

ELEKTRODINAMIKA

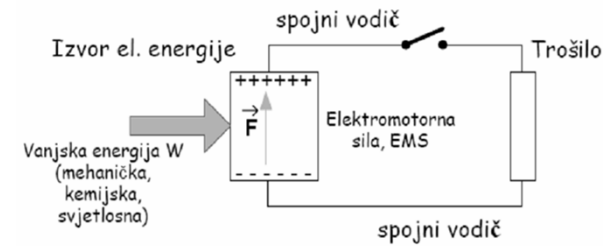
ELEKTRIČNA STRUJA I PRIPADNE POJAVE

11.12.2018.

1

ELEMENTI STRUJNOG KRUGA

- Strujni krug je sastavljen od: izvora u kojemu se neki oblik energije pretvara u električnu energiju, spojnih vodiča i trošila



11.12.2018.

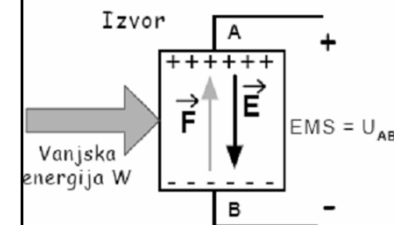
2

IZVOR ELEKTRIČNE ENERGIJE

- Da bi se u tijelu izvora razdvojili pozitivni i negativni naboji, potrebno je na njih djelovati nekom vanjskom silom F . Razdvojeni naboji stvaraju električno polje E u tijelu izvora. Povećanjem količine razdvojenih naboja jača polje (tj. privlačna Coulomb-ova sila F_{EL}), a proces razdvajanja zaustavlja se u trenutku kada nastupa ravnoteža: $F_{EL} = -F$

11.12.2018.

3



11.12.2018.

4

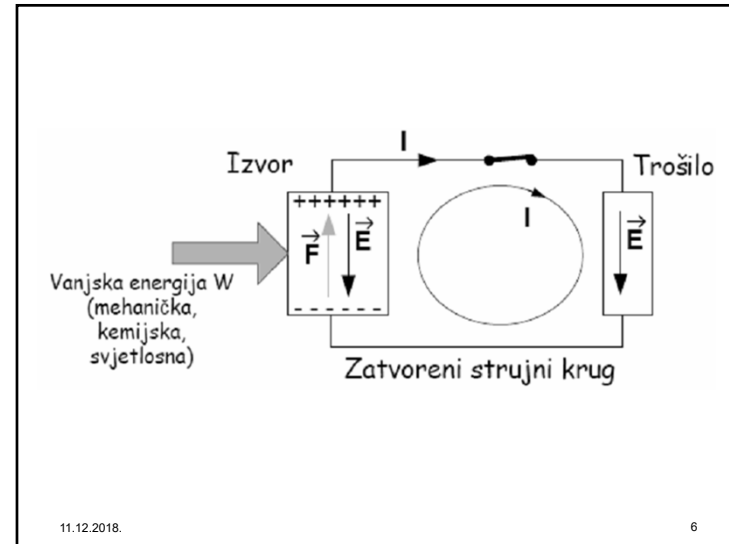
- Sva vanjska energija utrošena na razdvajanje naboja ostaje očuvana u obliku potencijalne energije razdvojenih naboja i predstavlja elektromotornu silu (EMS) izvora, a izražava se u voltima.
- Opisano stanje izvora naziva se stanje praznog hoda izvora.

ZATVORENI STRUJNI KRUG

- Istoimeni naboji nagomilani na krajevima izvora nastoje se raspodijeliti po što većoj površini (odbojna Coulomb-ova sila). Zato, u trenutku kada se na izvor priključi trošilo (zatvaranjem sklopke), dolazi do premještanja naboja prema trošilu, odnosno do pojave električne struje "I".

11.12.2018.

5



11.12.2018.

6

ELEKTRIČNA STRUJA

- Električna struja je usmjereno gibanje naboja pod djelovanje stalno prisutnog električnog polja. Stalno električno polje koje uzrokuje struju daje vanjski izvor.
 - Struju u vodičima (metalima) čine gibanje slobodnih elektrona.
 - Struju u elektrolitima i plinovima čine gibanje elektrona i iona
- Električna struja koja nastaje pod djelovanjem električnog polja u vodičima, nazivamo, provodne struje

11.12.2018.

7

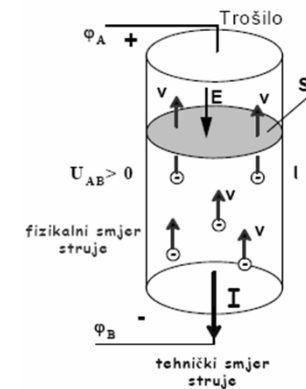
MODEL VOĐENJA ELEKTRIČNE STRUJE

- Na krajeve cilindričnog vodiča duljine "l", površine presjeka "S" doveden je napon:

$$U_{AB} = \phi_A - \phi_B > 0$$

- Jakost električnog polja E u vodiču može se odrediti kao:

$$E = \frac{U_{AB}}{l} = \frac{\phi_A - \phi_B}{l}$$



11.12.2018.

8

■ Smjer struje:

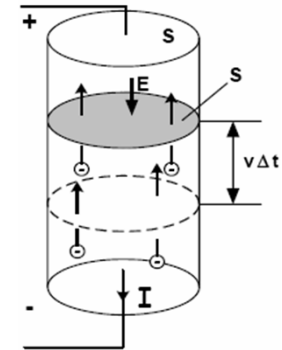
- Fizikalni smjer struje: smjer gibanja slobodnih elektrona (smjer suprotan smjeru električnog polja).
- Tehnički (konvencionalni smjer struje), suprotan smjeru slobodnih elektrona (u smjeru električnog polja)
- Protok naboja, odnosno električna struja ista je na svim presjecima (princip kontinuiteta).
- U vodičima, zbog termičkog gibanja jezgri, postoji otpor gibanju elektrona – električni otpor.

11.12.2018.

9

JAKOST ELEKTRIČNE STRUJE

- Gibanje elektrona odvija se pod djelovanjem električnog polja, u nizu uzastopnih ubrzavanja i usporavanja (udaranje elektrona u čestice koje im se nalaze na putu). Zbog takve promjenjive brzine uvodi se pojam srednje brzine gibanja naboja "v"



11.12.2018.

10

- Na temelju poznatog broja slobodnih elektrona "N" u m³ metala, i njihove srednje brzine, može se izračunati količina naboja koja prođe kroz presjek "S" u vremenskom intervalu "Δt"

$$\Delta Q = N \times q_e \times S \times v \times \Delta t$$

Gdje je q_e naboj elektrona

- Jakost električne struje "I" je količina naboja u jedinici vremena koja prođe kroz presjek vodiča

$$I = \frac{Q}{t}$$

11.12.2018.

11

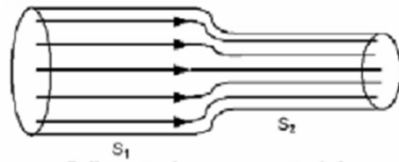
- Struja čija je jakost konstantna jest vremenski nepromjenjiva struja.
- Ukoliko je dotok vanjske energije izvora vremenski promjenjiv, takva energija stvarati će vremenski promjenjivu EMS koja će kroz vodič tjerati vremenski promjenjivu struju.
- Istosmjerna struja: može mijenjati svoju jakost ali ne i smjer u vremenu (uvijek isti smjer električnog polja).
- Izmjenična struja: mijenja svoj smjer u vremenu (mijenja se smjer električnog polja)

11.12.2018.

12

GUSTOĆA STRUJE

- Prema principu kontinuiteta električne struje, jakost struje unutar vodiča jednaka je na svim presjecima (npr. S_1 i S_2), u svakom trenutku.



Prikaz struje pomocu strujnica

11.12.2018.

13

- Struju možemo prikazati strujnicama. Gustoća struje je veća tamo gdje je presjek manji. Kao mjeru te gustoće uvodimo pojam gustoće struje "J", koju definiramo kao omjer jakosti struje i površine presjeka kroz koju ta struja prolazi

$$J = \frac{I}{S} \left(\frac{A}{mm^2} \right)$$

11.12.2018.

14

PRIMJER

- Vodič presjeka $1 \text{ (mm}^2\text{)}$, duljine 2 (m) , priključen je na napon od 2 (V) . Ako kroz vodič prostruji $6,25 \times 10^{18}$ elektrona u 250 (ms) , odrediti:
 - a) Struju kroz vodič
 - b) Gustoću struje
 - c) Jakost električnog polja
 - d) Gustoću struje ako se presjek vodiča smanji na $0,1 \text{ (mm}^2\text{)}$

11.12.2018.

15

ELEKTRIČNA PROVODNOST (SPECIFIČNA VODLJIVOST)

- Gustoća električne struje koju u različitim materijalima pokrene isto električno polje je različita



Verner von Siemens

(1816-1892)

χ - kapa

$$\chi = \frac{J}{E} \left(\frac{S}{m} \right)$$

11.12.2018.

16

ELEKTRIČNA OTPORNOST (SPECIFIČNA VODLJIVOST)

- Češće se koristi recipročna vrijednost specifične vodljivosti koju zovemo specifični otpor

$$\rho = \frac{1}{\chi}$$

- Često se spec. otpor izražava u $\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$

- Podaci za spec. otpornost nekih metala:
 - bakar 0,0169 ($\Omega \text{mm}^2/\text{m}$)
 - aluminij 0,0265 ($\Omega \text{mm}^2/\text{m}$)
 - srebro 0,0165 ($\Omega \text{mm}^2/\text{m}$)

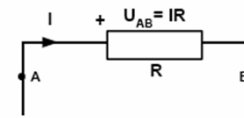
11.12.2018.

17

OHMOV ZAKON

- Ohmov zakon (1826) – Jakost struje u vodiču proporcionalna je naponu na njegovim krajevima

$$I = \frac{U_{AB}}{R}$$



Georg Simon Ohm (1787 – 1854)

11.12.2018.

18

- Struja ulazi u vodič otpora R na njegov kraj koji je na višem potencijalu, a izlazi na kraju koji je na nižem potencijalu (pad napona na otporu)

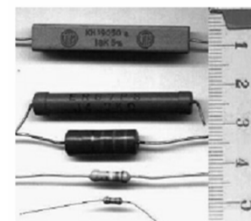
11.12.2018.

19

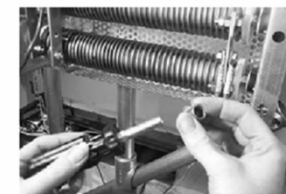
OTPORNICI

Vodič ili skup vodiča kojemu je otpor puno veći od otpora spojnih vodiča spojenih na izvor, zovemo, otpornik.

Tipovi otpornika



Otpornik 2kW, 1/8 Ω za kočenje vjetrogeneratora

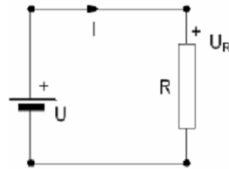


11.12.2018.

20

ELEKTRIČNA SHEMA JEDNOSTAVNOG STRUJNOG KRUGA

- U električnoj shemi se izvor i trošilo predstavljaju idealnim elementima: idealnim naponskim izvorom elektromotorne sile (EMS) i otpornikom otpora R dok se otpor spojnih vodova zanemaruje.



Na slici su prikazani simboli izvora i otpornika, a označeni su i smjerovi napona na elementima i smjer struje u krugu

11.12.2018.

21

- Vrijedi: $I = \frac{U}{R} = \frac{U_R}{R}$

Primjeri:

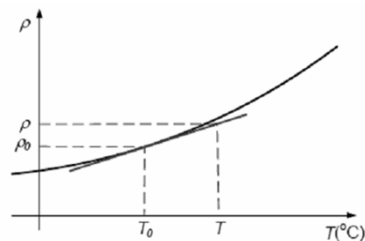
- Električna peć priključena je preko bakrenih vodiča duljine 10 (m), presjeka 1,5 (mm²) na električnu mrežu napona 230 (V). Ako je struja u krugu 10 (A), odredi koliki je pad napona u vodičima.
- Ako se želi postići da dva vodiča iste duljine načinjeni od bakra i aluminija imaju isti otpor, koliki je omjer njihovih presjeka?

11.12.2018.

22

ZAVISNOST OTPORA O TEMPERATURI

- Kod metala, termička gibanja porastom temperature postaju jača te raste otpor gibanju slobodnih elektrona. Otpornost metala povećava se porastom temperature



11.12.2018.

23

- Ovu ovisnost otpora o temperaturi možemo izraziti obrascem:

$$R_t = R_{20} (1 + \alpha \times \Delta t)$$

R_t Otpor na nekoj temperaturi različitoj od 20 °C

R_{20} ... Otpor na sobnoj temperaturi od 20 °C

α Temperaturni koeficijent otpora (°C⁻¹)

(npr. temperaturni koeficijent bakra je 0,0039 °C⁻¹)

Δt ...promjena temperature ($\Delta t = t_1 - t_2$)

Na temperaturi bliskoj apsolutnoj nuli, vodiči prelaze u supravodljivo stanje.

11.12.2018.

24

Primjeri:

1. Otpor namota električnog motora koji se nalazi u prostoriji u kojoj je temperatura 30 °C, iznosi 1,3 (Ω). U trajnom pogonu motora izmjeren mu je otpor namota od 1,606 (Ω). Kolika je temperatura namota motora u trajnom pogonu, ako je on izrađen od bakra?

11.12.2018.

25

JOULEOVA TOPLINA

- Pri prolasku struje kroz vodič, otpora R, elektroni se ubrzavaju i sudaraju s jezgrama i drugim elektronima, gubeći pri tome kinetičku energiju.
- Ta kinetička energija pretvara se u toplinsku.

■ Snaga je
$$P = \frac{W}{t} = \frac{U \times I \times t}{t} = U \times I = I^2 \times R$$



To je Jouleov zakon (1841)

James Prescott Joule (1818 – 1889)

11.12.2018.

26

Primjeri:

1. Na otporniku za kočenje vjetrogeneratora koji ima otpor 1/8 (Ω) razvija se snaga od 2(kW). Kolika je struja kroz otpornik? Kolika se energija troši na otporniku ako u jednom danu kroz njega teče struja u ukupnom vremenu od 2 sata?
2. Električna peć priključena je preko bakrenih vodiča duljine 10 (m), presjeka 1,5 (mm²), na električnu mrežu napona 230 (V). Ako je struja u krugu 10 (A), odredi snagu trošila te snagu na spojnim vodovima. Kolika je snaga na spojnim vodovima ako im se presjek poveća na 3 (mm²)

11.12.2018.

27