



06/2015

Courants de court-circuit, temps de coupure, énergie passante, risque de blessures:

Quelle est l'importance du temps de coupure? Nous connaissons les temps de coupure de 0,3 / 0,4 / 5 et 120 secondes selon les normes et l'ordonnance sur les installations électriques à courant fort.

Répercussions des arcs électriques parasites:

En fonction de sa puissance et de sa durée, un arc électrique parasite peut être à l'origine d'une grande variété d'effets physiques, compte tenu, notamment, de la température extrêmement élevée atteinte dans la colonne de l'arc. Des températures de plus de 10 000 °C peuvent ainsi être enregistrées au sein d'un arc. Lors de la génération de l'arc, une partie du métal des électrodes s'évapore et s'ionise. Il se forme alors une liaison conductrice entre les électrodes. Sous l'effet de l'amplification du flux de courant, la température augmente encore et un nuage de plasma apparaît entre les électrodes, lequel génère un rayonnement thermique.

Le risque de blessures résulte principalement des éléments suivants:

- ondes de pression, forces exercées sur le corps et projections de pièces provoquées autour de l'arc électrique lors du réchauffement rapide du gaz;
- immissions sonores affectant l'acuité auditive;
- rayonnement électromagnétique, notamment rayonnement optique (rayons visibles, ultraviolets, infrarouges) pouvant causer des lésions irréversibles au niveau de la peau et des yeux;
- graves détériorations dues à la chaleur provoquée par le rayonnement optique, le nuage de plasma chaud et le flux de gaz (flux thermique);
- gaz toxiques et particules brûlantes générés lors de la combustion et la pyrolyse des matériaux environnants (y compris les électrodes).

Paramètres d'essai pour les classes 1 et 2. Source: Elektropraktiker.de

Tafel ① 400 V-Prüfungen für PSA, Proben-Abstand 300 mm

Schutzklasse	Prüfstrom	Prüfanordnung	Lichtbogenzeit
1 (Boxtest, genormt*)	4 kA	1-phasig	500 ms
2 (Boxtest, genormt*)	7 kA	1-phasig	500 ms
X (Test, nicht genormt)	10 kA	3-phasig	1000 ms

* gemäß IEC 61482-1-2

Mise en œuvre des mesures:

La distance entre les électrodes doit être égale à 30 mm ± 1 mm; la distance entre la ligne médiane de l'arc électrique et la surface de la plaque d'essai ou du mannequin de contrôle (torse) doit être de 300 mm ± 5 mm.

Valeurs de référence de l'arc électrique:

Les valeurs de référence de l'arc électrique sont définies par les paramètres suivants:

Tension d'essai: tension alternative de 400 V ± 5%

Courant d'essai: I_{arc} , classe 1: 4 kA ± 5%, classe 2: 7 kA ± 5%

Durée de l'arc: 500 ms ± 5%

Fréquence: essai à réaliser à une fréquence de (50 ± 0,1) Hz ou de (60 ± 0,12) Hz.



Ces paramètres doivent être réglés pour les essais et rester inchangés pendant toute une série d'essais. A chaque essai, la tension effective et le courant effectif de l'arc doivent être enregistrés sur toute la durée de l'arc.

Quels paramètres pouvons-nous influencer directement?

La durée de l'arc électrique dépend directement du temps de coupure!

En fonction du nombre et du type de conducteurs entrant en contact, l'un des courants de court-circuit suivants se forme:

- **courant de court-circuit tripolaire I_{k3}** : court-circuit entre trois conducteurs polaires
- **courant de court-circuit bipolaire I_{k2}** : court-circuit entre deux conducteurs polaires
- **courant de court-circuit unipolaire I_{k1}** : court-circuit entre L et N ou L et PEN ou L et PE

(pour la protection contre les surintensités, tenir compte de la valeur la plus basse parmi ces trois valeurs, NIBT 2015, 4.3.4.2 B+E)

Il convient de faire la distinction entre le courant de court-circuit maximal et le courant de court-circuit minimal.

Le courant de court-circuit maximal est généré au niveau de l'alimentation de la ligne à protéger en cas de court-circuit sans résistance entre les trois conducteurs polaires. Il détermine le pouvoir d'enclenchement assigné minimal des coupe-surintensité et sert, lors de la mise en œuvre de disjoncteurs de canalisation ou de disjoncteurs de puissance, à contrôler la protection contre les courts-circuits des conducteurs. Le courant de court-circuit maximal est calculé sur le lieu de montage du coupe-surintensité.

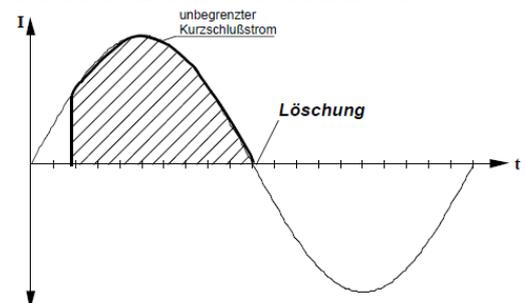
Le calcul peut aussi être effectué à l'aide de nomogrammes (NIBT 2015, 4.3.4.2.1 B+E) ou de programmes informatiques (Belvoto, NIBT numérique).

Le courant de court-circuit minimal est généré au niveau de l'extrémité de la ligne à protéger et ne peut pas être mesuré avec exactitude. Il tient compte de la résistance de contact au point de court-circuit et de l'échauffement des conducteurs en cas de court-circuit.

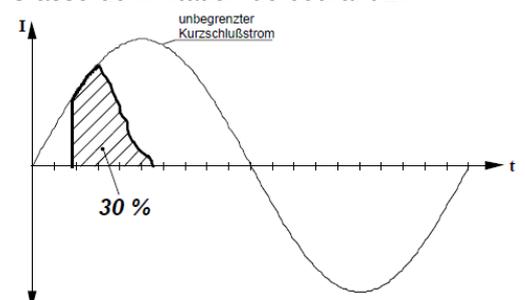
Le courant de court-circuit minimal sert, lors de la mise en œuvre de disjoncteurs de canalisation, de disjoncteurs de puissance ou de fusibles, à contrôler la protection contre les courts-circuits des conducteurs.

Il s'élève au quart du courant de court-circuit tripolaire ou aux trois-quarts du courant de court-circuit unipolaire qui est calculé et/ou mesuré à l'extrémité de la ligne à protéger (NIBT 2015, 4.3.5.2 B+E).

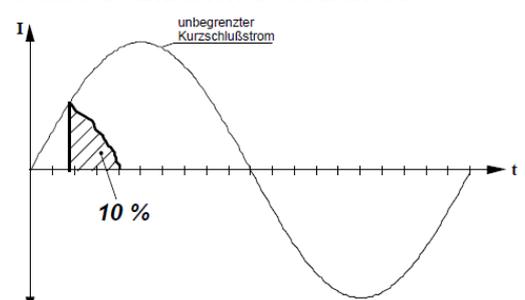
Classe de limitation de courant 1:



Classe de limitation de courant 2:



Classe de limitation de courant 3:



Source: GBW

Energie passante et limitation de courant

L'énergie passante d'un coupe-surintensité est d'autant plus réduite que sa vitesse de coupure est élevée en cas de court-circuit.

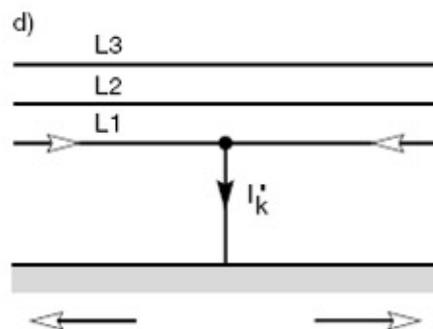
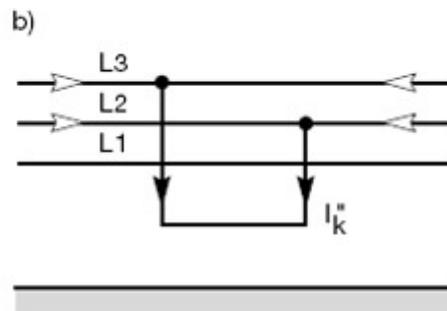
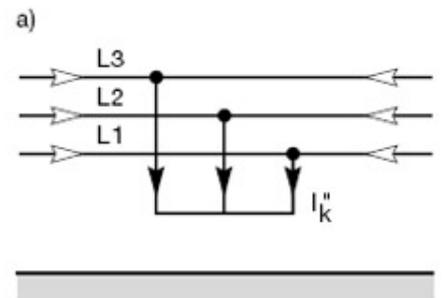
Dans le cas d'un disjoncteur de canalisation, la classe de limitation de courant indique l'énergie qui est autorisée à passer en cas de coupure d'un courant correspondant à son pouvoir d'enclenchement assigné. La classe de limitation de courant est marquée sur les disjoncteurs de puissance par un carré contenant le chiffre 1, 2 ou 3.

Calculs du courant de court-circuit. Source: «Installations électriques» selon l'OCF

$$I_{k3} = \frac{U_{Str}}{Z_L + Z_T} = 100 \%$$

$$I_{k2} = \frac{\sqrt{3} \times U_{Str}}{2 (Z_L + Z_T)} = 86 \%$$

$$I_{k1} = \frac{U_{Str}}{Z_L + Z_T + Z_{PEN}} = 50 \%$$



Limitation de courant, quantité de chaleur, temps de déclenchement, énergie passante

La limitation de courant peut aussi être obtenue avec une résistance interne plus élevée du coupe-surintensité, p. ex. avec un bilame. La résistance interne ne peut cependant pas être augmentée à volonté, car la quantité de chaleur générée doit être évacuée d'une manière ou d'une autre. ($W = I^2 \cdot R \cdot t$):

En résumé, il est possible d'affirmer que:

plus le temps de déclenchement d'un coupe-surintensité est court ou plus la résistance interne est élevée, plus l'énergie passante est faible et plus l'effet de limitation du courant est efficace.



Courant coupé limité max. de fusibles à haut pouvoir de coupure (cartouches fusibles)

250 A > 15 000 A
200 A > 12 000 A
125 A > 10 000 A
100 A > 8000 A
80 A > 6000 A
25 A > 2500 A
16 A > 1800 A

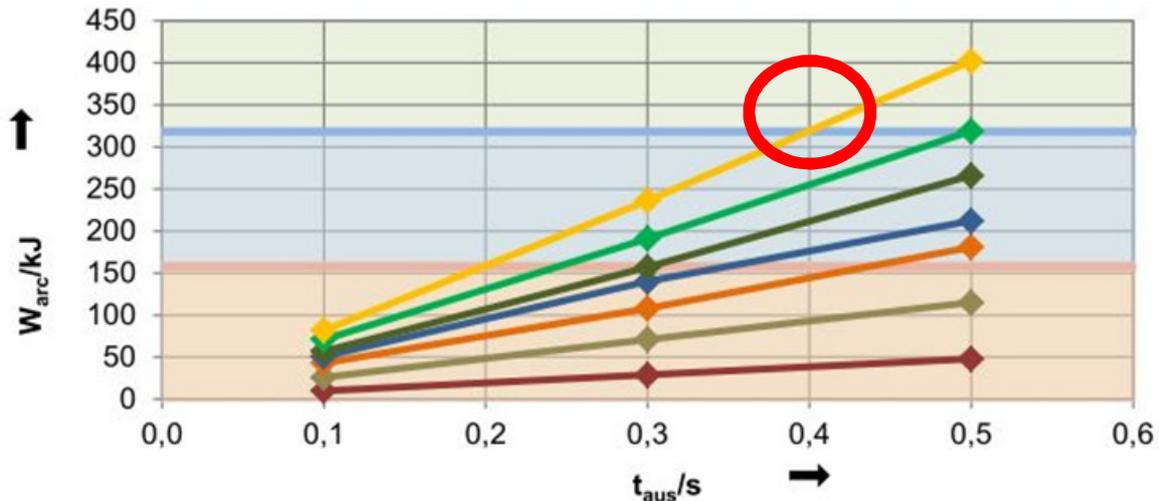
Moyens d'atteindre des temps de coupure courts:

Avec des fusibles:

- Courant de court-circuit élevé
- Version spéciale du fusible (fusibles de protection professionnelle)

Enseignements à tirer des accidents: l'arc électrique parasite et ses incidences

Energie de l'arc en fonction du temps de coupure



Energie de l'arc W_{arc} en fonction des temps de coupure t_{aus} .

Source: Université Technique d'Ilmenau

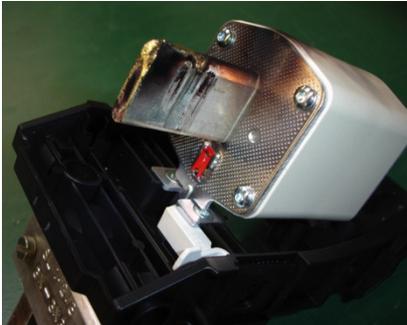
Durée de l'arc t_{aus} jusqu'à ce que les courants de court-circuit présumés dépassent la classe 1 et/ou la classe 2.

	Lichtbogenenergie W_{arc}						
	Lichtbogendauer (Ausschaltzeit) t_{aus} / s bis zur Überschreitung der Klasse						
	$I_p = 1$ kA	$I_p = 2,3$ kA	$I_p = 4$ kA	$I_p = 5$ kA	$I_p = 6$ kA	$I_p = 7$ kA	$I_p = 8,5$ kA
Klasse 1			0,44 s	0,35 s	0,3 s	0,25 s	0,2 s
Klasse 2						0,5 s	0,4 s

Le respect de la classe 1 et/ou de la classe 2 est garanti pour un temps de coupure t_{aus} maximal de 0,5 s.

Source: Université Technique d'Ilmenau



<p>Accident:</p> 	<p>Causes: Fusibles: Le temps de déclenchement diminue lorsque le courant de court-circuit augmente. Si le temps de déclenchement est inférieur à 0,4 s, la quantité de chaleur est limitée.</p>
<p>Enseignements tirés:</p> 	<ol style="list-style-type: none">1. Courant de court-circuit élevé2. Temps de coupure court3. Energie passante faible4. Quantité de chaleur réduite <p>Les fusibles à haut pouvoir de coupure assurent une protection optimale et limitent avec efficacité la durée d'action des arcs électriques.</p>
	<ol style="list-style-type: none">1. Courant de court-circuit élevé2. Temps de coupure long de 12 s3. Dommage considérable4. Limitation de courant uniquement du côté haute tension5. Blessure grave6. Courant de court-circuit de 23 000 A7. ($W = I^2 \cdot R \cdot t$):8. $23\,000^2 \times 0,01 \times 12\text{ s} = 63\,480\text{ kWs}$, soit 17,634 kWh. Calculé avec 0,4 s: $23\,000^2 \times 0,01 \times 0,4\text{ s} = 2\,116\text{ kWs}$ soit 0,588 kWh. Résultat: une réduction du facteur 30! <p>L'ESTI se doit de donner l'exemple. C'est pourquoi les inspecteurs portent un équipement de protection individuelle (EPI) adapté à leur poste de travail... ...Mieux vaut être trop prudent que pas assez!</p>



**Avec des temps de coupure de 5 s et de 120 s, l'énergie passante (énergie pouvant causer des blessures) est si élevée que la personne accidentée doit toujours s'attendre à en subir les conséquences. Avec des temps de coupure < 0,4 s, les risques sont moins élevés. Rapport surface = énergie de l'arc.
Les mesures de protection et la qualité du réseau sont aussi meilleures.**

André Moser, Chef d'inspections Fehraltorf

Inspection fédérale des installations à courant fort ESTI
Luppenstrasse 1, 8320 Fehraltorf
Tél. +41 44 956 12 12
Fax +41 44 956 12 22
info@esti.admin.ch
www.esti.admin.ch