

Univerzitet u Banjoj Luci

Elektrotehnički fakultet

Osnovi elektrotehnike 1

Vremenski konstantne struje: električni generatori, određivanje jačine struje u prostom strujnom kolu

Predavanje: 8. blok

ZADATAK

Odrediti brzinu drifta elektrona v_D u bakarnom provodniku površine poprečnog preseka $S = 2\text{mm}^2$ kroz koji teče električna struja jačine $I = 2\text{A}$. Poznata je gustina bakra $\rho = 8,9\text{g/cm}^3$ i molarna masa $M = 63,6\text{g/mol}$. Smatrati da na svaki atom bakra dolazi po jedan slobodan elektron. Date su konstante: Avogadrov broj: $N_A = 6 \cdot 10^{23}\text{mol}^{-1}$ i elementarno naelektrisanje $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$.

REŠENJE

Prema formulama (5) i (6) :

$$v_D = \frac{I}{neS} \quad (1)$$

Broj nosioca naelektrisanja po jedinici zapremine određujemo pomoću poznate gustine bakra, molarne mase i avogadrovog broja:

$$n = \frac{\rho N_A}{M} \quad (2)$$

Ako (2) uvrstimo u (1), nalazimo:

$$v_D = \frac{IM}{\rho N_A S e} \quad (3)$$

Uvrštavanjem brojnih vrednosti nalazimo:

$$v_D = \frac{2\text{A} \cdot 63,6 \cdot 10^{-3}\text{kg/mol}}{8900\text{kg/m}^3 \cdot 6 \cdot 10^{23}\text{mol}^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{-6}\text{m}^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}} = 7,4 \cdot 10^{-5}\text{m/s} = 0,074\text{mm/s}, \quad (4)$$

ΕΛΕΚΤΡΙΚΗ ΓΕΝΕΡΑΤΟΡΑ

αίμα (αδύγχε) αμε

\vec{F}_{STR}

αεαααααα ααα \vec{E}

$$\vec{F}_e + \vec{F}_{STR} = Q \cdot \vec{E} + \vec{F}_{STR}$$

αααααα (αδύγχε) ααα: \vec{E}_{STR}

$$\vec{F}_{STR} = Q \cdot \vec{E}_{STR} \Rightarrow \vec{E}_{STR} = \frac{\vec{F}_{STR}}{Q}$$

$$\vec{F}_e + \vec{F}_{STR} = Q(\vec{E} + \vec{E}_{STR})$$

ααα αααααααα: $\vec{E} + \vec{E}_{STR}$

$$\vec{J} = \sigma(\vec{E} + \vec{E}_{STR})$$

* $\vec{J} \rightarrow \infty$ ααα αααααα ααα αααα
 $\Rightarrow \vec{E} + \vec{E}_{STR} = 0$

* $\vec{J} = 0$

ααααα ααα αααααααα

$$\vec{E} + \vec{E}_{STR} = 0 \quad \vec{E} = -\vec{E}_{STR}$$

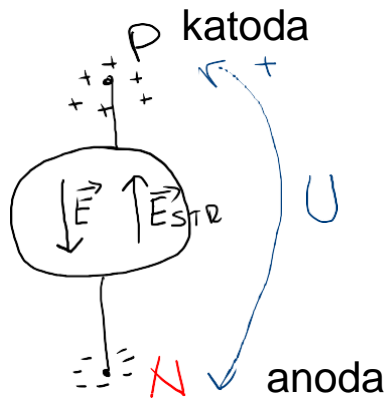
* $\alpha \alpha \alpha$ αααα ααααα

$$\vec{E} + \vec{E}_{STR} \neq 0$$



Elektronska cijev
(katoda se zagrijava)





Енергетичка цуна

$$E = \frac{A}{\Delta Q} = \int_N^P \vec{E}_{STR} \cdot d\vec{l} \quad [V]$$

konstrukcija para koji unose cugu
une upi u posudu ΔQ sa K na P
energija W ΔQ .

- energija cuna (ems)
- unapredna energija

$$\vec{F}_{STR} + \vec{F}_e = 0 \quad \text{Prazan hod}$$

$$\vec{E}_{STR} + \vec{E} = 0$$

$$A = \int_N^P \vec{F}_{STR} \cdot d\vec{l} = \int_N^P \Delta Q \vec{E}_{STR} \cdot d\vec{l} = \Delta Q \int_N^P \vec{E}_{STR} \cdot d\vec{l}$$

laku za dno koji putu para ispravno
za upravit kag:

$$\begin{aligned} \vec{E}_{STR} + \vec{E} &= 0 \Rightarrow \vec{E}_{STR} = -\vec{E} \\ E_{ems} &= \int_N^P \vec{E}_{STR} \cdot d\vec{l} = - \int_N^P \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_N^P \vec{E} \cdot d\vec{l} \\ &= V_P - V_N = U_{PN} \end{aligned}$$

$$E = U_{PN} \quad \text{BAJHU ZA NPASAA XON}$$

Pod dejstvom **Estr** pozitivna opterećenja će se nagomilavati na elektrodi P a negativna na elektrodi N. Time se stvara električno polje koje se suprotstavlja daljem naelektrisanju priključaka generatora. Proces naelektrisanja prestaje kada je ukupna sila na naelektrisanje jednaka nuli.

Termoelektronska emisija

- Termoelektronska emisija (termoelektrična, termojonska emisija) je pojava izbacivanja elektrona sa površine zagrijanog metala. Do nje dolazi ako je energija prenesena na elektron zagrevanjem metala veća od privlačnih sila koje ga vezuju sa metalom.
- Nosioči naelektrisanja mogu biti elektroni ili joni, pa se u literaturi naziva još i termojonska (termoionska) emisija. Termoelektronska emisija se ponekad još naziva i Edisonov efekat.
- Primjer termoelektronske emisije je emisija elektrona sa katode u elektronskim cevima. Temperatura potrebna za značajniju emisiju varira od materijala (radna funkcija), prisustva nečistoća, jačine električnog polja, i od drugih uslova.

ΔQ са H на P

Rad stranih sila u generatoru

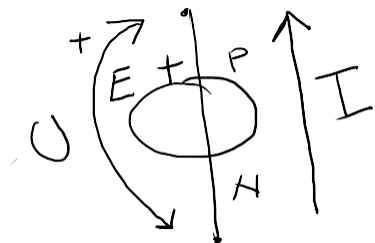
$$\Delta A_g = \Delta Q \cdot E_{(ems)}$$

$$\Delta Q = I \cdot \Delta t$$

$$\Delta A_g = I E \Delta t$$

$$\Delta A_g / \Delta t \Rightarrow \boxed{P_g = E I}$$

мощность
генератора



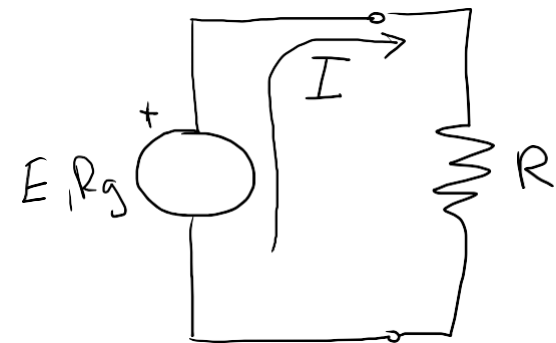
ЭДС НАПРАВЛЕНА
РЕФ. СМЕРЗОМ

$$P_{gen} = R_g I^2$$

мощность потерь в генераторе

R_g - сопротивление
генератора

ОДРЕЂИВАЊЕ ЈАЧИНЕ СТРУЈЕ У ЕЛ. КОЛУ СА ЈЕДНИМ ГЕНЕРАТОРОМ И ОТПОРНИКОМ



$$P_g = E \cdot I$$

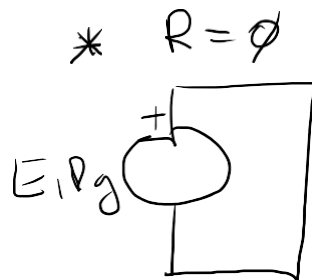
$$P_R = R I^2$$

$$P_{Jg} = R_g I^2$$

$$E \cdot I = R_g I^2 + R I^2$$

$$E = I(R_g + R)$$

$$I = \frac{E}{R + R_g}$$



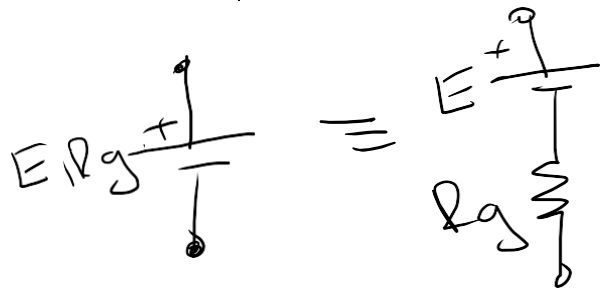
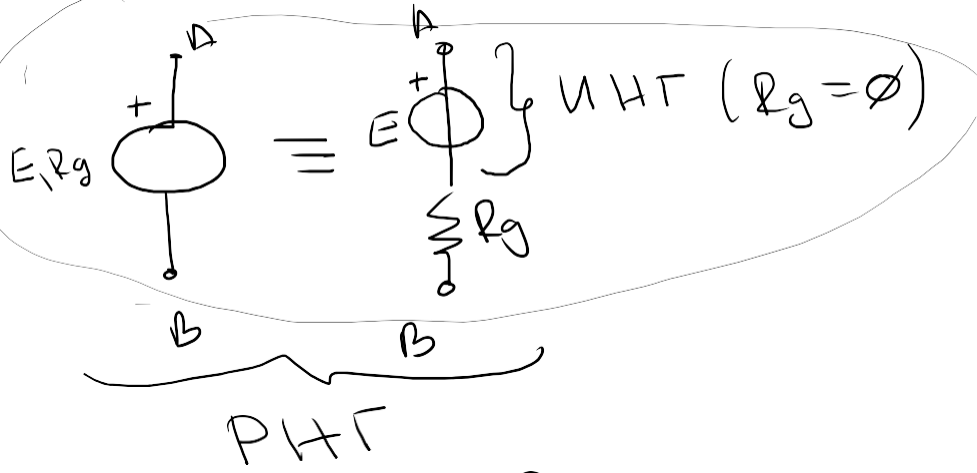
кратко сажење
теореме

$$I_{krsp} = \frac{E}{R_g}$$

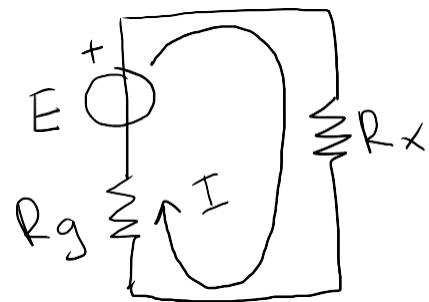
$$E = U_{ph}$$

$$R_g = \frac{E}{I_{krsp}}$$

$$R_g = \frac{E - R I}{I}$$



УСЛОВ ПРЕНОСА МАКСИМАЛНЕ СНАГЕ



$$I = \frac{E}{R_g + R_x}$$

$$P_{R_x} = R_x \cdot I^2 = \frac{R_x E^2}{(R_g + R_x)^2}$$

$$P_{R_x} = 0 \quad \text{за} \quad R_x = 0$$

$$R_x \rightarrow \infty$$

$$\frac{dP_{R_x}}{dR_x} = \frac{d}{dR_x} \left(\frac{R_x E^2}{(R_x + R_g)^2} \right) = 0$$

$$E^2 \frac{R_x' \cdot (R_x + R_g)^2 - R_x \cdot 2(R_x + R_g) \cdot R_x'}{(R_x + R_g)^4} = 0$$

$$(R_x + R_g)^2 = 2 R_x (R_x + R_g)$$

$$R_x^2 + \cancel{2 R_x R_g} + R_g^2 = 2 R_x^2 + \cancel{2 R_x R_g}$$

$$R_g^2 = R_x^2$$

$$R_x = \pm R_g \Rightarrow \boxed{R_x = R_g}$$

Коэффициент полезного действия:

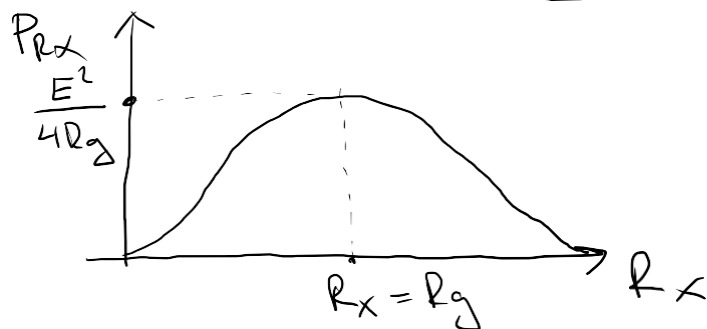
$$\eta = \frac{P_R}{P_g} = \frac{RI^2}{EI} = \frac{RI}{E}$$

$$I = \frac{E}{R + R_g} \Rightarrow$$

$$\eta = \frac{R}{R_g + R}$$

$$\eta \in [0, 1]$$

$$R = R_g \Rightarrow \boxed{\eta = 0,5 \Rightarrow 50\%}$$



$$P_{Rx} = R_x I^2 = \frac{R_x \cdot E^2}{(R_x + R_g)^2} = \frac{R_x E^2}{4R_x^2}$$

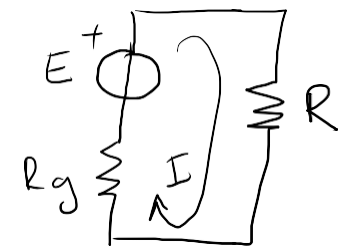
$$P_{Rx} = \frac{E^2}{4R_x} = \frac{E^2}{4R_g}$$

Primjer: Neka je $E=12\text{ V}$, $R_g=1\ \Omega$.

Pri $R_x=R_g=1\ \Omega$, na prijemniku se razvija snaga od $E^2/(4R_x)=36\text{ W}$ a koeficijent korisnog dejstva $\eta=0.5$.

Ako je recimo $R_x \gg R_g$, npr. $R_x=100\ \Omega$, koeficijent korisnog dejstva bice $\eta=R_x/(R_x+R_g)=100/101=0.99$. Medjutim, bez obzira na visok stepen korisnog dejstva, jer generator zaista predaje skoro svu snagu prijemniku R_x , vrijednost te snage je $R_x \cdot E^2/(R_x+R_g)^2=1.41\text{ W} \ll 36\text{ W}$ (vrijednost kada je ispunjen uslov prenosa maksimalne snage).

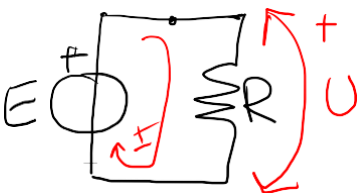
НАХОД УЗМЕЊУ ПРИКЉУЧАКА ГЕНЕРАТОРА



$$I = \frac{E}{R + R_g}$$

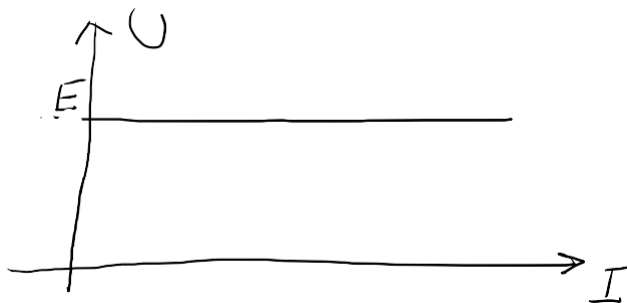
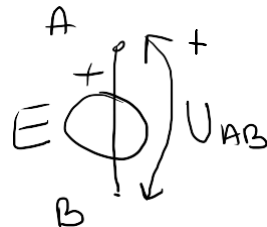
Беремо је $R_g \approx 0$ (Idealni naponski generator - ING)

$$I = \frac{E}{R}$$



$$U = R \cdot I = E$$

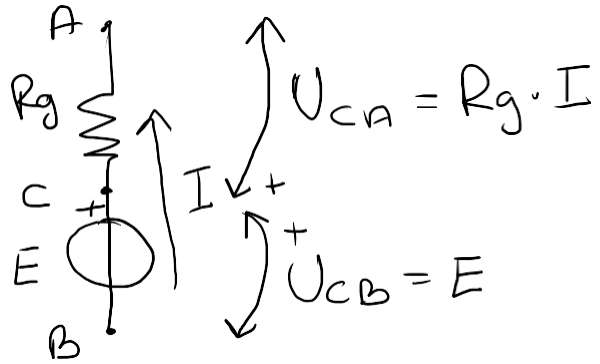
уговорити напонски излазак
(И.Н.Г.)



$$U_{AB} = V_A - V_B = E$$

$$U_{BA} = V_B - V_A = -E$$

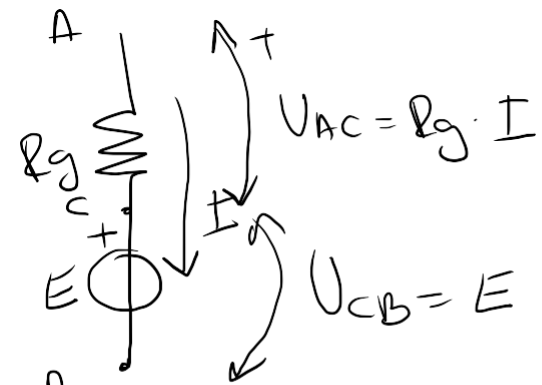
Решить задачу методом телепортации
 $R_g \neq 0$



ред. цепью I и E
 у нас

$$U_{AB} = V_A - V_B = (V_A - V_C) + (V_C - V_B) = U_{AC} + U_{CB} = -R_g I + E$$

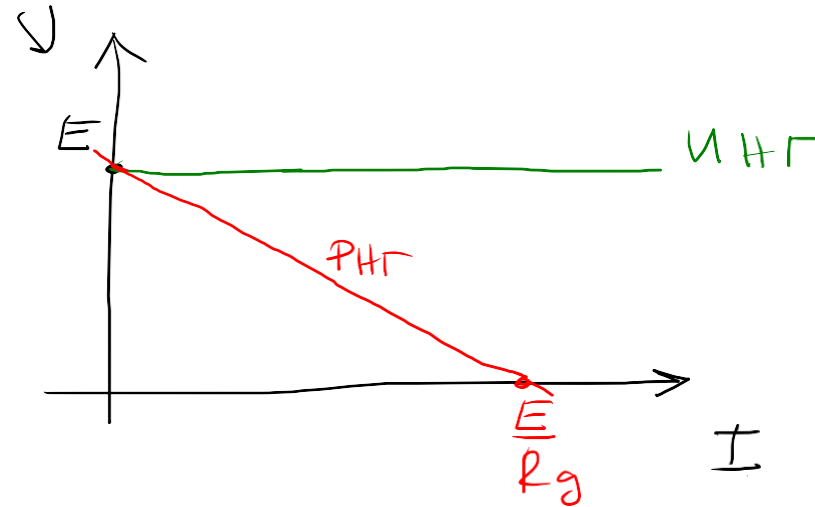
$$U_{BA} = -U_{AB} = -E + R_g I$$



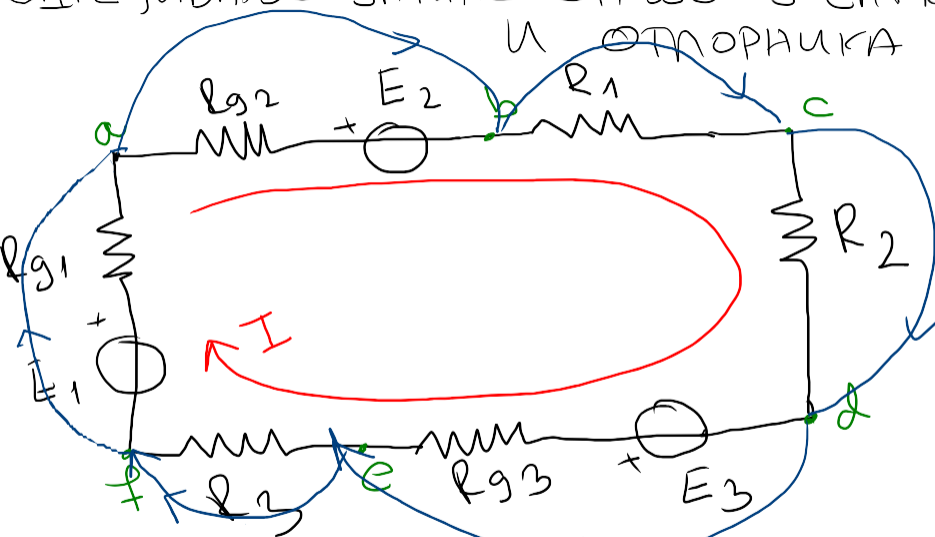
Herzählung an nach
angegeben

$$U_{AB} = U_{Ac} + U_{cb} = E + R_g I$$

$$U_{BA} = -E - R_g \cdot I$$



ОДРЕЂИВАЊЕ ЈАЧИНЕ СТРУЈЕ У ЕН. КОНУ СА БИЛЕ ГЕНЕРАТОРА



I : направљено супротно смеру

$$\oint_C \vec{E} d\vec{l} = 0$$

$$U_{ab} + U_{bc} + U_{cd} + U_{de} + U_{ef} + U_{fa} = 0$$

$$U_{ab} = R_{g2} I + E_2$$

$$U_{bc} = R_1 \cdot I$$

$$U_{cd} = R_2 I$$

$$U_{de} = -E_3 + R_{g3} I$$

$$U_{ef} = R_3 I$$

$$U_{fa} = -E_1 + R_{g1} I$$

$$R_{g2} I + E_2 + R_1 I + R_2 I - E_3 + R_{g3} I + R_3 I - E_1 + R_{g1} I = 0$$

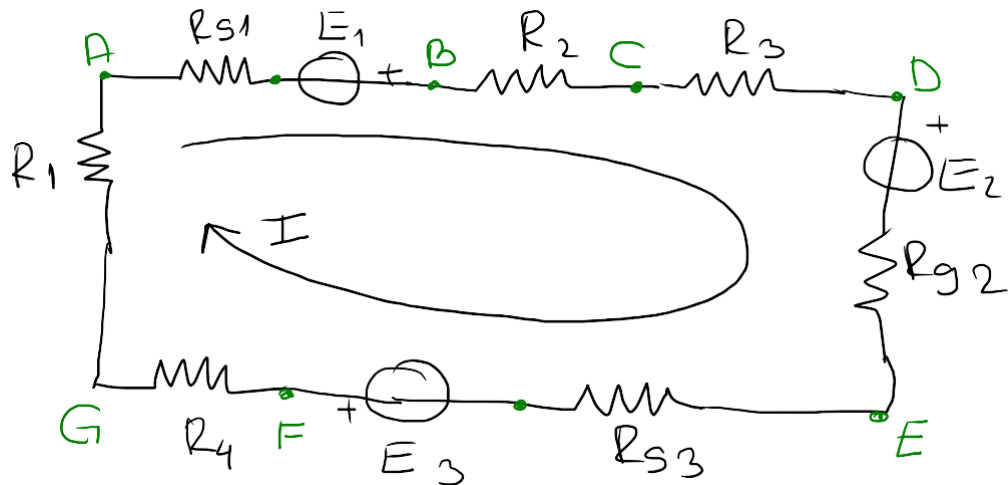
$$I = \frac{E_1 - E_2 + E_3}{R_1 + R_2 + R_3 + R_{g2} + R_{g3} + R_{g1}}$$

$$I = \frac{\sum (\pm E)}{\sum R}$$

$\pm E = \begin{cases} "+" & \text{узел ems и узел je yzndet} \\ "-" & \end{cases}$
 (узлы узла и "+")

$\begin{matrix} \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} \end{matrix}$
 узлы узла y + cexpanon

ПОТЕХНИКА И НАОМЪНЪ ЕН. КОНЪ



$$U_{CG} = ?$$

$$C D E F G$$

$$C B A G$$

$$U_{CG} = U_{CD} + U_{DE} + U_{EF} + U_{FG}$$

$$U_{CD} = R_3 I$$

$$U_{DE} = E_2 + R_{g2} I$$

$$U_{EF} = R_{g3} I - E_3$$

$$U_{FG} = R_4 I$$

$$U_{CG} = R_3 I + E_2 + R_{g2} I + R_{g3} I - E_3 + R_4 I$$

$$U_{CG} = U_{CB} + U_{BA} + U_{AG} = -R_2 I + E_1 - R_{g1} I - R_1 I$$

1. սյնը ԷմՏ աղյուսիկի Երկրաչափ
2. բեռ. սյնը աղյուսիկ
3. սյնը գլխի կառուցվածքից ուղիղ և ճիշտ առաջ և հետ

$$U_{AB} = (\sum RI - \sum E)_{\text{ոգ A ցո B}}$$

$$U_{CG} = (\sum RI - \sum E)_{\text{ոգ C ցո G}}$$

$$U_{CG} = (\oplus R_1 I \oplus R_2 I \oplus R_3 I \oplus R_4 I) - (\oplus E_2 \oplus E_3)$$

սյնը օժտված ու զգոն ու սյնը աղյուսիկի Է առաջնայի

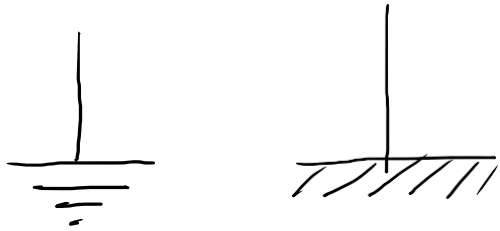
$$U_{CG} = R_1 I + R_2 I + R_3 I + R_4 I + E_2 - E_3$$

C D E F G
 սյնը օժտված ու զգոն ի առաջ զո
 Է հաւանաւի աղյուսիկի
 ու "++" ու E₂
 ուղիղ և ճիշտ

սյնը օժտված
 ու զոն առաջ
 զոն հաւանաւի
 աղյուսիկի ու
 աղյուսիկի առաջ

$$U_{AB} = \sum_{alg} U \quad \begin{cases} "+" & \text{ako je uglo namom na + strana ili} \\ & \text{temperaturny ili optochny} \\ "-" & \end{cases}$$

temperaturny i optochny



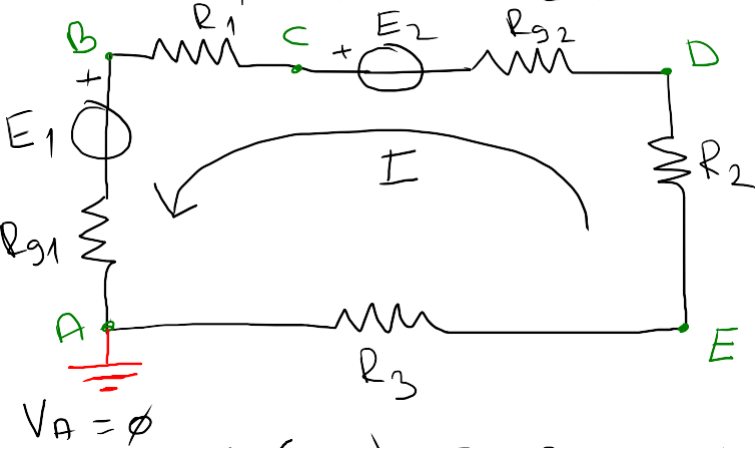
ozhaka sa yzeme

$$V_A = (\sum RI - \sum E)_{og A go R}$$

↑
pot. razn.

$$V_A = (\sum E - \sum RI)_{og R go A}$$

NOTE H4UJAAHU ΔUJATPAM

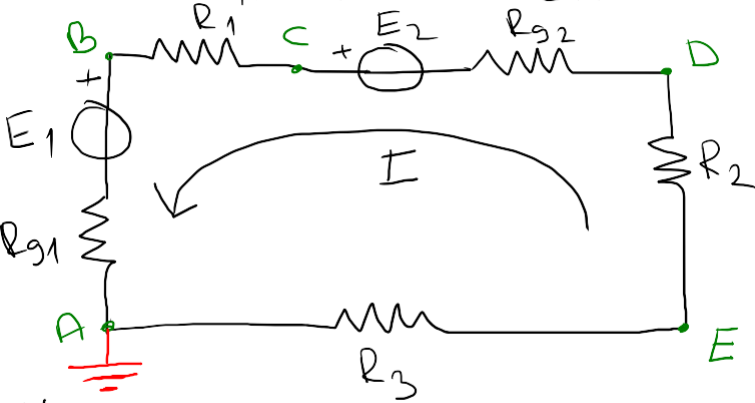


$$E_1 = 10 \text{ V} \quad E_2 = 20 \text{ V} \quad R_{g1} = 1 \Omega$$

$$R_{g2} = 1 \Omega \quad R_1 = R_3 = 2 \Omega \quad R_2 = 4 \Omega$$

$$V_B = (\sum R I - \sum E)_{\text{og B go A}}$$

NOTE HUKUJAAHU ΔUJATPAM



$$E_1 = 10 \text{ V} \quad E_2 = 20 \text{ V} \quad R_{g1} = 1 \Omega$$

$$R_{g2} = 1 \Omega \quad R_1 = R_3 = 2 \Omega \quad R_2 = 4 \Omega$$

$$V_B = (\sum R I - \sum E)_{\text{og B go A}}$$

$$I = \frac{E_2 - E_1}{R_1 + R_2 + R_3 + R_{g1} + R_{g2}} = \frac{20 - 10}{2 + 4 + 2 + 1 + 1} = 1 \text{ A}$$

$$V_A = 0$$

$$V_B = R_{g1} I - (-E_1) = E_1 + R_{g1} \cdot I = 11 \text{ V}$$

$$V_C = R_1 I + R_{g1} \cdot I + E_1 = 13 \text{ V}$$

$$V_D = R_{g2} I - (E_2) + V_C = 1 - 20 + 13 = -6 \text{ V}$$

$$V_E = R_2 I + V_D = 4 - 6 = -2 \text{ V}$$

