

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 3944/82

(51) Int.Cl.⁵ : G01R 27/26

(22) Anmeldetag: 28.10.1982

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 1.1990

(45) Ausgabetag: 10. 8.1990

(56) Entgegenhaltungen:

G. PALZ: "EIN PHASENWINKELMESSGERÄT ZUR ERMITTLUNG
KLEINER VERLUSTWINKEL" ARCHIV FÜR TECHNISCHES MESSEN
(ATM), BLATT V339-22, SEITEN 235-240
DE-053006696 DE-052735794 DE-052508033 DD-PS 61312

(73) Patentinhaber:

STOLLACK AKTIENGESELLSCHAFT
A-2353 GUNTRAMSDORF, NIEDERÖSTERREICH (AT).

(72) Erfinder:

KOMERTZKY ALFRED DIPL.ING.
MARIA ENZERSDORF/SÜDSTADT, NIEDERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN ZUR MESSUNG DES DIELEKTRISCHEN VERLUSTFAKTORS

(57) Bei einem Verfahren zur Messung des dielektrischen Verlustfaktors $\tan \delta$ von kontinuierlich erwärmten Isolierstoffen durch Anlegen einer Wechselspannung an einen Kondensator, dessen Dielektrikum den kontinuierlich erwärmten Isolierstoff bildet, wird eine rasche und genaue Messung des Verlustfaktors in Abhängigkeit von der Temperatur dadurch erreicht, daß die Größe der Phasenverschiebung zwischen der am Kondensator anliegenden Wechselspannung und dem zugehörigen phasenverschobenen Wechselstrom durch Zählung von Impulsen in einem Impulszählwerk gemessen wird, die zwischen Nulldurchgang einer Spannungshalbwelle und Nulldurchgang der zugehörigen phasenverschobenen Stromhalbwelle auftreten, daß die im Impulszählwerk gezählte Impulsanzahl einem vorprogrammierten Rechenwerk zugeführt wird, in dem aus der Impulsanzahl der dielektrische Verlustfaktor $\tan \delta$ errechnet, der errechnete Wert auf Plausibilität überprüft und die plausiblen Werte zwischengespeichert werden, daß dem Rechenwerk ein Temperaturmeßwert des Meßobjektes, das kontinuierlich erwärmt wird, zugeführt wird und daß über einen mit dem vorprogrammierten Rechenwerk verbundenen Drucker die Temperatur - dielektrischer Verlustfaktor - Kurve meßstellenbezogen zum Ausdruck gebracht wird, wobei zur Erwärmung des Meßobjektes vorzugsweise ein Infrarotstrahler dient.

AT 391 032 B

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung des dielektrischen Verlustfaktors $\tan \delta$ von kontinuierlich erwärmten Isolierstoffen durch Anlegen einer Wechselspannung an einen Kondensator, dessen Dielektrikum den kontinuierlich erwärmten Isolierstoff bildet, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Die Bildung eines Kondensators mit dem zur Messung eingesetzten Isolierstoff erfolgt durch Aufbringen zweier gegenüberliegender elektrisch leitender Kondensatorflächen auf dem das Dielektrikum bildenden Isolierstoff. Bei lackierten metallischen Drähten bildet die Oberfläche des metallischen Drahtes die eine Kondensatorfläche, der feste Isolierlack das Dielektrikum und eine auf der Oberfläche des den metallischen Draht umhüllenden festen Isolierlackes aufgebrauchte elektrisch leitende Schicht die zweite Kondensatorfläche.

Der dielektrische Verlustfaktor ist abhängig von der Temperatur des betreffenden Isolierstoffes. Das Temperaturverhalten eines Isolierstoffes wird in Form einer Kurve dargestellt, in der der dielektrische Verlustfaktor auf der Ordinate und die zugehörige Temperatur auf der Abszisse aufscheint.

Zur Klassifizierung in Bezug auf das Temperaturverhalten eines Isolierstoffes dient die Auswertmethode des Schnittpunktes zweier Tangenten, die an den absteigenden und den aufsteigenden Ast der betreffenden Temperatur - dielektrischer Verlustfaktor - Kurve anliegen. Von diesem Schnittpunkt wird die Senkrechte auf die Abszisse gezogen und die hierdurch gefundene Temperatur in Grad Celsius als Temperaturknickpunkt des betreffenden Isolierstoffes angegeben. Bei Überschreitung der im Temperaturknickpunkt angegebenen Temperatur ergibt sich eine rasche Verschlechterung des elektrischen Isolationsvermögens des betreffenden Isolierstoffes.

Zur Messung des dielektrischen Verlustfaktors sind nach DIN 53 483 Beiblatt 1 Brückenschaltungen, Schwingkreisschaltungen, Resonanzschaltungen und Meßleitungen bekannt. Die Nachteile dieser bekannten Verfahren und Vorrichtungen liegen in der zeitaufwendigen manuellen Abstimmung und in der Abhängigkeit der Genauigkeit der Meßergebnisse von der die Abstimmung vornehmenden Bedienungsperson.

Für die Erwärmung der zur temperaturabhängigen Messung des dielektrischen Verlustfaktors vorgesehenen Isolierstoffe, die stets das Dielektrikum eines Kondensators bilden, sind Warmluftöfen, metallische Temperierplatten und Temperierbäder aus Metallschmelzen bekannt. Die Nachteile dieser Einrichtungen bestehen in ihrer trägen Wärmeübertragung bzw. der Umständlichkeit ihrer Handhabung.

Aus der DD-PS 61 312 ist eine Schaltungsanordnung zum Messen von Zeitintervallen oder Phasenwinkeln mit einem zwischen einem Zählimpulsgenerator und einem Impulszählwerk angeordneten Impulstor bekannt, das von den Meßvorgang einleitenden und abschließenden Schaltimpulsen gesteuert ist.

Aufgabe der Erfindung ist die Angabe eines Verfahrens, das unter Vermeidung der Nachteile der bekannten Verfahren eine rasche und genaue Messung des dielektrischen Verlustfaktors ermöglicht. Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Größe der Phasenverschiebung zwischen der am Kondensator anliegenden Wechselspannung und dem zugehörigen phasenverschobenen Wechselstrom in an sich bekannter Weise durch Zählung von Impulsen in einem Impulszählwerk gemessen wird, die zwischen Nulldurchgang einer Spannungshalbwellen und Nulldurchgang der zugehörigen phasenverschobenen Stromhalbwellen auftreten, daß die im Impulszählwerk gezählte Impulsanzahl einem vorprogrammierten Rechenwerk zugeführt wird, in dem aus der Impulsanzahl der dielektrische Verlustfaktor $\tan \delta$ errechnet, der errechnete Wert auf Plausibilität überprüft und die plausiblen Werte zwischengespeichert werden, daß dem Rechenwerk ein Temperaturmeßwert des Meßobjektes, das kontinuierlich erwärmt wird, zugeführt wird und daß über einen mit dem vorprogrammierten Rechenwerk verbundenen Drucker die Temperatur - dielektrischer Verlustfaktor - Kurve meßstellenbezogen zum Ausdruck gebracht wird.

Dabei entspricht je eine Periode des Meßstromes von z. B. 50 V und 1 kHz, die an den beiden Kondensatorplatten des Meßobjektes anliegt, einer bestimmten Anzahl von elektrischen Zählimpulsen, z. B. 6284 Impulsen. Da bei einem verlustfreien Kondensator bei Anliegen eines Wechselstromes die Phase zwischen Strom und Spannung um 90 Grad verschoben ist, entspricht dies 1571 Zählimpulsen, wenn die ganze Periode des am Kondensator anliegenden Wechselstromes 6284 Zählimpulsen entspricht. Wenn bei Anliegen eines Wechselstromes an einem verlustbehafteten Kondensator, dessen Dielektrikum aus dem zur Messung des dielektrischen Verlustfaktors vorgesehenen Isolierstoff besteht, zwischen dem Nulldurchgang der Spannung und dem Nulldurchgang des Stromes beispielsweise 1559 Impulse gezählt werden, so ist nach dem erfindungsgemäßen Verfahren der betreffende dielektrische Verlustfaktor $\tan \delta = 12 \times 10^{-3}$ (1571 Impulse minus 1559 Impulse = 12 Impulse), wenn die volle Periode des an diesem Kondensator anliegenden Wechselstromes 6284 Impulsen entspricht.

Bei der praktischen Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es günstig, wenn in dem mit einem Meßstellenumschalter verbundenen Rechenwerk aus einer bestimmten Anzahl, z. B. 200, von plausiblen Werten ein Durchschnittswert errechnet und in einer Anzeigevorrichtung meßstellenbezogen zur Anzeige gebracht wird. Da zur Zählung der Zählimpulse zwischen den Nulldurchgängen der Spannung und des Stromes keine Meßverstärkung erforderlich ist, ergeben sich beim erfindungsgemäßen Verfahren sehr schnelle und physikalisch exakte Meßwerte. Infolge des Ausscheidens nicht plausibler Einzelmessungen, die sich infolge von im Dielektrikum gegebenenfalls lawinenartig auftretenden Leitungselektronen ergeben, ist erstmals die Möglichkeit gegeben, bei stetig steigender Temperatur des Meßobjektes einen Durchschnittswert des zugehörigen dielektrischen Verlustfaktors innerhalb sehr kleiner Temperaturintervalle in der Größenordnung von hundertstel Grad Celsius rasch, störungsfrei und genau zu messen.

Auf Grund der dichten Folge der einzelnen Meßpunkte in dieser Kurve wurde erstmals entdeckt, daß im

Temperaturknickpunkt eines Isolierstoffes eine deutliche Abwärtsspitze in der Temperatur - dielektrischer Verlustfaktor - Kurve auftritt. In der weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es daher vorteilhaft, wenn die Temperaturanzeige des Meßobjektes bei Auftreten einer Abwärtsspitze in der Temperatur - dielektrischer Verlustfaktor - Kurve im vorprogrammierten Rechenwerk zwischengespeichert und sowohl in einer

5 Anzeigevorrichtung meßstellenbezogen als Temperaturknickpunkt zur Anzeige als auch über einen Drucker meßstellenbezogen zum Ausdruck gebracht wird. Diese Abwärtsspitze in der Kurve liegt innerhalb eines Temperaturintervalles von 1 Grad Celsius.

Bei einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es zur raschen und kontinuierlichen Erwärmung der das Dielektrikum des elektrischen Kondensators bildenden Isolierstoffe günstig, wenn die zur kontinuierlichen Erwärmung und zur Messung des temperaturabhängigen dielektrischen Verlustfaktors $\tan \delta$ vorgesehenen Meßobjekte an der Außenseite eines zylindrischen metallischen Rohres gut wärmeleitend angebracht sind, dieses zylindrische metallische Rohr gut wärmeleitend auf ein von der elektrischen Masse elektrisch und kapazitiv isoliertes inneres zylindrisches Rohr auswechselbar aufgesteckt ist, die Innenseite dieses inneren zylindrischen Rohres mit einer infrarote Strahlen absorbierenden Schicht versehen ist und zur

15 Erwärmung dieses inneren zylindrischen metallischen Rohres in dessen Zentrum eine infrarote Strahlen emittierende Strahlungsquelle angeordnet ist.

Die Erfindung und weitere Merkmale derselben werden im folgenden an Hand der Zeichnung erläutert, die eine bevorzugte Form einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt.

Im Zentrum eines metallischen zylindrischen Rohres (1) ist eine elektrisch betriebene Infrarot-Strahlungsquelle (2) angeordnet. Der Abstand der Infrarot-Strahlungsquelle (2) von der Innenwand des inneren zylindrischen Rohres (1) ist so gewählt, daß das zylindrische Rohr (1) elektrisch und kapazitiv weitgehend von der elektrisch betriebenen Infrarot-Strahlungsquelle (2) isoliert ist. An der Innenseite des zylindrischen Rohres (1) ist eine infrarote Strahlen absorbierende Schicht (3) vorgesehen. An der Außenseite des zylindrischen Rohres (1) ist ein von diesem elektrisch und kapazitiv weitgehend isolierter Temperaturfühler (4) angeordnet. Der Temperaturfühler (4) ist mit einer Temperaturanzeige (5) verbunden. Auf das innere zylindrische Rohr (1) ist ein metallisches zylindrisches Rohr (6) gut wärmeleitend auswechselbar aufgesteckt. An der Außenseite des zylindrischen Rohres (6) sind mehrere Aufnahmevorrichtungen für die zu erwärmenden, einen elektrischen Kondensator bildenden Isolierstoffe vorgesehen. Die Aufnahmevorrichtungen sind zweckmäßig der Form des Meßobjektes angepaßt. So besteht z. B. für die Messung des temperaturabhängigen dielektrischen Verlustfaktors und für die automatische Anzeige des Temperaturknickpunktes eines Drahtisolierlackes die Aufnahmevorrichtung aus einer in der Längsrichtung des zylindrischen Rohres (6) befindlichen und mit diesem fest und gut wärmeleitend verbundenen metallischen Rinne (7), in die der einen elektrischen Kondensator bildende Lackdraht eingelegt ist, wobei die eine Kondensatorfläche aus dem metallischen Draht (8), das Dielektrikum aus dem ausgehärteten Isolierlack (9) und die zweite Kondensatorfläche aus einer auf der Oberfläche des Isolierlackes fest aufgebracht elektrisch leitenden Schicht (10) besteht. Die Kondensatorflächen (10) sind mittels einer aufsteckbaren metallischen Ringfeder (11) elektrisch leitend mit dem zylindrischen Rohr (6) verbunden. Zur guten Wärmeübertragung befindet sich zwischen der Rinne (7) und der Kondensatorfläche (10) ein geeigneter Wärmeträger (12) in Form von Wärmeleitpaste oder von eingepreßten Lagen aus Metallfolie.

Aus einem Wechselstromgenerator (13) wird der Meßstrom in Form eines sinusförmigen Wechselstromes von vorzugsweise 50 V und 1 kHz über einen mit dem Rechenwerk (20) entsprechend verbundenen Meßstellenumschalter (14) einem der Drähte (8) und über einen Stromnulldurchgangsschalter (15) über das zylindrische Rohr (6) einer der zugehörigen zweiten Kondensatorflächen (10) zugeführt. An den Anschlüssen (17) und (18) ist ein Spannungsnulldurchgangsschalter (16) angeschlossen. Der Spannungsnulldurchgangsschalter (16) und der Stromnulldurchgangsschalter (15) sind dermaßen mit einem Impuls-Zählwerk (19) verbunden, daß das Impuls-Zählwerk bei Nulldurchgang einer Spannungshalbwellen eingeschaltet und bei Nulldurchgang der zugehörigen phasenverschobenen Stromhalbwellen gestoppt wird. Das Impuls-Zählwerk (19) wird mit einer Zählfrequenz von vorzugsweise 6284 kHz betrieben, sodaß eine Periode des Meßstromes von 50 V und 1 kHz 6284 Zählimpulsen entspricht. Das Impuls-Zählwerk (19) ist mit einem Rechenwerk (20) verbunden. Das Rechenwerk (20) ist so vorprogrammiert, daß aus den vom Impuls-Zählwerk (19) übernommenen Zählwerten der dielektrische Verlustfaktor $\tan \delta$ errechnet, der errechnete Wert auf Plausibilität überprüft und aus beispielsweise 200 plausiblen Einzelmessungen der Durchschnittswert des dielektrischen Verlustfaktors $\tan \delta$ in einer Anzeigevorrichtung (21) zur Anzeige gebracht wird, wobei für jede Meßstelle (7 bis 10) eine Anzeigevorrichtung vorgesehen ist. Weiters ist das Rechenwerk (20) mit der Temperaturanzeige (5) verbunden. In einem Drucker (22), der mit dem Rechenwerk (20) verbunden ist, werden je Meßstelle die errechneten Durchschnittswerte des dielektrischen Verlustfaktors mit zugehöriger Temperaturanzeige in Form einer Kurve aufgezeichnet. Weiters wird im Rechenwerk (20) das Auftreten einer Abwärtsspitze in der Temperatur - dielektrischer Verlustfaktor - Kurve registriert, je Meßstelle gespeichert und in einer Anzeigevorrichtung (23) je Meßstelle zur Anzeige gebracht. Im Drucker (20) wird je Meßstelle zusätzlich zu der auf der entsprechenden Kurve ersichtlichen Abwärtsspitze die zugehörige Temperaturanzeige des Temperaturknickpunktes ausgedruckt.

Vorteilhaft sind die genannten Bauteile (1) bis (5) und (13) bis (23) unter Einfügung entsprechender Wärmeisolierungen zu einer kompakten Baugruppe zusammengefaßt.

5

PATENTANSPRÜCHE

10

1. Verfahren zur Messung des dielektrischen Verlustfaktors $\tan \delta$ von kontinuierlich erwärmten Isolierstoffen durch Anlegen einer Wechselspannung an einen Kondensator, dessen Dielektrikum den kontinuierlich erwärmten Isolierstoff bildet, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Größe der Phasenverschiebung zwischen der am Kondensator anliegenden Wechselspannung und dem zugehörigen phasenverschobenen Wechselstrom in an sich bekannter Weise durch Zählung von Impulsen in einem Impulzzählwerk gemessen wird, die zwischen Nulldurchgang einer Spannungshalbwelle und Nulldurchgang der zugehörigen phasenverschobenen Stromhalbwelle auftreten, daß die im Impulzzählwerk gezählte Impulsanzahl einem vorprogrammierten Rechenwerk zugeführt wird, in dem aus der Impulsanzahl der dielektrische Verlustfaktor $\tan \delta$ errechnet, der errechnete Wert auf Plausibilität überprüft und die plausiblen Werte zwischengespeichert werden, daß dem Rechenwerk ein Temperaturmeßwert des Meßobjektes, das kontinuierlich erwärmt wird, zugeführt wird und daß über einen mit dem vorprogrammierten Rechenwerk verbundenen Drucker die Temperatur - dielektrischer Verlustfaktor - Kurve meßstellenbezogen zum Ausdruck gebracht wird.

25

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Temperaturanzeige des Meßobjektes bei Auftreten einer Abwärtsspitze in der Temperatur - dielektrischer Verlustfaktor - Kurve im vorprogrammierten Rechenwerk zwischengespeichert und sowohl in einer Anzeigevorrichtung meßstellenbezogen als Temperaturknickpunkt zur Anzeige als auch über einen Drucker meßstellenbezogen zum Ausdruck gebracht wird.

30

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß in dem mit einem Meßstellenumschalter verbundenen Rechenwerk aus einer bestimmten Anzahl von plausiblen Werten ein Durchschnittswert errechnet und in einer Anzeigevorrichtung meßstellenbezogen zur Anzeige gebracht wird.

35

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit einem Impulzzählwerk, das mit einem Stromnulldurchgangsschalter und einem Spannungsnulldurchgangsschalter verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß an ein mit dem Impulzzählwerk verbundenes Rechenwerk (20), das auch mit einem Temperaturfühler (4) verbunden ist, wenigstens eine Anzeigevorrichtung (21) für den dielektrischen Verlustfaktor und eine Anzeigevorrichtung (23) für das Auftreten einer Abwärtsspitze in der Temperatur - dielektrischer Verlustfaktor - Kurve angeschlossen sind und daß zur Erwärmung des Meßobjektes (9) ein Infrarotstrahler (2) vorgesehen ist.

40

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zur kontinuierlichen Erwärmung und zur Messung des temperaturabhängigen dielektrischen Verlustfaktor $\tan \delta$ vorgesehene Meßobjekte (9) an der Außenseite eines zylindrischen metallischen Rohres (6) gut wärmeleitend angebracht sind, dieses zylindrische metallische Rohr gut wärmeleitend auf ein von der elektrischen Masse elektrisch und kapazitiv isoliertes inneres zylindrisches Rohr (1) auswechselbar aufgesteckt ist, die Innenseite dieses inneren zylindrischen Rohres mit einer infrarote Strahlen absorbierenden Schicht (3) versehen ist und zur Erwärmung dieses inneren zylindrischen metallischen Rohres in dessen Zentrum eine infrarote Strahlen emittierende Strahlungsquelle (2) angeordnet ist.

50

Hiezu 1 Blatt Zeichnung

