Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 87 (1996)

Heft: 11

Artikel: Modélisation de postes blindés sur ordinateur : calcul des surtensions transitoires très rapides à l'aide du programme de calcul EMTP

Autor: Tabara, Daniel / Ianoz, Michel / Krummen, Bernard

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902329

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: 09.12.2025

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

Au cours des vingt dernières années, l'usage des postes blindés n'a cessé de se généraliser dans les réseaux électriques et leur fiabilité continue de s'améliorer. Les surtensions survenant lors des manœuvres des sectionneurs sont l'objet de nombreuses recherches. Afin d'optimiser le dimensionnement des postes sous enveloppe métallique (PSEM), il est nécessaire de calculer, avec précision, les surtensions transitoires dues aux différents événements (manœuvres, courts-circuits, surtensions de foudre, etc.). Pour ce faire, la modélisation des principaux composants est nécessaire. En utilisant le programme EMTP (Electromagnetic Transients Program), on peut créer ces modèles, simuler un événement et calculer la réponse des appareils électriques d'un PSEM à l'apparition de l'un ou l'autre de ces événements.

Modélisation de postes blindés sur ordinateur

Calcul des surtensions transitoires très rapides à l'aide du programme de calcul EMTP

■ Daniel Tabara, Michel Ianoz et Bernard Krummen

Les surtensions transitoires dues à des manœuvres des sectionneurs sont des phénomènes fréquents dans les PSEM. Entre les deux contacts du sectionneur manœuvré, un grand nombre de réamorçages apparaissent à cause de la vitesse lente d'ouverture ou de fermeture de ceux-ci. Ces réamorçages ont des temps de montée très rapides (quelques nanosecondes) et engendrent des ondes qui se propagent à l'intérieur de l'enveloppe et rencontrent les discontinuités des conducteurs blindés telles que sectionneurs, disjoncteurs, dérivations en T, isolateurs, traversées SF_6/câble, etc. Ces ondes sont réfléchies et transmises avec des amplitudes conformes à la théorie des lignes de transmission.

Les fréquences d'oscillation des surtensions transitoires sont déterminées par la longueur électrique des conducteurs blindés et par la longueur des barres à vide. Après l'ouverture des sectionneurs, une tension piégée reste sur les barres à vide. Cette tension va déterminer la valeur maximale de la surtension transitoire pendant une manœuvre. Ce phénomène bien connu est décrit dans la littérature (voir [1] et [2]).

Dans la littérature spécialisée, les surtensions transitoires dans des configurations d'essais simples ou dans des postes blindés triphasés à enveloppe monophasée, ont été étudiées. Dans cette étude, on a calculé les surtensions dans un poste blindé triphasé à enveloppe unique. Le calcul est plus compliqué par rapport aux cas monophasés, parce qu'il faut tenir compte du couplage entre les phases. En effet, les surtensions sont engendrées entre la phase où il y a amorçage, les deux autres phases et l'enveloppe.

Les courants à haute fréquence se limitent à la surface des conducteurs par l'effet de peau, ce qui a pour conséquence la propagation des ondes des surtensions transitoires sur la surface interne de l'enveloppe. Aux discontinuités de l'enveloppe (traversées SF_6/air, SF_6/câbles HT) les surtensions se propagent vers l'extérieur de l'enveloppe et provoquent des montées en tension transitoire des terres (MTTT) et un rayonnement électromagnétique.

Adresses des auteurs
Daniel Tabara, ing. dipl., et prof. Dr. *Michel Ianoz* Laboratoire des Réseaux Electriques, Ecole Polytechnique Fédérale, 1015 Lausanne, et
Bernard Krummen, ing. ETS, Division Transport et Transformation, Service Electrique Lausanne 1000 Lausanne

Il n'est pas simple de modéliser un PSEM. L'installation est composée de barres, câbles HT, transformateurs, isolateurs et bornes de traversée. Le programme de calcul numérique des phénomènes transitoires dans le domaine temporel EMTP est un moyen efficace, à condition de représenter correctement le comportement des circuits aux fréquences étudiées. Avec l'EMTP, on peut modéliser un PSEM comme un réseau de lignes de transmission interconnectées. La stratégie d'étude comporte les étapes suivantes [3]:

- développement des modèles de calcul pour les configurations de manœuvre
- calcul des tensions transitoires dues à une manœuvre d'un sectionneur à différents endroits du poste
- détermination des tensions maximales, en fonction des tensions piégées sur les barres à vide
- détermination de la configuration la plus défavorable (celle qui donne lieu à la tension la plus élevée)

Modélisation des éléments d'un poste blindé à enveloppe unique

Dans cette étude la version ATP (Alternative Transients Program) du programme EMTP a été utilisée. En raison du temps de montée très court de l'onde de surtension, le concept de lignes de transmission à paramètres répartis est incorporé dans les modèles des PSEM. Dans cette classe de fréquences, tout conducteur qui dépasse 1 m de longueur doit être modélisé comme une ligne de transmission.

Barres blindées

En négligeant les discontinuités géométriques des conducteurs et de l'enveloppe (coudes, barres verticales), les conducteurs et l'enveloppe ont été assimilés à des lignes de transmission sans pertes, parallèles avec le sol, non transposées. Le centre de l'enveloppe a été considéré à une hauteur moyenne de 2,5 m. La hauteur de chaque barre est calculée en fonction de sa position par rapport au centre de l'enveloppe.

Le calcul des paramètres distribués (impédance caractéristique, temps de propagation) a été fait à l'aide de la routine «Cable Constants» de l'ATP. Les barres conductrices entourées de l'enveloppe ont été assimilées aux câbles entourés d'une gaine métallique, tout le système étant dans l'air. L'enveloppe est considérée comme mise à la terre rigidement et on calcule seulement les paramètres des barres par rapport à la terre.

La fréquence de calcul est de 1 MHz. La correction de Carson [4] a été utilisée, à cause de la résistivité non nulle du sol. Cette correction est déjà introduite dans la routine de l'ATP qui calcule les paramètres des câbles. Les constantes distribuées sont présentées dans le tableau I. La vitesse de propagation de l'onde à l'intérieur de l'enveloppe est très proche de la vitesse de la lumière dans le vide. Les valeurs calculées ont ensuite été introduites dans les branches aux paramètres distribués (type –1, –2, ...) de l'ATP, spécifiant aussi la longueur de la barre respective.

Conducteur	Impédance caractéristique [Ω]	Vitesse de propagation [10^8 m/s]
phase *R*	41	2,997
phase *S*	30	2,997
phase *T*	57	2,997

Tableau I Constantes distribuées des conducteurs blindés

Sectionneurs

Les sectionneurs fermés sont représentés comme des barres blindées d'une longueur égale à celle entre le disjoncteur et le sectionneur. En position ouverte on introduit une capacité série de 1000 pF [5] et deux capacités contre la terre, de 46 pF/phase aux bornes de chaque sectionneur.

Pour les manœuvres, le sectionneur est représenté comme un interrupteur idéal en série avec une résistance d'arc. Les trois interrupteurs se ferment ou s'ouvrent simultanément sur les trois phases, après un temps durant lequel la tension est appliquée. Ils ne sont plus manœuvrés jusqu'à la fin de la simulation.

Arc électrique

La modélisation de l'arc électrique entre les contacts du sectionneur est un problème très délicat à cause de la complexité des phénomènes physiques qui ont lieu dans l'arc. La résistance d'arc est une valeur variable en temps $r(t)$. Dans cette étude on a considéré l'amorçage sur la phase *R*. La représentation de l'arc est simplifiée et consiste en une résistance de valeur fixe de 2 Ω. L'arc reste allumé pendant toute la durée du régime transitoire.

Disjoncteurs

Un disjoncteur fermé a été représenté par une extension des barres blindées et deux capacités à la terre de 150 pF/phase. En position ouverte, une capacité série concentrée de 1200 pF a été introduite.

Source de tension

La source de tension est cosinusoïdale (l'amplitude est maximale au temps $t = 0$). Elle a les paramètres suivants: amplitude = 102 kV, fréquence = 50 Hz, angles des phases = 0° (*R*), –120° (*S*), 120° (*T*). On considère que la tension est appliquée avant le temps $t = 0$.

Charge piégée

On considère que l'ouverture antérieure du sectionneur a laissé une tension de –1 p.u. sur les barres à vide. Elle est introduite à l'aide de la source «trapped charge» de l'ATP.

Autres composants

Les autres composants du PSEM comme les isolateurs supports des barres, les raccords des barres, les transformateurs de mesure de tension, etc. sont modélisés par des capacités localisées de 40 à 1000 pF [5].

Eléments extérieurs au PSEM

La représentation des circuits extérieurs au poste blindé est simple et consiste, dans le cas d'une ligne aérienne ou d'un câble, à définir une résistance égale à l'impédance caractéristique de la ligne ou du câble. L'impédance caractéristique d'une ligne aérienne peut être calculée à l'aide de la routine «Line Constants» en fonction des caractéristiques géométriques des conducteurs, de leurs résistances, etc. La routine «Cable Constants» est utilisée pour le calcul des paramètres des câbles. Les transformateurs de puissance sont représentés par leur capacité équivalente. Ces capacités sont dans la gamme 2 à 10 nF [5].

Pas de calcul

Le pas de calcul Δt doit être choisi pour respecter la condition $4\Delta t \leq$ temps de parcours du conducteur le plus court.

Temps de simulation du régime transitoire

La valeur maximale des surtensions de manœuvre apparaît dans la première microseconde après le début de l'arc électrique. Il est donc important que les simulations couvrent cet intervalle. Le phénomène transitoire peut durer plusieurs microsecondes et quelques centaines de réamorçages peuvent se produire à la fermeture ou à l'ouverture d'un sectionneur.

Description du PSEM étudié

Pour le calcul des régimes transitoires lors des manœuvres, on a considéré le cas d'un PSEM exploité à 125 kV et dont la configuration est assez complexe. Il se compose des éléments suivants (voir fig. 1):

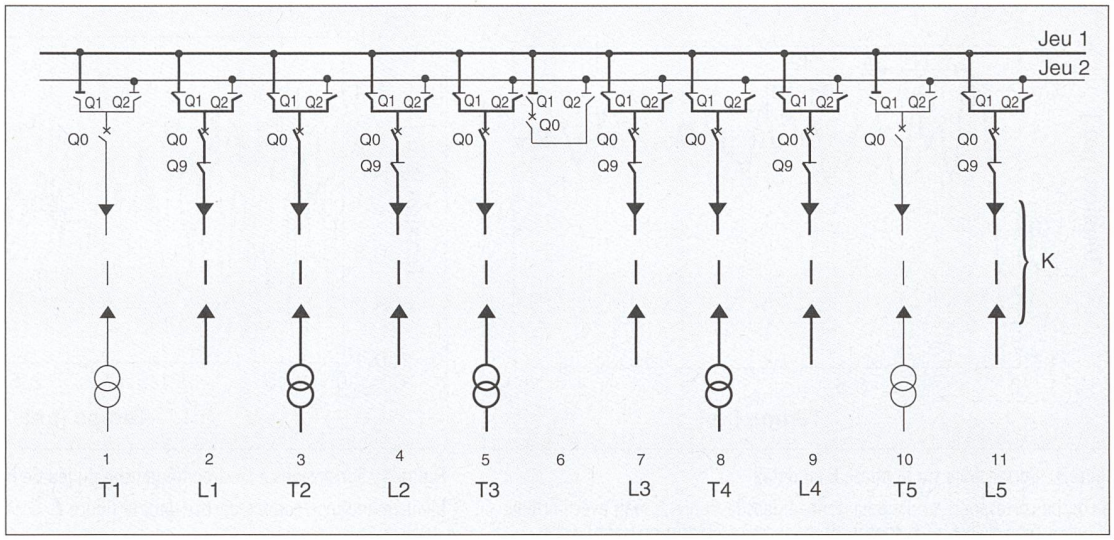


Figure 1 Exemple de poste sous enveloppe métallique (PSEM)

Le schéma représente un cas de fonctionnement normal; les traits gras indiquent les circuits sous tension; pour les différentes notations: voir texte.

- 4 départs ligne aérienne (travées *2, 4, 7, 9*): *L1–L4*
- 5 transformateurs (travées *1, 3, 5, 8, 10*): *T1–T5*
- 1 départ câble (travée *11*): *L5*
- 1 couplage transversal (travée *6*)
- 2 jeux de barres
- 11 disjoncteurs (*Q0*)
- 22 sectionneurs de barres (*Q1, Q2*)
- 5 sectionneurs de ligne (*Q9*)

Les lignes aériennes sont connectées au poste par l'intermédiaire de câbles partiellement enterrés (fig. 1, *K*; longueur env. 200 m). Une partie de ces câbles est montée sur le pylône d'arrêt de la ligne aérienne. Les transformateurs sont reliés au poste par des câbles plus courts (longueur 40–50 m). Les câbles sont connectés au poste par des traversées câble/SF_6. Le schéma de la figure 1 représente un cas de fonctionnement normal du poste:

- le poste est alimenté par les lignes *L1*, *L2*, *L3*, *L4* et *L5*
- les transformateurs *T1* et *T5* sont hors service (en réserve)
- le jeu de barres *2* est hors service (couplage transversal et sectionneurs *Q2* ouverts)
- les disjoncteurs *Q0* et les sectionneurs *Q1*, à l'exception des travées *1* et *10*, sont fermés
- les sectionneurs de ligne *Q9* sont fermés

Identification des principales configurations de manœuvre

Les manœuvres les plus fréquentes sont celles effectuées pour la mise hors tension ou sous tension d'une travée du poste. Ce sont par exemple:

a) la mise hors tension ou sous tension des barres à vide comprises entre le sectionneur de barre *Q1* et le disjoncteur ouvert *Q0*, soit l'ouverture ou la fermeture du sectionneur *Q1* correspondant, d'une travée alimentant un transformateur (*T1, T2, T4, T5*),

b) la mise hors tension ou sous tension des barres à vide comprises entre le sectionneur de barre *Q1* et le disjoncteur ouvert *Q0*, soit l'ouverture ou la fermeture du sectionneur *Q1* correspondant, d'une travée alimentant un circuit câble/ligne aérienne (*L1, L2, L4, L5*).

Dans ces deux cas, une tension piégée apparaît sur la portion de barres comprise entre le sectionneur *Q1* et le disjoncteur *Q0*. Il est nécessaire de connaître l'amplitude et le temps du front d'onde des surtensions dues aux manœuvres pouvant se produire en service normal. Il faut également déterminer les endroits du poste où les surtensions maximales peuvent apparaître.

Calcul des surtensions

Les surtensions dues à toutes les manœuvres présentées ci-dessus ont été calculées. Chaque forme d'onde a été analysée de façon à déterminer la tension de crête. On a ainsi pu déterminer la manœuvre qui donne la surtension transitoire la plus élevée. Dans cet article on montre les résultats de calcul pour une seule manœuvre, la fermeture du sectionneur de barres *Q1* de la travée 4.

Les barres blindées ont été divisées en plusieurs segments qui représentent le jeu de barres, les portions entre sectionneurs et disjoncteurs, entre disjoncteurs et les jonctions câble/SF_6, etc. Le pas de calcul utilisé est de 1 ns. Le temps de calcul est 4 µs, valeur qui permet de couvrir le premier amorçage (celui qui donne la surtension la plus élevée) et la partie où les oscillations commencent à s'amortir. La figure 2 montre les surtensions sur les trois phases en bout de barres à vide côté *Q0*.

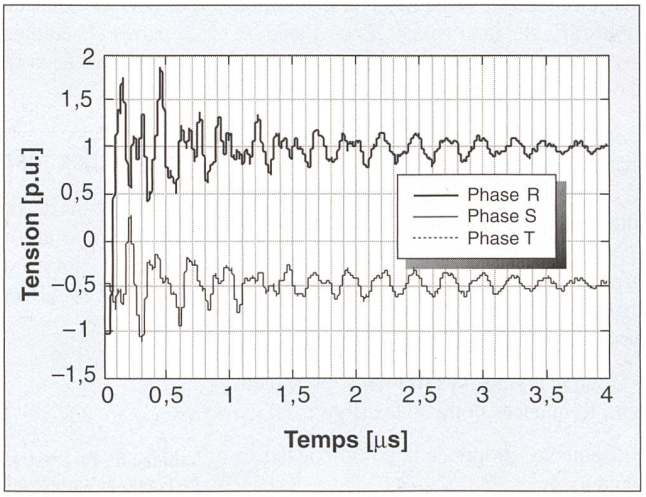


Figure 2 Surtensions produites par la fermeture d'un sectionneur *Q1*

La figure indique les surtensions observées sur les trois phases à l'extrémité des barres ouvertes côté *Q0*, dues à une fermeture du sectionneur de barres *Q1* de la travée *4*. Les courbes pour les phases *S* et *T* se recouvrent. Voir aussi la figure 3.

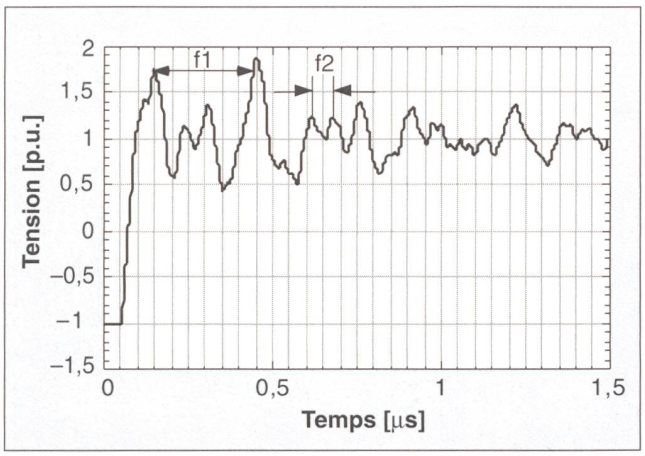


Figure 3 Surtensions sur la phase *R* en détail
La courbe correspond à celle déjà donnée dans la figure 2, mais avec l'échelle du temps modifiée; f_1 et f_2 sont les fréquences caractéristiques de l'onde.

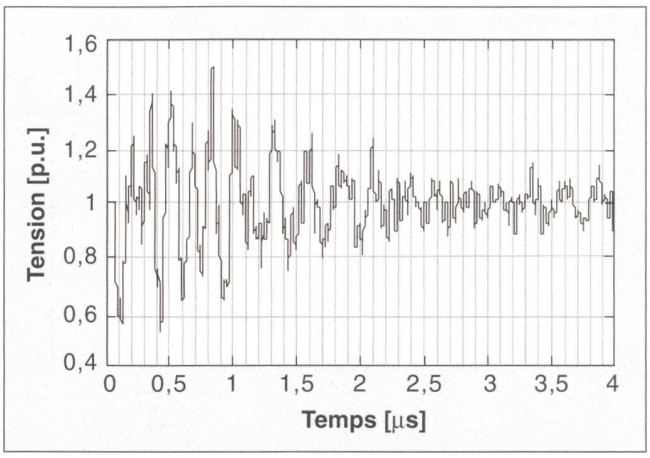


Figure 4 Surtensions à l'extrémité gauche du jeu de barres
Même manœuvre comme décrite dans la figure 2.

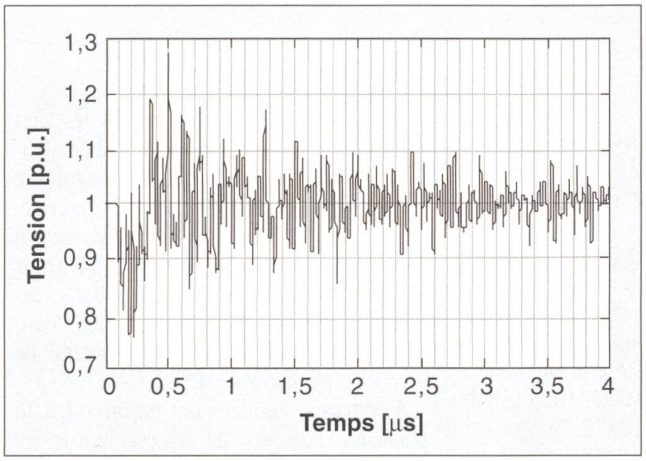


Figure 5 Surtensions à l'extrémité droite du jeu de barres
Même manœuvre comme décrite dans la figure 2.

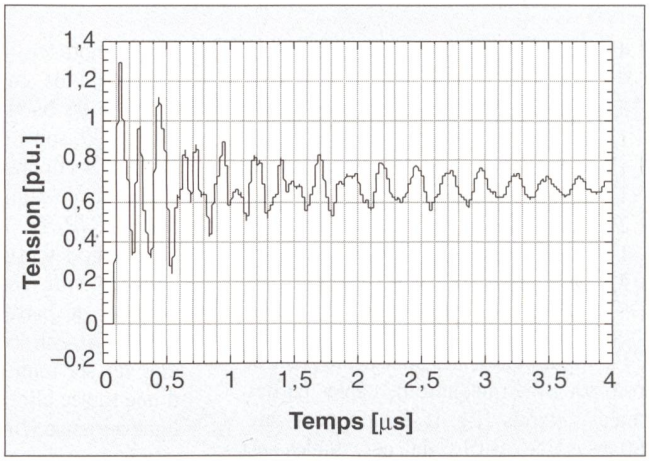


Figure 6 Surtensions à la jonction câble/SF_6 côté *Q9*
Même manœuvre comme décrite dans la figure 2.

L'amorçage se produit sur la phase *R* à la valeur de crête de la tension (1 p.u.). La différence de potentiel est de 2 p.u. entre les contacts du sectionneur.

Les figures 4, 5 et 6 représentent respectivement, les surtensions à l'extrémité gauche du jeu de barres *1* (côté *T1*), à l'extrémité droite (côté *L5*) et à la jonction câbles/SF_6 de la travée *4*. Pour l'analyse des surtensions de manœuvre, on peut définir plusieurs paramètres:

$V_{crête\ max}$ = valeur maximale de la tension de phase
ΔV_{max} = différence de tension maximale entre deux crêtes successives de signe opposé
$(\Delta V/\Delta t)_{max}$ = vitesse maximale d'accroissement de la tension entre deux crêtes successives maximales de signe opposé

Toutes les formes d'ondes présentent deux fréquences dominantes (figure 3):

f1: fréquence propre de la portion de barres manœuvrée,

f2: fréquence associée aux réflexions dues aux changements d'impédance dans le poste.

Pour la manœuvre du sectionneur *Q1* dans la travée *4* on obtient les valeurs selon tableau II. Les valeurs maximales des surtensions en bout de barres à vide côté *Q0*, pour toutes les manœuvres des sectionneurs de barres *Q1* étudiées, sont regroupées dans le graphique de la figure 7.

Analyse des résultats

- L'évolution des surtensions et leurs valeurs de crête dépendent du schéma électrique du poste, et de l'endroit où la manœuvre est effectuée.
- La tension la plus élevée par rapport à la terre, 2,1 p.u., a été enregistrée pendant la manœuvre du sectionneur de barres *Q1* de la travée du transformateur *1*. Les raideurs du front de l'onde des surtensions sont d'environ 67 p.u./µs (6,9 MV/µs). La caractéristique principale de ces surtensions est une variation de tension de l'ordre de 2 p.u. dans un temps de quelques dizaines de microsecondes.
- Les fréquences fondamentales d'oscillation sont de l'ordre de quelques MHz. A la jonction câble/SF_6, l'amortissement est plus rapide du fait que l'impédance caractéristique des câbles est proche de celle des conducteurs blindés.
- A la fréquence fondamentale se superposent des oscillations à plus hautes fré-

Tableau II Paramètres de l'onde de surtension

f1 [MHz]	*f2* [MHz]	$V_{crête\ max.}$ [p.u.]	$\Delta V_{max.}$ [p.u.]	$(\Delta V/\Delta t)_{max.}$ [p.u./µs]
6	40	1,89	2,23	57

quences (un ordre de grandeur supérieur) dues à la réflexion des ondes. Elles dépendent du nombre et de la nature des discontinuités du circuit (disjoncteurs ou sectionneurs ouverts, capacités des isolateurs, des transformateurs de tension/courant, des raccords des barres, etc.). Les capacités de tous ces éléments jouent un rôle important pour la forme et l'amplitude de l'onde de surtension. Pour faire une comparaison, on a éliminé toutes les capacités à la terre dans l'exemple considéré. Les formes d'onde initiales de la figure 2 se sont modifiées, comme on peut le voir à la figure 8. Les amplitudes maximales se sont aussi modifiées.

• L'amplitude maximale des surtensions diminue vite avec la distance par rapport à l'endroit de manœuvre du sectionneur comme représenté à la figure 9 pour la manœuvre du sectionneur *Q1* de la travée *4*. Les plus petites valeurs correspondent aux travées *1* et *10* qui sont hors tension.

• L'étude n'a pas mis en évidence des surtensions très élevées. Les tensions sont toujours inférieures à la tension de tenue au choc de foudre (650 kV). La principale contrainte est la raideur du front de l'onde des surtensions et son influence sur la tenue diélectrique de l'appareillage.

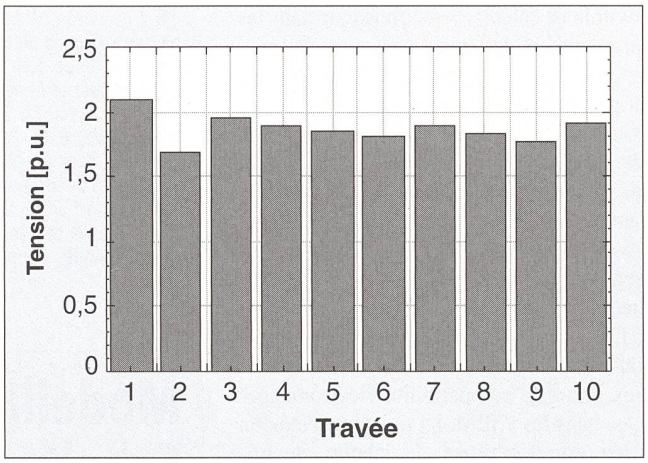


Figure 7 Comparaison des surtensions sur la phase *R* à l'extrémité côte *Q0* des différentes barres

Les surtensions sont engendrées par la fermeture du sectionneur *Q1* de la travée correspondante

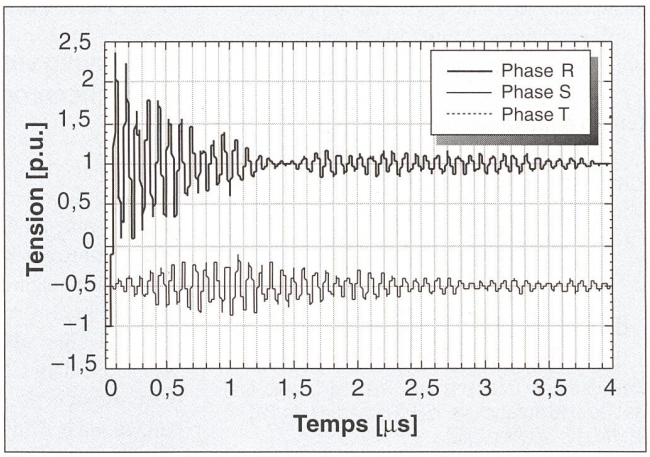


Figure 8 Surtensions après l'élimination des condensateurs

Même manœuvre et même situation comme décrite dans la figure 2, avec comme seule différence, que les condensateurs à la terre ont été éliminés.

Conclusions

Les manœuvres des sectionneurs dans les PSEM entraînent, inévitablement, des surtensions transitoires, à front très raide. L'étude montre qu'on peut calculer ces surtensions à l'aide des modèles de calcul sur ordinateur. Pour obtenir des résultats proches de la réalité, tous les éléments d'un PSEM doivent être soigneusement modélisés.

L'EMTP est un outil très approprié pour la modélisation des postes blindés et pour le calcul des surtensions. On peut aussi effectuer des études statistiques des surtensions en fonction de la charge piégée, par exemple. Une partie difficile pour la modélisation est constituée par le manque de données concernant l'arc électrique des sectionneurs et les valeurs des capacités des différents composants de l'installation.

Les hypothèses prises pour cette étude sont pessimistes. Les valeurs indiquées constituent des extrêmes. Elles correspondent au cas du premier amorçage pendant une fermeture d'un sectionneur de barres. La tension côté source est de 1 p.u. sur la phase *R*. La barre à vide a une charge piégée de −1 p.u. Au moment de la manœuvre, la tension entre les contactes du sectionneur de la phase *R* est donc de 2 p.u. En pratique, la valeur de la tension piégée dépend de nombreux paramètres tels que la capacité de la portion de barres à vide, la conception des contacts des sectionneurs, etc. Les valeurs des surtensions sont donc plus faibles dans le cas où la tension piégée est plus faible. Pour la modélisation du poste, plusieurs simplifications ont été faites. Les plus importantes sont:

- une manœuvre d'ouverture ou de fermeture du sectionneur est modélisée à l'aide d'un interrupteur idéal qui se ferme sur une résistance fixe de l'arc électrique
- la hauteur des conducteurs blindés du poste est considérée constante et nous n'avons pas tenu compte de leur géométrie compliquée
- les pertes dues à l'effet de peau n'ont pas été prises en compte
- les paramètres distribués ont été calculés à une fréquence fixe à cause des limites de l'EMTP
- les capacités utilisées dans le circuit ont des valeurs approximatives

Par une modélisation judicieuse des circuits externes ou de basse tension, il est

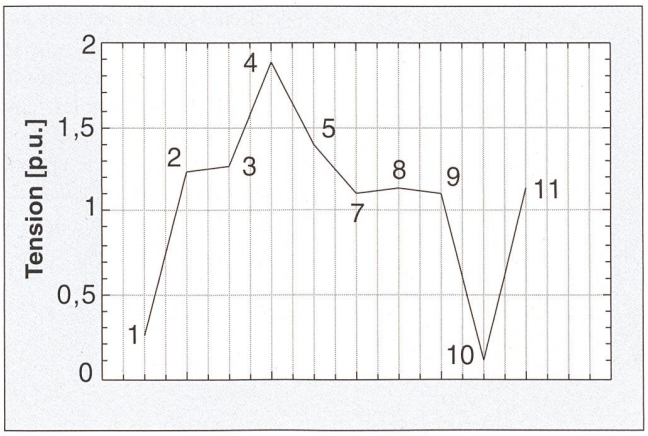


Figure 9 Variation de l'amplitude des surtensions aux differents sectionneurs de barres *Q1*

La courbe représente les surtensions engendrées par la manœuvre décrite dans la figure 2. Les chiffres indiquent le numéro de la travée du sectionneur *Q1* concerné. Les travées *1* et *10* sont hors tension.

possible de calculer les surtensions dans les enroulements des transformateurs de puissance et dans l'appareillage de protection du poste. Ceci est important parce que les essais effectués actuellement à la mise en service d'un PSEM ne couvrent en général pas les phénomènes rencontrés lors des manœuvres de sectionneurs. Le modèle de calcul sera validé par des mesures expérimentales par le Laboratoire des Réseaux Electriques de l'EPFL.

Le calcul des surtensions transitoires constitue la première étape d'une étude plus vaste de compatibilité électromagnétique dans les PSEM. La montée en tension transitoire des terres, le champ électromagnétique rayonné par l'enveloppe et le couplage champ–circuits basse tension seront calculés et mesurés.

Remerciements

Les auteurs tiennent à exprimer leurs remerciements au Service Electrique de la ville de Lausanne pour le soutien financier qui a permis la réalisation de ce travail.

Bibliographie

[1] *S. A. Boggs, N. Fujimoto* et al.: Disconnect Switch Induced Transients and Trapped Charge in Gas-Insulated Substations. IEEE Transaction on PAS-101, No. 10, October 1982.

[2] *N. Fujimoto, H. A. Stuckless* and *S. A. Boggs:* Calculation of Disconnector Induced Over-Voltages in Gas-Insulated Substations. In *L. G. Christophorou* and *M. O. Pace* (Eds.): Gaseous Dielectrics IV, Pergamon Press, New York, 1984.

[3] *J. Meppelink, A. Eriksson* et al.: Etudes des transitoires très rapides (VFT) dans un poste 765 kV. Rapport Cigré 33-12/1988.

[4] *J. R. Carson:* Wave Propagation in Overhead Wires with Ground Return. Bell System Technical Journal, Vol. 5, pp. 539–554, 1926.

[5] *M. Aguet* et *M. Ianovici:* Haute tension. Traité d'Electricité, vol. 22, Edition Georgi, 1982.

[6] *J. Lewis, B. M. Pryor* et al.: Manœuvres de sectionneurs dans un poste sous enveloppe métallique – Etudes de surtensions et essais pour un poste 420 kV. Rapport Cigré 33-09/1988.

[7] Phénomènes transitoires très rapides associés aux postes blindés. Rapport Cigré 33-13/1988.

[8] *R. Witzmann:* Fast Transients in GIS – Modelling of Different GIS Components. 5th International Symposium on High Voltage Engineering, Braunschweig 24–28 August 1987.

[9] *P. Clarenne, G. Ebersohl, J. Vigreux* et *G. Voisin:* Influence des régimes transitoires à haute fréquence sur les équipements secondaires dans les postes sous enveloppe métallique. Comité d'Etudes 36 (Perturbations). Electra. 126, pp. 95–114.

[10] *M. Aguet* et *J-J. Morf:* Energie électrique. Traité d'Electricité, vol. 12, Edition Georgi, 1981.

Modellierung von gekapselten Schaltanlagen auf dem Computer

Berechnung von Überspannungen mit Hilfe des Rechenprogramms EMTP

Seit etwa zwanzig Jahren werden in elektrischen Netzen immer mehr gekapselte Schaltanlagen eingesetzt. Durch eine stetige Weiterentwicklung wurde ihre Zuverlässigkeit laufend weiter verbessert. Besonderes Augenmerk muss bei der Konstruktion solcher Anlagen den bei Schalthandlungen auftretenden Überspannungen gelten. Zur Optimierung der Konstruktion von gekapselten Anlagen ist es von grossem Interesse, die durch verschiedene Ereignisse (Schalthandlungen, Kurzschlüsse, Blitzüberspannungen usw.) verursachten Überspannungen genau berechnen zu können. Grundlage dafür ist eine adäquate Modellierung der wichtigsten Komponenten einer Schaltanlage auf dem Computer. Der vorliegende Artikel zeigt, dass das Programm EMTP (Electromagnetic Transients Program) dazu ein geeignetes Hilfsmittel ist. Für eine Anlage nach Bild 1 wurden die Überspannungen berechnet, welche beim Schliessen der Trenner *Q1* an verschiedenen kritischen Stellen der Schaltanlage auftreten (Bilder 2–6, 8 und 9: Überspannungen verursacht durch das Schliessen von *Q1* am Abgang *4*; Bild 7: Überspannungen verursacht durch das Schliessen von *Q1* an je einem der zehn Abgänge im Vergleich). Diese Beispiele veranschaulichen, wie das Rechenprogramm EMTP erlaubt, mögliche Ereignisse in Schaltanlagen zu simulieren und die Reaktion der einzelnen Anlagekomponenten darauf zu berechnen.

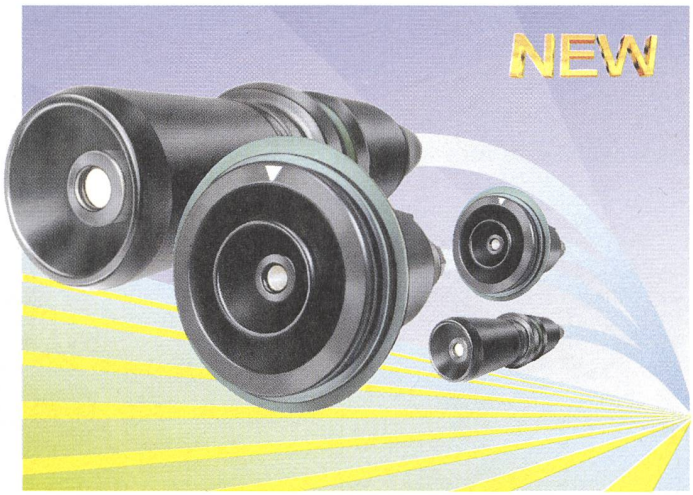
ETG
SEV/ASE

Connaissez-vous l'ETG?

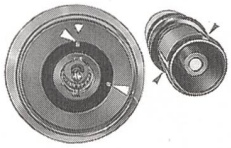
La Société pour les techniques de l'énergie de l'ASE (ETG) est un *Forum national* qui s'occupe des problèmes actuels des systèmes d'énergie électrique dans le cadre global de toutes les formes de l'énergie. En tant que *société spécialisée de l'Association Suisse des Electriciens* (ASE), elle se tient à la disposition de tous les spécialistes et utilisateurs intéressés du domaine des techniques de l'énergie.
Pour de plus amples renseignements et documents, veuillez prendre contact avec l'Association Suisse des Electriciens, Luppmenstrasse 1, 8320 Fehraltorf, téléphone 01 956 11 11.

Ganz schön innovativ, die neuen Rundsteckverbinder von Multi-Contact Ø16 mm, für 1000 V, bis 400 A, mit Bajonettverriegelung

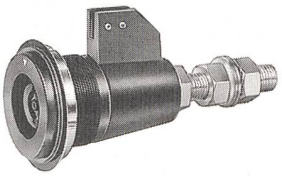
Tüllenisolation dem Leiter-aussendurchmesser anpassbar



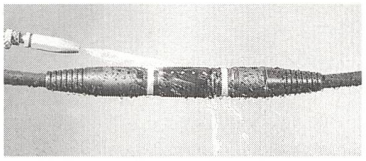
Berührungsgeschütz in ungestecktem Zustand



Codiermöglichkeit



Anbau eines Mikro-Schalters mit Steckzustandsanzeige möglich



IP65 in gestecktem Zustand

ISO 9001 ISO 9001 DIN EN ISO 9001:1994 QM-Zertifikat

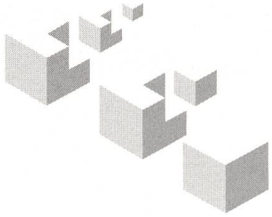
auswechselbarer Pressanschluss

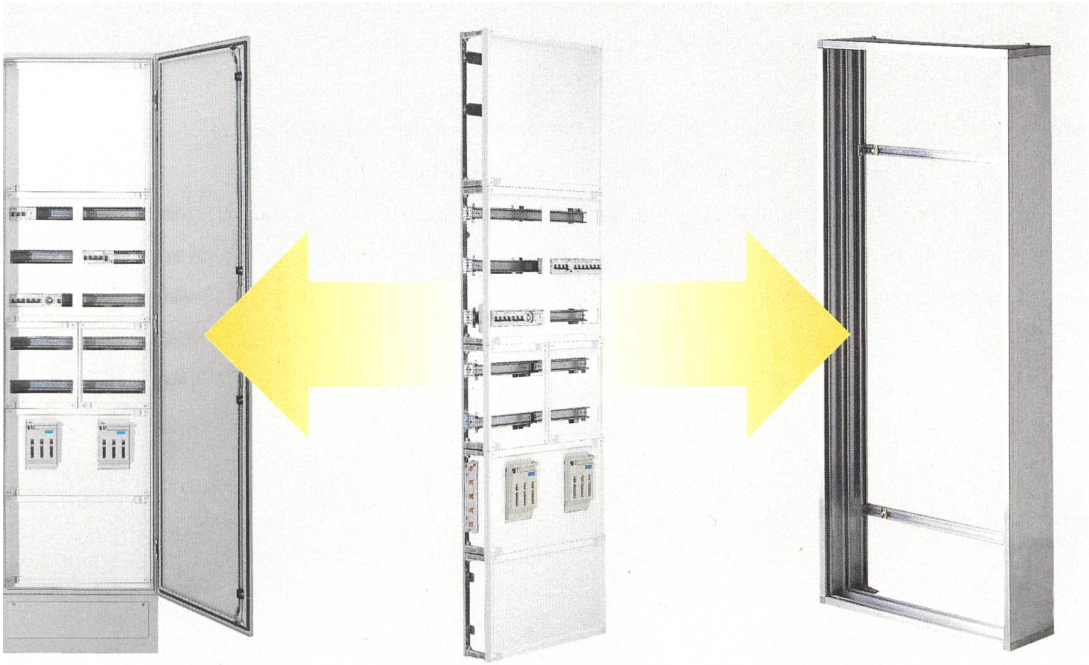
MC® **Multi-Contact**

Multi-Contact AG
Stockbrunnenrain 8
CH–4123 Allschwil 1
Tel. 061 / 302 45 45
Fax 061 / 302 45 68

Bestellen Sie bitte den neuen Katalog Ho4b

ıivers-das neue Bausteinsystem für ıederspannungs-Verteilungen bis 630 A





hager

Der Partner mit System

neu

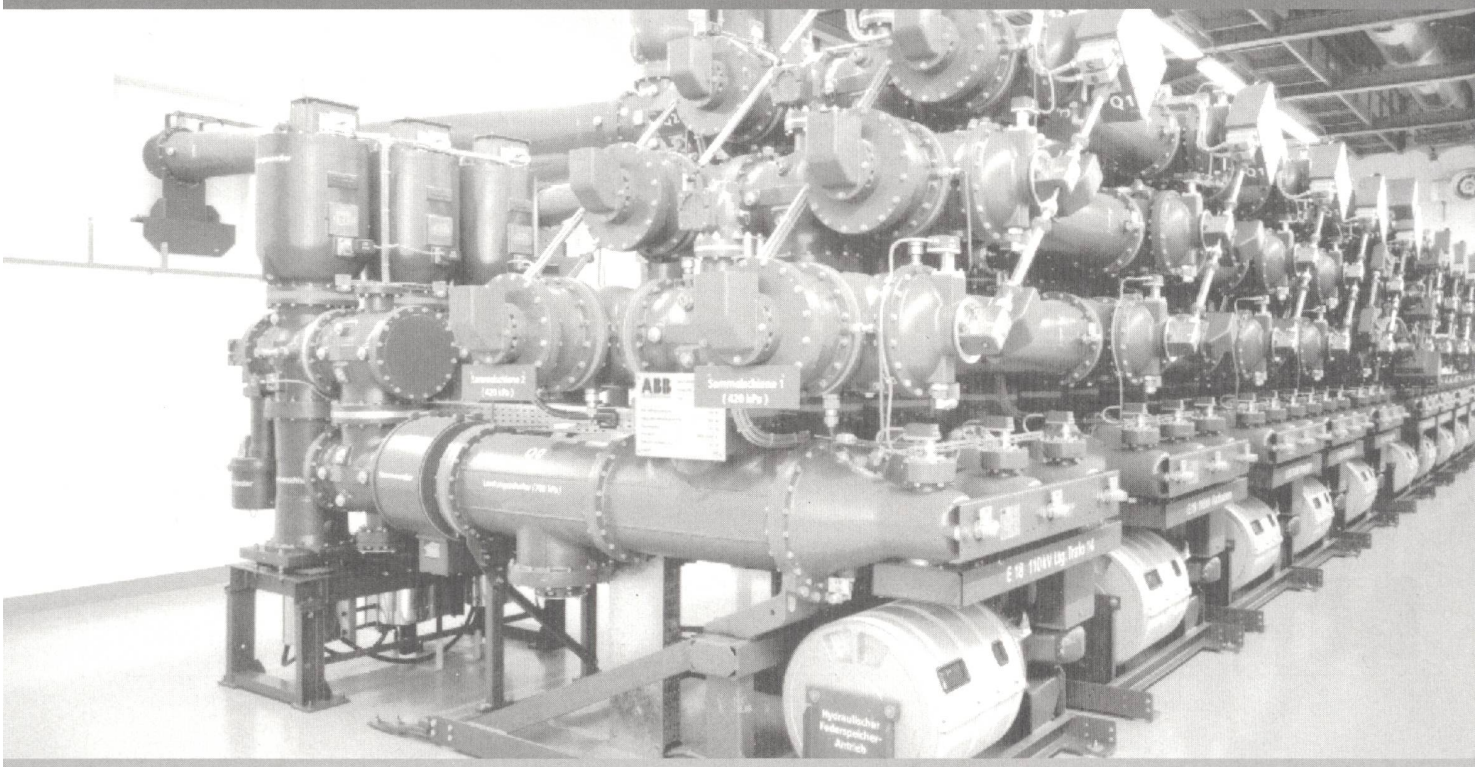
Jezt wird neu nach SN EN 60 439 verteilt!

Ausstellung Zürich:
Glattalstraße 521
8153 Rümlang
Telefon (01) 817 34 00
Telefax (01) 817 34 40

Ausstellung Bern:
Wankdorffeldstraße 104
3014 Bern
Telefon (031) 332 48 32
Telefax (031) 333 04 19

Hager Modula S.A.
En Budron A 9
1052 Le-Mont-sur-Lausanne
Telefon (021) 653 63 11
Telefax (021) 652 55 23

Besser als Luft.



Im Jahre 1932 erregte der findige, abenteuerlustige Schweizer Physikprofessor Auguste Piccard Weltaufsehen. In einer geschlossenen, mit Sauerstoff versehenen runden Gondel, die an einem Ballon befestigt war, erreichte er die schwindelerregende Höhe von 16 940 Metern – die Stratosphäre.

Für die ABB Hochspannungstechnik AG ist die Kontrolle hoher Energien in luftdichter Umgebung nichts Neues. Unsere SF6-Gas-isolierten Schaltanlagen sind bei Anwendungen, die ein Höchstmass an Betriebssicherheit erfordern, die meistgefragten. Das SF6-Gas mit seinen hohen Isolations-Eigenschaften ist erwiesenermassen besser als Luft. Wir bieten gasisolierte Schaltanlagen, die raumsparend, gewichtsarm, praktisch und wartungsfrei sind. Punkto Sicherheit schweben wir in einsamen Höhen,

ob mit oder ohne Ballon.

Performance on line

ABB Hochspannungstechnik AG
Postfach 8546
CH-8050 Zürich/Schweiz
Telefon: + 41 (0)1 318 33 00
Telefax: + 41 (0)1 312 56 43

ABB

© Copyright ABB High Voltage Technologies Ltd.