
Chapitre 3 : Les surtensions

Introduction

Un réseau électrique est caractérisé par la présence de multiples sources d'alimentation et de charges, reliés par un réseau maillé. Normalement, le réseau doit fonctionner dans un régime stationnaire et dans les limites d'exploitations normales. Cependant, le réseau est continuellement soumis à divers aléas qui peuvent perturber son fonctionnement normal.

Généralités sur les surtensions électriques

Les surtensions dans un réseau électrique peuvent être engendrées par une large variété de facteurs comme les défauts, les manœuvres et la foudre. Dans les réseaux de transmission THT, les coups de foudre sont amortis en quelques microsecondes et les surtensions de manœuvre en quelques millisecondes. Par contre, les surtensions temporaires ont des durées relativement importantes avec différentes amplitudes et atténuations.

Phénomène transitoire

On définit par phénomène transitoire, l'évolution des surtensions entre deux états de fonctionnement permanent.

Surtension

On qualifie de surtension toute tension fonction du temps qui dépasse la tension crête de régime permanent à sa tolérance maximale.

On définit aussi une surtension comme une impulsion ou une onde de tension qui se superpose à la tension nominale du réseau. La figure 1 montre un exemple de surtension.

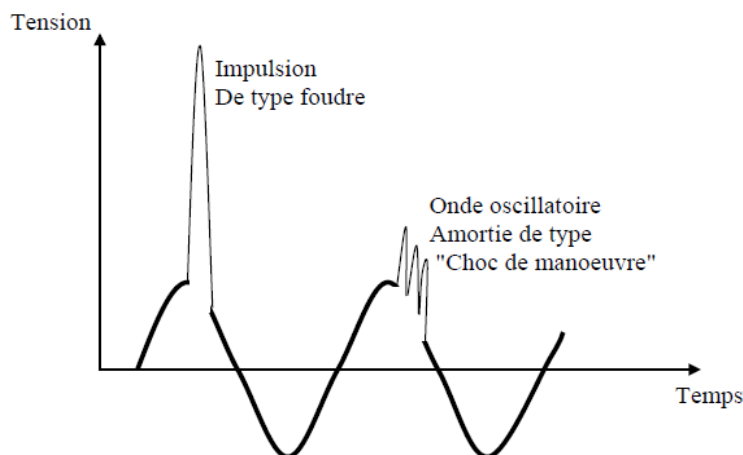


Figure 1 : exemple de surtension

Sur cette courbe on voit deux types de surtensions caractérisées par une impulsion de type choc de foudre et une impulsion de type choc de manœuvres.

Ce type de surtension est caractérisé par :

- Le temps de montée en (μs)
- Une pente S ($\text{kV}/\mu\text{s}$)

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, figure 2.

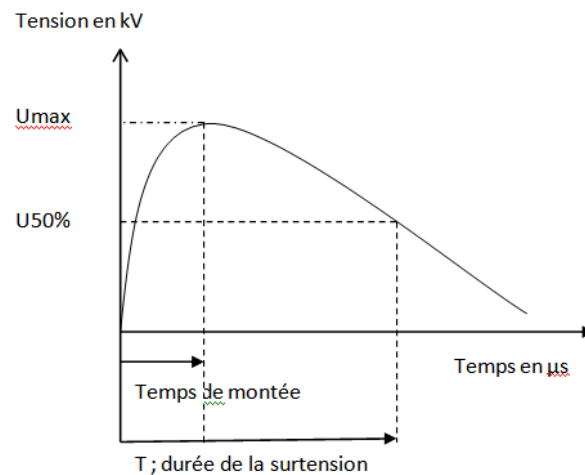


Figure 2 : Caractéristiques d'une onde de surtension

Origine des surtensions

Perturbations électromagnétiques

On peut établir une liste d'appareils qui, lors de commutations, peuvent générer des surtensions de manœuvres. Nous ne citerons que quelques-uns de ceux créant des surtensions significatives :

- moteurs puissants
- générateurs à ultrasons
- soudure à arc
- four micro-ondes
- régulateurs à thyristors ou triacs

-
- variateurs de vitesse
 - disjoncteurs
 - transformateurs

Ces surtensions de « manœuvres » sont aussi appelées surtensions harmoniques car leur fréquence d'oscillation amortie est très souvent un multiple de la fréquence du réseau.

Défaut du réseau

Citons quelques types de défauts :

Arbre touchant une ligne, isolateur encrassé, défaut de connexion ou défaut de terre.

Ce type de surtension est dit 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, ..).

En général, ceux-ci s'accompagnent d'une disjonction et d'un réenclenchement en charge du disjoncteur. Les surtensions sont alors dues principalement à des phénomènes de réflexion d'onde amplifiés par les charges résiduelles.

Chute de foudre

La foudre est un phénomène électrique à haute fréquence qui produit des surtensions sur tous les éléments conducteurs et particulièrement sur les câblages et les équipements électriques.

Chute directe sur une ligne

C'est un processus extrêmement rare. Les énergies développées sont telles que les conducteurs peuvent disparaître. Les dégâts sur les appareils de tête d'installation sont importants (compteurs, disjoncteurs).

Chute directe sur des masses métalliques

Ce cas est relativement fréquent, c'est le processus du paratonnerre sur une masse métallique avec des écoulements élevés à la terre. La surtension est créée, soit par le rayonnement électromagnétique du pylône, de la structure métallique ou éventuellement du paratonnerre, soit par la montée en potentiel de la masse métallique, soit par le champ magnétique rayonné par l'éclair.

Effet sur les installations électriques

La foudre endommage particulièrement les installations électriques ou électroniques: les transformateurs, les compteurs électriques, les appareils électroménagers dans le résidentiel comme dans l'industrie.

Le coût de réparation des dommages causés par la foudre est très élevé. Mais il est très difficile d'évaluer les conséquences :

- des perturbations causées aux ordinateurs et aux réseaux de télécommunication,
- des défauts créés dans le déroulement de programme des automates ou dans les systèmes de régulation.

De plus les pertes d'exploitation peuvent avoir des coûts très supérieurs à ceux du matériel détruit.

Classification des surtensions

Selon leur durée d'application, les surtensions sont classées :

- Les surtensions transitoires de durée inférieure à 0,1s en 50Hz comprenant les ondes de foudre et de manœuvres.
- Les surtensions temporaires de durée supérieure à 0,1s de nature périodique ou oscillatoire.

Les surtension temporaires

Ces perturbations peuvent avoir des formes alternatives ou oscillatoires dont la durée est limitée au temps de fonctionnement des dispositifs de contrôle et de protection du réseau, elles se présentent soit à la fréquence industrielle, soit à d'autres fréquences plus élevées. Elles apparaissent lors de la modification brusque de la configuration du réseau ou lors d'un défaut à la terre. Parmi les causes on peut citer :

- Défauts entre phase et terre (déplacement du point du neutre);
- Déclenchement brusque d'une charge;
- Effet Ferranti provoqué par le fonctionnement à vide d'une ligne de grande longueur;
- Alimentation d'une charge capacitive au travers d'une impédance élevée ;
- Phénomène de ferrorésonance; etc.

Ces différentes causes peuvent coexister et en conséquence, les surtensions générées se superposent.

Les surtensions temporaires, ont une amplitude relativement non élevée ; elles sont de longue durée (quelques secondes) et de basse fréquence. En persistant sur le réseau pendant une période relativement longue, les surtensions temporaires peuvent être fatales pour les varistances ZnO qui ne seraient pas capables de dissiper l'énergie qui en résulte.

Les surtensions transitoires

Les ondes transitoires sont caractérisées par les paramètres suivants :

- Le temps de montée (T_{cr}) en μs
- La pente de montée mesurée en $kV/\mu s$ ou en $kA/\mu s$
- La durée de la surtension (T_h) en μs correspondant à la descente à mi-amplitude.

Les surtensions transitoires sont classées en fonctions de leur origine en surtensions atmosphériques (foudre) et en ondes de manœuvres. Elles se superposent à la tension nominale.

Les surtensions de manœuvres

Les manœuvres d'interrupteurs ou de disjoncteurs entraînent des changements dans la configuration électrique des réseaux. Ces changements provoquent des surtensions plus ou moins élevées:

- Coupure des courants de ligne à vide, des câbles à vide ou de batteries de condensateurs;
- Coupure des faibles courants inductifs ou magnétisants (transformateurs à vide ou chargés par des inductances shunts);
- Mise sous tension des lignes;
- Rétablissement d'une ligne après défaut.

Ces surtensions se caractérisent généralement par un échelon de tension d'une amplitude 1,3 à 3,4 fois la tension normale d'un réseau aérien et 2,2 à 3,5 fois celle d'un réseau de câbles, et une durée de quelques ms. Leurs fréquences s'échelonnent entre 50 Hz et 200 kHz. Les valeurs de surtension de manœuvres les plus élevées sont obtenues lors du réamorçage de

disjoncteurs.

Les surtensions de manœuvres sont moins dangereuses que celles de foudre. Toutefois la grande énergie qui leur est associée à cause de leur longue durée peut provoquer dans les cas les plus extrêmes l'emballement thermique de la varistance.

La forme conventionnelle d'une surtension de manœuvres est dite 250/2500 μ s figure 3.

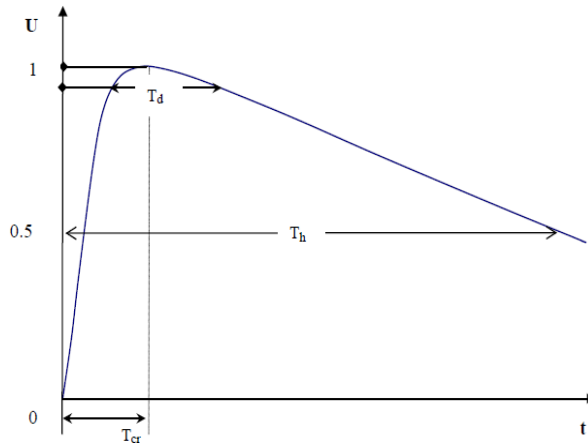


Figure 3 : Choc de manœuvres normalisé

Surtension de foudre

Elles ont pour origine des décharges atmosphériques de foudre. Les surtensions engendrées se propagent guidées par la ligne avec des vitesses proches de la vitesse de la lumière.

Le courant de foudre peut s'écouler directement dans des circuits électriques provoquant des différences de potentiel en raison de l'impédance de ces derniers. Les tensions ainsi créées ont une valeur importante, voire très élevées susceptibles de provoquer l'amorçage des isolateurs, même pour des réseaux à haute tension. Les courants écoulés sont également très importants et ils provoquent des destructions thermiques des objets qu'ils parcourent. On ne peut plus dans le cas de ces coups de foudre directs parler de simples perturbations. Ces phénomènes sont très destructeurs et très dangereux pour les personnes, d'où la mise en œuvre de dispositifs de protection par des écrans, paratonnerre ou des câbles de garde qui dirigent ces courants de foudre vers des prises de terre au lieu de les laisser atteindre des circuits électriques sous tension.

La forme normalisée de l'onde de choc de foudre est représentée à la figure 4.

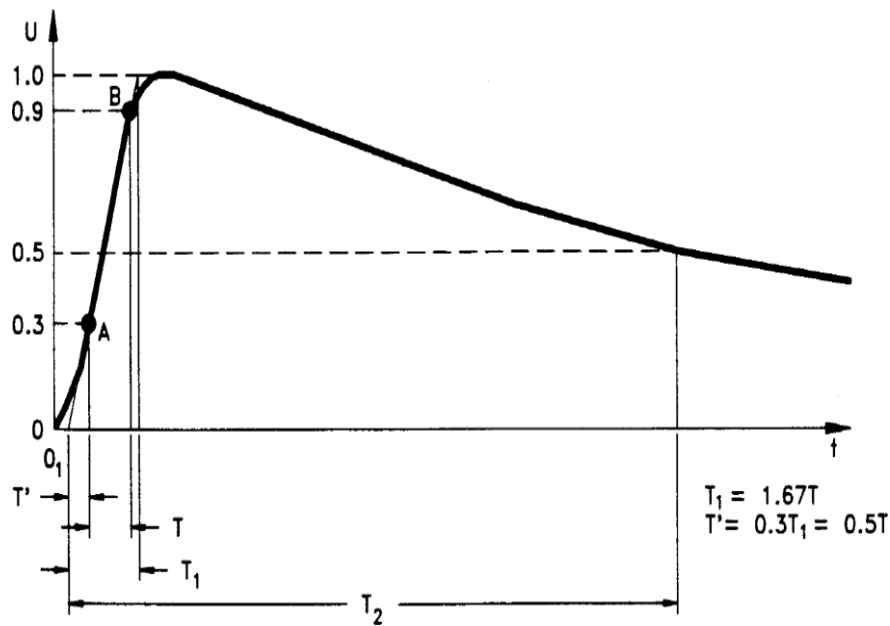


Figure 4 : Choc de foudre normalisé.

Propagation des surtensions

Le mécanisme prédominant, de propagation des surtensions de commutation, est par conduction, puisqu'elles ont leur origine dans les réseaux d'alimentation électrique. C'est dans les décharges électriques atmosphériques où peut se manifester toute la gamme des formes de propagation. Par conséquent, on différencie les mécanismes suivants:

- Surtension conduite : La foudre peut avoir un impact direct sur les lignes électriques aériennes. La surtension se propage et arrive jusqu'à l'utilisateur, en dérivant à terre à travers ses équipements et en produisant des avaries à ces derniers.
- Surtension induite : Le champ électromagnétique provoqué par les décharges électriques, induit des courants transitoires dans les équipements à proximité, en les transmettant à l'intérieur des installations et en endommageant les équipements.
- Surtension par couplage capacitif : Il existe toujours un couplage capacitif, également appelé capacité parasite, entre n'importe quelle paire de conducteur. Plus la rapidité de la forme d'onde de tension impliquée est grande, plus les surtensions par couplage capacitif sont importantes.
- Augmentation du potentiel dans les prises de terre : Lorsqu'un coup de foudre atteint la terre, le courant de décharge peut élever le potentiel de terre à plusieurs milliers de

volts autour du point d'impact dans le terrain comme conséquence du courant qui se disperse.

Tout objet sur le terrain touché aura la tension associée à ce moment, ce qui peut être à l'origine d'une différence de potentiel dangereuse par rapport à d'autres points de l'installation. Il faut particulièrement prêter attention aux éléments métalliques enterrés, comme les canalisations.