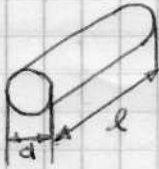


1)



$d = 1,02 \text{ mm}$

$T = 20^\circ\text{C} \Rightarrow \rho_{\text{cobre}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$

$r = 0,51 \text{ mm}$

$R = 32 \text{ } \Omega$

$r = 0,00051 \text{ m}$

$S = \pi r^2$

$R = \rho \frac{l}{S} \Rightarrow l = \frac{R \cdot S}{\rho}$

$l = \frac{32 \text{ } \Omega \cdot \pi \cdot 0,00051^2 \text{ m}^2}{1,7 \cdot 10^{-8} \text{ } \Omega \cdot \text{m}}$

$l = 153,81 \text{ km}$

2) $S = 2,5 \text{ mm}^2$ aislado en PVC para 1,1 kV $T_R = 80^\circ\text{C}$

$T_A = 40^\circ\text{C}$ $P_{\text{max}} = 11000 \text{ kW/km}$

3) $P_{\text{max}} = 11000 \text{ kW/km}$ $T_A = 0^\circ\text{C}$

$\frac{P_{40^\circ\text{C}}}{P_{0^\circ\text{C}}} = \frac{Q_{40^\circ\text{C}}}{Q_{0^\circ\text{C}}}$

$\frac{I_{40^\circ\text{C}}^2 \cdot R}{I_{0^\circ\text{C}}^2 \cdot R} = \frac{m \cdot c \cdot (T_c - 40^\circ\text{C})}{m \cdot c \cdot (T_c - 0^\circ\text{C})}$

$\frac{I_{40^\circ\text{C}}^2}{I_{0^\circ\text{C}}^2} = \frac{40^\circ\text{C}}{80^\circ\text{C}}$

$\frac{I_{40^\circ\text{C}}}{I_{0^\circ\text{C}}} = \sqrt{\frac{1}{2}}$

$\sqrt{2} I_{40^\circ\text{C}} = I_{0^\circ\text{C}}$

b) $I_{\text{max}} = \frac{P_{\text{max}}}{V_R} = \frac{11000 \text{ kW}}{1,1 \text{ kV}}$

$P = V \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{V}$

$R = \frac{1,1 \text{ kV}}{10 \text{ A}}$

$I_{\text{max}} = \frac{11000 \text{ kW}}{1,1 \text{ kV}} = 10 \text{ A}$

$$\rho_{100^\circ} = \rho_{20^\circ} [1 + \alpha (T - 20^\circ)]$$

$$\rho_{20^\circ} = 1,8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$$

$$\alpha = 3,9 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_{80^\circ} = 2,10^{-8} \Omega \cdot m$$

$$P = R I^2$$

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

$$\frac{R}{l} = 8 \cdot 10^{-3} \frac{\Omega}{m}$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{1,1 \text{ W}}{8 \cdot 10^{-3} \Omega}} = 11,72 \text{ A} = \sqrt{\frac{V_{80^\circ} = 9,3 \text{ V}}{1 \text{ km}}} \quad \begin{array}{l} 1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm} = 1 \text{ mm}^2 \\ 1 \cdot 10^{-3} \times 1 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \end{array}$$

$$\rho_{40^\circ} = \rho_{20^\circ} [1 + \alpha (T - 20^\circ)]$$

$$\rho_{40^\circ} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \cdot [1 + 3,9 \cdot 10^{-3} \cdot (40^\circ - 20^\circ)]$$

$$\rho_{40^\circ} = 1,8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ km} = 1000 \text{ m} \\ 10^{-4} \text{ km} = 1 \text{ m} \end{array}$$

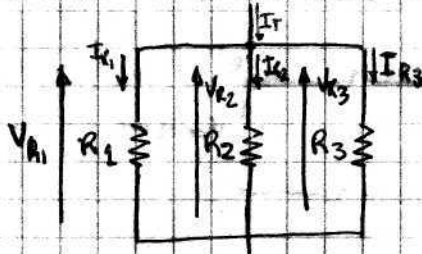
$$\frac{R}{l} = 7,2 \cdot 10^{-3} \frac{\Omega}{m}$$

$$I_0 = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{1,1 \text{ W}}{7,2 \cdot 10^{-3} \Omega}} = 12,36 \text{ A} \Rightarrow V_{40^\circ} = 88,99 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$\boxed{V_{40^\circ} = 8,80 \frac{\text{V}}{\text{km}}}$$

3) R_1, R_2, R_3

PARALELO

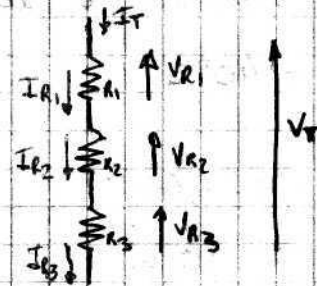


$$V_{R1} = V_{R2} = V_{R3}$$

$$I_T = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$$

Parámetros en común en la conexión en paralelo:
La diferencia de potencial entre las resistencias.

SERIE



$$V_T = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3}$$

$$I_T = I_{R1} = I_{R2} = I_{R3}$$

Parámetro en común en la conexión en serie:
La corriente.

Conductor de cobre

4) $S = 1,5 \text{ mm}^2$ en PVC 1,1KV de 80°C $1000 \text{ m} = \text{km}$
 $10^3 \text{ m} = \text{km}$
 $I = 25 \text{ A}$ $T_A = 40^\circ\text{C}$ $E = 220 \text{ V}$

Coeficiente de tensión no excede el 3% $r = 12,7 \frac{\mu\Omega}{\text{km}}$ a 20°C

$$\rho(T) = \rho_{20} (1 + \alpha (T - 20^\circ\text{C})) \quad \text{si tomamos } \alpha = 3,9 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ\text{C}} \text{ cobre}$$

$$r = \frac{R}{l} = \frac{\rho}{S} \Rightarrow \rho_{20} = r \cdot S \Rightarrow \rho_{20} = 12,7 \cdot 10^{-3} \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\rho_{20} = 1,9 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \Rightarrow \rho_{80} = 1,9 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \cdot (1 + 3,9 \cdot 10^{-3} \cdot 60)$$

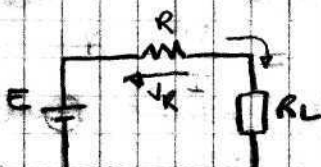
$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

$$R = 3\% \text{ de } E = 6,6 \text{ V} = V_R$$

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

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

$$l = \frac{R \cdot S}{\rho_{80}} = \frac{0,264 \Omega \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2}{2,4 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}}$$



$$R = \frac{6,6 \text{ V}}{25 \text{ A}}$$

$$l = 16,5 \text{ m}$$

$$R = 0,264 \Omega$$

PROB. 1.5

120 lamparas.

60W/110V c/r.

tabla 1.2.

$E = 120V$

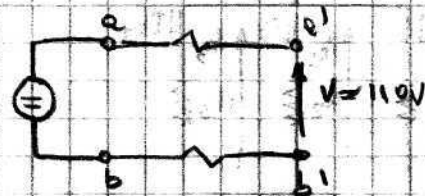
$l = 500m$

1) min. conductor a utilizar por capacidad termico e de corriente?

$T_{amb} = 40^{\circ}C$

$P_T = 120 \cdot 60W$

$P_T = 7.200W$



$P = V \cdot I \quad I = \frac{P}{V} = \frac{7.200W}{110V} \Rightarrow I = 65,45A$

Rta. No necesita un cable bipolar que soporte 65A.

entonces se puede utilizar como minimo

• 1c x 2 $S = 6 \text{ mm}^2$ enterrable

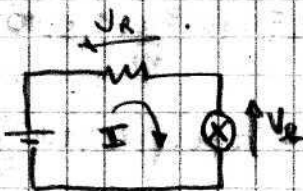
• 1c x 2 $S = 10 \text{ mm}^2$ en aire

2) desviación max de tensión $\pm 5\%$

5% de 110V $\rightarrow 5,5V$

$V_{l \text{ min}} = 104,5V$

$V_R = E - V_{l \text{ min}} = 120V - 104,5V \Rightarrow V_R = 15,5V$



$R_L = \frac{V_N}{I_N} = \frac{110V}{65,45A} = 1,68 \Omega = R_e$

$I = \frac{V_{l \text{ min}}}{R_e} = \frac{104,5V}{1,68 \Omega} = 62,18A = I$

Ahora calculo la resistencia del conductor.

$R = \frac{V_R}{I} = \frac{15,5V}{62,18A} = 0,25 \Omega \quad \frac{R}{L} = \frac{0,25 \Omega}{1000m} = 0,250 \frac{\Omega}{km}$

El minimo conductor a utilizar por caida de tensión tiene que tener una resistencia máxima de $0,250 \frac{\Omega}{km}$

Entonces los cables adecuados son:

de 95 mm^2 de sección \rightarrow enterrados $\left. \begin{array}{l} 3 \text{ c} \times 1 \\ 1 \text{ c} \times 4 \end{array} \right\} \text{ de } 0,193 \frac{\Omega}{\text{km}}$
 \rightarrow en aire $\left. \begin{array}{l} 3 \text{ c} \times 1 \\ 1 \text{ c} \times 4 \end{array} \right\}$

3) Tensión en terminales de la carga.



Utilizando el conductor de 95 mm^2 de sección con $0,193 \frac{\Omega}{\text{km}}$ calculo la corriente real.

$$I_R = \frac{E}{R_c + R_R} = \frac{120 \text{ V}}{0,193 \Omega + 1,68 \Omega} \Rightarrow \boxed{I_R = 64,07 \text{ A}}$$

$$V_{a'-b'} = I_R \cdot R_c = 64,07 \text{ A} \cdot 1,68 \Omega \Rightarrow \boxed{V_{a'-b'} = 107,64 \text{ V}}$$

4) Potencia perdida en cables de interconexion.

$$V_c = E - V_{a'-b'} = 12,37 \text{ V}$$

$$P_c = V_c \cdot I_R = 12,37 \text{ V} \cdot 64,07 \text{ A} \Rightarrow \boxed{P_c = 792,24 \text{ W}}$$

5) Potencia disipada por las lámparas:

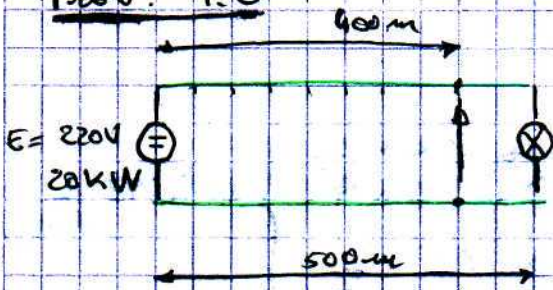
$$P_L = V_{a'-b'} \cdot I_R = 6.896 \text{ W} \Rightarrow \boxed{P_L = 6,896 \text{ kW}}$$

El rendimiento lumínico es de $3\% \Rightarrow$

$$P_{LUZ} = P_L \cdot 0,03 \Rightarrow \boxed{P_{LUZ} = 206,9 \text{ W}}$$

$$P_{CALOR} = P_L \cdot 0,97 \Rightarrow \boxed{P_{CALOR} = 6.689 \text{ W}}$$

Prob. 1.6



conductores de Cu 150 mm²

1) Valores nominales.

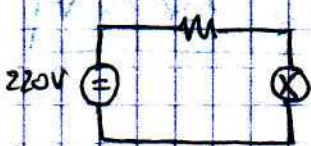
$$R_{carga} = \frac{V_{nominal}^2}{P_{nominal}} = \frac{(220 \text{ V})^2}{20000 \text{ W}} \quad P = V \cdot I \quad P = \frac{V \cdot V}{R}$$

$$R_{carga} = 2,42 \Omega$$

Ahora calculo la resistencia de los conductores.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad R_{cables} = \frac{1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \cdot 1.000 \text{ m}}{150 \cdot (10^{-6}) \text{ m}^2}$$

$$R_{cables} = 0,113 \Omega$$



$$I = \frac{E}{R_{cables} + R_{carga}} = 86,8 \text{ A} = I$$

$$\Delta V_{extra} = 220 \text{ V} - \Delta V_{conductor} (500 \text{ m}) \\ = 220 \text{ V} - I \cdot R_{cables}$$

$$\Delta V_{extra} = 210,2 \text{ V}$$

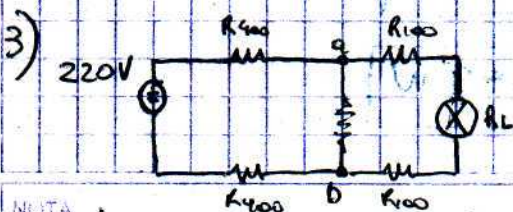
2) I max en 400m?

$$\Delta V = \frac{95}{100} \cdot 220 \text{ V} = 209 \text{ V}$$

Ahora calculo la corriente en la carga a los 500m.

$$I_{carga} = \frac{\Delta V}{R} = \frac{209 \text{ V}}{2,42 \Omega}$$

$$I_{carga} = 86,4 \text{ A}$$



$$V_{a-b} = 2 V_{R_{400}} + V_{R_L}$$

$$V_{a-b} = 2 \cdot I_{carga} R_{400} + I_{carga} R_L$$

$$V_{a-b} = I_{carga} (2R_{400} + R_L)$$

$$V_{a-b} = 86,44 \cdot \left(2 \cdot \frac{1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \cdot 100m}{150 \cdot 10^{-6} m^2} + 2,42 \Omega \right)$$

$$V_{a-b} = 211,05 V$$

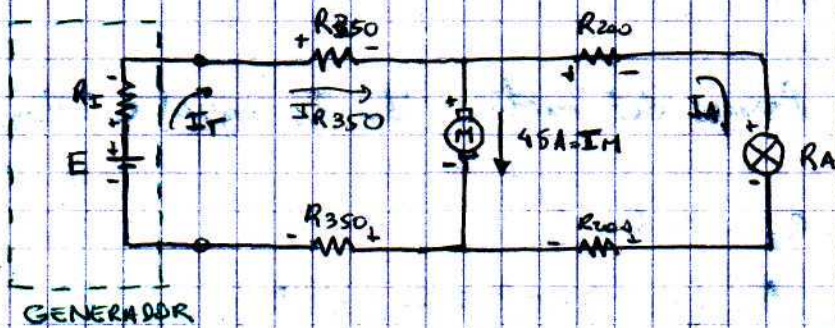
$$I_{R400} = \frac{E - V_{a-b}}{2 \cdot R_{400}} = \frac{220V - 211,05V}{2 \cdot \frac{1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \cdot 400m}{150 \cdot 10^{-6} m^2}}$$

$$I_{R400} = 98,75 A$$

$$I_{max \text{ en } 400m} = I_{R400} - I_{carga} = 98,75 A - 86,4 A$$

$$I_{max \text{ en } 400m} = 12,35 A$$

Prob 1.3



$$P_A = 8kW$$

$$V_{NA} = 110V$$

$$\rho_{cobre} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$$

GENERADOR

$$E = 110V \quad R_E = 0,014 \Omega$$

conductores de cobre $S = 400 mm^2 \quad R = \frac{\rho \cdot l}{S}$

$$R_{350} = \frac{1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \cdot 350m}{400 \cdot 10^{-6} m^2} \Rightarrow R_{350} = 0,015 \Omega$$

$$R_{200} = \frac{1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \cdot 200m}{400 \cdot 10^{-6} m^2} \Rightarrow R_{200} = 0,009 \Omega$$

1) ¿Cual tensión en los bornes del motor $V_M = ?$

Cálculo R_A con los valores nominales.

$$R_A = \frac{V_{NA}^2}{P_A} = \frac{(110V)^2}{8kW} \Rightarrow R_A = 1,51 \Omega$$

$$1) \quad I_T = I_M + I_A \Rightarrow I_A = I_T - I_M$$

$$\begin{cases} E - I_T (R_E + 2R_{350}) - I_M R_M = 0 \\ -(I_T - I_M) \cdot (2R_{200} + R_A) + I_M R_M = 0 \end{cases}$$

$$E - I_T (R_E + 2R_{350} + 2R_{200} + R_A) + I_M (2R_{200} + R_A) = 0$$

$$I_T = \frac{E + I_M (2R_{200} + R_A)}{R_E + 2R_{350} + 2R_{200} + R_A}$$

$$I_T = \frac{110V + 45A \cdot (2 \cdot 0,009\Omega + 1,51\Omega)}{0,014 + 2 \cdot 0,015 + 2 \cdot 0,009\Omega + 1,51\Omega}$$

$$3) \quad \boxed{I_T = 113,72A} \quad \leftarrow \text{Intensidad suministrada por el generador}$$

$$\Rightarrow I_A = I_T - I_M \Rightarrow I_A = 113,72A - 45A$$

$$\boxed{I_A = 68,72A}$$

La tensión en los bornes del motor V_M es igual a $2V_{R_{200}} + V_{R_A}$

$$V_M = I_A \cdot (2R_{200} + R_A)$$

$$V_M = 68,72A \cdot (2 \cdot 0,009\Omega + 1,51\Omega)$$

$$\boxed{V_M = 105,00V}$$

$$R_M = 2,33\Omega$$

2) La tensión al final de la línea = V_A

$$V_A = I_A \cdot R_A = 68,72A \cdot 1,51\Omega$$

$$\boxed{V_A = 103,77V}$$

4) Potencia disipada en la línea

$$P = V \cdot I = I^2 \cdot R$$

$$P_{\text{línea}} = I_T^2 \cdot 2R_{350} + I_A^2 \cdot 2R_{200}$$

$$P_{\text{línea}} = (113,72A)^2 \cdot 2 \cdot 0,015\Omega + (68,72A)^2 \cdot 2 \cdot 0,009\Omega \Rightarrow \boxed{P_{\text{línea}} = 473W}$$

5) Potencia desarrollada por el generador

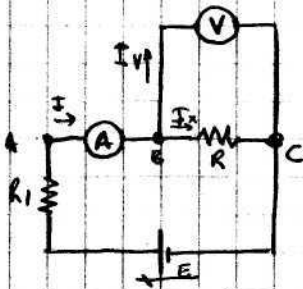
$$P_g = E \cdot I_T$$

$$\boxed{P_g = 12.509W}$$

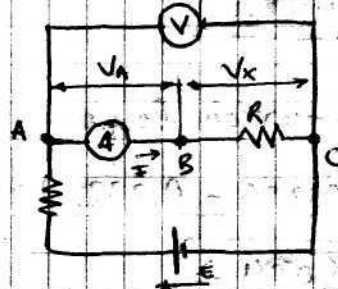
PROB 1.8

$r_v = 5k\Omega$

$r_a = 4,5\Omega$



Amperimetro fuera



Amperimetro dentro

a) $R_m = \frac{V}{I}$ convertido como valor medio.

con amperimetro fuera $\rightarrow V = 1,30V$ e $I = 6,00mA \Rightarrow R_x = 216,67\Omega$

con amperimetro dentro $\rightarrow V = 1,35V$ e $I = 5,70mA \Rightarrow R_x = 236,84\Omega$

b) Valor corregido de la resistencia

• Para la conexión corta $R_c = \frac{V}{I_x}$

$I = I_v + I_x$

$I_v = \frac{V}{r_v} = \frac{1,30V}{5k\Omega} = 0,26mA$

$I_x = I - I_v$

$I_x = 6,00mA - 0,26mA$

$I_x = 5,74mA$

$\Rightarrow R_c = \frac{1,30V}{5,74mA} \Rightarrow R_c = 226,48\Omega$

• Para la conexión larga $R_c = \frac{V_x}{I}$

$V_x = I \cdot (r_a + R_c)$

$R_c = \frac{V - I \cdot r_a}{I}$

$V_x = V - V_a$

$R_c = \frac{1,35V - 5,70mA \cdot 4,5\Omega}{5,70mA}$

$V_x = V - I \cdot r_a$

$R_c = 232,34\Omega$

c) " $\Delta R = R_m - R_c$ " Error absoluto

• Para la conexión corta

$$\Delta R = |216,67 - 226,48| \Omega$$

$$\Delta R = 9,81 \Omega$$

• Para la conexión larga

$$\Delta R = (236,84 - 232,34) \Omega$$

$$\Delta R = 4,50 \Omega$$

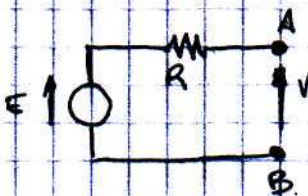
d) $E_r = \Delta R / R_c$

conexión corta $\rightarrow E_r = 0,043$

conexión larga $\rightarrow E_r = 0,019$

Entonces se deduce de los valores indicados de lectura del amperímetro y voltímetro que el error cometido por la capacidad de apreciación es del orden de los centésimas.

PROB 1.9



$$E = 10V$$

$$R = 33,33 \Omega$$

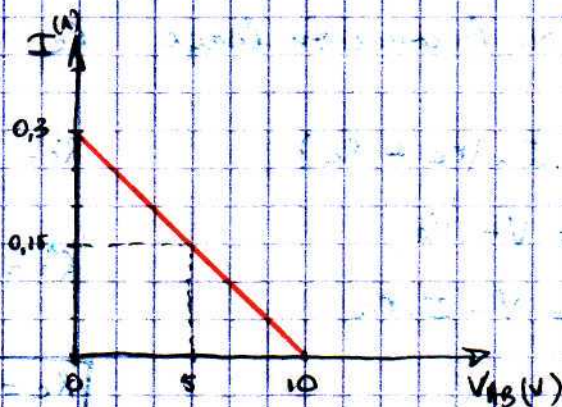
$$I = f(V_{AB})$$

$$E - I \cdot R - V_{AB} = 0$$

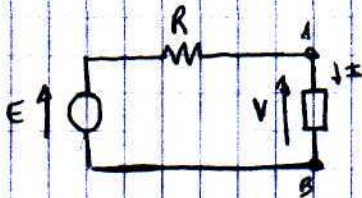
$$I = \frac{E - V_{AB}}{R}$$

$$I = \frac{10V - V_{AB}}{33,33 \Omega}$$

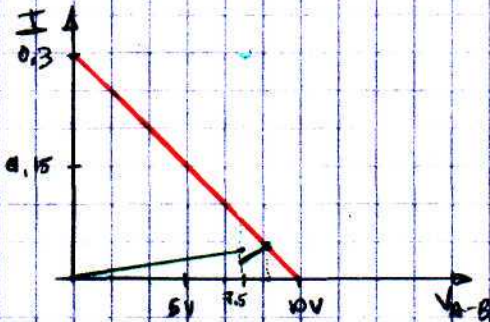
| V_{AB} | I |
|----------|-------|
| 0 | 0,3A |
| 5 | 0,15A |
| 10 | 0 |



PROB 1.10



$$i(V_{AB}) = \begin{cases} \frac{0,004 \cdot V_{AB}}{2} & \text{si } 0V < V_{AB} \leq 7,5V \\ \frac{0,016 \cdot V_{AB} - 0,1A}{2} & \text{si } 7,5V < V_{AB} < 30V \end{cases}$$



$$i(7,5V) = \frac{0,004 \cdot 7,5V}{2} = 0,015A$$

$$\begin{cases} i = 0,016 \cdot V_{AB} - 0,1 \\ i = \frac{10 - V_{AB}}{33,33} \end{cases}$$

$$0,016 V_{AB} - 0,1 = \frac{10 - V_{AB}}{33,33}$$

$$0,016 \cdot 33,33 V_{AB} - 0,1 \cdot 33,33 = 10 - V_{AB}$$

$$V_{AB} \cdot (0,016 \cdot 33,33 + 1) = 10 + 0,1 \cdot 33,33$$

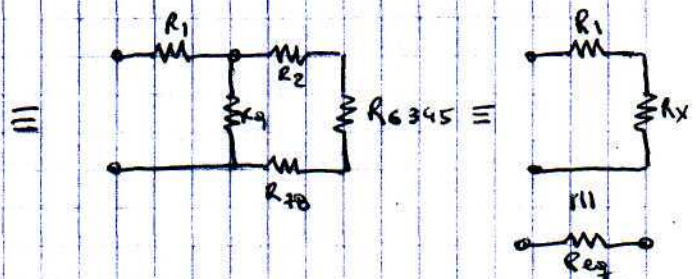
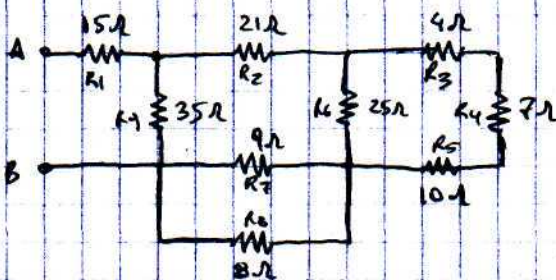
$$V_{AB} = \frac{10 + 0,1 \cdot 33,33}{(0,016 \cdot 33,33 + 1)}$$

$$V_{AB} = 8,696 V \Rightarrow i = 39,13 \mu A$$

$$i = 0,04 \mu A$$

PROB 1.11

$R_{equiv} = ?$



$$R_{6345} = \frac{R_6 // R_{345}}{R_6 + R_{345}} = \frac{R_6 \cdot R_{345}}{R_6 + R_{345}} = 11,41 \Omega$$

$$R_{78} = R_7 // R_8 = \frac{R_7 \cdot R_8}{R_7 + R_8} = 4,29 \Omega$$

$$R_5 = R_4 // R_{2345678} = 17,80 \Omega$$

$$R_{equiv} = R_1 + R_5$$

$$R_{equiv} = 32,90 \Omega$$