

Chapitre III Protection du transformateur

Introduction :

Les protections ont des fonctions multiples car elles doivent protéger le matériel de la destruction ou de la détérioration à la suite de défauts (court-circuit, surcharge surtension etc...), et assurer l'exploitation normale de l'ensemble de l'installation avec ses équipements (pilotage, délestage...), et assurer la sécurité du personnel.

III.1.Généralités :

Interface entre la moyenne et la basse tension, le transformateur subit les perturbations aussi bien des réseaux situés en amont (coups foudre, coupures de ligne,etc.) qu'en aval. Les variations anormales de la température ambiante ou de la charge peuvent provoquer un échauffement des enroulements susceptible de compromettre la durée de la vie de l'appareil.

Les systèmes de protection :

- Les appareils de protection contre les défauts situés en amont, généralement sur le réseau du distributeur d'énergie (parafoudre et limiteurs de surtension)
- Les cellules de protection par fusible ou par disjoncteur contre les courts-circuits
- Le relai Buchholz appareils de protection spécifique aux transformateur immergé ils ont pour mission non seulement de signaler toute anomalie, mais aussi de donner l'alarme et de provoquer déclenchement des qu'ils détectent un dégagement gazeux ou une élévation de température anormale du diélectrique.
- Les sondes PTS placée entre le circuit magnétique et les enroulements BT des transformateurs secs enrobés elles détectent des seuils de température pour donner l'alarme et provoquer le déclenchement. [15]

III.2.Principe de base de la protection :

III.2.1.Protections ampermétriques et voltmétriques :

A. Protections ampermétriques :

Cette protection permet d'éviter les surintensités dangereuses en :

- Valeur

- Temps

Le relais thermique protège le système contre les courants de surcharge.

Le relais électromagnétique intervient pour protéger le système contre les courants de court-circuit. La coupe circuit à fusible est un appareil de connexion capable de protéger le système contre les surintensités

- Cartouches gI, gII sont à usage général (Protègent le système contre tous les types de surintensités)
- Cartouches aM assurent la protection du système contre les surintensités fortes.



Figure III.1 : Coupe circuit à fusible

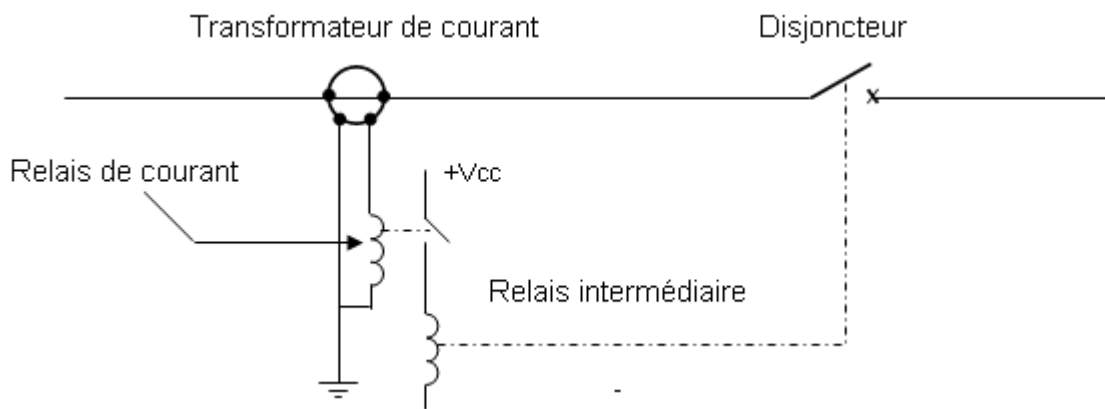


Figure III.2 : Protection ampermétriques (Schéma d'une phase)

B. Protection voltmétriques :

Elle fonctionne instantanément ou avec temporisation quand la tension dans le circuit à protéger atteint ou dépasse une valeur déterminée (réglage). Les transformateurs de tension assurent l'isolement galvanique et l'adaptation aux circuits de mesures.

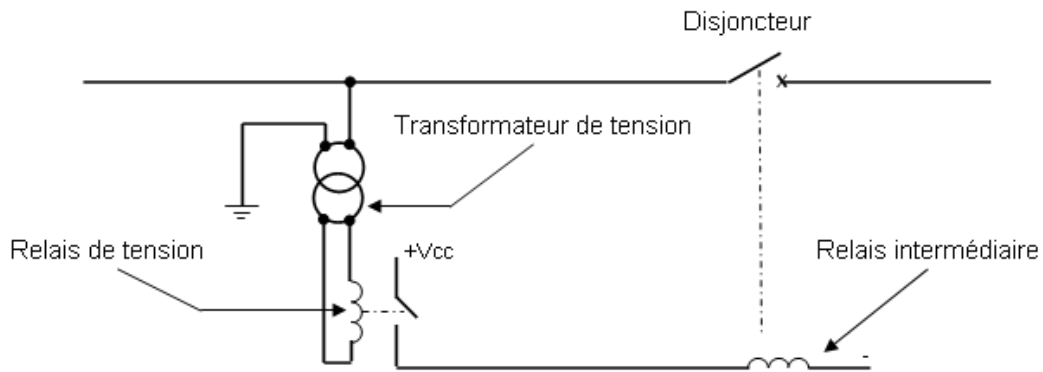


Figure III.3 : Protection voltmétriques (schéma d'une phase)

III.2.2. Mode de sélectivité :

Une protection est dite sélective si un défaut survenu en un point quelconque du circuit est éliminé par l'appareil de protection situé immédiatement en amont du défaut et lui seul.

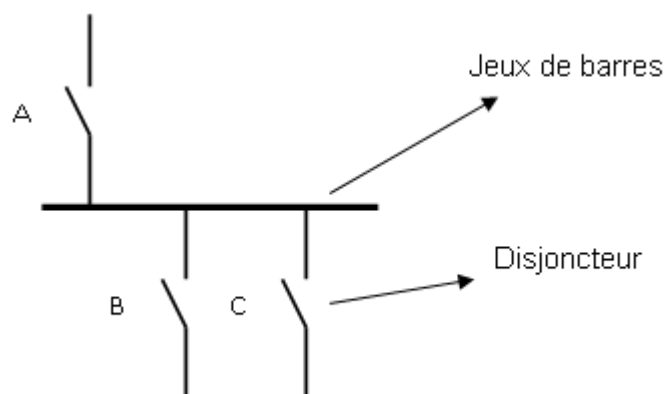


Figure III.4 : Sélectivité totale

Si le déclenchement du disjoncteur aval (B) n'entraîne jamais le déclenchement du disjoncteur amont (A), quelle que soit la valeur du courant de défaut : LA SELECTIVITE EST DITE TOTALE

❖ Sélectivité ampèremétrique

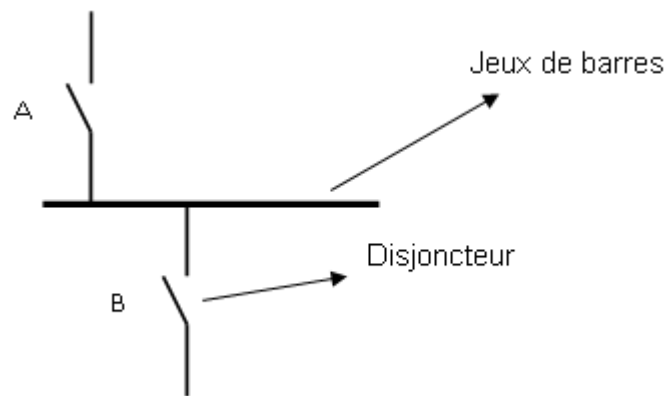


Figure III.5 : Sélectivité ampèremétriques

Le courant de court-circuit en aval du disjoncteur B est I_{ccB} la valeur de déclenchement du disjoncteur A est I_{RA} dans ce cas :

- Si le courant $I_{RA} > I_{ccB}$ la sélectivité est dite totale
- Si le courant $I_{RA} < I_{ccB}$ la sélectivité est dite partielle
-

❖ Sélectivité chronométrique

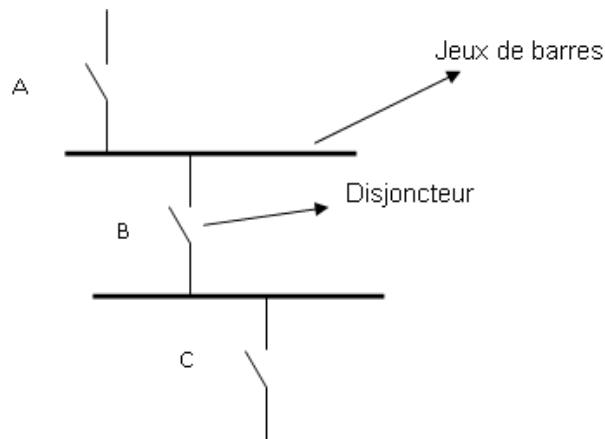


Figure III.6 : Sélectivité chronométrique

Le disjoncteur C est un disjoncteur à action rapide, tandis que les autres disjoncteurs sont à action retardée (le disjoncteur B à 0.3s, le disjoncteur A à 0.6s). La différence des temps de fonctionnement t entre deux protections consécutives constitue l'intervalle de sélectivité. Il doit prendre en compte :

- Le temps de coupure du circuit T_c

- Les tolérances sur la temporisation dt
- Le temps de retour au repos de la protection tr

Le temps t vérifie de ce fait la relation $t = T_c + tr + 2dt$. Etant donné les performances actuelles des dispositifs de coupure et des relais, la valeur qui est utilisée pour t se situe entre 200 et 300 ms pour deux disjoncteurs consécutifs.

❖ Sélectivité logique

Ce principe est utilisé lorsqu'un temps court d'élimination de défaut est exigé. L'échange de données logiques entre des protections consécutives élimine les intervalles de sélectivité. Dans des réseaux en anneau, les protections situées en amont du point de défaut sont activées alors que celles situées en aval ne le sont pas ; ceci permet de localiser clairement le point de défaut et le disjoncteur à déclencher. Chaque protection qui est activée par le défaut envoie :

- Un ordre de blocage au niveau amont (ordre qui augmente la temporisation du relais amont)
- Un ordre de déclenchement au disjoncteur concerné à moins qu'il n'ait lui-même reçu un ordre de blocage de l'aval.

La temporisation est utilisée comme secours. [8]

III.3. Perturbation électrique

L'installation électrique permet de fournir l'énergie électrique nécessaire au bon fonctionnement des récepteurs. Ceux-ci consomment une puissance électrique dont l'expression est fonction de l'intensité du courant qui traverse le récepteur et de la tension à ses bornes.

Une augmentation ou une diminution anormale des grandeurs nominales dans un circuit électrique constitue un défaut ou une perturbation. Ce sont le plus souvent les variations anormales de la tension, de l'intensité et de la fréquence qui sont à l'origine de ces perturbations.

III.3.1 Surtension :

Un réseau électrique possède en générale une tension normale : on parle aussi de tension nominale. En basse tension, cette tension nominale peut être par exemple de 230V entre phase et neutre. En moyenne tension, celle-ci est normalisée à 20kV (entre phase) et 11.5kV (entre phase).

Le réseau peut se trouver accidentellement porté à une tension supérieure de sa tension nominale : on parle alors de surtension. Les surtensions sont une des causes possibles de défaillances d'équipements électriques ou électroniques, bien que ceux-ci soient de mieux en mieux protégés contre ce type d'incident.

Les surtensions sont dangereuses dans un réseau de distribution car elles soumettent les isolants à des contraintes qui risquent de les détruire ou du moins de les vieillir.

A. Différents type de surtension dans les réseaux électriques

- ☞ Surtension permanente : d'une durée de plusieurs heures (l'effet Ferranti peut être une cause de surtension permanente).
- ☞ Surtension temporaire : d'une durée d'une ou de plusieurs secondes. Un court-circuit d'une des phases d'un réseau triphasé à la terre (défaut d'isolement d'un câble HT par exemple) peut produire une surtension temporaire sur les autres phases (phénomène non négligeable en haute tension). Les systèmes de régulation de tension des alternateurs peuvent aussi créer des surtensions temporaires lors de phénomènes transitoires. La Ferro résonance est une surtension transitoire ou temporaire.
- ☞ Surtension de manœuvre : liée à la manœuvre d'un disjoncteur ou d'un sectionneur, d'une durée de quelques dizaines microsecondes à quelques millisecondes. La manœuvre d'un sectionneur dans un poste électrique à isolation gazeuse engendre en particulier des surtensions à fronts très raides.
- ☞ Surtension de foudre : due au foudroiement d'une ligne à haute tension.

Les surtensions peut être causées par :

- ✓ Contact avec une ligne de plus forte tension.
- ✓ Coupure brutale d'une ligne.
- ✓ Coups de foudre directs ou indirects.

Les conséquences des surtensions sont :

- ✓ Dans le cas où la surtension persiste, elle risque d'entraîner des surcharges dangereuses pour les récepteurs et même pour les générateurs.

- ✓ En cas de claquage de l'isolant, elles ont pour conséquence immédiate un court-circuit même s'il s'agit seulement d'un arc dans l'air, celui-ci persister sur les réseaux de tension supérieure à quelques milliers de Volts, même après disparition de la surtension.

On a alors le courant de suite qui ne sera coupé que par isolement de la ligne ou de l'appareil atteint.

- ✓ Les surtensions de longue durée augmentent le courant magnétisant des transformateurs, d'autant plus que leur circuit magnétique est saturé.

III.3.2.Court-circuit :

Un court-circuit est la disparition intempestive de l'isolement relatif de deux conducteurs de tensions différentes à la même source, sans interposition d'une impédance convenable.

Le court-circuit peut être causé par :

- ✓ Installations intérieures : frottement – écrasement – rupture de conducteur contact avec le conducteur voisin
- ✓ Lignes aériennes : coup de foudre – balancement de conducteur chutés du branches
- ✓ Lignes souterraines : mouvement de terrain – infiltration d'humidité – coup de pioche
- ✓ Postes : avarie d'un appareil – vieillissement, détérioration ou claquage des isolants.

Les conséquences des surintensités sont :

- ✓ La chaleur de l'arc ou celle dépensée dans le contact imprévu, peut faire fondre les métaux environnants, carboniser les isolants et même déclencher les incendie.
- ✓ Les efforts électrodynamiques des courants de court-circuit sont très dangereux, les enroulements des transformateurs sont véritablement secoués. Ils peuvent même causer un décalage de galettes.
- ✓ L'échauffement de tous les conducteurs traversés par le courant de court-circuit est très important, il concentre ses effets sur les points faibles : bornes des transformateurs.
- ✓ Les effets de la chute de tension, s'ils font courir moins de danger au matériel, n'en sont pas moins gênants, la tension devient quasi-nulle au voisinage du court-circuit.[16]

III.3.3.Surcharge :

Les surcharges sont dues essentiellement à une augmentation de la demande d'énergie, mais parfois aussi à un dimensionnement incorrect des équipements qui composent les installations électriques.

Les surcharges se caractérisent par des courants supérieurs aux courants maximums admissibles. Si ces courants se maintiennent trop longtemps ils peuvent d'une part endommager les matières isolantes et d'autre part provoquer la rupture des conducteurs par suite de la dégradation de leur résistance mécanique.

Les conséquences des surcharges sont :

Un régime de charge d'un transformateur au-delà des valeurs de la plaque signalétique a les conséquences suivantes :

- ✓ Les températures des enroulements, des calages, des connexions, des isolants et de l'huile vont augmenter, et peuvent atteindre des niveaux inacceptables.
- ✓ L'induction magnétique du flux de fuite en dehors, du circuit magnétique augmente et provoque un accroissement de l'échauffement par courant de Foucault dans les parties métalliques embrassées par le flux de fuite.
- ✓ Comme la température varie, les taux d'humidité et teneur en gaz dans l'isolation et dans l'huile sont modifiés.
- ✓ Les traversées, les changeurs de prises, les connexions d'extrémités de câble et les transformateurs de courant sont également soumis à des contraintes plus élevées qui réduisent leurs marges de conception et d'application.

Par conséquent il y a un risque de défaillance prématurée lié à l'augmentation des courants et des températures. Ce risque peut être d'un caractère à court terme immédiat ou résulter de l'effet cumulatif du vieillissement thermique de l'isolation du transformateur sur de nombreuses années.

III.3.4.Les décharges partielles :

Les phénomènes de décharge partielle (DP) sont des décharges disruptives localisées d'une petite partie d'un système d'isolement électrique solide ou liquide sous l'effet d'une forte contrainte de tension.

Si une DP ne conduit pas immédiatement à la mise hors service d'un appareil, elle est toutefois préjudiciable dans la mesure où elle conduit à une dégradation des matériaux (en particulier solides) sous l'action de diverses contraintes:

- ✓ Contrainte thermique générée localement par la décharge (par exemple carbonisation du carton d'un transformateur).
- ✓ Contrainte chimique due aux produits de dégradation générés par la décharge (par exemple ozone ou acide nitrique).

L'extension de la décharge est limitée soit parce que le champ électrique local n'est pas suffisant pour provoquer sa propagation totale (décharge couronne dans un gaz ou un liquide, par exemple), soit parce que la propagation est bloquée par un isolant dont le champ de claquage est plus élevé (en général un solide).

La détection et la surveillance des décharges partielles sont d'une importance capitale car les phénomènes de DP précèdent fréquemment un claquage d'isolant de l'équipement haut tension, pouvant entraîner des pannes et des réparations très coûteuses.

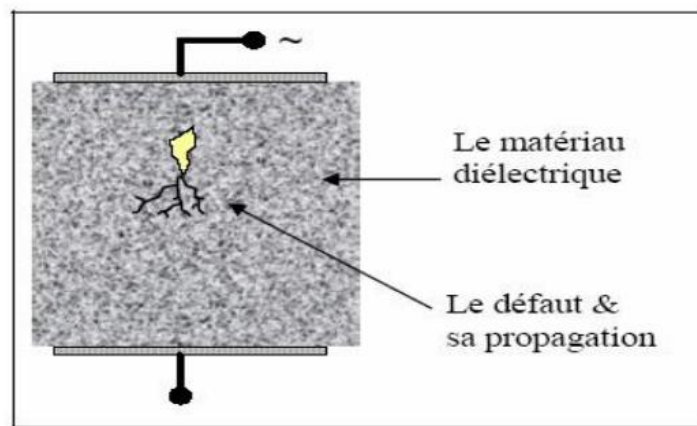


Figure III.7 : Décharge partielle dans un diélectrique

III.3.5. La foudre.

La foudre peut influencer de différentes manières sur le système d'information. Le foudroiement direct est très certainement le risque le plus rare. En revanche, les écarts de potentiels résultant du foudroiement d'un des réseaux en rapport avec le système est lui beaucoup plus courant : réseau électrique public, réseau électrique privé, réseau téléphonique, réseau de terre, etc.

Il en résulte des perturbations conduites ou rayonnées du type de celles que nous avons évoquées. Dans tous ces cas, l'énergie mise en jeu est suffisante pour occasionner des destructions. Indépendamment de ces cas, la foudre peut simplement être à l'origine de coupure de l'alimentation électrique, avec les conséquences qui en découlent au plan logique et en perte d'exploitation (cas des gros systèmes distribués) [15]

III.4.Moyenne de protection :

III.4.1. FUSIBLE

Protection des lignes de distribution Il existe principalement quatre types de fusibles :

- ♦ Les fusibles gG

Les fusibles gG sont des fusibles dit « protection générale », protègent les circuits contre les faibles et fortes surcharges ainsi que les courts-circuits.

- ♦ Les fusibles aM

Les fusibles aM sont des fusibles dit « accompagnement moteur », protègent les circuits contre les fortes surcharges ainsi que les courts-circuits.

Ils sont conçus pour résister à une surcharge de courte durée tel le démarrage d'un moteur. Ils seront associés à un système de protection thermique contre les faibles surcharges.



Figure III.8 : Les différents types et formes de fusible

- ♦ Les fusibles AD

Les fusibles AD sont des fusibles dits « accompagnement disjoncteur », ce type de fusibles est utilisé par les distributeurs sur la partie de branchement. Les inscriptions sont en rouges.

- ♦ Les fusibles UR

Les fusibles ultra-rapides (UR) assurent la protection des semi-conducteurs de puissance et des circuits sous tension continue.

- ♦ Les fusibles HT

Les fusibles HT sont à utiliser pour la protection contre les courts-circuits.

Un fusible HT est caractérisé par :

- ✓ Classe (full range, général purpose, back-up...),
- ✓ Caractéristiques du socle d'appui (nature de l'appareil de coupure),
- ✓ Type intérieur, extérieur,
- ✓ Milieu d'utilisation dans l'air ou dans l'huile,
- ✓ Sans ou avec percuteur, dans ce dernier cas, type et force du percuteur,
- ✓ Tension assignée fonction de la tension de service,
- ✓ Vérification par le constructeur des courants de transition et d'intersection avec le combiné-interrupteur (-sectionneur) fusibles CEI 62271-105,
- ✓ Courant minimum de coupure (I_3),
- ✓ Puissance maximum de coupure (I_2),
- ✓ Pouvoir de coupure en CC (I_1),
- ✓ Déclassement en cas d'utilisation des fusibles sous enceinte fermée, fonction des caractéristiques du dégagement des calories des enceintes,
- ✓ Dimensions normalisées.

- ♦ Les fusibles généraux BT

Les fusibles généraux BT sont employés en vue de protéger les transformateurs ne distribuant qu'une seule tension secondaire et la liaison BT appropriée contre les surcharges dangereuses pour les personnes et les biens.

Un fusible BT est caractérisé par :

- ✓ Conception (à couteau avec flasque isolée ou non, cylindrique),
- ✓ Présence ou non d'un indicateur de fusion. Si oui : mode et/ou visualisation,
- ✓ Tension assignée fonction de la tension de service,
- ✓ Courbe de fusion,
- ✓ Pouvoir de coupure en CC (I1),
- ✓ Niveau des pertes (W),
- ✓ Dimensions normalisées.[18]

III.4.2.Relais

Le relais est un dispositif à action mécanique ou électrique provoquant le fonctionnement des systèmes qui isolent une certaine zone du réseau en défaut ou actionnant un signal en cas de défaut ou de conditions anormales de marche (alarme, signalisation,.....).

Désignation d'un relais :

Un relais est désigné selon la grandeur surveillée (tension, courant, puissance, fréquence, impédance,...)

- ✓ Relais à maximum de courant RMA ou TA
- ✓ Relais à maximum de tension RMV ou TV
- ✓ Relais à minimum d'impédance RMZ ou TZ
- ✓ Relais directionnel de puissance RDW ou TLW
- ✓ Relais à minimum de réactance RMX

Différents types de relais

Il existe essentiellement trois classes de relais selon l'organigramme suivant :

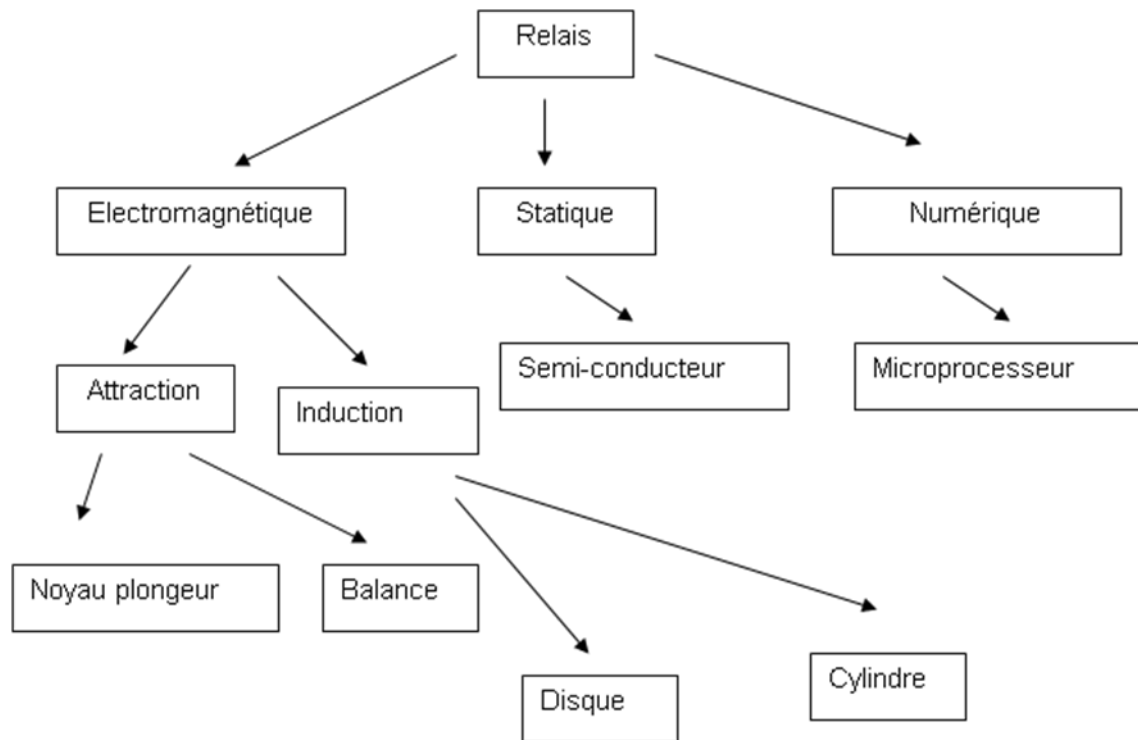


Figure III.9 : Différents types de relais

Constitution d'un relais :

❖ Relais électromagnétique

Un relais électromagnétique comporte une armature ou un équipement mobile sur lequel agissent les bobines ou des aimants ou des conducteurs. Ils dépendent de la conception du circuit magnétique.

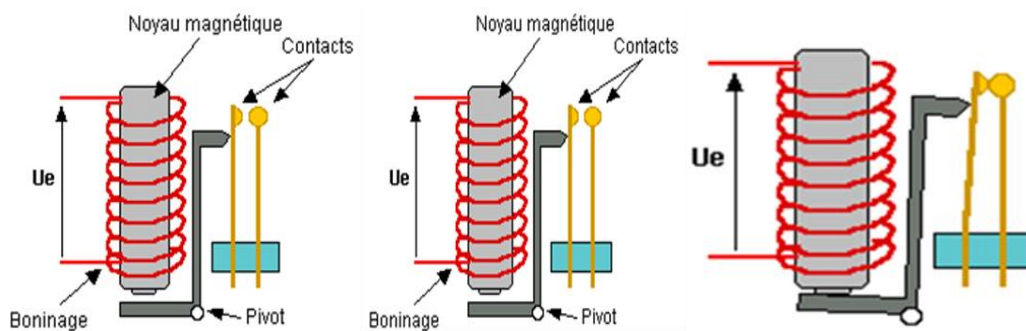


Figure III.10 : Relais électromagnétique

La bobine parcourue par un courant, provoque l'aimantation du circuit magnétique dont la partie mobile se déplace.

La force d'attraction sur la partie mobile sera d'autant plus grande que l'intensité du courant sera plus élevée et l'entre fer plus faible.

Le relais électromagnétique intervient pour protéger le système contre les courants de court-circuit.

❖ Relais thermique

Le relais thermique protège le système contre les courants de surcharge. Il est constitué par un bilame à action directe ou indirecte.

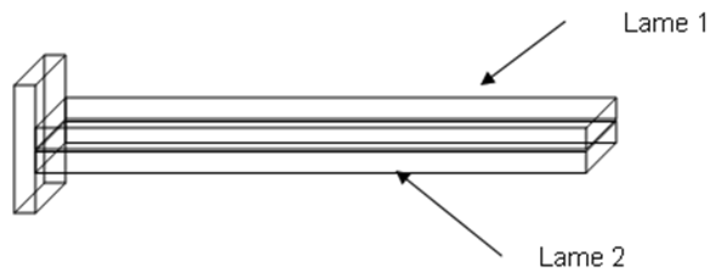


Figure III.11 : Principe du relais thermique

❖ Relais statique

Les relais statiques remplacent de plus en plus les relais électromagnétiques pour les avantages suivants :

Plus précis, plus sensibles, plus rapides, plus sélectifs, rapidité de dépannage, durée de vie plus longue, faible consommation, moins encombrants.

III.4.3.Disjoncteur

Un disjoncteur est un organe électromécanique, de protection, dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas d'incident sur un circuit électrique. Il est capable d'interrompre un courant de surcharge ou un courant de court-circuit dans une installation. Suivant sa conception, il peut surveiller un ou plusieurs paramètres d'une ligne électrique. Sa principale caractéristique par rapport au fusible est qu'il est réarmable.



Figure III.12 : Disjoncteur

❖ Disjoncteur général BT

Le disjoncteur est choisi, lorsque nécessaire, pour obtenir une limitation de la charge et une protection contre les surcharges non autorisées tant pour le transformateur que pour la liaison BT et, éventuellement, contre les CC pouvant survenir en aval.

❖ Le disjoncteur HT avec relais de protection autoalimenté ou à alimentation extérieure

Les disjoncteurs peuvent être classés en plusieurs catégories en fonction du temps de déclenchement total (t) incluant :

- leur performance "temps" de coupure le plus défavorable (depuis l'apparition du défaut jusqu'à l'extinction de l'arc) ;
- les temps de réaction du relais en veille en-dessous du courant d'activation augmenté des temps de la chaîne mécanique de déclenchement.

Ces catégories sont :

- ✓ catégorie des disjoncteurs lents pour $t > 100$ ms et de max 120 ms,
- ✓ catégorie des disjoncteurs semi rapides pour t compris entre 80 et 100 ms,
- ✓ catégorie des disjoncteurs rapides pour $t < 80$ ms.

En fonction de son relais et du choix de la courbe ($I>$, $I>>$, $I_0 >$, $I_0>>$), il peut protéger contre

- Les courts-circuits,

- Les surcharges,
- Les défauts impédants BT,
- Les défauts homopolaires.[17]

III.4.4.Thermostat à maximum réglable

Le thermostat muni de 1 ou de 2 seuils permet soit l'alarme soit le déclenchement de l'alimentation du transformateur au-delà d'une certaine température de consigne de l'huile.

III.4.5.Relais Buchholz

Les transformateurs à huile avec un réservoir de conservation tendent à être équipés d'un relais à accumulation de gaz (relais Buchholz). C'est un équipement actionné par le gaz ou l'huile, contenu dans la tuyauterie entre le haut de la cuve principale du transformateur et le conservateur.

La fonction du relais est de détecter une condition anormale à l'intérieur de la cuve et de transmettre un signal d'alarme ou de déclenchement.

Dans les conditions normales, le relais est entièrement rempli d'huile. Son déclenchement intervient quand les flotteurs sont déplacés par une accumulation de gaz, ou quand une palette est déplacée par un mouvement brusque d'huile. Les transformateurs sans conservateurs sont généralement équipés avec un relais de surpression qui assure une fonction similaire au relais Buchholz.

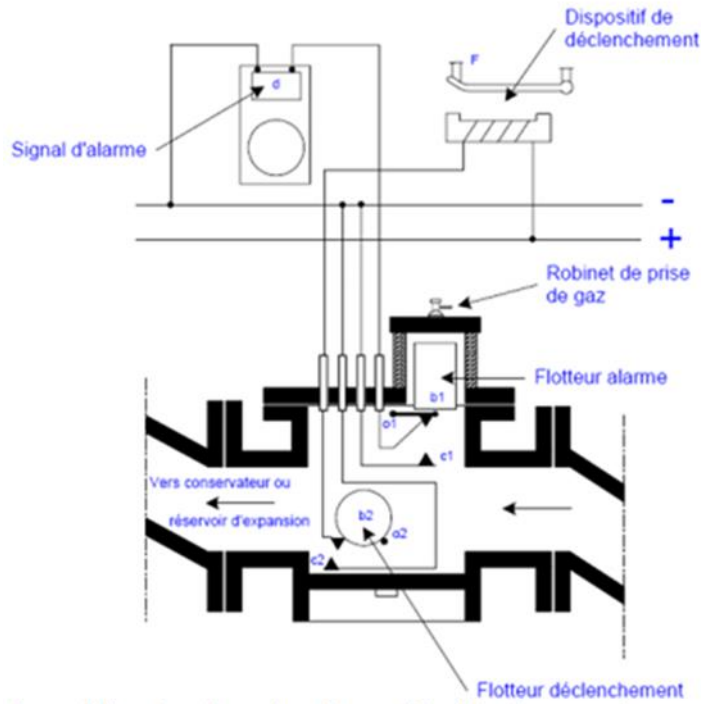


Figure III.13: Schéma d'un relais Buchholz

III.4.6.RS 1000

Le compartiment hermétique du régleur en charge, le commutateur, possède toujours aussi sa propre protection qui déclenche le transformateur sur mouvement d'huile : le relais « RS 1000 ».

III.4.7.Soupape de surpression

Une soupape de surpression est une ouverture fermée par une plaque sous pression d'un ressort. En cas de surpression interne soudaine, due à un arc de forte puissance typiquement, l'huile peut mécaniquement s'évacuer par la soupape, évitant la déformation de la cuve.[19]

III.5.Protection du transformateur de puissance :

III.5.1.Protections électriques :

A. Protection à maximum d'intensité (I_{max}) :

Cette protection est destinée à protéger le transformateur contre les surintensités à l'extérieur du transformateur, elle est assurée à l'aide de relais (relais thermique et relais

magnétique) reliés par l'intermédiaire des transformateurs de courant (équivalents d'un ampèremètre en haute tension) qui détectent le défaut et débranche instantanément le transformateur en cas de court-circuit ou avec un retard en cas de surcharge.

Une certaine temporisation peut être faite pour assurer une sélectivité par exemple. Dans la (figure III.14) On présente le schéma simplifié d'une protection à maximum de courant d'un transformateur de puissance ; on trouve seulement la sortie du transformateur donc l'enroulement secondaire ainsi que l'ensemble des transformateurs de courant et les relais.

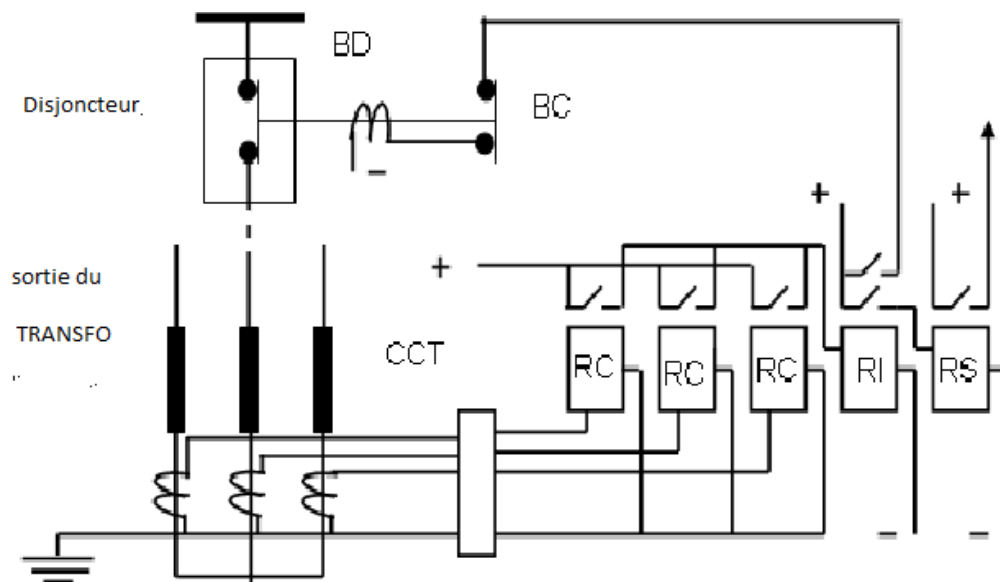


Figure III.14 : Protection à maximum d'intensité

B. Protection « masse cuve » :

Très souvent en France, la cuve est isolée du sol par des plaques isolantes au niveau de ses galets, et est mise en un unique point à la terre. Si un courant de défaut passe du circuit électrique à la masse à l'intérieur du transformateur, celui-ci sera drainé inévitablement par cette connexion unique de mise à la masse de la cuve.

Sur celle-ci se trouve alors un transformateur de courant, appelé couramment « TI masse-cuve » qui au-delà d'une certaine valeur de courant, de défaut donc, déclenche alors le transformateur.

Pour les réseaux électriques dont le neutre est isolé, la protection masse cuve est assurée par un relais de tension homopolaire. Quand le courant de défaut dépasse la valeur de consigne, le relais bascule, et ordonne l'ouverture du disjoncteur.

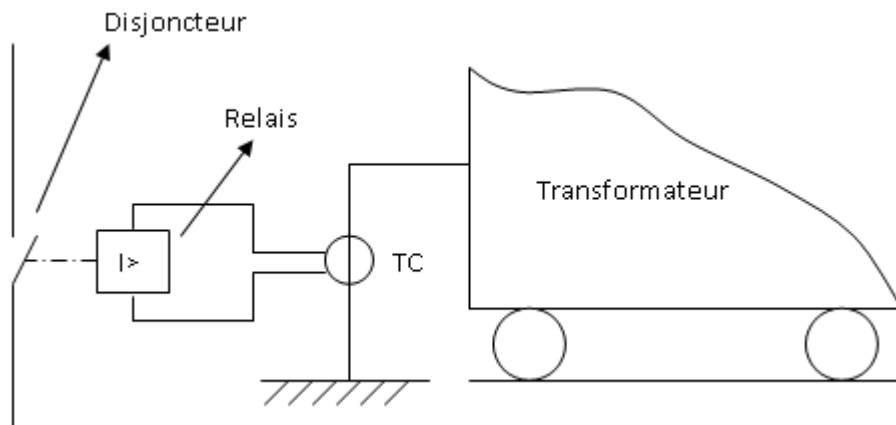


Figure III.16 : Protection masse cuve

C. Protection différentielle :

Elle compare les courants entrant et sortant du transformateur, et détecte ainsi les courts-circuits internes.

On peut représenter chaque phase du transformateur par le schéma simplifié suivant

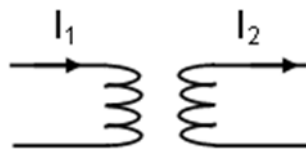


Figure III.17 : Phase du transformateur

Hors défaut $I_1 = I_2$

En présence du défaut, un courant de différence apparaît $I_d = I_1 + I_2$

Le relais fonctionne lorsque le courant I_d représente un pourcentage (P) donné du courant somme soit : $I_d = P \cdot I$

1) Protections contre les surtensions :

❖ Protection à maximum de tension :

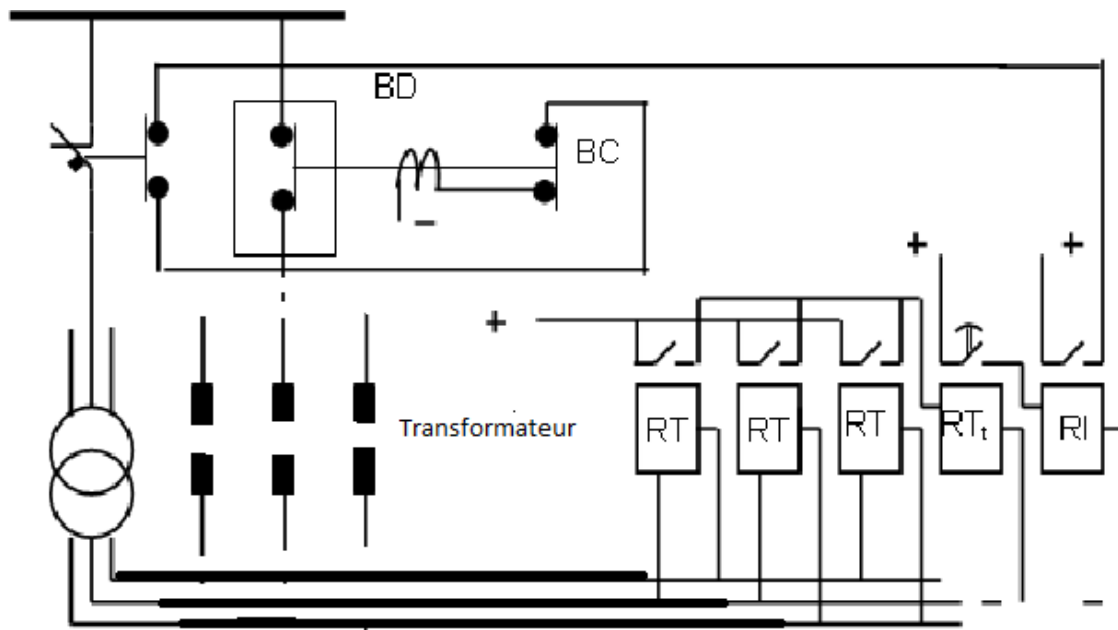


Figure III.18 : Protection à maximum de tension

❖ Protection contre les surtensions atmosphériques

Pour se protéger des surtensions sont souvent mis en place : soit des éclateurs sur les traversées, soit des parafoudres à l'extérieur, voire dans certains cas à l'intérieur, du transformateur. Pendant le régime nominal, la protection ne fonctionne pas. Si la tension augmente et dépasse $U_f(P)$, la protection déclenche le disjoncteur.

$$U_f(p) = (1.5 \div 1.7) U_n$$

$$t_f(p) = (0.5 \div 1) s$$

Pendant le régime nominal, la protection ne fonctionne pas. Si la tension augmente et dépasse $U_f(P)$, la protection déclenche le disjoncteur.

III.5.2. Protection des jeux de barres du transformateur

En cas de défaut polyphasé sur un départ MT, ce sont les relais à maximum de courant qui doivent agir en provoquant l'ouverture du disjoncteur correspondant (d1 ou d2 ou d3).

- ✓ Si un défaut affecte les jeux de barres, il doit être éliminé par le disjoncteur 'D' dont les seuils de réglage du courant I et le temps T sont supérieurs à ceux des départs MT. Soit $I1$ et $T1$ sont les seuils de réglage les plus élevés des départs MT, les seuils de réglage $I2$ et $T2$ des relais de protection seront :

$$I2 = I1 + 0.1 I1$$

$$T2 = T1 + 0.5 \text{ s}$$

- ✓ Si un défaut affecte le câble de liaison, il doit être détecté par deux relais à maximum de courant à action temporisé, associés au transformateur HT/MT qui ouvrent les disjoncteurs A, B, C. [8]

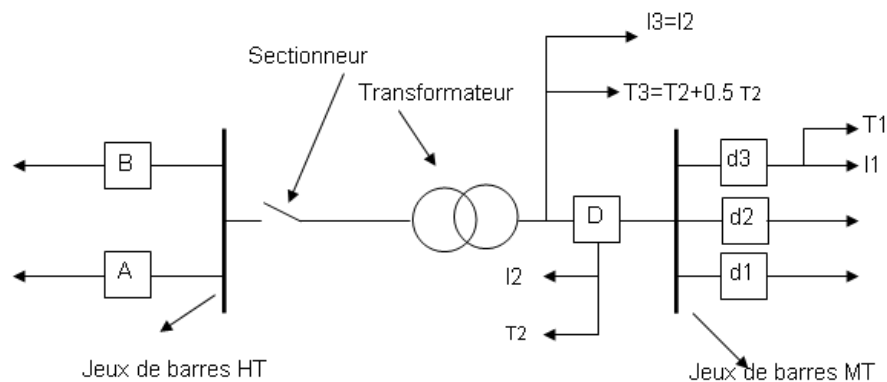


Figure III.19 : Protection des jeux de barres

III.5.4. Protections thermiques

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.

III.5.5. Protection contre la corrosion :

Les surfaces externes de la cuve et du couvercle doivent subir une opération de sablage ou grenaillage.

Les panneaux d'ondes peuvent ne pas subir cette opération si à leur fabrication ils sont protégés contre l'apparition de traces de rouille, par huilage ou par application d'une couche de peinture antirouille.

Le sablage ou grenaillage doit être suivi par l'application d'une peinture antirouille, les deux opérations devant intervenir le même jour.

Le stockage après sablage d'éléments de transformateurs ou de cuves montées, n'est pas toléré.

Les surfaces externes de la cuve et du couvercle doivent subir ensuite l'application, en deux couches au minimum, d'une peinture de couleur grise.

L'application d'antirouille et de deux couches de peinture au minimum, est obligatoire pour les procédés conventionnels d'application de la peinture. Il n'est pas exigé de protection intermédiaire (antirouille) ni un nombre minimum de couches de peinture, pour les procédés spéciaux ayant reçu l'approbation du Maître d'Ouvrage ou d'un organisme mandaté par lui.

Les transformateurs doivent subir un contrôle individuel et systématique de l'épaisseur de la peinture, au moins en deux points de la cuve. Le dépôt de peinture doit être de 70 μm au minimum.

Toute la boulonnerie doit être galvanisée [11]

III.6. Régime de neutre :

Une installation est caractérisée par : les conditions de son alimentation les schémas de distribution conducteurs actifs / terre.

- Alimentation

Les principales caractéristiques d'une installation sont :

- ✓ Nature du courant alternatif ou continu
- ✓ Valeur de la tension efficace

- ✓ Valeur de la fréquence
- ✓ Valeur présumée du courant de court-circuit à l'origine de l'installation
- Schéma des conducteurs actifs

Le réseau de distribution publique BT est généralement du type triphasé avec neutre distribué.

III.6.1.Schémas des liaisons à la terre

L'autre appellation des schémas de liaison à la terre est Régime de neutre

Les régimes de neutre caractérisent :

- ✓ Le mode de raccordement à la terre du neutre du transformateur de livraison.
- ✓ Les moyens de mise à la terre des masses de l'utilisation.

Terre : Masse conductrice de la terre dont le potentiel électrique en chaque point est pris par convention égale à 0V

Masse de l'installation ou masse d'utilisation : Ensemble des parties métalliques de l'installation est des récepteurs qui sont normalement isolés des conducteurs actifs.

III.6.2.Symbolisation des liaisons

Un schéma de liaison à la terre est défini par deux lettres :

1^{ère} : lettre Signification

T Neutre du transformateur relié directement à la terre

I Neutre isolé de la terre ou relié à la terre par l'intermédiaire d'une impédance

2^{ème} lettre Signification

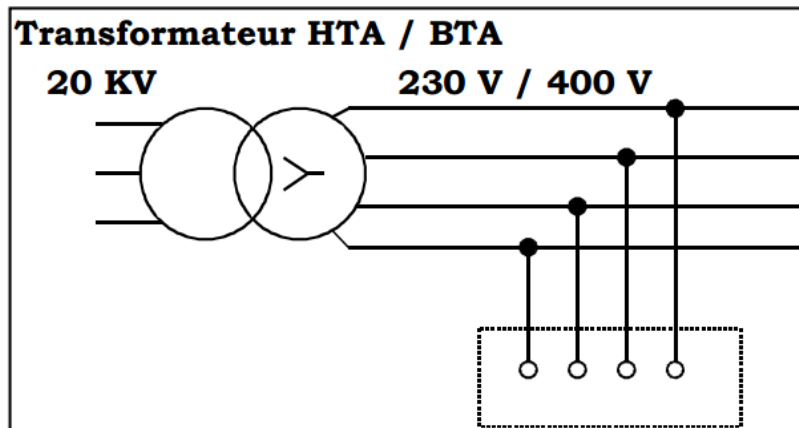
T Masses d'utilisation reliée directement à la terre

N Masses d'utilisation reliée au neutre lui-même relié à la terre

III.6.3.Définition des différents schémas

➤ Schéma TT

Neutre à la terre, Masse reliée à la terre.



➤ Schéma TN

Neutre à la terre, Mise au neutre des masses d'utilisations

Deux possibilités sont envisageables :

Le neutre et le conducteur de protection sont séparés : on parle de schéma TNS

Le neutre et le conducteur de protection sont confondus : on parle de schéma TNC

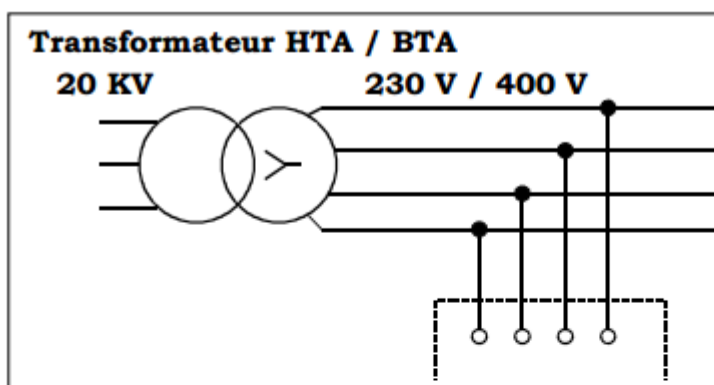


Schéma TN-S

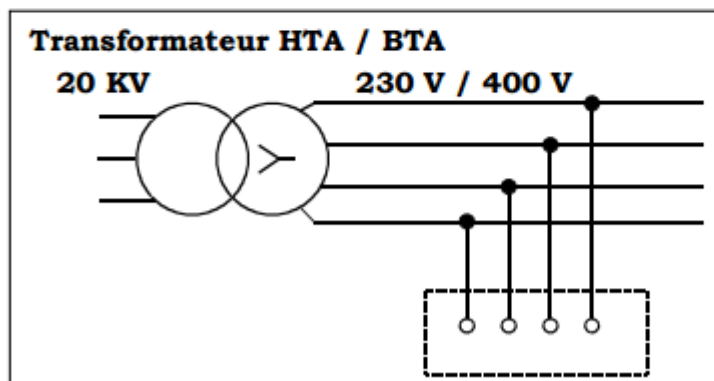
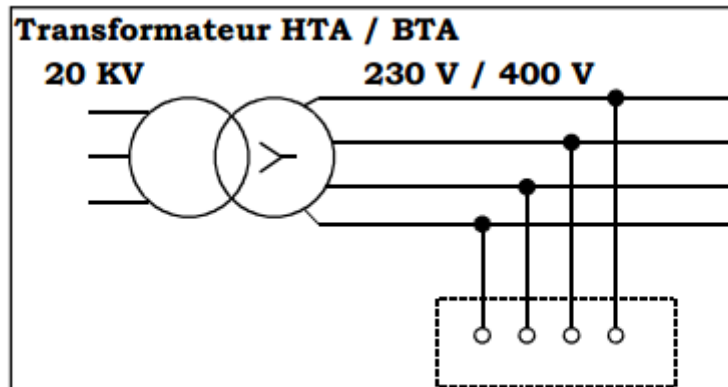


Schéma TN-C

➤ Schéma IT

Neutre isolé ou impédants, Masses à la terre.



III.7. Protection des personnes:

La protection du matériel dans une installation est indispensable et obligatoire, mais on doit aussi protéger les personnes contre les dangers électriques

Il existe 2 causes d'accidents électriques :

- ☞ CONTACT DIRECT : La personne est en contact avec une Pièce Nue Sous Tension
- ☞ CONTACT INDIRECT : La personne est en contact avec une masse mise ACCIDENTELLEMENT sous tension

III.7.1. Les accidents d'origine électrique ont pour principaux effets :

- ☞ L'électrisation : c'est la réaction du corps humain due à un contact accidentel avec l'électricité.
- ☞ L'électrocution : c'est une électrisation qui entraîne la mort. Les brûlures par arcs et projection, les chutes, conséquences d'une électrisation. L'électricité peut aussi être à l'origine d'incendie ou d'explosion.

Le courant qui traverse le corps peut être mortel pour la personne. La valeur (en A) de ce courant est fonction :

- de la résistance du corps de l'individu R_h ;

- de la tension entre le point d'entrée du courant et le point de sortie
 U_c : tension de contact en Volts

$U_c(\text{tension de contact}) = \text{Résistance de l'homme} \times \text{Courant de défaut}$

Pour protéger des personnes il faut :

- Cas n°1 : placer une barrière ou une enveloppe pour éviter tous risques en cas de défauts.
- Cas n°2 : empêcher que le courant dans l'individu ne passe ou ne puisse passer trop longtemps par coupure du circuit en cas de défaut.
- Cas n°3 : utiliser des tensions qui ne sont pas dangereuses pour l'homme.
- Cas n°4 : emploi de matériel de classe II (double isolation). [20]

Conclusion :

Dans ce chapitre, en étude les différent perturbation électrique (courts-circuits, surtensions, surcharges, Les décharges partielles, la foudre)

Protéger le transformateur contre les perturbations extérieures, - préserver les réseaux connectés et l'environnement des effets des défauts se produisant dans le transformateur.

Les systèmes de protection les plus évolués seront utilisés sur des appareils devant assurer un service critique

Les réseaux de distribution sont caractérisés essentiellement par la nature du courant et le nombre de conducteurs actifs, ainsi que par la liaison à la terre ou régimes de neutre

L'énergie électrique, bien qu'utile, est dangereuse pour l'homme. Si un courant traverse le corps humain, il y a risque de lésions voir de mort. Il est donc nécessaire de protéger les personnes contre de tels dangers. on choisira un régime de neutre plutôt qu'un autre en fonction de ce que l'on souhaite concernant la nature et l'efficacité la protection des personnes contre les contacts indirects

.