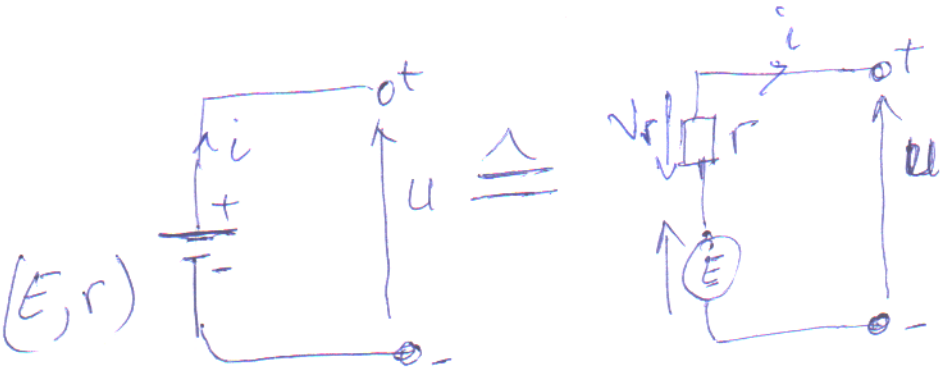
- Les dipôles actif

– Le dipôle générateur

Un générateur électrique est un système capable de transformer en énergie électrique une autre forme

Grandeurs caractéristiques d'un générateur



d'où $E - V_r - U = 0$

$\Rightarrow U = E - ri$

avec E : force électromotrice f.e.m.

r : résistance interne

$V_r = ri$: chute de tension

$U = f(i)$

- à $i = 0$

$\Rightarrow U = E$

• Bilan des puissances

$U = E - ri \Rightarrow Ui = E.i - Ri^2$

$\Rightarrow P_u = P_a - P_p$ ou

ou $P_u = Ui$; $P_a = E.i$; $P_p = Ri^2$

P_a : puissance absorbée par le générateur

P_u : puissance utile fournie par le générateur

P_p : puissance perdue par effet-Joule dans le générateur

Rendement du générateur :

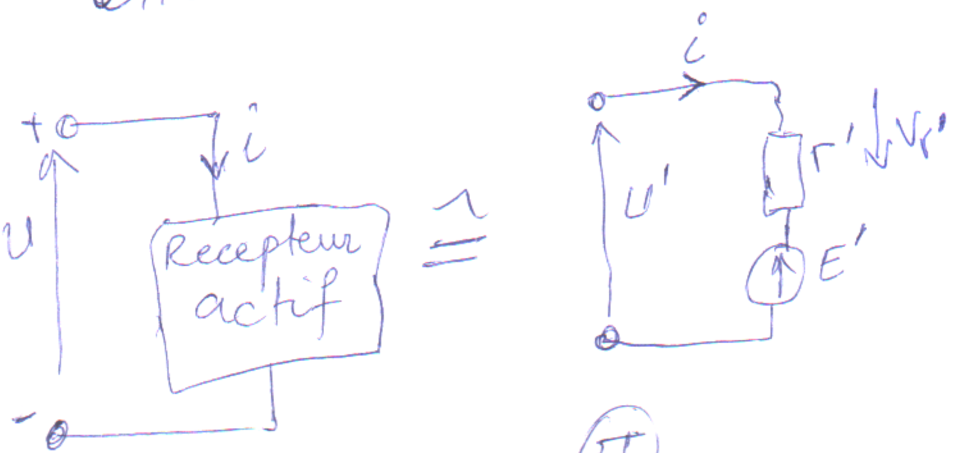
$$\text{Rendement} = \frac{\text{Puissance utile}}{\text{puissance absorbée}}$$

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{U.i}{E.i} = \frac{U}{E}$$

• Le dipôle recepteur

Un dipole récepteur actif est un dipole capable de recevoir l'energie électrique et la transformant en énergie mecanique

Grandeurs caracteristiques d'un recepteur



- Donner la nomoclature des éléments et but de l'éléctricité industriel
- Contacteurs (définition, principe, schémà et explication) - symbole.
- Relais (définitions, principe schémà et son objectif.) - symbole.
- Sectionneur (principe et schémà avec éxplication).
- appariels de mesures avec explication
- Disjoncteurs (schémà éxplication)
- Temporisateur avec éxplication
- Installation éléctriques (éxemple)
- armoire éléctrique.

mini-projet

Propriétés des circuits R, L, C.

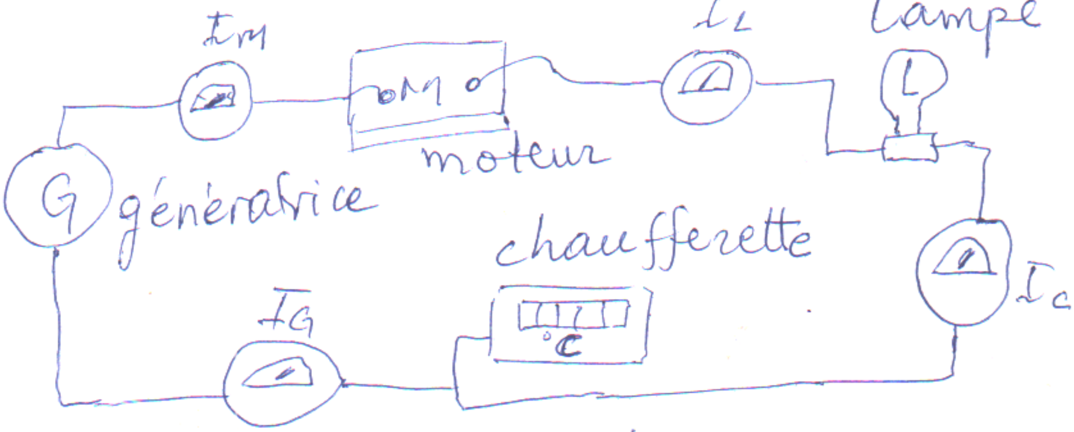
Résistance R	1) La valeur de la résistance est indépendant de la fréquence 2) le courant résistif et en phase avec la tension 3) La puissance dissipée et une puissance active (watt
Inductance	1) La réactance inductive X_L s'exprime en ohm, elle augmente avec la fréquence $X_L = 2\pi f L$ (juste) 2) Le courant inductif et déphasé de 90° en arrière de la tension 3) La puissance reactive s'exprime volts-ampères (var 4) L'inductance d'une bobine ne varie pas avec la fréquence
capacitance	1) La réactance X_C s'exprime en ohms, elle diminue avec la fréquence $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$ (juste 2) le courant capacitif et de 90 en avant de la tension 3) la puissance réactive (var) 4) la capacitance c d'un d'un condensateur ne varie pas avec la fréquence.

Circuits à courant continu

La plupart des circuits électriques sont raccordés soit en serie, soit en parallèle, soit en serie-parallèle.

Groupement en serie.

La figure suivante montre des appareils électriques sont raccordés en serie formé d'une génératrice, d'un moteur, d'une lampe, et d'une chauffrette.



Groupement en serie - mesure des courants à l'aide d'ampère-metre

Les circuits series possèdent trois propriétés :

1) Les courants est le même dans tous les éléments : (les 4 amperemettre donnent la même lecture)

$$I_{moteur} = I_{lampe} = I_{chaufferette} = I_{génératrice}$$

$$I_M = I_L = I_c = I_G$$

2) La somme des tensions aux bornes des charges est égal à la tension aux bornes de la source (par expérience)

$$E_{moteur} + E_{lampe} + E_{chaufferette} = E_{génératrice}$$

$$E_M + E_L + E_C = E_G.$$

3) La somme des puissance absorbées par les charges est égale à la puissance fournie par la source.

$$P_{moteur} + P_{lampe} + P_{chaufferette} = P_{génératrice}.$$

soit $E_M I_M + E_L I_L + E_C I_C = E_G I_G$.

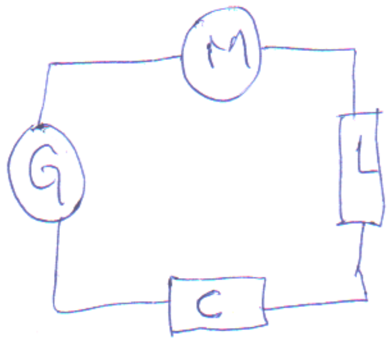


Diagramme schématique du montage (précédent)

Remarque : ces trois règle s'appliquent à tout circuit serie, quelle que soit la nature des charges

Groupement de résistances en serie ;

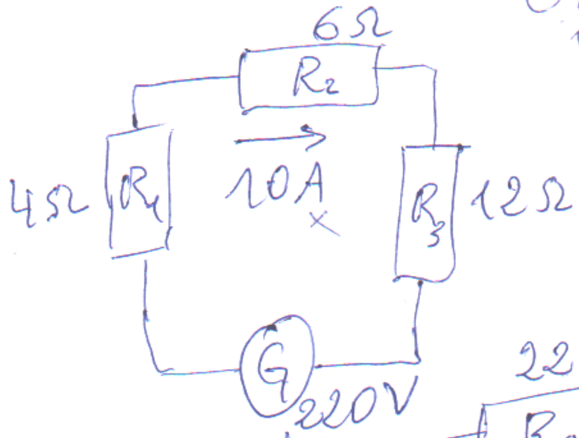
1) la résistance de l'ensemble de ces résistances est égale à la somme des résistances individuelles (فردية) :

un groupe de résistance $R_1, R_2, R_3 \cdots R_n$
par une seule résistance équivalente R_{eq}.

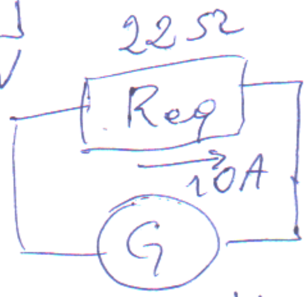
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$$

→ voir verso

Exemple:



(a)



(b)

(a) $R_{eq} = 4 + 6 + 12 = 22\Omega$

la tension de 220V donne un courant :

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$\Rightarrow I = \frac{220}{4 + 6 + 22} = 10A$$

(b) $$I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{220}{22} = 10A$$

la puissance dépensée par effet Joule dans chacune des résistances sont : $(P = RI^2)$

dans R1 : $P_1 = \cancel{R_{eq}}\ 4 \times 10^2 = 400W$

$P_2 = 6 \times 10^2 = 600W$

$P_3 = 12 \times 10^2 = 1200W$

soit au total : 2200W

la puissance débitée dans ~~de~~ la résistance équivalente : $P = 22 \times 10^2 = 2200\ W$

la puissance ~~dépensée~~ débitée par la génératrice :
$P = E \cdot I = 220 \times 10 = 2200\ W$.

- la ~~de~~ tension aux bornes de chaque résistance est $E = RI$

pour R_1 : $E_1 = 4 \times 10 = 40\ V$

R_2 : $E_2 = 6 \times 10 = 60\ V$

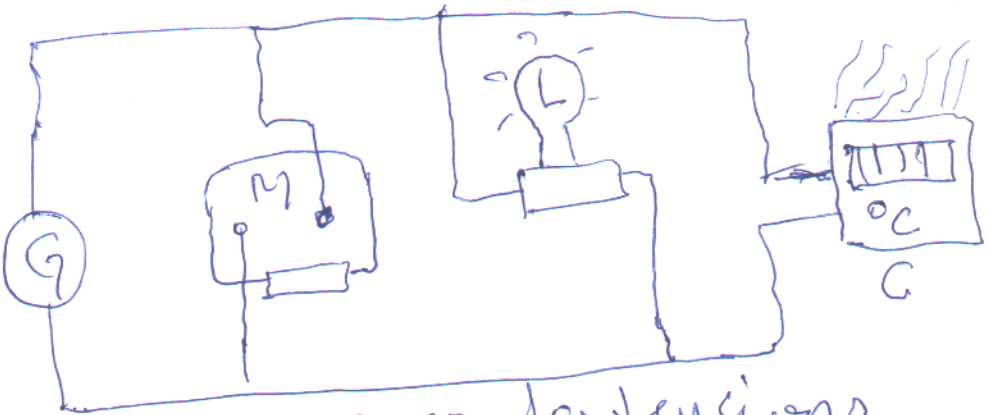
R_3 : $E_3 = 12 \times 10 = 120\ V$

au total : $220\ V$

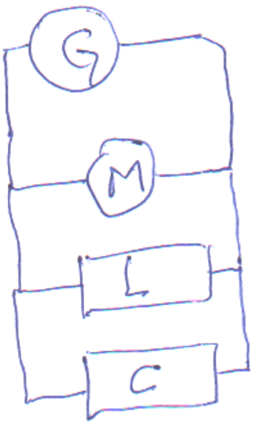
- Groupement en parallèles

la figure suivante montre un groupement en parallèle formé d'un moteur, d'une lampe, et d'une chaufferette branchés aux bornes A et B d'une génératrice.

appareils de mesure E_G, E_M, E_L, E_C entre les bornes



mesure des tensions aux bornes des éléments on peut schématisé la figure précédente par :



groupement en parallèle

Les circuits parallèle possèdent trois propriétés :

1) La tension et la même aux bornes de chaque élement :

$$E_{moteur} = E_{lampe} = E_{chaufferette} = E_{génératrice}$$

$$\Rightarrow E_m = E_L = E_c = E_G$$

2) La somme des courants par les charges est égal au courant délité par la source :

$$I_{moteur} + I_{lampe} + I_{chaufferette} = I_{génératrice}$$

$$\Rightarrow I_m + I_L + I_C = I_G$$

3) La somme ~~somme~~ des puissances consommées par les charges est égale à la puissance fournie par la source.

$$P_{moteur} + P_{lampe} + P_{chaufferette} = P_{génératrice}$$

$\Rightarrow E_M I_M + E_L I_L + E_C I_C = E_G \cdot I_G$

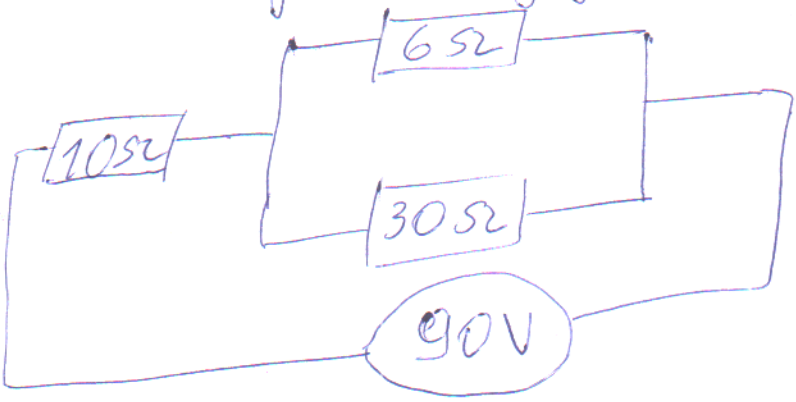
ces trois règles s'appliquent à tout circuit parallèle.

Remarque : si les R sont en serie la Req > à chaque R
// R // // parallèle // < // //

~~Groupement serie-parallèle~~

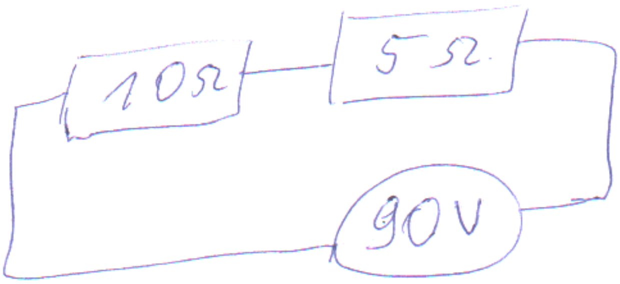
Exemple :

soit le montage de la figure suivante.

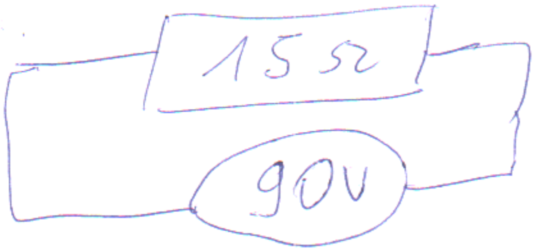


Determier ~~Req~~ I, E_1, E_2, I_1, I_2, P.
les courants, les tensions et puissance aux borne R ?

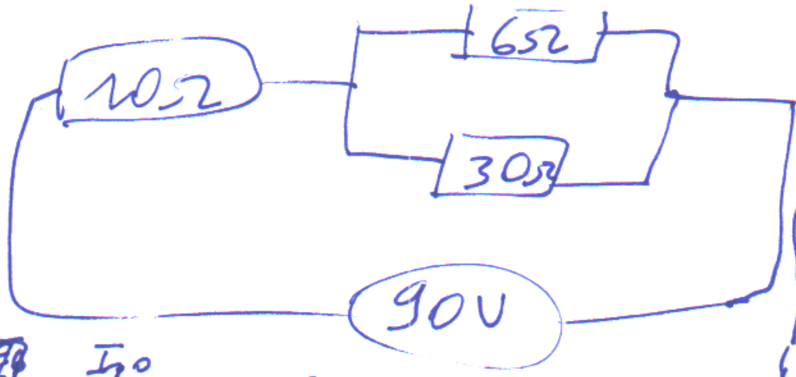
on a !



$$R_{//} = \frac{6 \cdot 30}{6+30} = \frac{180}{36} = 5\,\Omega$$



$10 + 5 = 15\,\Omega$

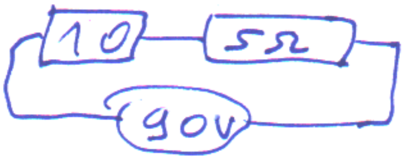


en //
m̂. tension
≠ courants

en série
m̂. courant
≠ tension

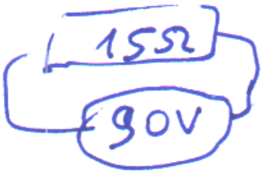
I, E_1, E_2, I_1, I_2 ; P ?

I ? $R_{//} = \frac{6 \cdot 30}{6+30} = R_{//} = 5\Omega$

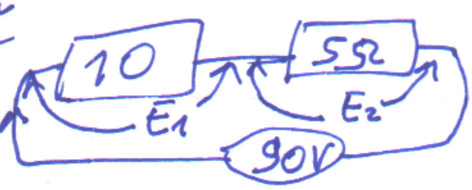


(R : série) : $R_S = 10 + 5 = 15\Omega$

d'où $I = \frac{90}{15} = 6A$



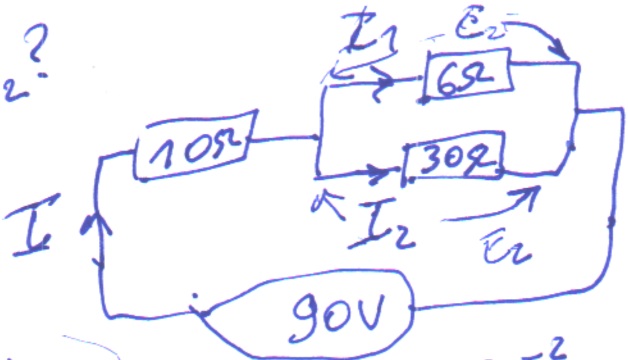
E_1 et E_2 ?



$E_1 = 10 \times 6 = 60V$
$E_2 = 5 \times 6 = 30V$

soit au total :
$60 + 30 = 90V$

I_1 et I_2 ?



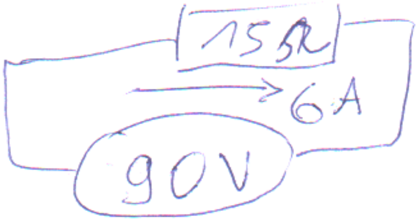
$I_1 = \frac{E_2}{6} = \frac{30}{6} = 5A$

$I_2 = \frac{E_2}{30} = \frac{30}{30} = 1A$

P ? puissance ($P = EI = RI^2$

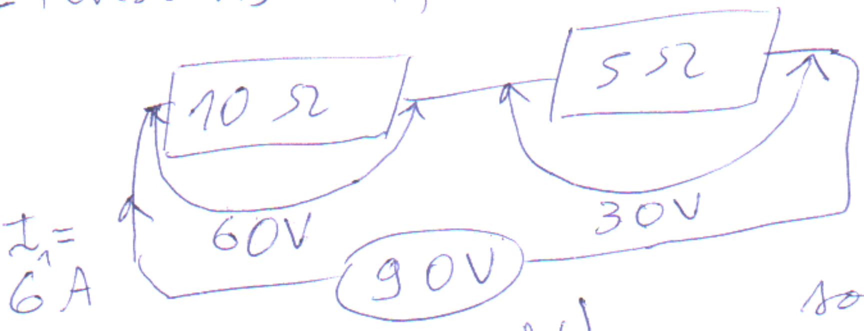
$10\Omega \rightarrow P_1 = R_1 I_1^2 = 10 \cdot 6^2 = 360W$
$6\Omega \rightarrow P_2 = R_2 I_2^2 = 6 \cdot 5^2 = 150W$
$30\Omega \rightarrow P_2 = R_3 I_3^2 = 30 \cdot 1^2 = 30W$
soit au total $360 + 150 + 30 = 540W$
P du génératrice : $P = EI = 90 \cdot 6 = 540W$

- le courant I. $E = R_{eq} I$



$$I = \frac{90}{15} = 6A$$

- tensions : E_1, E_2 (même courant d.d.p ≠)

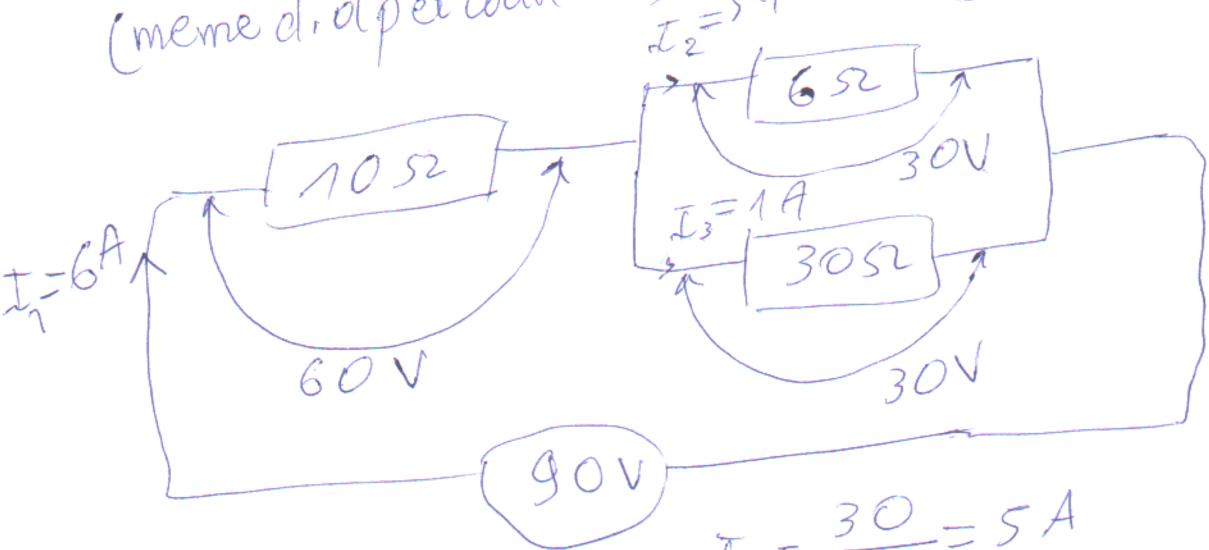


$10 \times 6 = 60V = E_1$

$5 \times 6 = 30V = E_2$

soit au total :
$60 + 30 = 90V$

(même d.d.p et courant ≠)



$$I_2 = \frac{30}{6} = 5A$$

$$I_3 = \frac{30}{30} = 1A$$

soit au total $5 + 1 = 6A$

- Puissances : $(P = EI = RI^2)$

10Ω ⟶ $P_1 = R_1 I_1^2 = 10 \cdot 6^2 = 360\,W$

6Ω ⟶ $P_2 = R_2 I_2^2 = \cancel{150}\ 6 \cdot 5^2 = 150W$

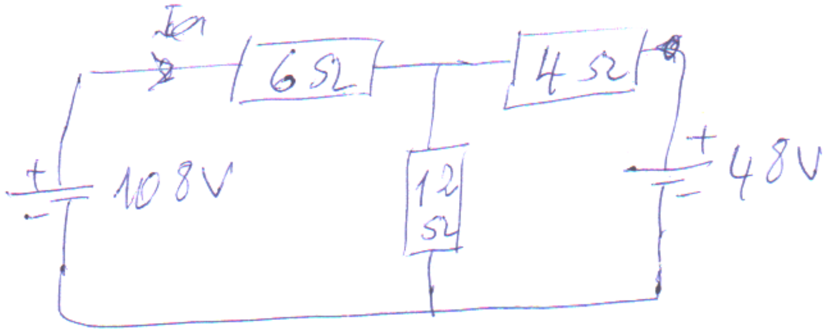
30Ω ⟶ $P_2 = R_3 I_3^2 = 30 \cdot 1^2 = 30W$.

soit au total $360 + 150 + 30 = 540W$

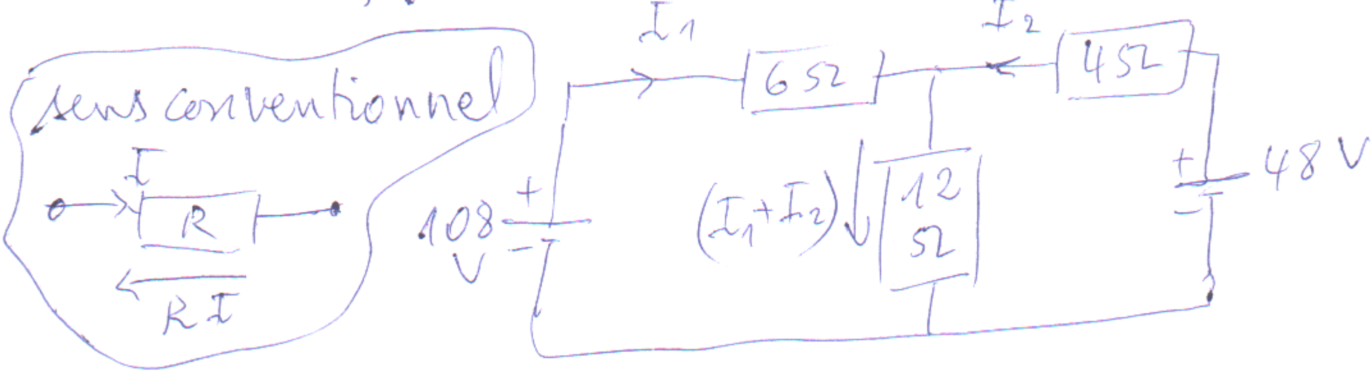
Pole génératrice : $P = EI = 90.6 = 540W$.

Solution des circuits à courant continu

Calculer les courants et les tensions pour chacune des résistances



Solution :



~~108~~ • ~~boucle fermée par deux sources et les résistances de 6Ω et 4Ω~~

En utilisant la ~~car ap~~ ~~108 − 6I₁ +~~

• boucle fermée par la source de 108V et les résistances de 6Ω et 12Ω :

$$108 - 6I_1 - 12(I_1+I_2) = 0$$

$$\Rightarrow 18I_1 + 12I_2 = 108$$

• En utilisant la boucle fermée par la source 48V et les résistances 4Ω et 12Ω :

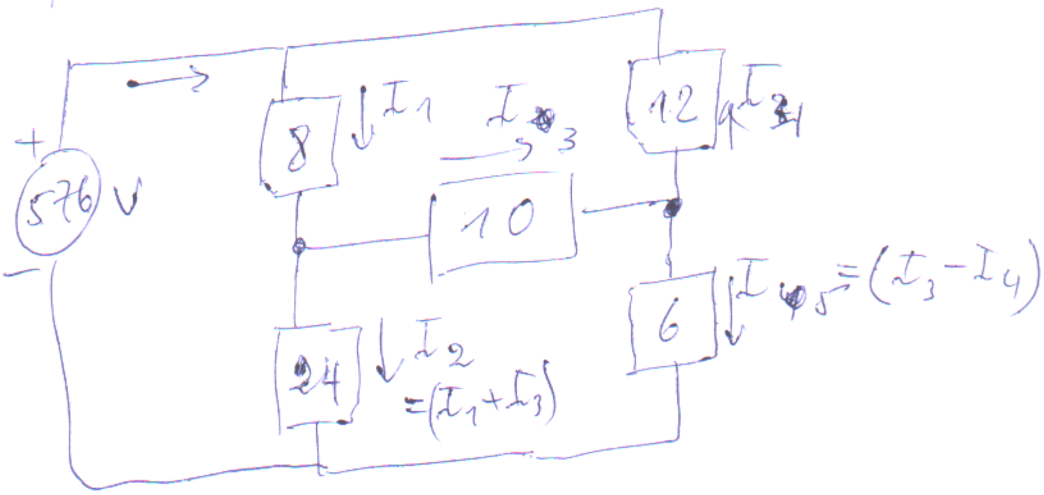
$48 - 4I_2 - 12(I_1+I_2) = 0$

$12I_1 + 16I_2 = 48$

2 équations à 2 inconnus :

$$\begin{cases} 18I_1 + 12I_2 = 108 \\ 12I_1 + 16I_2 = 48 \end{cases} \Rightarrow I_1 \text{ et } I_2 \,?$$

autre exemple : trouver les courants ?



$$\Rightarrow \quad 18I_1 + 12I_2 = 108 \ /:6 \qquad \Rightarrow \begin{cases} 3I_1 + 2I_2 = 18 \ /\times(-1) \\ 3I_1 + 4I_2 = 12 \end{cases}$$

$$12\ I_1 + 16I_2 = 48 \ /:4$$

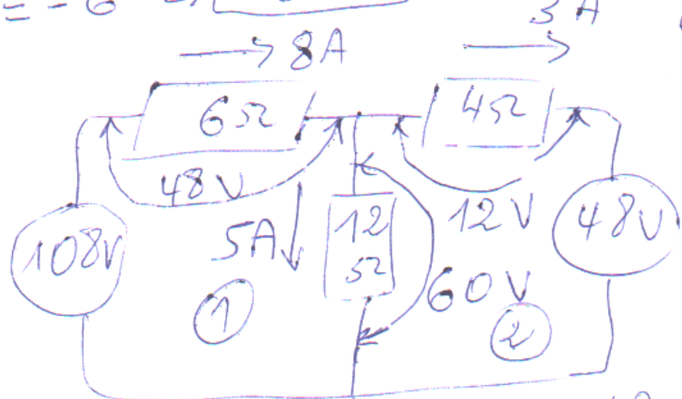
$$\Rightarrow \begin{cases} -3I_1 - 2I_2 = -18 \\ 3I_1 + 4I_2 = 12 \rightarrow ① \end{cases}$$

$2I_2 = -6 \Rightarrow \boxed{I_2 = -3A}$

et ① $\Rightarrow 3I_1 + 4(-3) = 12$

$\Rightarrow 3I_1 = 24 \Rightarrow \boxed{I_1 = 8A}$

et $I_1 + I_2 = 8 - 3 = 5A$



① $\Rightarrow 48 + 60 = 108V \Leftarrow 8 \cdot 6 + 5 \cdot 12$

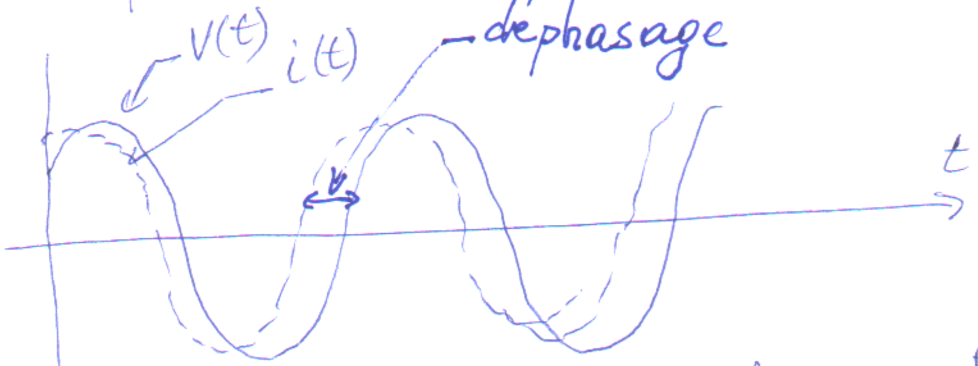
② $\Rightarrow 60 - 12 = 48V \Leftarrow 12 \cdot 5 + 4(-3)$

circuits à courant alternatif

Nous décrivons les propriétés des ondes sinusoïdales. Dans ce cas on va voir l'onde du courant, résultant (provoquons) de l'application d'une tension sinusoïdale à un ~~courant~~ circuit résistif, un circuit capacitif et un circuit inductif ive.

Cela nous amène aux notions (مفاهيم) de réactance inductive, réactance capacitive, puissance active, et puissance réactive.

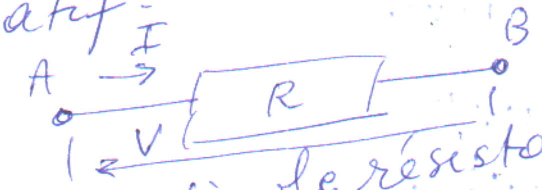
Lorsqu'un courant traverse un circuit ou impédance complexe, ce courant st dans la plupart des cas en déphasage (انحراف الطور أو تغيير الطور) par rapport à la tension appliquée à ce circuit ou à cette impédance (voir figure)



déphasage de la tension et du courant dans un circuit présentant une impédance complexe.

Tension au borne d'une résistance

La tension au borne d'une résistance lorsqu'elle et traversé par un courant alternatif



dipole résistance

loi d'ohm : $V = RI$.

si le courant et type sinusoïdale :

$$I = I_m e^{j\omega t}$$

donc $V = RI \Rightarrow V = RI_m e^{j\omega t}$

on peut ecrire $Z = RI_m$

ou Z : impédance.

d'où : I et V sont en phase c-a-d : $\varphi = 0$ (voir figure)

La valeur efficace d'une tension sinusoïdale où d'un courant sinusoïdale est toujours égal à $\frac{1}{\sqrt{2}}$ fois sa valeur crête (maxi)

$$E_{eff} = \frac{E_M}{\sqrt{2}} = 0{,}707 . E_m$$

$$I_{eff} = \frac{I_M}{\sqrt{2}} = 0{,}707 . I_M$$

~~La valeur éfficace d'une tension sinusoïdale ou d'un courant sinusoïdale et toujours égal à $\frac{1}{\sqrt{2}}$ fois sa valeur crête~~

$$E_{eff.} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \cancel{0{,}707\, E_m}$$

et $$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \cancel{0{,}707\, I_m}$$

Remarque : Presque tous les instrument de mesure sont calibrés de façon à indiquer la valeur éfficace d'une tension ou d'un courant et non la valeur crête.
si on donne la valeur d'une tension alternative ou d'un courant alternative, il et entendu que c'et la valeur éfficace.

Exemple 1.

Un voltmètre à courant alternatif indique la tension dans une résidence et de 120V 60Hz. Calculer

a) la valeur ~~crête~~ de la tension
b) la valeur éfficace minimal de la tension
c) le taux de variation maximal.

$$\left(\frac{\Delta E}{\Delta t}\right) = 2\pi \nu E_{eff} [KV/s]$$

a) L'instrument indique la valeur efficace de la tension : $\frac{120}{\sqrt{2}} \Rightarrow$

$120 : 0,707 = 169,7\,V$

b) la valeur minimale de la tension est zéro

c) le taux de variation maximale est

$$\left(\frac{\Delta E}{\Delta t}\right)_{max} = 2\pi \nu E_{eff}$$

$$= 2 \cdot 3,1416 \cdot 60 \cdot 169,7$$

$$= 63977\ V/s \simeq 64\ KV/s$$

Exemple 2

Une tension efficace de 100 V est appliquée à une résistance de 50 Ω.

Calculer :

a) le courant efficace

b) la puissance dissipée par la résistance

on a :

a) $I_{eff} = \frac{E_{eff}}{R} = \frac{100}{50} = 2A$

b) $P = E_{eff} \cdot I_{eff} = 100 \cdot 2 = 200\,W$

circuit capacitif alternatif de type sinusoïdale

lorsqu'un courant V traversant un circuit capacitif, il se produit une tension sinusoïdale

~~soit~~ par définition:

$$V_c = \frac{1}{C}\int I\,dt \quad \text{si } I = I_m e^{j\omega t}$$

$$\Rightarrow V_c = \frac{1}{C}\int I_m e^{j\omega t} dt = \frac{I_m}{j\omega} e^{j\omega t} \; ; \; j^2 = -1$$

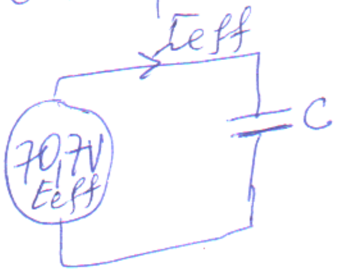
$$\Rightarrow V_c = \frac{-jI_m}{C\omega} e^{j\omega t} = \frac{I_m}{C\omega}\left(\cos\left(-\frac{\pi}{2}\right) + j\sin\left(-\frac{\pi}{2}\right)\right)e^{j\omega t}$$

le courant est déphasé d'un angle $+\frac{\pi}{2}$ en avance sur la tension

E en arrière de $\frac{\pi}{2}$ à I (retard)

Réactance capacitif

Ex. on va prendre un exemple suivant:



$E_{eff} = 70{,}7\,V$

$I_{eff} = 2{,}62\,A$

$$R_{condensateur} = \frac{E_{eff}}{I_{eff}} = \frac{70{,}7}{2{,}62} = 26{,}55\,\Omega$$

pour éviter la confusion avec les circuits résistifs en appelant réactance capacitif.

on le définit par définition:

$$X_c = \frac{1}{2\pi\nu C} \; ;$$

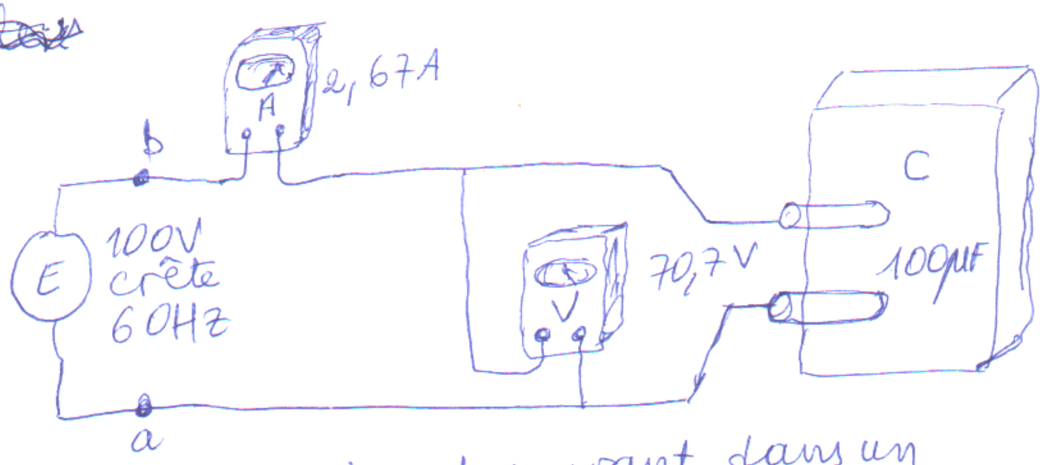
X_c : réactance capacitif en [Ω]

ν : fréquence de la source

c : capacité du condensateur [F]

car sa valeur change à la fréquence de la source.

~~exemples~~



Tension et courant dans un courant capacitif

$$X_c = \frac{1}{2\pi \nu C} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}$$

$$\Rightarrow X_c = 26{,}5\,\Omega$$

Exemple :

Un condensateur de 10µF est raccordé à une source de tension dont la valeur efficace est de 100 V. Si la fréquence est de 200 Hz, quel est le courant efficace dans ce circuit

$$X_c = \frac{1}{2\pi \nu C} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 200 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 79{,}6\,\Omega$$

$$\text{et } I = \frac{E}{X_c} = \frac{100}{79{,}6} = 1{,}26\text{ A.}$$

X_c : résistance du condensateur

puissance réactive dans un condensateur : var capacitif.

- Dans un circuit ou E et I sont en phases ($\varphi = 0$) on parle de puissance active $P = E \cdot I$ (c'st le cas d'un circuit contenant ~~(q,r)~~ E, I, R. car ~~φ~~ déphasage nul.
- Dans un circuit ou E et I sont déphasés ($\varphi \neq 0$) on parle de puissance réactive ~~@~~ capacitif ~~et inda~~ Q_c ~~so~~ son unité et var. de même pour puissance réactif E et sont déphasés ($\varphi \neq 0$) ~~d~~onne une puissance réactive

circuit inductif.

Lorsqu'un courant alternatif sinusoïdale traversant un circuit inductif, il se produit une tension sinusoïdale.

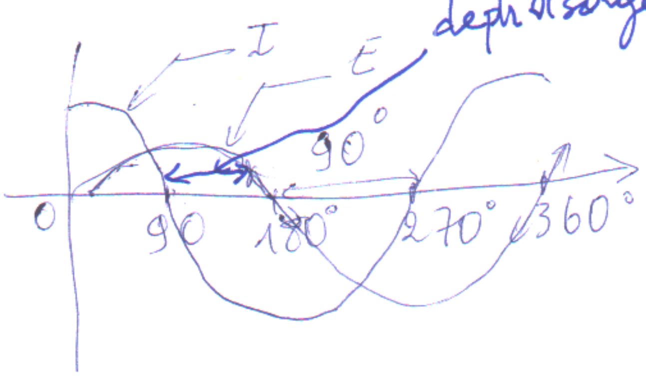
par définition

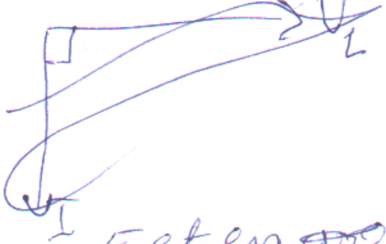
$$V_L = L\frac{di}{dt} ; \quad \text{et } I = I_m e^{j\omega t}$$

$$\Rightarrow V_L = L \cancel{\xi} I_m j\omega e^{j\omega t} = \cancel{\xi} L I_m \omega \left(\cos\frac{\pi}{2} + j \sin\frac{\pi}{2}\right)$$

Ce courant et déphasé de $\frac{\pi}{2}$ (en arrière) de la tension

déphasage : $\frac{\pi}{2}$





E et en ~~avo~~ avance /. ~~à~~ au I.

Potension instantanée ; à 0 V, 20V, 30 V, 40V, ...

instantanée : c-a-d : 1h, 2h, 3h, ...

puissance réactive dans une induction :
var inductif.

Puisque il ~~ya~~ existe un déphasage entre E et I, donc $Q_L = EI$
et la puissance actif et nul.

Exemple : Une bobine ayant une inductance de 2H et raccordée à une source de 100V efficace dont la fréquence et de ~~400~~ 60Hz.
~~La résistance de la bobine~~
calculer : le courant qui la parcourt

$$X_L = 2\pi\nu L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 60 \cdot 2 = 754\Omega$$

$$\text{et } I = \frac{E}{X_L} = \frac{100}{754} = 0{,}133A \text{ (efficace)}$$

La puissance active et $P_a = E_{ef} I_{ef}$ dans une R

" réactive fournie à la bobine :

$$Q_L = E_{eff} \cdot I_{eff} \quad [\text{var}]$$

" réactive absorbée par la bobine

$$Q_L = E_{ff} I_{eff}$$

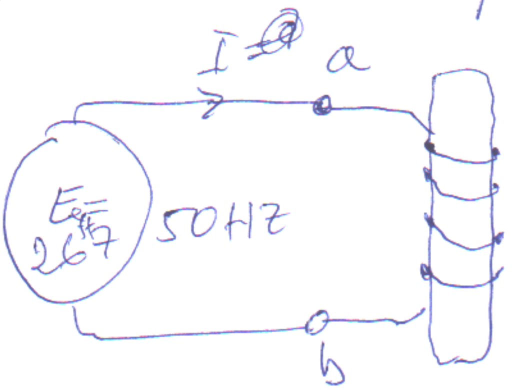
réactive du condensateur

$$Q_C = E_{eff} \cdot I_{eff}$$

X_L : résistance de l'inductance

Réactance inductive

on va prendre l'exemple suivant :



$E_{eff} = 267V$

$I_{eff} = 7{,}07A$

$$R_{inductance} = \frac{E_{eff}}{I_{eff}} = \frac{267}{7{,}07} = 37{,}7\,\Omega$$

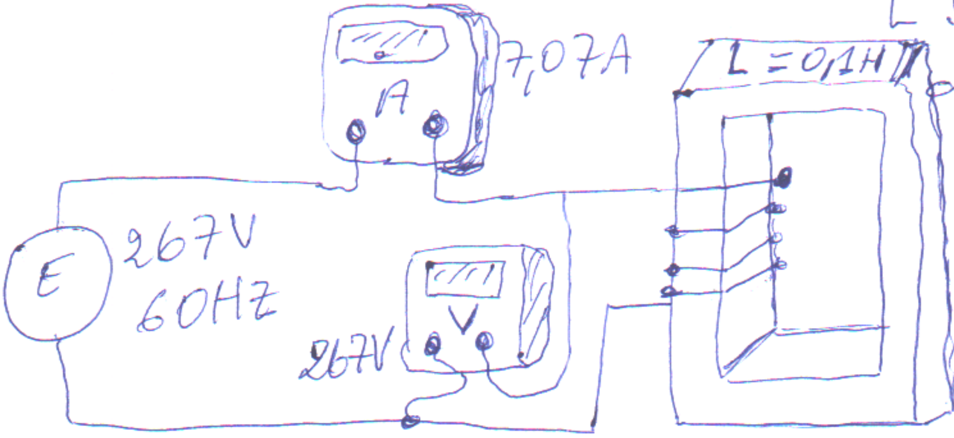
pour éviter tout confusion avec les circuits résistifes, en appelant réactance inductif on le définit par :

$$X_L = 2\pi \nu L$$

X_L : réactance inductance [Ω]

ν : fréquence de la source [Hz]

L : inductance de la bobine [H]



$$X_L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 60 \cdot 0{,}1 = 37{,}7\,\Omega$$

Exemple :

Une bobine de 0,2H st reliée à une source de 110V ayant une fréquence de 60HZ.

calculer :

a) la réactance inductive de la bobine

b) le courant éfficase

c) la puissance réactive par la bobine :

on a :

a) $X_L = 2\pi \nu L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 60 \cdot 0{,}2 = 75{,}4\Omega$

b) $I = \frac{E}{X_L} = \frac{110}{75{,}4} = 1{,}46A$ (éfficace)

c) $Q_L = EI = 110 \cdot 1{,}46 = 160$ var

• Solution des circuits par la méthode Graphique.

Exemple :

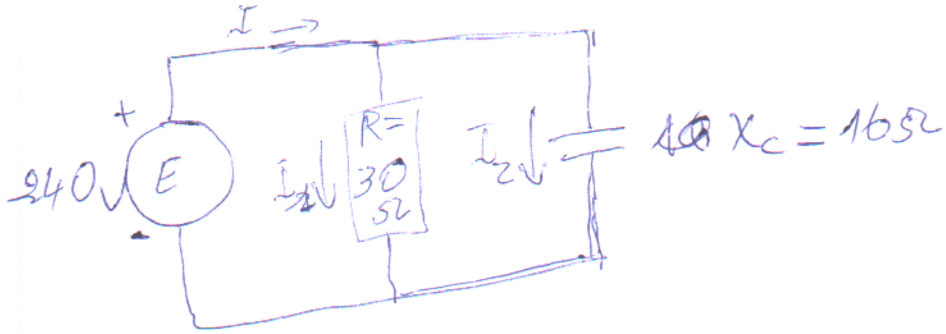
le circuit de la fig. suivante comprend une résistance de 30Ω et une réactance capacitif de 16Ω raccordés en parallèles sur une source de 240V

Déterminer :

a) le courant I et son déphasage par rapport à la tension E

b) L'impédance du circuit

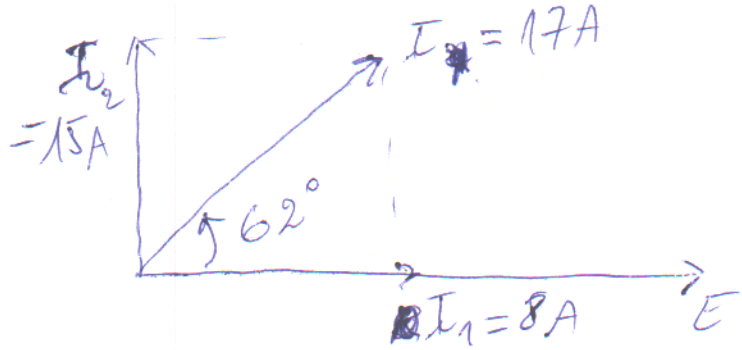
c) les puissances active, réactive et apparente du circuit.



1) on a : $I_1 = \frac{E}{R} = \frac{240}{30} = 8A$ (tension est le même pour R et X_c car ils sont en //)

$I_2 = \frac{E}{X_c} = \frac{240}{16} = 15A$.

on choisit comme référence ( ) ✓
E, R car le déphasage $\varphi = 0$



or I_2 est en avance de $\frac{\pi}{2}$ par rapport à E

$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2} = \sqrt{8^2 + 15^2} = 17A$

$tg\varphi = \frac{15}{8} \Rightarrow \varphi = 62°$

2) $Z = \frac{E}{I} = \frac{240}{17} = 14{,}1\,\Omega$

20

3). puissance active consommé par R

$P = EI_1 = 240 \cdot 8 = 1920\,W$

• ~~réactance~~ puissance réactive pour C

$Q_c = EI_c = 240 \cdot 15 = 3500\,var$

R7 : la puissance apparente par définition est $S = P + Q_c$

S n'est pas égal à Σ de $P + Q_c$

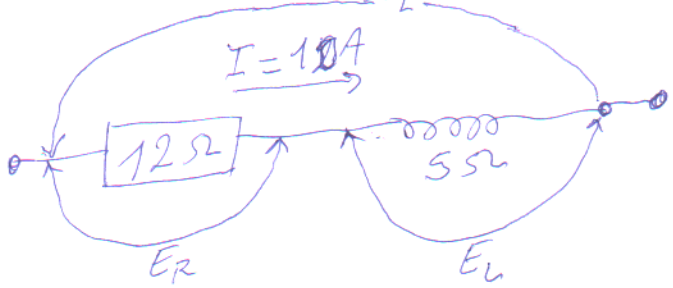
Exemple :

soit un circuit (voir figure) formé d'une résistance de 12Ω en serie ~~et une~~ avec une réactance inductif de 5Ω, et parcouru par un courant I de 10A Déterminer :

1) la tension E et son déphasage par rapport au courant I

2) L'impédance du circuit

c) les puissances active, réactive et apparente du circuit.



on a :

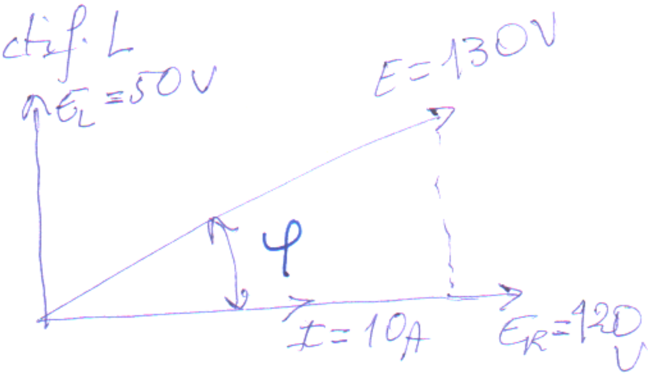
tension au borne de R (I est le même dans le circuit car sont branché en serie et tensions ≠)

$E_R = RI = 12 \cdot 10 = 120V$

Prenons comme référence E_R et I car il sont en phase ($\varphi = 0$)

tension au borne de l'inductif L

$E_L = X_L \cdot I = 5 \cdot 10 = 50V$



donc E_L est en avance de $\frac{\pi}{2}$ par rapport à I

d'ou $E = \sqrt{E_R^2 + E_L^2} = \sqrt{120^2 + 50^2} = \sqrt{14400 + 2500}$

$\Rightarrow E = \sqrt{19600} = 130V$

déphasage : $tg\varphi° = \frac{50}{120} = 22,6°$

$= \frac{E_L}{E_R}$

pourquoi $E_R + E_L = 170V$ n'est égal à ~~130V~~ la tension $E = 130$ car il ne sont pas en phase

b) L'impédance Z.

$Z = \frac{E}{I} = \frac{130}{10} = 13\Omega$

c) • puissance apparente du circuit :

$S = EI = 130 . 10 = 1300 V.A$

• puissance active :

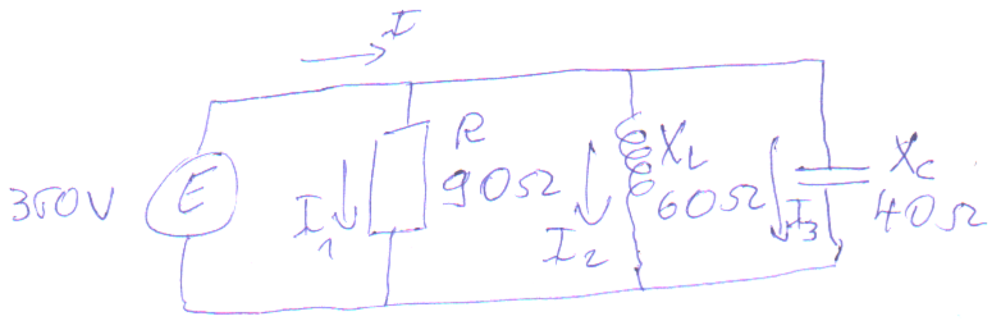
$P = E_R \cdot I = 120 . 10 = 1200 W$

• puissance réactive :

$Q_L = E_L \cdot I = 50 . 10 = 500 var.$

Exemple :

Tracer le diagramme vectoriel pour le circuit de la figure ci-dessous.
Trouver la valeur éfficace du courant I_T et son déphage par rapport à la tension E.
La tension de la source est de 360 V éfficace.

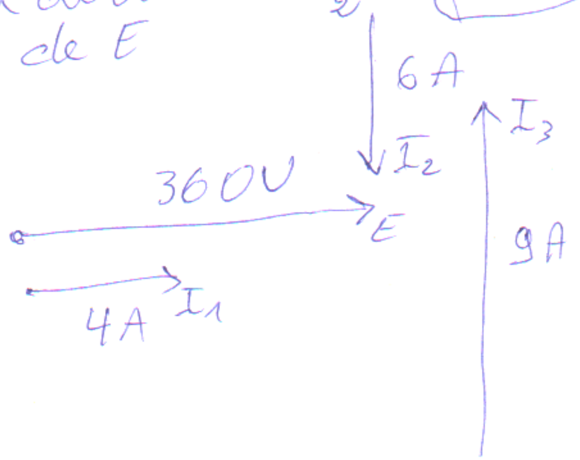


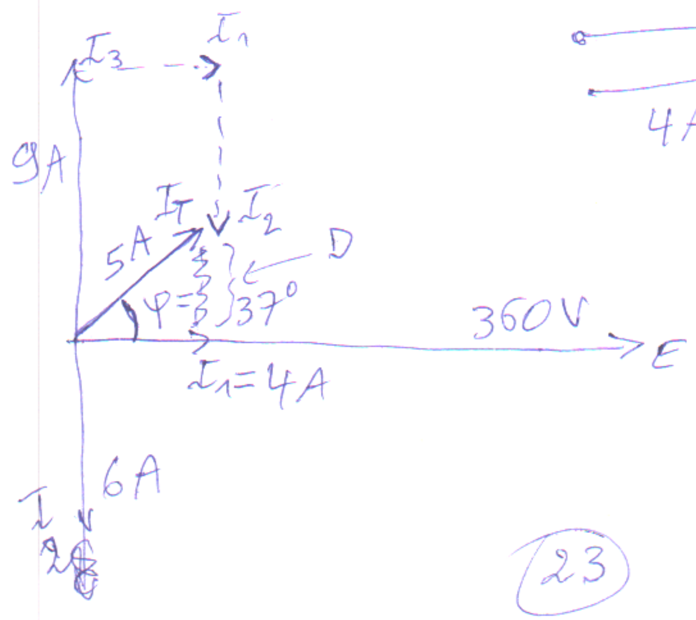
On a : (même tension aux 3 élements)

- $I_1 = \frac{E}{R} = \frac{360}{90} = 4A$ en phase avec E
- $I_2 = \frac{E}{X_L} = \frac{360}{90} = 6A$ en arrière de $\frac{\pi}{2}$ de E
- $I_3 = \frac{E}{X_C} = \frac{360}{40} = 9A$ en avance de $\frac{\pi}{2}$ de E

Echelle :
1 mm = 6 V
3 mm = 1 A

I_T ?





D ?

$$D^2 + I_1^2 = I_T^2 \Rightarrow I_T^2 = (I_3 - I_2)^2 + I_1^2$$

$$\Rightarrow I_T^2 = (9-6)^2 + 4^2$$

$$\Rightarrow I_T = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{9+16} = \sqrt{25}$$

$$\Rightarrow I_T = 5A$$

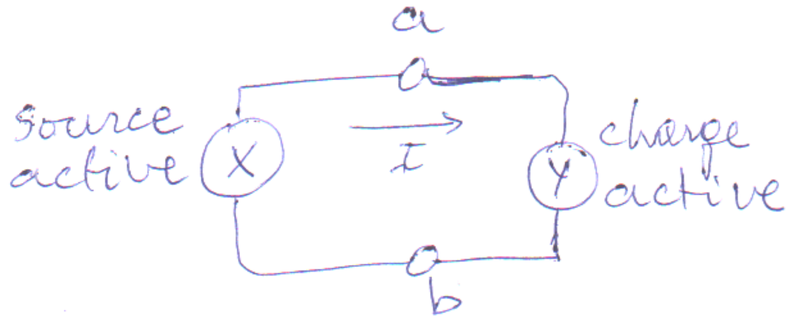
$$tg\varphi = \frac{D}{I_1} = \frac{I_3 - I_2}{I_1} = \frac{9-6}{4} = \frac{3}{4} \Rightarrow \varphi = 37°$$

Puissance active, réactive et apparente

- Sources et charge actives.

  - Par définition : Un dispositif ayant deux bornes a et b absorbe une puissance active, lorsque le courant I entrant dans la borne a ~~et~~ du dispositif est en phase avec la tension E_{ab}. le dispositif et une charge active.

  - Un dispositif ayant deux bornes a et b débite une puissance active, lorsque le courant I sortant de la borne a du dispositif est en phase avec la tension E_{ab}. Le dispositif est une source active ; [W] ; [kW], [MW]



Par exemple : supposons qu'on trouve :

$$E_{ab} = 80V \text{ avec } \varphi = -15^\circ$$
$$\text{et } I = 6A \text{ avec } \varphi = -15^\circ$$

selon ~~non~~ nos définition
Y est une charge active
et X " source "

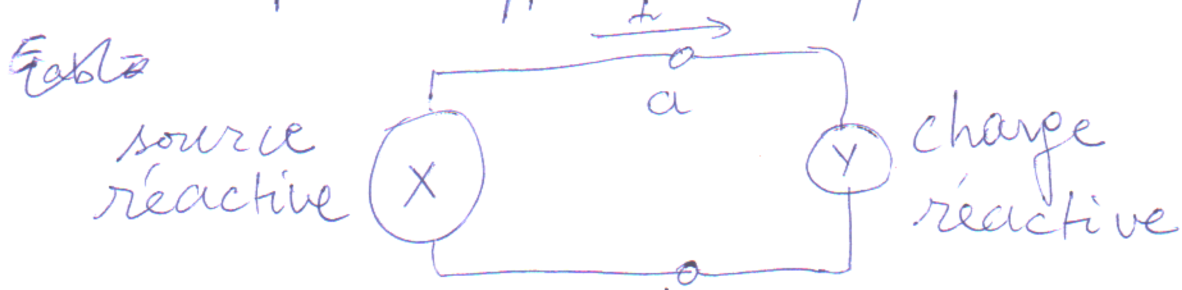
source et charge active

- Source et charges réactives

- Par définition : Un dispositif ayant deux bornes a et b absorbe une puissance réactive lorsque le courant I entrant dans la borne a du dispositif et 90° en arrière de la tension E_{ab}.
Le dispositif et ~~alors~~ une charge réactive.

- Un dispositif ayant deux bornes a et b débite une puissance réactive lorsque le courant I sortant de la borne a du dispositif et 90° en arrière de la tension E_{ab}.
le dispositif et une ~~charge~~ source réactive

~~par exemple : supposant on qu'on trouve :~~



source et charge réactive

Exemple : supposons qu'on trouve :

$E_{ab} = 60\,V \;;\; \varphi = 140°$

$I = 7\,A \;;\; \varphi = 50°$

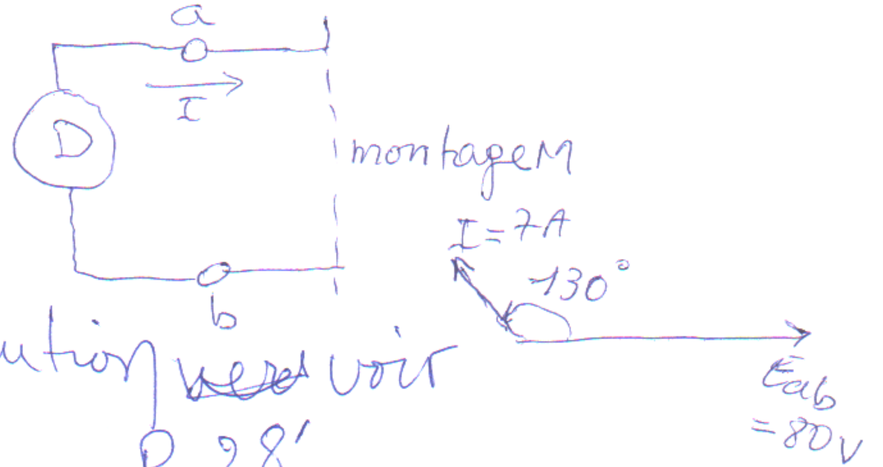
et [var] ; [kilovars] ; [Mvar]

Exemple :

Un dispositif D raccordé à montage M porte un courant I de 7A déphasé de 130° en avance sur la tension E_{ab} =80V (voir figure).

Déterminer :

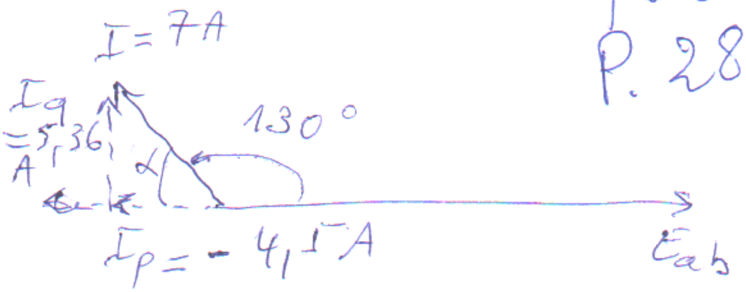
la nature des puissances actives et réactives.



voir P. 28

Solution ~~vers~~ voir P. 28'

on a :



~~I vecteur~~ le courant I et décomposé en deux vecteurs Ip et Iq

- $I_p = \cancel{7\cos\alpha}\ I\cos\alpha$

$\alpha = \pi - 130°$

$I_p = 7\cos(\pi - 130°)$

$\cos(\pi - 130°) = \cos\pi\cos 130° - \cancel{\sin\pi\sin 130°} \to 0$

$= -\cos 130°$

$I_p = -7\cos 130° = -4{,}50\ A$

ce courant et déphasé de 180° par rapport E_{ab}

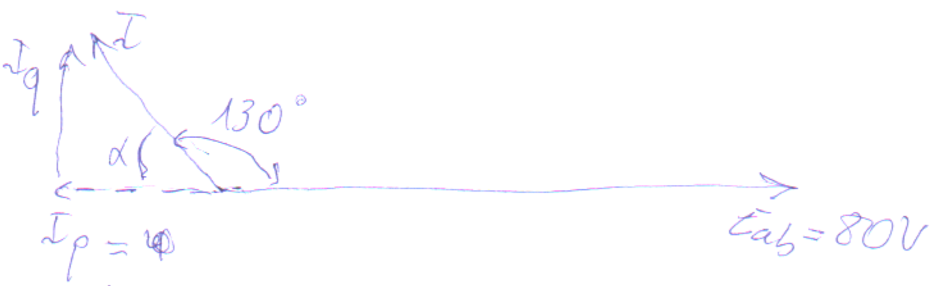
- ~~selon la définition Ip et en phase avec Eab~~ le montage M : et une charge active, par conséquent D et une ~~charge~~ source active

La puissance absorbée par D et :

$P = EI_p = 80 . \cancel{7} 4{,}50 = 360\,W$

voir verso

Décompositions le courant I en deux. ~~vecteurs~~
I_p et I_q respectivement, en ligne et en quadrature
I_1 et I_2
avec la tension E_{ab} (voir figure)



on obtient les résultats suivants :

1) $I_p = 7\cos\alpha$; $\alpha = \pi - 130°$; ce courant est déphasé de 180° par rapport à E_{ab}. ; $I_p = 7\cos(\pi - 130)$ $\xrightarrow{I_p} E_{ab}$
$= 7\cos\pi\cos 130° + \sin\pi \sin 130°$
$= -7\cos 130° = -4{,}50\ A$

2) selon la définition :
Si I_p était en phase avec E_{ab}, le montage M serait une charge active. $I_p \longrightarrow E_{ab}$
Comme c'est le cas contraire, M est une source active
par conséquent D est une charge active.
la puissance active absorbée par D est :
$P = EI = E_{ab} \cdot I_p = 80 \cdot 4{,}50 = 360\ W$

3) $I_q = 7\sin\alpha$; $\alpha = \pi - 130°$. ~~ce courant est déphasé de $\frac{\pi}{2} = 90°$ en avance sur E_{ab}~~
$I_q = 7\sin(\pi - 130) = 7\sin\pi\cos 130° - 7\cos\pi\sin 130°$
$= +7\sin 130° = 5{,}36\ A$

4) selon la définition :
si I_q était 90° en arrière de E_{ab} ; le montage M serait une charge réactive.
Comme c'est le cas contraire ; M est une source réactive, par conséquent D est une charge réactive ;

voir verso →

• $I_q = \cancel{\phi}\, I \sin \cancel{\beta}\, \alpha$

$\alpha = \pi - 130°$

$I_q = 7 \sin(\pi - 130°)$

$\sin(\pi - 130) = \underbrace{\sin \pi}_{\to 0} \cos 130° + \sin 130 \cos \pi$

$I_q = 7 \sin 130 = 5,36\ A$

ce courant déphasé de 90° ~~en avance~~ sur E_{ab}

selon la définition I_q est en arrière de 90° sur E_{ab}

le montage M : st une réactive, par conséquent

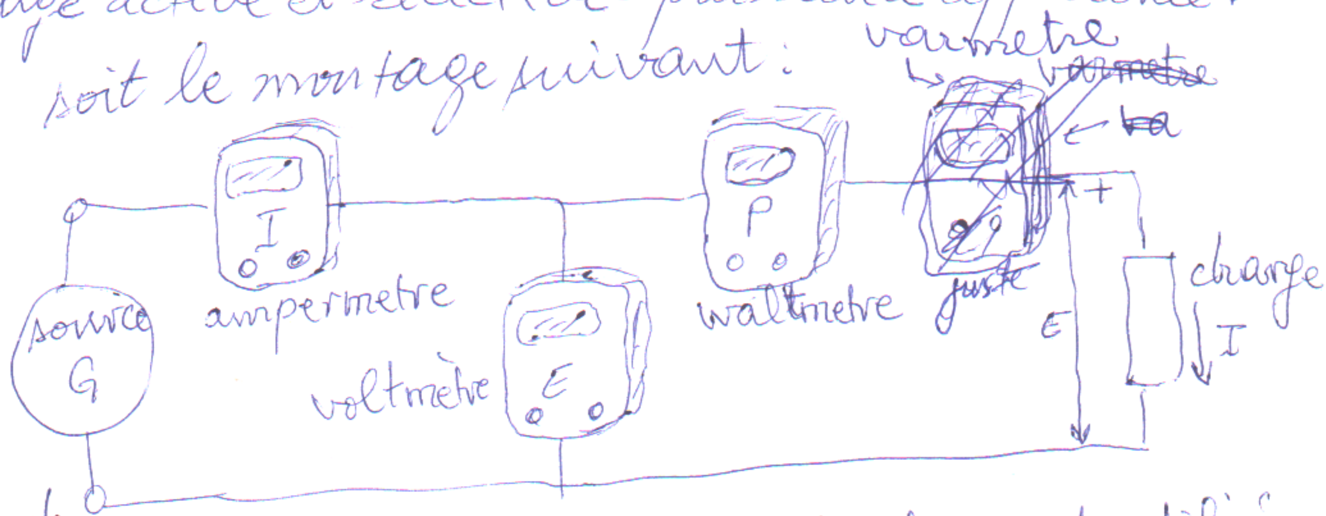
D st une charge réactive :

la puissance réactive absorbée par D est :

$Q = E I_q = 80 \cdot 5,36 = 429$ var

• Charge active et réactive - puissance apparente.

soit le montage suivant :



composé de :

voltmetre E volts

ampèmetre I Ampères

wattmetre P watts

varmetre Q var

Instruments utilisés pour mesurer les valeurs de E, I, P, Q dans le circuit

Role

Puisque les instruments donnent des puissances P et Q, celà veut dire que la charge absorbe de la puissance active et réactive.

Par conséquent le courant I est déphasé par rapport à la tension. voir figure:

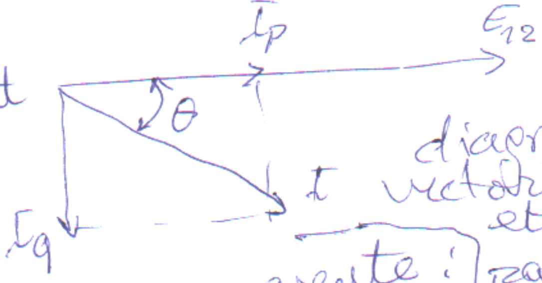


diagramme vectoriel de E et I donné par la lecture des instruments

à partir de l'instrument

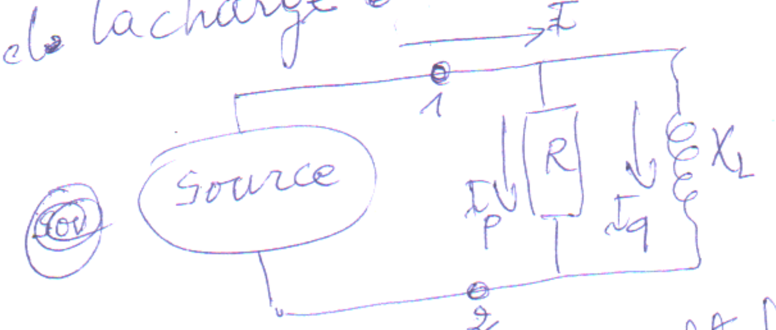
$I_p = \frac{P}{E}$; $I_q = \frac{Q}{E}$

Par définition la puissance apparente :

$S = E.I. \Rightarrow$

$I = \frac{S}{E}$ or $I^2 = I_p^2 + I_q^2$

si on prend la charge constituée de R, & X_L



la charge industrielle peut-être représenter par une résistance avec une réactance.

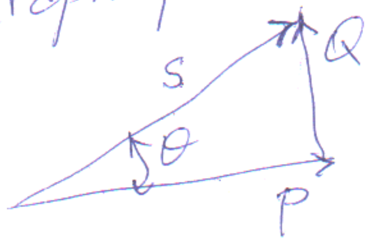
D'après les équations précédentes on a :

$$\left(\frac{S}{E}\right)^2=\left(\frac{P}{E}\right)^2+\left(\frac{Q}{E}\right)^2 \Rightarrow \boxed{S^2=P^2+Q^2}$$

$$\boxed{I^2=I_p^2+I_q^2 \Rightarrow \left(\frac{S}{E}\right)^2=\left(\frac{P}{E}\right)^2+\left(\frac{Q}{E}\right)^2}$$

S : puissance apparente [V.A]
P : " active [W]
Q : " réactive [var]

représentation graphique entre les puissances P, Q, et S



Interprétation des puissances P, Q,

1) Dans le cas d'une charge qui absorbe une puissance active, le vecteur P est dirigé vers la droite ($\longrightarrow$)

2) Dans le cas d'une charge qui absorbe une puissance réactive, le vecteur Q est dirigé vers le haut ($\uparrow$)

3) Dans le cas d'une source qui débite une puissance active, le vecteur P est dirigé vers la gauche ($\longleftarrow$)

4) Dans le cas d'une source qui débite une puissance réactive, le vecteur Q est dirigé vers le bas. ($\downarrow$)

~~Exemple :~~

~~Un moteur à courant alternatif absorbe une puissance active de 40 Kw et une puissance de 30 Kvar~~

~~calculer : la valeur de la puissance apparente fournie au moteur.~~

~~on a : $S = \sqrt{Q^2 + P^2} = \sqrt{40^2 + 30^2} = 50$ KVA.~~

- Facteur de puissance.

Par définition : le facteur de puissance d'un circuit alternatif est :

$$FP = \frac{P}{S} \; ;$$

Fp : facteur de puissance sans dimension

P : puissance active

S : " apparente

- le facteur de puissance indique le pourcentage de la puissance apparente qui est ~~active~~ charge active

- Le facteur de puissance donne une information utile ([illegible]).

$$I_p = I \cos\theta \;/ \times E \Rightarrow E I_p = E I \cos\theta$$

$$\boxed{P = S \cos\theta} \text{ et } \frac{P}{S} : \text{facteur de puissance}$$

ou $\boxed{\theta = \arccos FP}$

Exemple :

Un moteur à courant alternatif absorbe une puissance active de 40kw et une puissance réactive de 30kvar

calculer

- la puissance apparente fournie au moteur
- le facteur de puissance du moteur (s'il est en retard ou en avance)
- l'angle entre la tension et le courant.

on a :

- $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \text{kVA}$

- $F_p = \frac{P}{S} = \frac{40}{50} = 0{,}8 = 80\%$

donc 80% de la puissance apparente fournie au moteur

- $\theta = \arccos F_p = \arccos 0{,}8 = 36{,}9°$

Exemple : ~~P. 34~~

Un wattmetre et un varmetre sont raccordés dans une ligne à 120V alimente un moteur. Les instruments indiquent respectivement 1800 W et 960 var.

Calculer :

a) les composants I_p, I_q du moteur

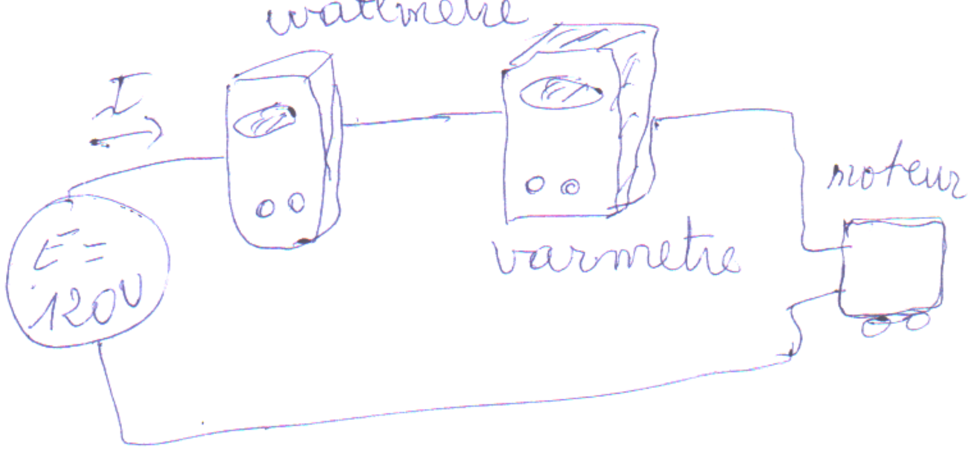
b) La valeur du courant dans la ligne

c) la puissance apparente fournie au moteur

d) le facteur de puissance du moteur

e) L'angle de déphasage entre la tension et le courant de ligne.

on a :



~~La ch~~ on a : D'après la figure précédente on remplace la charge par le moteur.

a) d'où : $I_p = \frac{P}{E} = \frac{1800}{120} = 15A$

$$I_q = \frac{Q}{E} = \frac{960}{120} = 8\ A$$

b) du diagramme vectoriel on tire :

$$I = \sqrt{I_p^2 + I_q^2} = \sqrt{15^2 + 8^2}$$

$$\Rightarrow I = 17A$$

c) ~~la~~ $S = EI = 120 \cdot 17 = 2040\ V.A$

d) $FP = \frac{P}{S} = \frac{1800}{2040} = 0,89$ soit $88,2\%$

e) $\theta = \arccos FP = \arccos 0,882$

$$\Rightarrow \theta = 28,1°.$$

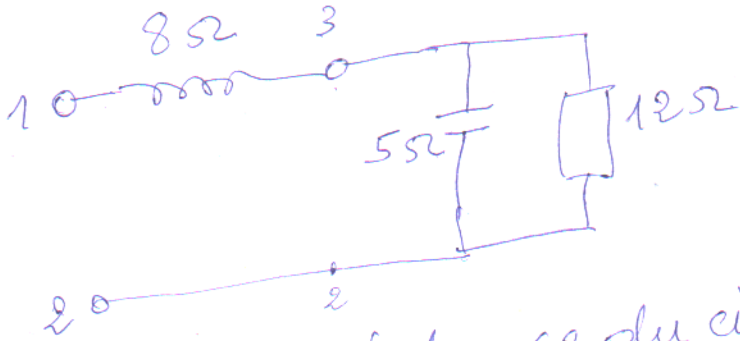
~~40000~~ ~~$\sqrt{3873600}$~~

35

• Résolution des circuits par la méthode des puissances.

<u>Remarque</u> : le condensateur (conductance)
(important) débite une puissance réactive négatif
- L'inductance absorbe une puissance réactive positif
- la résistance absorbe une puissance active positif.

soit circuit électrique ci-dessous : la tension $E_{32} = 60\,V$



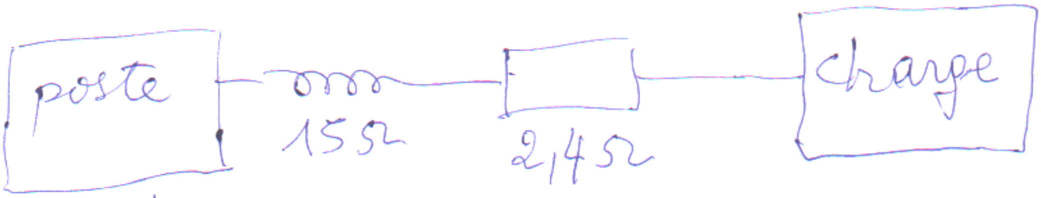
- Trouver l'impédance du circuit
- déterminer le courant circulant dans la résistance lorsque : $E_{12} = 300\,V$

Exemple :

Une ligne monophasée à 12,47KV portant d'un poste de transformation alimente une charge, situé quelques kilometres plus loin (voir figure).

La ligne possède une réactance inductive de 15Ω et une résistance de 2,4Ω.

Au poste, les instruments indiquent qu'il débite une puissance active de 3MW et une puissance réactive de 2Mvar.



12,7KV
3MW
2Mvar

ligne longue transportant une puissance.

Calculer :

a) puissance apparente, valeur du courant de ligne, facteur de puissance du poste et son déphasage du courant par rapport à la tension poste

b) puissance active absorbée par la charge

c) puissance réactive absorbée par la charge

d) tension aux bornes de la charge

e) L'angle δ entre tension poste et celle de charge.

dissipée تبذر تبدد تشتت ضائعة

on a :

a) puissance apparente fournie à la ligne

$$S = \sqrt{P^2+Q^2} = \sqrt{3^2+2^2} = 3,6\,MVA.$$

méga
$1\,MV = 10^6\,V$

- courant de ligne :

$$I = I_L = \frac{S}{E} = \frac{360\cancel{0}0000\,V.A}{12\,470\,V} \Rightarrow I = \cancel{3890}.\ 289\,A$$

- Facteur de puissance au poste :

$$Fp = \frac{P}{S} = \frac{3MW}{3,6MVA} = 0,833 \Rightarrow Fp = 83,3\%$$

- Angle entre la tension et le courant au poste :

$$\theta = \arccos 0,833 \Rightarrow \theta = 33,6°$$

b) puissance active dissipée dans la ligne

$$P_R = P_{Lig} = R\,I^2 = 2,4 \cdot 289^2 = 0,2 \cdot 10^6 = 0,2\,MW$$

- puissance active absorbée par la charge

$$P_{ch} = P_{poste} - P_{Lig} = 3MW - 0,2MW \Rightarrow P_c = 2,8\,MW$$

c) puissance réactive absorbée par la ligne

$$Q_{Lig} = X_L \cdot I^2 = 15 \cdot 289^2 = 1,25 \cdot 10^6 \Rightarrow Q_L = 1,25\,Mvar$$

- puissance réactive absorbée par la charge

$$Q_{ch} = Q_{poste} - Q_{Lig} = 2\,Mvar - 1,25\,Mvar \Rightarrow Q_c = 0,75\,Mvar$$

d) Puissance apparente de la charge

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} = \sqrt{2{,}8^2 + 0{,}75^2}$$

$$\Rightarrow S_c = 2{,}9\ MVA.$$

- Tension au borne de la charge

$$E_c = \frac{S_c}{I} = \frac{2{,}9\ MVA}{289\ A} \Rightarrow E_c = 10{,}03\ KV$$

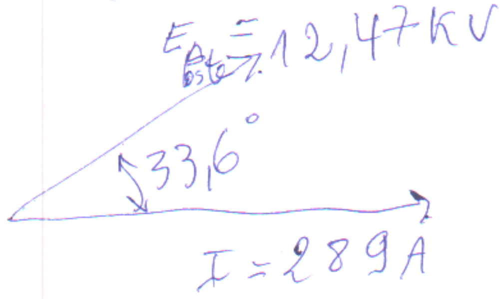
e) Facteur de puissance de la charge

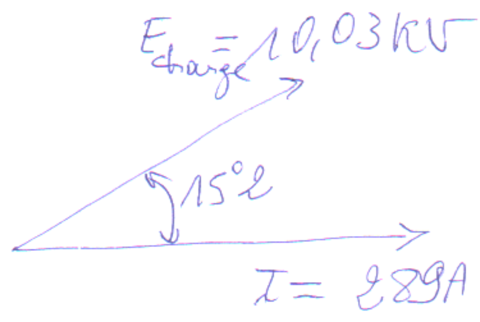
$$F_p = \frac{P_c}{S_c} = \frac{2{,}8\ MW}{2{,}9\ MVA} = 0{,}965 \Rightarrow F_p = 96{,}5\%$$

- déphasage (angle) entre le courant et la tension ~~aux bornes de la charge~~

$$\theta_c = \arccos 0{,}965 \Rightarrow \theta_c = 15{,}2°$$

Il s'ensuit (ينتج) que la tension aux bornes de la charge est en retard sur celle au poste par $(33{,}6° - 15{,}2°) = 18{,}4°$ (φ entre E_{poste} et E_{charge}





représentations courants, tensions et puissances sur le réseau ([illegible])