Analyse d'un défaut sur une ligne double terne en prenant en compte l'effet du couplage mutuel.

Moritz Pikisch, OMICRON electronics
Rainer Luxenburger, OMICRON electronics

Résumé

Ce document étudie le cas d'un défaut sur une ligne double terne avec un déclenchement intempestif lié à l'imprécision et la méconnaissance des valeurs d'impédance de ligne paramétrées dans la protection. L'analyse du défaut est basée sur les impédances de ligne mesurées et sur des tests basés sur la simulation des paramètres du réseau à l'aide de RelaySimTest. Une procédure appropriée a été adoptée et documentée pour mesurer les impédances de ligne double terne sans avoir à couper la ligne parallèle.

Mots-clés

Ligne double terne, couplage mutuel, protection de distance, mesure d'impédance de ligne, sélectivité, RelaySimTest, tests basés sur les paramètres du réseau.

1 Introduction

Le paramétrage d'une protection de distance nécessite une connaissance précise de l'impédance directe Z1 et de l'impédance homopolaire Z0 de la ligne à protéger. Si, en plus, les circuits sont parallèles (ou partiellement parallèles), l'impédance de couplage du système homopolaire Z0M doit également être prise en compte.

La protection distance, étudiée dans cet article, a déclenché sur un défaut terre de façon non sélective. Son paramétrage ne prenait en compte que les valeurs estimées de Z1 et Z0. Cependant, comme l'impédance de couplage mutuel Z0M de cette ligne double terne est importante, elle aurait dû également être prise en compte. Le chapitre 2 décrit les détails du défaut.

Le chapitre 3 traite de la mesure des impédances de ligne Z1, Z0 et Z0M selon la méthode classique.

Le chapitre 4 compare la simulation effectuée dans RelaySimTest à l'enregistrement des défauts.

Le chapitre 5 décrit l'utilisation de RelaySimTest pour tester le système de protection en prenant en compte les paramètres du réseau.

Le chapitre 6 décrit la méthode de mesure des impédances Z1, Z0 et Z0M comme alternative à la méthode de mesure décrite au chapitre 3.

2 Description du défaut

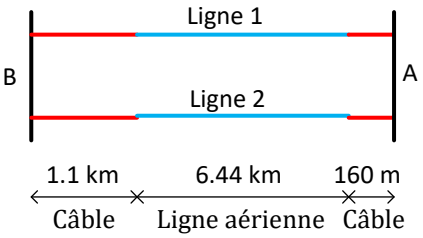

Figure 1 : Topologie de la ligne double

La ligne double dont il est question dans le présent document se compose de deux circuits électriques identiques « Ligne 1 » et « Ligne 2 » (figure 1) et relie les deux postes A et B. Elle fait partie d'un réseau de distribution urbain110 Kv avec neutre à la terre.

Le poste A est un PSEM relié par une liaison câble de 160 mètres au portique de la ligne aérienne. Le poste B à l'opposé est connecté à la ligne aérienne par un câble de 1,1 km. Les 2 lignes aériennes sont portées par un même pylône, ce qui explique l'impédance de couplage homopolaire Z0M significative.

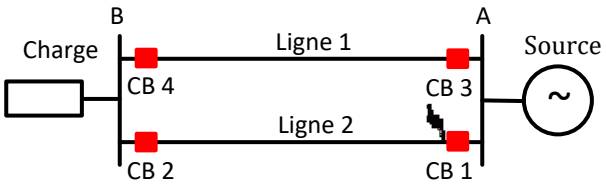

Figure 2 : État de commutation 1 : Δt 1 = 53 ms

Le défaut (figure 2) s'est produit sur le câble du portique de la ligne aérienne sur la phase L1 de la ligne 2. Il a été causé par le sciage du câble suite à un accès non autorisé au portique de la ligne aérienne. Le défaut était alimenté uniquement via le jeu de barres A par trois transformateurs 220 kV/110 kV. L'un de ces trois transformateurs a été détruit par le défaut, car il n'était pas conçu pour résister à un tel courant.

La plus grande partie du courant de défaut est d'abord passée directement par le départ de la ligne 2. Seule une petite partie est passée par la ligne 1 et le jeu de barres B. La protection distance et la protection différentielle de la ligne 2 ont déclenché correctement les disjoncteurs 1 et 2. Le disjoncteur 1 a déclenché en premier 53 ms après l'apparition du défaut.

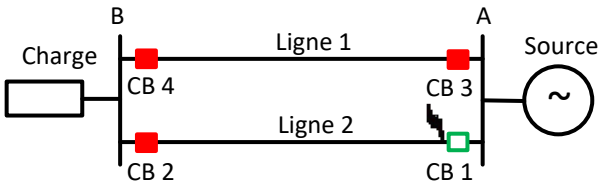

Figure 3 : État de commutation 2 : Δt 2 = 20 ms

Le défaut est maintenant alimenté par la ligne 1 et le jeu de barres B. Le disjoncteur 2 n'est pas encore ouvert, car son temps de déclenchement est un peu plus long que celui du disjoncteur 1. Cet état de commutation n'a duré que 20 ms, soit un cycle à 50 Hz.

L'état de commutation 2 a entraîné le fonctionnement de la protection distance coté DJ 3, une Siemens 7SA513, qui a détecté le défaut en zone 1 et déclenché instantanément. La cause de ce dépassement de zone est expliquée en détail en section 4.

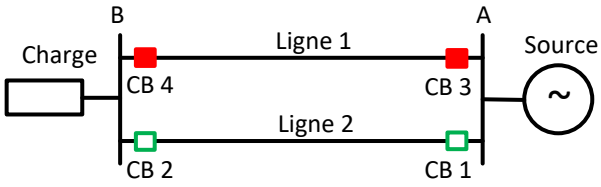

Figure 4 : État de commutation 3 : Δt 3 = 50 ms

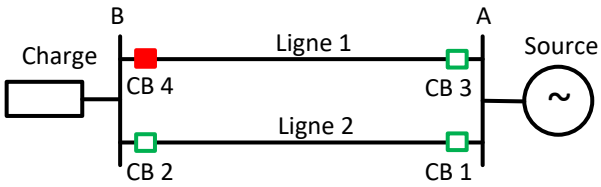

Figure 5 : État de commutation 4 :

Une fois le disjoncteur 2 ouvert, comme le montre la figure 4, le disjoncteur 3 s'ouvre peu après (figure 5) en raison d'un déclenchement incorrect généré pendant l'état de commutation 2. Par conséquent, le poste B n'était plus alimenté.

Bien que cela n'entre pas dans le cadre du présent document, il convient de mentionner qu'après le défaut sur la ligne 2 une tentative de remise en service a eu lieu. Avant cette tentative, l'alimentation était rétablie sur le poste B avec une nouvelle configuration du réseau. Avec cette nouvelle configuration, un autre départ du poste A (vers un autre poste C) a aussi déclenché de façon intempestive, car la protection distance au niveau du poste C avait détecté le défaut en raison du réglage incorrect des paramètres relatifs à l'impédance de la zone 1. À ce moment-là, trois lignes ont donc été déconnectées au lieu d'une.

3 Mesure de l'impédance de ligne

Lors de la mesure des impédances Z1, Z0 et Z0M, les deux circuits de la ligne double ont été mis hors tension simultanément afin de pouvoir utiliser le modèle de test proposé par l'appareil de mesure CP CU1 ; les résultats sont présentés dans le tableau 1. Les références [1] et [2] suggèrent une procédure alternative, moins contraignante, car permettant de déterminer les impédances Z1, Z0 et Z0M en ne mettant qu'une seule ligne hors service. Cette procédure a également été adoptée lors de l'étude de ce défaut. Le chapitre 6 fournit des détails sur cette mesure.

La mesure est faite au niveau du portique sur les lignes coté poste A. La ligne coté poste B est mise à la terre. La ligne aérienne et le tronçon de câble coté poste B sont donc pris en compte pour la mesure. La courte section de câble coté poste A est ignorée.

Tableau 1 : Résultats de la mesure d'impédance de ligne

	Z_1 (R/X)	Z_0 (R/X)	Z_{0M} (R/X)
Mesure en Ω	0,849 2,776	2,131 9,132	1,144 5,779
Estimation en Ω	0,94 2,78	3,07 17,2	Inexistante
Erreur en %	10,85 0,13	44,71 88,29	Inexistante

Comme l'impédance directe peut être estimée avec une grande précision, son écart par rapport à la valeur mesurée est insignifiant. En revanche, l'erreur d'estimation de l'impédance Z0 est significative. De plus, l'erreur est positive, ce qui tend à augmenter la portée de la zone 1. Il n'y avait aucune estimation de l'impédance mutuelle à comparer à la valeur mesurée.

4 Simulation du défaut dans RelaySimTest

4.1 Simulation du défaut

La simulation des tensions, des courants et des impédances apparues lors du défaut, et qui sont nécessaires à des fins d'analyse, a été réalisée à l'aide du logiciel RelaySimTest. Tout d'abord, la ligne double terne alimentée d'un seul côté a été introduite dans le logiciel, voir figure 6 :

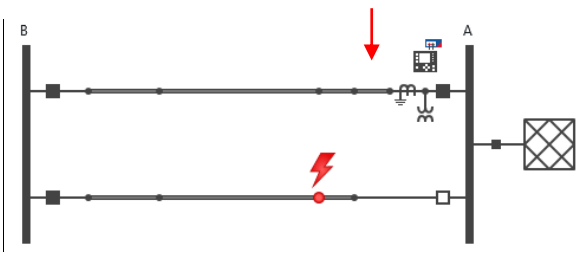

Figure 6 : Saisie de la ligne dans RelaySimTest

La ligne double terne illustrée en figure 6 comporte 3 sections pour chacune des lignes, paramétrées comme suit :

- Câble coté poste A
  - Z1' et Z0' sont identiques aux valeurs du câble coté B. (en ohm/mètre)
- Ligne aérienne
  - Z1 et Z0 représentent 96 % des valeurs mesurées.
  - Z0M correspond à la valeur mesurée.
- Câble coté poste B
  - Z1 et Z0 représentent 4 % des valeurs mesurées.

La répartition 96 %/4 % des impédances mesurées suppose que les impédances Z1 et Z0 d'une ligne aérienne soient 4 fois supérieures aux impédances d'un câble. Le fait que l'angle caractéristique de ligne pour un câble est inférieur est ignoré ici.

Une autre contrainte est que le défaut est alimenté exclusivement par le poste A.

La figure 9 présente la simulation du défaut (A-G) à l'emplacement même du défaut (portique de ligne aérienne = 200 %). L'état 2 (de 53 ms à 73 ms) est étudié plus en détail ci-dessous, car le relais a mal fonctionné suite à cet état. Comme cet état ne dure que 20 ms, la représentation du domaine temporel pour la tension et le courant a été utilisée pour comparer la simulation et l'enregistrement des défauts, car il n'y a pas d'impédance en régime permanent en raison de la courte durée de l'état 2.

Figure 7 : Saisie de l'angle d'apparition du défaut

L'angle d'apparition du défaut a un effet considérable sur la réponse transitoire du courant de défaut. Il doit donc être lu aussi précisément que possible à partir de l'enregistrement des défauts. La figure 7 montre la valeur de l'angle d'apparition du défaut dans RelaySimTest ; dans ce cas, l'angle est de 204°.

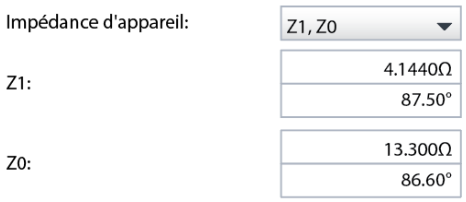

Figure 8 : Saisie des impédances de source

Les impédances de source Z1s et Z0s déterminent l'amplitude de la tension et du courant. Afin de tracer le courant simulé le plus précisément possible par rapport au courant de défaut réel, les paramètres illustrés à la figure 8 ont été déterminés par tâtonnement. Comme le montre la figure 9, le courant de défaut réel peut être simulé de manière très précise. De même, la tension simulée correspond le mieux à la tension de l'enregistrement de défaut. L'étroite correspondance entre les valeurs simulées et celles de l'enregistrement des défauts indique que les impédances de ligne mesurées (voir tableau 1) sont extrêmement précises.

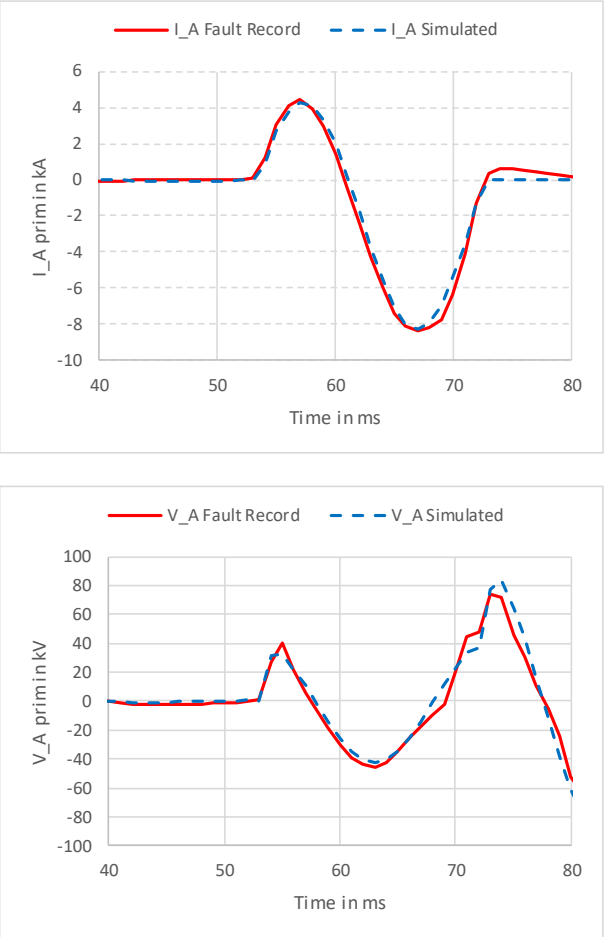

Figure 9 : Simulation du défaut (adaptée à l'enregistrement des défauts)

4.2 Approche pour une distance de défaut variable

Parmi les variables qui influencent les impédances déterminées par le relais de protection de distance et par conséquent sa réponse, on peut citer :

a) Les impédances de ligne Z1, Z0 et l'impédance de couplage Z0M.
b) Les différents états de commutation lors de l'élimination des défauts (voir figures 2 et 3).
c) La position du défaut.
d) Le type de défaut.
e) La configuration du réseau (alimentation du défaut d'un ou des deux côtés) et les impédances de source Z1s et Z0s.

f) Le facteur de compensation homopolaire k0 nécessaire pour calculer les boucles de défaut phase-terre.

Les variables a), b) et c) ont été modifiées pour la figure 11. Ce tracé montre la réactance en fonction de la position du défaut en cas de défaut phase-terre. Les résultats ont été déterminés dans RelaySimTest à l'aide de l'équation

$$X_{A-G} = imag\{\underline{Z}_{A-G}\} = imag\left\{\frac{\underline{U}_{A-G}}{\underline{I}_A - \underline{k}_E * \underline{I}_E}\right\} \quad \text{Éq. 1}$$

(voir figure 10) et correspondent aux résultats en régime permanent qu'un relais permettrait de déterminer[1].

V A-N prim.:	29.351 kV	∠	-2.72 °
V B-N prim.:	73.084 kV	∠	-124.39 °
V C-N prim.:	70.814 kV	∠	135.91 °
I A prim.:	4.8151 kA	∠	-75.39 °
I B prim.:	0.0000 A	∠	NaN
I C prim.:	0.0000 A	∠	NaN
Z A-N prim.:	2.2742 Ω	∠	65.94 °
Z B-N prim.:	+∞	∠	NaN
Z C-N prim.:	+∞	∠	NaN

Figure 10 : Courants, tensions et impédances en régime permanent dans RelaySimTest selon la figure 6, emplacement de défaut 200 %

Une localisation de défaut à 200 % correspond à un défaut au départ de la ligne parallèle (les deux lignes sont alors dans la boucle de défaut).

Les hypothèses suivantes ont été formulées dans ce cas :

a) Il y a un défaut A-G. Cela s'applique à l'exemple en question.
b) Le courant de défaut n'est alimenté que d'un seul côté. Cela s'applique à l'exemple en question.
c) La valeur X réglée pour la zone 1 correspond à la valeur réglée dans le relais au moment du défaut.
d) Le coefficient k0 réglé correspond à la valeur réglée dans le relais au moment du défaut.

Figure 11, —●— : la réactance en fonction de la position du défaut pour l'état 2 est affichée ; les valeurs mesurées pour Z1, Z0 et Z0M sont prises en compte. On constate que l'impédance pour un défaut à 200 % est un peu plus faible que les valeurs réglées pour la zone 1. Dans cet exemple, cela a conduit à un dépassement qui aurait été facile à prédire en utilisant RelaySimTest et les valeurs d'impédance mesurées.

Figure 11, —▲— : la réactance en fonction de la position du défaut pour l'état 1 est affichée ; les valeurs mesurées pour Z1, Z0 et Z0M sont prises en compte. La comparaison avec —●— montre l'effet de l'état de commutation.

Figure 11, —●— : la réactance en fonction de la position du défaut est affichée ; les valeurs mesurées pour Z1 et Z0 sont prises en compte, mais pas l'impédance de couplage Z0M. Le fait que le couplage ne soit pas pris en compte montre que l'impédance est indépendante de l'état de commutation. Les différences observées entre les tracés —●— et —▲— sont évidentes.

Figure 11, —●— : la réactance en fonction de la position du défaut est affichée ; les valeurs estimées pour Z1 et Z0 sont prises en compte, mais pas l'impédance de couplage Z0M. Il n'est pas possible de prévoir le dépassement avec ce tracé, car les valeurs d'impédance sont très différentes et le couplage mutuel n'est pas pris en compte. Une comparaison avec —●— montre la différence considérable entre les valeurs d'impédance mesurées et les valeurs estimées.

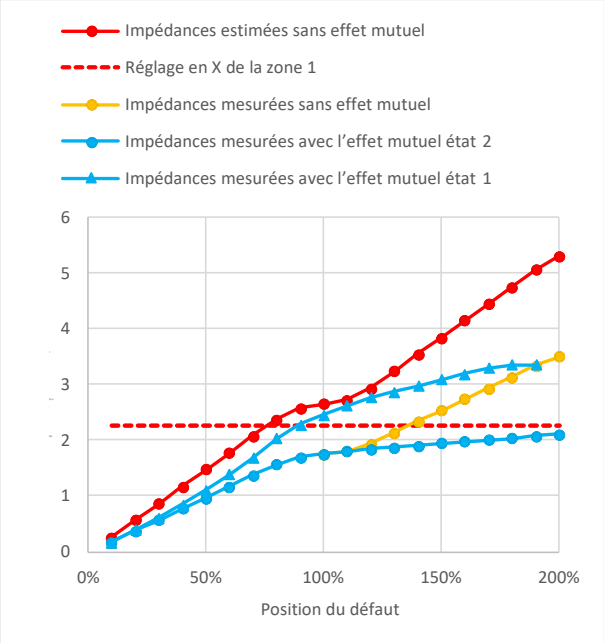

Figure 11 : Réactance en fonction de l'emplacement du défaut

Cela nous amène aux conclusions provisoires suivantes :

- Les impédances de ligne doivent être mesurées, car les valeurs des tableaux ou des calculs peuvent être imprécises (comparer —●— à —●—).

1 Le coefficient k de la première section de ligne dans le sens aval d'un relais détermine le calcul des impédances phase-terre dans RelaySimTest. Pour cette raison, la 4e section (auxiliaire) a été ajoutée dans la figure 6 (flèche rouge). La valeur minimale de l'impédance, 5 mΩ, a été saisie afin que l'effet cumulatif de la section auxiliaire reste aussi faible que possible.

- L'impédance de couplage dans le système homopolaire doit être prise en compte en cas de défauts phase-terre (comparer à et à).
- Il faut tenir compte des éventuels états de commutation qui se produisent pendant la séquence d'élimination des défauts (comparer à).

5 Tests du schéma de protection

Cette section examine une ligne double terne protégée par une protection de distance afin de démontrer comment des schémas de protection complexes peuvent être testés.

5.1 Détermination des cas de test pertinents

Les paragraphes précédents ont montré que les différents états de commutation lors de l'élimination des défauts font partie des facteurs à prendre en compte lors des tests d'un système de protection.

L'ordre dans lequel ces états se produisent dépend du séquencement des commandes de déclenchement et des temps d'ouverture des disjoncteurs correspondants. Comme cela dépend de différentes variables, telles que le type et la position du défaut, la configuration du réseau lors du défaut, différents scénarios utilisant les hypothèses les plus pessimistes peuvent être examinés. Par exemple, les scénarios suivants peuvent être étudiés[2]:

- Scénario 1 : Le défaut s'est produit à t = 0 ms ; disjoncteur 1 ouvert après t = 60 ms et disjoncteur 2 ouvert à t = 120 ms.
- Scénario 2 : Le défaut s'est produit à t = 0 ms ; disjoncteur 2 ouvert après t = 60 ms et disjoncteur 1 ouvert à t = 120 ms.

Dans ce cas, plutôt que d'utiliser toutes les configurations possibles, on peut examiner à nouveau différents scénarios avec les hypothèses les plus pessimistes et divers types et positions de défauts.

RelaySimTest est un outil qui calcule rapidement et facilement tous les cas examinés. Le programme calcule les courants i(t) et les tensions u(t) du domaine temporel ainsi que les phaseurs $\underline{I}$ et $\underline{U}$ en régime permanent associés pour chaque état de commutation. Les impédances des six boucles sont également calculées. L'équation 1 est utilisée, ce qui donne les mêmes impédances qu'un équipement de protection de distance aurait déterminées avec une méthode en régime permanent.

Ci-dessous sont décrites deux applications potentielles qui, prises ensemble, permettent un examen significatif du système de protection.

5.2 Évaluation avec des valeurs en régime permanent (étape 1 : sans relais)

Le test du système de protection d'une ligne double terne avec des valeurs en régime permanent peut être effectué de la manière suivante :

- Les impédances de boucle de tous les relais et de tous les cas de test pertinents sont calculées conformément à la section 5.1, voir la figure 10. La figure 11 fournit une représentation potentiellement utile.
- Dans chaque cas de test, les impédances sont comparées aux valeurs des paramètres prévues et une évaluation est effectuée pour déterminer la zone dans laquelle les protections sont sensés déclencher.

Ce test aurait permis de détecter l'erreur de mesure de zone qui s'est réellement produit lors de l'état de commutation 2 avec une mesure de l'impédance de défaut en zone 1.

Cette approche signifie que le système de protection peut être testé dès la phase de conception à l'aide des résultats du calcul en régime permanent. Comme aucun relais et aucun équipement de test OMICRON ne sont nécessaires, les calculs utilisant RelaySimTest ne nécessitent pas de licence.

5.3 Tests avec des signaux du domaine temporel (étape 2 : avec relais)

Si les relais sont disponibles, un autre test avec les valeurs de courant et de tension calculées dans le domaine temporel peut être effectué.

Dans ce cas, la procédure est la suivante :

- Le relais est paramétré comme prévu.
- Il est ensuite connecté à RelaySimTest à l'aide d'un équipement de test OMICRON pour permettre l'injection des courants et tensions ainsi que la détection des signaux binaires de la protection (le déclenchement par exemple).
- Le test est effectué. Si tous les cas de test pertinents sont réussis, le test est validé. Les valeurs cibles et les tolérances pour l'évaluation des signaux binaires mesurés sont saisies au préalable dans RelaySimTest.

Le test avec le relais est plus fiable que le test avec des valeurs en régime permanent, car la réponse du relais est émulée directement. Ce test aurait également permis de détecter tout dépassement de zone survenu.

Le test peut être effectué pour chaque protection distance ou simultanément pour plusieurs protections. La figure 12 illustre le principe de test avec des

2 La séquence réelle des états de commutation peut également être déterminée à l'aide de la méthode d'« itérations en boucle fermée ». Voir la figure 13.

séquences d'états de commutation prédéfinies selon les exemples « Scénario 1 » et « Scénario 2 » cités dans la section 5.1. Le test simultané de plusieurs relais permet également de tester d'autres fonctions importantes, comme la comparaison directionnelle. RelaySimTest prend en charge le contrôle des équipements de test via Internet afin de tester simultanément des protections installées en différents points.

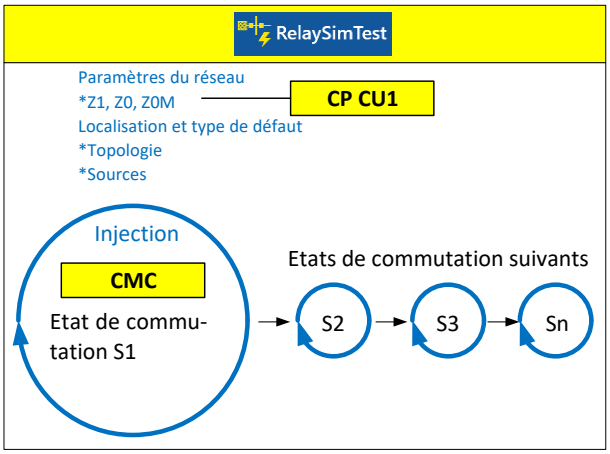

Figure 12 : Test avec une séquence prédéfinie d'états de commutation

La méthode « d' itérations en boucle fermée » incluse dans RelaySimTest permet de tester simultanément les systèmes de protection de manière entièrement automatisée, voir la figure 13. Il n'est donc pas nécessaire de définir la séquence d'états de commutation en utilisant les hypothèses les plus pessimistes. Les commandes de déclenchement des relais sont activées de façon itérative en prenant en compte les positions des disjoncteurs. La durée des états et des signaux injectés dépend de la réaction des différents éléments du réseau.

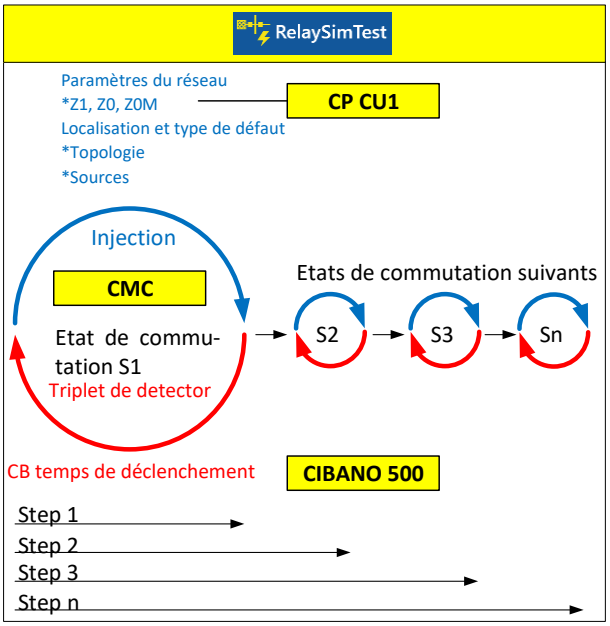

Figure 13 : Tests réalisés à l'aide de la méthode d'« itérations en boucle fermée »

6 Mesure alternative de l'impédance de ligne (sans mise hors tension de la ligne parallèle)

Une procédure proposée lors de la réunion des utilisateurs OMICRON 2017 à Friedrichshafen permet de mesurer l'impédance homopolaire Z0 et l'impédance de couplage Z0M d'une ligne double terne avec une seule ligne hors service, voir [1]. La coupure simultanée de deux lignes parallèles est difficile à obtenir après la mise en exploitation. La méthode conventionnelle de mesure sur une ligne double terne nécessite une mise hors tension simultanée des deux circuits, d'où l'intérêt de la procédure alternative qui permet la mesure avec une seule ligne hors service. La vérification de cette méthode par une mesure réelle n'était pas possible avant la réunion des utilisateurs 2017 et elle est décrite dans la référence [2]. Le document explicatif a été présenté lors de la réunion des utilisateurs 2018 à Berlin. Il est recommandé de prendre connaissance des références [1] et [2], car cela facilitera la compréhension de ce chapitre.

Tableau 2 : Résultats de la mesure d'impédance de ligne alternative

	Z_1 (R/X)	Z_0 (R/X)	Z_{0M} (R/X)
Mesure normale (en Ω)	0,849 2,776	2,131 9,132	1,144 5,779
Mesure alternative (en Ω)	0,863 2,776	2,200 8,690	1,25 5,01
Erreur en %	1,65 0	3,24 -4,84	9,27 -13,3

Le tableau 2 présente les résultats des deux mesures. Comme prévu, l'écart par rapport à l'impédance Z1 est négligeable. L'écart de moins de 5 % dans le cas de l'impédance Z0 reste dans des limites acceptables, tandis que l'écart de plus de 13 % pour l'impédance Z0M nécessite une analyse plus approfondie.

Comme décrit dans les références [1] et [2], la précision de la procédure dépend de deux variables :

- Le courant Ip dans le circuit en service et le facteur de courant dérivé fsp.
- L'impédance auxiliaire.

Figure 14 : Mesure primaire d'Ip à l'aide de 4 bobines Rogowski

La mesure d'Ip a été réalisée de deux façons différentes :

- Secondaire, comme indiqué dans les références [1] et [2].
- Primaire, sur le câble du portique de ligne aérienne (voir la figure 14). Cette option n'a pas été possible jusqu'à présent.

Tableau 3 : Facteur de courant fsp provenant des mesures primaires et secondaires d'Ip

	Amplitude	Déphasage
Primaire	0,5818	7,28°
Secondaire	0,5888	6,39°

Lors de la mesure du courant secondaire à l'aide de la sonde de mesure Chauvin Arnoux K2, un rapport de transformateur de courant de 800 A:1 A et une erreur angulaire de la sonde de courant de -5° à 50 Hz ont été pris en compte. Une comparaison des deux mesures a montré qu'en plus de la comparaison réussie dans la référence [2], la mesure secondaire était extrêmement précise.

Cela démontre que les erreurs du tableau 2 sont toutes liées à l'imprécision de l'impédance auxiliaire. Pour déterminer l'impédance auxiliaire, la géométrie des six conducteurs des deux circuits était disponible dans le cas présent. Aucun autre examen de l'exactitude de ces données n'a été effectué.

Ce qui est crucial, c'est l'effet de l'imprécision des impédances Z0 et Z0M sur l'impédance simulée du défaut dans RelaySimTest à la figure 6.

V A-N prim.:	42.065 kV	∠	0.40 °
V B-N prim.:	59.869 kV	∠	-110.70 °
V C-N prim.:	61.771 kV	∠	119.85 °
I A prim.:	6.6917 kA	∠	-73.28 °
I B prim.:	0.0000 A	∠	NaN
I C prim.:	0.0000 A	∠	NaN
Z A-N prim.:	2.3464 Ω	∠	66.95 °
Z B-N prim.:	+∞	∠	NaN
Z C-N prim.:	+∞	∠	NaN

Figure 15 : Courants, tensions et impédances selon la figure 6 de la mesure alternative

La valeur X de l'impédance de boucle indiquée ici est 2,16 Ω. L'erreur de cette valeur par rapport à la valeur de 2,10 Ω dérivée des impédances de ligne correctes (figure 10) est de 3 %.

L'imprécision de l'impédance résulte de l'imprécision des impédances Z1, Z0 et Z0M. Cependant, il faut garder à l'esprit que l'impédance Z0M n'a d'importance que dans certaines conditions, en fonction de l'effet mutuel pour un scénario de défaut particulier. Dans le cas du défaut dont il est question ici, l'effet mutuel est maximal, car l'impédance mutuelle a un impact sur toute la longueur de la ligne.

Il ressort également de la référence [1] que la précision de l'impédance Z0 dépend moins de l'impédance auxiliaire que celle de l'impédance Z0M. Malgré tout ce qui a été évoqué précédemment, il faut essayer d'estimer l'impédance auxiliaire aussi précisément que possible. Consulter les trois options de la référence [2], chapitre 5 pour plus d'informations.

7 Résumé

Ce document démontre qu'en mesurant les impédances Z1, Z0 et Z0M, et en effectuant une simulation dans RelaySimTest, les courants et les tensions associés à un défaut peuvent être simulés avec une extrême précision. Les courants et les tensions d'un défaut réel sont appliqués au relais qui réagit alors d'une manière adéquate et réaliste.

OMICRON vous fournit la solution complète :

- Une mesure alternative des impédances Z1, Z0 et Z0M avec le CP CU1. Cette méthode consiste à ne mettre qu'un seul circuit hors tension. Le présent document démontre une fois de plus les résultats précis obtenus à l'aide de cette méthode.
- Une simulation des valeurs de test à l'aide du modèle de réseau dans RelaySimTest, en tenant compte du couplage mutuel.
- Une prise en compte des différents états de commutation lors de l'élimination des défauts.

L'utilisateur a donc accès à une gamme complète d'équipements de test et de logiciels pour faciliter les tests simples, pratiques et basés sur les paramètres du réseau, des protections de distance sur des lignes en double terne.

Références

[1] Pikisch, M. : La signification du couplage mutuel dans le modèle de ligne. Réunion 2017 des utilisateurs OMICRON, Friedrichshafen

[2] Konzelmann, S. ; Pikisch, M. : Mesure de l'impédance sur les lignes double terne avec la ligne parallèle en service. Réunion 2018 des utilisateurs OMICRON, Berlin

À propos des auteurs

Moritz Pikisch a étudié le génie électrique à l'Institut de technologie de Karlsruhe. Après avoir travaillé dans la formation chez OMICRON de 2010 à 2013, il est passé à la gestion de produits en 2014. Il était alors responsable du CPC 100 et CP CU1, et plus particulièrement de la mesure de l'impédance de ligne et des tests des réseaux de terre. Depuis mars 2018, il travaille comme ingénieur applications pour OMICRON USA. Il y reste le principal contact au sein de la société pour les mesures d'impédance de ligne et de mise à la terre.

Rainer Luxenburger a étudié le génie électrique à l'Université de la Sarre. De 2000 à 2006, il a travaillé comme assistant de recherche à l'Université technique de Dresde. Depuis octobre 2006, il travaille comme ingénieur applications chez OMICRON en Allemagne. Son travail dans ce rôle couvre les domaines de la formation et du conseil technique.

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 160 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