1. Présentation

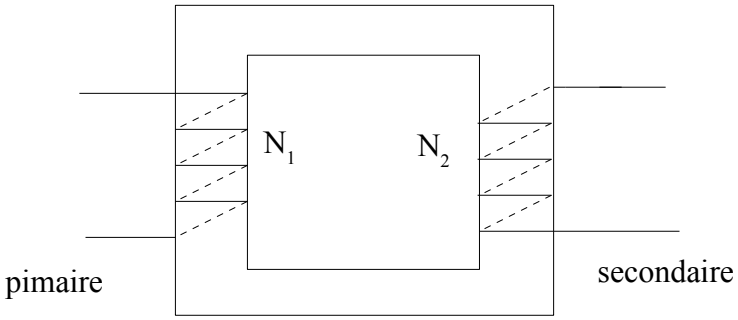
a) Fonction

Un transformateur est un convertisseur statique d'énergie. Il transfère l'énergie qu'il reçoit en modifiant la valeur efficace de la tension.

tension alternative de valeur efficace U_1 et de fréquence f → transformateur → tension alternative de valeur efficace U_2 et de même fréquence f

b) Description

Un transformateur est constitué d'un circuit magnétique (fer) sur lequel sont disposés deux bobines de cuivre : le primaire et le secondaire.



circuit magnétique

On note N_1 le nombre de spires du primaire et N_2 le nombre de spires du secondaire.

On appelle rapport de transformation m le rapport du nombre de spires du secondaire sur le nombre de spires du primaire.

$$m = \frac{N_2}{N_1}$$

m est sans dimension

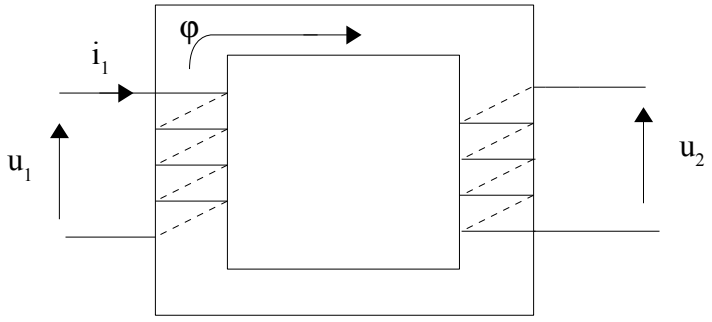
si m < 1 le transformateur est abaisseur de tension

si m > 1 le transformateur est élevateur de tension

c) Fonctionnement

Lorsqu'on alimente le primaire par une tension u_1 sinusoïdale, il apparaît aux bornes du secondaire une tension u_2 sinusoïdale, de même fréquence que u_1, mais de valeur efficace différente.

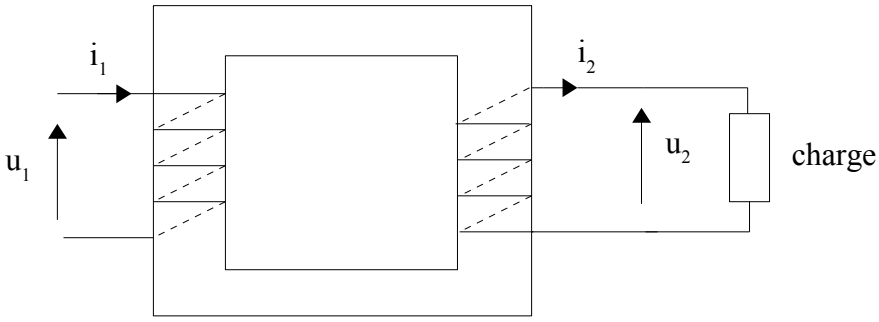
Interprétation : Le courant i_1, sinusoïdal, produit dans le primaire un champ magnétique et donc un flux magnétique φ sinusoïdal, qui est canalisé par le circuit magnétique et traverse le secondaire. Le flux étant sinusoïdal, il induit des f.é.m. aux bornes du primaire et du secondaire : il apparaît une tension u_2 aux bornes du secondaire.



Remarque : Le transformateur ne fonctionne pas sous tension continue, car dans ce cas il n'y a pas d'induction électromagnétique.

d) Conventions de représentation

Lorsque le transformateur alimente une charge, il délivre un courant i_2 au secondaire.



le primaire est représenté en convention récepteur

le secondaire est représenté en convention générateur

conventions choisies du point de vue du transformateur.

e) Symboles

Il existe plusieurs symboles.



f) Plaque signalétique

Elle comporte plusieurs indications :

- la valeur efficace U_{1N} de la tension nominale d'alimentation du primaire du transformateur : c'est celle préconisée par le constructeur ;
- la valeur efficace U_{2N} de la tension nominale obtenue en charge aux bornes du secondaire ;
- la puissance apparente S_N du transformateur ;
- la fréquence des grandeurs électriques.

De ces indications on déduit les valeurs efficaces des courants primaire et secondaire :

$$I_{1N}=\frac{S_N}{U_{1N}} \quad \text{et} \quad I_{2N}=\frac{S_N}{U_{2N}}$$

2. Transformateur parfait

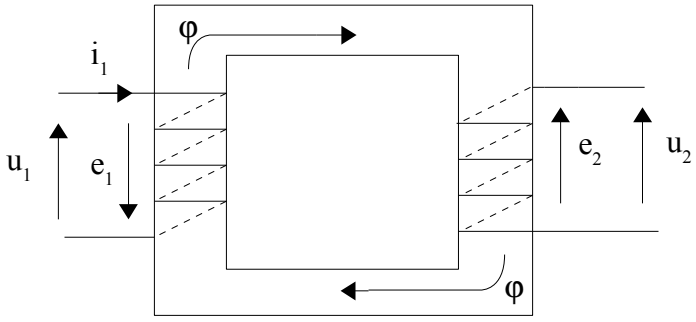
a) Hypothèses

Dans un transformateur parfait toutes les pertes énergétiques sont négligées. Cela implique :

- pas de pertes joules donc les résistances R_1 et R_2 des enroulements primaire et secondaire sont nulles ;
- pas de pertes par échauffement dans le fer ;
- tout le flux magnétique créé par le primaire traverse le secondaire.

b) Relation entre les tensions

D'après la loi de Faraday, on a : $e_1 = - u_1 = - d\phi/dt = - N_1.d\varphi/dt$ et $e_2 = u_2 = - d\phi/dt = - N_2.d\varphi/dt$



De ces relations on déduit : $m = \frac{N_2}{N_1} = -\frac{u_2}{u_1}$

La relation entre les valeurs efficaces des tensions vaut : $\boxed{m = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1}}$

c) Relation entre les courants

Puisque le transformateur parfait n'a pas de pertes énergétiques, toute la puissance absorbée au primaire est transférée au secondaire : $u_1.i_1 = u_2.i_2$.

d'où : $\frac{u_2}{u_1} = \frac{i_1}{i_2}$ et finalement : $\boxed{m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}}$

le rapport des courants est l'inverse du rapport des tensions.

d) puissances

On a vu que $U_1.I_1 = U_2.I_2$ et que $P_1 = U_1.I_1.\cos\varphi_1 = P_2 = U_2.I_2.\cos\varphi_2$ par conséquent $\cos\varphi_1 = \cos\varphi_2$

Par conséquent on a :

$$\boxed{P_1 = P_2 \; ; \; Q_1 = Q_2 \text{ et } S_1 = S_2}$$

3. Transformateur réel

a) Les différentes pertes de puissances

i) Pertes par effet Joule

C'est l'énergie dissipée dans les résistances R_1 et R_2 du primaire et du secondaire. Déterminées à l'aide de l'**essai en court-circuit.**

$$\boxed{P_J = R_1.I_1^2 + R_2.I_2^2}$$

ii) Pertes par hystérésis

Le fer constituant le circuit magnétique du transformateur dissipe de l' énergie sous forme de chaleur. Ces pertes dépendent de la surface du cycle d'hystérésis de ce matériau : plus le cycle est étroit, plus les pertes sont faibles. A tension U_1 et fréquence f constantes, ces pertes P_H sont constantes.

iii)Pertes par courants de Foucault

Le flux magnétique variable dans le fer du circuit magnétique y induit des tensions. Le fer est parcouru par des courants, entraînant une dissipation de puissance sous forme de chaleur : Ce sont les pertes par courant de Foucault P_{CF}. Pour les limiter, on « feuillette » le circuit magnétique en le fabriquant avec des tôles empilées, séparées les unes des autres par un isolant. A tension U_1 et fréquence f constantes, ces pertes P_{CF} sont constantes.

On note P_F la somme des pertes dues au fer : $P_H + P_{CF}$. Elles sont déterminées à l'aide de l'**essai à vide.**

b) Bilan de puissance

puissance absorbée : $P_1 = U_1.I_1.\cos\varphi_1$ → transformateur → puissance utile : $P_2 = U_2.I_2.\cos\varphi_2$

transformateur → puissance perdue : $P_P = P_J + P_F$

On a les relations :

$$P_1 = P_2 + P_P \text{ et } \eta = \frac{P_2}{P_1}$$

4. Rôle des transformateurs dans le transport et la distribution d'énergie

a) Pertes d'énergie lors du transport

Un utilisateur consomme une puissance $P = U.I.\cos\varphi$. Le centre de production (centrale électrique) est souvent très éloigné de l'utilisateur. La puissance est transportée par les fils électriques, ceux-ci ayant une résistance de ligne R_L. Les pertes en ligne ont pour valeur : $P_L = R_L.I^2$.

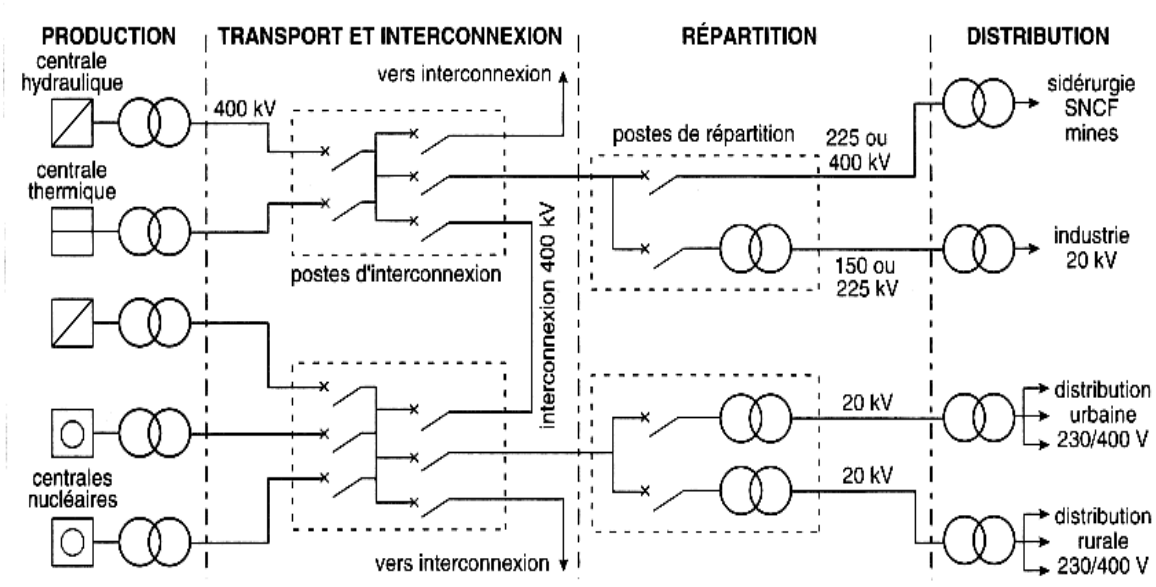
On déduit que : $P_L = R_L.(P/(U.\cos\varphi))^2$

Plus la tension U est élevée, plus les pertes en ligne sont faibles : Il convient de transporter l'énergie électrique sous haute tension.

b) Rôle des transformateurs

Les centrales de productions délivrent des tensions de 20 kV. Ces tensions sont élevées en sortie de centrale jusqu'à 400 kV avant d'être transportées jusqu'aux lieux d'utilisation.

Selon l'utilisation, elles sont alors abaissées à 225 kV, 150 kV ou 20 kV.



Dans le cadre de l'électricité domestique, elles sont abaissées à 20 kV pour un secteur puis à 230 V pour alimenter les habitations : ce sont les transformateurs 20 kV / 230 V que l'on trouve près de chaque quartier d'habitation.

Les pertes en ligne étant proportionnellement plus faibles en triphasé, le transport de l'énergie électrique est réalisé par des lignes triphasées. Les transformateurs utilisés sont donc des transformateurs triphasés.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر