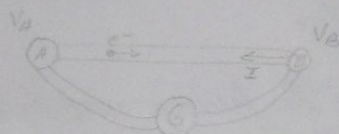


Lecția 1CAP. 2 Electrostatică2.1. Curent electric. Circuit electric

Fie 2 conductoare A și B cu potențiale electrice diferite.

P.P. $V_A < V_B$



Pun conductorul AB are loc o deplasare a electronilor liberi de pe corpul cu potențial mai mic pe corpul cu potențial mai mare, până când potențialele electrice ale celor 2 corpuri devin egale.

! Def: Deplasarea ordonată a purtătorilor de sarcină electrică liberă se numește curent electric.

Pt. a menține curentul electric prin cond. este necesară menținerea diferenței de potențial electric între capetele acestuia.

Dispozitivul care produce și menține a diferență de potențial electric între 2 poli și săi și gen. el. sau sursa de ten.

* Generatorul el. transformă un anumit tip de energie (primară) în energie electrică.

După tipul en. care se transformă în en. el. gen. se împart în:

- 1) Dinamică și alternanță (en. mec. → en. el.)
- 2) Elem. galvanice și acumulare (en. ch. → en. el.)
- 3) Termoelemente (en. term. → en. el.)
- 4) Fotoelemente (en. luminoasă → en. el.)
- 5) Atomoelemente (en. nucleară → en. el.)

Problema

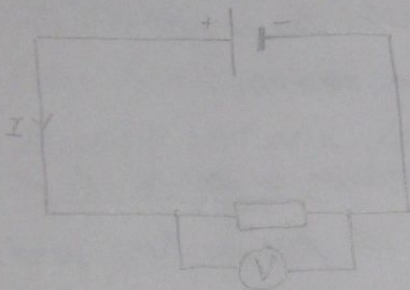
① Calculați intensitatea curentului electric, în miliamperi și microamperi, produs de o sarc. el. $Q = 36 \text{ C}$, într-un circ. el. timp de o jumătate de oră:

Rezolvare:

$$1/2 \text{ oră} = 30 \text{ min} = 1800 \text{ s}$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{36}{1800} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ A} = 20 \text{ mA} = 20000 \mu\text{A}$$

2.5. Tensiunea electrică



$$L_{\text{tot}} = L_{\text{ext}} + L_{\text{int}}$$

Cîmpul el. produs de gen efectuează lucru mecanic L_{tot} pentru a deplasa o sarcină Q în întregul circuit.

$$\frac{L_{\text{tot}}}{Q} = \frac{L_{\text{ext}}}{Q} + \frac{L_{\text{int}}}{Q}$$

• notăm: $\mathcal{E} = \frac{L_{\text{tot}}}{Q}$ (Tensiune electromotoare)

! Def.: Tem. este mărimea fizică egală cu raportul dintre lucrul mecanic efectuat de cîmpul electric produs de gen. pt. a deplasa sarcină Q prin întregul circuit și vol. sarcinii Q

• notăm: $U = \frac{L_{\text{ext}}}{Q}$ (tensiunea la borne)

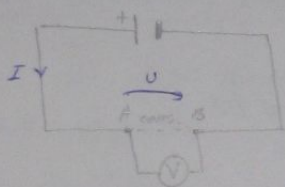
$\mu = \frac{L_{\text{int}}}{Q}$ (tem. int. sau căd. de tens. pe circ. interior)

$$\boxed{\mathcal{E} = U + \mu}$$

$$\langle \mathcal{E} \rangle_{SI} = \langle U \rangle_{SI} = \langle \mu \rangle_{SI} = 1 \text{ V (volt)}$$

Instrumentul de măsură al tens. n.n. voltmetru ($\text{---}\text{V}\text{---}$) se leagă în paralel cu elementul la care se măsoară tensiunea.

2.6. Rezistență electrică



! Def.: Rezistența el. a unui conductor este măr. fizică egală cu rap. dintre tens. aplic. la bornele cond. și int. circ. el.

$$\boxed{R = \frac{U}{I}} ; \langle R \rangle_{SI} = 1 \Omega \text{ (ohm)}$$

1 Ohm (1Ω) = rez. el. a unui cond. care este pare. de un circ. el. cu intens. de 1 A, at. cond. la capetele lui se aplică o tens. de 1 V.

Instrumentul de măsură al rez. n.n. ohmetru.

2.6.1. Rezistența el. a unui cond. omogen cu aria sec. tr. ct.

Experimental se arată că rezistența este prop. cu lung. cond. și invers prop. cu gros. cond.

$$\begin{cases} R \sim l \\ R \sim \frac{1}{S} \\ R \text{ depinde de material} \end{cases}$$

$$\boxed{R = \rho \cdot \frac{l}{S}} \quad (1) \quad \begin{array}{l} \rho - \text{rezist. el. a met} \\ l - \text{lung. cond} \\ S - \text{aria sec. cond} \end{array}$$

$$\boxed{\rho = \frac{R \cdot S}{l}} ; \langle \rho \rangle_{SI} = 1 \Omega \cdot m$$

! Rezistivitatea el. a met. depinde de temperatură.

$$\boxed{\rho = \rho_0 (1 + \alpha t)} \quad (2)$$

ρ_0 = rezist. met. la 0°C .

α = coef. termic al. rezistivității.

$$\text{din (1), (2)} \Rightarrow R = \frac{\rho_0 l (1 + \alpha t)}{S}$$

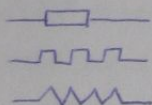
$$R = \frac{\rho_0 l}{S}$$

$$\boxed{R = R_0 (1 + \alpha t)}$$

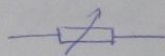
2.6.3. Rezistențe electrice

El. fixe de circuit a căror gamă măr. var. este rezistența el. n.m. rezistor.

Simboluri



} rez. cu rez. fixă



rez. cu rezist. variabilă.

! Rezistențele care au rez. el. variabilă n.n. ~~nu sunt~~ reostat. Reostatele sunt de 2 feluri:

- 1) Cu cursor
- 2) Cu moneta

* Completare la 2.4.

Densitatea de curent

Reprezintă raportul dintre int. cct. el. și sec. cond.

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

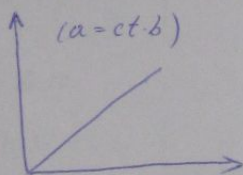
$$\langle J \rangle_{SI} = 1 \frac{A}{m^2} = 10^{-6} \frac{A}{mm^2}$$

Lectia 22.7. Legea lui Ohm2.7.1. Lg. lui Ohm pt. o portiune de circuit

$$R = \frac{U}{I} \Rightarrow I = \frac{U}{R}$$

! Def. Intensitatea curentului el. printr-o portiune de circuit este direct proportională cu tensiunea aplicată la capetele acestei portiuni când rezistența ei rămâne ct.

Cand pt. care este val. lg. lui Ohm n.n. cand. Ohmice



$$U = I \cdot R$$

2.7.2. Lg. lui Ohm pt. un circ. simplu

$$E = U + u$$

$$U = I \cdot R_{ext}$$

$$u = I \cdot r ; r - \text{rez. int. a generator.}$$

$$\Rightarrow E = I (R_{ext} + r)$$

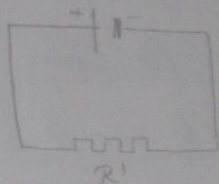
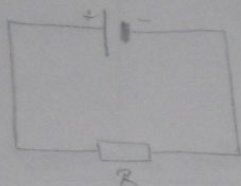
$$I = \frac{E}{R_{ext} + r}$$

! Intensitatea curentului electric printr-un circ. simplu este egală cu ^{resp. dintr-o} tensiunea a gen. din ocol circuit și rez. tot. a circ.

$$R_{ext} + r = R_{tot.}$$

Probleme

$$\begin{array}{l} \textcircled{1} \quad R = 10 \Omega \\ \quad I = 3 \text{ A} \\ \quad R' = 20 \Omega \\ \quad I' = 1,6 \text{ A} \\ \hline E = ? \\ r = ? \end{array}$$



$$\begin{cases} I = \frac{E}{R_{\text{ext}} + r} \\ I' = \frac{E}{R' + r} \end{cases}$$

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

$$I' = \frac{I(R + r)}{R' + r}$$

$$I'(R' + r) = I(R + r)$$

$$I'R' + I'r - IR - Ir = 0$$

$$I'r - Ir = IR - I'R'$$

$$r(I' - I) = IR - I'R' \Rightarrow r = \frac{IR - I'R'}{I' - I}$$

$$E = I \left(R + \frac{IR - I'R'}{I' - I} \right)$$

$$E = \frac{RI - RI + IR - I'R - I'R}{I' - I} = I' \frac{R - R'}{I' - I}$$

$$\textcircled{2} \quad r = 1 \Omega$$

$$R_1 = 7 \Omega$$

$$l = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

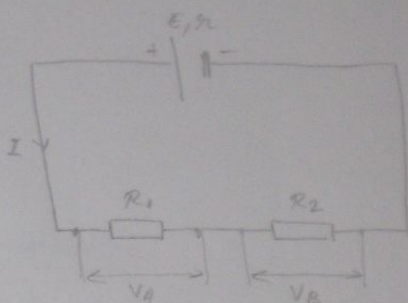
$$S = 2 \text{ mm}^2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\rho_{Cu} = 1,75 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$$

$$U_2 = 4 \text{ V}$$

$$a) \quad I = ?$$

$$b) \quad U, U, E = ?$$



$$I = \frac{E}{R_{\text{ext}} + r}$$

$$I = \frac{U_2}{R_2}$$

$$R_2 = \rho \frac{l}{S}$$

$$\Rightarrow I = \frac{U_2}{\rho \frac{l}{S}} = \boxed{\frac{U_2 S}{\rho l}}$$

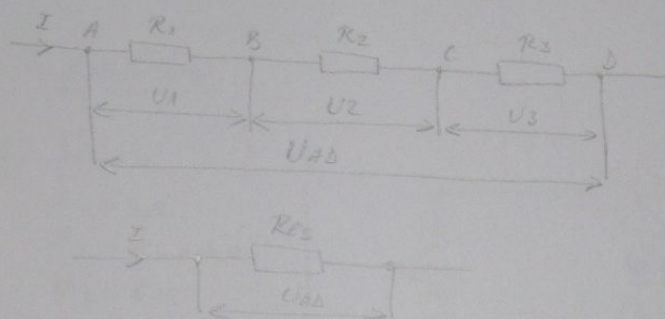
$$U = I r$$

$$U = U_1 + U_2$$

$$U_1 = I R_1$$

$$\Rightarrow \boxed{U = I \cdot R_1 + U_2}$$

$$\boxed{E = U + U}$$

Lectia 32.8. Gruparea rezistoarelor2.8.1. Gruparea in serie a rezistoarelor

Un rezistor care sile ocazi diferite de pot ca si gruparea data, cu ocazi I ca si curentul prin gruparea n n. rezistor echivalent al grupării.

$$I = \frac{U}{R} ; U = I \cdot R$$

Intensitatea este ocazi, iar cădoale de tens. pe rez. sunt diferite

$$U_{AD} = U_1 + U_2 + U_3$$

$$U_1 = I R_1$$

$$U_2 = I R_2$$

$$U_3 = I R_3$$

$$U_{AD} = I \cdot R_{es}$$

$$\Rightarrow I R_{es} = I (R_1 + R_2 + R_3) \quad /: I$$

$$R_{es} = R_1 + R_2 + R_3$$

Generalizare:

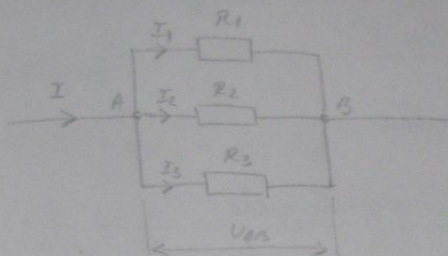
$$R_{es} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k + \dots + R_n$$

$$R_{es} = \sum_{i=1}^n R_i$$

Coz particular:

$$R_1 = R_2 = \dots = R_n \Rightarrow R_{es} = n \cdot R$$

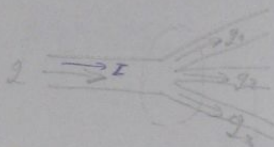
2.8.2. Gruparea în paralel a rezistoarelor



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

U - oțeloni pe fiecare rezistor

I - diferit



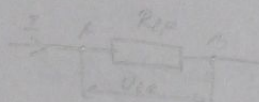
Lg. conservarea sarcinii

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad | : t$$

$$\frac{Q}{t} = \frac{Q_1}{t} + \frac{Q_2}{t} + \frac{Q_3}{t}$$

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

$$\Rightarrow I = I_1 + I_2 + I_3$$



$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I = \frac{U_{AB}}{R_{rep}} \rightarrow I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{U_{AB}}{R_3}$$

$$\Rightarrow \frac{U_{AB}}{R_{rep}} = U_{AB} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad | : U_{AB}$$

$$\frac{1}{R_{rep}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Generalizare:

$$\frac{1}{R_{rep}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

1) Ob: Justifica conectando a grupuri în paralel este mai mic decât rez. sarcinii rezistențe din grupuri.

Ex: particular:

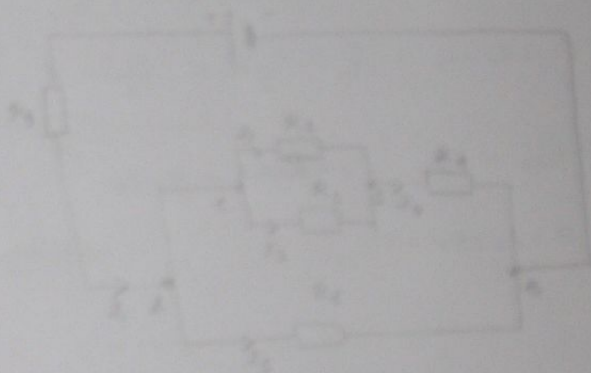
$$\text{Date: } R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$$

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{4}{R} \Rightarrow R_{\text{eq}} = \frac{R}{4}$$

Exerciții

- ① $R_1 = 1 \Omega$
 $R_2 = 3 \Omega$
 $R_3 = R_4 = 4 \Omega$
 $R_5 = 6 \Omega$
 $R_6 = 5 \Omega$
 $I_2 = 1 \text{ A}$

- a) $R_{\text{eq}} = ?$
 b) $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6$
 c) $U_{\text{ab}} = ?$
 d) $\mathcal{E} = ?$



- a) R_2, R_3 paralel
 $(R_2, R_3), R_4$ serie
 $(R_2, R_3, R_4), R_5$ paralel
 $(R_2, R_3, R_4, R_5), R_1$ serie

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow R_p = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R_p = \frac{4 \cdot 6}{10} = 2,4 \Omega$$

$$R_{2,4} = R_p + R_4 = 6,4 \Omega$$

$$R_{p,2} = \frac{R_{2,4} \cdot R_5}{R_{2,4} + R_5} = \frac{6,4 \cdot 5}{11,4} = \frac{16}{5,7} \Omega$$

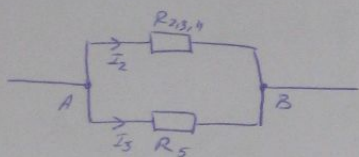
$$R_p = R_1 + R_{p2} = \frac{16}{57} \Omega + 3 \Omega = 5,8 \Omega$$

$$b) I_2 = \frac{U_{CD}}{R_2} \Rightarrow I \cdot R_2 = U_{CD}$$

$$I_2 \cdot R_2 = I_3 \cdot R_3 = U_{CD} \Rightarrow I_3 = \frac{I_2 R_2}{R_3} \Rightarrow I_3 = \frac{2}{3} A$$

$$I_4 = I_2$$

$$I_3 = \frac{5}{3} A$$



$$I_4 \cdot R_{2,3,4} = I_5 \cdot R_5 = U_{AB}$$

$$I_5 = \frac{I_4 \cdot R_{2,3,4}}{R_4} = \frac{\frac{5}{3} \cdot 6,4}{5} = \frac{6,4}{3} A$$

$$I_1 = I_4 + I_5 = \frac{5}{3} + \frac{6,4}{3} = \frac{11,4}{3} A$$

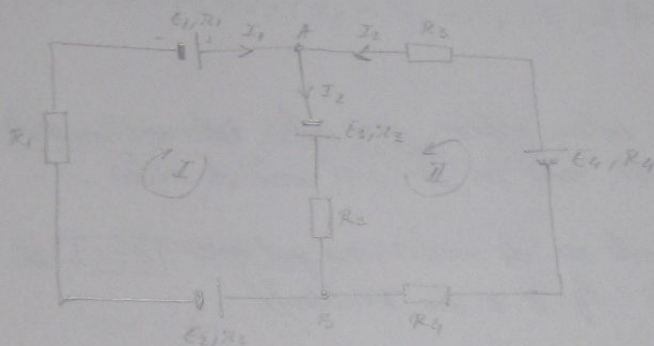
$$c) U_{AB} = R_{p2} \cdot I_1 = R_{2,3,4} = R_5 I_5$$

$$d) E = I_1 (R_p + r)$$

Lectia 4

2.9. Legile lui Kirchhoff

! Circuitele complexe cu ramificații de numeroase rețele electrice.



Elementele unei rețele electrice

1) Nodurile rețelei

- este punctul în care se intersectează cel puțin 3 conductoare
- ex.: A, B

2) Ramura de rețea

- reprezintă porțiunea de rețea situată între 2 noduri succesive
- ex.: AR_1B ; AR_2A ; AR_3R_4B

3) Ochul de rețea

- contine poligonul închis format din ramuri de rețea
- ex.: AR_1BR_2A ; $AR_3R_4BR_2A$; $AR_1BR_2R_3A$

! ATENȚIE: Se stabilește în mod arbitrar sensul circ. el. prin fiecare ramură.

Legea I a lui Kirchhoff

Se mai numeste și lg. interstițialelor pt. un nod de rețea

! Suma alg. a intem. circ. care se întâlnesc într-un nod de rețea este egale cu zero.

$$\boxed{\sum_i I_i = 0}$$

Convenție de semn:

- se consideră pozitive intem. circ. care intră într-un nod de rețea
- și negativ intem. circ. care ies din ocol nod de rețea.

! Obs.: Dacă n este nr. de noduri se pot avea $n-1$ ec. independente prin aplic. lg. I a lui Kirchhoff.

ex: Pt. nodul A

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0$$

Legea a II-a a lui Kirchhoff

Se mai numeste și lg. tens. pt. un ochi de rețea

! Suma algebrică a tens. electrom. ale gen. dintr-un ochi de rețea este egale cu suma algebrică a căderilor de tensiune pe rezistențele din ocol ochi de rețea.

Convenție de semn:

- se consideră pozitivă tens. electrom. dacă sensul de parcurgere al ochiului parcurge gen. în sens direct (de la - la +) și negativă de tens. electrom. pt. care sensul de parc. al ochiului este opus celui în care delimităm gen. (de la la + la -).
- se cons. pozitiv prod. I-R de sensul de parc. al ochiului coincide cu sensul circ. el. prin rez. respectiv și negativ în caz contrar.

! Obs: Dacă „ l ” este m. de ramuri (laturi) ale rețelei, n , m. de noduri, atunci m. de echiv. pt. care se pot scrie ec. independente este $\alpha = l - n + 1$.

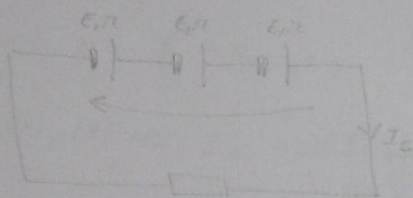
ex.: pt. ochiul I:

$$E_1 + E_2 - E_3 = I_2 r_3 + I_2 R_2 + I_1 r_2 + I_1 R_1 + I_1 r_1$$

$$E_1 - E_2 - E_3 = I_2 (R_2 + r_3) + I_1 (r_2 + r_1 + R_1)$$

2.10. Gruparea generatorilor electrice

2.10.1. Gruparea în serie



Lg II Kirchhoff : $3E_1 = 3rI_5 + RI_5$

$$I_5 = \frac{3E}{R + 3r}$$

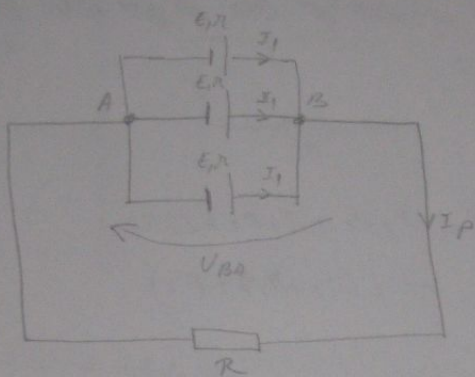
Generalizare : $I_5 = \frac{n \cdot E}{R + nr}$

$$I_5 = \frac{E_{\text{R}}}{R + r} \quad (\text{un gen. echivalent})$$

! Gruparea gen. în serie este echiv. cu un gen. și cîrui tem. și rezist. internă sunt de n ori mai mari decît tem. și rez. internă a unui singur gen. din grupare.

Gruparea în serie a gen. este utilă pt. ob. unor tens. mai mari la bornele consumatorului.

2.10.2. Gruparea în paralel



Eq. I Kirchhoff: $3I_1 - I_P = 0$

$$I_1 = \frac{I_P}{3}$$

Eq II Kirchhoff: $E = I_P \cdot R + I_1 \cdot r$

$$E = I_P \left(R + \frac{r}{3} \right)$$

$$I_P = \frac{E}{R + \frac{r}{3}} \leftarrow \text{pt. 3 gen.}$$

Generalizare:

$$I_P = \frac{E}{R + \frac{r}{n}} \quad n - m \text{ de gen.}$$

! Gruparea în paralel a n generat. el. este ech. cu un gen. având tens. egala cu a gen. din grupare și n . int. de r av. mai mică.

La cee. gen. în paralel se ob. a ~~mai~~ intensitate mai mare prin consumatori.

Problema

$$E = 2V$$

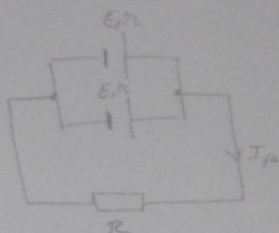
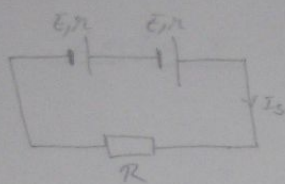
$$R = 3\Omega$$

$$I = 0,5A$$

$$a) I_s = ?$$

$$b) r = ?$$

$$c) I_p = ?$$



$$2E = I_s \cdot R + 2I_s \cdot r$$

$$2E = I_s (R + 2r) \Rightarrow I_s = \frac{2E}{R + 2r} \quad (1)$$

$$I = \frac{E}{R + r} \Rightarrow I (R + r) = E \Rightarrow R + r = \frac{E}{I}$$

$$\Rightarrow r = \frac{E}{I} - R \quad (2)$$

$$\text{obm (1), (2)} \Rightarrow I_s = \frac{2E}{R + 2\left(\frac{E}{I} - R\right)}$$

$$I_p = \frac{E}{R + \frac{r}{2}}$$

Lectia 5Probleme

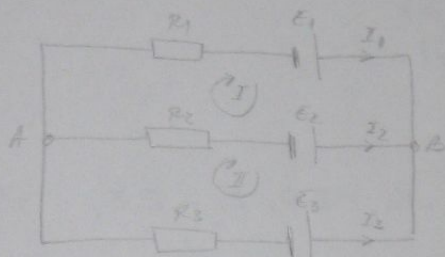
① $R_1 = R_3 = 2\Omega$

$R_2 = 4\Omega$

$E_1 = 4V$

$E_2 = 3V$

$E_3 = 2V$



pt. A: $I_3 - I_1 - I_2 = 0$

pt. I: $E_1 - E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2$

pt. II: $E_3 + E_2 = I_3 R_3 + I_2 R_2$

$I_3 - I_1 - I_2 = 0 \quad | \cdot (-1)$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ 2I_1 - 4I_2 = 1 \\ 4I_1 + 2I_3 = 5 \end{cases}$$

$I_1 = I_3 - I_2$

$$\begin{cases} 2(I_3 - I_2) - 4I_2 = 1 \\ 4I_2 + 2I_3 = 5 \end{cases} \quad \begin{cases} 2I_3 - 6I_2 = 1 \quad | \cdot (-1) \\ 2I_3 + 4I_2 = 5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -2I_3 + 6I_2 = -1 \\ 2I_3 + 4I_2 = 5 \end{cases}$$

$$| \quad 10I_2 = 4 \quad \rightarrow \quad I_2 = \frac{2}{5} = \boxed{0,4A}$$

$$2I_3 + 4I_2 = 5$$

$$2I_3 + 4I_2 = 5$$

$$2I_3 = 5 - 4I_2$$

$$I_3 = \frac{5 - 4I_2}{2} \Rightarrow \boxed{I_3 = 1,7 A}$$

$$I_1 = I_3 - I_2$$

$$I_1 = 1,7 - 0,4$$

$$\boxed{I_1 = 1,3 A}$$

$$b) U_{AB} = ?$$

$$U_{AB} = V_A - V_B = \sum R_i I_i - \sum E_j$$

$$U_{AB} = R_1 \cdot I_1 - E_1$$

$$U_{AB} = R_2 I_2 - E_2$$

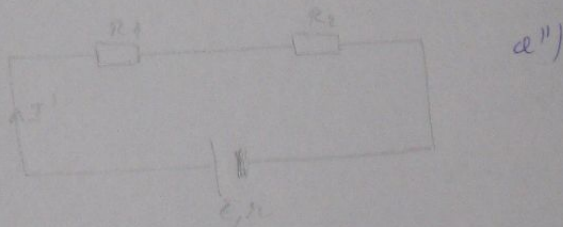
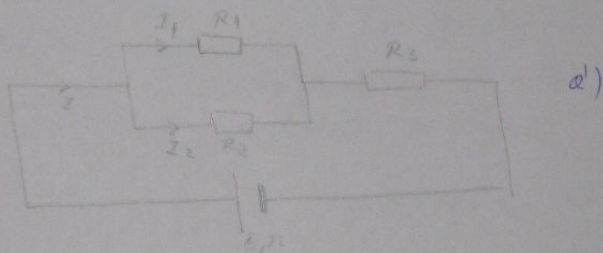
$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad R_1 &= 4 \Omega \\ R_2 &= 6 \Omega \\ R_3 &= 1,6 \Omega \\ I &= 2 A \\ I' &= 1,5 A \end{aligned}$$

$$a) R_e = ?$$

$$R'_e = ?$$

$$b) \text{ tem } E = ?$$

$$\pi = ?$$



$$a) a') R_1, R_2 \text{ parallel} \Rightarrow \frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{5}{12} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{12} = 2,4 \Omega$$

$$R_{12}, R_3 \text{ serie} \Rightarrow R_e = R_{12} + R_3 \Rightarrow R_e = 2,4 + 1,6 = 4 \Omega$$

$$a'') R_1, R_3 \text{ serie} \Rightarrow R_e = R_1 + R_3 = 4 \Omega + 1,6 \Omega \Rightarrow R_e = 5,6 \Omega$$

$$b) I = \frac{E}{R_{ext} + r}$$

$$I = \frac{E}{R_e} \rightarrow E = I R_e \Rightarrow E = 2 \cdot 2,4 = 4,8$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I' = \frac{E}{R_e' + r} \\ I = \frac{E}{R_e + r} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} E = I R_e + I r \\ I' = \frac{I R_e + I r}{R_e' + r} \end{array} \right.$$

$$I R_e + I r = I' R_e' + I' r$$

$$\frac{r(I - I')}{I - I'} = \frac{I' \cdot R_e' - I \cdot R_e}{I - I'}$$

$$r = \frac{8,4 - 8}{I - I'} = 0,8 \Omega$$

$$E = I R_e + I r$$

$$E = (8 + 1,6) V = 9,6 V$$