

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 85/84

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> : **G01R 15/02**

(22) Anmeldetag: 12. 1.1984

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 7.1989

Längste mögliche Dauer: 15. 2.2005

(61) Zusatz zu Patent Nr.: 384 111

(45) Ausgabetag: 26. 2.1990

(56) Entgegenhaltungen:

SCHWAB HOCHSPANNUNGSMESSTECHNIK, SPRINGER VERLAG  
1969, S. 90 - 92  
AT-PS 289247

(73) Patentinhaber:

BAUR PRÜF- UND MESSTECHNIK KG  
A-6832 SULZ, VORARLBERG (AT).

(72) Erfinder:

KRÜGER MICHAEL DIPL.ING.  
MUNTPIX, VORARLBERG (AT).

(54) EINRICHTUNG ZUR SPANNUNGSMESSUNG BEI HOCHSPANNUNGSANLAGEN

AT 389 948 B

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zur Spannungsmessung bei Hochspannungsanlagen, insbesondere bei Hochspannungsprüfanlagen mit einem Hochspannungstransformator und einem Verbraucher, insbesondere einem Prüfling und einem hochspannungsseitig vorgesehenen, eventuell über einem Meßteiler angeschlossenen Spannungsmeßgerät, wobei im Leiterkreis des den zu prüfenden Verbraucher durchfließenden Stromes ein Kompensationsglied liegt, das angeschlossen ist einerseits an einem in diesem Leiterkreis vorgesehenen Anschlußpunkt des Spannungsmeßgerätes und andererseits an dem die treibende Hochspannung erzeugenden Schaltungsglied (Transformator, Transformatorspule, Spannungsteilerwiderstand) und zwischen dem anderen Anschlußpunkt des Spannungsmeßgerätes und dem Verbraucher ein Teil des die Hochspannung erzeugenden Schaltungsgliedes liegt, wobei das Kompensationsglied als komplexes Netzwerk ausgebildet ist, vorzugsweise als Zwei- oder Vierpol, nach Patent Nr. 384 111 (A 3697/82).

Es ist nun bekannt (AT-PS 289 247), den Scheitelwert einer hohen Gleichspannung, die unter Verwendung eines Hochspannungstransformators und eines Hochspannungsgleichrichters 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 worden, wobei die Anzeige der Scheitelwertmeßeinrichtung mit einem dem Laststrom proportionalen Wert korrigiert wird. Der dem Laststrom proportionale Wert wird über einen nichtlinearen Widerstand gewonnen, der vom Laststrom bzw. einen 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.

Ausgangsspannungen von Hochspannungstransformatoren, insbesondere solchen für Prüfungszwecke werden normalerweise über Hochspannungsteiler direkt am Verbraucher gemessen, um exakte Meßwerte zu erhalten. Bei transportablen Hochspannungstransformatoren, wie sie für Prüfzwecke 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 - Kabel, Durchführungen, Stützen 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 umso 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 Transformators das Meßergebnis, zu dessen Korrektur auch hier in der Regel die schon erwähnten Korrekturtabellen beigezogen werden.

Die gegenständliche Erfindung ist nun eine unmittelbare Weiterentwicklung des Gegenstandes nach dem österreichischen Patent 384 111 (A 3697/82) und ist dadurch gekennzeichnet, daß das komplexe Netzwerk in seinem elektrischen Verhalten als Modell des die Hochspannung erzeugenden Schaltungsgliedes, vorzugsweise der Hochspannungswicklung ausgebildet ist.

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.

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. Delta); Fig. 6 ein Vektordiagramm und die Fig. 7, 8, 9 und 10 verschiedene Schaltbeispiele.

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) 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 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, 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 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 geräteseitigen, laststromabhängigen Spannungsabfälle kompensiert und mit relativ einfachen Mitteln können Meßgenauigkeiten bis zu 0,5 % erreicht werden, wie Versuche an derart ausgestatteten Hochspannungsprüfgeräten zeigen.

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.

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) die Kapazität zwischen zwei Lagen. Die ( $R_n$ ), ( $L_n$ ) und (C) 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 Amperemeters (A) wird dabei der Kurzschlußstrom ( $I_{2k}$ ) gemessen. Der Betrag der Impedanz ist dabei gegeben durch:

$$|Z_i| = \frac{W_2 \cdot U_{meß}}{WM \cdot I_{2k}}$$

Aus dem Verlauf  $Z_i = Z_i(f)$  lassen sich die Größen ( $L_n$ ) und ( $C_n$ ) bestimmen. Die Summe aller ohmschen Widerstände ( $\sum R_n$ ) kann durch eine normale Widerstandsmessung ermittelt werden.

Wird nun ein analoges Netzwerk, jedoch mit den Größen

$$R_{KN} = \frac{WM}{W_2} \cdot R_N$$

$$L_{KN} = \frac{WM}{W_2} \cdot L_N$$

$$C_{KN} = \frac{W_2}{WM} \cdot C_N$$

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. 5 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  $U_{\text{meß}} = 0$ . 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 Vorschaltenschutzdrosseln 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 ( $\text{tg } \Delta$ ) 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 (z. B. mit einem Preßgaskondensator und einer Schering-Meßbrücke) ermöglicht, jedoch z. B. für eine Vorortmessung 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 Beta als z. B. eine Veränderung der Streuinduktivität. Um diesen Fehler klein zu halten, gibt es verschiedene Möglichkeiten:

a) ( $R_K$ ) wird als Potentiometer ausgeführt;

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  $\text{tg } \Delta = 0$  eingestellt und nach Hochfahren des Transformators bis zum Nennstrom ( $I_{2N}$ ) das Potentiometer (R) so lange verändert, bis der 0-Indikator der Brücke Null anzeigt.

b) Der Widerstand ( $R_K$ ) wird im Transformatorenhäuser 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.

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

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.

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 Meßteiler mit Widerständen (11) und (12). In der Meßleitung ist auch eine Schutzimpedanz ( $Z_s$ ) eingebaut. 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 Kombinationen 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 Fall 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.

#### Legende

- 30 (1) Primärwicklung eines Hochspannungstransformators  
 (2) Sekundärwicklung eines Hochspannungstransformators  
 (3) Anzapfung  
 (4) Leiterkreis  
 (5) Spannungsmeßgerät  
 35 (6) strichlierte Linie  
 (7) Anschlußpunkt  
 (8) Brücke  
 (9) Tertiärwicklung  
 40 (10) Eingang  
 (11) Widerstand  
 (12) Widerstand  
 (13) Widerstand  
 (14) Verstärker
- 45 ( $Z_k$ ) komplexes Kompensationsnetzwerk  
 ( $Z_s$ ) Schutzimpedanz  
 (V) Prüfling  
 (HE) Hochspannungserzeuger  
 (A) Amperemeter  
 50 (FG) Frequenzgenerator
- ( $R_1 \dots R_N$ ) Widerstand der Sekundärwicklung pro Lage  
 ( $L_1 \dots L_N$ ) Induktivität der Sekundärwicklung pro Lage  
 ( $C_1 \dots C_N$ ) Kapazität zwischen den Lagen der Sekundärwicklung  
 55 ( $C_{01} \dots C_{02}$ ) verlustarme Kondensatoren  
 ( $C_{NE}$ ) Streukapazitäten zwischen Spulenteilen (z. B. Lagen und Erde)  
 ( $R_K, L_K, C_K$ ) Kompensationswiderstände

	$(Z_i)$	Impedanz der Hochspannungswicklung zwischen Meßanzapfung und hochspannungsseitigem Ende
	$(W_2)$	Windungszahl der Hochspannungswicklung
	$(WM)$	Windungszahl der Meßanzapfung
5	$(U_m)$	Vektor der Meßspannung
	$(X'_{2Tau})$	Streublindwiderstand der Sekundärwicklung, bezogen auf die Meßwicklung
	$(I'_2)$	Vektor des Sekundärstromes, bezogen auf die Meßwicklung
	$(R'_{2b})$	ohmscher Widerstand der Sekundärwicklung, bezogen auf die Meßwicklung
10	$(U'_2)$	komplexer Vektor der Sekundärspannung, bezogen auf die Meßwicklung

15 **PATENTANSPRÜCHE**

- 20
- 25 1. Einrichtung zur Spannungsmessung bei Hochspannungsanlagen, insbesondere bei Hochspannungsprüfanlagen mit einem Hochspannungstransformator und einem Verbraucher, insbesondere einem Prüfling und einem hochspannungsseitig vorgesehenen, eventuell über einen Meßteiler angeschlossenenen Spannungsmeßgerät, wobei im Leiterkreis des den zu prüfenden Verbraucher durchfließenden Stromes ein Kompensationsglied liegt, das angeschlossen ist einerseits an einem in diesem Leiterkreis vorgesehenen Anschlußpunkt des Spannungsmeßgerätes und andererseits an dem die treibende Hochspannung erzeugenden Schaltungsglied (Transformator, Transformatorspule, Spannungsteilerwiderstand) und zwischen dem anderen Anschlußpunkt des Spannungsmeßgerätes und dem Verbraucher ein Teil des die Hochspannung erzeugenden Schaltungsgliedes liegt, wobei das Kompensationsglied als komplexes Netzwerk ausgebildet ist, vorzugsweise als Zwei- oder Vierpol, nach Patent Nr. 384 111 (A 3697/82), **dadurch gekennzeichnet**, daß das komplexe Netzwerk in seinem elektrischen Verhalten als Modell des Hochspannungsschaltungsgliedes, vorzugsweise der Hochspannungswicklung ausgebildet ist.
- 35 2. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Netzwerk als Ersatzschaltung des Hochspannungsschaltungsgliedes, vorzugsweise der Hochspannungswicklung ausgebildet ist und zum Beispiel aus der Parallelschaltung eines Kondensators und einer aus ohmschen und induktiven Widerständen bestehenden Reihenschaltung ist.
- 40 3. Einrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der ohmsche Widerstand des Netzwerkes als veränderbarer Widerstand ausgebildet ist.
- 45 4. Einrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der ohmsche Widerstand des Netzwerkes im unmittelbaren Temperatureinflußbereich der Hochspannungswicklung liegt.
- 50 5. Einrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der veränderbar ausgebildete Widerstand des Netzwerkes über einen im Temperatureinflußbereich der Hochspannungswicklung liegenden Wärmefühler regelbar ist.
- 55 6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Netzwerk ( $Z_k$ ) zwischen einer Sekundärwicklung (2) und einer damit in Reihe liegenden Tertiärwicklung (9) eines 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. 2).
- 60 7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **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.

Nr. 389948

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Kompensationsnetzwerk in Reihe mit einer Impedanz (13) eines mehrere Impedanzen (12, 13) aufweisenden Spannungsteilers liegt und parallel zu diesen beiden Widerständen ((13) und ( $Z_k$ )) das Spannungsmeßgerät (5) angeschlossen ist.

5 9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das komplexe Kompensationsnetzwerk als passives oder als aktives Kompensationsnetzwerk ausgebildet ist.

10

Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

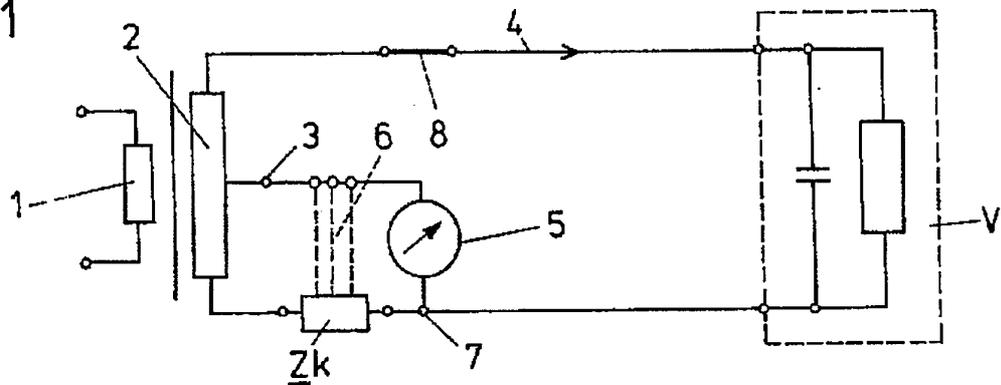


Fig. 2

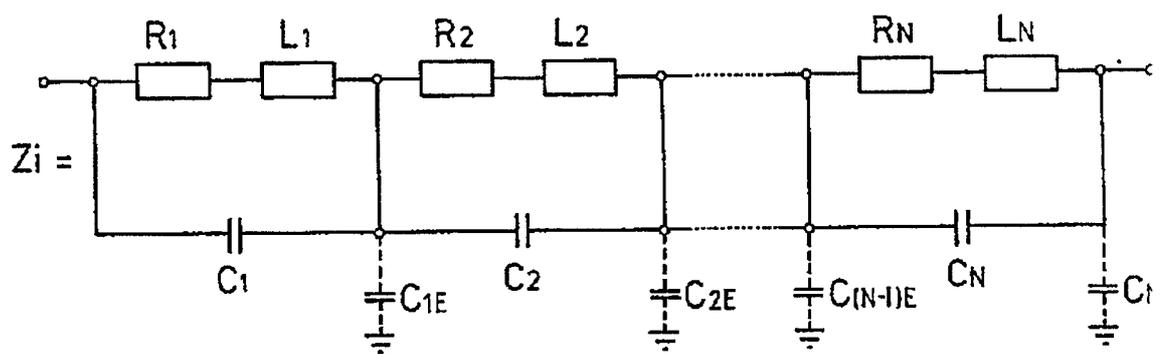


Fig. 3

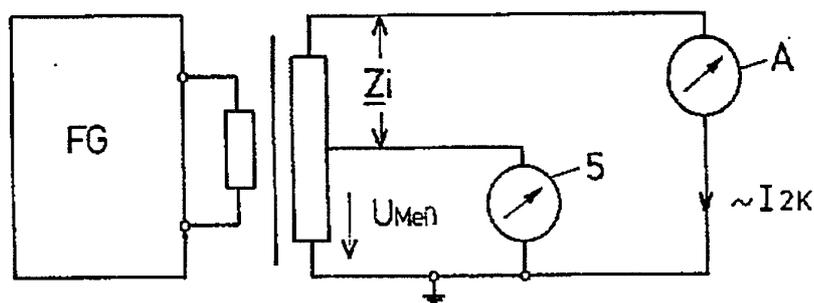


Fig. 4

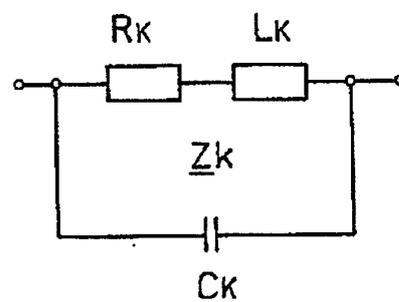


Fig. 5

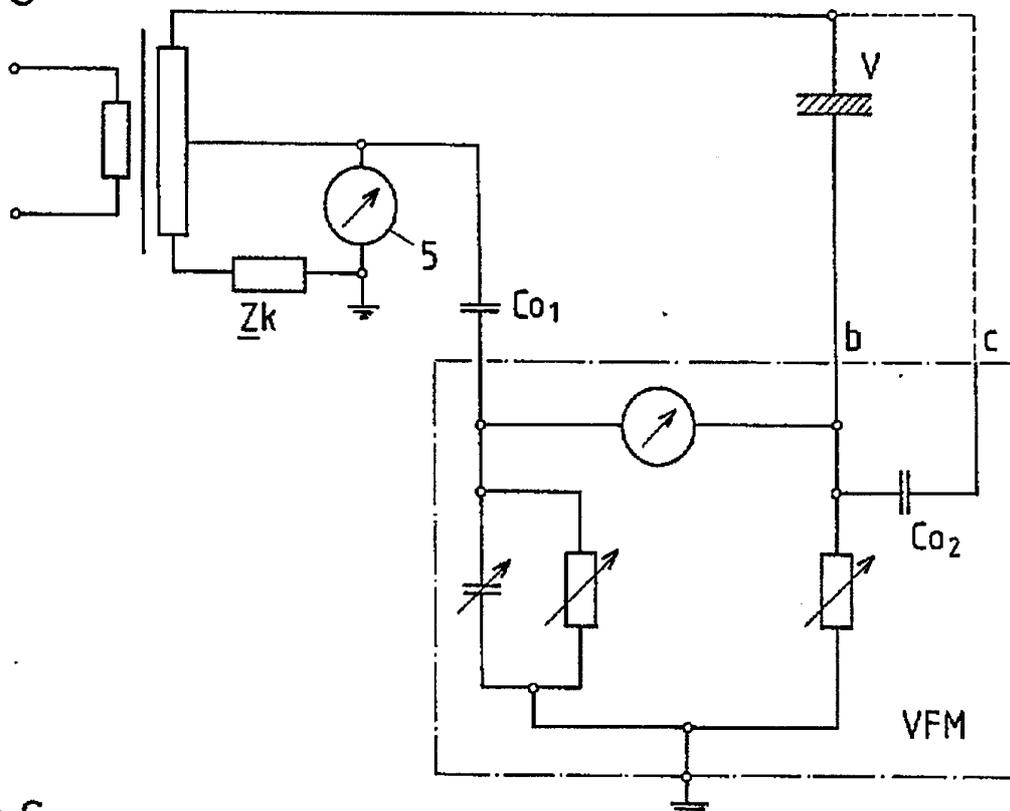


Fig. 6

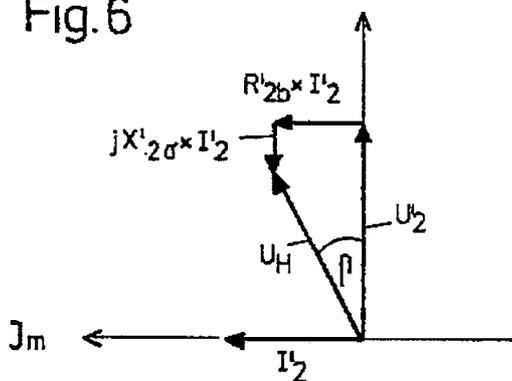


Fig. 7

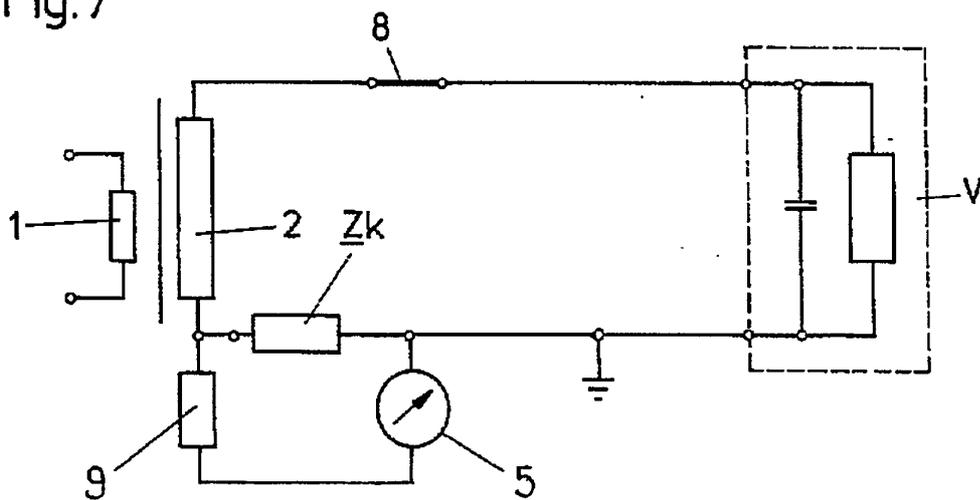


Fig. 8

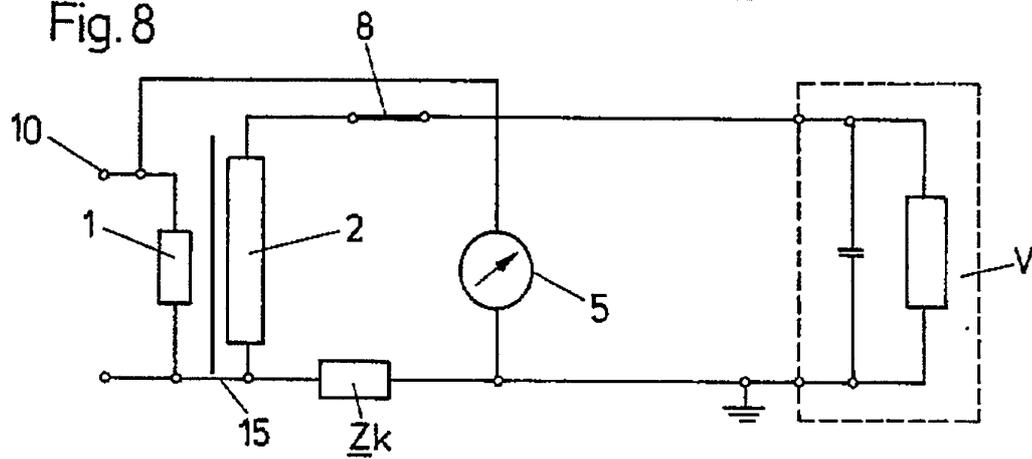


Fig. 9

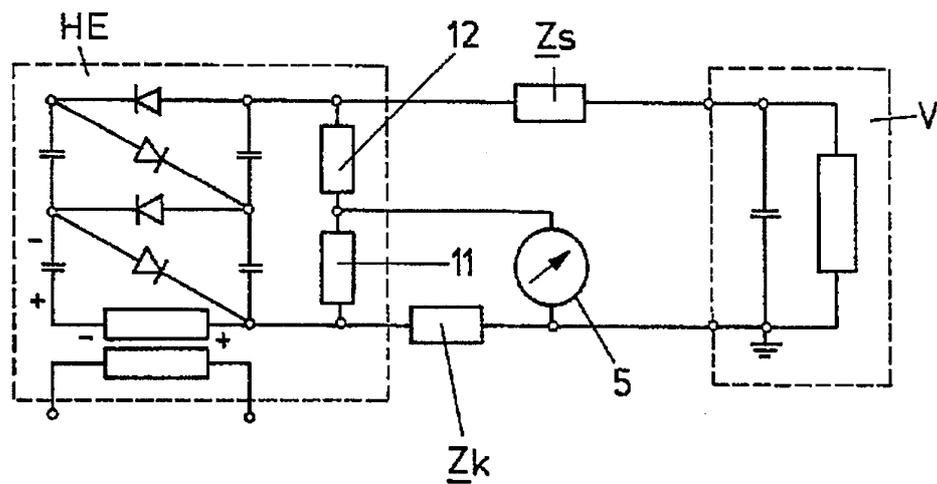


Fig. 10

