



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑪ CH 669 072 A5

⑤① Int. Cl.⁴: H 02 H 3/04
H 02 H 9/04
H 01 C 7/12

⑫ PATENTSCHRIFT A5

②① Gesuchsnummer: 2766/85

②② Anmeldungsdatum: 28.06.1985

②④ Patent erteilt: 15.02.1989

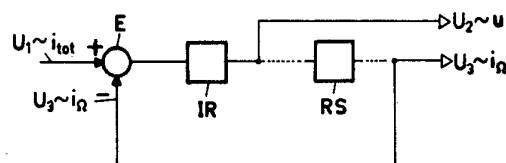
④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.02.1989

⑦③ Inhaber:
BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie.,
Baden

⑦② Erfinder:
Fischer, Rudolf, Riedt-Neerach

⑤④ Ueberspannungsableiter.

⑤⑦ Der Überspannungsableiter enthält einen eine nichtlineare Strom-Spannungs-Kennlinie aufweisenden Widerstand, durch den im Betriebszustand des Überspannungsableiters ein Ableiterstrom (i_{tot}) mit überwiegend kapazitivem und ohmschem Anteil (i_Ω) fliesst, sowie ein den Ableiterstrom (i_{tot}) erfassendes Messgerät. Bei diesem Ableiter soll die Funktionsfähigkeit des nichtlinearen Widerstandes in einfacher aber dennoch äusserst genauer Weise fortlaufend überwacht werden. Dies wird dadurch erreicht, dass das Messgerät einen Regelkreis enthält mit einem Integrationsregler (IR), der von einem dem Ableiterstrom (i_{tot}) proportionalen Spannungssignal (U_1) geführt ist, und mit einer Regelstrecke (RS), welche die Strom-Spannungskennlinie des nichtlinearen Widerstandes nachbildet. Dieser Regelkreis wird von einem dem ohmschen Anteil (i_Ω) des Ableiterstromes (i_{tot}) proportionalen Spannungssignal (U_3) geregelt.



PATENTANSPRÜCHE

1. Überspannungsableiter mit einem zwischen Hochspannungs- und Erdpotential geschalteten und eine nicht-lineare Strom-Spannungs-Kennlinie aufweisenden Widerstand (Z), durch den im Betriebszustand des Überspannungsableiters ein Ableiterstrom (i_{tot}) mit überwiegend kapazitivem (i_c) und ohmschen Anteil (i_o) fliesst, und mit einem den Ableiterstrom (i_{tot}) erfassenden Messgerät (M), dadurch gekennzeichnet, dass das Messgerät (M) einen Regelkreis enthält mit einem von einem dem Ableiterstrom (i_{tot}) proportionalen ersten Spannungssignal (U_1) geführten Integrationsregler (IR) und mit einer die Strom-Spannungs-Kennlinie des nichtlinearen Widerstandes (Z) nachbildenden Regelstrecke (RS), welcher Regelkreis von einem dem ohmschen Anteil (i_o) des Ableiterstromes (i_{tot}) proportionalen zweiten Spannungssignal (U_3) geregelt ist.

2. Überspannungsableiter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelstrecke (RS) von mindestens einem halbleitenden Bauelement gebildet ist.

3. Überspannungsableiter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauelement zwei antiparallel geschaltete Dioden (D_1 , D_2) aufweist.

4. Überspannungsableiter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauelement zwei antiparallel geschaltete Transistoren aufweist.

5. Überspannungsableiter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelstrecke (RS) von mindestens einem weiteren nichtlinearen Widerstand gebildet ist.

6. Überspannungsableiter nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der weitere nichtlineare Widerstand die gleiche Materialbeschaffenheit aufweist wie der nichtlineare Widerstand (Z) des Überspannungsableiters.

7. Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Regelstrecke (RS) ein mit dem Ausgang des Integrationsreglers (IR) verbundener Inverter (I) vorgeschaltet und ein mit einem Eingang des Integrationsreglers (IR) verbundener Messumformer (MU) nachgeschaltet ist.

8. Überspannungsableiter nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Integrationsregler (IR) einen invertierenden ersten Operationsverstärker (V_1) enthält sowie eine parallel zum ersten Operationsverstärker (V_1) geschaltete und mit einem invertierten Eingang des ersten Operationsverstärkers (V_1) einerseits und mit einem Ausgang des ersten Operationsverstärkers (V_1) andererseits verbundene Kapazität (C) und einen ersten und einen zweiten jeweils mit dem invertierten Eingang des ersten Operationsverstärkers (V_1) verbundenen ohmschen Widerstand (R_1 , R_2), von denen einer (R_2) regelbar ausgebildet ist, dass der Inverter (I) von einem invertierenden zweiten Operationsverstärker (V_2) und einem dritten und einem vierten ohmschen Widerstand (R_3 , R_4) gebildet ist, von denen einer (R_3) regelbar ausgebildet und einerseits mit dem Ausgang des ersten Operationsverstärkers (V_1) und andererseits mit dem invertierten Eingang des zweiten Operationsverstärkers (V_2) verbunden ist, und der andere (R_4) parallel zum zweiten Operationsverstärker (V_2) geschaltet und einerseits mit dessen invertiertem Eingang und andererseits mit dessen Ausgang verbunden ist, und dass der Messumformer (MU) einen invertierenden dritten Operationsverstärker (V_3) sowie einen fünften ohmschen Widerstand (R_5) aufweist, welcher parallel zum dritten Operationsverstärker (V_3) geschaltet und mit dessen Ausgang andererseits verbunden ist.

9. Überspannungsableiter nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang des ersten Operationsverstärkers (V_1) mit einem ersten Anschluss (A_1) verbunden ist, an dem ein der Ableiterspannung (u) proportionales drittes Spannungssignal (U_2) abgreifbar ist, und dass der Ausgang des dritten Operationsverstärkers (V_3) mit einem zweiten Anschluss (A_2) verbunden ist, an dem das dem ohmschen Anteil (i_o) des

Ableiterstromes proportionale zweite Spannungssignal (U_3) abgreifbar ist.

BESCHREIBUNG

Bei der Erfindung wird ausgegangen von einem Überspannungsableiter nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

Mit diesem Oberbegriff nimmt die Erfindung auf einen Überspannungsableiter Bezug, wie er etwa in der EP-A1-0 098 598 beschrieben ist. Der bekannte Überspannungsableiter weist einen nichtlinearen Widerstand auf, durch den ein ständig überwachter Ableiterstrom fliesst. Übersteigt der überwachte Ableiterstrom bei normalen Betriebsbedingungen einen vorgegebenen Schwellwert, so ist dies ein Anzeichen dafür, dass der nichtlineare Widerstand Schäden aufweist und ersetzt werden sollte. Die Überwachung ist hierbei jedoch vergleichsweise ungenau, da beim bekannten Überspannungsableiter ausschliesslich der gesamte, eine kapazitive und eine ohmsche Komponente aufweisende Ableiterstrom angezeigt wird, und da lediglich eine Änderung des ohmschen Anteils des Ableiterstroms eine möglicherweise aufgetretene Beschädigung des nichtlinearen Widerstandes anzeigt.

Die Erfindung, wie sie in Patentanspruch 1 gekennzeichnet ist, löst die Aufgabe, einen Überspannungsableiter der gattungsgemässen Art zu schaffen, bei dem die Funktionsfähigkeit seines nichtlinearen Widerstandes in einfacher aber dennoch äusserst genauer Weise fortlaufend überwacht wird.

Der erfindungsgemässe Überspannungsableiter ist derart ausgebildet, dass der ohmsche Anteil des Ableiterstromes gemessen wird. Hierdurch ist eine äusserst genaue Überwachung des nichtlinearen Widerstandes hinsichtlich seiner vollen Funktionsfähigkeit möglich und können ggfs. auftretende Beschädigungen bereits in einem sehr frühen Stadium erkannt und angezeigt werden. Darüber hinaus lässt sich diese Überwachung mit preiswerten und platzsparenden Mitteln durchführen und werden fortlaufende Messungen zusätzlicher Kenngrössen des Überspannungsableiters nicht benötigt.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Hierbei zeigt:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäss ausgeführten Überspannungsableiters,

Fig. 2 ein Ersatzschaltbild des im erfindungsgemässen Überspannungsableiter gemäss Fig. 1 vorgesehenen nichtlinearen Widerstandes,

Fig. 3 ein Blockschaltbild des im Messgerät des erfindungsgemässen Überspannungsableiters gemäss Fig. 1 vorgesehenen Regelkreises,

Fig. 4 ein Schaltbild des Regelkreises gemäss Fig. 3, und

Fig. 5 Strom-Spannungs-Kennlinien des im erfindungsgemässen Überspannungsableiter gemäss Fig. 1 verwendeten nichtlinearen Widerstandes und zweier in der Schaltung gemäss Fig. 4 verwendeter, antiparallel geschalteter Dioden.

In Fig. 1 bezeichnet u die Spannung einer nicht bezeichneten Hochspannungsleitung gegenüber Erde. Mit dieser Hochspannungsleitung verbunden ist ein Ende eines nichtlinearen, beispielsweise Metalloxide wie ZnO enthaltenden Widerstandes Z. Das andere Ende des nichtlinearen Widerstandes Z ist über einen Shunt S von einigen Ω mit Erde verbunden. An den Verbindungspunkt des nichtlinearen Widerstandes Z und des Shunts S ist ein Messkabel K angeschlossen, welches zu einem Messgerät M führt.

Im normalen Betriebszustand des Überspannungsableiters, d.h., wenn in der Hochspannungsleitung die ungestörte Netzspannung geführt wird, und wenn der nichtlineare Widerstand Z störstellenfrei ist, weist der nichtlineare Widerstand Z einen im M Ω -Bereich liegenden Widerstand auf. Es fliesst dann

durch den nichtlinearen Widerstand Z ein Ableiterstrom i_{tot} von höchstens einigen Milliampère, welcher durch das Messgerät M erfasst wird. Das Messgerät M ist jedoch derart ausgebildet, dass es lediglich den ohmschen Anteil i_{Ω} des Ableiterstroms anzeigt. Dies ist insofern von Vorteil, da die Grösse des ohmschen Anteil i_{Ω} des Ableiterstroms ein direktes Mass für eine möglicherweise aufgetretene Beschädigung des nichtlinearen Widerstandes Z ist. Der Ableiterstrom i_{tot} hingegen ist nur sehr bedingt zur Überwachung des physikalischen Zustandes des nichtlinearen Widerstandes Z geeignet.

Wie aus dem Ersatzschaltbild des erfindungsgemässen Überspannungsableiters gemäss Fig. 2 ersichtlich ist, in welchem C_p die Eigenkapazität und $R(u)$ den (spannungsabhängigen) ohmschen Widerstand des nichtlinearen Widerstandes Z bedeuten, setzt sich nämlich der Ableiterstrom i_{tot} aus einem kapazitiven Anteil i_c und dem ohmschen Anteil i_{Ω} zusammen. Von diesen Anteilen zeigt lediglich der ohmsche Anteil i_{Ω} den physikalischen Zustand des nichtlinearen Widerstandes Z an. Gemäss Fig. 2 bestimmt sich der Ohmsche Anteil i_{Ω} des Ableiterstromes durch folgende Gleichung:

$$i_{\Omega} = i_{\text{tot}} - i_c = I_{\text{tot}} - C_p \cdot \frac{du}{dt}$$

Es muss daher folgende Integralgleichung erfüllt sein:

$$u = \frac{1}{C_p} \int (i_{\text{tot}} - i_{\Omega}) dt$$

Mit $i_{\Omega} = u/R(u)$ ergibt sich daher:

$$u = \frac{1}{C_p} \int [i_{\text{tot}} - u/R(u)] dt, \text{ wobei}$$

u die am Überspannungsableiter bzw. am nichtlinearen Widerstand Z anliegende Spannung der Hochspannungsführung (Ableiterspannung),

i_{tot} den Ableiterstrom,

i_{Ω} den ohmschen Anteil des Ableiterstroms i_{tot} ,

C_p die Kapazität des nichtlinearen Widerstandes Z , und

$R(u)$ den (spannungsabhängigen) ohmschen Widerstand des Widerstandes Z bedeuten.

Das Messgerät M enthält nun einen in Fig. 3 abgebildeten Regelkreis, in dem der ohmsche Widerstand $R(u)$, d.h. die Strom-Spannungs-Kennlinie, des nichtlinearen, spannungsabhängigen Widerstandes Z nachgebildet wird, und welcher derart eingestellt ist, dass die vorstehend aufgeführte Integralgleichung gelöst wird. Dieser Regelkreis enthält einen Integralregler IR und eine die Strom-Spannungs-Kennlinie des nichtlinearen Widerstandes Z nachbildende Regelstrecke RS . Der Regelkreis ist derart eingestellt, dass am Ausgang des Integrationsreglers IR ein der Ableiterspannung u proportionales Spannungssignal U_2 auftritt, welches auf die Regelstrecke RS wirkt und dort die Bildung des ohmschen Anteils i_{Ω} des Ableiterstroms bewirkt. Dem Ableiterstrom i_{tot} bzw. dem ohmschen Anteil i_{Ω} des Ableiterstroms proportionale Spannungssignale U_1 bzw. U_3 werden dem Integrationsregler IR zugeführt und dort derart miteinander verknüpft, dass die vorstehende erwähnte Integralgleichung erfüllt ist.

In Fig. 4 ist eine vorteilhafte Ausführungsform eines solchen Regelkreises angegeben. Diese Ausführungsform enthält den Integrationsregler IR , einen mit dem Ausgang des Integrationsreglers IR verbundenen Inverter I , welcher der Regelstrecke RS vorgeschaltet ist, die Regelstrecke RS und einen der Regelstrecke RS nachgeschalteten Messumformer MU , welcher mit einem von zwei Eingängen des Integrationsreglers IR verbunden ist.

Der Integrationsregler IR enthält einen invertierenden

Operationsverstärker V_1 , eine parallel zum Operationsverstärker V_1 geschaltete und mit einem invertierten Eingang des Operationsverstärkers V_1 einerseits und mit dem Ausgang des Operationsverstärkers V_1 andererseits verbundene Kapazität C von beispielsweise $1 \mu F$ sowie zwei mit dem invertierten Eingang des Operationsverstärkers V_1 verbundene ohmsche Widerstände R_1 bzw. R_2 von beispielsweise 50 bzw. $10 k\Omega$, von denen der Widerstand R_2 regelbar ausgebildet ist. An den Widerstand R_1 ist das dem Ableiterstrom i_{tot} proportionale Spannungssignal U_1 und an den Widerstand R_2 das dem ohmschen Anteil i_{Ω} des Ableiterstroms proportionale Spannungssignal U_3 geführt.

Der Inverter enthält einen invertierenden Operationsverstärker V_2 und zwei ohmsche Widerstände R_3 bzw. R_4 von beispielsweise jeweils einem $k\Omega$, von denen der Widerstand R_3 regelbar ausgebildet ist. Der Widerstand R_3 ist einerseits mit dem Ausgang des Operationsverstärkers V_1 und andererseits mit dem invertierten Eingang des Operationsverstärkers V_2 verbunden. Der Widerstand R_4 ist parallel zum Operationsverstärker V_2 geschaltet und ist einerseits mit dem invertierten Eingang des Operationsverstärkers V_2 und andererseits mit dessen Ausgang verbunden.

Die Regelstrecke RS ist von zwei antiparallel geschalteten Siliciumdioden D_1 und D_2 gebildet, welche die in Fig. 5 gestrichelt dargestellte Strom-Spannungs-Kennlinie $i-v$ aufweisen. Diese Kennlinie gibt den Zusammenhang zwischen dem durch diese Diodenanordnung fliessenden Strom i und der angelegten Spannung v im wesentlichen durch die Beziehung wieder:

$$i = i_s [\exp(a \cdot v) - 1],$$

wobei i_s den Sperrstrom der Dioden und a eine Diodenspezifische Konstante bedeuten.

Diese Kennlinie ist bei Wahl eines geeigneten Massstabes im wesentlichen deckungsgleich mit der Kennlinie des nichtlinearen Widerstandes Z . Anstelle von zwei antiparallel geschalteten Dioden D_1 und D_2 kann die Regelstrecke RS auch von einem anderen halbleitenden Bauelement wie etwa zwei antiparallel geschalteten Transistoren, oder aber auch von einem nichtlinearen Widerstand, welcher vorzugsweise die gleiche Materialbeschaffenheit wie der nichtlineare Widerstand Z aufweist, gebildet werden.

Der Messumformer MU enthält einen Operationsverstärker V_3 sowie einen ohmschen Widerstand R_5 von beispielsweise $15 k\Omega$, welcher parallel zum Operationsverstärker V_3 geschaltet und mit dessen Ausgang andererseits verbunden ist.

Die Wirkungsweise dieser Schaltung ist nun wie folgt:

Dem invertierten Eingang des Verstärkers V_1 wird über den Widerstand R_1 das dem Ableiterstrom i_{tot} proportionale Spannungssignal U_1 und über den Widerstand R_2 das dem ohmschen Anteil i_{Ω} des Ableiterstromes proportionale Spannungssignal U_3 zugeführt. Im Integrationsregler wird ein der Ableiterspannung u proportionales Spannungssignal U_2 gebildet, welches einerseits an einen Ausgang A_1 des Messgerätes M und andererseits den Eingang des Inverters I geführt ist. Das am Ausgang des Inverters I anstehende Spannungssignal $-U_2$ wird in der von den Dioden D_1 und D_2 gebildeten Regelstrecke RS in den ohmschen Anteil i_{Ω} des Ableiterstromes umgewandelt. Dieser Strom wird im nachgeschalteten Messumformer MU in ein dem ohmschen Anteil i_{Ω} des Ableiterstromes proportionales Spannungssignal U_3 umgewandelt und einerseits an einen Anschluss A_2 des Messgerätes M und andererseits den Widerstand R_2 des Integrationsreglers IR geführt.

Eine Abstimmung dieses Regelkreises kann beispielsweise mit einem Oszilloskop vorgenommen werden. Hierbei sind an die Horizontalablenkung des Oszilloskops ein der Ableiterspannung u proportionales Spannungssignal angelegt und an dessen Vertikalablenkung das Spannungssignal U_3 . Die regelbaren Widerstände R_2 und R_3 werden sodann solange verän-

dert bis eine nahezu hysteresefreie Kennlinie auf der Anzeige des Oszilloskops erscheint.

Vergrössert sich nun der Ableiterstrom i_{tot} und damit die dem Integrationsregler IR als Spannungssignal U_1 zugeführte Führungsgrösse des Regelkreises, so erhöht sich bei abgestimmtem Regelkreis zwangsläufig auch das an der Regelstrecke RS als Stellgrösse anstehende Spannungssignal U_2 . In der Regelstrecke RS wird sodann ein gemäss der Kennlinie

nach Fig. 5 vergrösserter ohmscher Anteil i_Ω des Ableiterstromes i_{tot} gebildet, welcher proportional dem als Regelgrösse dienenden Spannungssignal U_3 ist. i_Ω kann an einem mit dem Anschluss A_2 verbundenen Anzeigegerät abgelesen werden, wodurch bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt eine möglicherweise auftretende Beschädigung des nichtlinearen Widerstandes Z des erfindungsgemässen Überspannungsableiters ermittelt werden kann.

