(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 028 704 A1** 2009.01.02

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 028 704.8**
(22) Anmeldetag: **21.06.2007**
(43) Offenlegungstag: **02.01.2009**

(51) Int Cl.[8]: ***H01F 27/14*** (2006.01)
G01F 22/00 (2006.01)
G01F 23/00 (2006.01)
G01F 23/14 (2006.01)
G01R 31/12 (2006.01)
H02H 5/06 (2006.01)
H02H 7/04 (2006.01)

(71) Anmelder:
AREVA Energietechnik GmbH, 60528 Frankfurt, DE

(74) Vertreter:
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188 Stuttgart

(72) Erfinder:
Rösner, Michael, 52457 Aldenhoven, DE

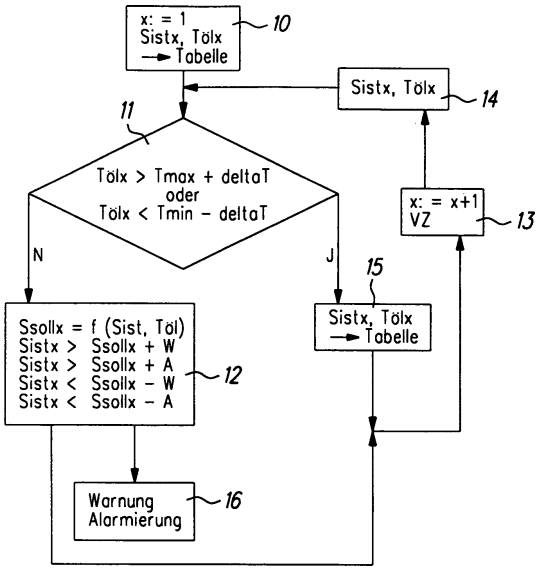
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 7 38 967 C
DD 2 74 714 B5

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Überwachung der Ölfüllung eines elektrischen Transformators**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Überwachung der Ölfüllung eines elektrischen Transformators beschrieben, wobei der Transformator ein Gehäuse aufweist, das mit einem Transformatoröl gefüllt ist. Bei dem Verfahren wird ein Ölstand (Sistx) des Transformatoröls zeitlich aufeinanderfolgend gemessen (10, 14). Zeitlich zusammen mit dem Ölstand (Sistx) wird auch eine Öltemperatur (Tölx) gemessen (10, 14). Aus zeitlich zurückliegenden Messungen des Ölstands (Sisty, y < x) und der Öltemperatur (Töly, y < x) sowie aus der aktuellen Messung der Öltemperatur (Tölx) wird ein Soll-Ölstand (Ssollx) ermittelt (12). Der aktuell gemessene Ölstand (Sistx) wird mit dem ermittelten Soll-Ölstand (Ssollx) verglichen (12). In Abhängigkeit von dem Vergleich wird eine Warnung oder eine Alarmierung ausgegeben (16).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung der Ölfüllung eines elektrischen Transformators nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Unter anderem zu Kühlzwecken ist ein elektrischer Transformator mit einem Transformatoröl gefüllt. Über die Betriebdauer des Transformators ist es möglich, dass es aufgrund von Leckagen oder Diebstahl zu Ölverlusten kommt. Dies kann zu Schädigungen des Transformators führen. Umgekehrt kann eine zu große Ölmenge bei einer wärmebedingten Ausdehnung des Transformatoröls zu einem unerwünschten Überlauf führen.

[0003] Zur Überwachung der Ölfüllung eines Transformators sind Verfahren bekannt, bei denen der Ölstand des Transformatoröls mechanisch oder elektrisch gemessen wird. Dieser Ölstand wird dann angezeigt und muss von einer Bedienperson überwacht werden.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Überwachung der Ölfüllung eines elektrischen Transformators zu schaffen, das eine automatische Alarmierung ermöglicht.

[0005] Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein Verfahren nach dem Anspruch 1.

[0006] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren weist der Transformator ein Gehäuse auf, das mit einem Transformatoröl gefüllt ist. Bei der Erfindung wird nicht nur der Ölstand des Transformatoröls zeitlich aufeinanderfolgend gemessen, sondern auch die Öltemperatur. Aus zeitlich zurückliegenden Messungen des Ölstands und der Öltemperatur sowie aus der aktuellen Messung der Öltemperatur wird ein Soll-Ölstand ermittelt. Danach wird der aktuell gemessene Ölstand mit dem ermittelten Soll-Ölstand verglichen. In Abhängigkeit von diesem Vergleich wird dann eine Warnung oder eine Alarmierung ausgegeben.

[0007] Der von der Erfindung berechnete Soll-Ölstand stellt denjenigen Ölstand dar, den das Transformatoröl bei der aktuellen Öltemperatur und auf der Grundlage der bisherigen Messungen aufweisen müsste. Aus dem Vergleich dieses Soll-Ölstands mit dem aktuell gemessenen Ölstand kann abgeleitet werden, ob und in welchem Umfang der tatsächliche Zustand der Ölfüllung von dem berechneten Zustand abweicht. Überschreitet diese Abweichung einen Schwellwert, so bedeutet dies, dass mit der aktuellen Ölfüllung irgend etwas nicht in Ordnung ist. Es ist also entweder zu wenig oder zu viel Transformatoröl in dem Gehäuse des Transformators. Dieses Ergebnis wird dann erfindungsgemäß automatisch gemeldet.

[0008] Die Erfindung berücksichtigt also nicht nur den Ölstand, sondern auch die Öltemperatur des Transformatoröls. Mit dieser Maßnahme ist es möglich, wärmebedingte Ausdehnungen des Transformatoröls automatisch in die Überwachung einzubeziehen. Ein Ansteigen oder ein Abfallen des Ölstands aufgrund einer Erwärmung oder einer Abkühlung des Transformatoröls kann damit als zulässig erkannt werden und führt zu keiner Alarmierung. Wenn jedoch der Ölstand aufgrund einer Leckage abfällt, so wird dies automatisch erkannt. In diesem Fall weicht der in Abhängigkeit von der Öltemperatur errechnete Soll-Ölstand wesentlich von dem gemessenen Ölstand ab, so dass eine automatische Alarmierung erfolgt.

[0009] Besonders zweckmäßig ist es, wenn der Soll-Ölstand mittels linearer Interpolation ermittelt wird. Damit ist es in einfacher Weise möglich, einen ausreichend genauen Wert für den Soll-Ölstand zu berechnen, der dann mit dem gemessenen Ölstand verglichen werden kann.

[0010] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die aktuell gemessene Öltemperatur mit einem Maximalwert und einem Minimalwert verglichen, und es werden in Abhängigkeit von dem Vergleich die aktuell gemessene Öltemperatur und der aktuell gemessene Ölstand abgespeichert. Durch diese Maßnahme werden Ölstände und Öltemperaturen abgespeichert, die dann bei der Berechnung des Soll-Ölstands wieder herangezogen werden können.

[0011] Besonders vorteilhaft ist es, wenn zu dem Maximalwert und zu dem Minimalwert ein Differenzwert addiert oder subtrahiert wird. Damit wird erreicht, dass nicht jeder gemessene Ölstand und jede gemessene Öltemperatur abgespeichert wird, sondern dass eine Speicherung nur dann stattfindet, wenn der Differenzwert seit der letzten Abspeicherung überschritten wird.

[0012] Bei einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird anstelle des Ölstands ein Öldruck verwendet. So hat jedes Ansteigen oder Abfallen des Ölstands immer einen entsprechenden Anstieg oder Abfall des auf das Transformatoröl einwirkenden Öldrucks zur Folge. Der Ölstand und der Öldruck sind insoweit im wesentlichen gleichwertig. Jede dieser Größen kann deshalb als maßgebliche Größe für das erfindungsgemäße Verfahren herangezogen werden.

[0013] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in be-

liebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

[0014] Fig. 1 zeigt einen schematischen Ablaufplan eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Überwachung der Ölfüllung eines elektrischen Transformators, und Fig. 2 zeigt eine schematische Tabelle von Wertepaaren des Ölstands und der Öltemperatur für den vorgenannten Transformator.

[0015] Das Gehäuse eines elektrischen Transformators ist unter anderem zu Kühlzwecken mit einem Transformatoröl gefüllt. Hierzu ist das Gehäuse flüssigkeitsdicht ausgebildet und weist üblicherweise an seiner Oberseite eine Überströmöffnung oder dergleichen auf.

[0016] Aufgrund einer Undichtigkeit des Gehäuses oder nach Wartungsarbeiten oder auch aufgrund von Diebstahl ist es möglich, dass zu wenig Öl in dem Gehäuse enthalten ist. Dies kann zur Folge haben, dass die Wicklungen des Transformators zu stark erwärmen und gegebenenfalls beschädigt werden.

[0017] Insbesondere nach einem Nachfüllen von Öl ist es möglich, dass zu viel Öl in dem Gehäuse enthalten ist. Dies kann bei einer wärmebedingten Ausdehnung des Öls dazu führen, dass ein Teil des Öl über die Überströmöffnung aus dem Gehäuse austritt und die Umwelt verschmutzt.

[0018] Zur Überwachung der Ölfüllung des Transformators ist ein Messgerät vorhanden, mit dem der Ölstand des Transformatoröls in dem Gehäuse gemessen wird. Der Ölstand ist dabei diejenige Höhe, bis zu der das Öl in dem Gehäuse vorhanden ist. Dieser Ölstand wird nachfolgend mit der Bezeichnung Sistx versehen, wobei die Ziffer x die Nummer der jeweiligen Messung repräsentiert, und wobei x = 1 die erste Messung, x = 2 die zweite Messung und so weiter betrifft. Weiterhin wird die Öltemperatur mit Hilfe eines entsprechenden Sensors gemessen. Diese Öltemperatur wird mit der Bezeichnung Tölx versehen, wobei die Ziffer x wiederum die Nummer der jeweiligen Messung repräsentiert.

[0019] Anhand der Fig. 1 wird nachfolgend ein Verfahren erläutert, das eine automatische Überwachung des Ölstands sowie eine automatische Warnung oder Alarmierung im Falle einer Überschreitung oder Unterschreitung eines Soll-Ölstands ermöglicht. Das Verfahren kann von einem Personalcomputer oder einem sonstigen Rechengerät ausgeführt werden. Bei dem Verfahren werden Messwerte in die Tabelle der Fig. 2 eingetragen. Diese Tabelle kann in einem Speicher des Personalcomputers abgespeichert sein.

[0020] Es wird davon ausgegangen, dass das Verfahren der Fig. 1 beispielsweise nach einer Inbetriebnahme des Transformators durchgeführt wird, so dass in der Tabelle der Fig. 2 noch keine Messwerte enthalten sind.

[0021] In einem ersten Schritt **10** der Fig. 1 wird eine erste Messung x = 1 durchgeführt und es werden der aktuelle Ölstand Sistx und die aktuelle Öltemperatur Tölx für x = 1 als erstes Wertepaar in der Tabelle der Fig. 2 abgespeichert. Für das vorliegende Ausführungsbeispiel wird angenommen, dass folgende Werte gemessen werden: Sist1 = 44 cm; Töl1 = 21 Grad.

[0022] In einem zweiten Schritt **11** des Verfahrens der Fig. 1 wird geprüft, ob eine der beiden folgenden Bedingungen für die gemessene Öltemperatur Töl1 erfüllt sind:
Tölx > Tmax + deltaT oder Tölx < Tmin – deltaT für x = 1.

[0023] Bei der Temperatur Tmax handelt es sich um die maximale, in der Tabelle der Fig. 2 enthaltene Öltemperatur. Entsprechend handelt es sich bei der Temperatur Tmin um die minimale, in der Tabelle der Fig. 2 enthaltene Öltemperatur. Bei dem Wert deltaT handelt es sich um einen Temperatur-Differenzwert, der für das vorliegende Ausführungsbeispiel zu deltaT = 1 Grad gewählt wird.

[0024] Nach dem ersten Schritt **10** entsprechen die maximale und die minimale, in der Tabelle der Fig. 2 enthaltene Öltemperatur jeweils der bisher einzigen gemessenen Öltemperatur, also 21 Grad. Damit ergeben sich für x = 1 die folgenden Ergebnisse:
21 Grad > 21 Grad + 1 Grad, die Bedingung ist nicht erfüllt;
21 Grad < 21 Grad – 1 Grad, die Bedingung ist nicht erfüllt.

[0025] Da keine der Bedingungen erfüllt ist, wird das Verfahren mit einem Schritt **12** fortgesetzt.

[0026] In dem Schritt **12** werden eine Mehrzahl von Bedingungen für den gemessenen Ölstand Sistx überprüft. Ist eine der Bedingungen erfüllt, so wird die jeweils zugehörige Aktion durchgeführt:
Sistx > Ssollx + W, falls ja, dann Warnung;
Sistx > Ssollx + A, falls ja, dann Alarmierung;
Sistx < Ssollx – W, falls ja, dann Warnung;
Sistx < Ssollx – A, falls ja, dann Alarmierung.

[0027] Bei dem Wert W handelt es sich um eine Warnschwelle, nach deren Über- oder Unterschreiten eine Warnung ausgelöst werden soll. Bei dem Wert A handelt es sich um eine Alarmschwelle, bei deren Über- oder Unterschreiten ein Alarmierung ausgelöst

werden soll. Die Warnschwelle W wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel zu 0,5 cm und die Alarmschwelle A zu 1 cm gewählt.

[0028] Bei dem Ölstand Ssollx handelt es sich um einen Soll-Ölstand, der aus den bisher gemessenen Ölständen und Öltemperaturen berechnet wird. Es gilt somit allgemein:
Ssollx = f(Sisty, Töly) mit y < x.

[0029] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird der Ölstand Ssoll aus den früher gemessenen und in der Tabelle der Fig. 2 abgespeicherten Ölständen und Öltemperaturen sowie der aktuell gemessenen Öltemperatur mittels linearer Interpolation ermittelt.

[0030] Da im aktuellen Schritt **12** des Verfahrens der Fig. 1 nur ein Wertepaar in der Tabelle der Fig. 2 vorhanden ist, ist es nicht möglich, eine lineare Interpolation durchzuführen. Das Verfahren wird deshalb mit einem Schritt **13** fortgesetzt, wonach nach einer vorgegebenen Verzögerungszeit VZ in einem Schritt **14** die nächste Messung durchgeführt wird. Dies ist in dem Schritt **14** durch die Inkrementierung der Ziffer x dargestellt. Die Verzögerungszeit VZ kann beispielweise 1 Minute betragen.

[0031] In dem Schritt **14** wird der aktuelle Ölstand Sistx und die aktuelle Öltemperatur Tölx für x = 2 gemessen. Für das vorliegende Ausführungsbeispiel wird angenommen, dass folgende Werte gemessen werden: Sist2 = 44,2 cm; Töl2 = 21,3 Grad. Danach wird das Verfahren der Fig. 1 mit dem Schritt **11** fortgesetzt.

[0032] Für die aktuell gemessenen Werte, also für x = 2, ergeben sich im Schritt **11** die folgenden Ergebnisse:
21,3 Grad > 21 Grad + 1 Grad, die Bedingung ist nicht erfüllt;
21,3 Grad < 21 Grad – 1 Grad, die Bedingung ist nicht erfüllt.

[0033] Da keine der Bedingungen erfüllt ist, wird das Verfahren mit dem Schritt **12** fortgesetzt.

[0034] Da im aktuellen Schritt **12** des Verfahrens der Fig. 1 weiterhin nur ein Wertepaar in der Tabelle der Fig. 2 enthalten ist, ist es nicht möglich, eine lineare Interpolation durchzuführen. Das Verfahren wird deshalb mit dem Schritt **13** fortgesetzt, wonach nach einer vorgegebenen Verzögerungszeit VZ der Schritt **14** und damit die nächste Messung x = 3 durchgeführt wird. Das aktuell gemessene Wertepaar für x = 2 wird nicht in die Tabelle der Fig. 2 eingetragen.

[0035] In dem Schritt **14** wird erneut der aktuelle Ölstand Sistx und die aktuelle Öltemperatur Tölx für x = 3 gemessen. Für das vorliegende Ausführungsbeispiel wird nunmehr angenommen, dass folgende Werte gemessen werden: Sist3 = 47 cm; Töl3 = 22,1 Grad. Danach wird das Verfahren der Fig. 1 mit dem Schritt **11** fortgesetzt.

[0036] Für die aktuell gemessenen Werte, also für x = 3, ergeben sich im Schritt **11** die folgenden Ergebnisse:
22,1 Grad > 21 Grad + 1 Grad, die Bedingung ist erfüllt;
22,1 Grad < 21 Grad – 1 Grad, die Bedingung ist nicht erfüllt.

[0037] Da die erste Bedingung erfüllt ist, wird das Verfahren mit einem Schritt **15** fortgesetzt.

[0038] In dem Schritt **15** wird das aktuelle Wertepaar, also der Ölstand Sist3 und die Öltemperatur Töl3 in die Tabelle der Fig. 2 eingetragen. Damit enthält die Tabelle zwei Wertepaare. Das Verfahren wird danach mit dem Schritt **13** und dem Schritt **14** fortgesetzt.

[0039] In dem Schritt **14** wird erneut der aktuelle Ölstand Sistx und die aktuelle Öltemperatur Tölx für x = 4 gemessen. Für das vorliegende Ausführungsbeispiel wird nunmehr angenommen, dass folgende Werte gemessen werden: Sist4 = 47,5 cm; Töl4 = 22,3 Grad. Danach wird das Verfahren der Fig. 1 mit dem Schritt **11** fortgesetzt.

[0040] Für die aktuell gemessenen Werte, also für x = 4, ergeben sich im Schritt **11** die folgenden Ergebnisse:
22,3 Grad > 22,1 Grad + 1 Grad, die Bedingung ist nicht erfüllt;
22,3 Grad < 21 Grad – 1 Grad, die Bedingung ist nicht erfüllt.

[0041] Da keine der Bedingungen erfüllt ist, wird das Verfahren mit dem Schritt **12** fortgesetzt.

[0042] In dem Schritt **12** wird nunmehr der Soll-Ölstand Ssollx mittels linearer Interpolation berechnet. Dies kann beispielhaft wie folgt vorgesehen sein:

Ssoll4 = ((Ssoll3 – Ssoll1)/(Töl3-Töl1)) × (Töl4 – Töl1) – Ssoll1

[0043] Es wird beispielhaft angenommen, dass sich der Soll-Ölstand Ssollx für x = 4 zu Ssoll4 = 47,5 cm ergibt. Danach werden in dem Schritt **12** die bereits erwähnten Bedingungen für den gemessenen Ölstand Sist4 überprüft. Ist eine der Bedingungen erfüllt, so wird die jeweils zugehörige Aktion durchgeführt:
Sist4 > Ssoll + W, falls ja, dann Warnung;
Sist4 > Ssoll + A, falls ja, dann Alarmierung;
Sist4 < Ssoll – W, falls ja, dann Warnung;
Sist4 < Ssoll – A, falls ja, dann Alarmierung.

[0044] Dies führt zu folgenden Ergebnissen:
47,5 cm > 47,5 cm + 0,5 cm, Bedingung ist nicht erfüllt;
47,5 cm > 47,5 cm + 1,0 cm, Bedingung ist nicht erfüllt;
47,5 cm < 47,5 cm – 0,5 cm, Bedingung ist nicht erfüllt;
47,5 cm < 47,5 cm – 0,5 cm, Bedingung ist nicht erfüllt.

[0045] Da keine der Bedingungen erfüllt ist, wird weder eine Warnung, noch eine Alarmierung ausgegeben. Das Verfahren wird mit den Schritten **13** und **14** fortgesetzt.

[0046] In dem Schritt **14** wird erneut der aktuelle Ölstand Sistx und die aktuelle Öltemperatur Tölx für x = 5 gemessen. Für das vorliegende Ausführungsbeispiel wird nunmehr angenommen, dass folgende Werte gemessen werden: Sist5 = 51 cm; Töl5 = 23,2 Grad. Danach wird das Verfahren der Fig. 1 mit dem Schritt **11** fortgesetzt.

[0047] Für die aktuell gemessenen Werte, also für x = 5, ergeben sich im Schritt **11** die folgenden Ergebnisse:
23,2 Grad > 22,1 Grad + 1 Grad, die Bedingung ist erfüllt;
23,2 Grad < 21 Grad – 1 Grad, die Bedingung ist nicht erfüllt.

[0048] Da die erste Bedingung erfüllt ist, wird das Verfahren mit dem Schritt **15** fortgesetzt.

[0049] In dem Schritt **15** wird das aktuelle Wertepaar, also der Ölstand Sist5 und die Öltemperatur Töl5 in die Tabelle der Fig. 2 eingetragen. Damit enthält die Tabelle drei Wertepaare. Das Verfahren wird danach mit dem Schritt **13** und dem Schritt **14** fortgesetzt.

[0050] In dem Schritt **14** wird erneut der aktuelle Ölstand Sistx und die aktuelle Öltemperatur Tölx für x = 6 gemessen. Für das vorliegende Ausführungsbeispiel wird nunmehr angenommen, dass folgende Werte gemessen werden: Sist6 = 42,5 cm; Töl6 = 23,8 Grad. Danach wird das Verfahren der Fig. 1 mit dem Schritt **11** fortgesetzt.

[0051] Für die aktuell gemessenen Werte, also für x = 6, ergeben sich im Schritt **11** die folgenden Ergebnisse:
23,8 Grad > 23,2 Grad + 1 Grad, die Bedingung ist nicht erfüllt;
23,8 Grad < 21 Grad – 1 Grad, die Bedingung ist nicht erfüllt.

[0052] Da keine der Bedingungen erfüllt ist, wird das Verfahren mit dem Schritt **12** fortgesetzt.

[0053] In dem Schritt **12** wird nunmehr der Soll-Ölstand Ssollx für die Öltemperatur Töl6 mittels linearer Interpolation berechnet. Es wird beispielhaft angenommen, dass sich der Soll-Ölstand Ssollx für x = 6 zu Ssoll6 = 43,1 cm ergibt. Danach werden in dem Schritt **12** die bereits erwähnten Bedingungen für den gemessenen Ölstand Sist6 überprüft. Ist eine der Bedingungen erfüllt, so wird die jeweils zugehörige Aktion durchgeführt:
Sist6 > Ssoll6 + W, falls ja, dann Warnung;
Sist6 > Ssoll6 + A, falls ja, dann Alarmierung;
Sist6 < Ssoll6 – W, falls ja, dann Warnung;
Sist6 < Ssoll6 – A, falls ja, dann Alarmierung.

[0054] Dies führt zu folgenden Ergebnissen:
42,5 cm > 43,1 cm + 0,5 cm, Bedingung ist nicht erfüllt;
42,5 cm > 43,1 cm + 1,0 cm, Bedingung ist nicht erfüllt;
42,5 cm < 43,1 cm – 0,5 cm, Bedingung ist erfüllt;
42,5 cm < 43,1 cm – 1,0 cm, Bedingung ist nicht erfüllt.

[0055] Die dritte Bedingung ist erfüllt. Es wird deshalb eine Warnung ausgegeben, und zwar dahingehend, dass der Ölstand im Gehäuse des Transformators zu gering ist. Dies ist in der Fig. 1 durch den Schritt **16** dargestellt. Das Verfahren wird danach mit den Schritten **13** und **14** fortgesetzt.

[0056] In dem Schritt **14** wird erneut der aktuelle Ölstand Sistx und die aktuelle Öltemperatur Tölx für x = 7 gemessen. Für das vorliegende Ausführungsbeispiel wird nunmehr angenommen, dass folgende Werte gemessen werden: Sist7 = 60 cm; Töl7 = 21,4 Grad. Danach wird das Verfahren der Fig. 1 mit dem Schritt **11** fortgesetzt.

[0057] Für die aktuell gemessenen Werte, also für x = 7, ergeben sich im Schritt **11** die folgenden Ergebnisse:
21,4 Grad > 23,2 Grad + 1 Grad, die Bedingung ist nicht erfüllt;
21,4 Grad < 21 Grad – 1 Grad, die Bedingung ist nicht erfüllt.

[0058] Da keine der Bedingungen erfüllt ist, wird das Verfahren mit dem Schritt **12** fortgesetzt.

[0059] In dem Schritt **12** wird nunmehr der Soll-Ölstand Ssollx für die Öltemperatur Töl7 mittels linearer Interpolation berechnet. Es wird beispielhaft angenommen, dass sich der Soll-Ölstand Ssollx für x = 7 zu Ssoll7 = 45 cm ergibt. Danach werden in dem Schritt **12** die bereits erwähnten Bedingungen für den gemessenen Ölstand Sist7 überprüft. Ist eine der Bedingungen erfüllt, so wird die jeweils zugehörige Aktion durchgeführt:
Sist7 > Ssoll7 + W, falls ja, dann Warnung;
Sist7 > Ssoll7 + A, falls ja, dann Alarmierung;

Sist7 < Ssoll7 – W, falls ja, dann Warnung;
Sist7 < Ssoll7 – A, falls ja, dann Alarmierung.

[0060] Dies führt zu folgenden Ergebnissen:
60 cm > 45 cm + 0,5 cm, Bedingung ist erfüllt;
60 cm > 45 cm + 1,0 cm, Bedingung ist erfüllt;
60 cm < 45 cm – 0,5 cm, Bedingung ist nicht erfüllt;
60 cm < 45 cm – 1,0 cm, Bedingung ist nicht erfüllt.

[0061] Die erste und die zweite Bedingung sind erfüllt. Es wird deshalb eine Alarmierung ausgegeben, und zwar dahingehend, dass der Ölstand im Gehäuse des Transformators zu hoch ist. Dies erfolgt wiederum im Schritt **16** der Fig. 1.

[0062] Das Verfahren wird danach mit den Schritten **13** und **14** fortgesetzt, also mit einer weiteren zeitverzögerten Messung des aktuellen Ölstands Sistx und der aktuellen Öltemperatur Tölx. Diese gemessenen Werte werden auf dieselbe Art und Weise verarbeitet, wie dies vorstehend beschrieben ist.

[0063] Ist im Schritt **11** eine der beiden Bedingungen erfüllt, so werden das aktuell gemessene Wertepaar in die Tabelle der Fig. 2 eingetragen. Dieses Wertepaar muss dann bei den nachfolgenden Schritten des Verfahrens, unter anderem bei der Berechnung des Soll-Ölstands mittels linearer Interpolation, berücksichtigt werden.

[0064] Ist in einem der nachfolgenden Schritte **12** eine der Bedingungen erfüllt, so wird eine Warnung oder eine Alarmierung mit Hilfe des Schritts **16** ausgegeben.

[0065] Dem vorstehend beschriebenen Verfahren müssen keine Werte vorgegeben werden. Statt dessen ist es nur erforderlich, dass eine Bedienperson bei der Inbetriebnahme des Transformators manuell kontrolliert, ob das Transformatoröl einen erwünschten Ölstand aufweist. Ist dies der Fall, so kann das beschriebene Verfahren ohne weitere Eingaben seitens der Bedienperson gestartet werden. Das Verfahren kalibriert sich danach automatisch anhand der gemessenen Messwerte.

[0066] Das beschriebene Verfahren der Fig. 1 kann über eine beliebig lange Zeitdauer fortgesetzt werden. Das Verfahren passt sich automatisch an Veränderungen der Öltemperatur an, die sich beispielsweise durch unterschiedliche Außentemperaturen oder bedingt durch die Jahreszeiten ergeben. Insoweit ist das Verfahren lernfähig.

[0067] Nach Wartungsarbeiten, bei denen kein Transformatoröl hinzugefügt oder abgelassen wird, kann das Verfahren mit der bis dahin erzeugten und abgespeicherten Tabelle der Fig. 2 fortgesetzt werden. Alternativ ist es auch möglich, das Verfahren der Fig. 1 völlig neu mit dem Schritt **10** zu beginnen.

[0068] Nach Wartungsarbeiten, bei denen der Ölstand insbesondere durch ein Nachfüllen von Transformatoröl verändert wird, muss das Verfahren der Fig. 1 neu, also mit dem Schritt **10** begonnen werden. In diesem Fall muss die Bedienperson, wie erläutert, manuell kontrollieren, ob das Transformatoröl einen erwünschten Ölstand aufweist. Ebenfalls muss in diesem Fall mit einer neuen Tabelle begonnen werden, in der also noch keine Wertepaare enthalten sind.

[0069] Das beschriebene Verfahren kann bei jeglichen Transformatoren zum Einsatz kommen, bei denen das Transformatoröl sich im Inneren des Gehäuses des Transformators ohne weiteres ausdehnen kann, und zwar derart, dass eine Ausdehnung des Transformatoröls auch zu einer Veränderung des Ölstands innerhalb des Gehäuses führt. Dies ist insbesondere bei Transformatoren der Fall, die einen Ausgleichsbehälter für das Transformatoröl aufweisen.

[0070] Bei allen derartigen Transformatoren kann anstelle des Ölstands auch der Öldruck als maßgebliche Größe verwendet werden. Dies ergibt sich daraus, dass ein Ansteigen des Transformatoröls und damit ein Ansteigen des Ölstands immer eine entsprechende Vergrößerung der vorhandenen Ölsäule zur Folge hat und somit immer einen entsprechenden Anstieg des auf das Transformatoröl einwirkenden Öldrucks mit sich bringt. Der Ölstand des Transformatoröls sowie der auf das Transformatoröl einwirkende Öldruck stellen deshalb insoweit gleichwertige Größen dar, die beide bei dem beschriebenen Verfahren zum Einsatz kommen können.

[0071] Sogenannte Hermetik-Transformatoren besitzen keinen Ausgleichsbehälter. Statt dessen sind sie hermetisch flüssigkeitsdicht abgeschlossen und vollständig mit Transformatoröl gefüllt. Eine Ausdehnung des Transformatoröls wird bei derartigen Transformatoren über eine Ausbauchung von Kühlradiatoren ermöglicht. Dies hat zur Folge, dass bei Hermetik-Transformatoren kein Ölstand gemessen werden kann, der sich bei einer Ausdehnung des Transformatoröls verändern würde.

[0072] Im Falle von Hermetik-Transformatoren kann anstelle des Ölstands der auf das Transformatoröl einwirkende Druck gemessen und verarbeitet werden. Dehnt sich nämlich das Transformatoröl aus, so ist dies nur dadurch möglich, dass der von dem Transformatoröl erzeugte Druck ansteigt und dadurch die Kühlradiatoren ausgebaucht werden. Die Kühlradiatoren stellen jedoch einen bleibenden Gegendruck dar, so dass der auf das Transformatoröl einwirkende Druck einen Messwert darstellt, der letztlich der Ausdehnung des Transformatoröls entspricht, und der damit mit dem Ölstand vergleichbar ist.

[0073] Das beschriebene Verfahren kann im Falle eines Hermetik-Transformators somit mittels einer Messung des Öldrucks durchgeführt werden. Wenn dann die Öltemperatur ansteigt, der Öldruck jedoch nicht in dem vorausberechneten Maß ansteigt, so bedeutet dies, dass der Transformator ein Leck hat und Transformatoröl austritt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung der Ölfüllung eines elektrischen Transformators, wobei der Transformator ein Gehäuse aufweist, das mit einem Transformatoröl gefüllt ist, und wobei bei dem Verfahren ein Ölstand (Sistx) des Transformatoröls zeitlich aufeinanderfolgend gemessen wird (**10**, **14**), **dadurch gekennzeichnet**, dass zeitlich zusammen mit dem Ölstand (Sistx) auch eine Öltemperatur (Tölx) gemessen wird (**10**, **14**), dass aus zeitlich zurückliegenden Messungen des Ölstands (Sisty, y < x) und der Öltemperatur (Töly, y < x) sowie aus der aktuellen Messung der Öltemperatur (Tölx) ein Soll-Ölstand (Ssollx) ermittelt wird (**12**), dass der aktuell gemessene Ölstand (Sistx) mit dem ermittelten Soll-Ölstand (Ssollx) verglichen wird (**12**), und dass in Abhängigkeit von dem Vergleich eine Warnung oder eine Alarmierung ausgegeben wird (**16**).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Soll-Ölstand (Ssollx) mittels linearer Interpolation ermittelt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei eine Warnung oder eine Alarmierung ausgegeben wird, wenn der aktuell gemessene Ölstand (Sistx) von dem ermittelten Soll-Ölstand (Ssollx) um eine vorgegebene Warnschwelle (W) oder Alarmschwelle (A) abweicht.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die aktuell gemessene Öltemperatur (Tölx) mit einem Maximalwert (Tmax) und einem Minimalwert (Tmin) verglichen wird, und dass in Abhängigkeit von dem Vergleich die aktuell gemessene Öltemperatur (Tölx) und der aktuell gemessene Ölstand (Sistx) abgespeichert werden.

5. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der Maximalwert (Tmax) und der Minimalwert (Tmin) der maximalen und der minimalen abgespeicherten Öltemperatur entsprechen.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, wobei zu dem Maximalwert (Tmax) und zu dem Minimalwert (Tmin) ein Differenzwert (deltaT) addiert oder subtrahiert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei der Soll-Ölstand (Ssollx) aus abgespeicherten Ölständen (Sisty, y < x) und Öltemperaturen (Töly, y < x) ermittelt wird.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei anstelle des Ölstands (Sist) ein Öldruck verwendet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei es sich bei dem Öldruck um den auf das Transformatoröl einwirkenden Druck handelt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, wobei aus zurückliegenden Messungen des Öldrucks und der Öltemperatur sowie aus der aktuellen Messung der Öltemperatur ein Soll-Öldruck ermittelt wird, dass der aktuell gemessene Öldruck mit dem ermittelten Soll-Öldruck verglichen wird, und dass in Abhängigkeit von dem Vergleich eine Warnung oder eine Alarmierung ausgegeben wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei die aktuell gemessene Öltemperatur mit einem Maximalwert und einem Minimalwert verglichen wird, und dass in Abhängigkeit von dem Vergleich die aktuell gemessene Öltemperatur und der aktuell gemessene Öldruck abgespeichert werden.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

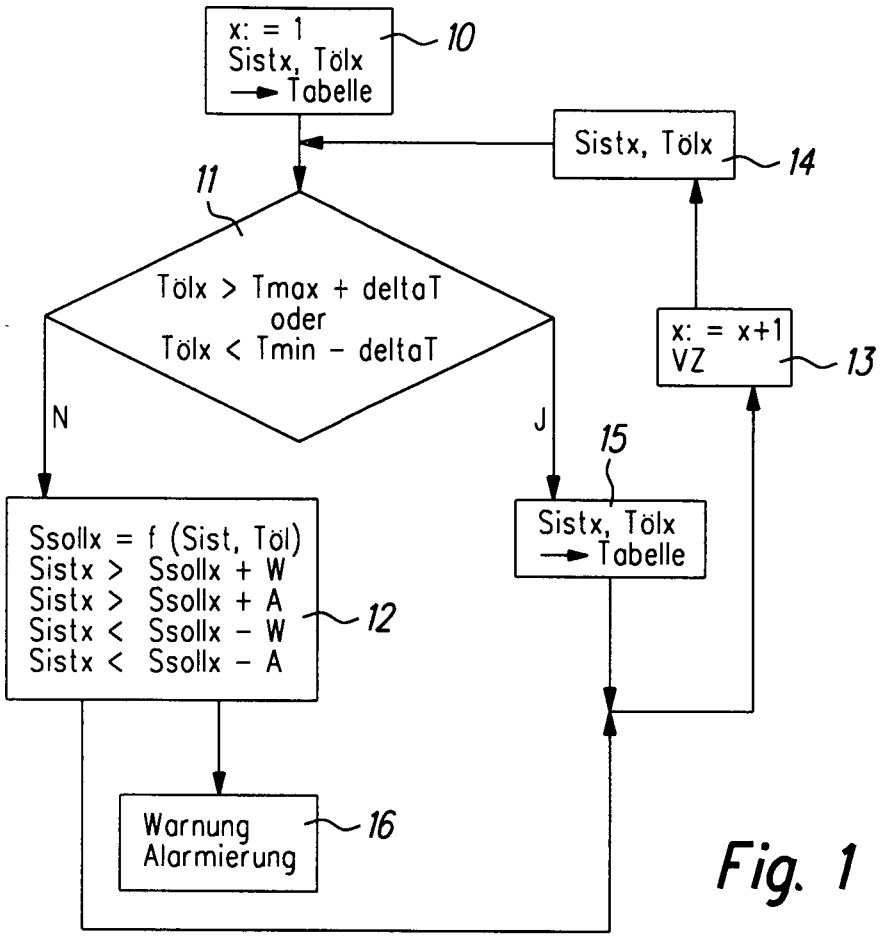


Fig. 1

	Sist	Töl
x = 1 :	44 cm	21 Grad
x = 3 :	47 cm	22,1 Grad
x = 5 :	51 cm	23,2 Grad
	⋮	⋮

Fig. 2