

Normalisation

CEI 60243, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants.*

Première partie : *Essais aux fréquences industrielles.*

Deuxième partie : *Exigences complémentaires pour les essais à tension continue.*

Troisième partie : *Prescriptions complémentaires pour les essais aux ondes de choc 1,2/50 μ s.*

CEI 60156, *Isolants liquides – Détermination de la tension de claquage à fréquence industrielle.*

Essais sur les isolants solides

Les échantillons isolants solides sont préparés en forme de plaques, d'épaisseur inférieure ou égale à 3 mm, et placés entre deux électrodes cylindriques dépourvues d'arêtes vives, de diamètres différents, de surface lisse et disposées coaxialement.

☞ Selon la norme américaine ASTM D149, les mesures devraient se faire sur des échantillons de 125 mil d'épaisseur, soit environ 3,2 mm.

À fréquence industrielle

Une tension croissante est appliquée à l'objet en essai et enregistrée de manière à pouvoir :

- déterminer la valeur efficace atteinte immédiatement avant le claquage. La rigidité diélectrique est définie comme le quotient de cette valeur efficace par l'épaisseur de l'échantillon ;
- vérifier que la vitesse de montée de la tension est comprise dans des limites spécifiées, c'est-à-dire que le claquage survient entre 10 et 20 secondes après l'enclenchement de la tension (variante : entre 120 et 240 secondes) ; ceci est valable si la montée en tension est uniforme. Une autre méthode consiste à appliquer des tensions croissantes par palier, avec une augmentation de 5% à 10% entre deux paliers successifs et une durée de 20 secondes pour chaque palier (variante : 60 secondes par palier). Cette méthode est utilisée pour des matériaux, où se produisent des phénomènes relativement lents lors de l'application d'une tension (effet thermique, distribution de la charge d'espace) ;
- vérifier que l'onde était bien sinusoïdale pour toutes les tensions supérieures à 50% de la tension de claquage : $\hat{U} / U_{\text{eff}} = \sqrt{2}$ à $\pm 5\%$, autrement dit compris dans l'intervalle [1,34 ; 1,48].

Le claquage est détecté par une chute de tension aux bornes de l'objet en essai ou par une augmentation du courant à travers cet objet. Toutefois, par les seules mesures de la tension et du courant, il n'est pas possible de différencier un claquage à travers l'échantillon (*perforation*) d'un claquage externe (*contournement*). Pour s'assurer qu'il y a bien eu perforation de l'isolant, on applique une seconde fois la tension sur le même

échantillon. Deux cas peuvent se présenter :

- Le second essai donne une tension de claquage beaucoup plus basse que le premier : l'objet est vraisemblablement perforé. Ultérieurement, il sera en général possible de visualiser la perforation au microscope ;
- Le second essai donne une tension de claquage du même ordre de grandeur que lors du premier essai : il s'agit certainement d'un claquage externe. Afin d'éviter que l'arc contourne l'échantillon, on peut **augmenter le diamètre** de ce dernier ou/et le placer dans une atmosphère de **SF₆ sous pression**, ou encore dans un bain d'**huile isolante**.

Finalement, la mesure est répétée sur 5 échantillons identiques, la valeur donnée pour la **rigidité diélectrique du matériau** étant la moyenne des 5 valeurs.

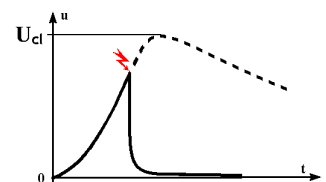
En tension continue

En général, la rigidité diélectrique d'un matériau en tension continue est 2 à 3 fois supérieure à celle qu'il présente à fréquence industrielle et des dizaines de fois supérieure à la rigidité à haute fréquence ou en choc. Pour pouvoir déterminer expérimentalement la rigidité en tension continue, il faut donc disposer d'une tension *réellement continue*. De ce fait, les prescriptions suivantes sont imposées :

- L'enclenchement de la tension ne doit pas provoquer de transitoires susceptibles de détériorer le matériau ;
- L'ondulation résiduelle d'une tension redressée ne doit pas dépasser 2% de la tension d'essai, pour toutes les tensions supérieures à 50% de la tension de claquage ;
- Pour des objets en essai de très faible capacité, il convient d'ajouter en parallèle une capacité de l'ordre de 1 nF, de manière à absorber les transitoires survenant lors de la montée en tension. En effet, le réglage de la tension s'effectue souvent à l'aide d'un autotransformateur variable, dans lequel un contact mobile se déplace le long de l'enroulement secondaire, en « sautant » d'une spire à la suivante, ce qui peut provoquer de petits escaliers de tension. Aux bornes de l'échantillon, les sauts de tension ne devront pas excéder 2% de la tension de claquage ;
- La rigidité diélectrique doit être mesurée dans les deux polarités. Une différence peut survenir entre les deux polarités, du fait que les électrodes ne sont pas identiques (diamètres différents). La polarité déterminante est celle qui conduit à la rigidité diélectrique la plus basse.

En tension de choc 1,2/50 μ s

Au moins 3 chocs sont appliqués pour une valeur de crête donnée, en commençant à environ 70% de la tension de claquage présumée. La tension de claquage U_{cl} est égale à la valeur de crête présumée de la tension, même si le claquage \rightarrow est survenu sur le front (figure ci-contre).



Par ailleurs, les prescriptions suivantes s'appliquent :

- Le générateur doit pouvoir fournir les deux polarités. La polarité déterminante est celle qui conduit à la tension de claquage la plus basse.
- La forme de l'onde doit être contrôlée à tension réduite (généralement 50% de la tension de claquage attendue), avec l'objet sous test dans le circuit. Cet objet constitue en effet une capacité susceptible de modifier la forme de l'onde.
- En l'absence de claquage durant une série de 3 chocs, on applique une nouvelle série de 3 chocs avec une valeur de crête augmentée de 5 à 10 %.

Définition : La **tension de tenue** de l'objet est la plus haute tension de crête nominale d'une série de 3 chocs qui n'a pas provoqué de claquage.

Essais sur les isolants liquides à fréquence industrielle

La procédure est fondamentalement la même que pour les solides, à ceci près qu'un liquide est essentiellement une *isolation autorégénératrice* : c'est dire qu'il est possible d'effectuer plusieurs essais successifs sur le même échantillon.

Certaines particularités des liquides imposent cependant des prescriptions particulières :

- les électrodes doivent être complètement immergées dans le liquide à une profondeur de 40 mm et leur espacement doit pouvoir être réglé et mesuré à $\pm 0,1$ mm près ;
- Les essais doivent être effectués sur des échantillons manipulés de manière à éviter une contamination par les polluants ou l'humidité de l'air. De même, toute contamination de la cellule d'essai devra être évitée, du fait de la très grande sensibilité de la rigidité diélectrique, vis-à-vis de certaines traces de polluants ;
- La montée en tension doit s'effectuer à une vitesse constante de 2 kV/s.
- Entre deux essais effectués sur le même échantillon, il faut remuer le liquide de manière à disperser les produits de décomposition dus au claquage de l'essai précédent. Au cours de cette opération, on veillera toutefois à éviter la formation de bulles dans l'échantillon et on attendra entre 1 et 5 minutes avant de procéder à l'essai suivant ;
- La tension de claquage peut se manifester par un **claquage franc** – comme dans le cas des solides – mais parfois aussi par un **claquage diffus**, sous forme d'aigrettes. Dans ce cas, la tension de claquage sera considérée comme atteinte dès que des étincelles sont perceptibles auditivement ou visuellement au niveau du liquide.
- La valeur de la rigidité diélectrique du matériau liquide sera calculée comme la moyenne de 6 essais.