Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 49 (1958)

Heft: 14

Artikel: Remarques sur le problème concernant la vitesse d'accroissement et le facteur d'amplitude de la tension transitoire de rétablissement

Autor: Baltensperger, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1058536

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

49e année N° 14 Samedi, le 5 Juillet 1958

BULLETIN

DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS

ORGANE COMMUN
DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS (ASE) ET
DE L'UNION DES CENTRALES SUISSES D'ELECTRICITE (UCS)

Remarques sur le problème concernant la vitesse d'accroissement et le facteur d'amplitude de la tension transitoire de rétablissement

Par *P. Baltensperger*, Baden

621.316.5.064.31

La tension de rétablissement à fréquence de service qui apparait après le déclenchement d'un court-circuit, peut, aux premiers instants, être inférieure à sa valeur stationnaire, selon la décroissance de la composante alternative du courant de court-circuit pendant la durée de celui-ci. Par suite, les conditions de déclenchement du disjoncteur sont plus légères. Le facteur d'amplitude et la vitesse d'accroissement de la tension transitoire de rétablissement doivent toujours se rapporter à la valeur initiale de la tension de rétablissement à fréquence de service.

Die nach einer Kurzschlussausschaltung erscheinende betriebsfrequente wiederkehrende Spannung kann im ersten Augenblick wesentlich kleiner sein als ihr stationärer Wert, je nach dem vorangegangenen Abklingen der Wechselstromkomponente des Kurzschlußstromes. Daraus ergeben sich für den Schalter leichtere Ausschaltbedingungen. Der Amplitudenfaktor und die Steilheit der transitorischen wiederkehrenden Spannung sind stets auf den Anfangswert der betriebsfrequenten wiederkehrenden Spannung zu beziehen.

Lors d'un court-circuit sur un réseau à haute-tension la valeur de la composante alternative du courant décroit plus ou moins fortement entre le moment de l'établissement du défaut et le moment de la coupure. Cette diminution, qui dépend essentiellement de la valeur des réactances subtransitoire et transitoire des générateurs, est plus importante si l'on se trouve à proximité de ceux-ci. La fig. 1 donne un exemple de la décroissance d'un courant de court-circuit ainsi que les tensions avant et après

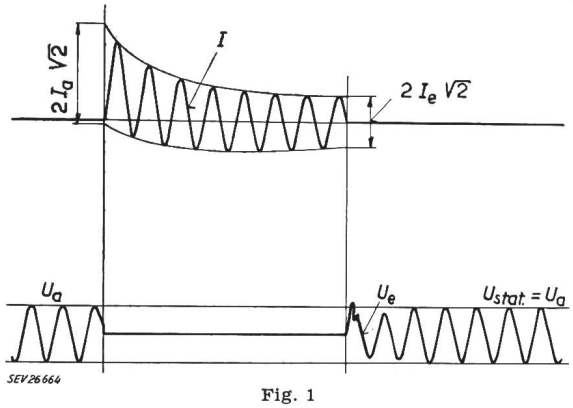


Fig. 1
Variation en fonction du temps de la tension et du courant avant, pendant et après un court-circuit
U_a tension avant le court-circuit; U_e tension après le court-circuit; $U_{stat.}$ tension stationnaire après le court-circuit; I courant de court-circuit; I_a courant d'établissement du court-circuit, composante alternative; I_e courant coupé, composante alternative

celui-ci. (Nous ne tiendrons pas compte, dans ce qui suit, de l'asymétrie initiale et de la décroissance de la composante continue du courant.)

Entre les tensions à la fréquence de service U_a avant le court-circuit et U_e après la coupure, les courants (composantes alternatives) I_a au début du défaut et I_e à la fin de celui-ci et la réactance subtransitoire x_d'' de la source de courant, il existe en monophasé, les relations suivantes:

$$U_a = I_a x_d'' \tag{1}$$

$$U_e = I_e x_d'' = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \tag{2}$$

(E_m pris au moment de l'interruption du courant; voir fig. 2.)

d'où l'on déduit

$$U_e = U_a \frac{I_e}{I_a} \tag{3}$$

et par suite entre la puissance de coupure P_e identique à $I_e U_e$ (prise au moment de l'interruption du courant) et la puissance

$$P_a = I_a U_a$$

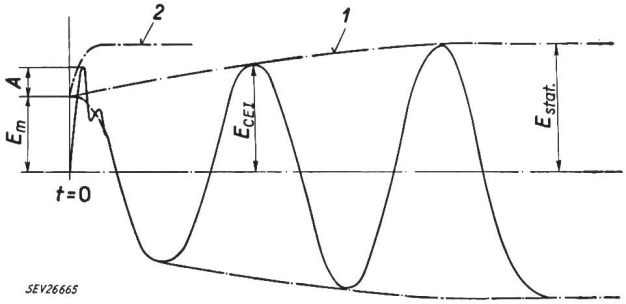


Fig. 2
Variation en fonction du temps, de la tension de rétablissement lors du déclenchement d'un court-circuit aux bornes d'un générateur
E_m Valeur de crête de la tension de rétablissement à fréquence de service au moment de la coupure ($t = 0$) lorsqu'aucune oscillation supplémentaire n'a lieu; E_{CEI} Valeur de crête de la tension de rétablissement à fréquence de service évaluée d'après les règles de la CEI; $E_{stat.}$ Valeur de crête de la tension stationnaire de rétablissement à fréquence de service; $E_m + A$ Valeur de crête maximum de la tension transitoire de rétablissement
1 Turbogénérateur; 2 Générateur à basse vitesse

au début du défaut

$$P_e = P_a \left(\frac{I_e}{I_a}\right)^2 \qquad (4)$$

Quand, par exemple, la composante alternative du courant au moment de la coupure est tombée à 80 % de sa valeur au début du court-circuit, la valeur de crête de la tension à la fréquence de service n'est, sitôt après la coupure, que 80 % de la valeur maximum de cette même tension avant le début du court-circuit (si l'on ne tient pas compte du fait que la tension ne se rétablit pas immédiatement avec la fréquence de service mais par l'intermédiaire d'une oscillation superposée amortie). En conséquence la puissance P_e à la coupure n'est que 64 % de la puissance au début du court-circuit. Cependant la méthode CEI [1])qui consiste à évaluer la tension de rétablissement quelques demi-ondes (à fréquence de service) après l'interruption du courant donne une valeur supérieure à la valeur réelle U_e (voir fig. 2) et par suite la puissance de coupure calculée d'après CEI est également supérieure à la puissance réelle P_e.

Dans la pratique actuelle et dans la plupart des cas, les puissances de coupure sont calculées sans tenir compte de la diminution de la composante alternative du courant et en prenant de plus, comme tension de rétablissement à la fréquence de service, la valeur stationnaire de cette tension. En conséquence ces calculs sont trop sévères et, par suite, les disjoncteurs dimensionnés sur ces bases présentent une réserve de puissance correspondante.

La fig. 2 représente l'accroissement de la tension de rétablissement et montre bien que la valeur stationnaire ($E_{stat.}$) n'est atteinte qu'après un certain temps, cependant que celle que l'on doit mesurer d'après les définitions de la CEI peut éventuellement être évaluée avant que l'état stationnaire ne soit atteint. La caractéristique *1* correspond à des générateurs à grande vitesse de rotation (turbo-alternateurs). Pour les alternateurs à faible vitesse de rotation la tension stationnaire à fréquence de service est souvent déjà atteinte en un temps très court (quelques millisecondes; courbe *2)*.

Le *facteur d'amplitude k* est, avec les notations de la fig. 2 et d'après la CEI défini comme suit

$$k_1 = \frac{E_m + A}{E_m} \qquad (5)$$

La fig. 3 donne 3 exemples de coupure de court-circuit sur des réseaux. Ils montrent bien que les effets décrits ci-dessus sont très sensibles, c'est-à-dire qu'ici la valeur E_m est seulement de 59 à 75 % de la valeur $E_{stat.}$ E_m étant évalué comme moyenne entre les enveloppes des oscillations de la tension transitoire de rétablissement et mesuré au moment de l'extinction de l'arc. Les facteurs d'amplitude mesurés et calculés par la formule (5) avec E_m donnent, pour les 3 cas, des valeurs k_1 = 1,86, 1,88, 1,90 relativement plus grandes que celles obtenues en utilisant la valeur $E_{stat.}$, à savoir respectivement k_2 = 1,39, 1,10, 1,14.

k_1 est nommé facteur d'amplitude propre du réseau; il est indépendant du disjoncteur c'est-à-dire de la tension d'arc. Mais lors d'essais directs, l'influence du disjoncteur existe (pointe d'extinction *B*; voir fig. 4), la tension d'arc pouvant atteindre une valeur importante, comme le montrent les

[1]) CEI = Commission Electrotechnique Internationale.

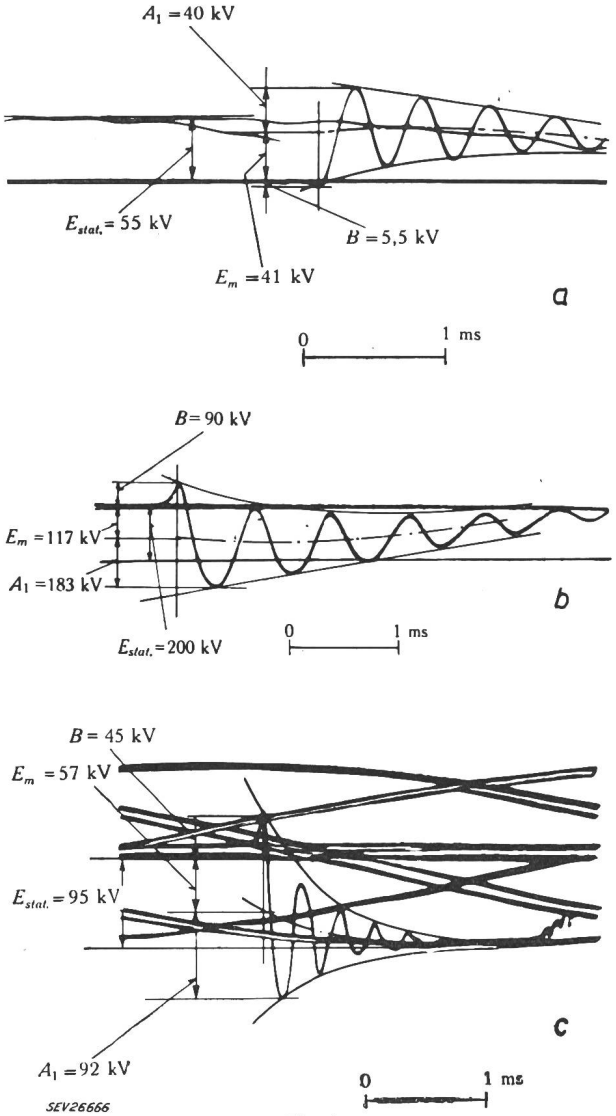


Fig. 3

Tensions de rétablissement relevées lors de déclenchements de court-circuits directs

Désignation identique à celle des figures 2 et 4

a Station d'essais de court-circuit. Essai monophasé
U_{eff} = 39 kV, I_{eff} = 2,3 kA. $P = UI$ = 90 MVA
durée du court-circuit: 0,08 s

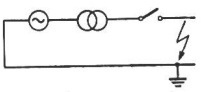
$$k_1 = \frac{A_1 + E_m + B}{E_m + B} = 1{,}86 = \text{facteur d'amplitude propre du réseau calculé à partir de } E_m$$

$$k_2 = k_1 \frac{E_m}{E_{stat.}} = 1{,}39 = \text{facteur d'amplitude propre du réseau calculé à partir de } E_{stat.}$$

b Centrale de Grand Coulée USA
1 Générateur + Transformateur sans réseau parallèle;
Essai monophasé
141 kV, 0,98 kA, 138 MVA
k_1 = 1,88, k_2 = 1,10

c Centrale Chandoline Dixence Suisse
Oscillogramme d'une tension étoilée d'un essai triphasé
67 kV, 0,375 kA, 25 MVA
durée de court-circuit 0,14 s
k_1 = 1,90, k_2 = 1,14

Circuit:



Le courant de court-circuit était pratiquement purement inductif dans les 3 cas

oscillogrammes, et un facteur de correction correspondant doit être alors utilisé. Avec les notations de la fig. 4 le facteur k_1 peut être évalué à partir de l'oscillogramme comme suit:

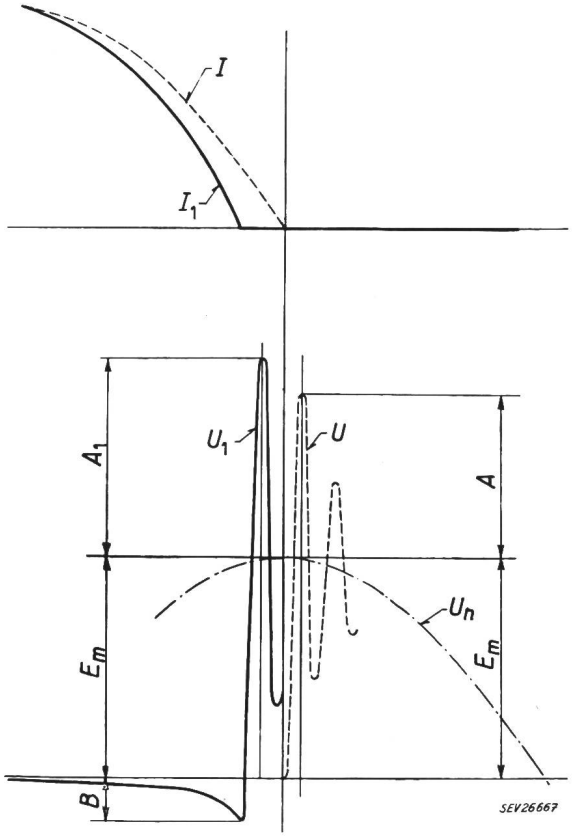


Fig. 4

Détermination du facteur d'amplitude propre d'un réseau, k_1, à partir d'un oscillogramme d'essai direct de court-circuit

Correction de l'influence de la tension d'arc

U_n tension de rétablissement à fréquence de service (prise comme constante); U tension transistoire de rétablissement propre au réseau; U_1 tension transistoire de rétablissement relevée par l'oscillographe; E_m valeur de crête de la tension de rétablissement à fréquence de service; B pointe de tension à l'extinction de l'arc; $A + E_m$ plus grande amplitude de la tension transistoire de rétablissement propre au réseau; $A_1 + E_m$ plus grande amplitude de la tension transistoire de rétablissement relevée par l'oscillographe; I courant de court-circuit lorsque les contacts sont fermés; I_1 courant dans l'arc;

$$k_1 = \frac{A_1 + E_m + B}{E_m + B} = \frac{A + E_m}{E_m} = \text{facteur d'amplitude propre du réseau}$$

$$k_1 = \frac{A_1 + E_m + B}{E_m + B} = \frac{A + E_m}{E_m} \qquad (6)$$

Cette formule a déjà été adoptée en principe par la CEI.

L'exposé ci-dessus peut en partie expliquer les différences qui existent entre les grands facteurs d'amplitude obtenus lors des essais effectués avec des modèles réduits de réseau, des générateurs d'impulsion et les calculs d'une part, et lors des essais directs de court-circuit d'autre part. Les effets dus à la réactance subtransitoire décrits plus haut ne peuvent apparaître dans le cas d'essais effectués sur modèles réduits ou avec un générateur d'impulsion, mais seulement dans le cas d'essais directs sur réseaux à haute tension. Dès lors pour toutes les méthodes de détermination de la tension transitoire de rétablissement (modèles réduits, générateur d'impulsion, calculs ou enclenchement d'un transformateur à vide), exception faite des essais directs, une correction devra être effectuée. Ou inversement, si lors de l'essai direct d'un disjoncteur on doit reproduire un facteur d'amplitude déterminé par une méthode autre que la méthode directe, ce facteur sera mesuré, sur les oscillogrammes, en prenant comme base la tension de rétablissement à fréquence de service E_m au moment de l'interruption du courant. Pour évaluer E_m dans le cas d'une tension oscillant avec une seule fréquence propre on peut prendre sur l'oscillogramme cathodique, la valeur moyenne entre les enveloppes supérieure et inférieure de la tension transitoire de rétablissement, au moment de l'interruption du courant.

Ce qui a été dit sur le facteur d'amplitude doit être appliqué à la vitesse d'accroissement de la tension qui lui est proportionnel.

En des points d'un réseau éloignés de la source l'effet décrit est un peu moins sensible. Cependant, comme il est bien connu, il existe alors d'autres facteurs qui aménuisent les effets de la tension transitoire de rétablissement, comme par exemple les fréquences propres basses consécutives aux fortes capacités des conducteurs, l'amortissement du facteur d'amplitude par suite de la résistance d'onde de ces mêmes conducteurs etc.

Adresse de l'auteur:
Dr ès sc. math. *P. Baltensperger*, S. A. Brown, Boveri & Cie, Baden (AG).

CERN — Recherches fondamentales dans un cadre international

Conférence donnée à la 73e Assemblée générale de l'ASE, le 29 septembre 1957, à Genève,
par *F. Iselin*, Genève

061.1(4) CERN : 539.14.001.5

I. Introduction

L'intérêt manifesté par l'Association Suisse des Electriciens et l'Union des Centrales Suisses à l'Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire (CERN) démontre éloquemment que dans l'avenir proche ou lointain les routes de la science et de la technique vont se rejoindre dans le domaine nucléaire.

Si nous nous permettons en ce moment de marquer une légère différence entre science et technique, c'est déjà pour indiquer que le CERN — comme nous le verrons encore plus loin — n'a pas pour mission de réaliser quoi que ce soit qui utilise l'Energie nucléaire comme base d'un système, que ce soit la fabrication de générateurs d'énergie ou de perfectionnements de piles existantes.

Le but du CERN peut se définir en un mot bien simple: *comprendre*. Il s'agit en effet d'expliquer, de comprendre le jeu mystérieux des forces qui lient les constituants de l'atome et d'établir les lois exactes de ces forces.