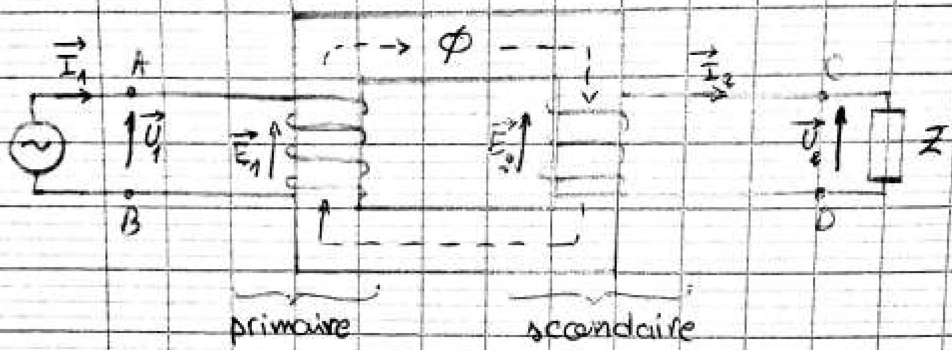
Rappel sur le transformateur :

le transformateur comporte 2 enroulements électriques indépendants placés sur un circuit magnétique unique de faible reluctance $\mathcal{R}$



$\vec{U_1}$ et $\vec{I_1}$ sont en opposition : le circuit primaire se comporte comme un recepteur.

le courant $\vec{I_1}$ crée le flux ϕ qui induit la f.e.m $\vec{E_1}$

$\vec{U_2}$ et $\vec{I_2}$ sont de même sens : le circuit secondaire se comporte comme un génerateur.

le flux ϕ induire la f.e.m E_2 qui génère le courant $\vec{I_2}$

par l'intermédiare d'un flux magnétique ϕ. une puissance électrique alternative passe d'un circuit primaire à un circuit secondaire.

l'enroulement primaire est alimenté par une source de tension alternative et se comporte comme une recepteur.

l'enroulement secondaire se comporte comme un génerateur.

$R_1\vec{I_1}$ et ~~R_2~~ $\vec{U_1}$ agissent dans le même sens.

$R_2\vec{I_2}$ et $\vec{U_2}$ agissent en sens opposés

R_1 et R_2 : les résistances des enroulements primaire et seco

les équation fondamentales du Tr :

1- équation des forces magnéto-motrices (f.m.m) :

$F = \mathcal{R}\phi = N_1 i_1 + N_2 i_2$ (valeurs instantanés)

$\vec{F} = \mathcal{R}\vec{\phi} = N_1\vec{I}_1 + N_2\vec{I}_2$ (valeurs éfficace).

où :

R = reluctance du circuit magnétique

F = f.m.m totale.

ϕ = flux magnétique.

N_1 = nombre de spires du primaire

N_2 = nombre de spires du secondaire.

2- équation des ~~tension~~ tension :

- Au primaire : $(V_A - V_B) - N_1 \frac{d\phi}{dt} = R_1 . i_1$

$U_1 = v_A - v_B$ et $e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt}$

$u_1 + e_1 = R_1 i_1 \longrightarrow \vec{U_1} + \vec{E_1} = R_1 \vec{I_1}$

$\vec{U_1} = -\vec{E} + R_1 \vec{I_1}$

- Au secondaire : $(V_C - V_D) - N_2 \dfrac{d\phi}{dt} = R_2 . i_2$

$$R_2 . i_2 = - U_2 + e_2 \longrightarrow R_2 \vec{I_2} = - \vec{U_2} + \vec{E_2}$$

$$\vec{U_2} = \vec{E_2} - R_2 \vec{I_2}$$

3- équation de Kapp :

$$\phi = \phi_m \sin(\omega t) \text{ et } e(t) = - N \frac{d\phi}{dt}$$

$$e(t) = - N \omega \phi_m \cos \omega t = N \omega \phi_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

la f.e.m induite dans la bobine est déphasée de $-\frac{\pi}{2}$ par rappor au flux (en retard)

$E_m = \omega N \phi_m$ volts

$$E = E_{efficace} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi f . N . \phi_m}{\sqrt{2}} = 4{,}44\ N . f \phi_m$$

Au primaire : $E_1 = 4{,}44\ N_1 . f . \phi_m$

Au secondaire : $E_2 = 4{,}44\ N_2 . f . \phi_m$

les équations fondamentals :

$$N_1 \vec{I_1} + N_2 \vec{I_2} = \mathcal{R} \vec{\phi} = F \quad \ldots (1)$$

$$\vec{U_1} = - \vec{E_1} + R_1 \vec{I_1} \quad \ldots (2)$$

$$\vec{U_2} = \vec{E_2} - R_2 \vec{I_2} \quad \ldots (3)$$

$$E = 4{,}44\ N . f . \phi_m \quad \ldots (4)$$

théorie élémentaire :

on considère un transformateur parfait pour lequel :

- la relactance $\mathcal{R}$ du circuit magnétique est nulle.
- la résistance R_1 et R_2 des enroulement est négligeable.
- les fuites magnétiques sont nulles et le même flux travers le primaire et le secondaire.
- les pertes fer sont nulle.

$|\vec{U_1}| = |\vec{E_1}| \longrightarrow U_1 = E_1$

$|\vec{U_2}| = |\vec{E_2}| \longrightarrow U_2 = E_2$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{4{,}44 . N_2 . f . \Phi_m}{4{,}44 . N_1 . f . \Phi_m} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = k$$

k est le rapport de transformation.

Si $N_2 > N_1 \longrightarrow$ le tranformateur est élevateur (de tension).

si $N_2 < N_1 \longrightarrow$ le tranformateur est abaisseur (de tension).

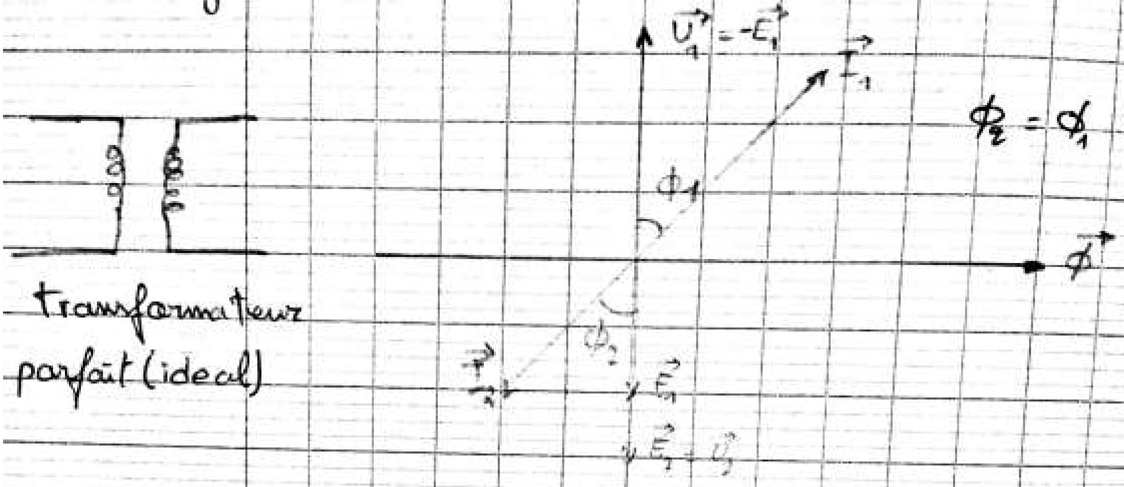
$\mathcal{R} = 0 \longrightarrow N_1 \vec{I}_1 = -N_2 \vec{I}_2$

en module : $N_1 I_1 = N_2 I_2 \longrightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = k$

donc :

$$k = \frac{N_2}{N_1} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

le diagramme vectoriel du Tr ideal :



le courant $\vec{I_2}$ est déterminé par la charge Z en module et en phase

les imperfection dans le transformateur réel :

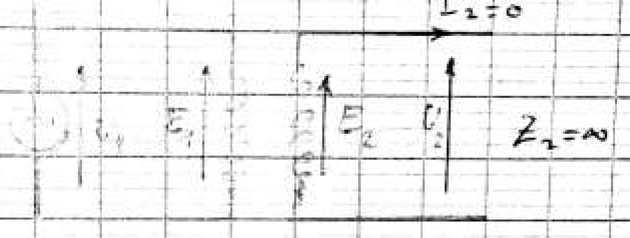
1°/ la reluctance du circuit magnétique n'est pas négligeable
$\vec{F} = \mathcal{R}\,\vec{\phi}$ = f.m.m nécessair ~~etre~~ pour crée un flux ϕ malgrée $\mathcal{R}$.
lorsqu'il n'y pas de charge au secondaire ($Z_2 = \infty$, $I_2 = 0$) il circul un courant faible dans l'enroulement primaire tel que $\vec{F} = N_1 \vec{I_r}$
$\vec{I_r}$ est le courant primaire à vide responsable du flux ϕ
$\vec{I_r}$ en phase avec $\vec{\phi}$

2°/ les pertes fer ne sont pas négligeable : elles dépendent de f et de B_{max}. Elles ne dépendent pas de la charge Z_2.

$P_{fer} = P_H + P_{CF}$ où P_H = pertes Hysteresis $\propto$: f, B_{max}

P_{CF} = pertes courant de foucault $\propto$: f^2, B_{max}^2

transformateur idéale :



les pertes fer alimentez par un faible courant actif $\vec{I_a}$ en phase avec $\vec{U_1}$

$P_f = U_1 I_0 \cos 0 = U_1 I_0$

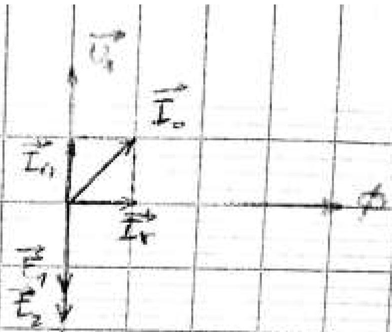
le courant à vide lorsque le transformateur il n'est pas chargée est la somme de deux composente une composante réactive $\vec{I_r}$ et une composente active qui alimente les pertes fer

$\vec{I_0} = \vec{I_r} + \vec{I_a}$

$\underline{I_0} = I_a + j I_r$

$I_0 = |\underline{I_0}| = \sqrt{I_a^2 + I_r^2}$

diagramme à vide :



lorsque le transformateur alimente une charge, un courant $\vec{I}$ s'établit dans le secondaire

3°/ les résistance des enroulements ne sont pas négligeables :

$$\vec{U} = -\vec{E_1} + R_1\vec{I_1} \quad et \quad \vec{U_2} = \vec{E_2} - R_2\vec{I_2}$$

4°/ les fuites magnétiques ne sont pas négligeables :
le flux totale dans chaque bobine (ϕ_t) est la résultante de 2 composantes : un flux utile ϕ_u qui est commun à tous les enroulements et qui est pratiquement constant plus un flux de fuite ϕ_F

$$\phi_F = \phi_t - \phi_u$$

E_t est induit par ϕ_t ; E est induit par ϕ_u ; E_F est induit par ϕ_F

$E_F = -j\omega L_f I$ où L_f : inductance de fuite.

Au primaire :

$$\vec{U_1} = -\vec{E_1} + j\omega L_1\vec{I_1} + R_1\vec{I_1} = -\vec{E_1} + j Z_1\vec{I_1}$$

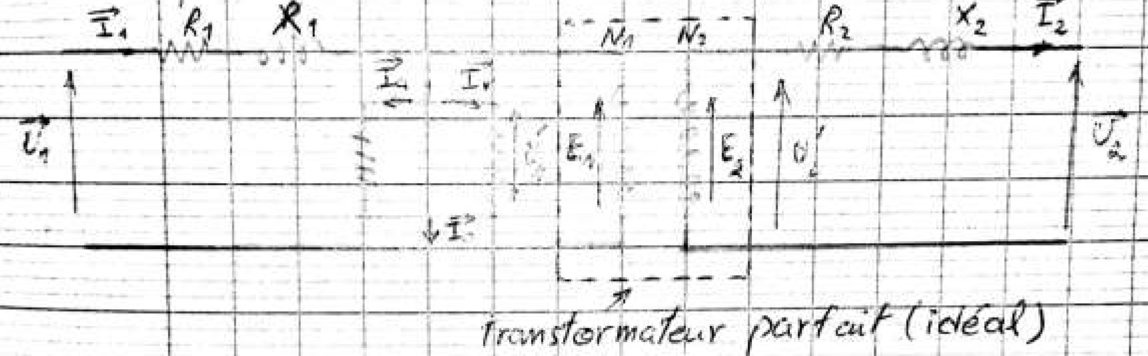
où $Z_1 = R_1 + j\omega L_1$

Au secondaire :

$$\vec{U}_2 = \vec{E}_2 - j\omega L_2 \vec{I}_2 - R_2 \vec{I}_2 = \vec{E}_2 - Z_2 \vec{I}_2$$

$$\text{où } Z_2 = R_2 + j\omega L_2$$

circuit équivalent de transformateur réel :



à l'interieur du pointuée on a un tramformateur parfait le reste de circuit représente les imperfections do ~~transfor mateur~~ transformateur.

R_1 et R_2 = les résistances des enroulements.

X_1 et X_2 = les réactances des enroulements.

$\vec{U}'$ est la tension qui va être tramsformée aprés la chute de tension.

R_M représente $\vec{I}_a$ (pertes fer)

X_M représente $\vec{I}_r$ (courant d'aimantation).

Exemple :

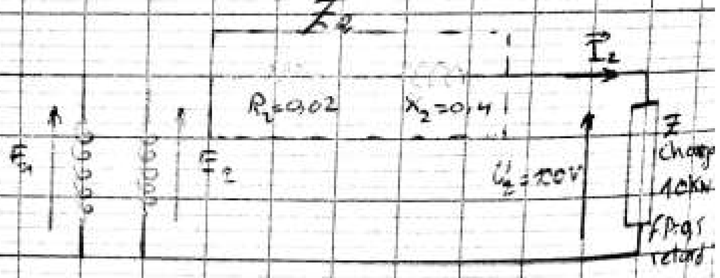
un transformateur alimente une charge de 10KW avec un f.P = 0,5 en retard.

$R_2 = 0,02\ \Omega$; $X_2 = 0,4\ \Omega$

on donne $U_2 = 100V$

- calculer E_2.

Solution :



$\vec{E_2} = \vec{U_2} + Z_2 \vec{I_2}$

où $Z_2 \vec{I_2} = \vec{U_Z}$

$P = U_2 I_2 \cos\phi_2$

$I_2 = \dfrac{10.10^3}{100 \times 0,5} = 125\ A \longrightarrow \overline{I_2} = 125 \angle -36,9^\circ$

$\varphi_2 = \cos^{-1} 0,8 = 36,9$

$\overline{Z_2} = 0,02 + j0,4 \longrightarrow Z_2 = |\overline{Z_2}| = 0,4005$

$I_2 Z_2 = 0,4005 \times 125 = 50,06\ V$

$\text{arctg}\, Z_2 = \text{arctg}\, \dfrac{X_2}{R_2} = 87,16^\circ$

$\overline{U_Z} = 50,06 \angle 87,16^\circ - 36,9^\circ = 50,06 \angle 50,24^\circ\ V$

$\vec{E_2} = \overline{U_2} + \overline{U_Z} = 100 \angle 0^\circ + 50,06 \angle 50,26^\circ$

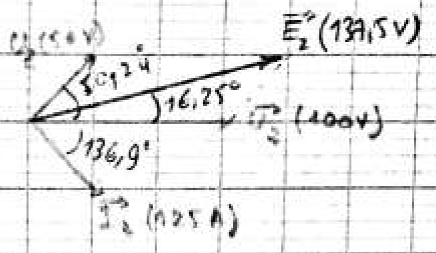
$= 100 + 50.06 (\cos 50,24 + j \sin 50,24)$

$\bar{E}_2 = 132{,}02 + j\,38{,}48$

$E_2 = |\bar{E}_2| = 137{,}5\ V$

$\bar{E}_2 = 137{,}5\ \angle 16{,}25°\ V$

Diagramme vectoriel :



Courant de défaut équilibrés :

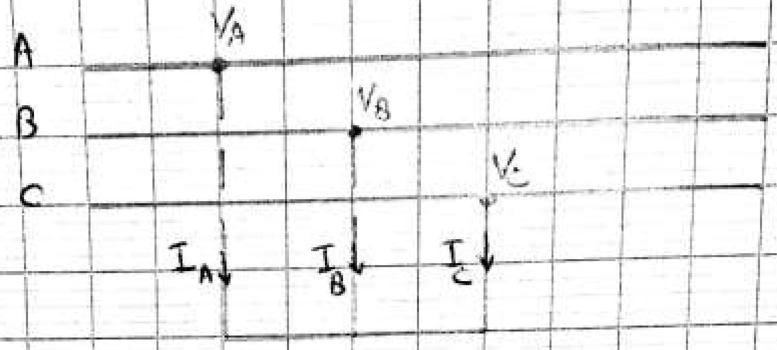
la pluspart des défauts sur le réseau électriques sont des court-circuits.

lorsqu'un courant de court-circuit passe dans les équipements il provoque des dommages ainsi qu'une interruption de service.

le choix des appareillages et la conception du réseau dépendent des courants de court-circuit.

un défaut équilibré donne lieu à des courants équilibrés de même intensité et déphasés de 120°

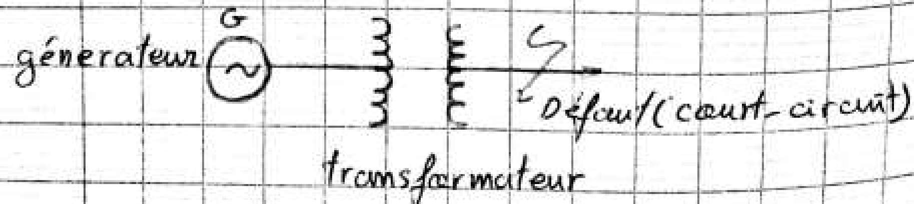
le défaut équilibré se produit lorsque les 3 conducteurs d'une ligne sont ramenés accidentellement en contact.



Il est seulement nécessaire de considérer une seul phas puisque les conditions dans les 2 autres phases sont similaires
les calcules des défauts équilibrés se produisent rarement en pratique, mais il imposent les plus graves condition opérationnelle pour le coupe-circuits.

Limitation du courant de défaut:

le courant de court-circuit est limité par l'impédance du systéme jusqu'au point de défaut.



Dans beaucoup de cas, les impédance qui limitent le courant de défaut sont inductives car ce sont en général des alternateurs, des transformateurs et des réacteurs.

les cables et les lignes sont principalement résistifs, mais si la réactance dépasse 3 fois la résistance, alors celle-ci est négligée (erreur de 5% maximum).

Réactance relative :

la réactance est généralement exprimée en pourcentage.

Définition :

la réactance relative est le pourcentage de la chute de tension de phase totale dans le circuit due au courant nominal.

$$X\% = \frac{I.X}{V} \times 100 \quad \ldots (1)$$

où : I: courant nominal

V: tension de phase

X: réactance en Ω/phase.

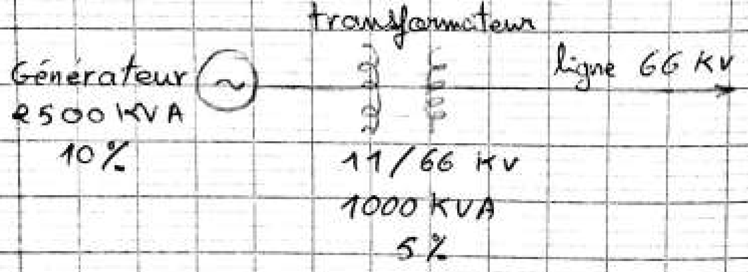
$$(1) \longrightarrow \frac{V}{X} = \frac{I}{X\%} \times 100$$

$$(1) \longrightarrow X\% = \frac{(KVA)\,X}{10(KV)^2} \quad \ldots (2)$$

Dans la figure ci dessus, si un défaut se produit au point D, le courant de C.C sera limité par l'impedance du génerateur et du tramformateur, ainsi que l'impédence de la ligne entre le tramformateur et le point de défaut. si la seule réactance du circuit est X alors le courant de C C est : $I_{cc} = \frac{V}{X} = I \times \frac{100}{X\%}$

donc le courant de C C est obtenu en multipliant le courant nominal I par $\frac{100}{X\%}$

EXP :



A/ en choisissons : $S_{base} = 2500\ KVA = S_b$

pour le transformateur :

$$X\%_t = 5 \times \frac{2500}{1000} = 12{,}5\ \%$$

pour le génerateur :

$$X\%_G = 10 \times \frac{2500}{2500} = 10\%$$

Au total : $X\% = 12,5 + 10 = 22,5\ \%$

le courant nominal est donnée par :

$$I_n = \frac{5000 \times 1000}{\sqrt{3} \times 66 \times 1000} = 21,87\,A$$

D'où le courant de c.c :

$$I_{cc} = 21,87 \times \frac{100}{22,5} = 97,2\,A.$$

B/ prenons comme base $S_{base} = 5000\ KVA$

$$X\%_t = 5 \times \frac{5000}{1000} = 25\ \%$$

$$X\%_G = 10 \times \frac{5000}{2500} = 20\ \%$$

$$I_n = \frac{5000 \times 1000}{\sqrt{3} \times 66 \times 1000} = 43,74\,A$$

$$I_{cc} = 43,75 \times \frac{100}{45} = 97,2\,A.$$

$$\boxed{X\%\ (\text{base } S_b) = \frac{S_b}{S_{nominal}} \times X\%\ (S_{nominal})}$$

$S_n = S_{nomina}$

puissance de court-circuit (S_{cc}) :

la tension au point de défaut est nulle, mais on définit la puissance de court-circuit

S_{cc} = le produit de la tension nominal et du courant de court-circuit.

V = tension nominale en volts

I = courant nominale en A

X % = réactance totale.

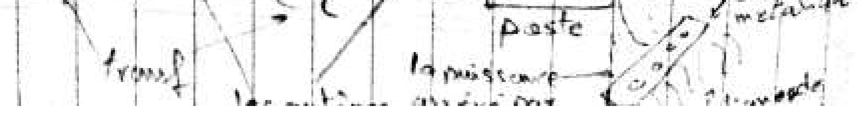
$$I_{cc} = I \frac{100}{X\%} \quad et \quad S_{cc} = \frac{3 V I_{cc}}{1000} = \frac{3 V I}{1000} \times \frac{100}{X\%}$$

$$S_{cc} = S_{base} \times \frac{100}{X\%}$$

la puissance de cc est le produit de S_{base} par $\frac{100}{X\%}$.

pour contrôler les courants de CC, on utilise des bobines à grande inductance appelés des réacteurs.

on les place, soit sur les générateurs, soit les artères du réseau, soit les jeux de barres (busbars)



calcul des défauts équilibrés :

1/ tracer le schéma monofilaire des systémes en indiquant les valeurs nominales, réactances et tension de chaque élément.

2/ choisir une valeur de S_{base} et convertir touts les réactances.

3/ tracer le schéma monophasé équivalent.

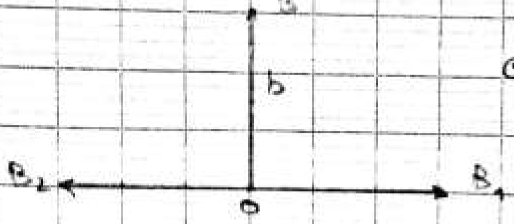
4/ calcule la réactance relative totale

5/ trouver le courant nominal.

6/ calculer $I_{cc} = I \times \frac{100}{X\%}$; $S_{cc} = S_b \times \frac{100}{X\%}$

les composantes symétriques :

1/ le facteur j , opérateur



$\overrightarrow{OB_i}$ = l'image du nbr $\vec{Z}_{B_i}$

le vecteur ou phaseur $\overrightarrow{OB_1}$ est représenté par l'affixe

$$\vec{Z}_{B_1} = b \angle 0°$$

$\overrightarrow{OB} \longrightarrow \vec{Z}_B = b \angle \frac{\pi}{2}$, $\overrightarrow{OB_2} \longrightarrow \vec{Z}_{B_2} = b \angle \pi$

$\bar{Z}_{B1} = b\angle 0° = b\,(\cos 0 + j \sin 0) = b + j0 = b$

$\bar{Z}_{B} = b\,\angle \pi/2 = b\,(\cos \frac{\pi}{2} + j \sin \frac{\pi}{2}) = 0 + j b = j(b + j0)\bar{Z}_{B}$

$\bar{Z}_{B} = j\ \bar{Z}_{B1} = j\,b$

$\bar{Z}_{B2} = b\,\angle \pi = b\,(\cos \pi + j \sin \pi) = -b + j0$

$\bar{Z}_{B2} = -b + j0 = j(0 + j b)\,\bar{Z}_{B2} = j\,\bar{Z}_{B} = -b$

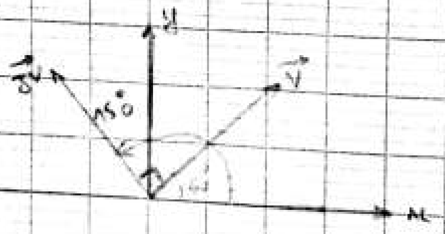
$$\boxed{\bar{Z}_{B} = j\,\bar{Z}_{B} = j(j\,\bar{Z}_{B1}) = j^2\,\bar{Z}_{B1} = -\bar{Z}_{B1}}$$

Soit : $\bar{V} = 10\,\angle 60°$

$j\bar{V} = (1\,\angle 90°)\,(10\,\angle 60°) = 10\,\angle 150°$

$j\bar{V} = j\,(10\,\angle 60°) = j\,(5 + j8{,}66) = j5 - 0{,}866$

$j\bar{V} = 10\,\angle 150°$



Dans les systèmes triphasés, les grandeurs équilibrés sont déphasées de 120° $\left(\frac{2\pi}{3}\right)$

on définit l'opérateur a

$$a = 1 \angle 2\pi/3 = 1 \angle 120°$$

la multiplication par a entraine la rotation en avant de 120° sans affecter l'amplitude.

$$a\bar{V} = (1 \angle 120°)(10 \angle 60°) = 10 \angle 180°$$

Remarque :

$$a = 1 \angle 120° = 1 \angle -240° = e^{j120}$$

$$a^2 = a.a = (1 \angle 120)(1 \angle 120) = (1 \angle 240°) = (1 \angle -120°)$$

$$a^3 = 1 \angle 360° = 1 \angle 0°$$

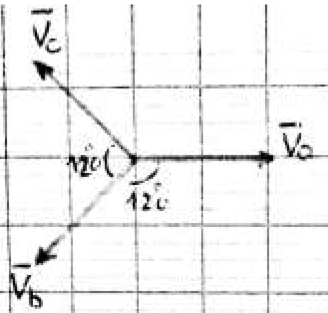
$$1 + a + a^2 = 0$$

un ensemble de 3 tensions V_a, V_b et V_c équilibrés est caractérisé par des amplitudes égales et un déphasage de 120°.

Si V_b est en retard de 120° sur V_a et V_c en retard de 120° sur V_b.

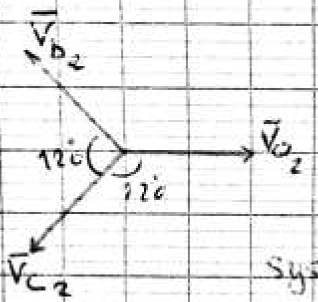
on dit que le système est de séquence abc ou séquence positive

$$\bar{V}_a, \bar{V}_b = a^2 \bar{V}_a \; ; V_c = a V_a$$



si $\vec{V}_a$ = référence
$\vec{V}_b = a^2 \vec{V}_a$
$\vec{V}_c = a \vec{V}_a$

– système de séquence directe.



$\vec{V}_b = a \vec{V}_a$; $\vec{V}_c = a^2 V_a$

système de séquence abc = système de séquence indirecte.

– pour un exemple de 3 grandeurs équilibrés de séquence directe, on utilise le suffixe 1 :

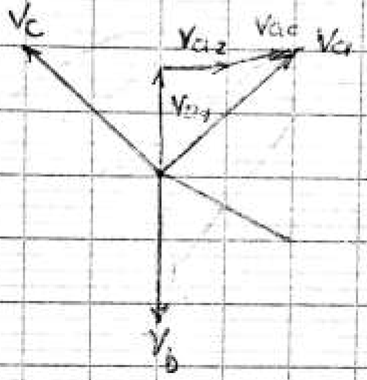
V_{a_1} , $V_{b_1} = a^2 V_{a_1}$; $V_{c_1} = a V_a$

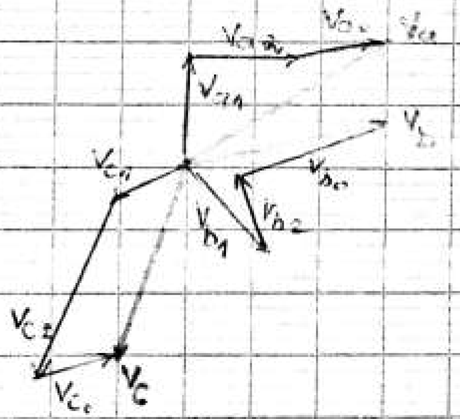
– pour un ~~sn~~ système de 3 grandeurs équilibrés de séquence indirecte, on utilise le suffixe 2 :

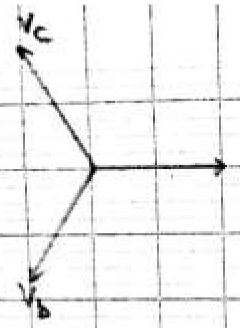
V_{a_2} ; $V_{b_2} = a V_a$; $V_{c_2} = a^2 V_{a_2}$

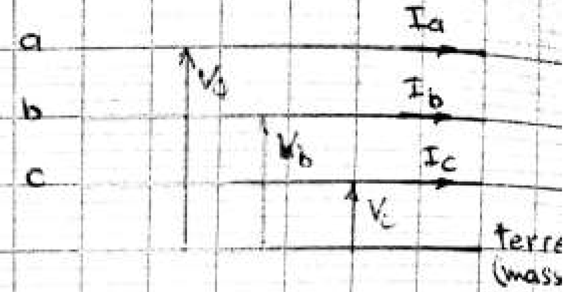
on définit une 3 séquence dite séquence homopolaire : les 3 phases ont même amplitude et même phase
on utilise le suffixe 0

$$V_{a_0} \; ; \; V_{b_0} = V_{a_0} \; ; \; V_{c_0} = V_{a_0}$$









on montre que :

$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0}$$

$$V_b = V_{b1} + V_{b2} + V_{b0}$$

$$V_c = V_{c1} + V_{c2} + V_{c0}$$

les 3 phases d'un système déséquilibré peuvent être décomposées en une somme de 3 séquences de tension équilibrées.

Ainsi, on obtient :

$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0}$$

$$\cancel{V_b = V_{a1} + aV_{a2} + V} \quad V_b = a^2 V_{a1} + a V_{a2} + V_{a0}$$

$$V_c = a V_{a1} + a^2 V_{a2} + V_{a0}$$

sous forme matricielle, on obtien :

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} V_{a1} \\ V_{a2} \\ V_{a0} \end{bmatrix}$$

$$[V] = [T] \; [V_s]$$

Inversement, on obtient :

$$V_{a_0} = \frac{1}{3}\left(V_a + V_b + V_c \right)$$

$$V_{a_1} = \frac{1}{3}\left(V_a + a V_b + a^2 V_c \right)$$

$$V_{a_2} = \frac{1}{3}\left(V_a + a^2 V_b + a V_c \right)$$

Exemple :

on donne :

$I_a = 1 \angle 60°$; $I_b = 1 \angle -60°$; $I_c = 0°A$.

Déterminer les composantes symétriques

$$[V_s] = [T]\,[V]$$

$$I_{a_1} = \frac{1}{3}\left(I_a + a I_b + a^2 I_c \right)$$

$$I_{a_1} = \frac{1}{3}\left(1\angle 60° + 1\angle 60° + 0 \right)$$

$$I_{a_1} = 0{,}667 \angle 60°$$

$$I_{a_2} = \frac{1}{3}\left(I_a + a^2 I_a + a I_a \right)$$

$$I_{a_2} = 0{,}333 \angle 120°$$

$$I_{a_0} = \frac{1}{3}\left(I_a + I_b + I_c \right)$$

$$I_{a_0} = 0{,}333 \angle 0°$$

$$I_{c_1} = a I_{a_1} = 0{,}667 \angle 180°$$

$$I_{c_2} = a^2 I_{a_2} = 0{,}333 \angle 360°$$

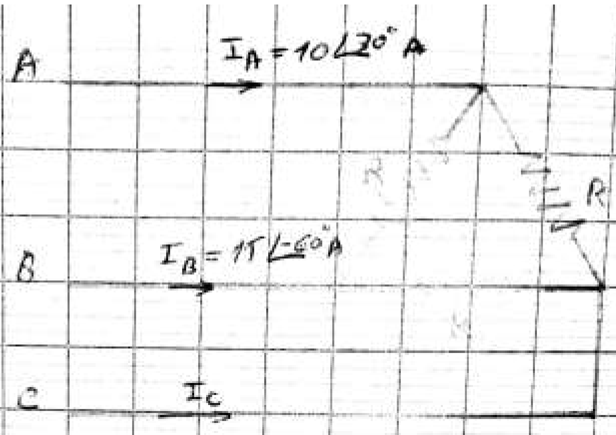
$$I_{c_0} = I_{a_0} = 0{,}333 \angle 0°$$

$$I_c = I_{c_1} + I_{c_2} + I_{c_0}$$

$$= -0{,}667 + 0{,}333 + 0{,}333$$

$$I_c = 0$$

Exemple :



Déterminer les composantes symétriques des courants de ligne et des courants de phase.

Il n'y a pas de neutre, donc on a :

$$I_A + I_B + I_C = 0$$

$$I_C = -(I_A + I_B) = -16,2 + j8 = 18\angle 154° \ A$$

$$I_{A1} = \frac{1}{3}\left(10\angle 30° + 15\angle -60+120° + 18\angle 154°+240°\right)$$

$$I_{A1} = 10,35 + j9,3 = 14\angle 42° \ A$$

$$I_{A2} = \frac{1}{3}\left(10\angle 30° + 15\angle -60+240 + 18\angle 154+120\right)$$

$$I_{A2} = -1,4 - j4,3 = 4,65\angle 248°$$

$$I_{A0} = (I_A + I_B + I_C)\frac{1}{3} = 0$$

$I_{B1} = 14\angle 282° \ A$

$I_{B2} = 4,65\angle 8° \ A$

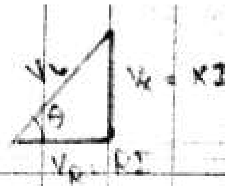
$I_{B0} = 0$

$I_{C1} = 14\angle 162° \ A$

$I_{C2} = 4,65\angle 128° \ A$

$I_{C0} = 0$

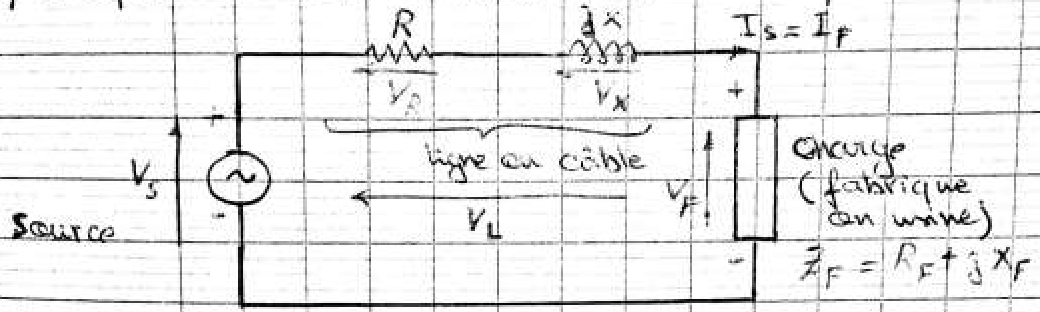
$$\text{arctg}\,\theta = \frac{XI}{RI} = \frac{X}{I}$$



pour vérification :

$$I_A = 10\angle 30^\circ = I_{A_1} + I_{A_2} + I_{A_0} = 8,65 + j\,5\ A.$$

principe de base d'un réseau électrique :



Réseaux électrique de base :

le courant I_F appelé par les charges est le même que le courant délivré par la source I_S

$$I_F = I_S = I$$

$$\bar{I} = I\angle\theta_I$$

on prend une grandeur de référence pour laquelle $\theta = 0^\circ$

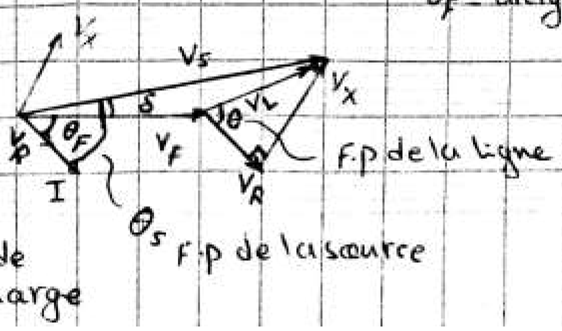
soit $\bar{V}_F = V_F\angle 0^\circ = V_F\angle\theta_V$

si la charge est inductive, le courant est en retard sur V_F d'un angle θ_F qui définit le facteur de puissance (F.P) de la charge.

$$\theta_F = \text{arctg}\left(\frac{X_F}{R_F}\right)$$

$\bar{V}_X + \bar{V}_R = V_R + j V_X = \bar{V}_L$

V_L chute de tension dans la ligne.



$\theta_S - \theta_F = \delta$: déphasage source - charge

δ : angle de puissance

et pour θ_V :

$$\bar{V}_F = V_F \angle \theta_V \; ; \; \theta_V = 0$$

$$\bar{I} = I \angle \theta_I$$

$\theta_F = \theta_V - \theta_I$: angle de la charge.

puissance active :

$$P_F = V_F I_F \cos\theta_F$$

$$\theta_F > 0 \longrightarrow P_F > 0$$

puissance réactive :

$$Q_F = V_F I_F \sin\theta_F$$

$$\theta_F > 0 \longrightarrow Q_F > 0$$

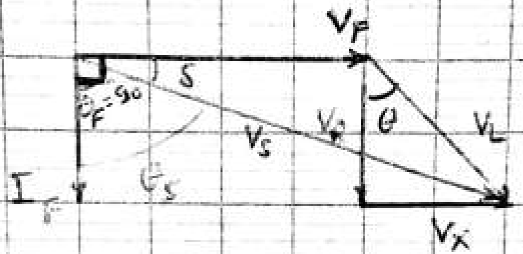
$$\bar{Z}_F = \frac{\bar{V}_F}{I_F} = Z_F \angle \theta_F = \frac{V_F \angle \theta_{V_F}}{I_F \angle \theta_{I_F}} \Rightarrow Z_F = \frac{V_F}{I_F}$$

$$\theta_F = \theta_V - \theta_I$$

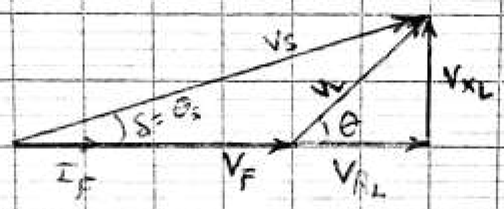
pour une charge légerment inductif, la puissance active et la puissance réactive sont positife absorbée par la charge.

pour une charge purement inductive :

$P = VI \cos 90° = 0$; $Q = VI \sin 90 = VI = S$



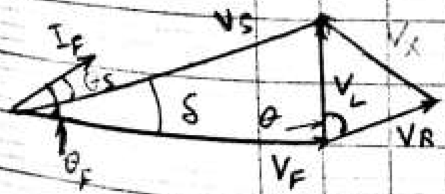
Charge purement résistive :

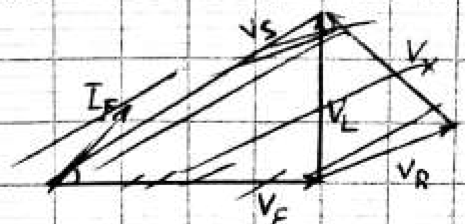


$\theta_F = 0$; $P_F = VI = S$; $Q_F = 0$

pour une charge capacitive :

Charge légerement capacitive :





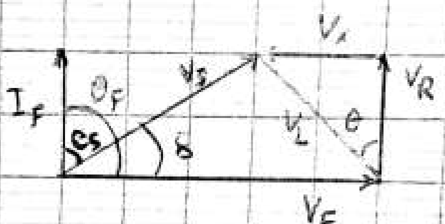
$\theta_F = \theta_V - \theta_I < 0$

$P_F > 0$; $Q_F < 0$

- la puissance active positive est absorbée par la charge
- la puissance réactive négative est produite par la charge
- dans certains cas, on peut avoir $|\bar{V}_S| = |\bar{V}_F|$

* charge purement capacitive :

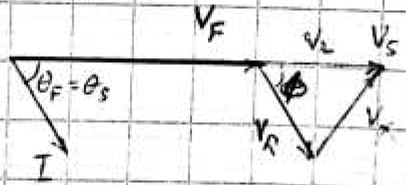
- $\theta_F = \theta_V - \theta_I < 0$
- P_F absorbée $= 0$
- Q_F absorbée < 0
- la charge produite de l'énergie réactive



Remarque : $|\bar{V}_F| > |\bar{V}_S|$

$$\boxed{V_S - V_F = \Delta V_{max}} \quad ?$$

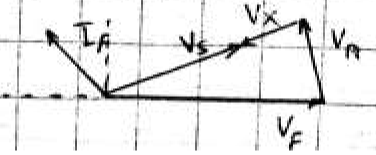
$\phi = \theta_F$



$\overline{\Delta V} = \bar{V}_S - \bar{V}_F = \text{maximum} = \vec{V}_L$

$180° > \theta_F > 90°$?

$\cos\theta_F < 0$



http://eltblida.blogspot.com/p/reseaux-electriques.html

$P_f < 0$: puissance absorbée négative

→ la charge produit de la puissance active et se comporte comme un générateur.