

(19) DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTCHRIFT



Wirtschaftspatent

Teilweise bestaetigt gemaeß § 6 Absatz 1 des
Aenderungsgesetzes zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

1418 68

Int.Cl.³

3(51) G 01 R 31/08

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP G 01 R/ 2106 72

(22) 29.01.79

(45) 26.01.83
(44) 21.05.80

(71) siehe (72)

(72) LEMKE, EBERHARD, DR. SC. TECHN. DIPL.-ING.; WEISSENBERG, WERNER, DIPL.-ING.;
SCHARNHORST, KARLHEINZ; DD;

(73) siehe (72)

(74) KARLHEINZ SCHARNHORST, VEB KABELWERK MEISSEN, ABT. TN, 8250 MEISSEN, NIEDERAUER
STR. 42

(54) SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR ORTUNG VON TEILENTLADUNGSFEHLERSTELLEN IN
HOCHSPANNUNGSKABELN

Titel der Erfindung

Schaltungsanordnung zur Ortung von Teilentladungsfehlerstellen in Hochspannungskabeln

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schaltungsanordnung zur Ortung von Teilentladungsfehlerstellen in Isolierungen von elektrischen Leitern von Hochspannungskabeln, vorzugsweise Plastkabeln.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist eine Schaltungsanordnung bekannt, bei der Fehler in Hochspannungskabeln auf der Basis von Laufzeitmessungen geortet werden.

DD-PS 116 512

Bei dieser Schaltungsanordnung wird das Kabel als Wellenleiter benutzt, das an einem Ende über einen Koppelkondensator und Ankopplungsvierpol an die Meßeinrichtung angeschlossen ist. Das andere Ende wird offen betrieben, so daß hier eintreffende Impulse reflektiert werden und damit an das Ende gelangen, an dem die Meßeinrichtung angeschlossen ist. Da ein an der Fehlerstelle auftretendes Teilentladungssignal sich in beiden Richtungen längs des Kabels ausbreitet, entstehen zwei Impulse, die zeitlich nacheinander an die Meßeinrichtung gelangen. Der erste Impuls läuft auf direktem Wege von der Fehlerstelle zum Kabelende, an dem sich die Meßeinrichtung befindet. Der zweite Impuls läuft in entgegengesetzter Richtung und erreicht schließlich das offene Kabelende,

wird dort reflektiert, läuft zur Fehlerstelle zurück und danach weiter bis zur Meßeinrichtung. Demzufolge trifft der zweite Impuls gegenüber dem ersten zeitlich verzögert ein, wobei sich die Verzögerungszeit aus der zweifachen Laufzeit zwischen der Fehlerstelle und dem offenen Kabelende ergibt. Durch Messung der Autokorrelationsfunktion der Impulsfolgen wird auf die Lage der Fehlerstelle geschlossen.

Der Nachteil der beschriebenen Schaltungsanordnung besteht darin, daß der zweite Impuls eine unter Umständen wesentlich größere Wegstrecke zurücklegen muß. Im Extremfall beträgt diese Wegstrecke das zweifache der Gesamtlänge des Kabels. Dieser Impuls wird dadurch beachtlich gedämpft, was sich in einer Verringerung der Amplitude und Verflachung des Anstiegs ausdrückt. Das führt einerseits zur Einschränkung der Meßempfindlichkeit und andererseits zu Unsicherheiten in der Längenangabe.

Es ist ein weiteres Verfahren zur Ortung von Fehlern in der Isolierung von elektrischen Leitern bekannt, bei dem der Prüfling mit einer Prüfwechselspannung beaufschlagt wird, die geringfügig unter der Teilentladungseinsatzspannung der Fehlerstelle liegt. Durch Vorbeiführen des Prüflings an einer Strahlenquelle mit harter Strahlung werden in der Fehlerstelle Teilentladungen gezündet, woraus auf die Lage der Fehlerstelle geschlossen werden kann.

DD-PS 128 215

Der Nachteil dieses Verfahrens besteht vor allem darin, daß die Fehlerstelle bei der üblichen Teilentladungsmessung nicht ermittelt werden kann. Der Zeitaufwand zum Aufsuchen des Fehlers ist dadurch erheblich. Außerdem müssen aufwendige Einrichtungen zum Ab- und Aufwickeln der Kabel vorhanden sein. Dabei bereitet ein teilentladungsfreier Hochspannungsanschluß an die sich drehenden Kabel große Schwierigkeiten. Hinzu kommt eine Gefährdung des Bedienungspersonals, weil das zu prüfende Kabel unter Hochspannung steht.

Schließlich sind weitere Meß- und Ortungsverfahren für Teilentladungen bekannt, bei denen im Hinblick auf reproduzierbare Meßergebnisse besonderer Wert auf einen reflexionsfreien Kabelabschluß gelegt wird.

- 5 Beyer, M.; Borsi, H.: Teilentladungsmessung an Hochspannungskabeln - Ursachen für Meßfehler und Möglichkeiten zu ihrer Vermeidung
Elektrizitätswirtschaft, Frankfurt/M. 76 (1977) 26, S. 931 - 936

- 10 Beyer, M.: Möglichkeiten und Grenzen der TE-Messung und - Ortung
ETZ-A, Westberlin, 99 (1978) 2 S. 96 - 99 und 3 S. 128 bis 132

- Borsi, H.: Verfahren zur Messung von Teilentladungen an Hochspannungskabeln unter Berücksichtigung der Kabel-
15 daten, Ankopplungsvierpole und Meßsysteme
Dissertation TU Hannover 1976

- Ein reflexionsfreier Kabelanschluß kann bei diesem bekannten Meßverfahren nur erreicht werden, wenn der zur
20 Trennung der Hochspannung von der Meßeinrichtung erforderliche Koppelkondensator eine Kapazität von 100 nF und möglichst darüber, aufweist.

- Es ist also als nachteilig zu betrachten, daß der Aufwand an teilentladungsfreien Hochspannungskondensatoren
25 großer Kapazität zur Realisierung des reflexionsfreien Kabelabschlusses beträchtlich groß ist. Außerdem sind die benötigten Hochspannungs-Prüfanlagen sehr teuer, zumal bei derartig großen Koppelkondensatoren eine große Ladeleistung von der Hochspannungsquelle gefordert wird.

- 30 Auf Grund der bisher bestehenden großen meßtechnischen Probleme wird bei den Kabelherstellern die Fehlerortung größtenteils noch nach der sogenannten Halbierungsmethode durchgeführt. Mit Teilentladungsfehlern behaftete Hochspannungskabel werden nach der Teilentladungsmessung
35 umgerollt, halbiert und erneut zur Teilentladungsmessung vorbereitet. Danach werden teilentladungsfreie Kabelstücken ausgesondert und teilentladungsbehaftete Kabel-

stücken erneut umgerollt, in der Hälfte geschnitten und erneut zur Messung in das Prüffeld transportiert. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis die Teilentladungsfehler aus dem Hochspannungskabel herausgeschnitten sind.

5 Ganz abgesehen davon, daß der Arbeitsaufwand für das Umrollen, für Transportleistungen, die Endenzubereitung und Teilentladungsmessung erheblich sind, entstehen bei der Anwendung der Halbierungsmethode eine Vielzahl von Kurzlängen und Verschnitt, der der Verschrottung zugeführt wird.

10

Ziel der Erfindung

Es ist Ziel der Erfindung, eine Schaltungsanordnung zum Orten von Teilentladungsfehlerstellen in der Isolierung elektrischer Leiter von Hochspannungskabeln zu schaffen,

15 die bei Verringerung des gerätetechnischen Aufwandes auch im Falle von Prüflingen mit großen Längenausdehnungen eine höhere Meßempfindlichkeit und genauere Bestimmung des Fehlerortes unmittelbar während der Teilentladungsmessung gewährleistet.

20 Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung zum Orten von Teilentladungsfehlern in Hochspannungskabeln zu entwickeln, bei der einerseits die zur Fehlerortung dienenden Laufzeitdifferenzen

25 zwischen den Impulsen verringert und andererseits der reflexionsfreie Abschluß des Hochspannungskabels durch externe Schaltelemente umgangen werden soll, um die Forderung hinsichtlich einer großen Kapazität des Koppelkondensators wesentlich reduzieren zu können.

30 Merkmale der Erfindung

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die beiden Enden des Hochspannungskabels so miteinander verbunden sind, daß ein endloser Wellenleiter entsteht,

wobei die beiden Enden des Außenleiters über einen Impulsrichtungsdedektor gekoppelt sind und jeweils ein Ende des Außenleiters an die Bezugserde geschaltet ist, während die beiden Enden des Innenleiters unmittelbar
5 verbunden sind und an diesem Verbindungspunkt einerseits die Hochspannungsquelle über die HF-Sperrimpedanz und andererseits das Ortungsgerät über eine Anpassungs-
impedanz und einen Koppelkondensator angeschlossen sind. Der Eingangskreis des Ortungsgerätes ist so dimensioniert, daß der für die zu bewertenden impulsförmigen Vorgänge wirksame Eingangswiderstand wesentlich größer als
10 der Wellenwiderstand des Hochspannungskabels ist.

Der Impulsrichtungsdedektor und die Anpassungsimpedanz werden auf der Basis eines Wellenleiters realisiert, indem ein HF-Kabel verwendet wird, das auf einen weichmagnetischen Kern aufgebracht ist. Ein Leiter, beispielsweise der Außenleiter des HF-Kabels, dient zur Signalfortleitung, während der andere Leiter, beispielsweise der Innenleiter, mit einem regelbaren Widerstand verbunden
15 ist, wodurch die Wahl der jeweils geforderten Impedanz des Übertragergliedes an den Impulsmeßkreis gewährleistet ist.

Der wahlweise Anschluß jeweils eines der beiden Enden des Außenleiters des Hochspannungskabels an die Bezugserde erfolgt über einen Umschalter. Zur Gewährleistung einer Umschaltung bei anliegender Hochspannung ist ein Ende des koaxialen Außenleiters des Hochspannungskabels über die HF-Sperrimpedanz ständig mit der Bezugserde verbunden.
25

30 Ausführungsbeispiel:

Die Erfindung soll an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

In den dazugehörigen Zeichnungen zeigen

Fig.1: eine Prinzipschaltung für die Ortung von Teil-
entladungs-Fehlerstellen in Hochspannungskabeln

Fig.2: den prinzipiellen Aufbau eines Impulsrichtungs-
dedektors und einer Anpassungsimpedanz

5 Fig.3: einen Ablauf der Impulsfolge bei der Fehlerbe-
stimmung

In Fig. 1 ist ersichtlich, wie die Innenleiter des zu
prüfenden Hochspannungskabels 1 an den Enden miteinander
verbunden sind, so daß eine endlose Wanderwellenleitung
10 entsteht. Impulsreflexionen an den Enden des Hochspannungs-
kabels 1 werden dadurch vermieden, weil das eine Kabel-
ende für das jeweils andere Kabelende einen idealen Ab-
schluß darstellt. Es ist noch zu erwähnen, daß als Innen-
leiter des Hochspannungskabels 1 der Hauptleiter zu ver-
15 stehen ist. Die beiden Enden des Außenleiters oder kon-
zentrischen Schutzleiters des Hochspannungskabels 1 sind
an den beiden Anschlußklemmen 2;3 über einen Impulsrich-
tungs-Dedektor 4 zusammengeschaltet. Mit dem Umschalter 5
können wahlweise die Anschlußklemmen 2;3 an die Bezugs-
20 erde angeschlossen werden. Damit die Umschaltung auch bei
anliegender Hochspannung möglich ist, wird der Außen-
leiter des Hochspannungskabels 1 über eine HF-Sperrimpe-
danz 6 mit der Bezugserde verbunden, so daß der kapazi-
tative Ladestrom des Hochspannungskabels 1 während der Um-
25 schaltung gefahrlos gegen Erde abgeleitet wird.
Das an das Hochspannungskabel 1 angeschlossene Ortungs-
gerät 7 ist so dimensioniert, daß sein wirksamer Ein-
gangswiderstand wesentlich größer ist, als der Wellen-
widerstand des Hochspannungskabels 1. Dadurch ergibt sich
30 der Vorteil, daß der Kapazitätswert des in der Schaltung
angeordneten Koppelkondensators 8 entsprechend dem Ver-
hältnis des Eingangswiderstandes des Impulsrichtungsde-
dektors 4 und dem Wellenwiderstand des Hochspannungska-
bels 1 reduziert werden kann. In einer praktisch reali-
35 sierten Schaltung betrug z.B. der Eingangswiderstand des

Impulsrichtungsdedektors 4 1500 Ohm, während der Wellen-
widerstand eines untersuchten Hochspannungskabels 1 mit
Polyäthylenisolierung bei 30 Ohm lag. Somit war es mög-
lich, die Kapazität des Koppelkondensators 8 um das
5 Fünffache von 100 nF auf 2 nF zu reduzieren, ohne daß
dadurch eine zusätzliche Verformung des Teilentladungs-
impulses auftrat. Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen,
daß mit der Verkleinerung der Kapazitätswerte auch die
Induktivität des Koppelkondensators 8 verringert werden
10 kann, wodurch eine Verbesserung der Impulsübertragung
erreicht wird.

Um bei der Übertragung der Teilentladungsimpulse vom
niederohmigen Hochspannungskabel 1 zum hochohmigen Ein-
gang des Ortungsgerätes 7 störende Reflexionen zu ver-
15 meiden, ist der Koppelkondensator 8 über eine Anpassungs-
impedanz 9 mit dem Innenleiter des Hochspannungskabels 1
an den Klemmen 10;11 verbunden, an die auch die Hoch-
spannungsquelle 12 über ein HF-Entkopplungsfilter 13 an-
geschlossen ist. Die Anpassungsimpedanz 9 wird auf mini-
20 male Impulsreflexion abgeglichen. Im Prinzip sind der
Impulsrichtungsdedektor 4 und die Anpassungsimpedanz 9
gleich aufgebaut. Sie unterscheiden sich lediglich durch
die verschiedenartige Einstellung von elektrischen Werten.
Die Einzelheiten des konstruktiven Aufbaues des Impuls-
25 richtungsdedektors 4 und der Anpassungsimpedanz 9 sind
in Fig. 2 dargestellt. Da ein breites Frequenzband von
0,1 MHz bis 10 MHz übertragen werden soll, ist der Ein-
satz eines koaxialen HF-Kabels 14 als Wellenleiter be-
sonders vorteilhaft. Das HF-Kabel 14 ist auf einen weich-
30 magnetischen Kern 15 aufgebracht. Während in der erfin-
dungsgemäßen Schaltungsanordnung der Außenleiter 16 des
HF-Kabels 14 zur Fortleitung des Meßsignales und im Falle
der Anpassungsimpedanz 9 auch zur Ableitung des kapazi-
tiven Ladestromes dient, ist der Innenleiter 17 des HF-
35 Kabels 14 an einen regelbaren Widerstand 18 angeschlossen,
wodurch die Impedanz dieses Übertragungsgliedes von Null

bis auf den Endwert des regelbaren Widerstandes 18 stufenlos eingestellt werden kann. Daraus resultiert, daß der regelbare Widerstand 18 nur beim Auftreten von Teilentladungsimpulsen wirksam ist. Der betriebsfrequente Ladestrom führt dagegen zu keiner Belastung. In diesem Fall wirkt nur der geringe ohmsche Widerstand des Außenleiters 16 des HF-Kabels 14, so daß auch bei auftretenden Strömen im Amperebereich der Spannungsabfall vernachlässigbar klein ist.

10 Einen Ablauf der Impulsfolge bei der Ortung von Teilentladungsfehlern zeigt Fig. 3. Der an der Fehlerstelle zum Zeitpunkt t_0 auftretende Teilentladungsimpuls 19 erscheint am Ende des Hochspannungskabels 1 in Form eines Doppelimpulses 20;21 zu den Zeitpunkten t_1 und t_2 . Der zuerst eintreffende Teilentladungsimpuls 19 erfährt infolge der zurückgelegten Wegstrecke auch eine geringe Dämpfung. Nach der Laufzeit t_{AB} über das gesamte Hochspannungskabel 1 erscheint zu den Zeitpunkten t_3 und t_4 ein weiterer Doppelimpuls 22;23. Diese Erscheinung wiederholt sich analog stets nach der Zeit t_{AB} , wobei die Amplituden infolge zunehmender Dämpfung immer geringer werden. Aus dem zeitlichen Abstand Δt des Doppelimpulses 20;21 und der Laufzeit t_{AB} über das Hochspannungskabel 1 mit der Länge L_{AB} wird die Entfernung der Fehlerstelle L_F vom Ende des Hochspannungskabels 1 nach der Gleichung

$$L_F = \frac{1}{2} L_{AB} \left(1 - \frac{\Delta t}{t_{AB}} \right)$$

berechnet.

Um entscheiden zu können, von welchem Ende diese Entfernung der Fehlerstelle L_F zu zählen ist, wird die Impedanz des Impulsrichtungsdedektors 4 von Null ausgehend vergrößert. Wird dadurch die Amplitude des Teilentladungsimpulses 19 größer und gleichzeitig die des Doppelimpulses 20;21 geringer, so ist die Entfernung der Fehlerstelle L_F von dem Ende des Hochspannungskabels 1 aus zu rechnen, wo der Außenleiter des Hochspannungskabels 1

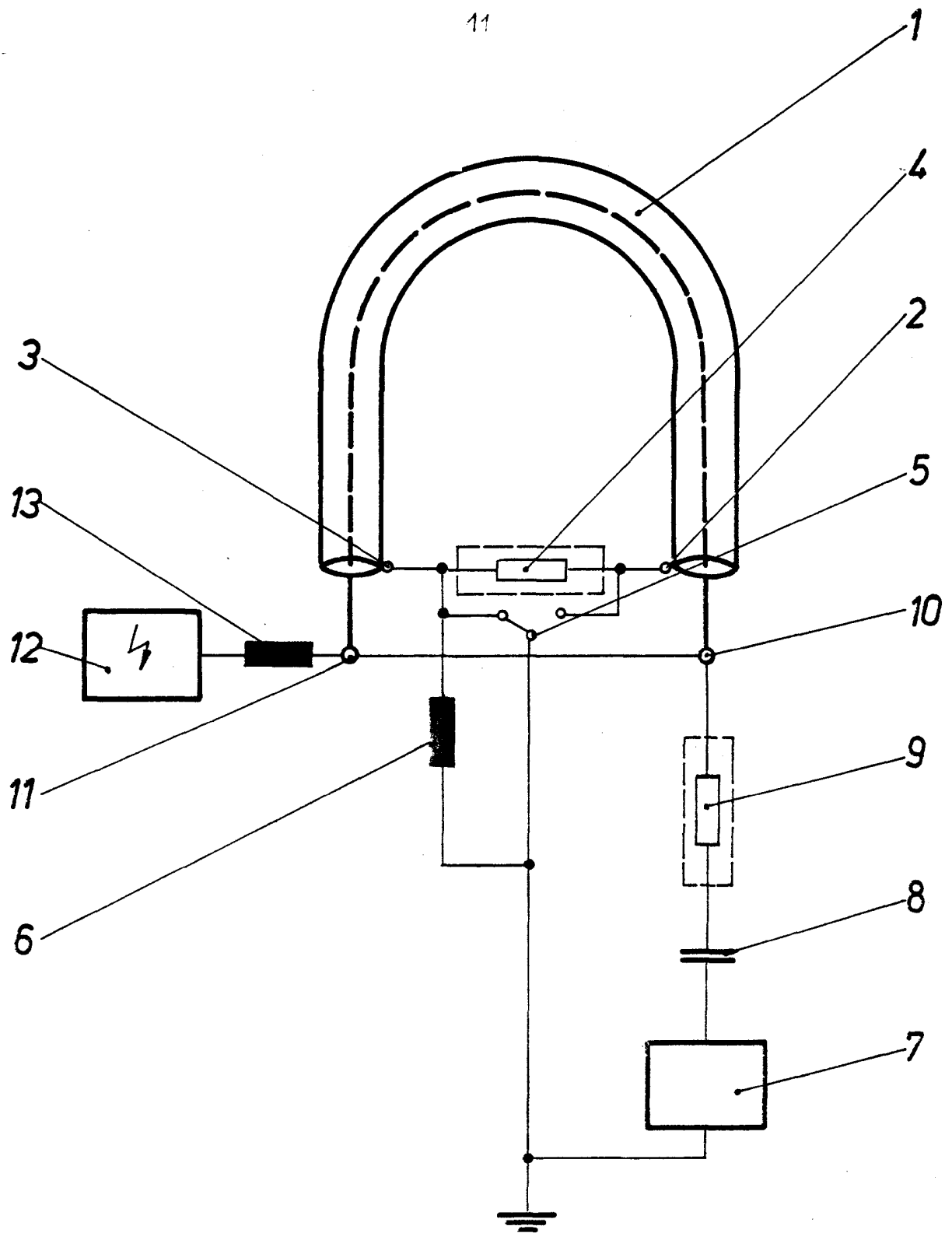
über den Umschalter 5 unmittelbar an die Bezugserde angeschlossen ist. Anderenfalls kehren sich die Verhältnisse um, was bedeutet, daß die Entfernung der Fehlerstelle L_T vom anderen Ende des Hochspannungskabels 1 zu berechnen ist.

Durch die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung können im Vergleich zu anderen bekannten Meßanordnungen bei wesentlich geringerem gerätetechnischen Aufwand gleichzeitig bei der Teilentladungsmessung in Isolierungen von elektrischen Leitern von Hochspannungskabeln 1 Teilentladungsfehlerstellen mit hoher Genauigkeit geortet werden. Neben der Einsparung von Arbeitszeit ergeben sich durch den verringerten Verschleiß bei der Fehlerbeseitigung zusätzliche materialökonomische Effekte.

Erfindungsansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Ortung von Teilentladungsfehlerstellen in Hochspannungskabeln bei Anschluß des Hauptleiters über eine HF-Sperrimpedanz an die Hochspannungsquelle und Auskoppelung des Teilentladungssignales über einen Koppelkondensator, der mit einem Ortungsgerät verbunden ist, gekennzeichnet dadurch, daß die beiden Enden des Außenleiters des Hochspannungskabels (1) über einen Impulsrichtungsdetektor (4) gekoppelt sind und die beiden Enden des Außenleiters über einen Umschalter (5) wahlweise mit der Bezugserde verbunden sind, wobei ein Ende des Außenleiters über die HF-Sperrimpedanz (6) ständig mit der Bezugserde verbunden ist, während unmittelbar am Verbindungspunkt der Klemmen (10;11) beide Enden des Innenleiters einerseits an die Hochspannungsquelle (12) über ein HF-Entkopplungsfilter (13) und andererseits das Ortungsgerät (7) über eine Anpassungsimpedanz (9) und den Koppelkondensator (8) angeschlossen sind.
2. Schaltungsanordnung nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß sowohl der Impulsrichtungsdetektor (4) als auch die Anpassungsimpedanz (9) aus einem Koaxialkabel (14) besteht, das auf einen weichmagnetischen Kern (15) aufgebracht ist, wobei der Außenleiter (16) zur Signalfortleitung dient und der Innenleiter (17) mit einem einstellbaren Widerstand (18) verbunden ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

*Fig. 1*

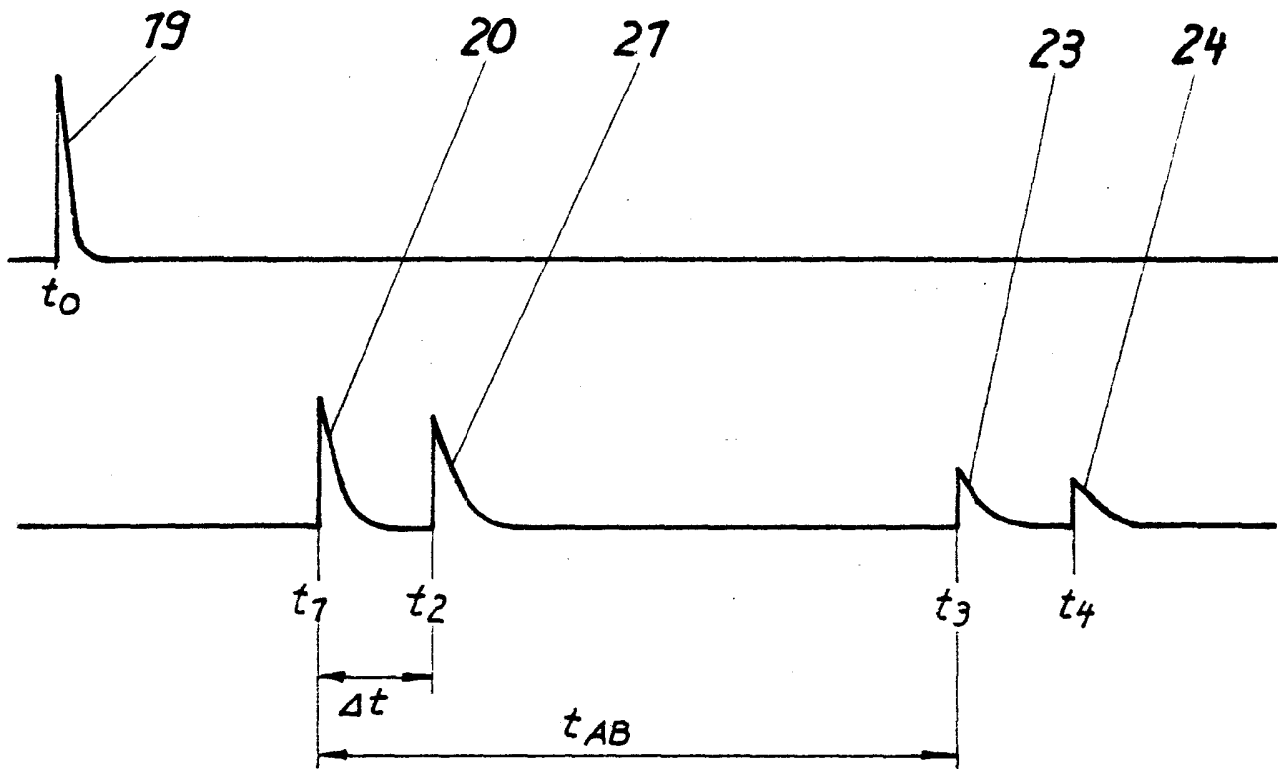


Fig. 3

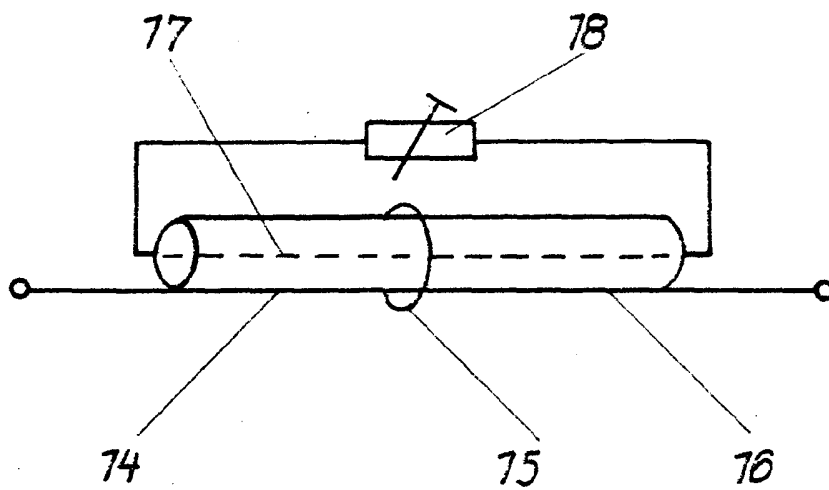


Fig. 2