

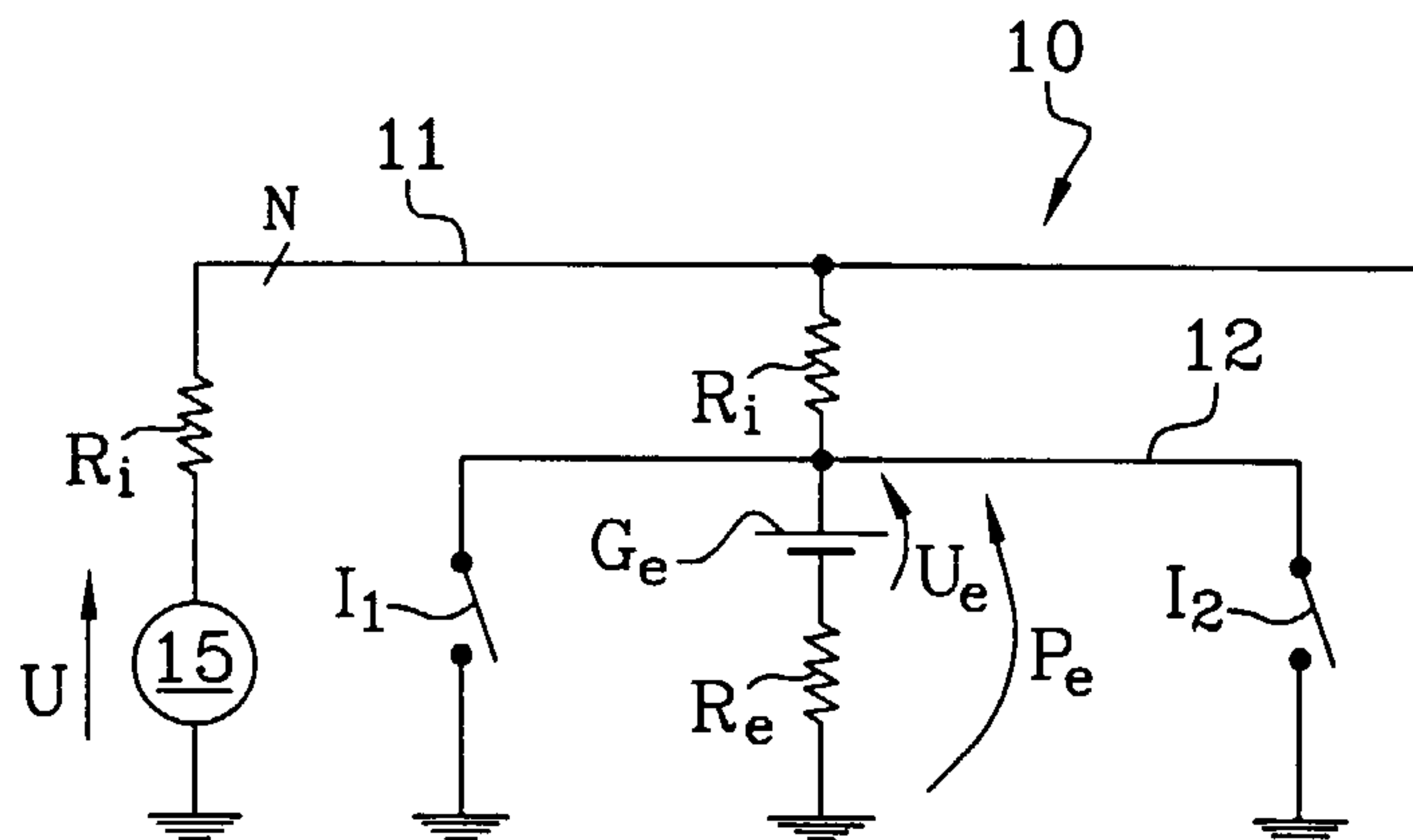


(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2001/02/07
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2001/08/30
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2002/08/14
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2001/000348
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2001/063305
(30) Priorité/Priority: 2000/02/23 (00/02222) FR

(51) Cl.Int.⁷/Int.Cl.⁷ G01R 31/02
(71) Demandeur/Applicant:
SOCRAT, FR
(72) Inventeur/Inventor:
BUSSINGER, JEAN, FR
(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : PROCEDE DE MESURE DES CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES D'UN CABLE DE
TELECOMMUNICATION

(54) Title: METHOD FOR MEASURING ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF A TELECOMMUNICATION CABLE



(57) **Abrégé/Abstract:**

La présente invention concerne un procédé de mesure des caractéristiques électriques d'un câble de télécommunication (10) comprenant un faisceau de fils électriques (11) véhiculant une tension de service (U) délivrée par un équipement (15) référencé à la terre, agencé dans une gaine isolante comportant un écran conducteur (12). Selon l'invention, le procédé comprend une étape de mesure de la résistance (R_{iso}) d'isolement de l'écran (12) relativement à la terre, une étape de mesure du potentiel électrique (P_e) de l'écran (12) relativement à la terre, et une étape de détermination d'une résistance globale (R_j) d'isolement du faisceau de fils électrique (11) relativement à l'écran conducteur (12), à partir du résultat des mesures de la résistance d'isolement (R_{iso}) et du potentiel électrique (P_e) de l'écran. Application à la caractérisation ou à la maintenance des câbles de télécommunication.



(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
30 août 2001 (30.08.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/63305 A1(51) Classification internationale des brevets⁷ :

G01R 31/02

(74) Mandataire : MARCHAND, André; Omnipat, 24, place
des Martyrs de la Résistance, F-13100 Aix en Provence
(FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR01/00348

(22) Date de dépôt international : 7 février 2001 (07.02.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :

00/02222

23 février 2000 (23.02.2000)

FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : SO-
CRAT [FR/FR]; 14, avenue du Lion, ZA la Poulasse,
F-83210 Solliès-Pont (FR).

(72) Inventeur; et

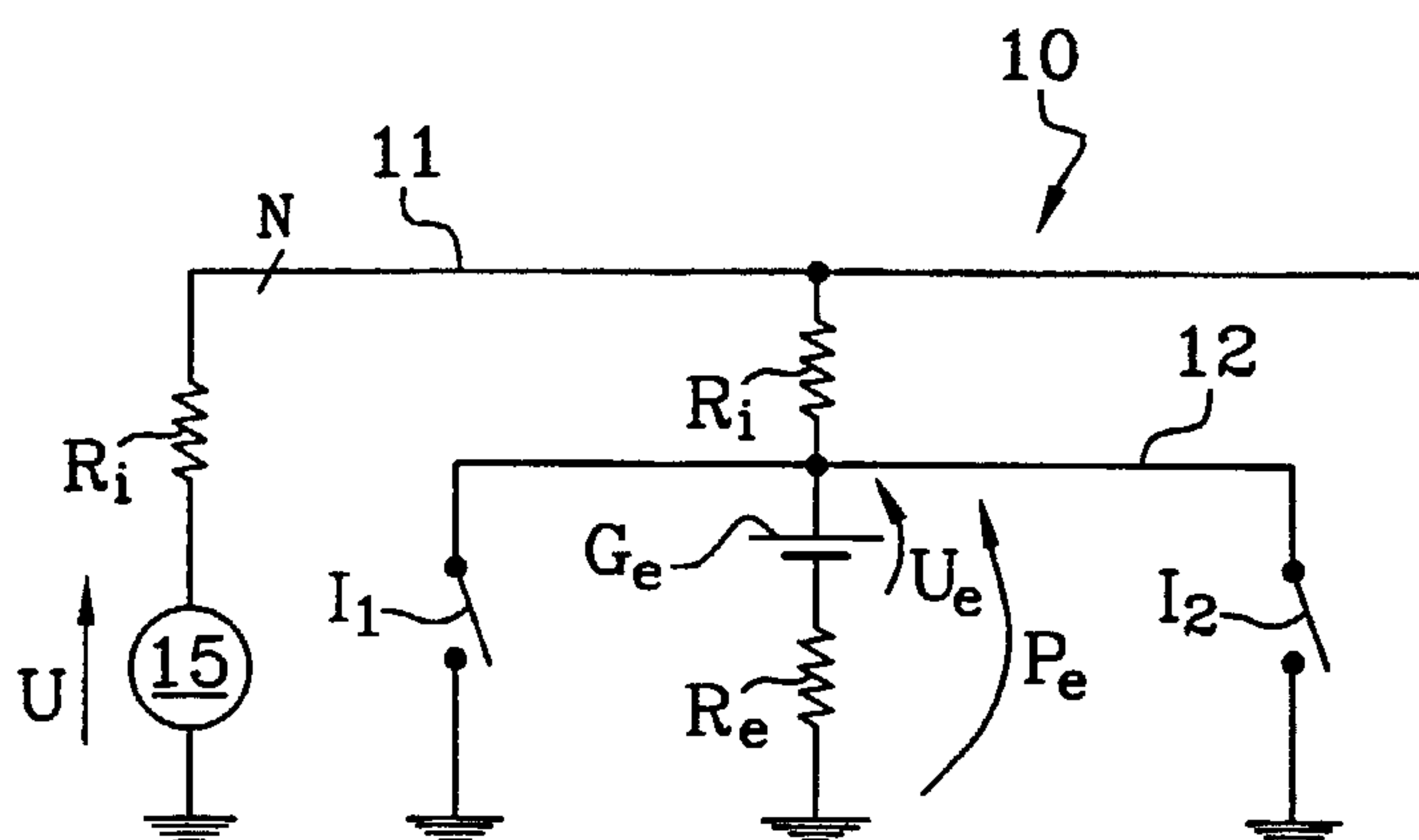
(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) :
BUSSINGER, Jean [FR/FR]; 130, impasse du Rabin,
F-83210 la Farlede (FR).(81) États désignés (national) : AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG,
MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE,
SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN,
YU, ZA, ZW.(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen
(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU,
MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR MEASURING ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF A TELECOMMUNICATION CABLE

(54) Titre : PROCÉDE DE MESURE DES CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES D'UN CABLE DE TELECOMMUNICA-
TION(57) Abstract: The invention concerns a method
for measuring the electrical characteristics of
a telecommunication cable (10) comprising a
bundle of electric wires (11) transporting an
operating voltage (U) delivered by an equipment
(15) with ground reference, arranged in an
insulating sheath comprising a conductive shield
(12). The invention is characterised in that it
comprises a step which consists in measuring
the insulating resistance (R_{iso}) of the shield (12)
relative to the ground, a step which consists
in determining a global insulating resistance
(R_i) of the bundle of wires (11) relative to the
conductive shield (12) from the result of the
measurement of the insulating resistance (R_{iso})
and the electric potential (P_e) of the shield. The

invention is useful for characterising or maintaining telecommunication cables.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé de mesure des caractéristiques électriques d'un câble de télécommuni-
cation (10) comprenant un faisceau de fils électriques (11) véhiculant une tension de service (U) délivrée par un équipement (15)
référéncé à la terre, agencé dans une gaine isolante comportant un écran conducteur (12). Selon l'invention, le procédé comprend une
étape de mesure de la résistance (R_{iso}) d'isolement de l'écran (12) relativement à la terre, une étape de mesure du potentiel électrique
(P_e) de l'écran (12) relativement à la terre, et une étape de détermination d'une résistance globale (R_i) d'isolement du faisceau de
fils électrique (11) relativement à l'écran conducteur (12), à partir du résultat des mesures de la résistance d'isolement (R_{iso}) et du
potentiel électrique (P_e) de l'écran. Application à la caractérisation ou à la maintenance des câbles de télécommunication.

WO 01/63305 A1

WO 01/63305 A1



-
- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*
- En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

PROCEDE DE MESURE DES CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES D'UN
CABLE DE TELECOMMUNICATION

La présente invention concerne un procédé de mesure des caractéristiques électriques d'un câble de télécommunication comprenant un faisceau de fils électriques présumés isolés les uns des autres par un guipage approprié, agencé dans une gaine isolante comportant un écran conducteur.

Les réseaux de télécommunication actuels, de structure arborescente, sont réalisés au moyen de câbles 1 de forte section du type représenté en figure 1A, comprenant plusieurs centaines ou milliers de fils électriques 2 isolés les uns des autres par un guipage approprié et agencés deux par deux pour former des paires téléphoniques. L'ensemble est protégé contre les perturbations électriques par une gaine métallique, ou écran 3, et est emprisonné dans une gaine protectrice 4 en un matériau électriquement isolant comme du polyéthylène, du PVC,...

De tels câbles de télécommunication, agencés dans le sol ou dans l'air, sont soumis à diverses agressions dont les plus fréquentes sont causées par la foudre, les rongeurs, les travaux de voirie, le frottement des branches d'arbres... Ces diverses agressions peuvent conduire à une déchirure 5 de la gaine 4 et à une pénétration d'eau dans le câble. Du point de vue électrique, une telle dégradation se traduit par un défaut d'isolement de l'écran 3 vis-à-vis de la terre, schématisé en figure 1B par une résistance R_e , et par l'apparition d'une tension U_e , ou "couple électrochimique", généré notamment par la combinaison de l'eau et du métal de l'écran 3. Le couple électrochimique U_e , représenté en figure 1B par un générateur de tension Ge , n'excède pas en pratique 1 à 1,5 Volts. Lorsqu'un

défaut d'étanchéité n'est pas réparé en temps utile, la dégradation du câble s'étend au guipage des fils électriques et se développe sur une grande longueur en raison de la propagation de l'eau dans le câble.

5 Ces dernières années, la demanderesse a conçu, développé et perfectionné un système de surveillance automatique des réseaux de télécommunication comprenant un ensemble de dispositifs de mesure commercialisés sous la référence "IMD" (Interfaces de Mesure Déportées). De
10 tels dispositifs, décrits dans le brevet EP 408 480 et dans la demande PCT/FR99/02288, sont agencés aux points de connexion à la terre des écrans conducteurs et sont reliés par des paires téléphoniques à un équipement local de maintenance, lui-même relié à un centre de maintenance
15 régional. Les dispositifs IMD permettent de déconnecter les écrans de la terre et d'effectuer diverses mesures visant à détecter un défaut d'isolement. Ces mesures comprennent la mesure de la résistance d'isolement des écrans relativement à la terre, désignée par la suite
20 résistance R_{iso} , et la mesure du potentiel électrique P_e de l'écran relativement à la terre, considéré jusqu'à présent comme représentatif du couple électrochimique U_e . Les dispositifs IMD permettent également de vérifier la continuité électrique des écrans par la méthode de la
25 "boucle de terre", et de localiser un défaut d'isolement au moyen d'un procédé décrit dans la demande PCT/FR99/02288.

Parallèlement, le développement rapide des réseaux informatiques, notamment le réseau Internet, a entraîné
30 un besoin croissant de disposer d'un moyen efficace pour caractériser les câbles de télécommunication en vue de leur qualification pour le transport de signaux numériques à haut débit. De tels réseaux informatiques s'appuient en effet sur des infrastructures de câbles de
35 télécommunication existant pour la plupart depuis plusieurs années, dont les caractéristiques électriques doivent être, en principe, rigoureusement contrôlées

avant leur affectation au transport de signaux numériques à haut débit. Par exemple, un réseau de type xDSL ("Digital Subscriber Line") nécessite une bande passante deux cent fois plus étendue que la bande téléphonique ordinaire et utilise des signaux de très faible niveau, ce qui impose d'avoir des écrans en parfaite continuité électrique et des paires téléphoniques ne présentant pas de dégradation suite à un défaut d'étanchéité.

Pour répondre à ce besoin, la demanderesse propose d'implanter des dispositifs IMD dans des réseaux de câbles existants, en tant que moyen de caractérisation des câbles avant leur affectation au transport de données numériques. Une fois la validité des câbles vérifiée, les dispositifs IMD peuvent être utilisés de façon plus classique en tant que moyen de contrôle de la qualité des câbles et de maintenance. Les paramètres ou caractéristiques pouvant être mesurés au moyen des dispositifs IMD pour qualifier des câbles de télécommunication sont ainsi :

- la résistance R_{iso} d'isolement des écrans relativement à la terre,
- le potentiel d'écran P_e , et
- la continuité électrique des écrans, qui garantit l'écoulement de charges électriques induites par des perturbations électromagnétiques ou des montées de potentiel électrique dans le sol.

Toutefois, le problème que pose l'implantation de dispositifs IMD dans des réseaux de câbles anciens n'ayant pas été contrôlés auparavant est que de telles mesures ne permettent pas de savoir dans quel état se trouve l'âme du câble, c'est-à-dire de savoir si l'isolement assuré par le guipage des fils électriques est valable. En effet, la mesure d'une résistance d'isolement R_{iso} de faible valeur permet de savoir qu'un câble présente un défaut d'étanchéité mais ne permet pas de savoir depuis combien de temps un tel défaut existe ni de savoir si le guipage des fils a été attaqué. Une

pénétration d'eau dans un câble ne rend pas immédiatement le câble inapte au transport de données numériques, plusieurs mois pouvant s'écouler avant que le guipage des fils électriques lui-même ne soit attaqué. Ce problème ne
5 se pose pas lorsque les dispositifs IMD sont implantés dans un réseau de câbles neufs car toute pénétration d'eau est détectée rapidement et donne lieu à une réparation avant que le guipage des fils ne se dégrade.

La présente invention vise à pallier cet
10 inconvénient.

Plus particulièrement, la présente invention vise un procédé et un moyen permettant d'évaluer l'état du guipage des fils présents dans un câble de télécommunication, à partir de mesures externes portant
15 sur les caractéristiques électriques de l'écran du câble considéré.

Pour atteindre cet objectif, la présente invention se base tout d'abord sur le fait que les fils d'un câble de télécommunication véhiculent, pour assurer le service
20 téléphonique, une tension de service non négligeable, généralement de 48 V, délivrée par un équipement référencé à la terre. La présente invention se base ensuite sur le postulat selon lequel un faisceau de fils électriques considéré dans sa globalité présente une
25 résistance d'isolement déterminée vis-à-vis de l'écran qui l'entoure, et que la dégradation du guipage d'au moins un fil véhiculant la tension de service doit nécessairement entraîner une élévation anormale du potentiel d'écran P_e . Selon l'invention, on définit ainsi
30 un paramètre appelé "résistance globale d'isolement" du faisceau de fils relativement à l'écran, et on modélise les caractéristiques électriques d'un câble de télécommunication de manière à prendre en compte une telle résistance globale d'isolement. Après divers
35 calculs et développement d'équations qui seront décrit plus loin, on obtient une expression mathématique permettant de calculer la résistance globale d'isolement

à partir de paramètres mesurables comme la résistance d'isolement R_{iso} de l'écran et le potentiel d'écran P_e . Un tel calcul de la résistance globale d'isolement à partir de mesures externes constitue un moyen simple et pratique permettant d'évaluer l'état interne d'un câble.

Ainsi, la présente invention prévoit un procédé de mesure des caractéristiques électriques d'un câble de télécommunication, le câble comprenant un faisceau de fils électriques véhiculant une tension de service délivrée par un équipement référencé à la terre, les fils électriques étant présumés isolés les uns des autres par un guipage approprié, le faisceau de fils étant agencé dans une gaine isolante comportant un écran conducteur, procédé comprenant une étape de mesure de la résistance d'isolement de l'écran relativement à la terre, une étape de mesure du potentiel électrique de l'écran relativement à la terre, et une étape de détermination d'une résistance globale d'isolement du faisceau de fils électriques relativement à l'écran conducteur, à partir du résultat des mesures de la résistance d'isolement et du potentiel électrique de l'écran.

Selon un mode de réalisation, la résistance globale d'isolement est déterminée au moyen de la relation suivante ou toute autre relation équivalente :

$$[R_i = R_{iso} / (P_e - k)],$$

" R_i " étant la résistance globale d'isolement, " U " la tension de service, " R_{iso} " la résistance d'isolement de l'écran, " P_e " le potentiel de l'écran et " k " une constante.

Selon un mode de réalisation, quand le potentiel de l'écran est non nul mais inférieur à une valeur déterminée, la constante " k " est considérée comme égale au potentiel de l'écran et la résistance globale d'isolement est considérée comme mathématiquement infinie.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend également une étape de détermination d'une résistance externe d'isolement de l'écran relativement à la terre,

au moyen de la relation suivante ou toute autre relation équivalente : $[R_e = R_{iso}/(U-P_e)]$, " R_e " étant la résistance externe d'isolement de l'écran, " U " la tension de service, " R_{iso} " la résistance d'isolement de l'écran,
5 " P_e " le potentiel de l'écran et " k " une constante.

Selon un mode de réalisation, quand le potentiel électrique de l'écran est inférieur à une valeur déterminée, la constante " k " est considérée comme égale au potentiel de l'écran et la résistance externe
10 d'isolement considérée comme égale à la résistance d'isolement de l'écran.

Selon un mode de réalisation, la résistance d'isolement de l'écran et le potentiel de l'écran sont mesurés au moyen de dispositifs de mesure agencés en des
15 points d'origine et d'extrémité du câble, pilotés à distance par l'intermédiaire de fils téléphoniques.

Selon un mode de réalisation, la résistance globale d'isolement est déterminée par un équipement de maintenance local ou régional comprenant des moyens pour
20 communiquer téléphoniquement avec les dispositifs de mesure.

La présente invention concerne également un procédé de caractérisation et/ou de maintenance d'un câble de télécommunication comprenant un faisceau de fils
25 électriques véhiculant une tension de service délivrée par un équipement référencé à la terre, les fils électriques étant présumés isolés les uns des autres par un guipage approprié, le faisceau de fils étant agencé dans une gaine isolante comportant un écran conducteur,
30 procédé comprenant un étape de mesure des caractéristiques électriques du câble réalisée conformément au procédé décrit ci-dessus, permettant de déterminer une résistance globale d'isolement du faisceau de fils électriques relativement à l'écran conducteur

35 Selon un mode de réalisation, le procédé comprend une étape de réparation ou de remplacement d'un câble

quand la résistance globale d'isolement du faisceau de fils est inférieure à une valeur déterminée.

La présente invention concerne également un système de caractérisation et/ou de maintenance d'un réseau de câbles de télécommunication, comprenant des dispositifs de mesure connectés en des points d'origine et d'extrémité de câbles de télécommunication, un équipement de maintenance comprenant des moyens pour communiquer avec les dispositifs de mesure, et des moyens de mesure des caractéristiques électriques d'un câble de télécommunication du réseau ou d'une portion de réseau constituée par des câbles reliés entre eux, le câble ou la portion de réseau comprenant un faisceau de fils électriques véhiculant une tension de service délivrée par un équipement référencé à la terre, les fils électriques étant présumés isolés les uns des autres par un guipage approprié, le faisceau de fils étant agencé dans une gaine isolante comportant un écran conducteur, système dans lequel l'équipement de maintenance est agencé pour mesurer la résistance d'isolement de l'écran relativement à la terre, mesurer le potentiel électrique de l'écran relativement à la terre, et déterminer une résistance globale d'isolement du faisceau de fils électriques relativement à l'écran conducteur, à partir du résultat des mesures de la résistance d'isolement et du potentiel électrique de l'écran.

Ces objets, caractéristiques et avantages de la présente invention ainsi que d'autres seront exposés plus en détail dans la description suivante du procédé de mesure selon l'invention et d'un exemple de réalisation d'un système de caractérisation et/ou de maintenance d'un réseau de câbles de télécommunication selon l'invention, en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

- les figures 1A et 1B précédemment décrites représentent un câble de télécommunication présentant un défaut d'étanchéité,

- la figure 2 illustre la mise en œuvre du procédé de l'invention sur un câble de télécommunication,
- la figure 3 est un schéma électrique selon l'invention du câble de la figure 2,
- 5 - la figure 4 est le schéma électrique équivalent du schéma de la figure 3,
- la figure 5 est un diagramme illustrant le classement de résultats de mesures et de calculs réalisés conformément au procédé selon l'invention, et
- 10 - la figure 6 représente schématiquement un réseau de câbles de télécommunication comprenant un système de caractérisation et/ou de maintenance selon l'invention.

La figure 2 illustre les modalités de mise en œuvre du procédé selon l'invention et représente
15 schématiquement un câble de télécommunication 10 comprenant un faisceau 11 de fils électriques. Le faisceau 11, qui comprend par exemple N fils formant N/2 paires téléphoniques, est entouré par un écran conducteur 12 formant blindage et par une gaine isolante (non
20 représentée). Les points d'origine P1 et d'extrémité P2 de l'écran 12 sont connectés à la terre (GND) par l'intermédiaire de deux interrupteurs, respectivement I1, I2. Ces interrupteurs sont ici présents à l'intérieur de deux dispositifs IMD1, IMD2 du type commercialisé par la
25 demanderesse, pilotés à distance par l'intermédiaire d'une paire téléphonique.

Au cours d'une première étape de mesure, les interrupteurs I1 et I2 sont ouverts et l'écran 12 se trouve déconnecté de la terre. L'un des dispositifs IMD,
30 par exemple le dispositif IMD1, mesure la résistance d'isolement R_{iso} et le potentiel électrique P_e de l'écran relativement à la terre.

Cette première étape du procédé de l'invention est en soi similaire à celle du procédé de maintenance
35 développé ces dernières années par la demanderesse. Jusqu'à ce jour, la mesure d'une résistance d'isolement R_{iso} de faible valeur permettait de conclure à

l'existence d'une pénétration d'eau ou d'humidité due à une déchirure de gaine ou à un défaut d'étanchéité d'un boîtier de raccordement. Egalement l'existence d'un potentiel d'écran P_e non nul de l'ordre de 1 à 1,5 Volt
5 était interprétée comme représentative de l'existence d'un couple électrochimique U_e dû à des phénomènes d'oxydation engendrés par une pénétration d'eau ou d'humidité.

La présente invention ne remet pas en question ces
10 interprétations de mesures mais prévoit au contraire, comme représenté en figure 3, un modèle des caractéristiques électriques du câble qui est plus complet que le précédent (figure 1B). Ce modèle tient compte de l'existence d'une "résistance globale" R_i
15 d'isolement du faisceau de fils 11 relativement à l'écran 12, et du fait que le faisceau de fils 11 véhicule une tension de service U , généralement de l'ordre de 48 V. Cette tension U est délivrée par un générateur de tension 15 référencé à la terre, ayant une résistance série r_i
20 considérée ici comme négligeable. Le générateur 15 est en pratique un autocommutateur présent dans un centre de télécommunication, qui polarise un fil de chaque paire téléphonique avec la tension U .

Ainsi, dans le schéma de la figure 3, le faisceau
25 de fils 11 (représenté schématiquement sous la forme d'un seul fil) est relié à l'écran 12 par l'intermédiaire de la résistance globale d'isolement R_i . L'écran 12 est relié à la terre par l'intermédiaire d'un générateur de tension G_e qui délivre le couple électrochimique U_e et
30 d'une résistance R_e , que l'on appellera "résistance externe" d'isolement de l'écran 12. Il doit être noté ici que la résistance d'isolement mesurable R_{iso} était considérée dans l'art antérieur comme étant la résistance d'isolement externe R_e . Toutefois, selon le modèle
35 représenté en figure 3, la résistance R_{iso} comprend maintenant les résistances R_i et R_e en parallèle.

Pour fixer les idées, la figure 4 représente le schéma équivalent 16 du modèle de la figure 3. Le schéma 16 est une boucle de conduction passant par la terre comprenant en série les éléments suivants :

- 5 - le générateur 15, délivrant la tension U,
- la résistance globale d'isolement des fils R_i ,
- le générateur G_e délivrant la tension U_e , et
- la résistance externe d'isolement de l'écran R_e .

Deux points A et B, entre lesquels se trouvent le générateur G_e et la résistance R_e , matérialisent les points de mesure du potentiel d'écran P_e et de la résistance R_{iso} (les positions respectives du générateur G_e et de la résistance R_e entre les points A, B peuvent être interverties sans que cela ne modifie les relations mathématiques décrites ci-après).

On va maintenant montrer que la mesure du potentiel d'écran P_e et de la résistance d'isolement R_{iso} permet de déterminer la résistance globale d'isolement R_i ainsi que la résistance externe d'isolement R_e . En vertu du principe de superposition des courants, le potentiel d'écran P_e obéit à la relation suivante :

$$(1) P_e = U_1 + U_2$$

et est égal à la somme d'une tension U_1 apparaissant en l'absence de couple électrochimique U_e et d'une tension U_2 apparaissant en l'absence de la tension de service U. Les résistances R_i et R_e formant un pont diviseur de tension, les expressions respectives des tensions U_1 , U_2 sont les suivantes :

$$(2) U_1 = U R_e / (R_e + R_i)$$

$$(3) U_2 = U_e [1 - (R_e / (R_e + R_i))] = U_e R_i / (R_e + R_i)$$

d'où il vient :

$$(4) \quad P_e = U R_e / (R_e + R_i) + U_e R_i / (R_e + R_i)$$

On en déduit l'expression de R_e en fonction de R_i , P_e et U_e :

5

$$(5) \quad R_e = R_i (P_e - U_e) / (U - P_e)$$

D'autre part, la résistance R_{iso} est constituée par les résistances R_i et R_e en parallèle, soit :

10

$$(6) \quad R_{iso} = (R_i R_e) / (R_i + R_e)$$

On en déduit l'expression de R_i en fonction de R_e et R_{iso} :

15

$$(7) \quad R_i = R_{iso} R_e / (R_e - R_{iso})$$

En injectant la relation (5) dans la relation (7), il vient :

20

$$(8) \quad R_i = R_{iso} R_i (P_e - U_e) / [(R_i (P_e - U_e) - (U R_{iso}) + (P_e R_{iso}))]$$

Soit :

25

$$(9) \quad R_i [R_i (P_e - U_e) - R_{iso} (U - U_e)] = 0$$

La résistance R_i n'étant pas nulle, on en déduit l'expression de R_i en fonction des paramètres U , U_e , P_e et R_{iso} :

30

$$(10) \quad R_i = R_{iso} (U - U_e) / (P_e - U_e)$$

En injectant la relation (10) dans la relation (5), il vient :

35

$$(11) \quad R_e = R_{iso} [(U - U_e) / (P_e - U_e)] [(P_e - U_e) / (U - P_e)]$$

La simplification de la relation (11) donne l'expression de R_e en fonction des paramètres U , U_e , P_e et R_{iso} :

5
$$(12) R_e = R_{iso} (U - U_e) / (U - P_e)$$

En définitive, les relations (10) et (12) permettent de calculer les résistances d'isolement R_i et R_e en fonction des paramètres U , U_e , P_e et R_{iso} . Or, la
10 tension U est connue et le potentiel d'écran P_e et la résistance R_{iso} ont été mesurés au moyen des dispositifs IMD1, IMD2 dans la première étape du procédé de l'invention. Le couple électrochimique U_e n'est toutefois pas connu. Pour calculer les résistances d'isolement R_i
15 et R_e , on considère ainsi deux cas pouvant être rencontrés en pratique.

Dans un premier cas, le potentiel d'écran P_e est faible et n'excède pas 1 à 1,5 V. On en déduit que le potentiel d'écran P_e est égal au couple électrochimique
20 U_e et que le câble 10 a subi une dégradation externe de la gaine n'affectant pas encore le guipage des fils électriques du faisceau de fils 11. Les relations (10) et (12) se simplifient et donnent les résultats suivants :

25
$$R_i \approx \infty$$
$$R_{iso} \approx R_e$$

Ce cas correspond à l'art antérieur, dans lequel on considèrerait toujours que le potentiel d'écran P_e était
30 représentatif du couple électrochimique U_e et que la résistance d'isolement R_{iso} était représentative de la résistance externe d'isolement R_e .

Dans un second cas, le potentiel d'écran P_e est supérieur à environ 1,5 V et n'est donc pas exclusivement
35 lié à l'existence d'un couple électrochimique U_e . Cela

signifie que le guipage des fils est attaqué par une pénétration d'eau ou d'humidité, que les fils ne sont plus correctement isolés vis-à-vis de l'écran et qu'une partie de la tension de service U se retrouve sur l'écran. En considérant dans ce cas que le couple électrochimique U_e est négligeable devant la tension U , la relation (12) se simplifie et donne la valeur de la résistance externe d'isolement R_e en fonction des paramètres connus U , P_e et R_{iso} :

10

$$(12) \Rightarrow (13) \quad R_e = R_{iso} \, U / (U - P_e)$$

en injectant la relation (13) dans la relation (7), on en déduit une forme simplifiée de la relation (10) :

15

$$(10) \Rightarrow (14) \quad R_i = R_{iso} \, U / P_e$$

Le calcul des résistances R_e et R_i selon les relations (13) et (14) est bien entendu approximatif puisque le couple électrochimique U_e est négligé. Toutefois, cette approximation est d'autant plus mineure que le potentiel d'écran P_e est élevé. De plus, le but du procédé de l'invention étant d'évaluer l'état d'un câble, cette approximation est suffisante pour caractériser le câble et trancher la question de savoir si le câble doit être immédiatement réparé ou peut encore être utilisé quelques mois. Ceci permet notamment de planifier les tâches de réparation et de procéder à celles qui sont les plus urgentes.

A titre d'exemple, la figure 5 représente un diagramme de caractérisation comportant en abscisse une échelle de valeurs de résistance globale d'isolement R_i et en ordonnée une échelle de valeurs de résistance externe d'isolement R_e . On distingue dans ce diagramme quatre états C1 à C4 conduisant à des conclusions différentes en ce qui concerne la validité du câble. Ces

états sont délimités en abscisse par un seuil S_i (résistance R_i) et en ordonnée par un seuil S_e (résistance R_e). Le tableau 1 ci-après décrit les caractéristiques de chaque état, le seuil S_i étant ici
 5 choisi égal à 10 M Ω et le seuil S_e égal à 1 M Ω .

De préférence, la continuité électrique est vérifiée dans tous les cas mentionnés dans le tableau 1 au moyen de la méthode classique de la boucle de terre. Par exemple, sur la figure 2, le dispositif IMD1
 10 maintient le point d'origine P1 de l'écran 12 connecté à la terre tandis que le dispositif IMD2 déconnecte le point d'extrémité P2. Le dispositif IMD2 mesure la résistance de la boucle constituée par la résistance de l'écran 12, la résistance de terre du dispositif IMD1 et
 15 sa propre résistance de terre. Si la résistance de boucle est très élevée, cela signifie que l'écran 12 présente un défaut de continuité ou que la résistance de terre de l'un des dispositifs IMD1, IMD2 est défectueuse.

20 **Tableau 1**

Etat	R_e	R_i	Conclusions sur l'état du câble
C1	$\leq S_e$	$\leq S_i$	Mauvaise étanchéité - Âme du câble dégradée - Performances douteuses - Réparation immédiate conseillée.
C2	$\leq S_e$	$> S_i$	Mauvaise étanchéité mais âme du câble en bon état - Performances garanties pour l'instant mais dégradation prévisible en quelques mois.
C3	$> S_e$	$\leq S_i$	Bonne étanchéité mais âme du câble dégradée - Performances douteuses - Réparation immédiate conseillée.
C4	$> S_e$	$> S_i$	Bonne étanchéité et âme du câble en bon état - Performances garanties

La méthode de calcul des résistances R_e et R_i est bien entendu susceptible de variantes et perfectionnements. De façon générale, il est possible de

définir une constante correctrice k représentant le couple électrochimique U_e , les relations (10) et (12) s'écrivant alors :

5
$$(10) \Rightarrow (15) \quad R_i = R_{iso} (U-k) / (P_e - k)$$

$$(12) \Rightarrow (16) \quad R_e = R_{iso} (U-k) / (U - P_e)$$

10 Il apparaît que les relations (14) et (13) sont des cas particuliers des relations (15) et (16) quand la constante k est choisie égale à 0.

Quelle que soit la méthode retenue (constante k égale ou différente de 0), le procédé selon l'invention, basé sur le modèle décrit plus haut, offre l'avantage de
15 permettre une caractérisation complète d'un câble de télécommunication grâce à la détermination de la résistance globale d'isolement R_i . En outre, ce procédé permet de calculer avec une plus grande précision la résistance d'isolement externe R_e , qui était confondue
20 dans l'art antérieur avec la résistance d'isolement mesurée R_{iso} .

La figure 6 représente un exemple de système de caractérisation et/ou de maintenance 40 selon l'invention, qui est intégré dans un réseau de câble de télécommunication 20 (représenté partiellement). Le réseau 20 comprend par exemple un câble primaire 21 comportant 2000 paires téléphoniques, connecté en son point d'origine à une borne d'un autocommutateur 22. Le câble primaire 21 est divisé en deux autres câbles
25 primaires 23, 24 comportant 1000 paires téléphoniques chacun, au moyen d'un boîtier d'épissure 25 assurant la continuité électrique des écrans. Chaque câble 23, 24 est raccordé à son extrémité à une armoire de sous-répartition, respectivement 26, 27, d'où partent des
30 câbles secondaires. Par exemple, le câble 24 se divise après l'armoire 27 en quatre câbles secondaires 28 à 31

comportant 250 paires téléphoniques chacun. Les câbles secondaires 28 à 31 se divisent eux-mêmes en câbles de plus faible section comprenant une pluralité de subdivisions conduisant à des réglettes où sont connectés les abonnés, schématisées par des croix.

Le système de caractérisation et/ou de maintenance 40 comprend des dispositifs IMD référencés 41 à 47, un équipement de maintenance local UC (Unité Centrale) prenant la forme d'un tiroir électronique 48 agencé dans l'autocommutateur 22, et un équipement de maintenance régional 49. L'équipement régional 49 communique avec l'équipement local 48 par l'intermédiaire d'une liaison de transmission de données 50 se trouvant en amont de l'autocommutateur 22. Les dispositifs IMD assurent la connexion à la terre des écrans auxquels ils sont connectés. Le dispositif IMD 41 est agencé au point d'origine du câble 21. Les dispositifs IMD 42, 43 sont agencés aux points d'extrémité des câbles 23, 24, au niveau des armoires 26, 27. Les dispositifs IMD 44 à 47 sont agencés aux points d'origine des câbles secondaires 28 à 31, dont les extrémités, conduisant aux réglettes d'abonnés, ne sont pas connectées à la terre. Chaque dispositif IMD 41 à 47 est piloté par l'équipement local 48 au moyen d'une même paire téléphonique (une paire téléphonique permettant à l'heure actuelle de piloter jusqu'à 16 dispositifs IMD).

Le système de caractérisation et/ou de maintenance 40 qui vient d'être décrit est, dans sa structure, semblable à ceux déjà mis en œuvre par la demanderesse dans l'art antérieur. Il se distingue de l'art antérieur par le fait que les mesures de potentiel d'écran P_e et de résistance d'isolement R_{iso} sont utilisées conformément au procédé de l'invention pour calculer la résistance globale R_i d'isolement de l'âme des câbles et calculer la résistance externe R_e d'isolement des écrans. Le calcul des résistances R_i et R_e à partir des paramètres mesurés

P_e et R_{iso} (la tension de service U délivrée par l'autocommutateur 22 étant connue) est assuré par l'équipement local 48, qui communique les résultats à l'équipement régional 49. Ce calcul peut également être
5 assuré par l'équipement régional 49, l'équipement local 48 se bornant dans ce cas à communiquer à l'équipement 49 les paramètres P_e , R_{iso} mesurés au moyen des dispositifs IMD.

On voit sur la figure 6 que les mesures des
10 paramètres P_e , R_{iso} et le calcul des résistances R_i , R_e portent ici sur des portions entières de réseau. Par exemple, une mesure effectuée en déconnectant de la terre les dispositifs IMD 41, 42, 43 permet de déterminer les résistances R_i , R_e dans le réseau primaire comprenant les
15 câbles 21, 23, 24 et le boîtier d'épissure 25. Egalement, une mesure effectuée en déconnectant de la terre l'un des dispositifs IMD 44 à 47 permet de déterminer les résistances R_i , R_e dans le tronçon de réseau secondaire comprenant l'un des câbles 28 à 31 et les ramifications
20 conduisant aux abonnés. Par ailleurs, un défaut d'isolement détecté dans le réseau peut être localisé avec précision au moyen du procédé de localisation décrit dans la demande PCT/FR99/02288.

Conformément au tableau 1 décrit ci-dessus, le
25 calcul des résistances R_i , R_e permet de savoir si le tronçon de réseau testé peut être exploité, au moins provisoirement, pour la distribution de signaux numériques à haut débit.

Il apparaîtra clairement à l'homme de l'art que le
30 procédé selon l'invention est susceptible de diverses applications et modes de réalisation. Notamment, les paramètres P_e , R_{iso} permettant la détermination des résistances R_i , R_e peuvent être mesurés par tout type d'appareillage, manuel ou automatique, autre que des
35 dispositifs IMD.

REVENDICATIONS

1. Procédé de mesure des caractéristiques électriques d'un câble de télécommunication (10, 21, 23, 24, 28-31), le câble comprenant un faisceau de fils électriques (11) véhiculant une tension de service (U) délivrée par un équipement (15, 22) référencé à la terre, les fils électriques étant présumés isolés les uns des autres par un guipage approprié, le faisceau de fils (11) étant agencé dans une gaine isolante comportant un écran conducteur (12), caractérisé en ce qu'il comprend :

- une étape de mesure de la résistance (R_{iso}) d'isolement de l'écran (12) relativement à la terre,
- une étape de mesure du potentiel électrique (P_e) de l'écran (12) relativement à la terre, et
- une étape de détermination d'une résistance globale (R_i) d'isolement du faisceau de fils électriques (11) relativement à l'écran conducteur (12), à partir du résultat des mesures de la résistance d'isolement (R_{iso}) et du potentiel électrique (P_e) de l'écran.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la résistance globale d'isolement (R_i) est déterminée au moyen de la relation suivante ou toute autre relation équivalente :

$$R_i = R_{iso} (U - k) / (P_e - k)$$

" R_i " étant la résistance globale d'isolement, "U" la tension de service, " R_{iso} " la résistance d'isolement de l'écran, " P_e " le potentiel de l'écran et "k" une constante.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel, quand le potentiel (P_e) de l'écran est non nul mais inférieur à une valeur déterminée, la constante "k" est

considérée comme égale au potentiel de l'écran et la résistance globale d'isolement (R_i) est considérée comme mathématiquement infinie.

- 5 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend également une étape de détermination d'une résistance externe (R_e) d'isolement de l'écran (12) relativement à la terre, au moyen de la relation suivante ou toute autre relation équivalente :

10

$$R_e = R_{iso} (U-k) / (U-P_e)$$

" R_e " étant la résistance externe d'isolement de l'écran, "U" la tension de service, " R_{iso} " la résistance
15 d'isolement de l'écran, " P_e " le potentiel de l'écran et " k " une constante.

5. Procédé selon la revendication 4 dans lequel, quand le potentiel électrique (P_e) de l'écran est
20 inférieur à une valeur déterminée, la constante " k " est considérée comme égale au potentiel (P_e) de l'écran et la résistance externe d'isolement (R_e) considérée comme égale à la résistance (R_{iso}) d'isolement de l'écran.

- 25 6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la résistance (R_{iso}) d'isolement de l'écran et le potentiel (P_e) de l'écran sont mesurés au moyen de dispositifs de mesure (IMD1, IMD2, 41-47) agencés en des points d'origine et d'extrémité du câble,
30 pilotés à distance par l'intermédiaire de fils téléphoniques.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la résistance globale d'isolement (R_i) est
35 déterminée par un équipement de maintenance local ou régional (UC, 48, 49) comprenant des moyens pour

communiquer téléphoniquement avec les dispositifs de mesure (41-47).

8. Procédé de caractérisation et/ou de maintenance
5 d'un câble de télécommunication (10, 21, 23, 24, 28-31) comprenant un faisceau de fils électriques (11) véhiculant une tension de service (U) délivrée par un équipement (15, 22) référencé à la terre, les fils
10 électriques étant présumés isolés les uns des autres par un guipage approprié, le faisceau de fils (11) étant agencé dans une gaine isolante comportant un écran conducteur (12), procédé caractérisé en ce qu'il comprend un étape de mesure des caractéristiques électriques du
15 câble (10, 21, 23, 24, 28-31) réalisée conformément au procédé selon l'une des revendications 1 à 7, permettant de déterminer une résistance globale (R_i) d'isolement du faisceau de fils électriques relativement à l'écran conducteur.

20 9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de réparation ou de remplacement d'un câble quand la résistance globale d'isolement (R_i) du faisceau de fils est inférieure à une valeur déterminée (S_i).

25 10. Système (40) de caractérisation et/ou de maintenance d'un réseau de câbles de télécommunication, comprenant des dispositifs de mesure (IMD, 41-47) connectés en des points d'origine et d'extrémité de
30 câbles de télécommunication (21-24, 28-31), un équipement de maintenance (UC, 48, 49) comprenant des moyens pour communiquer avec les dispositifs de mesure, et des moyens de mesure des caractéristiques électriques d'un câble de
35 télécommunication (10, 21, 23, 24, 28-31) du réseau ou d'une portion de réseau constituée par des câbles reliés entre eux, le câble ou la portion de réseau comprenant un faisceau de fils électriques (11) véhiculant une tension

de service (U) délivrée par un équipement (15, 22) référencé à la terre, les fils électriques étant présumés isolés les uns des autres par un guipage approprié, le faisceau de fils (11) étant agencé dans une gaine isolante comportant un écran conducteur (12),

système caractérisé en ce que l'équipement de maintenance (UC, 48, 49) est agencé pour :

- mesurer la résistance (R_{iso}) d'isolement de l'écran (12) relativement à la terre,
- 10 - mesurer le potentiel électrique (P_e) de l'écran (12) relativement à la terre, et
- déterminer une résistance globale (R_i) d'isolement du faisceau de fils électriques (11) relativement à l'écran conducteur (12), à partir du résultat des mesures de la
- 15 résistance d'isolement (R_{iso}) et du potentiel électrique (P_e) de l'écran.

11. Système selon la revendication 10, dans lequel l'équipement de maintenance est agencé pour déterminer la

20 résistance globale d'isolement (R_i) au moyen de la relation suivante ou toute autre relation équivalente :

$$R_i = R_{iso} (U-k) / (P_e-k)$$

25 " R_i " étant la résistance globale d'isolement, "U" la tension de service, " R_{iso} " la résistance d'isolement de l'écran, " P_e " le potentiel de l'écran et "k" une constante.

30 12. Système selon l'une des revendications 10 et 11, dans lequel l'équipement de maintenance est agencé pour déterminer également une résistance externe (R_e) d'isolement de l'écran (12) relativement à la terre, au moyen de la relation suivante ou toute autre relation

35 équivalente :

$$R_e = R_{iso} (U-k) / (U-P_e)$$

"R_e" étant la résistance externe d'isolement de l'écran,
"U" la tension de service, "R_{iso}" la résistance
5 d'isolement de l'écran, "P_e" le potentiel de l'écran et
"k" une constante.

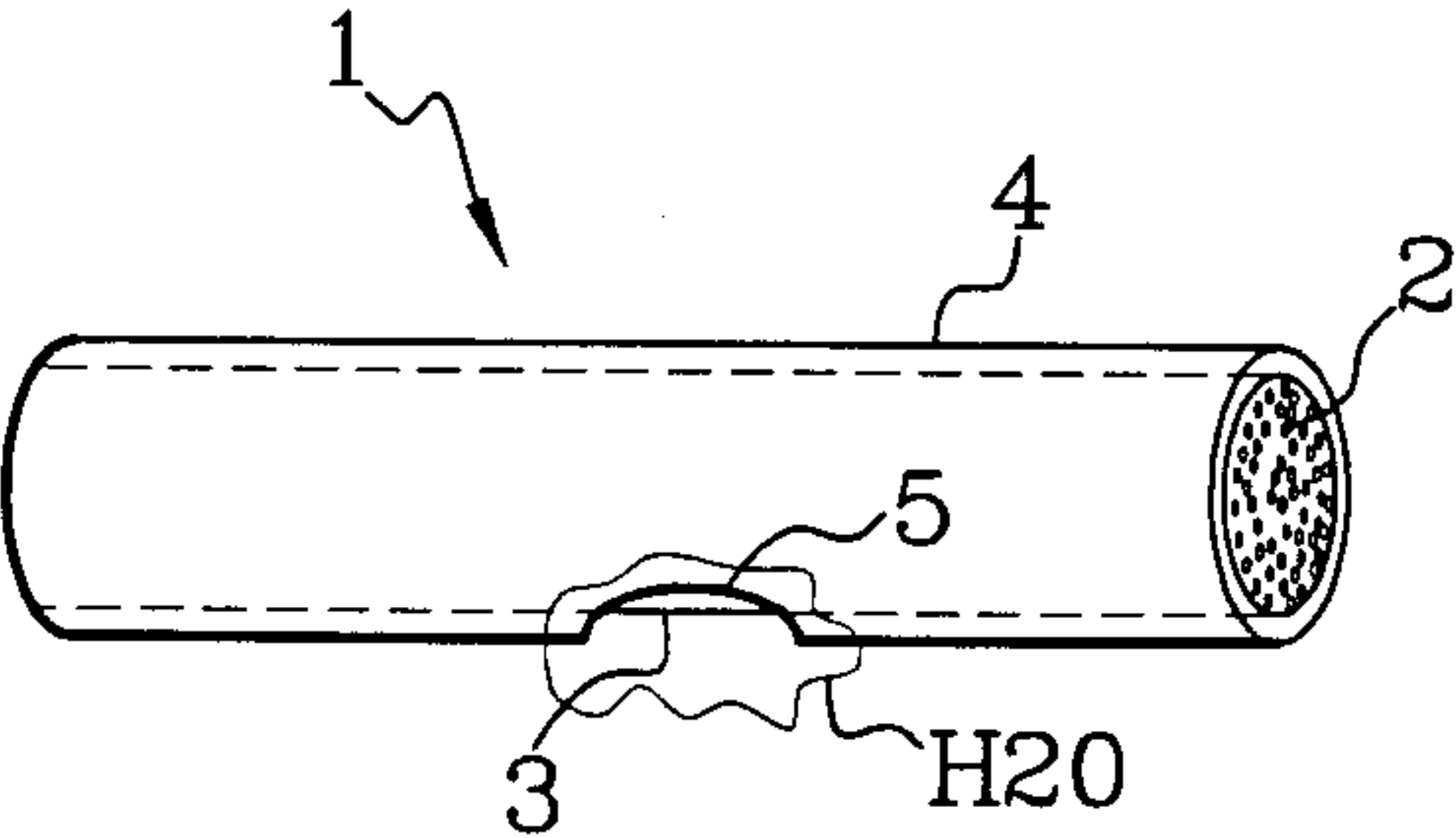


Fig. 1A

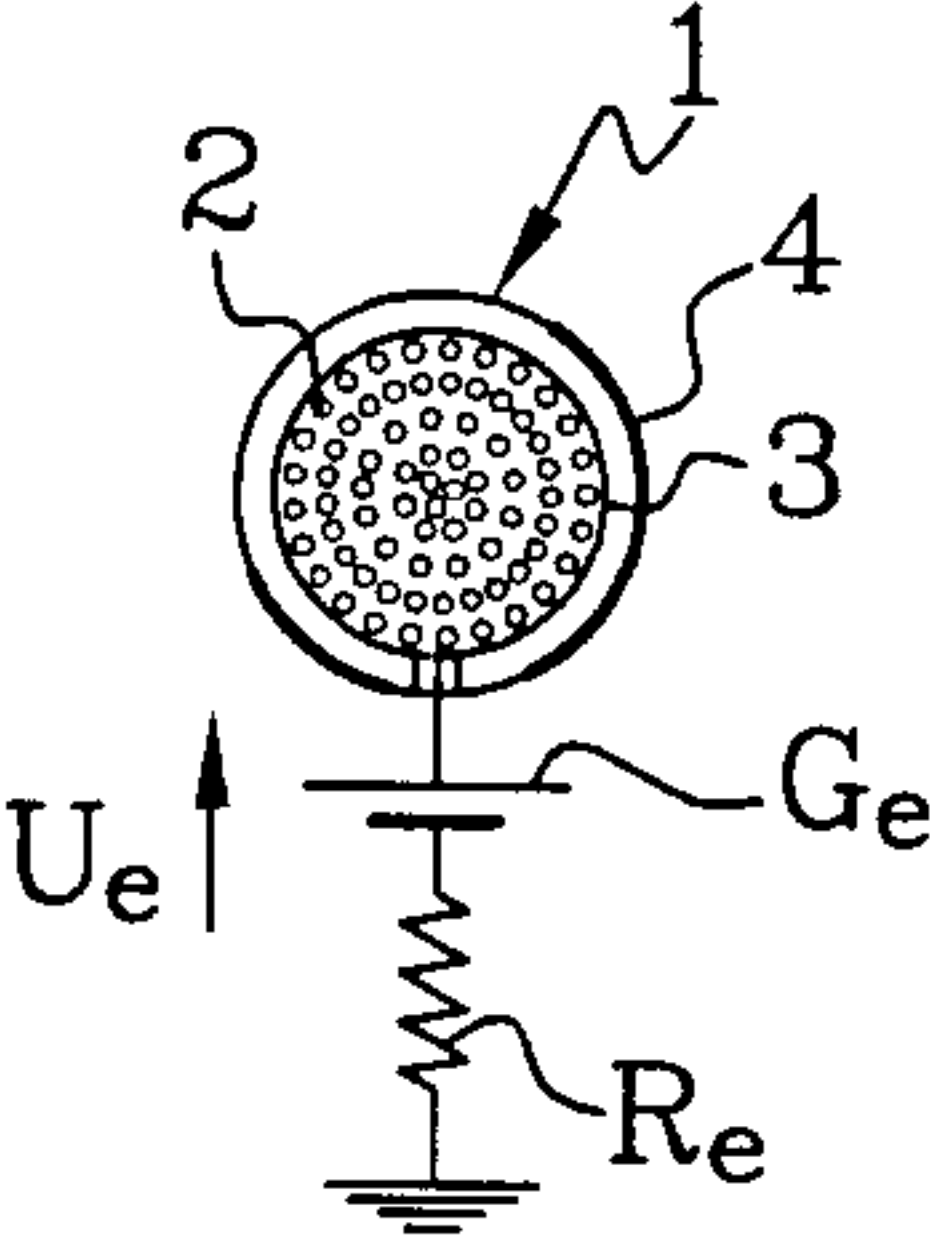


Fig. 1B

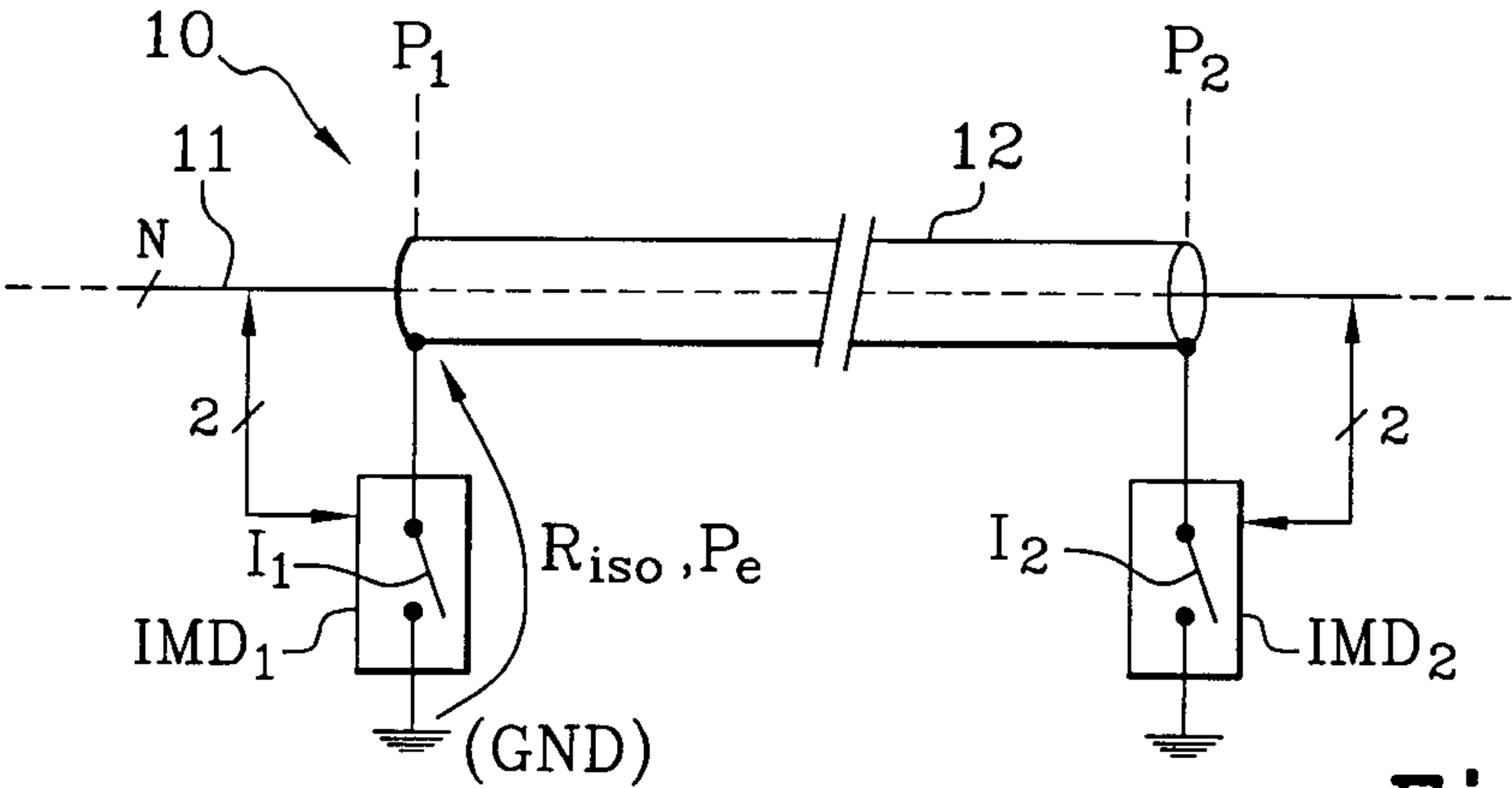


Fig. 2

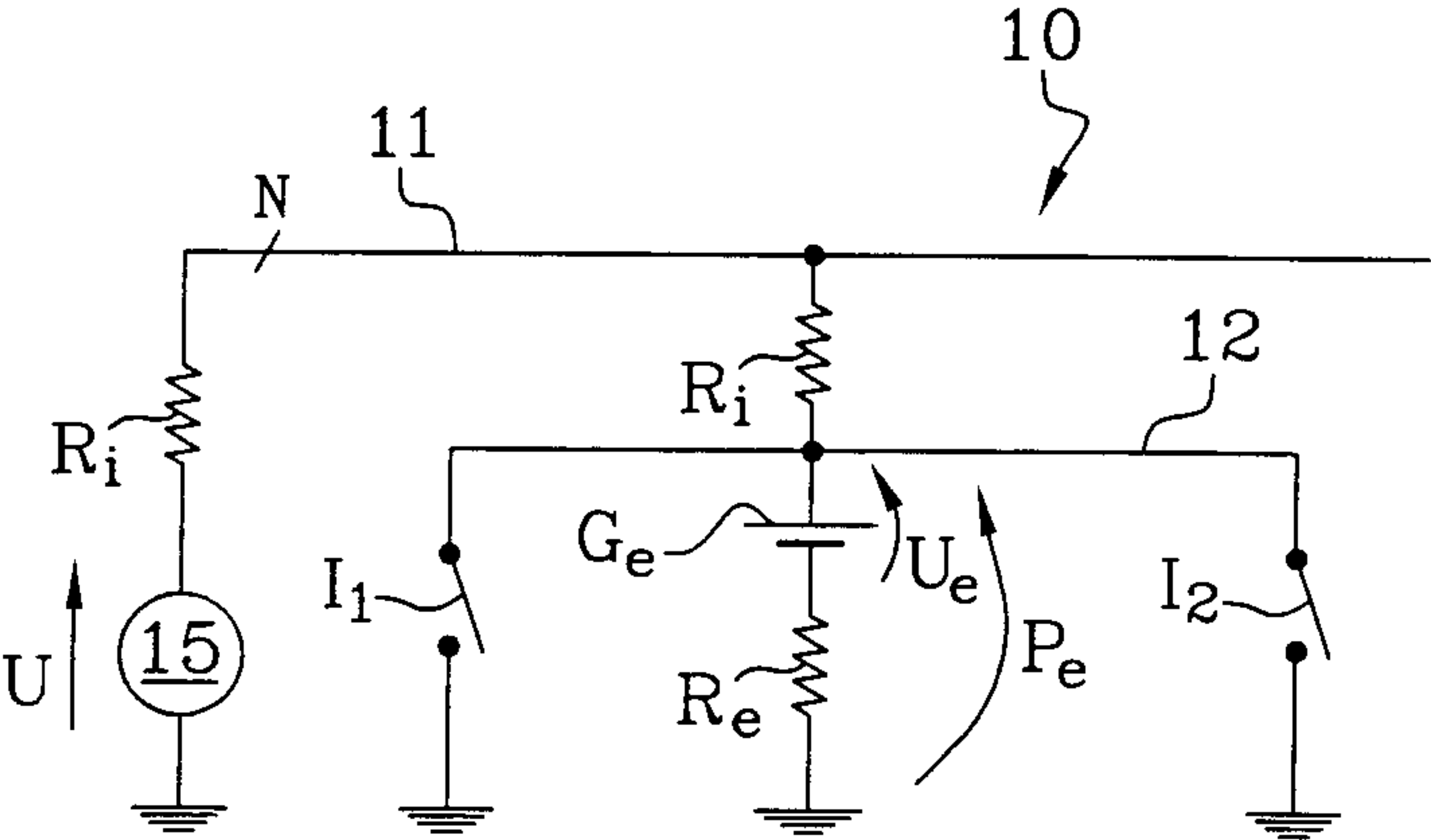


Fig. 3

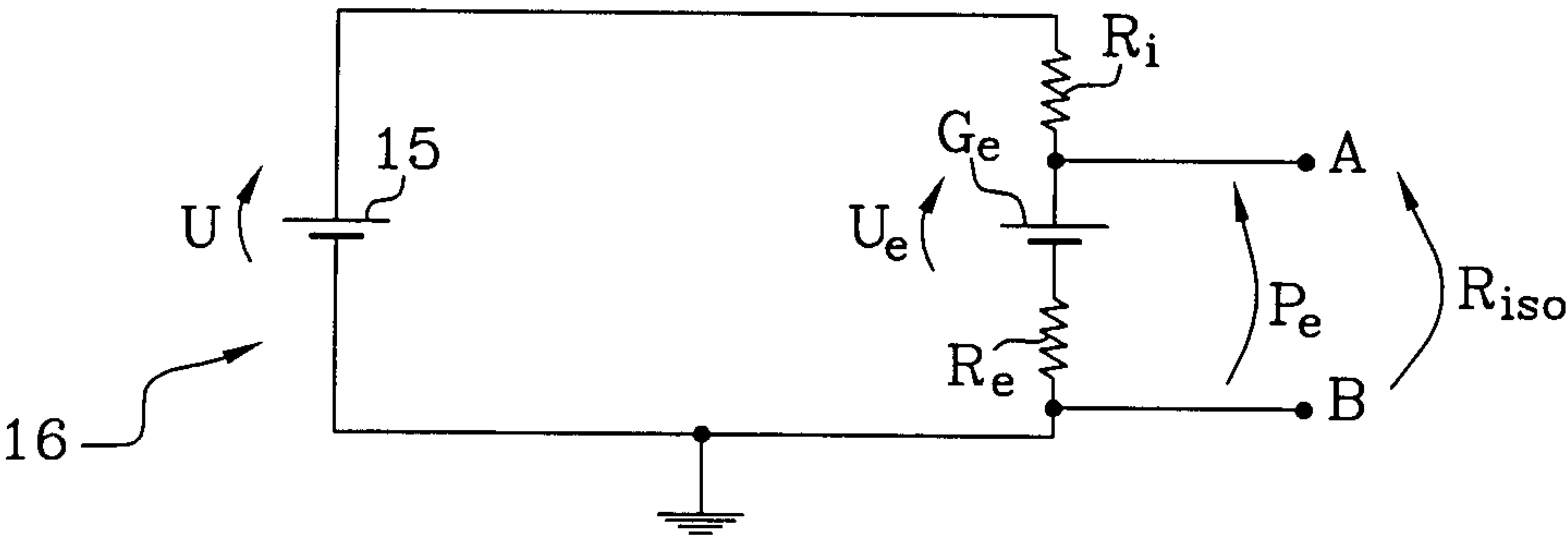


Fig. 4

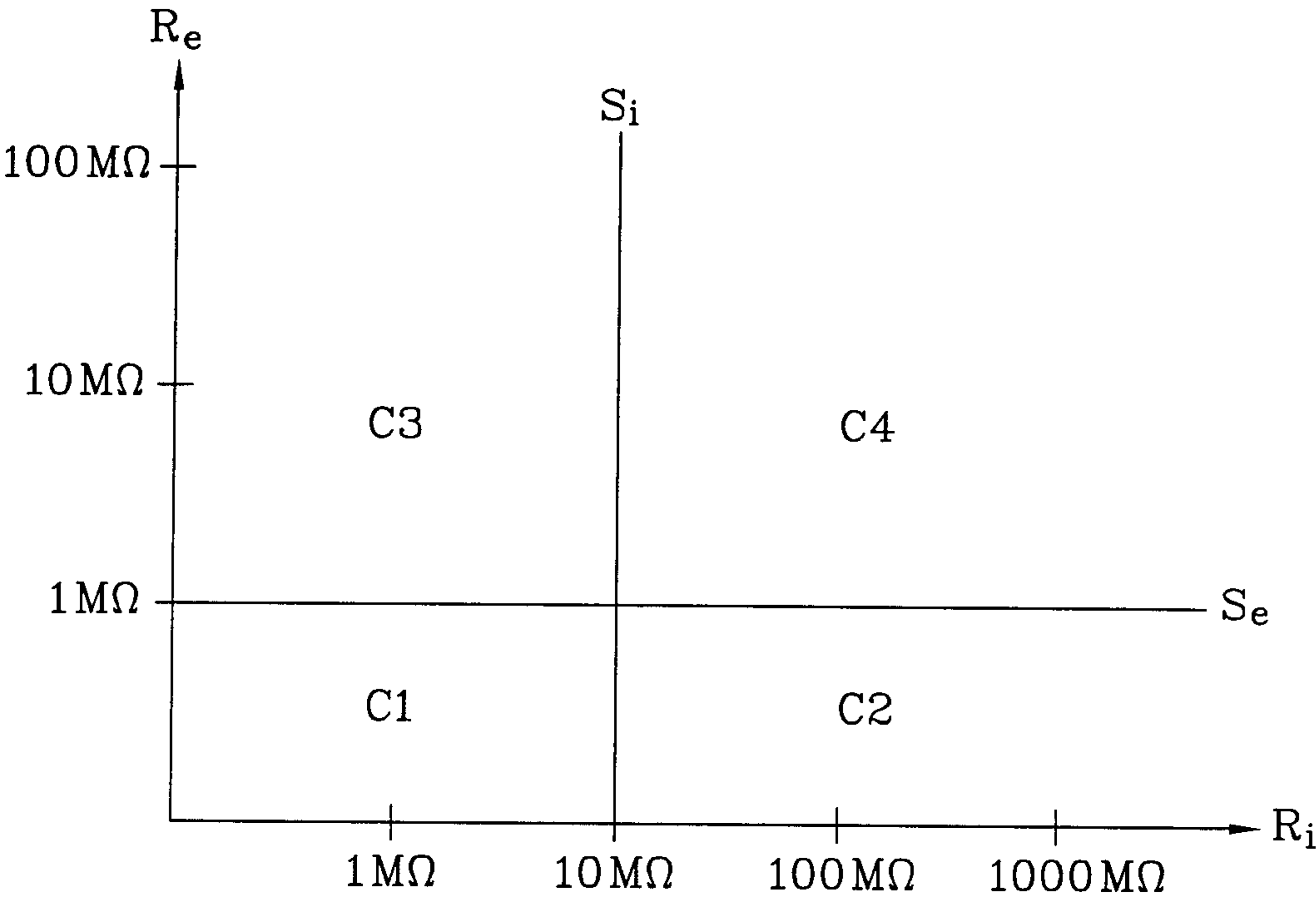


Fig. 5

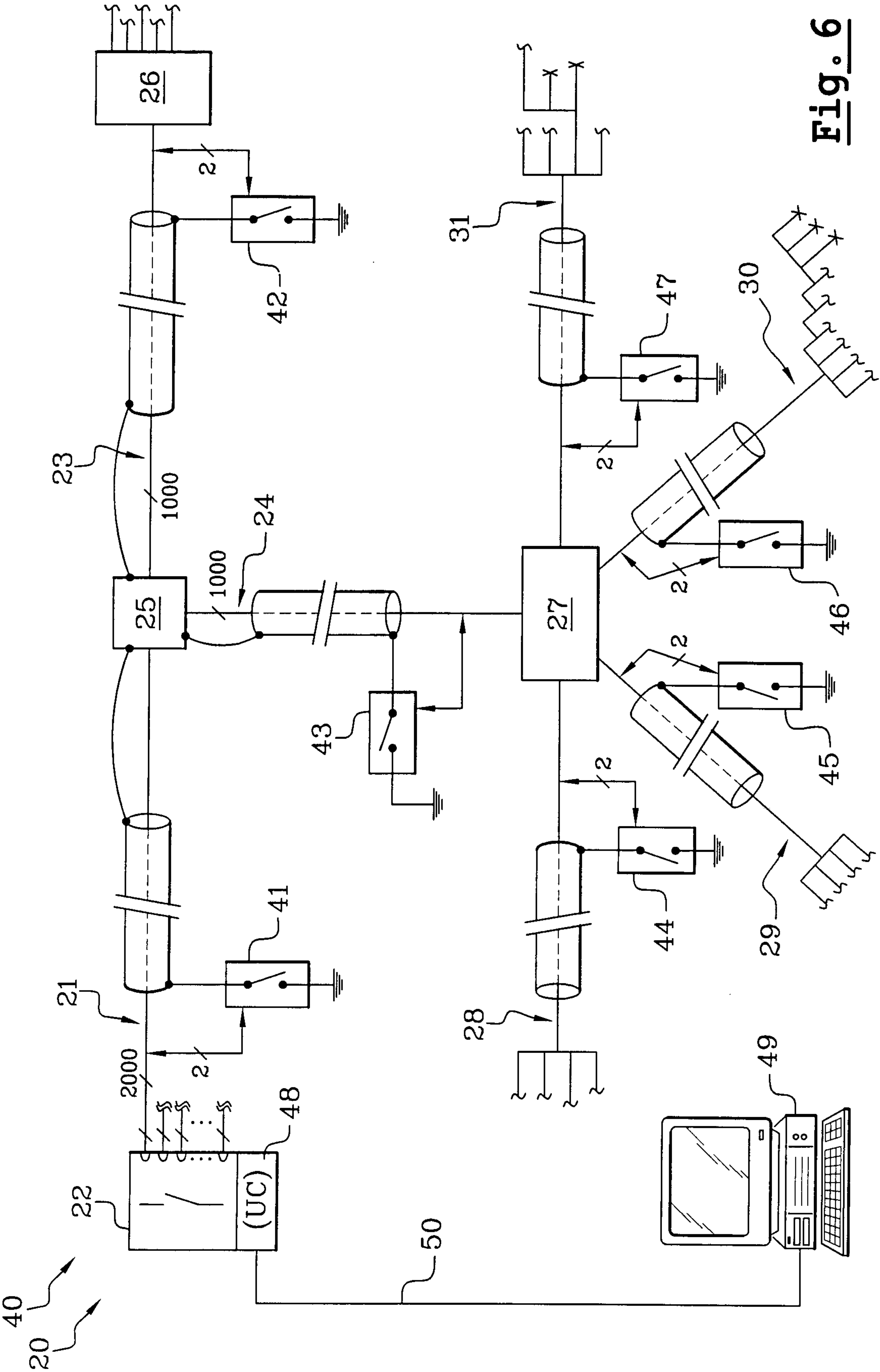


Fig. 6

