Article

Nouvelles méthodes de test efficaces pour l'analyse de l'état des disjoncteurs des postes sous enveloppe métallique

Auteur
Andreas Nenning, Omicron electronics GmbH, Klaus

Résumè
Le secteur de la fourniture d'énergie électrique est un autre domaine dans lequel on peut observer l'évolution constante d'une maintenance purement basée sur le temps à une maintenance basée sur l'état. Pour réaliser une analyse rapide dans un poste sous enveloppe métallique (PSEM / GIS) étroit, un exploitant d'installations a besoin d'appareils et de méthodes de test effectuant les analyses de manière efficace et non intrusive. Cet article décrit les nouvelles méthodes qui permettent des mesures des temps de réponse sur les disjoncteurs de PSEM sans mettre hors service l'installation. Cela réduit les durées d'indisponibilité associées aux tests des disjoncteurs et permet des gains potentiels de temps et de coûts.

Nouvelles méthodes de test efficaces pour l'analyse de l'état des disjoncteurs des postes sous enveloppe métallique

Le secteur de la fourniture d'énergie électrique est un autre domaine dans lequel on peut observer l'évolution constante d'une maintenance purement basée sur le temps à une maintenance basée sur l'état. L'état de tous les composants critiques de l'installation est analysé à intervalles réguliers, ce qui prend très peu de temps. Les résultats de l'analyse sont ensuite utilisés pour identifier les composants nécessitant une maintenance. Pour réaliser une telle analyse rapide dans un poste sous enveloppe métallique (PSEM / GIS) étroit et de la façon la plus universelle qui soit, un exploitant d'installations a besoin d'appareils effectuant les analyses de manière efficace, c'est-à-dire, le plus souvent, de manière non intrusive.

Solutions de test en service

Pour des raisons de sécurité, de nombreuses mesures conventionnelles des temps de réponse sur les disjoncteurs de PSEM exigeaient auparavant d'isoler l'installation avant de fixer les câbles de mesure sur les contacts primaires. D'autres procédures étaient par nature intrusives, à savoir que le gaz d'isolation SF_6 devait être vidé avant la mesure, puis être réinjecté après coup. Cela engendrait de longues sessions de test et les durées d'indisponibilité associées des installations rendaient la procédure extrêmement coûteuse pour les exploitants.
Le respect scrupuleux des cinq règles de sécurité soigneusement documentées exige que tout type de disjoncteur soit isolé et mis à la terre avant de démarrer le test. Ce n'est qu'alors que les câbles de mesure peuvent être fixés sur les contacts primaires. L'adoption de cette mesure garantit l'absence de tensions élevées dangereuses lors des travaux de maintenance sur l'équipement à tester. Ces tensions élevées peuvent être produites à la suite d'une manœuvre accidentelle, ainsi que par des interférences inductives ou capacitives provenant des composants adjacents sous tension.

OMICRON a développé de nouvelles méthodes qui permettent des mesures des temps de réponse sur les disjoncteurs de PSEM sans mise hors service de l'installation. Cela réduit les durées d'indisponibilité associées aux tests des disjoncteurs.

L'un des pré-requis de base à la mise en œuvre sûre de tests en service est une accessibilité sans danger des grandeurs de courant et de tension secondaires. Dans le cas de la nouvelle méthode de mesure en service des temps de réponse, cela implique qu'il n'est plus nécessaire de connecter l'équipement de test aux contacts primaires. À la place, une connexion relativement sûre est réalisée sur les raccordements secondaires d'un transformateur de courant ou de tension inductif (Figure 1).

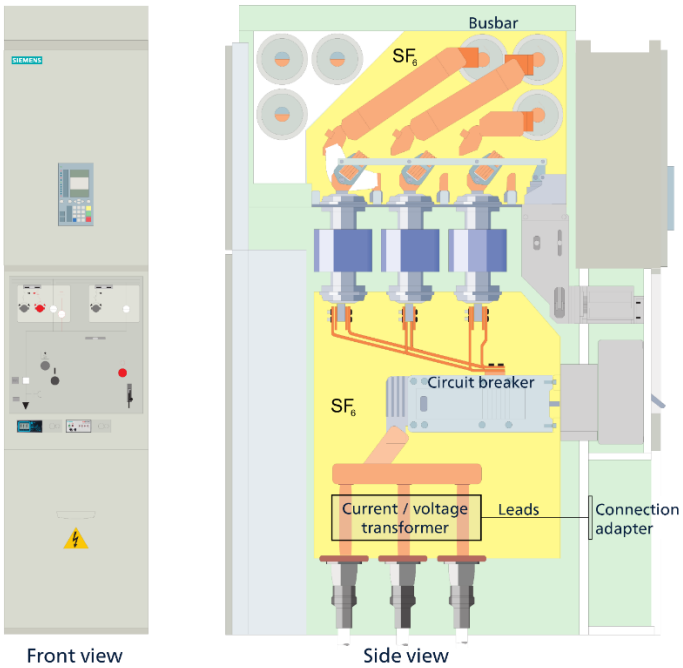

Figure 1 - Poste moyenne tension sous SF_6 avec transformateurs de courant et de tension (source : Manuel utilisateur du NXPlus SIEMENS)

Il est donc très simple d'établir l'état des contacts. Le temps de commutation peut désormais être déterminé directement en mesurant le courant des bobines de déclenchement dans l'équipement de test (Figure 2).

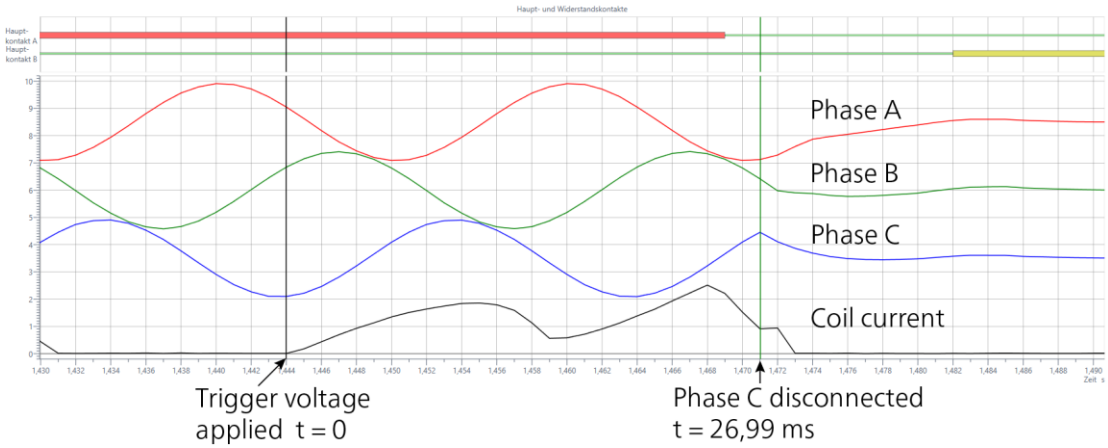

Figure 2 - Mesure des temps de réponse : évaluation des grandeurs mesurées

Le système de test des disjoncteurs CIBANO 500 inclut des pinces de courant permettant de le connecter à des transformateurs de courant standard de 1 A ou 5 A. Des canaux d'entrée de tension avec une plage de mesure de 0 à 300 V CA et une précision de 0,03 % lecture + 0,01 % pleine échelle sont disponibles pour les transformateurs de tension (Figure 3).

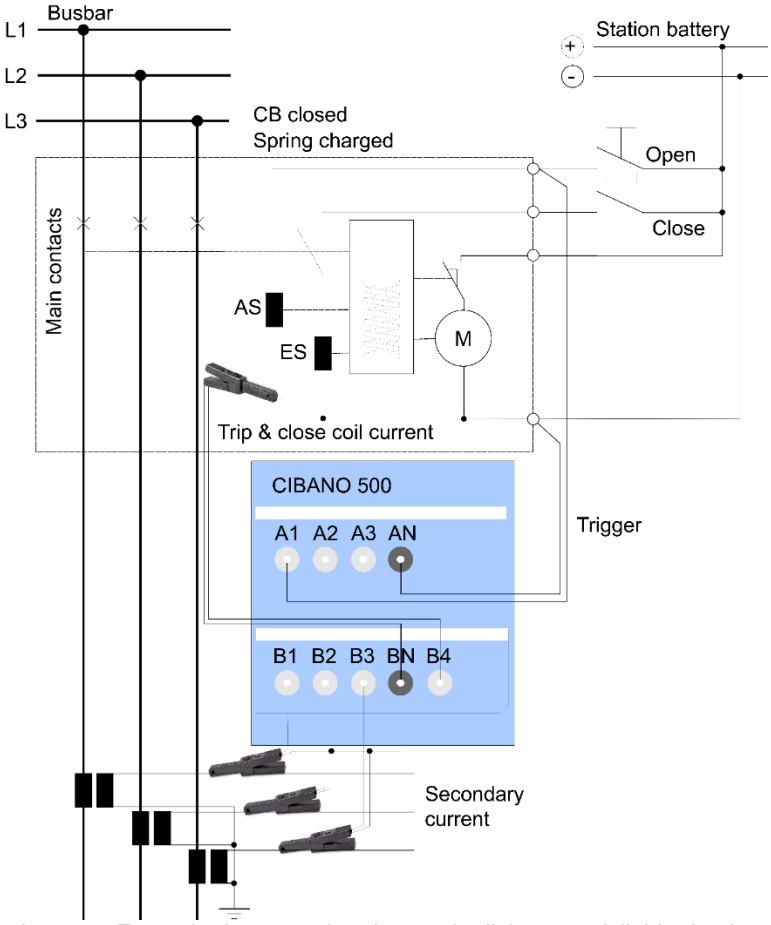

Figure 3 - Exemple de connexion de test de disjoncteur à l'aide de pinces de courants

Les tests en service à l'aide d'un transformateur de courant ou de tension, tels que décrits ici, doivent être considérés comme un moyen de réaliser des tests préliminaires simples avec des paramètres donnés et de vérifier la réponse d'un disjoncteur. Les résultats des tests, qui peuvent être réalisés rapidement, visent à permettre au technicien d'évaluer la présence de tout paramètre ou réponse anormal(e) indiquant la nécessité d'un examen plus approfondi du disjoncteur. Le disjoncteur peut, au contraire, être en parfait état technique et ne nécessiter aucun test supplémentaire.

Il convient de noter que ces méthodes de test en service déterminent le temps de commutation comprenant la durée d'arc, et non la durée mécanique (définitions du temps de commutation) conformément à la norme CEI 62271-100 (Figure 4). Le test est normalement réalisé de sorte à limiter le courant en charge, ou, dans le cas de transformateurs de tension, à supprimer complètement la circulation de courant en coupant le système dans le circuit sortant. Cela réduit la durée d'arc et améliore la compatibilité des mesures des temps de commutation.

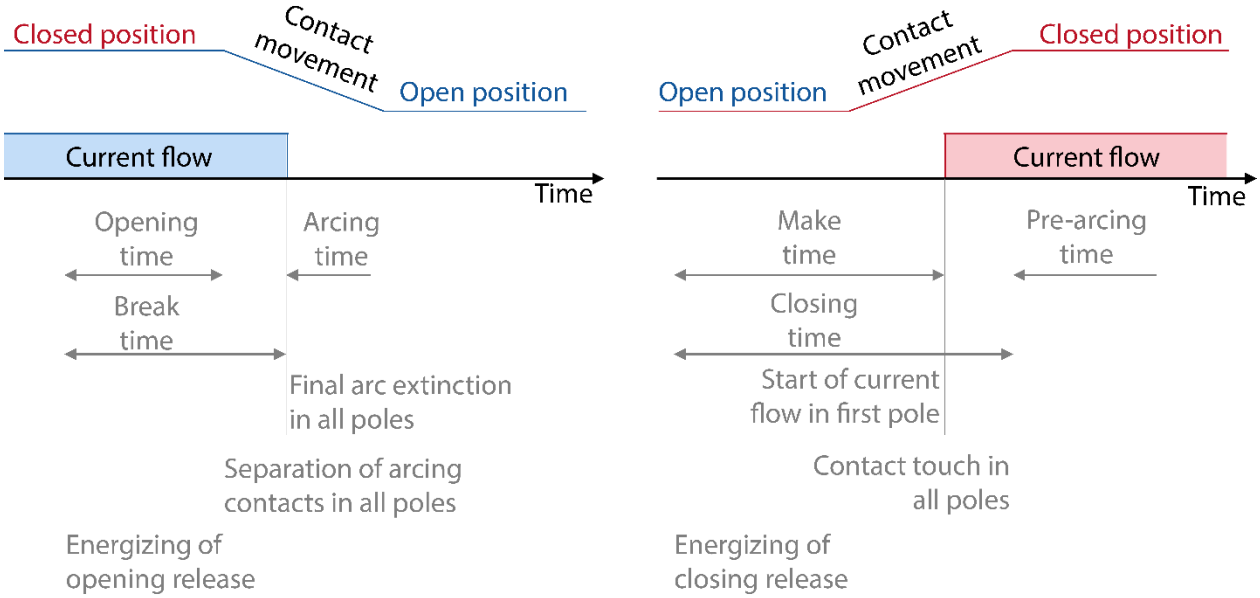

Figure 4 - Définition du temps de commutation conformément à la norme CEI 62271-100

Application pratique du test de première ouverture

Un test de première ouverture vraiment significatif ne peut être réalisé que sur un disjoncteur en service jusqu'au moment du test. Le test de première ouverture vise à simuler le cas fréquent où un disjoncteur qui n'a pas été manœuvré pendant un certain temps doit soudain réaliser un déclenchement par protection. On suppose que le disjoncteur ne peut pas fonctionner du tout ou seulement partiellement ou avec un certain retard, en raison d'une accumulation de lubrifiant, d'une contamination de surface, de la corrosion d'éléments mécaniques, etc., ce qui, dans le pire des cas, peut endommager les composants que le disjoncteur est censé protéger en aval.

Le montage de test pour le test de première ouverture est plus ou moins similaire à celui de la mesure des temps de réponse en service à l'aide de pinces de courants, tel que décrit précédemment. Par définition, la seule différence est que le disjoncteur ne doit pas avoir été manœuvré auparavant. Une fois encore, il est fait référence au fait que ce ne sont pas les durées mécaniques classiques qui sont mesurées, mais le *temps de commutation* tel que défini par la norme CEI 62271-100. La différence, c'est que la durée d'arc est incluse dans le temps de commutation.
Des écarts notables par rapport aux valeurs de référence exigent une analyse plus approfondie qui peut, selon le type de disjoncteur, inclure un examen plus poussé du courant bobine. Une augmentation du courant bobine indique que la bobine de déclenchement peut être grippée ou contaminée. Le disjoncteur doit être entièrement isolé et mis à la terre si d'autres analyses, telles qu'une inspection visuelle ou des mesures de mouvement, doivent être réalisées.

Mesure efficaces des temps de réponse sur les PSEM haute tension

Pourquoi est-il essentiel de mettre à la terre les deux côtés pendant la mesure ?
Des précautions de mise à la terre sont indispensables lors des tests de postes haute tension, car les phénomènes inductifs et capacitifs cumulés des travées adjacentes peuvent très rapidement atteindre des niveaux potentiellement mortels. Cela dit, des efforts sont faits pour empêcher les coûts supplémentaires associés à la manipulation de SF_6 dans les PSEM. Les techniciens s'efforcent d'avoir recours à des méthodes de test simples, rapides et efficaces permettant de connaître l'état du disjoncteur du PSEM et de déterminer si des tests plus poussés sont nécessaires.

Une approche très courante consiste à utiliser des prises de terre isolées pour le raccordement entre les câbles de mesure et les connexions primaires. Le disjoncteur n'a alors pas besoin d'être mis hors tension.

Le système de mise à la terre d'un disjoncteur peut varier. La Figure et la Figure 6 illustrent les deux conceptions les plus courantes de systèmes de mise à la terre.

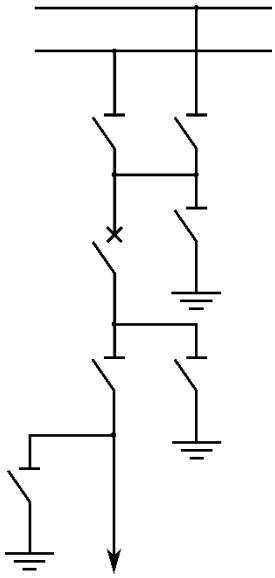

Figure 5 - Nombre maximum de sectionneurs de terre et d'isolement

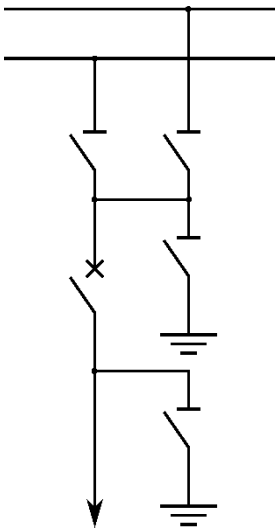

Figure 6 - Nombre de sectionneurs de terre et d'isolement optimisé

Les deux conceptions de systèmes de mise à la terre permettent de réaliser un test des temps de réponse sur les disjoncteurs de PSEM avec les deux côtés à la terre si au moins l'un des côtés est doté d'un sectionneur de terre isolé, c'est-à-dire qu'il contient un shunt de terre (Figure 7) pour faire la liaison à la terre. Mais seul le système de mise à la terre de la Figure 5 permet de réaliser un test en toute sécurité avec un seul coté à la terre sur un PSEM avec un jeu de barres sous tension.

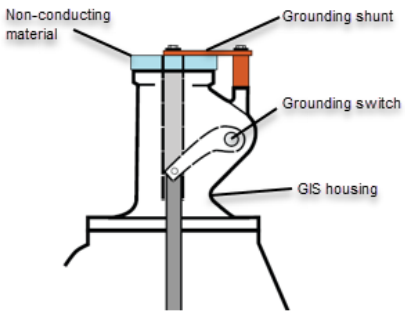

Figure 7 - Exemple de sectionneur de terre isolé avec shunt de terre

Solutions de test des temps de réponse

Méthode DRM
Une méthode possible de test des temps de réponse avec les deux cotés à la terre est la mesure de la résistance dynamique (DRM), qui mesure la résistance sur le circuit du disjoncteur pendant sa manœuvre. Le temps de réponse du disjoncteur est alors déterminé à l'aide d'une valeur seuil.

La réalisation de tests des temps de réponse avec la méthode DRM sur des organes de coupure isolés à l'air (AIS) avec les deux côtés à la terre ne pose généralement aucun problème. Cela s'explique par le fait que la résistance sur le circuit du disjoncteur est normalement bien plus faible que sur le circuit de terre.

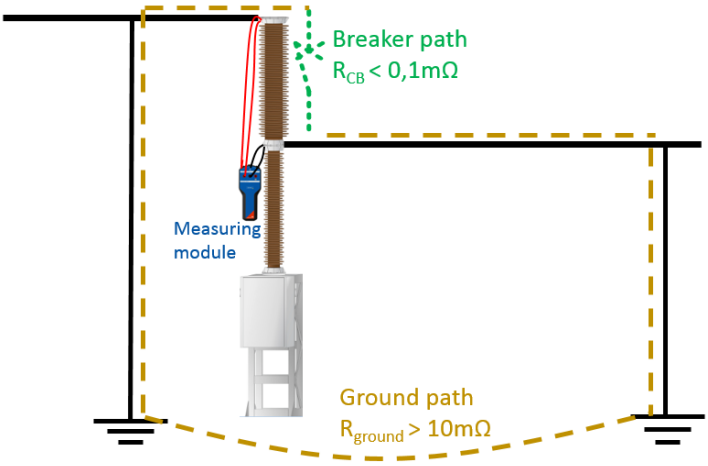

Figure 8 - Test des temps de réponse avec la méthode DRM sur un AIS

En raison de la grande différence entre les valeurs de résistance, la courbe de résistance mesurée affiche une différence notable et une valeur seuil adaptée peut être définie pour déterminer quand le disjoncteur a été ouvert ou fermé.

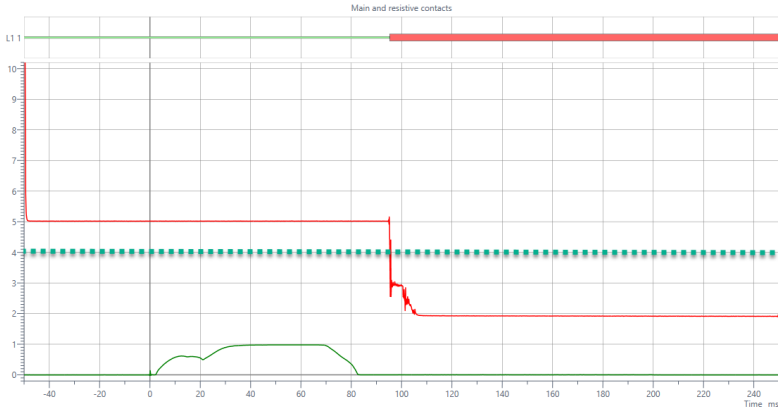

Figure 9 - Une valeur seuil (ligne pointillée verte) peut être utilisée pour déterminer quand le disjoncteur a été ouvert (ou fermé)

La mesure sur un disjoncteur de PSEM avec les deux côtés à la terre est plus compliquée car la résistance du circuit de terre de l'enveloppe est presque identique à celle du circuit du disjoncteur. Elle peut parfois même être plus faible en raison des nombreux contacts entre le point de mesure et le circuit réel du disjoncteur
(Figure 10).

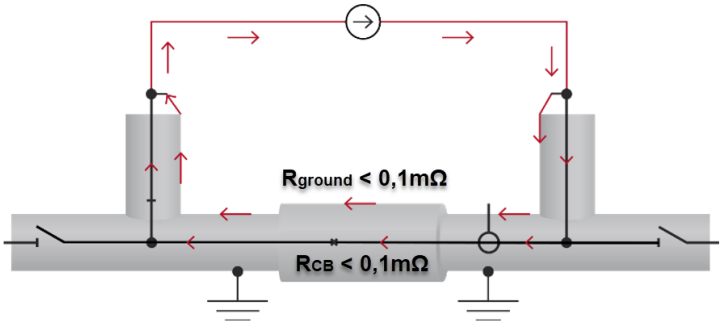

Figure 10 - Test des temps de réponse avec la méthode DRM sur un PSEM

Dans ce cas, il n'est pas possible de trouver une valeur seuil adaptée pour déterminer quand le disjoncteur a été ouvert ou fermé.

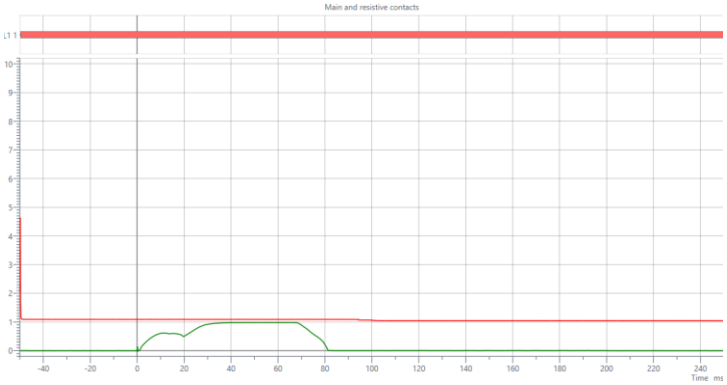

Figure 11 - Aucune valeur seuil ne peut être utilisée pour déterminer quand le disjoncteur a été ouvert (ou fermé)

Une autre solution doit donc être utilisée. Il faut modifier la méthode de test ou le système de mise à la terre du disjoncteur.

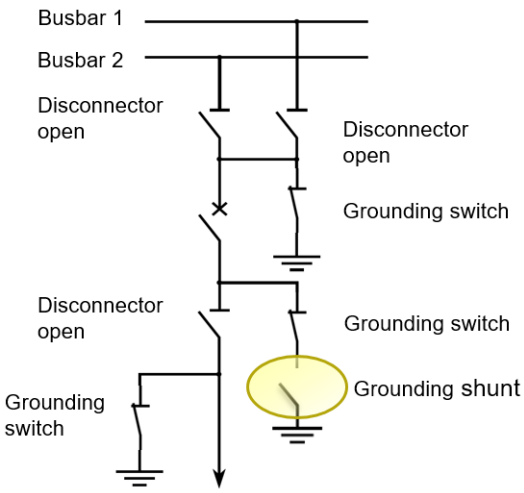

Figure 12 - Retrait du shunt de terre sur un côté du PSEM pour réaliser le test des temps de réponse avec un seul côté à la terre

La **Error! Reference source not found.** illustre le nombre maximum de sectionneurs et de sectionneurs de terre. Si le shunt de terre (surligné) peut être retiré, comme illustré à la Figure 13, il est possible de réaliser une mesure en toute sécurité dans la configuration avec un seul coté à la terre.

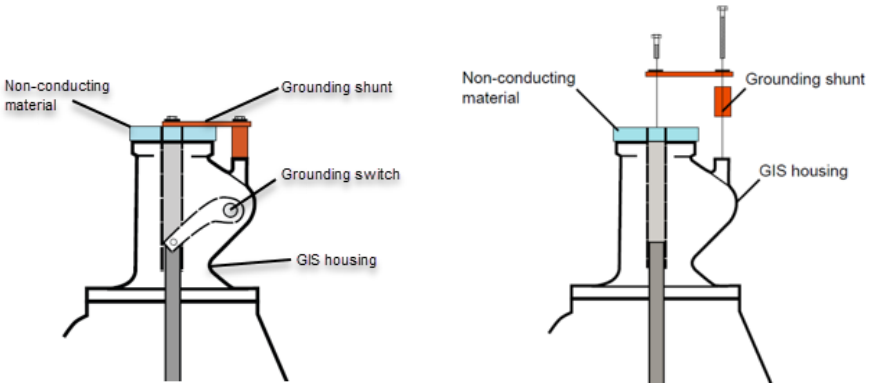

Figure 13 - Exemple de sectionneur de terre isolé avec shunt de terre amovible

Cela réduirait évidemment la sécurité, en particulier si le jeu de barres est sous tension et le disjoncteur ouvert. La personne chargée du test doit également connaître précisément le côté du disjoncteur sur lequel le shunt de terre peut être retiré sans danger, et le reconnecter dans sa position d'origine après le test.

Remarque : le retrait d'un shunt de terre sur un côté n'est conseillé que lorsque le disjoncteur est fermé.

Méthode CSM

Pour les systèmes de mise à la terre similaires à la Figure , ou dans les environnements où le retrait d'un shunt de terre est interdit, le test des temps de réponse avec la méthode DRM n'est pas possible.

Dans ce cas, la méthode de mesure par capteur de courant (CSM) peut être utilisée. Cette méthode utilise un capteur de courant (bobine Rogowski) connecté dans le circuit du disjoncteur ou le circuit de terre.

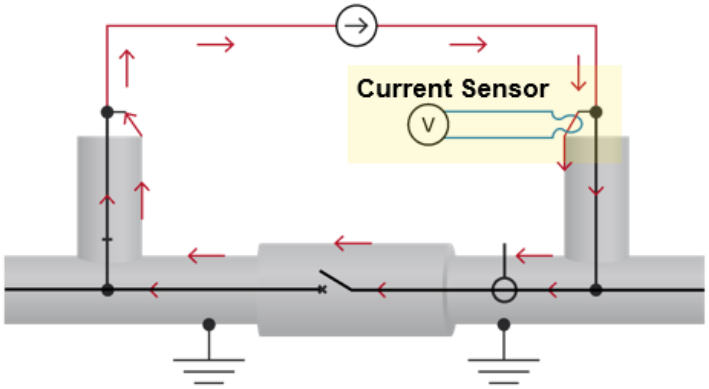

Figure 14- Test des temps de réponse avec la méthode CSM sur un PSEM

Un courant est injecté et le disjoncteur actionné. Le temps de réponse du disjoncteur est alors déterminé à partir de la courbe de tension induite produite par la bobine Rogowski en raison du changement de circulation de courant pendant le fonctionnement. En raison de la friction pendant le mouvement et de la différence de résistance entre les contacts principaux et d'arc, un « nuage » de tension est observé. Selon qu'il s'agisse d'une opération de fermeture ou d'ouverture, le temps est interprété différemment à partir du « nuage » de tension.

Pour une opération de fermeture, la fermeture du premier contact se situe au début du « nuage » de tension.

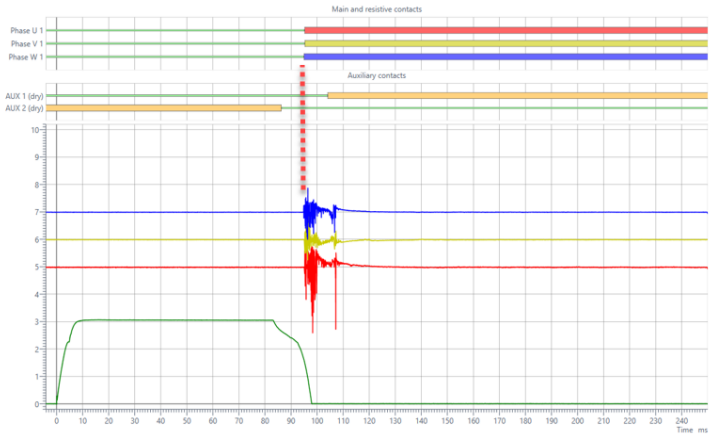

Figure 15 - Mesure des temps de réponse avec la méthode CSM pendant l'opération de fermeture (ligne pointillée rouge)

Pour une opération d'ouverture, la séparation du contact se situe à la fin du « nuage » de tension.

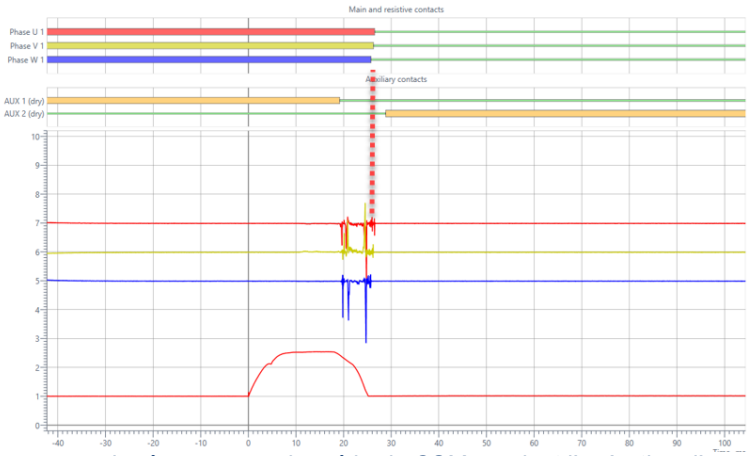

Figure 16 - Mesure des temps de réponse avec la méthode CSM pendant l'opération d'ouverture (ligne pointillée rouge)

La question est alors de savoir si les résultats sont comparables entre la nouvelle méthode CSM et la méthode DRM bien connue. C'est pourquoi des mesures comparatives ont été réalisées pour s'en assurer.

Comparaison entre CSM et DRM

Cette comparaison a été réalisée sur un PSEM de 245 kV avec chaque phase dans une enveloppe distincte. Ce poste a été mis sous tension mais est équipé d'un système de mise à la terre comme à la Figure 4 qui permet d'ouvrir le shunt de terre d'un côté pour réaliser la DRM avec un seul côté à la terre.

Figure 17 - PSEM de 245 kV avec trois enveloppes, une par phase

Les résultats suivants ont été enregistrés pour les séquences de fermeture et d'ouverture.

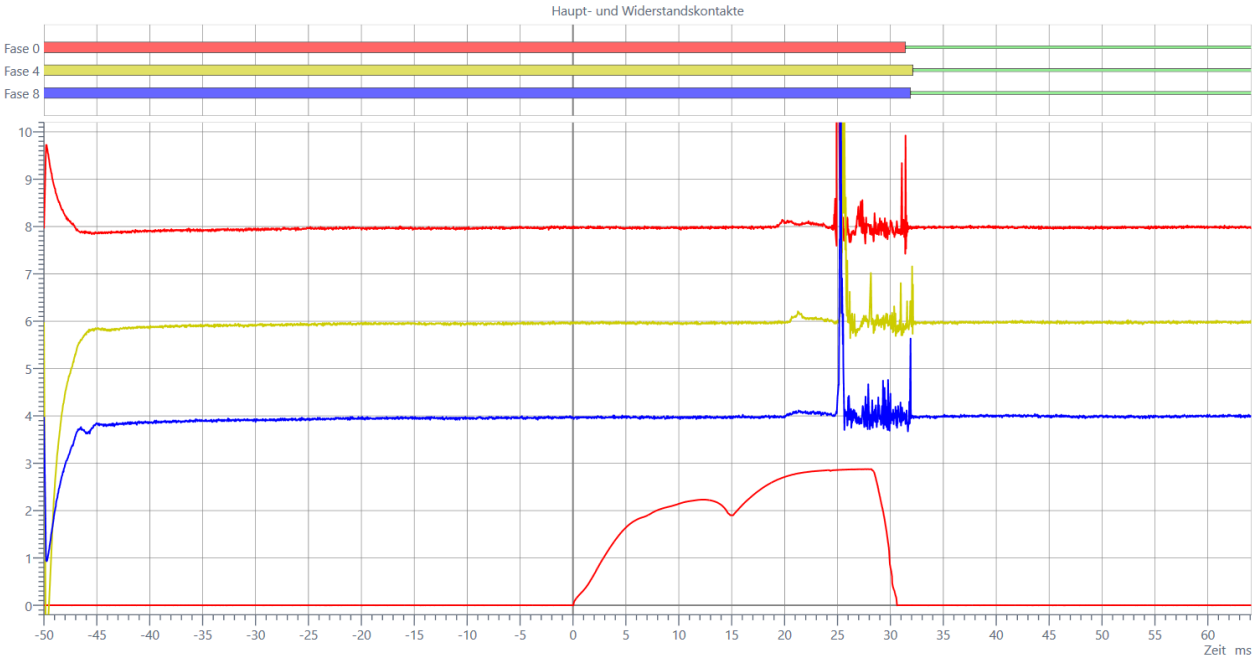

Figure 18 - Représentation graphique de la méthode CSM pendant la fermeture

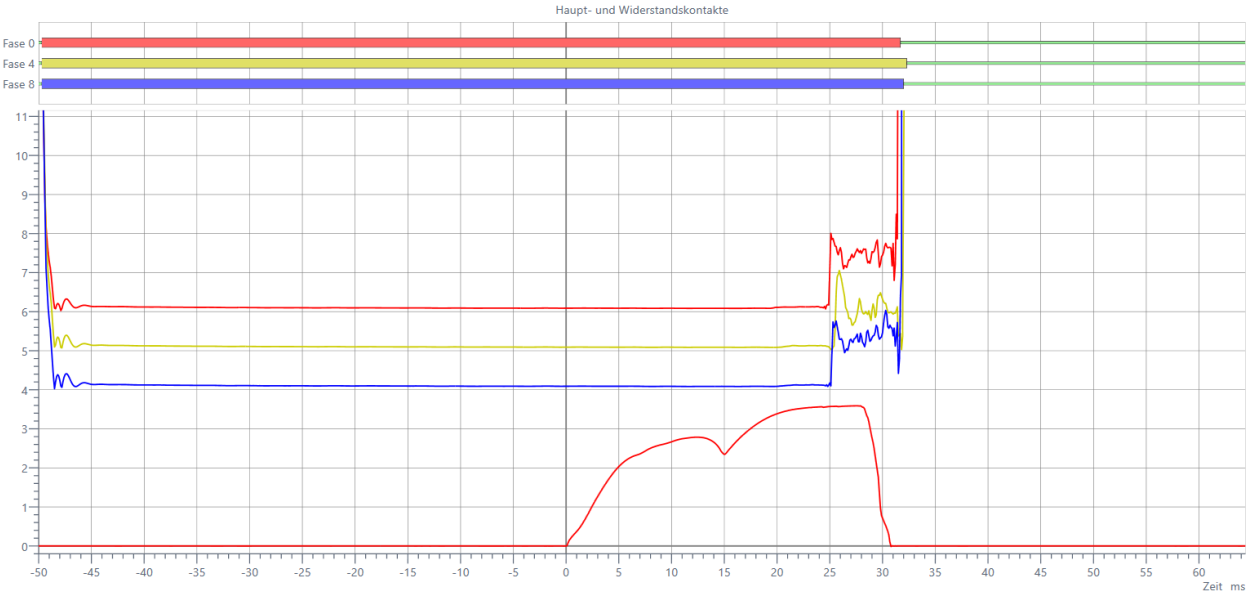

Figure 19 - Représentation graphique de la méthode DRM pendant la fermeture

		Ausschalteigenzeit	Ausschaltsynch.
	Schalter	32,12 ms	0,70 ms
+	A	31,42 ms	ms
+	B	32,12 ms	ms
+	C	31,90 ms	ms

		Ausschalteigenzeit	Ausschaltsynch.
	Schalter	32,30 ms	0,60 ms
+	A	31,70 ms	ms
+	B	32,30 ms	ms
+	C	32,00 ms	ms

Figure 20 - Comparaison entre CSM (à gauche) et DRM (à droite) pendant la fermeture

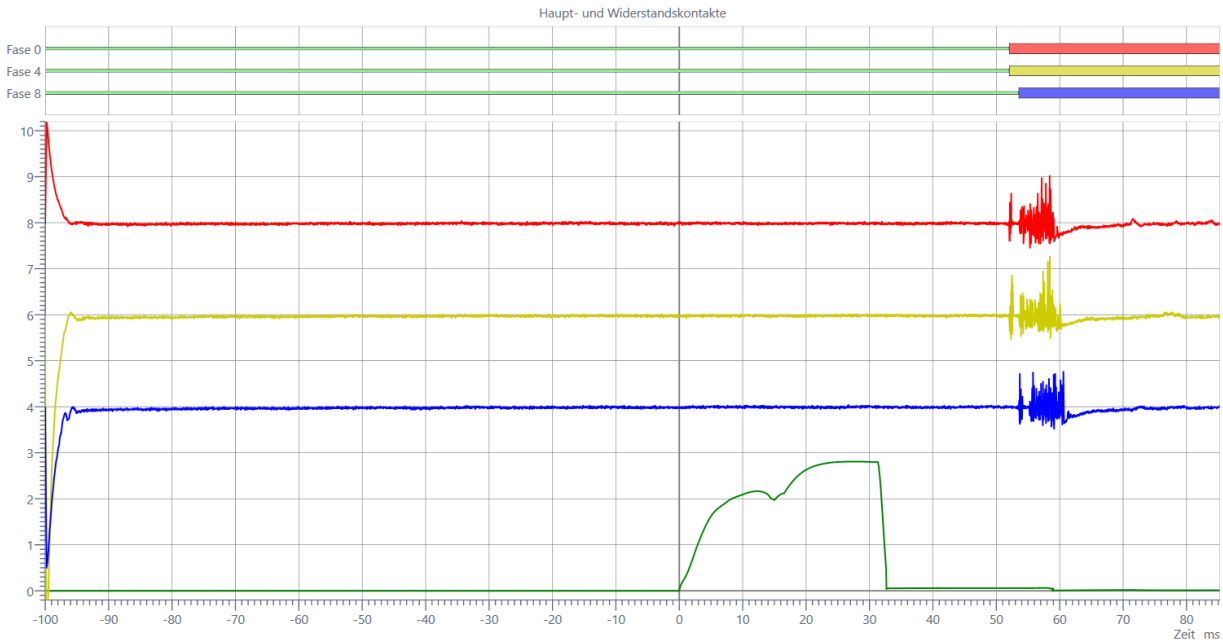

Figure 21 - Représentation graphique de la méthode CSM pendant l'ouverture

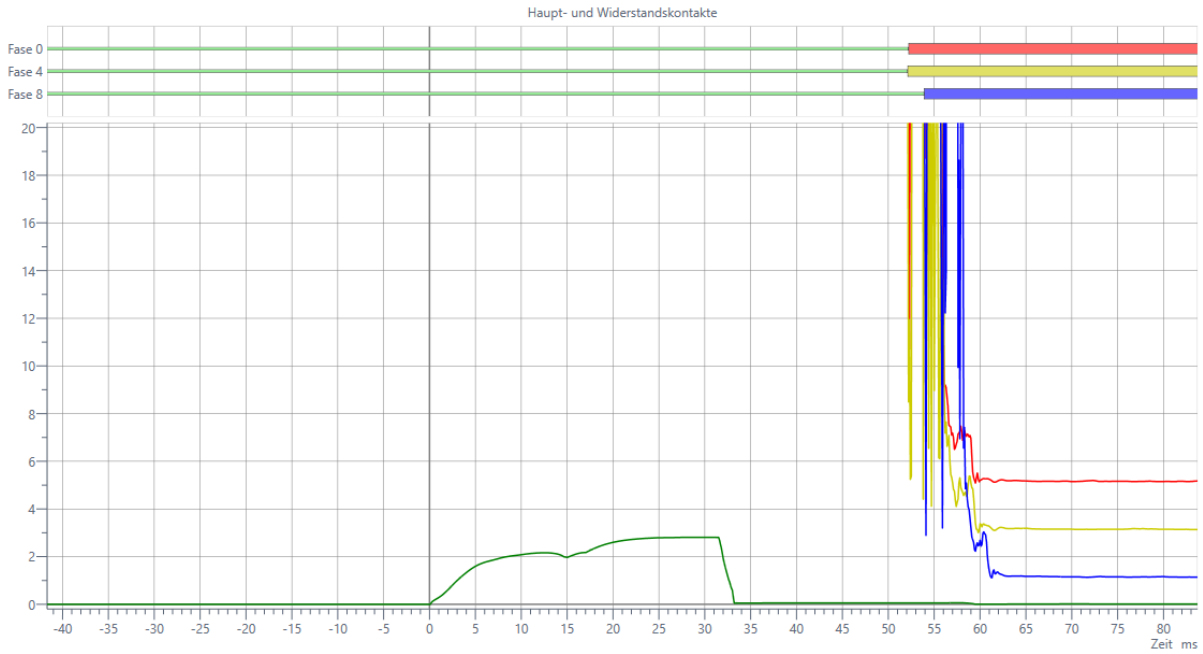

Figure 22 - Représentation graphique de la méthode DRM pendant l'ouverture

		Einschalteigenzeit	Einschaltsynch.
	Schalter	53,52 ms	1,50 ms
+	A	52,02 ms	ms
+	B	52,02 ms	ms
+	C	53,52 ms	ms

		Einschalteigenzeit	Einschaltsynch.
	Schalter	53,90 ms	1,80 ms
+	A	52,20 ms	ms
+	B	52,10 ms	ms
+	C	53,90 ms	ms

Figure 23 - Comparaison entre CSM (à gauche) et DRM (à droite) pendant l'ouverture

Une fois encore, pour les opérations de fermeture et d'ouverture, des résultats identiques ont été enregistrés.

Conclusion
Un test des temps de réponse réalisé avec la méthode CSM peut produire les mêmes résultats de test fiables qu'avec la méthode DRM, mais présente l'avantage notoire de pouvoir réaliser le test sur un disjoncteur de PSEM avec les deux cotés à la terre pendant toute la durée de test. Cela renforce non seulement la sécurité de la personne chargée du test, mais limite également la durée de test et de coupure du disjoncteur car les shunts de terre n'ont pas besoin d'être démontés.

Références :
[1] T. Renaudin : « Nicht-invasive Vor-Ort-Prüfung von Leistungsschaltern » [Tests sur site non intrusifs des disjoncteurs], article OMICRON, Toronto, Canada 2016
[2] M. Weuffel, T. Krampert, C. Rausch et A. Schnettler : « Messverfahren zur minimal-invasiven Schaltzeitmessung an beidseitig geerdeten gasisolierten Schaltanlagen » [Procédure de mesure pour une mesure des temps de réponse quasiment non intrusive dans un poste sous enveloppe métallique (GIS) avec les deux côtés à la terre], article présenté lors du Symposium sur les postes haute tension, Forum utilisateur GIS, Darmstadt, Allemagne, 11 octobre 2016.
[3] A. Tironniemi : « Safe timing tests on GIS with both sides grounded » [Tests des temps de réponse sécurisés sur un PSEM avec les deux côtés à la terre], article OMICRON présenté lors de la Conférence annuelle sur l'énergie de SNAGS ANALYTICS, Ajman, 27 avril 2018.

Andreas Nenning, OMICRON electronics GmbH, Klaus, Autriche, possède un diplôme en ingénierie de l'automatisation et en mécatronique qu'il a obtenu à l'Université des sciences appliquées Vorarlberg de Dornbirn, en Autriche. Il est responsable de produit du nouvel équipement de test de disjoncteurs CIBANO 500 d'OMICRON depuis septembre 2013.
Il a débuté sa carrière chez Stadtwerken Feldkirch, en Autriche, avant de poursuivre ses études et de décrocher un Master à l'Université des sciences appliquées Vorarlberg de Dornbirn. Il a ensuite travaillé à l'étranger pendant plusieurs années en tant qu'ingénieur applications et chef de projets, puis est revenu en Autriche pour occuper un poste de chef de projets dans la division décentralisée des énergies renouvelables. Andreas est membre du « groupe de travail du CIGRÉ A2.32 » (processus non intrusifs pour l'évaluation de l'état des disjoncteurs).
andreas.nenning@omicronenergy.com, www.omicronenergy.com

OMICRON est une société internationale qui développe et commercialise des solutions innovantes de test et de diagnostic pour l'industrie électrique. Les produits OMICRON offrent aux utilisateurs une fiabilité extrême dans l'évaluation de leurs équipements primaires et secondaires. Des services dans le domaine du conseil, de la mise en service, du test, du diagnostic et de la formation viennent compléter l'offre OMICRON.

Des clients dans plus de 140 pays bénéficient déjà de la capacité d'OMICRON à mettre en œuvre les technologies les plus innovantes dans des produits d'une qualité irréprochable. Les centres de support implantés sur tous les continents leur offrent en outre une expertise et une assistance de tout premier plan. Tout ceci, associé à un réseau solide de partenaires commerciaux a contribué à faire de notre société un leader sur son marché dans l'industrie électrique.

Pour un complément d'information, une documentation supplémentaire et les coordonnées précises de nos agences dans le monde entier, veuillez visiter notre site Internet.

www.omicronenergy.com

© OMICRON