

Schémas & Appareillages Électrique

Partie 01 : Généralité et définition

1. Introduction

L'appareillage électrique est un élément qui permet d'obtenir la protection et l'exploitation sûre et ininterrompue d'un réseau électrique.

L'appareillage électrique permet d'adapter, à chaque instant, la structure du réseau aux besoins de ses utilisateurs, producteurs et consommateurs d'électricité, et de préserver, totalement ou partiellement, cette fonction en cas d'incident. C'est assez dire l'importance du rôle de l'appareillage électrique pour la manœuvre et la protection du réseau.

2. Choix et classifications de l'appareillage

Pour choisir l'appareillage électrique adapté au récepteur demande une bonne connaissance du comportement du récepteur lors de l'utilisation normale et lors de dysfonctionnement en prenant en considération la cadence de fonctionnement, le risque de surcharge, la résistance aux court-circuits et la résistance aux surtensions.

Les constituants (appareillages, sous-ensembles) doivent être conformes aux normes correspondantes et convenir à leur application particulière en ce qui concerne la présentation extérieure de l'ensemble, leurs caractéristiques électriques et mécaniques.

L'appareillage électrique est classé en plusieurs catégories selon :

a. sa fonction

Pour adapter la source d'énergie au comportement du récepteur, il est défini cinq grandes fonctions à remplir par l'appareillage électrique :

• le sectionnement • l'interruption • la protection contre les courts-circuits • la protection contre les surcharges • la commutation.

b. Sa tension

On distingue les domaines de tension suivants:

- la basse tension BT qui concerne les tensions inférieures à 1 kV.
- la moyenne tension MT (HTA) qui concerne les tensions entre 1 kV et 50 kV.
- la haute tension HT (HTB) qui concerne les tensions supérieures à 50 kV.

c. Sa destination

L'appareillage électrique est destiné à fonctionner dans les réseaux ou installations principaux suivants:

- Installations domestiques BT (< 1 kV)
- Installations industrielles BT (< 1 kV)
- Installations industrielles HT (3,6 à 24 kV).
- Réseaux de distribution (< 52 kV).
- Réseaux de répartition ou de transport (≥ 52 kV).

Schémas & Appareillages Électrique

d. Son installation

On peut distinguer : le matériel pour l'intérieur, le matériel pour l'extérieur.

e. Le type de matériel

Deux types sont distingués :

- Le matériel ouvert, dont l'isolation externe est faite dans l'air.
- Le matériel sous enveloppe métallique ou blindé, muni d'une enveloppe métallique, reliée à la terre, qui permet d'éviter tout contact accidentel avec les pièces sous tension.

f. la température de service

L'appareillage est prévu pour fonctionner avec les températures normales de service suivantes:

- La température maximale de l'air ambiant n'excède pas 40 °C et sa valeur moyenne, mesurée pendant une période de 24 h, n'excède pas 35 °C.
- La température minimale de l'air ambiant n'est pas inférieure à -25°C ou - 40°C.

g. technique de coupure

L'histoire de l'appareillage électrique est riche d'inventions diverses, de principes de coupure performants, de technologies très variées utilisant des milieux aussi différents pour l'isolement et la coupure. On peut résumer les milieux suivants qui ont été choisis pour la coupure :

- air • huile • air comprimé • SF6 • vide.

3. Phénomènes liés au courant et à la tension électriques

1. Les Surintensités

Dans un circuit électrique, la surintensité est atteinte lorsque l'intensité du courant dépasse une limite jugée supérieure à la normale.

Les causes et les valeurs des surintensités sont multiples. On distingue habituellement dans les surintensités, les surcharges et les courts-circuits.

a. La Surcharge

Le courant de surcharge est en général une faible surintensité se produisant dans un circuit électrique sain. L'exemple type en est le circuit alimentant des prises de courant sur lesquelles on a raccordé un trop grand nombre d'appareil.

- **Caractéristiques :**

Le terme "surcharge" est utilisé pour un courant excessif circulant dans un circuit en bon état électriquement. Les surcharges sont en général inférieures à 10 fois le courant nominal du circuit.

Schémas & Appareillages Électrique

Les surcharges de courant ne sont pas beaucoup plus élevées que le courant maximum permanent d'une installation, mais si elles se maintiennent trop longtemps elles peuvent faire des dégâts. Les dégâts, plus particulièrement aux matières isolantes en contact avec les conducteurs de courant, sont la conséquence de l'effet thermique du courant. La durée de cet effet thermique est relativement longue (de quelques secondes à quelques heures), et la surcharge peut donc être caractérisée par la valeur efficace du courant.

La protection contre une surcharge est réalisée par un dispositif de protection capable de diminuer la durée de la surcharge.

b. Le court-circuit

Le courant de court-circuit est en général une forte intensité produite par un défaut de résistance négligeable entre des points présentant une différence de potentiel en service normal.

- Caractéristiques :

Le court-circuit est souvent dû à une défaillance électrique importante comme la rupture d'un isolant, la chute d'un objet métallique sur des barres ou la défaillance d'un semi-conducteur. Il en résulte un courant de défaut dont la valeur efficace est très élevée (typiquement supérieure à 10 fois la valeur du courant nominal de l'installation).

L'effet thermique est tellement rapide que les dégâts dans l'installation se produisent en quelques millisecondes. Cet effet thermique extrêmement rapide ne peut pas être caractérisé par la valeur efficace du courant présumé de défaut comme c'est le cas dans les surcharges, car il dépend de la forme de l'onde de courant.

Dans ce cas la protection doit limiter l'énergie associée au défaut ; cette énergie est liée à la grandeur suivante : I^2t . Cette grandeur est une mesure de l'énergie thermique fournie à chaque ohm du circuit par le courant de court-circuit pendant le temps t . Cependant la protection contre les court-circuits impose souvent une condition supplémentaire qui est la limitation de la valeur crête du courant autorisé dans l'installation.

En effet les forces électromagnétiques sont proportionnelles au carré de la valeur instantanée (I^2t) du courant et peuvent produire des dégâts mécaniques aux équipements si les courants de court-circuit ne sont pas « limités » très rapidement.

Les contacts de sectionneurs, contacteurs et même de disjoncteurs peuvent se souder si la valeur crête du courant n'est pas limitée à une valeur suffisamment basse.

Si la fusion de certains conducteurs et de certaines parties de composants se produit, un arc entre les particules fondues peut s'amorcer, déclencher des incendies et créer des situations dangereuses pour le personnel. Une installation électrique peut même être complètement détruite.

Les fusibles ultra-rapides pour la protection des semi-conducteurs fournissent une excellente protection en cas de court-circuit.

Schémas & Appareillages Électrique

2. Les Surtensions

Ce sont des perturbations qui se superposent à la tension nominale d'un circuit. Elles peuvent apparaître :

- Entre phases ou entre circuits différents, et sont dites de mode différentiel.
- Entre les conducteurs actifs et la masse ou la terre.

Une surtension est une impulsion ou une onde de tension qui se superpose à la tension nominale du réseau (voir fig.1).

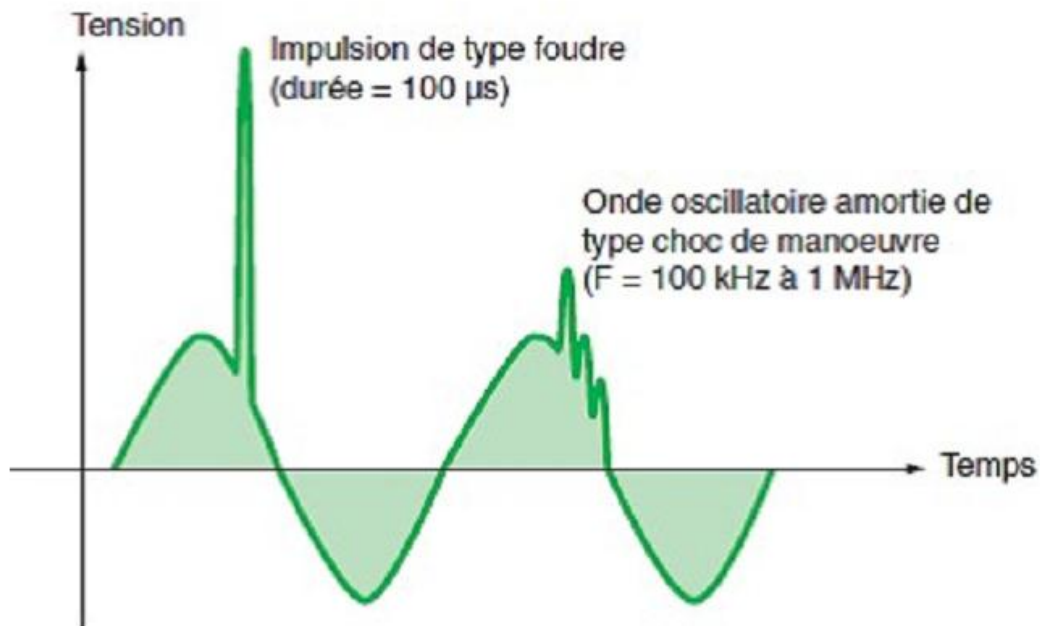


Fig.1 : Exemple de surtensions

D'autre part, 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 et terre). 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.

Une surtension perturbe les équipements et produit un rayonnement électromagnétique. En plus, la durée de la surtension (T) cause un pic énergétique dans les circuits électriques qui est susceptible de détruire des équipements. Elle est caractérisée par (voir fig.2):

- Le temps de montée t_f (en µs).
- La pente S (en kV/µs).

Schémas & Appareillages Électrique

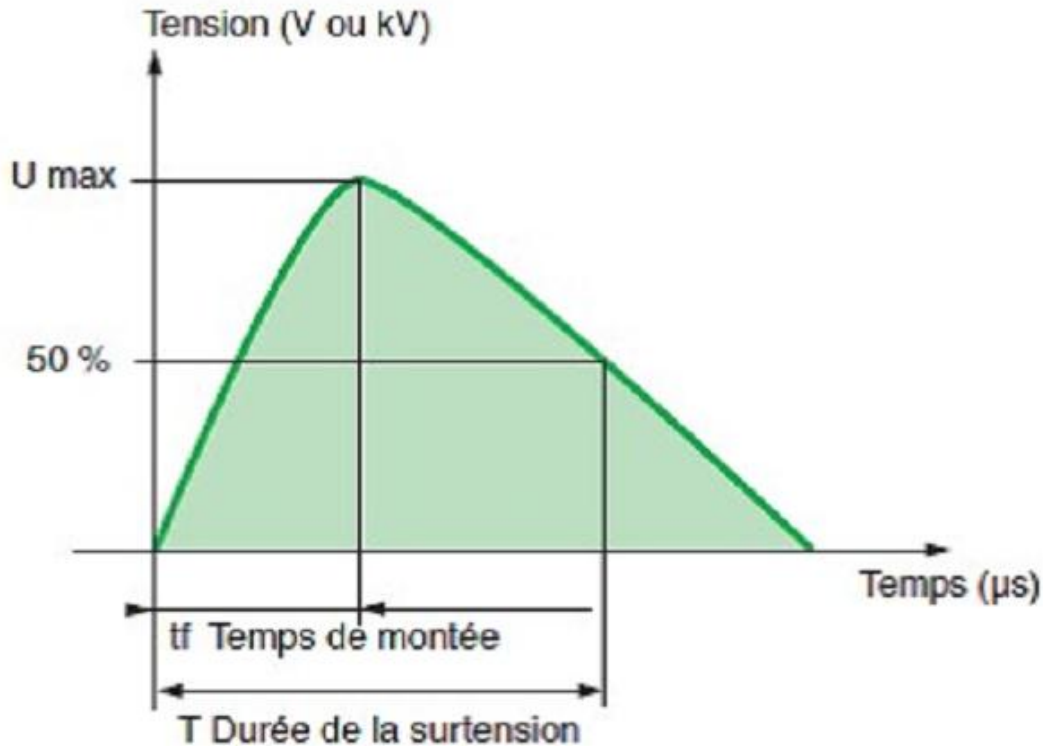


Fig.2 : Principales caractéristiques d'une surtension

2.1 Types de surtension dans les réseaux électriques

Quatre types de surtension peuvent perturber les installations électriques et les récepteurs :

a. Surtensions de manœuvre :

Surtensions à haute fréquence ou oscillatoire amortie causées par une modification du régime établi dans un réseau électrique (lors d'une manœuvre d'appareillage) elles sont 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.

b. Surtensions à fréquence industrielle :

Surtensions à la même fréquence que le réseau (50, 60 ou 400 Hz) causées par un changement d'état permanent du réseau (suite à un défaut : défaut d'isolement, rupture conducteur neutre,...). Parmi ces surtensions, on peut citer : surtension provoquée par un défaut d'isolement, surtension sur une longue ligne à vide (effet Ferranti), et surtension par Ferro résonance.

c. Surtensions causées par des décharges électrostatiques.

Surtensions à très haute fréquence très courtes (quelques nanosecondes) causées par la décharge de charges électriques accumulées (Par exemple, une personne

Schémas & Appareillages Électrique

marchant sur une moquette avec des semelles isolantes se charge électriquement à une tension de plusieurs kilovolts).

d. Surtensions d'origine atmosphérique.

L'orage est un phénomène naturel connu de tous, spectaculaire et dangereux. Mille orages éclatent en moyenne chaque jour dans le monde. Les surtensions d'origine atmosphérique sont causées par le coup de foudre direct ou indirect sur les lignes électriques.

3- Phénomènes d'interruption du courant électrique :

a. Définition de l'arc électrique

L'arc électrique correspond à une décharge lumineuse qui accompagne le passage de l'électricité entre deux conducteurs présentant une différence de potentiel convenable. Ce phénomène fut découvert en 1813 par le physicien et chimiste anglais Davy qui en étudia les effets à travers différents gaz.

b. Naissance d'un arc électrique à la coupure d'un circuit

A la coupure d'un circuit d'impédance Z_c , naît généralement un arc électrique entre les contacts de l'organe de manœuvre (interrupteur, disjoncteur ...). Ce fait marquant, qui intervient principalement sur forte surcharge (ou court-circuit) lorsque la séparation des pôles est dépendante des éléments de contrôle de la surintensité, se produit également sur ouverture non spontanée et -à un degré moindre- sur fermeture.

c. Inconvénients, dangers de l'arc électrique

- Pas de rupture instantanée du circuit.
- Dégradation des contacts par micro-fusion (matière arrachée) et risques de soudure.
- Contraintes thermiques élevées (température d'arc de quelques milliers à plusieurs dizaines de milliers de degrés) avec risques de brûlure, d'incendie pour le matériel.
- Onde parasite, rayonnement U-V.

d. L'extinction de l'arc électrique :

Au moment de passage par zéro du courant, l'arc est éteint, le canal des molécules ionisées est cassé, le milieu redevient isolant et le courant est interrompu. La résistance de l'arc doit augmenter au voisinage du zéro du courant, et dépend de la constante d'ionisation du milieu.

Aussi, la puissance de refroidissement de l'appareil doit être supérieure à l'énergie de l'arc dissipée par effet joule.

Schémas & Appareillages Électrique

Pour que la coupure soit réussie, il faut que la vitesse de régénération diélectrique soit plus rapide que l'évolution de la Tension Transitoire de Rétablissement TTR, sinon on assiste à un phénomène de ré-allumage ou réamorçage de l'arc. La vitesse de croissance de la TTR a un rôle fondamental sur la capacité de coupure d'appareils. La norme impose pour chaque tension nominale, une valeur enveloppe qui correspond aux besoins normalement rencontrés.

Le pouvoir de coupure (P_{DC}) d'un disjoncteur correspond à la valeur la plus élevée du courant qu'il peut couper à sa tension assignée et à sa TTR assignée. Un disjoncteur devrait être capable de tout courant inférieur à son P_{DC} pour toute TTR dont la valeur est inférieure à la TTR assignée.

Pour une tension assignée de 24 kV, la valeur maximale de TTR est de l'ordre de 41 kV et peut accroître avec une vitesse de 0.5 kV/ms.

e. Les milieux de coupure

Depuis des années, les constructeurs ont cherché, développé, expérimenté et mis en œuvre des appareils de coupure à base de milieux aussi variés que : l'air, l'huile, le SF₆ Avoir une conductivité thermique importante pour pouvoir évacuer l'énergie thermique engendrée par l'arc électrique ; et enfin le vide.

Pour une coupure réussie, le milieu doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Avoir une vitesse de dé-ionisation importante pour éviter des réamorçages du milieu.
- Avoir une résistivité électrique faible lorsque la température est élevée pour minimiser l'énergie dissipée pour l'arc.
- Avoir une résistivité électrique grande lorsque la température est faible pour minimiser le délai de rétablissement de la tension.
- L'espace inter-contacts doit offrir une tenue diélectrique suffisante. La tenue diélectrique du milieu dépend de la distance entre les électrodes et de la pression du milieu.

Les courbes suivantes donnent l'évolution de la rigidité diélectrique en fonction de la distance inter contacts.

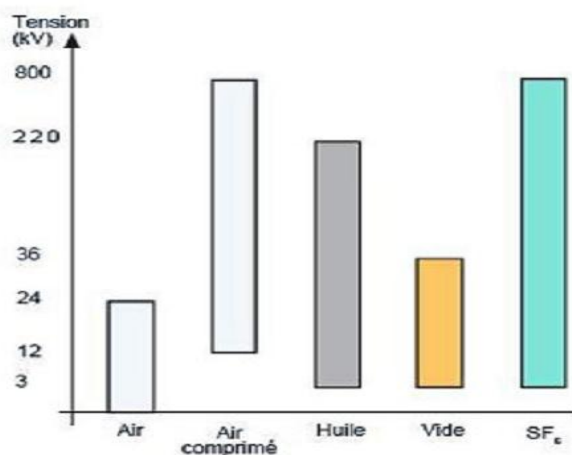


Fig.5 : Domaine d'utilisation des différents milieux de coupure

Schémas & Appareillages Électrique

Plusieurs milieux de coupure ont été développés à ce jour :

- La coupure dans l'air (jusqu'à 24 kV), mais aujourd'hui limitée à des utilisations en basse tension;
- La coupure dans l'huile (jusqu'à 200 kV) ;
- La coupure dans le SF6 (jusqu'à quelques centaines de kV) ;
- La coupure dans le vide (jusqu'à 36 kV)