

LE TRANSFORMATEUR

I- Généralité :

Machine électrique statique (c'est-à-dire sans **pièces en mouvement**) qui convertit l'**énergie en courant alternatif (monophasé ou polyphasé)** d'une certaine **fréquence** et tension, en énergie de même fréquence et de tension différente.

Cette **conversion** se fait par **induction électromagnétique** entre **deux circuits**. Le but du transformateur est de faire varier entre les **deux circuits** les paramètres de la puissance électrique, c'est-à-dire d'augmenter la valeur de la tension et d'abaisser de manière inversement proportionnelle celle du courant et vice versa.

Un exemple type de l'utilité de cette transformation est donné par le transport de l'énergie électrique : pour réduire les **pertes de ligne (effet Joule)**, il faut avoir de hautes tensions et de faibles courants alors que, pour des raisons de sécurité et d'**isolation**, les appareils de réception doivent fonctionner avec des tensions plus faibles.

II- Transformateur monophasé :

Le transformateur le plus simple est le transformateur monophasé à **deux enroulements**, qui, dans ses éléments essentiels, est composé d'un noyau en matériau électromagnétique feuilleté avec des **entrefers** très minces, qui constitue le circuit magnétique principal du transformateur ; **deux enroulements fixes (inducteur et induit)**, de type concentré, électriquement indépendants et enroulés sur le noyau.

Le transformateur monophasé est pourvu de **quatre bornes** : les **deux bornes** de l'**enroulement primaire**, qui sont reliées à la ligne d'alimentation à **tension V1**, les deux bornes de l'**enroulement secondaire**, qui sont en liaison avec l'**impédance de charge**, soumise à une **tension V2**.

En désignant par **N1** et **N2** respectivement le nombre de **spires** des enroulements primaire et secondaire et par **I1** et **I2** leurs courants respectifs, on trouve les **relations approximatives** suivantes :

$V_1 V_2 = I_1 I_2 = N_1 N_2$, d'où il s'ensuit que, avec les variations de la tension (et, par conséquent du courant, il suffit de faire varier le rapport du nombre de spires **$r = N_1/N_2$** (appelé **rapport des spires**).

Si on a **$r > 1$** , c'est-à-dire si **$N_1 < N_2$** , le transformateur est élévateur.

Dans la pratique on définit aussi le **rapport de transformation** entre les **deux f. e. m.**, c'est-à-dire le rapport entre les tensions à vide primaire et secondaire (rapport des spires et rapport de transformation sont pratiquement égaux).

III- Transformateur triphasé :

Un transformateur triphasé à **deux enroulements** est constitué par un seul noyau en matériau **ferromagnétique feuilleté**, formé par **trois « colonnes »** de même section et par **deux culasses** qui les relient à la partie supérieure et inférieure.

Pour le rapport de transformation, la relation donnée pour le transformateur monophasé $V_1V_2 = N_1N_2$, est valable pour un transformateur triphasé, seulement si le primaire et le secondaire ont le même type de couplage (le rapport des spires est en effet défini seulement par les spires N_{1f} et N_{2f} d'une même phase, indépendamment du type de couplage).

Dans les autres cas, la relation s'applique entre les tensions de phases et les tensions de lignes correspondantes peuvent être trouvées en tenant compte du couplage utilisé.

IV- Fonctionnement du transformateur monophasé :

Le transformateur fonctionne avec le primaire alimenté par une ligne de **tension constante V_1** .

On distingue un fonctionnement à vide, quand le secondaire n'est pas lié à une charge, et un fonctionnement à charge, quand le secondaire alimente un **récepteur**.

- **Dans le fonctionnement à vide**, le transformateur absorbe de la ligne seulement le **courant**

I_{10} nécessaire pour la magnétisation de son propre circuit magnétique, laquelle y produit un flux magnétique, et dans le circuit secondaire une **f. e. m. E_{20}** .

Dans le circuit secondaire, on n'a pas de circulation de courant ($I_2 = 0$), **I_{10}** est pratiquement déplacé de **90°** par rapport à **V_1** et la puissance absorbée est très petite.

- **Dans le fonctionnement en charge**, la **f. e. m.** créée dans le secondaire, fermée sur une

Charge, produit la circulation d'un courant **I_{20}** .

Pour maintenir le flux magnétique, il faut donc que dans le primaire aussi circule un courant I_1 qui compense la f. m. m. produite par le courant secondaire I_2 .

En charge, le transformateur débite une puissance $V_2 I_2 \cos \psi_2$, où V_2 est la tension aux bornes du secondaire et ψ_2 l'angle entre I_2 et V_2 : cette puissance est égale à celle absorbée par le circuit primaire $V_1 I_1 \cos \psi_1$, où ψ_1 est l'angle entre V_1 et I_1 , moins les pertes du transformateur.

Dans le transformateur, on a des **pertes dans le cuivre**, dues à la circulation du courant aussi bien dans le circuit primaire que dans le circuit secondaire : ces pertes sont proportionnelles au carré du courant, et sont donc négligeables pendant le fonctionnement à vide.

On a en outre des **pertes dans le fer**, dues aux **courants parasites** et à l'**hystérésis magnétique** : ces pertes dépendent du flux magnétique dans le circuit magnétique, donc de la tension d'alimentation V_1 , et peuvent ainsi être considérées comme constantes, même avec les variations de la charge.

V- **Caractéristiques des transformateurs :**

Les transformateurs sont placés dans des installations électriques modernes, aussi bien de transmission que de distribution de l'énergie électrique à courant alternatif.

La fréquence a une valeur de **50 Hz** en **Europe**, de **60** aux **Etats – Unis** et ailleurs. La puissance des transformateurs couvre toute la gamme possible : de **quelques VA** aux **centaines de milliers de kVA**, avec des tensions de quelques **dizaines** à plusieurs centaines de milliers de k volts.

Avec l'augmentation de la puissance croît aussi la nécessité d'éliminer la chaleur produite par les pertes dans le transformateur. Pour cela, sauf pour les exemplaires de très faibles puissances, les transformateurs sont placés dans une cuve métallique contenant de l'**huile minérale** de forte **isolation**, qui améliore le refroidissement des conducteurs.

Le **rendement** des transformateurs est toujours très élevé et peut atteindre la valeur de **0,99** pour les transformateurs de grande puissance.

Outre les **transformateurs industriels**, on peut citer : les transformateurs utilisés dans la technologie des **communications électriques**, pour les quels les modalités de fabrication changent en relation avec la fréquence plus élevée (plusieurs centaines de milliers de Hz) ; les transformateurs de **mesure voltométriques** et **ampéremétriques** (appelés aussi réducteurs de tension et de courant), utilisées pour mesurer respectivement des tensions élevées ($N_1/N_2 > 1$) et de fortes intensités de courant ($N_1/N_2 < 1$), ou bien pour alimenter des circuits de mesure contenant des **wattmètres**.