

UNE APPROCHE NOVATRICE POUR DES TESTS COMPLETS SUR LES TRANSFORMATEURS DÉPHASEURS



Les réseaux électriques actuels ne se limitent généralement pas à un seul pays ou région et comptent souvent de multiples réseaux interconnectés provenant de différents pays. Ces connexions « transfrontalières » peuvent permettre le fonctionnement synchrone de multiples réseaux ou établir un lien non synchrone entre des réseaux exploités de manière indépendante. L'avantage des réseaux électriques interconnectés réside dans leur réserve mutuelle d'énergie qui a gagné en importance au fil des ans grâce à l'augmentation de la production décentralisée.

Dans le même temps, certains inconvénients, comme des flux circulaires imprévus, peuvent affecter les contraintes de transport dans un secteur donné. L'un des moyens de contrôler ce type de phénomène est l'installation de transformateurs déphaseurs capables de contrôler le flux de puissance active et / ou réactive dans les connexions synchrones. Cet article traite des transformateurs déphaseurs symétriques en expliquant leur principe de fonctionnement général et la manière de les tester.

Principe de fonctionnement des transformateurs déphaseurs symétriques

Pour réguler le débit de puissance active sur une ligne donnée, des transformateurs déphaseurs sont utilisés pour introduire un déphasage positif ou négatif entre la charge et la source. La figure 1 illustre ce principe sous forme de schéma vectoriel

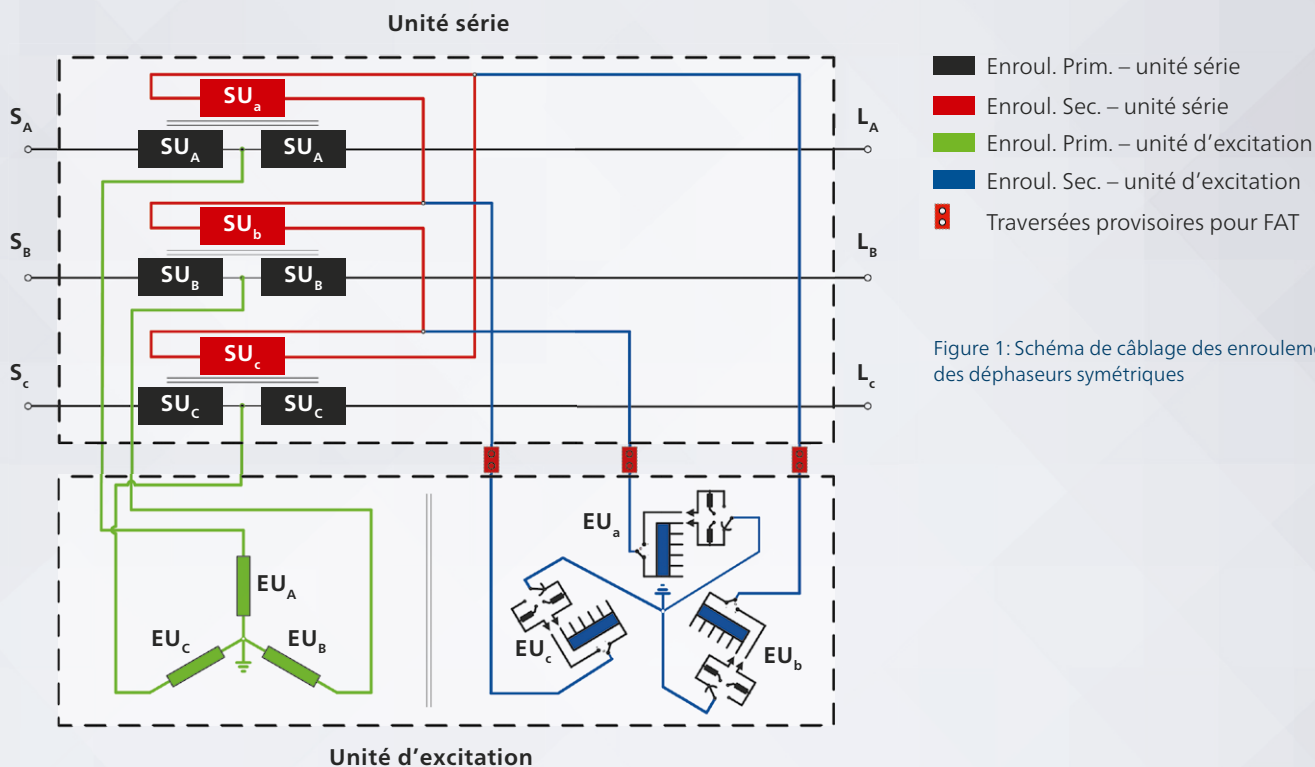


Figure 1: Schéma de câblage des enroulements des déphaseurs symétriques

représentant les tensions source et côté charge. Le déphasage entre les deux est obtenu en ajoutant une tension dite de quadrature (ΔU) avec un déphasage de 90° . L'amplitude de la tension de quadrature définit le déphasage entre la source et le côté charge. Pour l'obtenir, les transformateurs déphaseurs se composent généralement de deux transformateurs : une unité série et une unité d'excitation.

L'unité série est l'élément principal d'un transformateur déphaseur, dont le côté primaire est connecté en série à la ligne de puissance et se compose de deux enroulements symétriques entre la source « S » et la charge « L ». Le second enroulement de l'unité série est connecté en triangle, ce qui permet d'introduire une tension avec un déphasage de 90° , à comparer avec la tension d'alimentation. L'unité d'excitation est connectée entre les deux enroulements primaires de l'unité série, et transforme la tension primaire en amplitude et déphasage, afin de pouvoir être ré-induite par l'enroulement secondaire des unités série. L'enroulement secondaire est équipé d'un changeur de prises en charge (CPEc) afin de réguler l'amplitude de la tension de quadrature et donc le déphasage entre la source et le côté charge du transformateur déphaseur.

Tests des transformateurs déphaseurs

Le tableau 1 énumère les tests électriques faisant généralement partie des tests de réception standard des unités série

et d'excitation. Ce tableau ne présente pas la liste complète des tests pouvant être réalisés ; il n'indique que ceux ayant été choisis dans le cadre de cet article car ils permettent de montrer le comportement caractéristique des transformateurs déphaseurs et font généralement partie de la procédure de test de réception en usine ou sur site. Lorsque les transformateurs déphaseurs sont installés sur site, les bornes de l'unité d'excitation ne sont généralement pas accessibles. Par conséquent, la plupart du temps, il n'est possible de réaliser des tests individuels sur unité d'excitation qu'en usine. ▶

Mesure	Unité série	Unité d'excitation
Rapport de tension	FAT / Sur site	FAT
Courant magnétisant	FAT / Sur site	FAT
Déphasage	FAT / Sur site	FAT
Résistance d'enroulement	FAT / Sur site	FAT
Résistance dynamique d'enroulement (Balayage CPEc)	FAT / Sur site	FAT

Tableau 1: Tests électriques des transformateurs déphaseurs pour les tests de réception en usine et sur site

Mesures des unités en série

Comme la mesure du rapport de tension à différentes positions de prise d'un transformateur de réseau classique, il est important de vérifier la plage de déphasage spécifiée entre les bornes de ligne des côtés « S » et « L » des transformateurs déphaseurs. Nous avons utilisé un système triphasé de test de transformateur, le TESTRANO 600, pour réaliser une mesure simultanée du déphasage, du rapport de transformation et du courant de magnétisation sur les trois phases. Les résultats ont confirmé que la plage de fonctionnement était comprise entre $+10^\circ$ et -10° avec une largeur d'incrément de $0,87^\circ$ à vide.

Un défi de taille pour les techniciens d'essai, en particulier pendant les tests de mise en service sur site, consiste à déterminer si le transformateur déphaseur fonctionne en position avancée ou retardée. Les techniciens doivent savoir si le transformateur

déphaseur améliore ou bloque le flux d'énergie dans la branche respective du réseau. Cette détermination est essentielle pour déterminer les bornes de source et de charge. À l'aide d'une mesure triphasée, la relation de phase des tensions et courants de source et côté charge peut aisément être indiquée dans un schéma vectoriel afin de déterminer l'état du contrôle du flux. Un exemple des résultats obtenus à différentes positions de prise est illustré à la figure 2.

L'interprétation vectorielle des résultats de mesure du sens de contrôle du déphasage nous donne une indication claire des vecteurs de tension sur le côté « S » ou « L » qui sont en avance ou retardés. Un enregistrement d'oscilloscope complémentaire nécessitant un équipement et une durée de test supplémentaires n'est plus nécessaire grâce à cette visualisation des résultats de mesure.

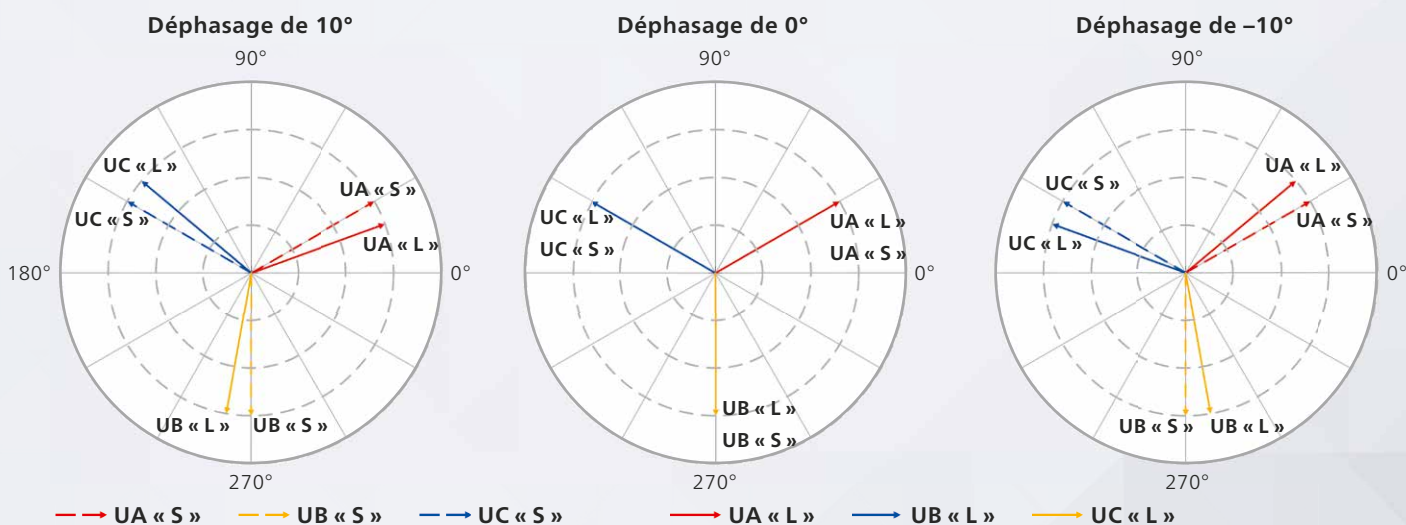


Figure 2: Résultats des mesures de déphasage « S » – « L » pour les trois positions caractéristiques

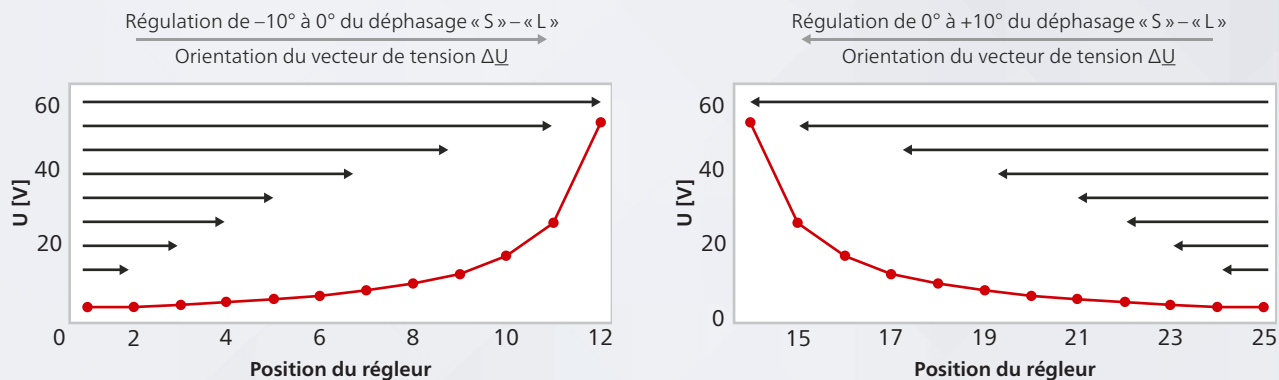


Figure 3: Résultats de mesure du convertisseur de tension de l'unité de magnétisation en fonction de la position du CPeC

Mesure de l'unité de magnétisation

Pour illustrer la capacité des transformateurs déphaseurs à réguler l'amplitude de la tension de quadrature, nous avons mesuré le rapport de tension de toutes les positions de prise de l'unité de magnétisation. La figure 3 indique le changement de rapport d'environ 4,5 à 54 pour les positions 1 à 12 et inversement pour les positions 12 à 25. Les positions 13A à 13B sont les positions du sélecteur de commutation permettant de changer la polarité de l'enroulement de régulation et donc le sens du déphasage entre la source et la charge.

Conclusion

Les transformateurs déphaseurs constituent une part importante des réseaux électriques synchrones actuels. En raison de l'évolution de l'infrastructure de la production d'énergie,

ils devraient jouer un rôle essentiel pour garantir la fiabilité des réseaux électriques à l'avenir. Les transformateurs déphaseurs étant généralement installés au niveau de nœuds critiques du réseau, la durée de maintenance hors ligne doit rester la plus courte possible. Les résultats ont démontré que l'utilisation d'un système triphasé de test de transformateur permet de vérifier très rapidement et efficacement les paramètres de fonctionnement d'un transformateur déphaseur pendant la mise en service et la maintenance sur site.

En étudiant l'exemple d'un transformateur déphaseur symétrique, nous avons montré que la méthode décrite permet de vérifier les principes de fonctionnement des unités série et d'excitation pendant les tests de réception en usine. La même approche peut être utilisée pour un transformateur déphaseur asymétrique. ■

« Les transformateurs déphaseurs étant généralement installés au niveau de nœuds critiques du réseau, la durée de maintenance hors ligne doit rester la plus courte possible. »

