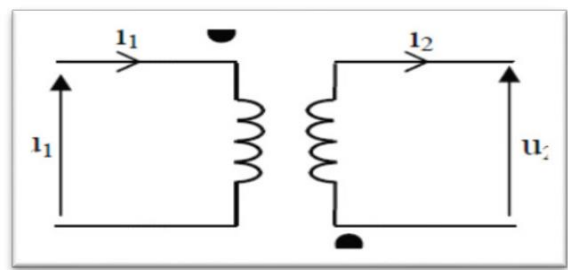
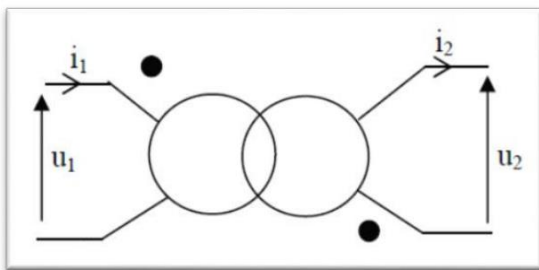


Chapitre VI)- Moyens de protection du transformateur électrique

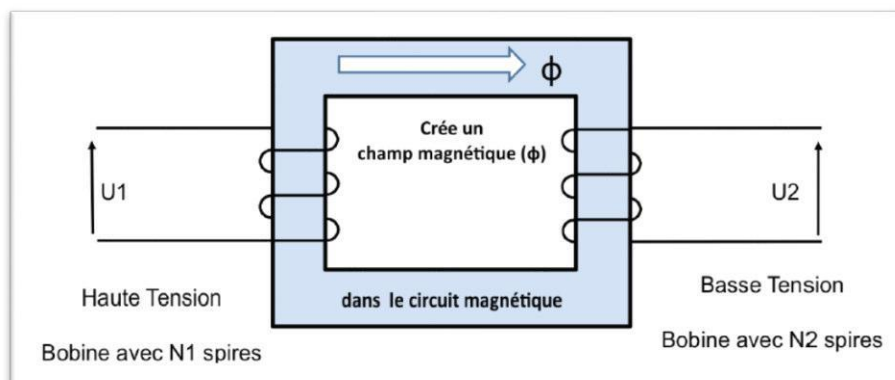
Le transformateur est une machine électrique statique, appelé aussi convertisseur statique à induction, il comporte deux ou plusieurs enroulements fixes, destiné à transformer la tension et le courant alternatifs, à une tension et courant alternatifs de même fréquence mais d'amplitudes différentes selon les besoins d'utilisation.

La protection est une question à traiter de vue économique, en considérant la probabilité d'un type de défaut, les conséquences de sa manifestation éventuelle (perte de production, coût de remise en état, dommage au matériel) et le coût de l'efficacité des protections destinées à l'empêcher ou à les limiter.

7.1- Symbole de transformateur :

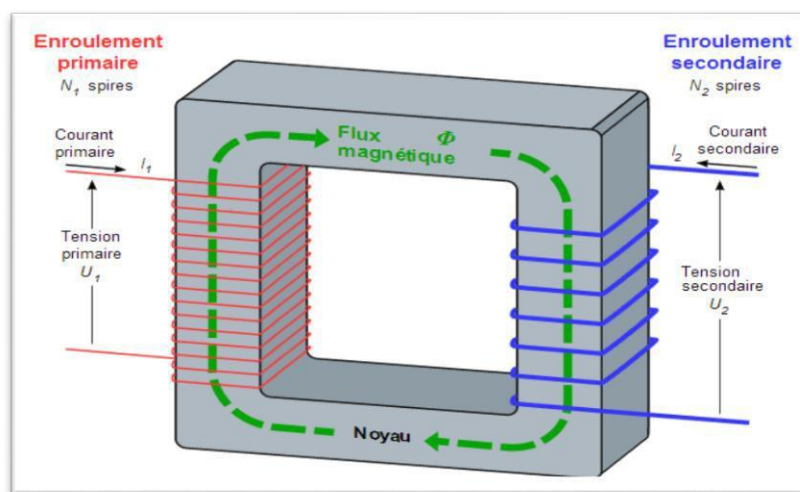


7.2- Schéma :

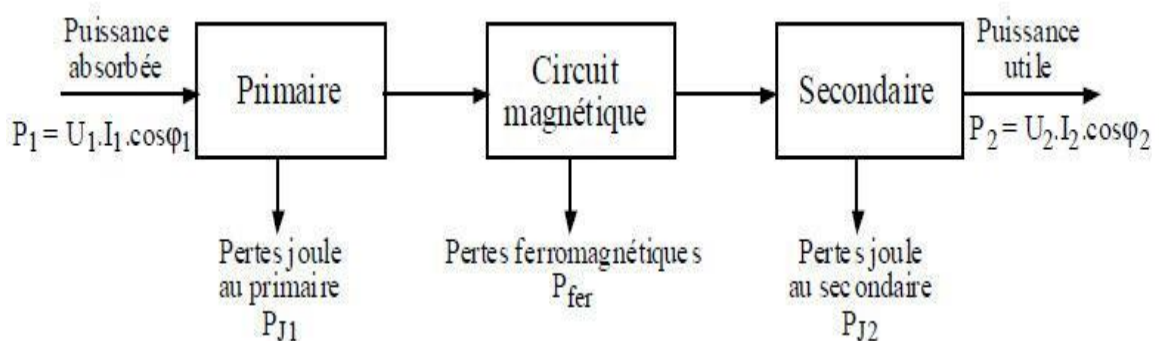


7.3-Principe de fonctionnement :

Un transformateur comprend essentiellement deux circuits électriques montés sur un **circuit** magnétique, l'un des circuits électriques dit enroulement primaire comporte N_1 spires étant raccordé à une source de tension alternatif U_1 , le courant I_1 qui traverse cet enroulement donne naissance à un flux ϕ_m dans le circuit magnétique. Ce flux induit une force électromotrice dans le deuxième enroulement dit « enroulement secondaire » de N_2 spires aux bornes duquel apparaît une tension U_2 .



7.4-Bilan de puissance :



- Bilan de puissance est égal à : $P_1 = P_{J1} + P_{fer} + P_{J2} + P_2$

- **Rendement :**

Le rendement de transformateur par définition égale le rapport de la puissance fournie par le secondaire sur la puissance absorbée au primaire.

Rendement est égal à : $\eta = P2/P1$

7.6 - Rapport de transformation (m) :

$$m = U2/U1 = N2/N1$$

Ou :

U2 : Tension au primaire .

U1 : Tension au secondaire .

N2 : Nombre de spires de l'enroulement secondaire .

N1 : Nombre de spires de l'enroulement primaire.

Utilisations des transformateurs :

Les transformateurs de puissance sont des appareils très employé dans les réseaux électriques et les applications industriels.

- La sortie des centrales électriques,
 - Le transport d'énergie électrique,
 - La distribution d'énergie électrique,
 - Les applications industrielles (transformateur de four et sous-station ferroviaires).
- Un transformateur peut assurer deux fonctions :
- élever ou abaisser une tension alternative monophasée ou triphasée,
 - assurer l'isolation entre deux réseaux électriques (isolation galvanique entre deux réseaux électriques).

7.7- Différents types de protections

Le transformateur est un élément particulièrement important du réseau électrique. Il est nécessaire de le protéger efficacement contre tous les défauts susceptibles de l'endommager qu'ils soient internes ou externes.

7.7.1- Protections internes :

a)- Relais BUCHHOLZ :

Les arcs qui prennent naissance à l'intérieur de la cuve d'un transformateur décomposent certaine quantité d'huile et provoquent un dégagement gazeux.

Les gaz produits montent vers la partie supérieure de la cuve de transformateur et de là vers le conservateur à travers un relais mécanique appelé relais BUCHHOLZ. Ce relais est sensible à tout mouvement de gaz ou d'huile. Si ce mouvement est faible, il ferme un contact de signalisation (alarme BUCHHOLZ). Par ailleurs, un ordre de déclenchement est émis au moyen d'un autre contact qui se ferme en cas de mouvement important. Les gaz restent enfermés à la partie supérieure du relais, d'où ils peuvent être prélevés, et leur examen permettent dans une certaine mesure de faire des hypothèses sur la nature de défauts :

- Si les gaz ne sont pas inflammables on peut dire que c'est l'air qui provient soit d'une poche d'air ou de fuite d'huile.

- Si les gaz s'enflamment, il y a eu destruction des matières isolantes donc le transformateur doit être mis hors service

- Analyse visuelle, si le gaz est : Incolore : c'est de l'air. On purge le relais et on remet le transformateur sous tension.

Blanc : c'est qu'il y a échauffement de l'isolant.

Jaune : c'est qu'il s'est produit un arc contournant une cale en bois.

Noir : c'est qu'il y a désagrégation de l'huile.

Cette protection sera à deux niveaux pour le transformateur : le premier donnera un signal d'alarme, le second un signal de déclenchement.

b)- Protection masse cuve :

Une protection rapide, détectant les défauts internes au transformateur, est constituée par le relai de détection de défaut à la masse de cuve. Pour se faire, la cuve du transformateur, ses accessoires, ainsi que ses circuits auxiliaires doivent être isolés du sol par des joints isolants.

La mise à la terre de la cuve principale du transformateur est réalisée par une seule connexion courte qui passe à l'intérieur d'un transformateur de courant tore qui permet d'effectuer la mesure du courant s'écoulant à la terre.

Tout défaut entre la partie active et la cuve du transformateur est ainsi détecté par un relai de courant alimenté par ce TC. Ce relai envoie un ordre de déclenchement instantané aux disjoncteurs primaires et secondaires du transformateur.

Une protection de cuve sera prévue contre les défauts à la terre qui se produisent à l'intérieur du transformateur. La cuve du transformateur doit être isolée de la terre.

c)- Protection thermique :

Sur le transformateur sont montés plusieurs thermomètres et des images thermiques donnant une image de la température du cuivre. Depuis quelques années des fibres optiques sont aussi installées dans les enroulements permettant une mesure plus fine et plus rapide de cette température

7.7.2 - Protection externes :

- Protection des surtensions :

Deux moyens de protection contre les surtensions sont utilisés de manière large, les éclateurs et les parafoudres :

-**Eclateur** : est un dispositif simple constitué de deux électrodes dans l'air. la limitation de tension aux bornes est effectuée par l'amorçage d'intervalle d'air.

- **Parafoudre** : permettent de se débarrasser de ce comportement néfaste car ils présentent un comportement réversible. Ce sont des résistances fortement non-

linéaires qui présentent une diminution importante de leur résistance interne au-dessus d'une certaine valeur de tension aux bornes.

a)- Protection à maximum d'intensité :

Des relais reliés à des transformateurs de courant (équivalents d'un ampèremètre en haute tension) déclenchent le transformateur suite à une surintensité temporaire, fixée selon un seuil. Ces unités de protection agiront contre le défaut externe (défaut entre les phases et défaut entre phase et terre).

Trois relais à maximum de courant de phase à deux seuils (seuils bas et seuils haut) temporisés pour la protection contre les défauts entre les phases.

- un relais à maximum de courant homopolaire à deux seuils (seuils bas et seuils haut) temporise, désensibilisé à l'harmonique trois pour la protection contre les défauts de la terre.

b)- Protection différentielle :

La protection différentielle est obtenue par la comparaison de la somme des courants primaires à la somme des courants secondaires. L'écart de ces courants ne doit pas dépasser une valeur i_0 pendant un temps supérieur à t_0 , au-delà il y a déclenchement. Cette protection à une sélectivité absolue, il lui est demandé plus d'être très stable vis-à-vis des défauts extérieurs.

Le principe de fonctionnement de la protection est basé sur la comparaison des courants entrants et des courants sortants du transformateur.

Cette protection s'utilise :

- pour détecter des courants de défaut inférieurs au courant nominal,
- pour déclencher instantanément puisque la sélectivité est basée sur la détection et non sur la temporisation

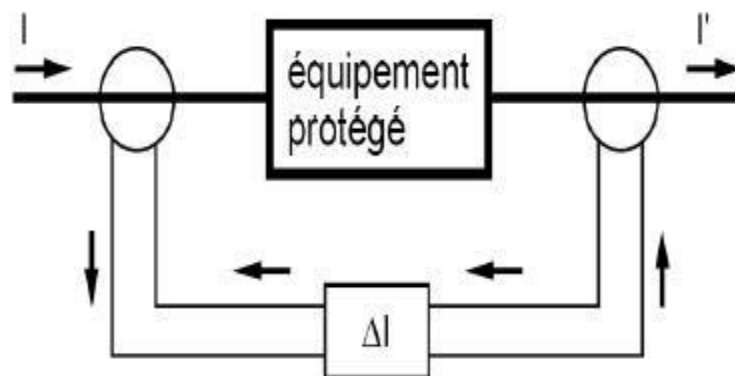


Figure7.4 : Protection différentielle :

7.7.3 - Courants de fuite :

Les installations électriques BT présentent des courants de fuite permanents, qui ne sont pas dus à des défauts, mais aux caractéristiques mêmes des isolants des appareils et des conducteurs.

Leur valeur est généralement de quelques milliampères dans une installation en bon état et n'entraîne pas de disjonction intempestive. Le développement des récepteurs intégrant de plus en plus d'électronique avec alimentations à découpage et filtrage associés, il en résulte des courants de fuite plus élevés. Un seul poste informatique qui comprend plusieurs appareils (unité, écran, imprimante, scanner...) peut présenter un courant de fuite de quelques milliampères.

L'alimentation de plusieurs postes à partir d'une même prise ou d'un même circuit peut donc rapidement entraîner un courant total de fuite faisant déclencher les différentielles hautes sensibilités.

7.7.4-Courants transitoires :

Les effets capacitifs de l'installation, les surtensions de manœuvre sur circuits inductifs, les décharges électrostatiques, les chocs de foudre sont autant de phénomènes momentanés qui ne sont pas des défauts au sens propre et pour lesquels les dispositifs différentiels doivent être immunisés.

Des composantes continues de courant peuvent circuler suite à des défaillances de certaines alimentations électroniques. Celles-ci peuvent modifier voire annihiler le fonctionnement des différentiels s'ils ne sont pas protégés en conséquence.

7.8-Les solutions :

7.8.1- Courants de fuite élevés :

- diviser et protéger indépendamment les circuits afin de limiter le nombre d'appareils pour chacun en s'assurant de la sélectivité verticale.
- utiliser des appareils de classe II quand ils existent.
- alimenter par un transformateur de séparation les appareils à risque de fuite important.
- utiliser des différentiels de type Hpi dont la courbe de déclenchement est mieux adaptée.

7.8.2-Courants transitoires :

- limiter ceux-ci en assurant une bonne équipotentialité de l'installation .
- utiliser des câbles avec un conducteur de protection relié à la terre même si celui-ci n'est pas utilisé (alimentation d'appareils de classe II), les câbles sans conducteur de protection pouvant générer des transitoires par effet capacitif.
- utiliser des différentiels retardés (type s), qui laissent passer les courants transitoires pendant la phase de retard, ou de préférence des différentiels Hpi qui assurent une bonne immunité aux courants transitoires (limitation des déclenchements) tout en conservant une sécurité optimale de la protection (rapidité).