



**Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein**  
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ **FASCICULE DU BREVET** A5

⑰ Numéro de la demande: 1186/86

⑰ Titulaire(s):  
Gérard André Lavanchy, Prilly

⑳ Date de dépôt: 25.03.1986

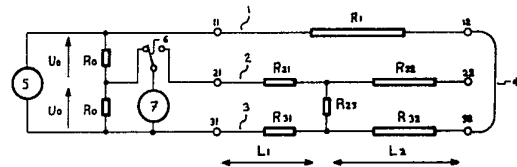
㉔ Brevet délivré le: 31.08.1988

④⑤ Fascicule du brevet  
publié le: 31.08.1988

⑦② Inventeur(s):  
Lavanchy, Gérard André, Prilly

⑤④ **Procédé et dispositif pour la localisation d'un défaut dans un câble électrique.**

⑤⑦ Procédé et dispositif pour la localisation d'un défaut, court-circuit ou coupure, sur un câble multiconducteur, dans lequel lors d'une première opération on ajuste le gain d'un instrument de mesure (7) muni d'un amplificateur branché à un générateur (5) pour faire correspondre la valeur affichée à la longueur connue du câble en mesure, la distance (L1) à laquelle se trouve le défaut étant lue sur ledit instrument sans calcul lors d'une deuxième opération consistant en une simple commutation (6) de cet instrument sur l'un des conducteurs du câble.



## REVENDECATIONS

1. Procédé pour la localisation d'un défaut sur un câble électrique au moyen d'un pont de mesure comprenant au moins un générateur de tension, un amplificateur et un instrument de mesure à affichage, caractérisé en ce que, par une première opération, on ajuste le gain de l'amplificateur pour faire correspondre l'indication de l'instrument à la longueur totale connue du câble et en ce que, par une simple commutation de l'amplificateur sur l'un des conducteurs du câble, ledit instrument affiche la distance à laquelle se trouve le défaut.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par l'utilisation d'un générateur, d'un amplificateur et d'un instrument de mesure pour courant alternatif à très basse fréquence pour la localisation d'une coupure de conducteur.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par l'utilisation d'un générateur, d'un amplificateur et d'un instrument de mesure à courant continu pour la localisation d'une conduction transverse ou d'un court-circuit entre deux conducteurs.

4. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un générateur de tension (5), un amplificateur à gain manuellement réglable dans un rapport d'au moins 10 fois associé à un instrument de mesure de la tension du type numérique (7) et un commutateur (6) permettant, dans une première position, de mesurer la tension du générateur puis successivement, dans une deuxième position, celle aux bornes (21, 31) du câble dont on veut localiser le défaut de manière que l'instrument affiche la distance à laquelle se situe le défaut si, dans la première position du commutateur, ladite première opération d'ajustage du gain de l'amplificateur a été réalisée.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il fonctionne en courant continu pour la localisation de courts-circuits ou de défauts consistant en une conduction transverse localisée.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'amplificateur d'entrée du circuit de mesure est à impédance d'entrée très élevée.

7. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il fonctionne en courant alternatif à très basse fréquence pour la localisation d'une coupure de conducteur.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé par la présence d'au moins un amplificateur (8) et d'éléments associés (51, 52, 53, 74 et Co) permettant la compensation de l'effet des capacités parasites.

## DESCRIPTION

Les aléas liés à la fabrication des câbles électriques multiconducteurs, de même que ceux liés à leur utilisation dans des installations ou à leur pose dans le terrain, ont pour corollaire des défauts tels que fils cassés ou en court-circuit.

Tant le fabricant que l'utilisateur sont donc contraints à devoir rechercher l'emplacement de ces défauts afin de procéder à leur élimination.

Les plus anciennes méthodes connues faisaient appel à l'utilisation de ponts de mesure potentiométriques fonctionnant soit en courant alternatif à fréquence sonore, soit en courant continu. Relativement précis, ces ponts ont toutefois l'inconvénient d'une mise en œuvre délicate et nécessitent des calculs de la part de l'opérateur.

Une méthode plus récente met en œuvre un échomètre. La mesure est rapide mais peu précise, l'appareillage coûteux.

L'objet de la présente invention est un procédé et un dispositif pour sa mise en œuvre réunissant les avantages de faible coût, haute précision et facilité d'utilisation par lecture directe de la distance à laquelle se situe le défaut.

Le procédé s'applique à tout câble comportant au moins deux conducteurs si les deux extrémités sont directement accessibles, au moins trois conducteurs si une seule extrémité est directement acces-

sible, la seconde devant toutefois être mise en court-circuit, respectivement déconnectée des autres parties éventuelles d'un réseau.

Son but consiste à localiser un défaut se présentant soit sous la forme d'un court-circuit, soit sous la forme d'un fil cassé, c'est-à-dire de définir la distance à laquelle se situe le défaut par rapport à l'une des extrémités, la longueur du câble étant seule connue.

Le procédé selon l'invention est défini par la revendication 1. Il consiste à alimenter un circuit constitué de deux conducteurs sains du câble par un courant issu d'un générateur électrique, à faire correspondre l'indication d'un instrument de mesure à la longueur du câble en mesure en ajustant le gain de l'amplificateur précédent ledit instrument, puis à commuter cet instrument sur le conducteur défectueux pour lire directement la distance à laquelle se trouve le défaut.

Comme dans les méthodes traditionnelles de mesure au moyen d'un pont, le câble défectueux est assimilé à un diviseur de tension, résistif ou capacitif, le procédé consistant essentiellement à régler la sensibilité de l'instrument pour que son échelle corresponde directement à des mesures de longueur.

La fig. 1 est à titre d'exemple un schéma fonctionnel simplifié dans le cas de la localisation d'un court-circuit entre deux conducteurs d'un câble comportant au moins trois conducteurs.

La fig. 2 est à titre d'exemple un schéma fonctionnel simplifié dans le cas de la localisation de la coupure d'un conducteur.

La fig. 3 représente une vue partielle du circuit et montre comment l'effet des capacités parasites est compensé.

Selon la fig. 1, considérons les trois conducteurs 1, 2 et 3 d'un câble de longueur  $L_1 + L_2$ , les conducteurs 2 et 3 présentant un court-circuit ou une conduction transverse accidentelle  $R_{23}$  à la distance  $L_1$  par rapport à l'extrémité définie par les points de connexion 11, 21 et 31.

Les conducteurs étant supposés présenter une résistance linéique constante et identique de l'un à l'autre, on peut écrire:  $R_1 = R_{31} + R_{32}$  et en appliquant la loi d'Ohm:

$$\frac{L_1}{L_1 + L_2} = \frac{R_{31}}{R_{31} + R_{32}}$$

Un générateur de tension 5 est connecté à un diviseur de référence constitué de deux résistances identiques  $R_0$  ainsi qu'aux extrémités 11 du conducteur 1 et 31 du conducteur 3. Un pontage de résistance négligeable 4 est effectué de l'autre extrémité 12 du conducteur 1 à l'extrémité 32 du conducteur 3. Un instrument indicateur 7, de préférence du type voltmètre numérique comprenant à son entrée un amplificateur à gain variable, est connecté aux bornes de l'une des résistances  $R_0$  du diviseur par le commutateur 6.

Dans une autre forme de réalisation, l'inverseur 6 connecte directement l'amplificateur d'entrée de l'instrument 7 à la source 5, le gain étant simultanément réduit de moitié et le diviseur supprimé.

Le gain de l'amplificateur est alors ajusté manuellement pour que son indication corresponde à la longueur  $L$  du câble en mesure, sans égard au fait que l'unité de longueur utilisée soit le mètre, le pied ou le yard. Le commutateur est ensuite basculé pour connecter l'instrument entre les extrémités 21 et 31 du câble.

La tension à ses bornes sera ramenée au coefficient:

$$\frac{R_{31}}{R_{31} + R_{32}} = \frac{L_1}{L} \text{ par rapport à sa valeur initiale } L.$$

Il indiquera ainsi directement la valeur  $L_1$  recherchée, soit la distance à laquelle se trouve le défaut.

L'instrument 7 est à impédance d'entrée élevée, de l'ordre du Gohm. La résistance  $R_{21}$  est donc sans influence sur la mesure. De même pour la résistance transverse  $R_{23}$ , ce qui est particulièrement apprécié lorsque le défaut n'est pas franc, dû à une entrée d'eau dans le câble, par exemple.

Si le câble ne comporte que les deux conducteurs 2 et 3, le générateur est branché aux bornes 31 et 32 du conducteur 3, ce qui revient à remplacer le conducteur 1 de résistance  $R_1$  par un court-circuit.

Il est évident que, dans ce cas, le gain de l'amplificateur de l'instrument de mesure est alors ajusté pour que l'affichage initial corresponde à la demi-longueur du câble.

Dans le cas d'un conducteur coupé, on voit à la fig. 2 que le même principe du diviseur de tension est encore appliqué, le générateur étant toutefois du type alternatif à très basse fréquence, de même que l'instrument de mesure.

On a ainsi

$$\frac{C1}{L1} = \frac{C2}{L2}$$

avec  $C1 + C2 = C3$  si l'on admet que la construction du câble est symétrique,  $C1$ ,  $C2$ ,  $C3$  étant les capacités partielles réparties du circuit considéré.

Dans le cas d'un câble téléphonique en paires, le conducteur 2 serait remplacé par la mise en parallèle du deuxième conducteur de deux paires ou des deux conducteurs de la deuxième paire s'il s'agit d'une construction en quartes.

Comme dans le cas de la localisation d'un court-circuit, le procédé consiste à ajuster manuellement le gain de l'instrument de mesure 7 pour faire correspondre à la tension  $U_0$  prélevée aux bornes de  $R_0$  un affichage égal à la longueur du câble.

Le commutateur 6 est ensuite basculé en position de localisation. L'instrument mesure alors la tension aux bornes de  $C_3$ , soit:

$$U1 = 2 U_0 \times \frac{1}{\frac{1}{(C2+C3)} + \frac{1}{C1}} = 2 U_0 \times \frac{C1}{C1+C2+C3}$$

$$U1 = U_0 \frac{C1}{C1+C2} = U_0 \frac{L1}{L1+L2}$$

Puisque par réglage initial on a fait correspondre  $U_0$  à la longueur du câble, soit  $L1 + L2$ , l'instrument indique ainsi directement  $L1$ .

Afin de ne pas être gêné par l'effet de la résistance des conducteurs lors de la mesure de câbles de grande longueur, plusieurs kilomètres par exemple, le générateur 5 est à très basse fréquence, par exemple 5 Hz ou même moins. De plus, l'instrument de mesure à sensibilité variable 7 comportera de préférence un redresseur synchrone qui ne prendra pas en compte la perditance du câble.

De tels circuits étant de conception classique, tel celui décrit dans le brevet CH 542 447 par exemple, il n'en sera pas fait plus ample description.

Remarquons que le circuit schématiquement représenté à la fig. 1 ne précise pas si le générateur et l'instrument sont à courant alternatif ou à courant continu. Les deux solutions sont utilisables si l'on admet que la fréquence utilisée est très basse. Toutefois, une forme préférée de réalisation prévoit d'utiliser un générateur à courant continu, l'intensité du courant à fournir pour alimenter le circuit étant plus facile à obtenir sous cette forme d'une part, la valeur de la résistance de défaut  $R_{23}$  étant sans influence sur la précision de la

mesure d'autre part, ce qui n'est pas le cas en courant alternatif, la capacité des tronçons de conducteurs symbolisés par  $R_{21}$  et  $R_{31}$  étant en shunt de l'instrument dont on a vu qu'il devait être à très haute impédance d'entrée.

En conséquence, la réalisation prévoit l'utilisation d'un générateur de tension commutable de courant alternatif à courant continu, la même commutation s'effectuant simultanément au circuit de mesure, soit amplificateur et voltmètre numérique, de préférence par le redresseur synchrone.

L'instrument 7 selon la fig. 2 est représenté de manière plus détaillée à la fig. 3, décomposé en ses constituantes, à savoir un préamplificateur à gain unité 71, suivi d'un amplificateur à gain variable 72, puis enfin du voltmètre numérique proprement dit 73.

Une fraction de la tension de sortie de l'amplificateur 71 est prélevée par le potentiomètre ajustable 74, de même qu'une fraction de la tension du générateur 5 au moyen du potentiomètre 51. Ces tensions sont introduites aux entrées d'un amplificateur de type différentiel 8 dont le gain est défini par les résistances 52 et 53 et dont la sortie est reliée par un condensateur de compensation  $C_0$  à la borne 21.

Il a été dit plus haut que l'amplificateur associé à l'instrument numérique de mesure est à gain variable. Dans une forme préférée de réalisation, ce gain est manuellement ajusté au moyen de deux potentiomètres associés à l'amplificateur 72, dont l'un permet le réglage grossier, l'autre le réglage fin. Le rapport extrême des gains utiles de cet amplificateur n'est que peu supérieur à 10, le passage d'une décade à l'autre, par exemple 0,124 km à 12,400 km, consistant simplement à déplacer le point décimal sur l'affichage, ce que permet tout modèle du commerce.

L'expérience comme l'analyse du circuit indiquent que les capacités parasites inhérentes à la réalisation du circuit de mesure peuvent être figurées par deux condensateurs  $C_{p1}$  et  $C_{p2}$  en parallèle avec le diviseur  $C1$ ,  $C2$ ,  $C3$  constitué par le câble en mesure.

Le calcul montre facilement que le courant  $I_p$  issu de ces capacités parasites comporte deux termes, dont l'un est fixe, compensable par le potentiomètre 51, l'autre fonction du rapport  $C1/(C2+C3)$ , compensable à partir d'une fonction de la tension de mesure issue de l'amplificateur 71.

Les potentiomètres sont ajustés successivement en remplaçant le câble à mesurer par des condensateurs de valeur connue, par exemple  $C1 = C2 + C3$  pour régler le potentiomètre 74, ce qui correspond à poser  $L2 = 0$  et  $C1 = 0$  pour régler le potentiomètre 51 correspondant à  $L1 = 0$ .

Ce réglage s'effectue en principe une fois pour toutes et ne doit être répété que si l'on modifie le système de connexion du câble, celui-ci étant de préférence une pince telle que décrite dans le brevet CH 508 287 et dont le câble de raccordement est blindé. Ce blindage sera avantageusement relié à la sortie de l'amplificateur de compensation 8, la capacité entre blindage et conducteurs de la pince faisant partie intégrante de  $C_0$ .

Il est à remarquer que le préamplificateur 71 est à impédance d'entrée très élevée, comme dit plus haut à propos de la mesure en courant continu. Il n'influence donc pas le diviseur  $C1$ ,  $C2$ ,  $C3$ .

