{ kWh} \cdot 0,05 \text{ €/kWh} = 0,3 \text{ €}.$$

Odgovor:

Električno delo stane 0,3 €.

ELEKTRIČNA MOČ VAJA 4

Grelec z uporom 50Ω priključimo na napetost 220 V. Koliko časa mora goreti, da odda 2,0 kWh toplote?

Podatki:

$$R = 50 \Omega$$

$$U = 220 \text{ V}$$

$$Q = 2,0 \text{ kWh} = 2000 \text{ Wh}$$

$$t = ?$$

Rešitev:

Električno delo se v grelcu pretvori v toplotno energijo Q.

$$A_e = Q$$

Uporabimo ustrezno obliko enačbe za električno delo – glej Teorijo:

$$Q = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

$$t = \frac{Q R}{U^2}$$

$$t = \frac{2000 \text{ Wh } 50 \Omega}{220^2 \text{ V}^2} = 2,1 \text{ h}$$

Iz enačbe izrazimo čas t:

Ustavimo podatke in izračunamo:

Rezultat:

Grelec mora delovati 2,1 ure.

ELEKTRIČNA MOČ VAJA 5

Električni brivnik je priključen na napetost 220 V; skozenj teče električni tok 0,2 A. Koliko električne energije potroši brivnik v 2 minutah?

Podatki:

$$U = 220 \text{ V}$$

$$I = 0,2 \text{ A}$$

$$t = 2 \text{ min} = 120 \text{ s}$$

$$A_e = ?$$

Rešitev:

Zapišemo izraz za električno delo:

$$A_e = U I t$$

Vstavimo podatke in izračunamo:

$$A_e = 220 \text{ V} \cdot 0,2 \text{ A} \cdot 120 \text{ s} = 5300 \text{ J}$$

Rezultat:

Brivnik potroši 5,3 kJ električne energije.

ELEKTRIČNA MOČ VAJA 6

Koliko joulove energije se razvije v eni uri v 1 cm^3 žice, če teče tok z gostoto 5 A/mm^2 ?
(Specifični upor žice je $0,017 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.)

Podatki:

$$V = 1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$

$$J = 5 \text{ A/mm}^2 = 5 \text{ A}/10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\zeta = 0,017 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m} = 0,017 \cdot 10^{-6} \text{ } \Omega\text{m}$$

$$Q = ?$$

Rešitev:

Toploto v enoti volumna imenujmo gostoto toplotne energije in jo označimo s q .

$$q = \frac{Q}{V}$$

Iz enačbe izrazimo Q :

$$Q = qV$$

(1)

Najprej izračunamo q .

Električno delo se v žici spreminja v toploto (Joulova toplota). Velja:

$$Q = A_e$$

Levo in desno stran enačbe delimo z volumnom in dobimo gostoto energije:

$$q = \frac{Q}{V} = \frac{A_e}{V}$$

Vstavimo izraz za električno delo $A_e = I^2 R t$

$$q = \frac{I^2 R t}{V}$$

Vstavimo enačbo za upor žice

$$R = \frac{\zeta d}{S}$$

$$q = \frac{I^2 \zeta d t}{S V}$$

Vstavimo enčbo za volumen žice (volumen valja) $V = S d$:

$$q = \frac{I^2 \zeta d t}{S^2 d}$$

Enačbo delim z d :

$$q = \frac{I^2 \zeta t}{S^2}$$

Vstavimo enačbo za gostoto toka

$$J = \frac{I}{S}$$

$$q = J^2 \zeta t \quad (2)$$

Enačbo (2) vstavim v enačbo (1) in dobim končno enačbo:

$$Q = J^2 \zeta t V$$

Vstavimo podatke in izračunamo:

$$Q = \frac{5^2 \text{ A}^2 \cdot 0,017 \cdot 10^{-6} \text{ } \Omega \text{ m} \cdot 3600 \text{ s} \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}{10^{-12} \text{ m}^4} = 1,5 \text{ kJ}$$

Rezultat:

Sprosti se 1,5 kJ toplote.

ELEKTRIČNA MOČ VAJA 7

Upornika 10Ω in 30Ω zvežemo zaporedno ter ju priključimo na napetost 220 V. Kolikšna moč se troši v vsakem uporniku in kolikšno troši vir napetosti?

Podatki:

$$R_1 = 10 \Omega$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$U = 220 \text{ V}$$

$$P_1 = ?$$

$$P_2 = ?$$

$$P = ?$$

Rešitev:

Moč na prvem uporniku

Moč na uporniku R_1 izračunamo po naslednji enačbi:

$$P_1 = I^2 R_1 \quad (1)$$

Tok skozi oba upornika je zaradi zaporedne vezave enak in je enak toku, ki teče skozi vir:

$$I = \frac{U}{R_n}$$

Vstavimo enačbo za nadomestno upornost zaporedne vezave $R_n = R_1 + R_2$

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

Enačbo (2) vstavimo v enačbo (1) in dobimo:

$$P_1 = \left(\frac{U}{R_1 + R_2}\right)^2 R_1$$

Vstavimo podatke in izračunamo:

$$P_1 = \left(\frac{220 \text{ V}}{10 \Omega + 30 \Omega}\right)^2 10 \Omega = 300 \text{ W}$$

Rezultat:

Na prvem uporniku je moč 0,3 kW.

Moč na drugem uporniku

Podobno izračunamo moč na drugem upor:

$$P_2 = \left(\frac{U}{R_1 + R_2}\right)^2 R_2$$

Vstavimo podatke in izračunamo:

$$P_2 = \left(\frac{220 \text{ V}}{10 \Omega + 30 \Omega}\right)^2 30 \Omega = 900 \text{ W}$$

Rezultat:

Na drugem uporniku je moč 0,9 kW.

Moč na viru napetosti

Moč, ki jo troši vir napetosti je:

$$P = \frac{U^2}{R_n}$$

Vstavimo enačbo za nadomestni upor:

$$P = \frac{U^2}{R_1 + R_2}$$

Vstavimo podatke in izračunamo:

$$P = \frac{(220 \text{ V})^2}{10 \Omega + 30 \Omega} = 1200 \text{ W}$$

Vidimo, da je moč na viru napetosti enaka vsoti moči na zaporedno vezanih upornikih.

$$P = P_1 + P_2 = 900 \text{ W} + 300 \text{ W} = 1200 \text{ W}$$

Rezultat:

Moč na viru napetosti je 1,2 kW.

ELEKTRIČNA MOČ VAJA 8

Upornika 100Ω in 200Ω vežemo vzporedno ter ju priključimo na napetost 100 V. Kolikšna moč se troši v vsakem uporniku in kolikšno troši vir napetosti?

Podatki:

$$R_1 = 100 \Omega$$

$$R_2 = 200 \Omega$$

$$U = 100 \text{ V}$$

$$P_1 = ?$$

$$P_2 = ?$$

$$P = ?$$

Rešitev:

Moč na prvem uporniku

Napetost na obeh vzporednih upornikih je enaka in je enaka napetosti vira. Moč na uporniku R_1 izračunamo po naslednji enačbi:

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1}$$

Vstavimo podatke in dobimo:

$$P_1 = \frac{100^2 \text{ V}^2}{100 \Omega} = 100 \text{ W}$$

Rezultat:

Na prvem uporniku je moč 100 W.

Moč na drugem uporniku

Podobno izračunamo moč na drugem uporniku:

$$P_1 = \frac{U^2}{R_2}$$

Vstavimo podatke in dobimo:

$$P_1 = \frac{100^2 \text{ V}^2}{200 \Omega} = 50 \text{ W}$$

Rezultat:

Na drugem uporniku je moč 50 W.

Moč, ki jo troši vir napetosti

Pri zaporedni in vzporedni vezavi velja, da se moči na upornikih seštevajo. Pokažimo to za vzporedno vezavo:

$$P = P_1 + P_2$$

(1) Vstavimo enačbe za moč:

$$\frac{U^2}{R_n} = \frac{U^2}{R_1} + \frac{U^2}{R_2}$$

Na desni strani izpostavimo kvadrat napetosti:

$$\frac{U^2}{R_n} = U^2 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Na desno stran enačbe vstavimo nadomestno upornost vzporedne vezave

$$\frac{U^2}{R_n} = U^2 \frac{1}{R_n}$$

$$\frac{1}{R_n} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

S tem smo dokazali veljavnost enačbe (1).

$$P = P_1 + P_2 = 100 \text{ W} + 50 \text{ W} = 150 \text{ W}$$

Rezultat:

Moč na viru napetosti je 150 W.

ELEKTRIČNA MOČ VAJA 9

Brivnik je narejen za napetost 110 V in troši moč 40 W. Kolikšen upornik moramo priključiti zaporedno z brivnikom, da lahko uporabimo napetost 220 V? Kolikšno moč troši vir napetosti?

Podatki:

$$U_1 = 110 \text{ V}$$

$$P_1 = 40 \text{ W}$$

$$U_2 = 220 \text{ V}$$

$$R = ?$$

$$P_2 = ?$$

Rešitev:

Izračun zaporednega upora (predupora)

Upor izračunamo po Ohmovem zakonu:

$$R = \frac{U_R}{I} \quad (1)$$

Napetost na uporu R mora biti po II Kichoffovem zakonu:

$$U_R = U_2 - U_1 \quad (2)$$

Tok skozi predupor je enak toku skozi brivnik pri napetosti 110 V. Izračunamo ga iz podane

moči:

$$P_1 = U_1 \cdot I$$

Izrazimo I:

$$I = \frac{P_1}{U_1} \quad (3)$$

Enačbi (2) in (3) vstavimo v enačbo (1) in dobimo:

$$R = \frac{(U_2 - U_1) U_1}{P_1}$$

Vstavimo podatke in izračunamo:

$$R = \frac{(220 \text{ V} - 110 \text{ V}) 110 \text{ V}}{40 \text{ W}} = 300 \Omega$$

Rezultat:

Upor je $0,3 \text{ k}\Omega$.

Moč, ki jo troši vir napetosti

Moč je enaka produktu napetosti na viru in toka skozi vir:

$$P = U_2 I$$

Vstavimo enačbo za tok (3):

$$P = \frac{P_1 U_2}{U_1}$$

Vstavimo podatke in izračunamo:

$$P = \frac{40 \text{ W} \cdot 220 \text{ V}}{110 \text{ V}} = 80 \text{ W}$$

Rezultat:

Vir napetosti troši moč 80 W .

ELEKTRIČNA MOČ VAJA 10

Na skupno vtičnico 220 V vzporedno priključimo električno peč z močjo 1,5 kW in pralni stroj, ki troši moč 2 kW. Kolikšno varovalko potrebujemo?

Podatki:

$$U = 220 \text{ V}$$

$$P_1 = 1,5 \text{ kW} = 1500 \text{ W}$$

$$P_2 = 2 \text{ kW} = 2000 \text{ W}$$

$$I = ?$$

Rešitev:

V vaji 8 smo videli, da se moči pri vzporedni vezavi seštevajo. Skupna priključna moč na omrežju je:

$$P = P_1 + P_2 \quad (1)$$

Iz podane moči in napetosti izračunamo skupni tok:

$$P = U \cdot I$$

$$I = \frac{P}{U}$$

$$I = \frac{P_1 + P_2}{U}$$

$$I = \frac{1500 \text{ W} + 2000 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 16 \text{ A}$$

Izrazimo tok I:

Vstavimo enačbo (1):

Vstavimo podatke in izračunamo:

Rezultat:

Potrebujemo 16 A varovalko.

ELEKTRIČNA MOČ VAJA 11

Približno koliko joulove energije se sprosti pri običajnem blisku? Tok je okrog 20 kA, napetost 1 GV, čas traja nja bliska 1 ms.

Podatki:

$$I = 20 \text{ kA} = 20 \cdot 10^3 \text{ A}$$

$$U = 1 \text{ GV} = 1 \cdot 10^9 \text{ V}$$

$$t = 1 \text{ ms} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$Q = ?$$

Rešitev:

Energija, ki se sprosti, je enaka električnemu delu:

$$A = U I t$$

Vstavimo podatke in izračunamo:

$$A = 10^9 \text{ V} \cdot 20 \cdot 10^3 \text{ A} \cdot 10^{-3} \text{ s} = 2 \cdot 10^{10} \text{ Ws} = 5600 \text{ kWh}$$

Rezultat:

Sprosti se približno 20 GJ ali 5600 kWh energije.

ELEKTRIČNA MOČ VAJA 12

Po daljnovodu z uporabo 100Ω se pri napetosti 100 kV prenaša električna moč 1 MW. Koliko odstotkov te moči se izgublja kot Joulova toplotna moč v daljnovodu?

Podatki:

$$R_d = 100 \Omega$$

$$U = 100 \text{ kV} = 100 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$P = 1 \text{ MW} = 1 \cdot 10^6 \text{ W}$$

$$\eta = ?$$

Rešitev:

Izguba pri prenosu moči je podana kot količnik med toploto, ki se sprošča na žicah

daljnovoda in koristno močjo (to je recipročna vrednost izkoristka):

$$\frac{1}{\eta} = \frac{Q}{P} \quad (1)$$

Tok skozi daljnovod je enak toku skozi koristno breme R_b . Zapišimo enačbi za koristno moč in izgubljeno toploto v obliki:

$$P = I^2 R_b \quad (2)$$

$$Q = I^2 R_d \quad (3)$$

Enačbi (2) in (3) vstavimo v enačbo (1) in dobimo:

$$\frac{1}{\eta} = \frac{I^2 R_d}{I^2 R_b} \quad \text{Krajšamo tok:}$$
$$\frac{1}{\eta} = \frac{R_d}{R_b} \quad (4)$$

Upornost bremena izračunamo iz koristne moči in napetosti:

$$P = \frac{U^2}{R_b} \quad \text{Izrazimo bremenski upor:}$$
$$R_b = \frac{U^2}{P} \quad (5)$$

Enačbo (5) vstavimo v enačbo (4) in dobimo:

$$\frac{1}{\eta} = \frac{R_d P}{U^2} \quad \text{Vstavimo podatke in izračunamo:}$$
$$\frac{1}{\eta} = \frac{100 \Omega \cdot 10^6 W}{(100 \cdot 10^3 V)^2} = 0,01$$

Rezultat:

Na daljnovodu se zgublja 0,01 ali 1 % energije v obliki toplote.