PROTECTION DE DISTANCE FIABLE

Obtenez des paramètres de ligne précis avec le CPC 100 + CP CU1

La protection de distance et la localisation des défauts basée sur l'impédance des lignes aériennes et des câbles de puissance sont utilisées dans les installations du monde entier. L'impédance directe Z_1 et l'impédance homopolaire Z_0 sont des caractéristiques significatives de la ligne protégée et doivent être définies avec précision pour que le relais puisse décider du déclenchement de manière fiable. L'envoi d'une équipe d'intervention sur la ligne exige une connaissance précise de l'emplacement du défaut pour que la coupure reste la plus courte possible. Par conséquent, des localisateurs de défaut dépendant également de paramètres de ligne précis sont utilisés.

Mesures ou calculs ?

Les paramètres de ligne peuvent être mesurés ou calculés, en fonction de la géométrie des conducteurs et des propriétés du sol. Lors du calcul des impédances de ligne, de nombreuses étapes de simplification entreprises ne s'appliquent pas dans la réalité. Par conséquent, les résultats ne sont souvent pas assez précis. Plus particulièrement, les impédances phase-terre et donc Z_0, sont influencées par les caractéristiques physiques présentes, telles que tuyaux métalliques ou câbles à proximité dans la terre. C'est pourquoi elles ne sont pas suffisamment précises lorsqu'elles sont calculées. De plus, on présume que la résistivité du sol est uniforme, ce qui n'est généralement pas le cas en raison des différentes propriétés du sol dans les différentes couches. Cependant, une mesure reflète tous les facteurs et obtient des valeurs réelles.

Par conséquent, Anchorage ML&P, un gestionnaire de réseau public d'Anchorage, aux États-Unis, a commencé à mesurer les impédances de ligne pour vérifier et optimiser le paramétrage des relais de distance. Bien qu'Anchorage ML&P utilise la protection différentielle comme fonction principale de protection de ligne de transmission dans tout son système, sa protection de secours est une protection de distance.

En mai 2018, une ligne aérienne de 138 kV d'une longueur de 7,1 km a été mesurée. Les lignes aériennes en Alaska ne sont généralement pas équipées d'un câble de garde, car les éclairs sont rares. Cela signifie que l'ensemble du courant de défaut en cas de défaut monophasé revient par le sol et donc par un chemin dont on ignore les propriétés.

Système de test multifonction

Pour la mesure, Anchorage ML&P a utilisé le CPC 100 comme unité principale multifonction qui génère des signaux de test à fréquence variable et mesure le courant et la tension en appliquant un filtre numérique pour une suppression efficace du bruit. Cette unité principale a été combinée avec l'accessoire CP CU1, un module de couplage qui garantit l'isolation galvanique entre la ligne testée et l'unité principale. De plus, le boîtier de raccordement à la terre CP GB1, doté de parafoudres capables de dévier les courants de défaut élevés en cas de surtensions imprévues côté ligne, a été utilisé.

Bien qu'Anchorage ML&P ait à l'origine acquis le système de test OMICRON CPC 100 + CP CU1 dans le but de vérifier l'efficacité de ses réseaux de terre en mesurant l'augmentation du potentiel de terre, les tensions de pas et de contact et la continuité des masses métalliques, la vérification de ses impédances de ligne de transmission s'est avérée être un avantage pour le système de test.

Mesures de grande précision

Sept impédances de boucle sont mesurées afin de déterminer l'impédance directe Z_1 et l'impédance homopolaire Z_0. La mesure inclut les trois boucles phase-phase, les trois boucles phase-terre et une boucle où les trois phases sont mises en court-circuit et mesurées à la terre. En tout, le test a duré moins d'une heure. Ensuite, le logiciel Excel dédié a créé un rapport de test comprenant toutes les données pertinentes :

- Impédance directe Z_1
- Impédance homopolaire Z_0
- Facteur de compensation homopolaire k_0
- Écart entre les valeurs mesurées pour Z_1 et Z_0 si les valeurs calculées sont disponibles
- Portée de zone réelle à partir des paramètres de relais présents
- Précision du localisateur de défaut basé sur l'impédance à partir des paramètres de relais présents

Le tableau 1 compare les valeurs mesurées de Z_1 et Z_0 découlant de la mesure des impédances des sept boucles avec les valeurs calculées. Comme prévu, l'écart de l'impédance directe est négligeable car cette dernière peut être calculée précisément à partir de la géométrie de la disposition des conducteurs.

Cependant, des écarts assez importants ont été observés pour l'impédance homopolaire. La valeur X de Z_0, qui est le composant le plus essentiel avec la valeur R, a précédemment été déterminée comme étant près de 70 % trop élevée par rapport au calcul basé sur la géométrie et les propriétés du sol.

Erreur de calcul				
	Z_1		Z_0	
	R in Ω	X in Ω	R in Ω	X in Ω
Valeur mesurée	0,722	1,938	1,095	5,067
Valeur calculée	0,740	1,940	1,450	8,500
Erreur (par rapport à la valeur mesurée)	2,54 %	0,09 %	32,42 %	67,75 %

Tableau 1 : Comparaison des valeurs mesurées et calculées

Pour visualiser les portées de zone réelles et la précision du localisateur de défaut basé sur l'impédance, le logiciel Excel permet de saisir les paramètres du relais afin de produire les graphiques correspondants.

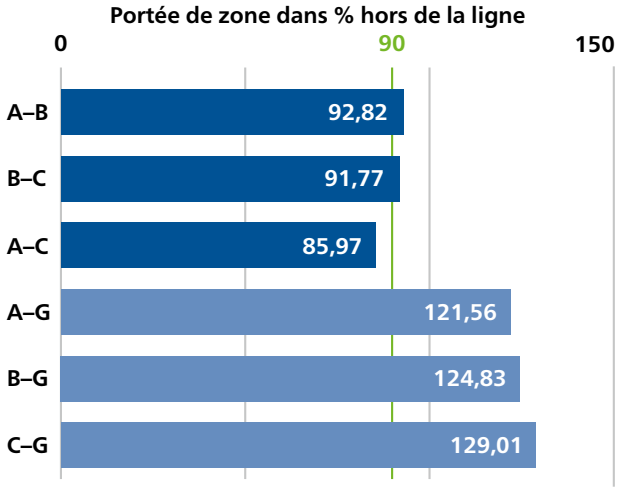
La valeur X primaire de la zone est saisie afin d'évaluer les portées de zone. Dans ce cas précis, la zone 1 a été évaluée avec un facteur de gradation souhaité de 90 %. Cela signifie que la valeur X représente 90 % de la valeur X de l'impédance directe calculée. De plus, le facteur de compensation homopolaire k_0 (amplitude k_{0M} et angle k_{0A}) est saisi selon sa définition dans le manuel SEL 311 :

$$k_0 = \frac{Z_0 - Z_1}{3 \times Z_1}$$

Paramètres de la protection distance	
X_1 prim zone	**1,746 Ω**
k_{0M}	**1,068**
k_{0M} in °	14,15

Pour les défauts entre phases, la portée se situe dans la plage des 90 % attendue car il n'y a quasiment aucun écart entre l'impédance Z_1 calculée et mesurée.

Comme prévu, les portées de zone pour les défauts phase-terre sont loin des 90 % car le facteur de compensation homopolaire découle de l'impédance Z_0 calculée. Dans ce cas, le relais tendrait à dépasser la portée, ce qui signifie qu'en cas de défaut monophasé sur la ligne en aval de la ligne protégée (jusqu'à plus de 120 % de la ligne mesurée),

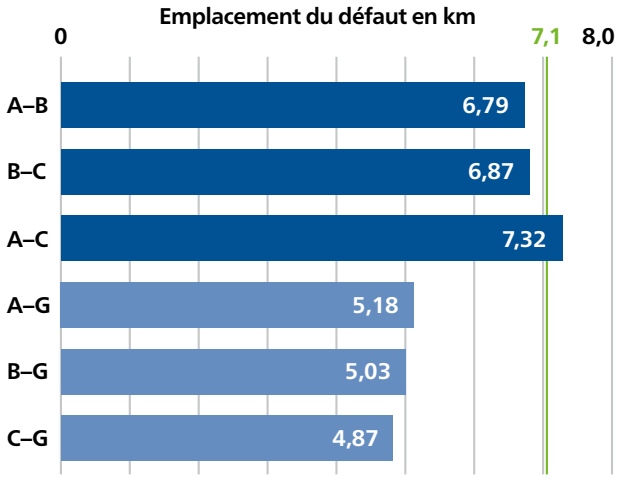


le relais de la ligne mesurée déclencherait également, en plus du relais qui protège la ligne suivante.

La valeur X par km de Z1 est nécessaire pour évaluer la précision du localisateur de défaut. Dans cet exemple, un défaut à 100 % de la longueur de ligne est étudié et devrait normalement être observé à 7,1 km.

Paramètres du localisateur de défaut			
X_1, prim	0,7136 Ω/km	**Emplacement du défaut**	100 %

Pour les défauts entre phases, l'emplacement du défaut est une fois encore très proche de cette valeur, le déséquilibre de la ligne causant de légers écarts. Les défauts monophasés, cependant, sont observés beaucoup plus près du relais en raison de paramètres k_0 incorrects. Bien que cette ligne soit relativement courte, l'écart absolu est déjà de plus de 1,6 km. Si le personnel de maintenance doit intervenir sur le défaut, la localisation de ce dernier peut être nettement accélérée, en particulier pour les longues lignes qui s'étendent sur des zones distantes difficiles d'accès.



La mesure démontre le manque de fiabilité des relais de protection de distance si des impédances de ligne imprécises ont été utilisées pour paramétrer les relais. Des impédances de ligne précises augmenteront la précision du calcul des distances de défaut par rapport aux postes dans tous les types de scénarios.