



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 665 720 A5

⑤ Int. Cl.4: G 01 R 19/00
G 01 R 31/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

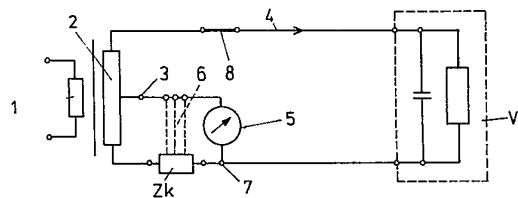
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

<p>⑪ Gesuchsnummer: 147/84</p> <p>⑫ Anmeldungsdatum: 12.01.1984</p> <p>⑭ Patent erteilt: 31.05.1988</p> <p>⑮ Patentschrift veröffentlicht: 31.05.1988</p>	<p>⑰ Inhaber: Baur Prüf- und Messtechnik KG, Sulz (AT)</p> <p>⑱ Erfinder: Krüger, Michael, Dipl.-Ing., Muntlix (AT)</p> <p>⑳ Vertreter: Dipl.-Ing. H.R. Werffeli, Zollikerberg</p>
---	--

⑤④ **Einrichtung zur Spannungsmessung in einer Hochspannungsanlage.**

⑤⑦ Für die Einrichtung zur Spannungsmessung in einer Hochspannungsanlage, insbesondere für die Hochspannungsprüfung von Verbrauchern, wird eine Messspannung erhalten, die für alle Belastungsfälle ein praktisch originalgetreues Abbild der am Prüfling (V) liegenden Wechselhochspannung darstellt. Das bedeutet, dass Mess- und Hochspannung die gleiche Phasenlage haben und dass das Amplitudenverhältnis von Hochspannung zur Messspannung unter allen Lastfällen dem Windungszahlenverhältnis von Hochspannungswicklung und Messwicklung entspricht, und dies über einen grösseren Frequenzbereich von beispielsweise 45 bis 65 Hz. Im Leiterkreis (4) des Verbrauchers (V) liegt ein komplexes Kompensationsnetzwerk (Z_k) mit Wirk- und Blindwiderständen. Das komplexe Kompensationsnetzwerk (Z_k) ist in seinem elektrischen Verhalten als Modell des Hochspannungsschaltgliedes vorzugsweise der Hochspannungswicklung ausgebildet.



PATENTANSPRÜCHE

1. Einrichtung zur Spannungsmessung in einer Hochspannungsanlage, insbesondere für die Hochspannungsprüfung von Verbrauchern, mit einem Hochspannungstransformator und einem Verbraucher und einem hochspannungsseitig vorgesehenen Spannungsmessgerät, wobei im Leiterkreis des den Verbraucher durchfliessenden Stromes ein Kompensationsglied liegt, das angeschlossen ist einerseits an einem in diesem Leiterkreis vorgesehenen Anschlusspunkt des Spannungsmessgerätes und andererseits an einem Hochspannungsschaltglied der Hochspannungsanlage, und zwischen dem anderen Anschlusspunkt des Spannungsmessgerätes und dem Verbraucher ein Teil des Hochspannungsschaltgliedes liegt, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensationsglied als komplexes Netzwerk (Z_k) ausgebildet ist.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Hochspannungsschaltglied durch einen Transformator, eine Transformatorspule oder einen Spannungsteilerwiderstand gebildet ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das komplexe Netzwerk (Z_k) in seinem elektrischen Verhalten als Modell des Hochspannungsschaltgliedes ausgebildet ist.

4. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Netzwerk (Z_k) als Ersatzschaltung des Hochspannungsschaltgliedes ausgebildet ist und zum Beispiel aus der Parallelschaltung eines Kondensators und einer aus ohmschen und induktiven Widerständen bestehenden Reihenschaltung besteht.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der ohmsche Widerstand des Netzwerkes als veränderbarer Widerstand ausgebildet ist.

6. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der ohmsche Widerstand des Netzwerkes im unmittelbaren Temperatureinflussbereich der Hochspannungswicklung liegt.

7. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der veränderbar ausgebildete Widerstand des Netzwerkes über einen im Temperatureinflussbereich der Hochspannungswicklung liegenden Wärmefühler regelbar ist.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Netzwerk (Z_k) zwischen einer Sekundärwicklung (2) und einer damit in Reihe liegenden Tertiärwicklung (9) des Hochspannungstransformators angeschlossen ist und das Spannungsmessgerät (5) mit der Tertiärwicklung (9) verbunden ist, wobei die Wicklungssinne der Sekundärwicklung und der Tertiärwicklung (9) gegeneinander gerichtet sind (Fig. 7).

9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Netzwerk (Z_k) an einem die Primär- und Sekundärwicklung (1, 2) des Hochspannungstransformators endseitig galvanisch miteinander verbindenden Verbindungspunkt (15) angeschlossen ist und das Spannungsmessgerät (5) am Eingang (10) der Primärseite liegt (Fig. 8).

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Netzwerk (Z_k) in Reihe mit einer Impedanz (11) eines mehrere Impedanzen (11, 12) aufweisenden Spannungsteilers liegt und parallel zu einer Impedanz (11) und dem Netzwerk (Z_k) das Spannungsmessgerät (5) angeschlossen ist (Fig. 9).

11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das komplexe Kompensationsnetzwerk (Z_k) als passives oder als aktives Kompensationsnetzwerk ausgebildet ist.

12. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das komplexe Netzwerk als Zwei- oder N-Pol ausgebildet ist.

13. Verfahren zur Bestimmung der Grösse des komplexen Netzwerkes bei einer Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass bei kurzgeschlossener Hochspannungsausgangsseite die an der Eingangsseite angelegte Spannung bis zu ihrem Kurzschlusswert hochgefahren wird und ein als regelbares Kompensationsnetzwerk vorgesehenes Kompensationsnetzwerk so weit nachgeregelt wird, bis das Spannungsmessgerät den Wert Null anzeigt.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zur Spannungsmessung in einer Hochspannungsanlage, insbesondere für die Hochspannungsprüfung von Verbrauchern mit einem Hochspannungstransformator und einem Verbraucher und einem hochspannungsseitig vorgesehenen Spannungsmessgerät, wobei im Leiterkreis des den Verbraucher durchfliessenden Stromes ein Kompensationsglied liegt, das angeschlossen ist einerseits an einem in diesem Leiterkreis vorgesehenen Anschlusspunkt des Spannungsmessgerätes und andererseits an einem Hochspannungsschaltglied der Hochspannungsanlage, und zwischen dem anderen Anschlusspunkt des Spannungsmessgerätes und dem Verbraucher ein Teil des Hochspannungsschaltgliedes liegt.

Ausgangsspannungen von Hochspannungstransformatoren, insbesondere solchen für Prüfungszwecke werden normalerweise über Hochspannungsmessteiler direkt am Verbraucher gemessen, um exakte Messwerte zu erhalten. Bei transportablen Hochspannungstransformatoren, wie sie für Prüfwerte eingesetzt werden, und auch bei transportierbaren Hochspannungsgleichrichtern ist ein zusätzlicher Messteiler nicht zweckmässig, weil er aufgrund seiner Grösse und seines Gewichtes nur schwer zu handhaben und umständlich zu transportieren ist. Abgesehen davon, dass solche Messteiler für Erzeuger und Verbraucher kleiner Leistungen oftmals eine zu grosse Bürde darstellen.

Bei Hochspannungsversuchen und Messeinrichtungen in Laboratorien wird oft ersatzweise die Hochspannung aus der Speisespannung auf der Niederspannungsseite und dem Übersetzungsverhältnis des Prüftransformators ermittelt. Die Mehrzahl der Prüflinge in der Hochspannungstechnik, z.B. Kabel, Durchführungen, Stützer usw., stellt für die Prüftransformatoren eine überwiegend kapazitive Belastung dar. Hinzu kommt, dass bei Prüftransformatoren für sehr hohe Spannungen die Wicklungs- und Streukapazität der Hochspannungsseite schon im Leerlauf zu einer kapazitiven Eigenlast führt. Solche kapazitiven Belastungen bringen eine Spannungserhöhung auf der Hochspannungsseite und zwar um so mehr, je grösser die gesamte Streuinduktivität und je grösser bei gegebener Spannung der Strom und damit die Belastungskapazität ist. Wegen der hohen Streuspannungen von Hochspannungsprüftransformatoren, bedingt durch die grossen Isolationsabstände, zwischen Primär- und Sekundärwicklung, können Spannungsüberhöhungen von 10 und mehr Prozent (bezogen auf die Nebenspannung) auftreten, wodurch das Messergebnis ganz erheblich verfälscht wird. So kann z.B. bei $I = 100\%$ und $U = 10\%$ ein relativer Messfehler von 100% auftreten. Korrekturtabellen, die die verschiedenen Prüflingsimpedanzen berücksichtigen, müssen zusätzlich herangezogen und verwendet werden, wodurch aber nur Messergebnisse mit Annäherungswerten erreicht werden können. Solche Fehler treten aber auch dann auf, wenn auch in geringerem Ausmass, wenn die Spannung an einer Anzapfung der Hochspannungs- oder Sekundärwicklung abgegriffen wird. Auch in diesem Falle verfälschen die Impedanzen der Hochspannungswicklung des Transforma-

tors das Messergebnis, zu dessen Korrektur auch hier in der Regel die schon erwähnten Korrekturtabellen beigezogen werden.

Es ist bekannt, den Scheitelwert einer hohen Gleichspannung, die unter Verwendung eines Hochspannungstransformators und eines Hochspannungsrichters erzeugt wird, mittels einer sogenannten Scheitelwertmesseinrichtung zu messen. Die Scheitelwertmesseinrichtung besteht im Prinzip aus einem an einer erdseitigen Messanzapfung der Sekundärwicklung direkt oder über einen Spannungsteiler angeschlossenen Gleichrichter und einem zwischen Gleichrichter und Erde geschalteten Kondensator sowie einem parallel zum Kondensator angeschlossenen Messinstrument. Durch entsprechende Eichung des Messinstrumentes ist es möglich, den Scheitelwert der Ausgangsgleichspannung zu messen. Nachteilig bei dieser Anordnung ist, dass die Ausgangsspannung immer um einen Betrag kleiner ist, als der am Messinstrument angezeigte Wert. Diese Abweichung kommt dadurch zustande, weil der über dem Hochspannungsgleichrichter vom Laststrom verursachte Spannungsabfall durch die Scheitelwertmesseinrichtung nicht erfasst wird. Zur Behebung dieses Nachteiles ist bereits eine Kompensation des Messfehlers vorgeschlagen, wobei die Anzeige der Scheitelwertmesseinrichtung mit einem dem Laststrom proportionale Wert korrigiert wird. Der dem Laststrom proportionale Wert wird über einen nichtlinearen Widerstand gewonnen, der vom Laststrom bzw. einem Teil des Laststromes durchflossen wird. Der nichtlineare Widerstand wird an die vorliegende Fehlercharakteristik angepasst. Diese Anpassung ist zeitaufwendig. Verringert wurde diese zeitaufwendige Anpassung in der Folge dadurch, dass als nichtlinearer Widerstand ein Gleichrichter verwendet wird. Diese Einrichtung mag sich beim Messen hoher Gleichspannungen durchaus bewährt haben. Für die Messung von hohen Wechselspannungen ist sie jedoch nicht geeignet, da für eine exakte Messung nicht nur die Höhe der Spannung sondern auch deren Phasenlage von Bedeutung ist.

Die Erfindung zielt nun darauf ab, die Einrichtung so auszubilden, dass Messwerte mit hoher Genauigkeit erzielt werden können und dass ferner solche genaue Messungen auch über einen vorgegebenen Frequenzbereich beispielsweise über einen Frequenzbereich von 45 bis 65 Hz möglich sind. Erfindungsgemäss gelingt die Lösung dieser Aufgabe dadurch, dass das Kompensationsglied als komplexes Netzwerk ausgebildet ist. Zweckmässigerweise ist das Kompensationsglied als Zwei- oder N-Pol ausgebildet. Durch ein solches Netzwerk wird eine Messspannung erhalten, die für alle möglichen Belastungsfälle (ohmsche, kapazitive, induktive und Kombinationen solcher Belastungsfälle) ein praktisch originalgetreues Abbild der am Prüfling liegenden Hochspannung darstellt. Unter originalgetreu im Sinne dieser Anmeldung wird verstanden, dass Mess- und Hochspannung die gleiche Phasenlage haben und dass das Amplitudenverhältnis von Hochspannung zur Messspannung unter allen Lastfällen dem Windungszahlverhältnis von Hochspannungswicklung und Messwicklung entspricht, und zwar vorzugsweise über einen grösseren Frequenzbereich. Ein komplexes Kompensationsnetzwerk im Sinne der Erfindung enthält Wirk- und Blindwiderstände, wobei das komplexe Netzwerk als passives oder als aktives Netzwerk ausgebildet sein kann.

Anhand der beiliegenden Zeichnungen wird die Erfindung näher beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 eine erste Messschaltung;
 Fig. 2 ein Ersatzschaltbild einer Hochspannungswicklung;
 Fig. 3 eine Messschaltung;
 Fig. 4 ein Netzwerk mit einfachem Aufbau;

- Fig. 5 eine Schaltung für eine Verlustmessung (tg δ);
 Fig. 6 ein Vektordiagramm und die
 Fig. 7, 8, 9 und 10 verschiedene Schaltbeispiele.

- 5 Fig. 1 zeigt einen Hochspannungstransformator mit einer Primärwicklung 1 und einer Sekundärwicklung 2 mit einer Anzapfung 3. An diesen Hochspannungstransformator ist sekundärseitig ein Prüfling, beispielsweise ein Kabel V angeschlossen. Die in der Sekundärwicklung 2 (Schaltglied) 10 erzeugte Hochspannung treibt im Leiterkreis 4 einen Strom, der nicht nur im Prüfling V, sondern auch innerhalb des Transformators, bedingt durch dessen induktive, ohmsche und kapazitive Widerstände einen Spannungsabfall und eine Phasenverschiebung bewirkt. Das Spannungsmessgerät 5 ist 15 an dem das niedere Potential führenden Leiter des Stromkreises am Punkt 7 angeschlossen, der von dem den Verbraucher V durchsetzenden Strom durchflossen ist. In jenem Abschnitt dieses Stromkreises, der zwischen dem Anschlusspunkt 7 des Spannungsmessgerätes und der Sekundärwicklung 2 (Schaltglied) des Hochspannungstransformators liegt, 20 befindet sich ein komplexes Netzwerk Z_k . Um dieses Netzwerk hinsichtlich seines Wertes zu bestimmen, wird anstelle des festen Netzwerkes Z_k vorerst ein regelbares Netzwerk eingebaut und der Verbraucher V kurzgeschlossen. Nun wird primärseitig die Spannung auf ihren Kurzschlusswert hochgefahren. Trotz kurzgeschlossenem Verbraucher zeigt das Spannungsmessgerät 5 eine oft nicht unerhebliche Spannung an, hervorgerufen durch den Spannungsabfall an den vom Kurzschlussstrom durchflossenen Innenwiderständen des 30 Transformators. Das veränderbare, anstelle des Kompensationsnetzwerkes Z_k hier eingesetzte Netzwerk wird nun so lange verändert, bis die Anzeige am Spannungsmessgerät 5 auf Null zurückgegangen ist. Dann wird das regelbare Kompensationsnetzwerk ausgebaut und durch ein gleichwertiges festes Netzwerk Z_k im Gerät ersetzt. Damit sind aber nun die 35 geräteseitigen, laststromabhängigen Spannungsabfälle kompensiert und mit relativ einfachen Mitteln können Messgenauigkeiten bis zu 0,5% erreicht werden, wie Versuche an derart ausgestatteten Hochspannungsprüfgeräten zeigen.
- 40 Im Schaltungsbeispiel nach Fig. 1 wurde als Kompensationsnetzwerk Z_k ein Zweipol dargestellt. Wird für das Kompensationsnetzwerk anstelle eines Zweipoles ein N-Pol verwendet, so sind die zusätzlichen Anschlussleitungen durch die strichlierten Linien 6 in Fig. 1 angedeutet.
- 45 Um das angestrebte Ziel zu erreichen, ist dabei das komplexe Netzwerk als möglichst originalgetreues Modell der Hochspannungswicklung ausgebildet. Ein vereinfachtes Ersatzschaltbild einer solchen Hochspannungswicklung zeigt nun Fig. 2. Hierin bedeutet R_n den ohmschen Widerstand, L_n die Induktivität innerhalb einer Lage und C_n die Kapazität 50 zwischen zwei Lagen. Die R_n , L_n und C_n werden in einer Schaltung nach Fig. 3 ermittelt. Mit Hilfe eines Frequenzgenerators FG mit nachgeschaltetem, hier jedoch nicht dargestellten Leistungsverstärker wird die Funktion der Impedanz Z_i abhängig von der Frequenz f bestimmt. Mittels des 55 Amperemeters A wird dabei der Kurzschlussstrom I_{2k} gemessen. Der Betrag der Impedanz ist dabei gegeben durch:

$$60 \quad |Z_i| = \frac{W_2 \cdot U_{\text{mess}}}{WM \cdot I_{2k}}$$

Aus dem Verlauf $Z_i = Z_i(f)$ lassen sich die Grössen L_n und C_n bestimmen. Die Summe aller ohmschen Widerstände

$$65 \quad \left(\sum R_n \right)$$

kann durch eine normale Widerstandsmessung ermittelt werden.

Wird nun ein analoges Netzwerk, jedoch mit den Grössen

$$R_{KN} = \frac{WM}{W2} \cdot R_N$$

$$L_{KN} = \frac{WM}{W2} \cdot L_N$$

$$C_{KN} = \frac{W2}{WM} \cdot C_N$$

in den Messkreis eingefügt als Kompensationszweipol, ist die Messspannung unter allen Belastungsbedingungen ein originalgetreues Abbild der Hochspannung. Können die Streukapazitäten der einzelnen Lagen gegen Erde gegenüber den Kapazitäten zwischen zwei Lagen der Wicklung nicht vernachlässigt werden, müssen sie auch im Kompensationsnetzwerk berücksichtigt werden. Statt des beschriebenen Zweipoles erhält man in diesem Fall einen N-Pol. In der Praxis ist oftmals schon ein vereinfachtes Netzwerk ausreichend wie es beispielsweise in Fig. 4 dargestellt ist. Die Grösse von R_K , L_K und C_K bzw. deren Abgleich kann auf einfache Weise ermittelt werden: R_K , L_K und C_K werden so abgeglichen, dass beispielsweise zwei verschiedenen Frequenzen (z.B. 50 und 150 Hz) bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung und fließendem Nennstrom $U_{mess} = \emptyset$. Es ist auch ein Abgleich mit Hilfe einer nicht sinusförmigen, möglichst oberwellenreichen Speisespannung (z.B. einer Rechteckspannung) mit nur einer Frequenz möglich. Mit solch einfachen Netzwerken konnten bei praktischen Versuchen eine Messgenauigkeit von etwa 0,5% des Messbereiches erreicht werden.

Wenn vorstehend die Erfindung auch anhand einer Wechselspannungsprüfanlage erläutert worden ist, so ist hier festzuhalten, dass mit dem erfindungsgemässen Vorschlag auch eine Gleichspannung gemessen werden kann. Da die heute meist verwendeten Siliciumdioden einen sehr kleinen Spannungsabfall verursachen, kann dabei häufig auf die Serienschaltung einer Siliciumdiode zum Netzwerk verzichtet werden.

In analoger Weise können auch externe Vorschaltzdrosseln und Vorschaltwiderstände berücksichtigt werden. Auch ist eine Anwendung der erfindungsgemässen Einrichtung in Reihenresonanzanlagen möglich, wenn die Seriedrossel im Messkreis berücksichtigt wird. Statt des beschriebenen passiven komplexen Netzwerkes kann mit Vorteil auch ein entsprechendes aktives Netzwerk unter Zwischenschaltung von Verstärkern verwendet werden. Dadurch kann bei hohen Strömen ein entsprechend kleiner Spannungsabfall erreicht werden.

Mit der beschriebenen Einrichtung können nicht nur sehr genau Spannungen gemessen werden, sondern auch Verlustfaktormessungen ($tg \delta$) durchgeführt werden, ohne dass hierfür ein teurer Hochspannungsnormalkondensator notwendig ist. Eine solche Schaltung ist in Fig. 5 gezeigt, dabei stellt V den verlustbehafteten Prüfling dar und die Kondensatoren C_{01} und C_{02} verlustarme Niederspannungskondensatoren, die im Zusammenhang mit der Verlustfaktormessbrücke VFM verwendet werden.

In der Praxis können die Fehler so klein gehalten werden, dass eine Messung bis zum Promillebereich möglich wird. Es sei jedoch auch in diesem Zusammenhang erwähnt, dass die vorgeschlagene Messmethode keine Präzisionsmessung (wie z.B. mit einem Pressgaskondensator und einer Schering-Messbrücke) ermöglicht, jedoch z.B. für eine Vorortsmessung in den meisten Fällen empfindlich und genau genug ist. Anstelle von Verlustfaktormessbrücken können mit Vorteil auch direkt anzeigende Verlustfaktor-Messgeräte verwendet werden.

Die temperaturbedingte Erhöhung des Wicklungswiderstandes der Hochspannungswicklung kann einen Messfehler verursachen. Wie das Vektordiagramm nach Fig. 6 veranschaulicht, verursacht eine Änderung des Wicklungswiderstandes bei verlustarmen Prüflingen einen grösseren Winkelfehler β als z.B. eine Veränderung der Streuinduktivität. Um diesen Fehler klein zu halten, gibt es verschiedene Möglichkeiten:

a) R_K wird als Potentiometer ausgeführt;

10 Vor jeder Messung wird der Widerstand R_K dem jeweiligen Wicklungswiderstand angepasst. Hierzu wird der Hochspannungsausgang des Transformators direkt mit dem Eingang C der Messbrücke verbunden. Bei der Messbrücke wird tangens $\delta = 0$ eingestellt und nach Hochfahren des Transformators bis zum Nennstrom I_{2N} das Potentiometer R so lange verändert, bis der O-Indikator der Brücke Null anzeigt.

b) Der Widerstand R_K wird im Transformatorgehäuse so angeordnet, dass er durch die Eigenerwärmung der Wicklung mit aufgeheizt wird. Das Material für R_K muss den gleichen Temperaturkoeffizienten haben wie das Wicklungsmaterial selbst.

b) In der Nähe der Hochspannungswicklung wird ein Temperaturfühler angeordnet, der proportional zur Erhöhung der Temperatur eine Veränderung von R_K bewirkt.

25 Diese Möglichkeiten sollen nur als Beispiel dafür gelten, wie man ohne grossen Aufwand den Messfehler verringern kann.

Fig. 7 zeigt nun eine Schaltung, bei welcher ein Hochspannungstransformator mit auf der Hochspannungsseite angeordneter Tertiärwicklung 9 verwendet wird. Sekundärwicklung 2 und Tertiärwicklung 9 sind miteinander verbunden, ihre Wicklungssinne sind gegeneinander gerichtet. Hier ist das Spannungsmessgerät 5 an dieser Tertiärwicklung angeschlossen und der Zweipol Z_K , dessen Grösse in derselben Weise ermittelt wird, wie vorstehend geschildert wurde, liegt hier an der Verbindungsstelle der beiden sekundärseitigen Wicklungen 2 und 9. In der oben beschriebenen Weise kann diese Schaltung auch für Gleichspannungsprüfanlagen verwendet werden.

40 Fig. 8 zeigt eine Schaltung, bei der Primärwicklung 1 und Sekundärwicklung 2 des Hochspannungstransformators endseitig galvanisch verbunden sind. Hier ist das Spannungsmessgerät 5 am Eingang 10 der Primärseite angeschlossen. Auch diese für Wechselspannung vorgesehene Prüfanlage kann durch Entfernen der Brücke 8 und Ersatz derselben durch einen Gleichrichter für Gleichspannungsmessungen herangezogen werden. Auf gleiche Weise kann auch bei Zwei- oder Mehrweggleichrichtern gemessen werden.

In den Fig. 1, 7 und 8 wurden Schaltbeispiele gezeigt mit Hochspannungstransformatoren, mit welchen das Messgerät direkt verbunden ist. Die Wicklungen dieser Hochspannungstransformatoren bzw. Teile dieser Wicklungen sind hier Schaltglieder im Sinne der Erfindungsdefinition. Die Fig. 9 veranschaulicht nun eine Schaltung mit einem Spannungsmessteiler, bei welchem die Erfindung ebenfalls mit Erfolg angewandt wird. Diese Fig. 9 zeigt eine sogenannte Greinacher-Schaltung mit einem Hochspannungserzeuger HE mit internen Messteilern mit Widerständen 11 und 12. In der Messleitung ist auch eine Schutzimpedanz Z_s eingebaut.

55 Diese kann bei der Bemessung des Kompensationsnetzwerkes Z_K selbstverständlich wie oben angeführt berücksichtigt werden, so dass auch bei Hochspannungstransformatoren mit einem internen Messteiler 11, 12 und bei Verwendung eines äusseren Schutz- (Dämpfungs)-Widerstandes so kompensiert werden kann, dass ausserordentlich genaue Messergebnisse erzielt werden, obgleich die Spannung nicht direkt am Prüfling gemessen wird. Anstelle von Dämpfungswiderständen können auch Induktivitäten oder Kombina-

tionen aus beiden vorgesehen werden. Auch schnellveränderliche Vorgänge können mit geeigneten Teilern erfasst werden. Bei Gleichspannungsprüfanlagen können diese Schutzimpedanzen auch zur gedämpften Entladung des Prüflings benützt werden.

In den vorstehend erläuterten und gezeigten Schaltungen wurden Kompensationsnetzwerke verwendet, die als passive Elemente ausgebildet sind. Grundsätzlich ist es möglich, anstelle solcher passiver Kompensationsnetzwerke auch aktive Kompensationsnetzwerke einzusetzen. Zur Veranschaulichung ist eine solche Schaltung beispielsweise in Fig. 10 dargestellt. Diese Schaltung wird zweckmässigerweise dann verwendet, wenn grosse Hochspannungsströme zu

erwarten sind. In diesem Falle kann der Widerstand 13 klein dimensioniert werden, also mit geringer Ohmzahl, und der hier entstehende kleine Spannungsabfall wird in einem Verstärker 14 verstärkt, dessen Ausgang dann mit dem Kompensationsnetzwerk Z_k verbunden ist.

Obgleich bei keinem der gezeigten Fälle die interessierende Spannung direkt am Prüfling V gemessen wird, können durch die erfindungsgemässe und geschilderte Massnahme ausserordentlich genaue Messwerte erreicht werden, und zwar in einer Grössenordnung von 0,5%. Gegenüber den bei solchen Messungen bislang aufgetretenen Fehlern von 10 und mehr Prozent, stellt dies einen ausserordentlich hohen technischen Fortschritt dar.

Fig. 1

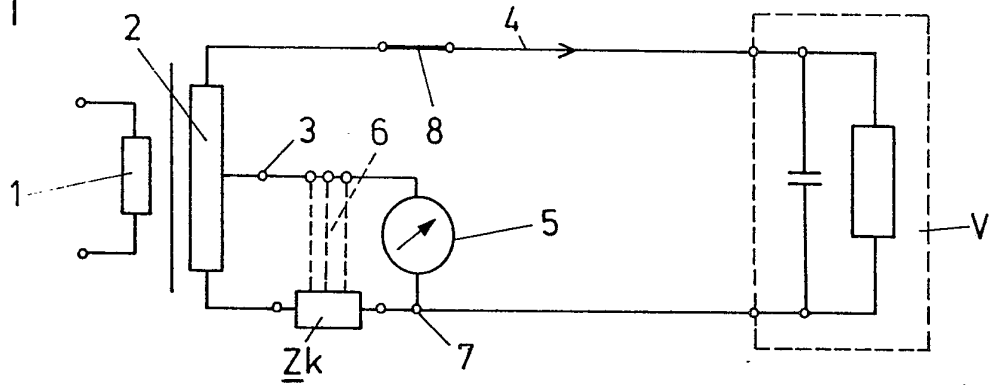


Fig. 2

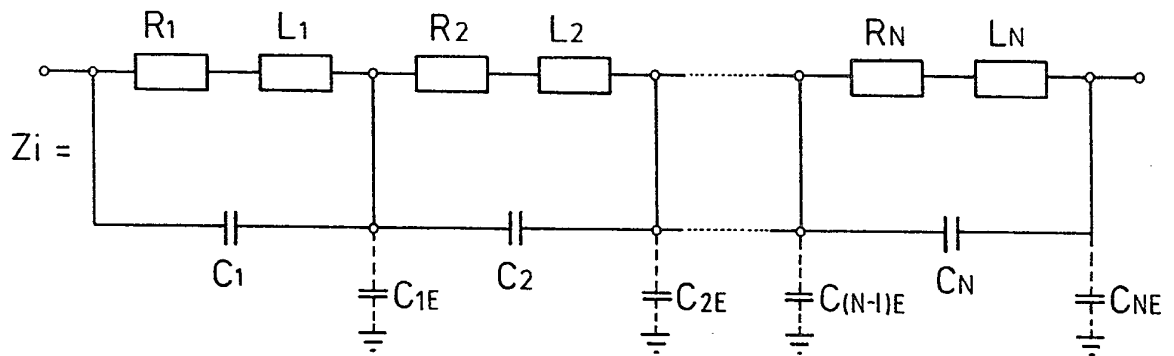


Fig. 3

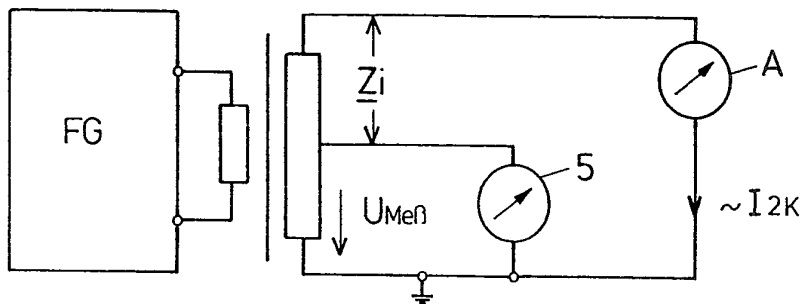


Fig. 4

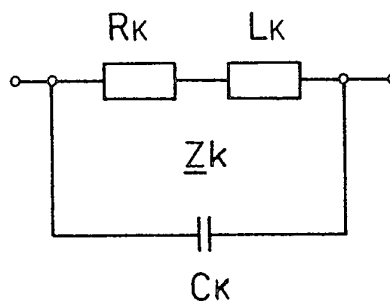


Fig.10

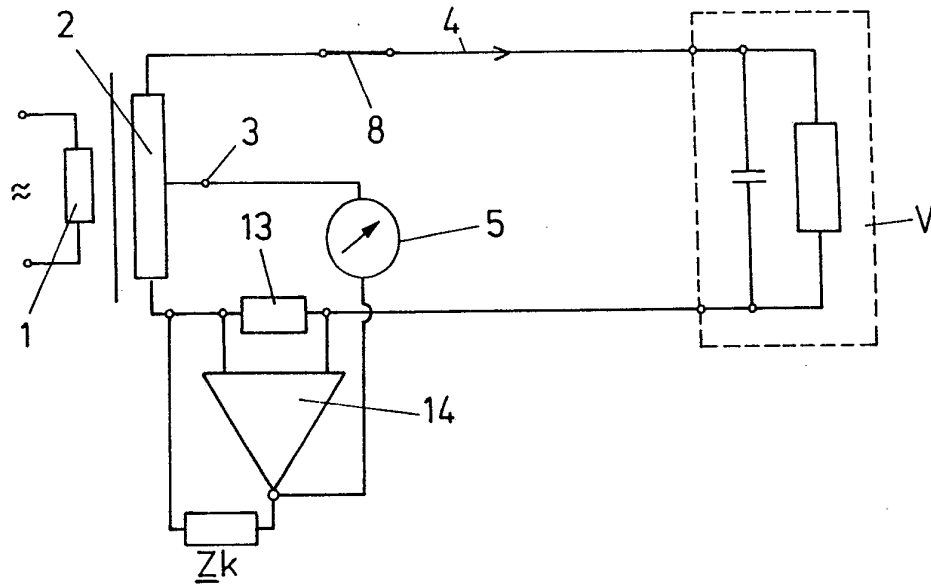


Fig. 5

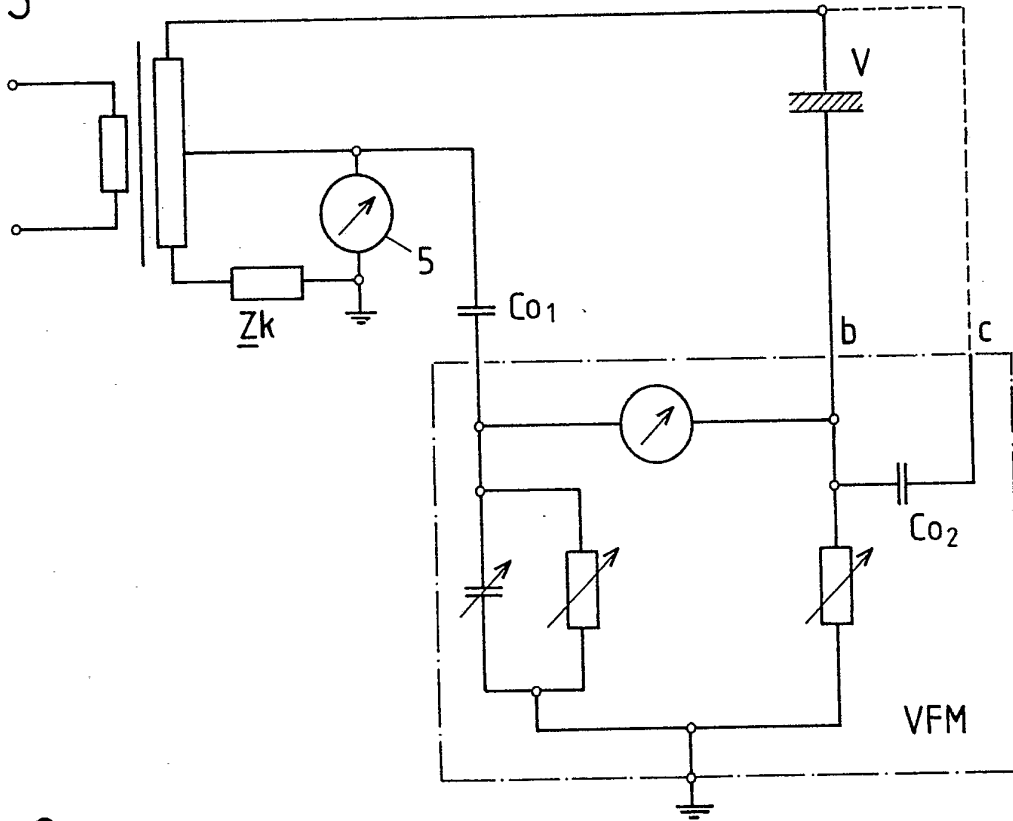


Fig.6

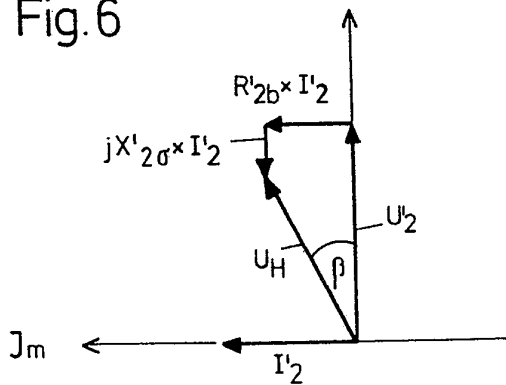


Fig. 7

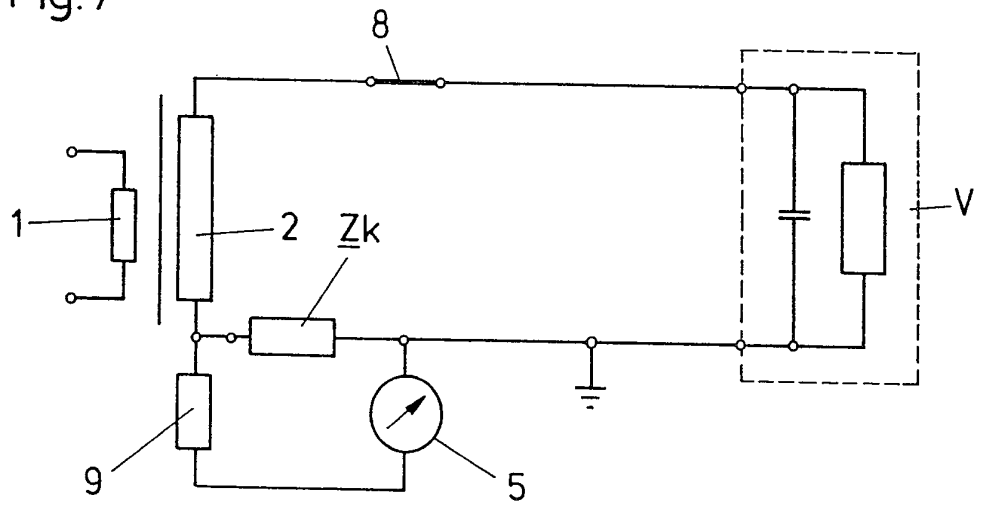


Fig. 8

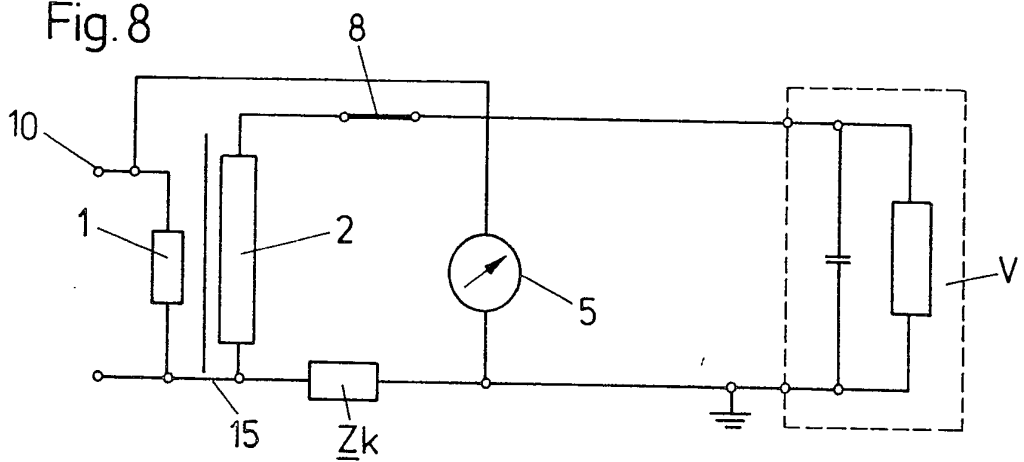


Fig. 9

