



PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 R / 324 156 4

(22) 28.12.88

(44) 16.05.90

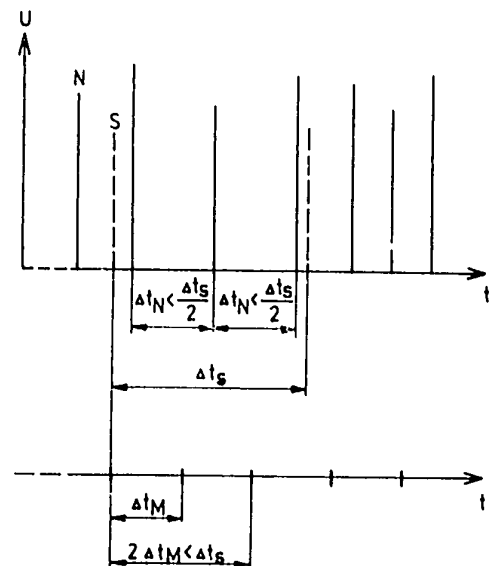
(71) VEB Elektromaschinenbau Dresden, Hennigsdorfer Straße 25, Dresden, 8017, DD

(72) Berthold, Volker, Dr.-Ing.; Börner, Gunter, Dr.-Ing., DD

(54) Prüfverfahren zum Nachweis von Fehlern in der Isolierung

(55) Prüfverfahren; feilentladungen, zerstörungsfrei; Isolierung; Niederspannungsmaschinen

(57) Die Erfindung betrifft ein Prüfverfahren zum Nachweis von Fehlern in der Isolierung zwischen spannungsführenden und geerdeten Teilen verschiedener Wicklungsstränge, insbesondere in der Nut- und Phasenisolierung rotierender Niederspannungsmaschinen. Das Wesen der Erfindung besteht darin, daß die Höhe der Prüfwechselspannung unter Berücksichtigung der Abstände der Nutz- und der Störsignale sowie der Periode der Prüfwechselspannung bestimmt wird, und die Nutzsignale innerhalb mindestens zwei aufeinanderfolgenden entsprechend definierten, konstanten Meßintervallen bewertet werden. Fig. 3



N=Nutzsignal S=Störsignal

Fig. 3

Patentanspruch:

Prüfverfahren zum Nachweis von Fehlern in der Isolierung rotierender Niederspannungsmaschinen, durch eine am Prüfling angelegte Prüfwechselspannung, die unterhalb dem Wert bei dem Teilentladungen an fehlerfreien und oberhalb dem kleinsten Wert, bei dem Teilentladungen an fehlerbehafteten Prüflingen auftreten, liegt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Höhe dieser Prüfwechselspannung für die Prüfung so eingestellt wird, daß der Abstand der durch sie hervorgerufenen Nutzsignale kleiner als die Hälfte des Abstandes der dabei zufällig auftretenden Störsignale ($\Delta t_N < \frac{\Delta t_S}{2}$) ist und daß die im konstanten Meßintervall Δt_M liegenden Nutzsignale, das mindestens eine Periode der anliegenden Wechselspannung und höchstens die Hälfte des minimalen Abstandes der Störsignale $\frac{\Delta t_S}{2}$ beträgt, mindestens zweimal nacheinander bewertet werden.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Prüfverfahren zum Nachweis von Fehlern in der Isolierung zwischen spannungsführenden und geerdeten Teilen oder zwischen spannungsführenden Teilen verschiedener Wicklungsstränge, insbesondere in der Nut- und Phasenisolierung rotierender Niederspannungsmaschinen.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Bekannt sind Spannungsprüfungen zum Nachweis von Fehlern in der Isolierung von Niederspannungsmaschinen. Dabei dient der Durchschlag bzw. Überschlag zur Indikation des Fehlers (Sequenz, H.: Herstellung der Wicklung elektrischer Maschinen; Springer Verlag 1973). Nachteilig ist, daß das Verfahren bei Vorhandensein eines Fehlers zwangsläufig zur Zerstörung der Isolierung führt und damit eine Beseitigung des Fehlers in der unimprägnierten Wicklung zur Herstellung des erforderlichen Isolationsvermögens verhindert.

Ein weiterer Nachteil dieser Spannungsprüfung ist, daß damit nicht alle Fehler in der Isolierung erfaßt werden, die später im Betrieb zu Frühausfällen führen („Elektrie“, Berlin 1987, H. 10, S. 381–384).

Aus der Hochspannungstechnik sind vielfältige Anwendungen der Teilentladungsmeßtechnik zum Nachweis von Fehlern in Isolierungen elektrischer Maschinen bekannt (Sequenz, H.: Herstellung der Wicklung elektrischer Maschinen; Springer-Verlag 1973). Alle Anwendungsvarianten gehen davon aus, daß an den Fehlstellen in der Isolierung Teilentladungen (Entladungen, die nicht zwangsläufig zum Durchbruch führen) auftreten können. Nachteilig dabei ist, daß zur meßtechnischen Erfassung von Teilentladungen kostspielige Meßgeräte und -einrichtungen verwendet werden („Elektrie“, Berlin 1981, H. 7, S. 353–357).

Bekannt ist, zur Prüfung der Isolation von Niederspannungsmaschinen durch Teilentladungen eine Impulserzeugerschaltung anzuwenden, die im Stator ein pulsformiges rotierendes Drehfeld erzeugt, das im Anker Spannungen induziert. Sie werden einer Filterschaltung zugeführt, in der die Teilentladungsspannungen ausgefiltert und in einer Meßanordnung ausgewertet werden.

Nachteilig ist der hohe gerätetechnische Aufwand. Bekannt ist weiterhin auch der Nachweis von Fehlern in der Nutenisolierung von Niederspannungsmaschinen, mit Hilfe der elektrischen Teilentladungsmeßtechnik, wobei an die Niederspannungsmaschine eine Wechselspannung angelegt wird, die niedriger ist als die Durchschlagsspannung der Isolierung, aber so hoch, daß an den Fehlstellen Teilentladungen auftreten („Elektrie“, 1987, H. 10, S. 381–384). Dabei erfolgt die Erfassung der Teilentladungen über einen üblichen Teilentladungsmeßkreis und die Messung der Kenngrößen über ein teures Teilentladungsmeßgerät. Obwohl der Nachweis von Fehlern der Isolierung gut und zerstörungsfrei erfolgt, ist aufgrund der erheblichen Kosten für ein Teilentladungsmeßgerät, der hohen Anforderungen an die Qualifikation des Bedienungspersonals und der langen Zeit für eine Messung der Einsatz der Teilentladungstechnik in der betrieblichen Fertigungskontrolle der relativ billigen Niederspannungsmaschinen ökonomisch nicht vertretbar.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist, ein Verfahren mit geringem technischen Aufwand und ohne Qualifikationsanforderungen an das Prüfpersonal zum zerstörungsfreien Nachweis von Fehlern in der Isolierung rotierender Niederspannungsmaschinen, insbesondere in der Nut- und Phasenisolierung zu schaffen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist, für die am Prüfling angelegte Wechselspannung, die unterhalb dem Wert, bei dem Teilentladungen an fehlerfreien und oberhalb dem kleinsten Wert, bei dem Teilentladungen an fehlerbehafteten Prüflingen auftreten, liegt, den Wert anzugeben, mit dem das Ziel der Erfindung erreicht wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß man denjenigen Wert der Wechselspannung zur Prüfung benutzt, bei dem die Bedingung, daß der Abstand der durch sie hervorgerufenen Nutzsignale kleiner als die Hälfte des Abstandes der dabei

zufällig auftretenden Störsignale ($\Delta t_N < \frac{\Delta t_S}{2}$) ist, und daß die Nutzsignale dabei im konstanten Meßintervall Δt_M , das

mindestens eine Periode der anliegenden Wechselspannung und höchstens die Hälfte des minimalen Abstandes der Störsignale

$\frac{\Delta t_S}{2}$ beträgt, liegt. Zur Erhöhung der Sicherheit der Aussage müssen bei der Prüfung die Nutzsignale mindestens innerhalb zwei

aufeinanderfolgenden Meßintervallen bewertet werden.

Die so gewählte Wechselspannung ruft Teilentladungen hervor, die mit geringem gerätetechnischem Aufwand und sehr einfacher Bedienung und Auswertung eine zerstörungsfreie Ja- Nein-Aussage zur Fehlerfreiheit der Isolierung mit hoher Nachweisempfindlichkeit liefern.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1: einen Meßkreis zur Erfassung der Nutzsignale

Fig. 2: ein Blockschaltbild der Signalverarbeitungs- und -bewertungseinheit 6

Fig. 3: die graphische Darstellung der bei der Prüfung auftretenden Nutz- und Störsignale

Fig. 4: Taktsignale vom Zeitgeberbaustein 9

Fig. 5: Signale bei einem fehlerfreien Prüfling, wobei

- a) die Signale am Eingang des Signalumformerbausteins 7,
- b) die Signale am Ausgang des Signalumformerbausteins 7,
- c) die Signale am Ausgang des Verknüpfungsbausteins 8 und
- d) die Signale am Ausgang des Zählerbausteins 10 sind

Fig. 6: Signale bei einem fehlerbehafteten Prüfling, wobei

- a) die Signale am Eingang des Signalumformerbausteins 7,
- b) die Signale am Ausgang des Signalumformerbausteins 7,
- c) die Signale am Ausgang des Verknüpfungsbausteins 8 und
- d) die Signale am Ausgang des Zählerbausteins 10 sind.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Meßkreis zur Erfassung der Nutzsignale ist 1 der Prüfling, der über eine Zuleitungsimpedanz 2 mit der Hochspannungsprüfanlage 3, die eine Prüfwechselspannung liefert, verbunden. Der Nutzsignalkreis wird über den Kopplungs-Kondensator 4, der in Reihe mit einer Meßimpedanz 5 liegt, geschlossen. Über die Meßimpedanz 5 werden die stromproportionalen Spannungsimpulse ausgekoppelt und einer Signalverarbeitungs- und -bewertungseinheit 6 zugeführt. Es wurde gefunden, daß bei Belastung eines Prüflings mit der Prüfwechselspannung die an den Fehlstellen der Isolierung auftretenden impulsförmigen Teilentladungen, die Nutzsignale, bereits bei der Einsetzspannung sehr groß sind, wodurch aufwendige Maßnahmen zu ihrer Verstärkung im Rahmen ihrer Verarbeitung und Bewertung entfallen können. Bei der Prüfung treten neben den Nutzsignalen, unabhängig vom Zustand des Prüflings und von der Höhe der Prüfwechselspannung, auch zufällige Störsignale auf. Dies ist in Fig. 3 dargestellt. Die Störsignale kommen aus der Umgebung und können das Meßergebnis verfälschen. Aus diesem Grund ist für die Verarbeitung und Bewertung der Nutzsignale unbedingt eine Trennung der Nutzsignale von den Störsignalen erforderlich. Es wurde weiterhin gefunden, daß diese Trennung auf einfache Art und Weise, ohne großen gerätetechnischen Aufwand durch eine geeignete Wahl der Höhe der Prüfwechselspannung unter Berücksichtigung der Nutz- (Δt_N) und Störsignalabstände (Δt_S), sowie der Periode der Prüfwechselspannung möglich ist. Dadurch wird ein für die Prüfung geeignetes konstantes Meßintervall (Δt_M) bestimmt, innerhalb dessen die Bewertung der Nutzsignale unabhängig von auftretenden Störsignalen erfolgt und die fehlerhaften Prüflinge eindeutig ausgewiesen werden (Fig. 3). Zunächst wird für die Prüfung die Höhe der Prüfspannung bei fehlerhaften Prüflingen so festgelegt, daß Nutz- und Störsignale hinsichtlich ihrer Häufigkeit mit Sicherheitsabstand unterscheidbar sind. Dafür muß die Prüfwechselspannung so hoch gewählt werden, daß der Nutzsignalabstand Δt_N (zeitliche Differenz zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Einzelimpulsen oder Impulsgruppen der Nutzsignale) am fehlerhaften Prüfling kleiner ist als die Hälfte des Störsignalabstandes Δt_S (zeitliche Differenz zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Einzelimpulsen oder Impulsgruppen der Störsignale). Danach bestimmt man an fehlerfreien Prüflingen die Höhe der Prüfwechselspannung, bei der Teilentladungen auftreten. Die Höhe dieser Wechselprüfspannung darf bei der Prüfung nicht überschritten werden, da sonst fehlerfreie Prüflinge als fehlerhaft ausgewiesen werden können. Wenn am Prüfling 1 die so ausgewählte Prüfwechselspannung angelegt wird, kann die Verarbeitung und Bewertung der Nutzsignale in der Signalverarbeitungs- und -bewertungseinheit, die in Fig. 2 im einzelnen dargestellt ist, erfolgen. Das für die Bewertung der Signale konstante Meßintervall Δt_M muß mindestens eine Periode der anliegenden Prüfwechselspannung betragen, darf aber nicht größer sein als die Hälfte des minimalen Störsignalabstandes $\frac{\Delta t_S}{2}$, welcher aus einer Großzahlmessung statistisch gesichert ermittelt wird. Tritt während des Meßintervalls Δt_M ein Nutz- oder Störsignal auf, so wird der Sachverhalt gespeichert. Dieser Meßvorgang muß mindestens zweimal unmittelbar nacheinander

wiederholt werden. Werden dabei in beiden Meßvorgängen Signale registriert, so ist der Prüfling fehlerbehaftet. Entsprechend o.g. Bedingung, daß $\Delta t_M < \frac{\Delta t_S}{2}$ bzw. $2 \Delta t_M < \Delta t_S$ ist, können bei einer zweimaligen Wiederholung des Meßvorganges

(Gesamtzeit des Meßvorganges $2 \Delta t_M$) unter keinen Umständen zwei Störsignale (Abstand zwischen zwei Störsignalen Δt_S) erfaßt werden. Demzufolge muß mindestens in einem der beiden Meßvorgänge ein Nutzsignal registriert worden sein, wenn in zwei aufeinanderfolgenden Meßvorgängen Signale aufgetreten sind.

Die Registrierung von Impulsen in einem vorgegebenen Zeitintervall und die Prüfung der Bedingung, ob in einer vorgegebenen Anzahl von Wiederholungen dieser Intervalle Impulse aufgetreten sind, läßt sich mühelos mit Hilfe elektronischer Schaltungen realisieren. Nachdem das Meßintervall Δt_M und die Anzahl der Wiederholungen des Meßintervalls in der verwendeten Schaltung eingestellt werden, können automatisch Ja-Nein-Aussagen zur Fehlerfreiheit des Prüflings erzielt werden.

Nach Fig. 2 werden die Nutz- und Störsignale im Signalumformerbaustein 7 in definierte einheitliche Signale umgewandelt und dem Verknüpfungsbaustein 8 zugeführt. Parallel dazu wird vom Zeitgeberbaustein 9 das an ihm einstellbare Meßintervall Δt_M durch Taktsignale fortlaufend, periodisch bereitgestellt und ebenfalls dem Verknüpfungsbaustein 8 zugeführt. Durch elementare logische Operationen im Verknüpfungsbaustein 8 wird für jedes Meßintervall Δt_M aufs Neue bewertet, ob mindestens ein Signal vom Signalumformerbaustein 7 ankommt und am Ausgang des Verknüpfungsbausteins 8 bei positiver Bewertung ein entsprechendes Signal gesetzt. Im folgenden Zählerbaustein 10 werden diese Signale gezählt, und beim Erreichen einer vorgegebenen Anzahl (entspricht den Wiederholungen des Meßvorganges) wird der Sachverhalt angezeigt und die Anzeige gehalten bis zu einer Löschung von außen. Das Ausgangssignal vom Zählerbaustein 10 kann vorteilhafterweise zur Ansteuerung einer optischen Signalisierung fehlerbehafteter Prüflinge verwendet werden.

Fig. 4 zeigt die Taktsignale am Ausgang des Zeitgeberbausteins 9 zur Vorgabe des Meßintervalls Δt_M . Fig. 5 veranschaulicht die Signale in der Signalverarbeitungs- und -bewertungseinheit 6 bei einem fehlerfreien Prüfling. Dabei sind die Signale am Eingang des Signalumformerbausteins 7 in Fig. 5a und die definiert einheitlichen Signale am Ausgang des Signalumformerbausteins 7 in Fig. 5b dargestellt. Beim Auftreten eines definiert einheitlichen Signals am Verknüpfungsbaustein 8 liegt an dessen Ausgang bis zum Ende des Meßintervalls ein L-Signal (Fig. 5c) an. Im vorliegenden Beispiel wurde vorgegeben, daß bei drei Meßintervallen nacheinander mindestens ein Signal auftreten muß, wenn der Prüfling fehlerbehaftet ist. Im Zählerbaustein 10 können aber jeweils nur vereinzelte Meßintervalle mit Störsignal registriert werden, so daß der Prüfling als fehlerfrei bewertet wird. Der Ausgang des Zählerbausteins 10 bleibt auf L-Signal (Fig. 5d). Fig. 6 veranschaulicht die Signale in der Signalverarbeitungs- und -bewertungseinheit 6 bei einem fehlerbehafteten Prüfling. Fig. 6a zeigt die Signale am Eingang und Fig. 6b am Ausgang des Signalumformerbausteins 7. In der bereits erläuterten Weise werden diese Signale gemeinsam mit den Taktsignalen (Fig. 4) im Verknüpfungsbaustein 8 verarbeitet. Die Signale am Ausgang des Verknüpfungsbausteins 8 sind in Fig. 6c dargestellt. Nach drei positiv bewerteten Meßintervallen erscheint am Ausgang des Zählerbausteins 10 ein H-Signal, und der Prüfling wird als fehlerbehaftet ausgewiesen.

Das Prüfverfahren wird vorteilhaft bei rotierenden Niederspannungsmaschinen zum zerstörungsfreien Nachweis von Drähten, die außerhalb der Nutauskleidung oder -abdeckung, in Kontakt mit dem Blechpaket angeordnet sind, angewendet. Bei der Durchführung der Prüfung an unimprägnierten Wicklungen können solche Fehler mühelos erkannt und anschließend beseitigt werden. Weiterhin ist die Anwendung der Prüfung vorteilhaft, wenn fehlerhaft eingelegte Wickelkopfbeilagen in rotierenden elektrischen Niederspannungsmaschinen zerstörungsfrei nachgewiesen werden sollen, wobei auch hier eine Fehlerbeseitigung möglich ist. Ein weiteres Anwendungsgebiet sind Isolierungen ohne Wickelkopfbeilagen. Hier muß die Drahtisolierung der ganzen Leiter-Leiter-Spannung standhalten, und Fehlstellen in der Drahtisolierung müssen besonders empfindlich im elektrisch hochbeanspruchten Gebiet der Wicklung nachgewiesen werden. Für diesen Nachweis ist das Prüfverfahren auch sehr vorteilhaft einsetzbar.

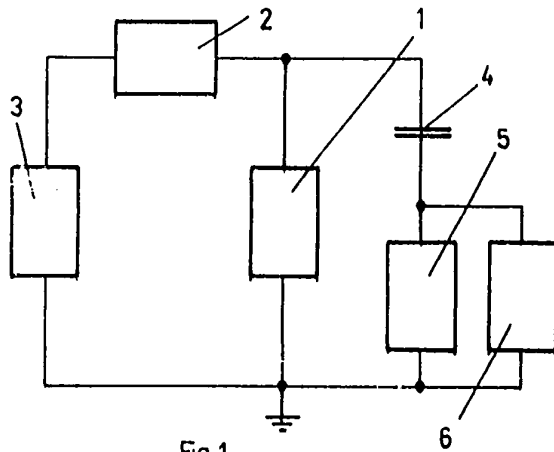


Fig. 1

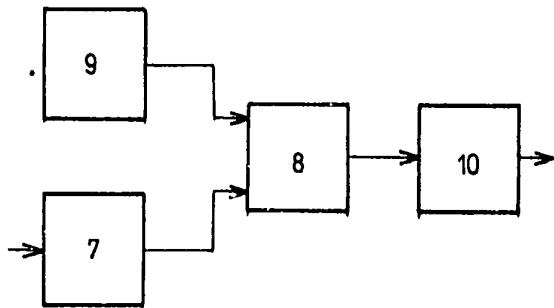
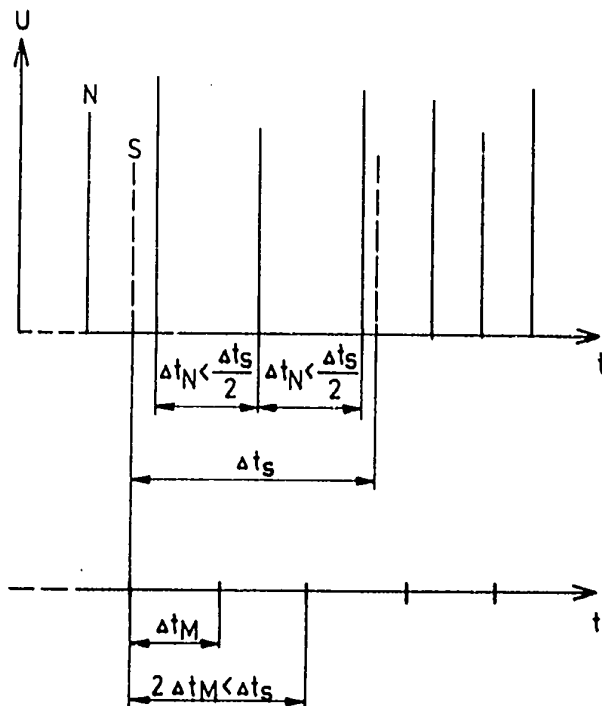


Fig. 2



N=Nutzsignal S=Störsignal

Fig. 3

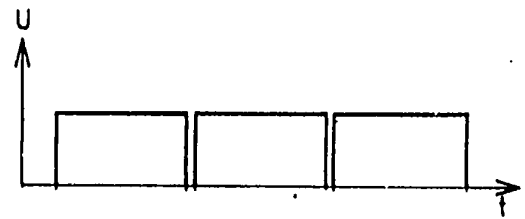


Fig. 4

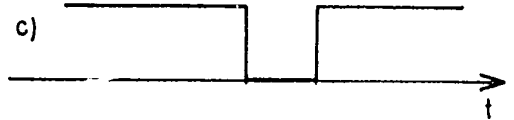
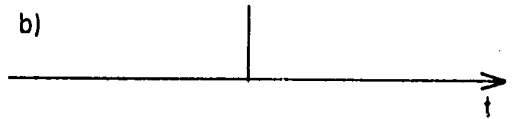
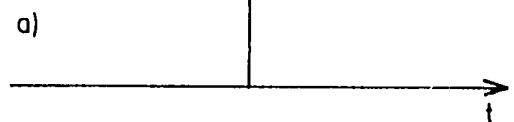


Fig. 5

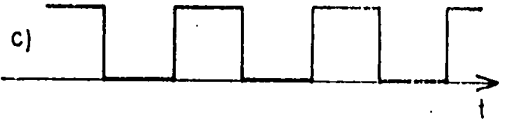
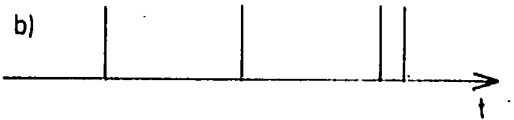
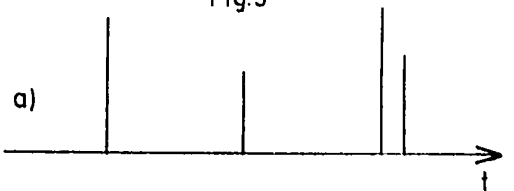


Fig. 6