

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50653/2018
(22) Anmeldetag: 26.07.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.02.2020

(51) Int. Cl.: **G01R 31/327** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 03019211 A1
EP 2472274 A2
WO 2016001149 A1

(71) Patentanmelder:
Omicron electronics GmbH
6833 Klaus (AT)

(74) Vertreter:
Patentanwälte Pinter & Weiss OG
1040 Wien (AT)

(54) **Prüfvorrichtung, Verfahren und System zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters eines Mehrphasen-Transformators**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren, eine Prüfvorrichtung und ein System zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters eines Mehrphasen-Transformators. Im Verfahren wird jeweils ein Teststrom je Phase des Mehrphasen-Transformators in eine jeweilige Primärwicklung über den Mehrphasen-Stufenschalter mittels einer Testsignalquelle der Prüfvorrichtung eingespeist. Zudem wird jeweils die Sekundärwicklung von wenigstens zwei Phasen kurzgeschlossen. Danach wird der Mehrphasen-Stufenschalter betätigt, um für die wenigstens zwei der Phasen gleichzeitig jeweils zwischen einer wenigstens einen Anzapfung und einer weiteren Anzapfung der jeweiligen Primärwicklung umzuschalten. Dabei wird während des Betätigens eine elektrische Spannung bezüglich der Primärwicklungen für die wenigstens zwei der Phasen erfasst, welche über die jeweilige Primärwicklung und den Stufenschalter abfällt.

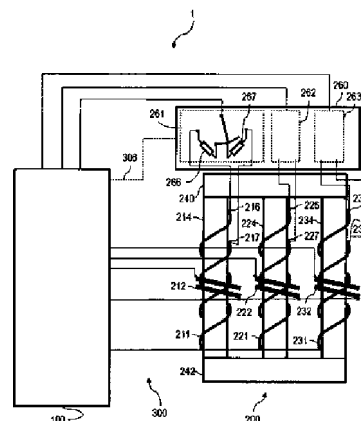


Fig. 1

ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren, eine Prüfvorrichtung und ein System zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters eines Mehrphasen-Transformators. Im Verfahren wird jeweils ein Teststrom je Phase des Mehrphasen-Transformators in eine jeweilige Primärwicklung über den Mehrphasen-Stufenschalter mittels einer Testsignalquelle der Prüfvorrichtung eingespeist. Zudem wird jeweils die Sekundärwicklung von wenigstens zwei Phasen kurzgeschlossen. Danach wird der Mehrphasen-Stufenschalter betätigt, um für die wenigstens zwei der Phasen gleichzeitig jeweils zwischen einer wenigstens einen Anzapfung und einer weiteren Anzapfung der jeweiligen Primärwicklung umzuschalten. Dabei wird während des Betätigens eine elektrische Spannung bezüglich der Primärwicklungen für die wenigstens zwei der Phasen erfasst, welche über die jeweilige Primärwicklung und den Stufenschalter abfällt.

(Fig. 1)

Prüfvorrichtung, Verfahren und System zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters eines Mehrphasen-Transformators

GEBIET DER ERFINDUNG

Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der Energietechnik und betrifft insbesondere Verfahren, Vorrichtungen und Systeme zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters eines Mehrphasen-Transformators.

HINTERGRUND

Mehrphasen-Transformatoren werden üblicherweise in Energieversorgungsnetzen eingesetzt, um für mehrere Phasen eines solchen Energieversorgungsnetzes elektrische Energie von einem Teil des Energieversorgungsnetzes in einen anderen Teil überzuführen und dabei die Spannungen und Ströme des einen Teils des Energieversorgungsnetzes in Spannungen und Ströme für den anderen Teil des Energieversorgungsnetzes umzuwandeln. Ein Transformator weist ein Übersetzungsverhältnis auf, welches das Verhältnis zwischen den elektrischen Spannungen an der einen Seite und an der anderen Seite des Transformators bezeichnet. So wird üblicherweise die Seite des Transformators, bei welcher die elektrische Spannung höher ist, als Oberspannungsseite, und die andere Seite als Unterspannungsseite bezeichnet. So kann etwa ein Drei-Phasentransformator mit seiner Oberspannungsseite an ein dreiphasiges Höchstspannungsnetz zur Energieversorgung angeschlossen sein und diese drei Phasen der Höchstspannung zu einer niedrigeren Spannung auf seiner Unterspannungsseite umwandeln – also transformieren –, wobei diese Unterspannungsseite wiederum etwa an ein dreiphasiges Hochspannungsnetz angeschlossen sein kann.

Die beiden Seiten eines Transformators können auch als Primärseite und als Sekundärseite bezeichnet werden. Üblicherweise aber nicht notwendigerweise bezeichnet dabei die Primärseite jene Seite des Transformators, bei welcher elektrische Energie eingespeist wird, sodass sie insbesondere der

Oberspannungsseite entsprechen kann. Zum Anpassen des Übersetzungsverhältnisses kann ein Transformator je Phase eine Primärwicklung, welche als Stufenwicklung mit mehreren Anzapfungen ausgebildet ist, und einen Stufenschalter aufweisen, welcher eingerichtet ist zwischen diesen Anzapfungen umzuschalten. Ein entsprechender Mehrphasen-Transformator weist solche als Stufenwicklungen ausgebildete Primärwicklungen entsprechend für jede seiner Phasen auf.

Durch eine Transformatorprüfung lassen sich Eigenschaften eines Transformators bestimmen, was etwa für die Entwicklung eines Transformators, zur Gewährleistung seiner Betriebssicherheit, zu dessen Ansteuerung, zu dessen Wartung, das Management von Produktlebenszyklen von solchen Transformatoren oder aus weiteren Gründen erforderlich sein kann. Eigenschaften eines solchen Transformators können insbesondere sein Widerstand, sein Übersetzungsverhältnis oder seine Induktivität sein und/oder bei einem Transformator mit Stufenschalter etwa auch das Umschaltverhalten des Stufenschalters.

Zum Durchführen einer Transformatorprüfung wird dieser üblicherweise je Phase mit einer oder mit mehreren Prüfvorrichtungen verbunden und ein Prüfverfahren durchgeführt, wobei für verschiedene Eigenschaften häufig unterschiedliche Konfigurationen des Transformators, der Prüfvorrichtung und/oder der elektrischen Verbindungen zwischen diesen erforderlich sind.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Der Erfindung liegt als eine Aufgabe zugrunde, das Prüfen eines Mehrphasen-Transformators mit einem Mehrphasen-Stufenschalter zu verbessern und dabei insbesondere das Prüfen zu vereinfachen, effizienter zu machen oder die Aussagekraft der Prüfung bezüglich der einzelnen Phasen und/oder des Umschaltverhaltens des Mehrphasen-Stufenschalters zu steigern.

Die Erfindung löst die Aufgabe jeweils durch ein Verfahren zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters eines Mehrphasen-Transformators, durch eine

Prüfvorrichtung zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters eines Mehrphasen-Transformators und durch ein entsprechendes System je gemäß der Lehre eines der Hauptansprüche. Vorteilhafte Ausführungsformen, Weiterbildungen und Varianten der vorliegenden Erfindung sind insbesondere Gegenstand der Unteransprüche.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters eines Mehrphasen-Transformators. Ein solcher Mehrphasen-Transformator weist für jede seiner Phasen eine Primärwicklung und eine Sekundärwicklung sowie einen sich durch die Primär- und Sekundärwicklung erstreckenden Schenkel aus magnetischem Material auf. Dabei sind die Primärwicklungen als Stufenwicklungen mit wenigstens einer und einer weiteren Anzapfung ausgebildet, wobei der Mehrphasen-Stufenschalter eingerichtet ist, jeweils zwischen der wenigstens einen und der weiteren Anzapfung umzuschalten. Das Verfahren weist ein Einspeisen jeweils eines Testsignals je Phase des Mehrphasen-Transformators in die jeweilige Primärwicklung über den Mehrphasen-Stufenschalter auf. Zudem wird im Verfahren jeweils die Sekundärwicklung von wenigstens zwei Phasen kurzgeschlossen. Nach dem Kurzschließen wird der Mehrphasen-Stufenschalter betätigt, um für die wenigstens zwei der Phasen gleichzeitig jeweils zwischen der wenigstens einen Anzapfung und der weiteren Anzapfung umzuschalten. Dabei wird wenigstens während des Betätigens des Mehrphasen-Stufenschalters – aber in einigen vorteilhaften Varianten auch zuvor und/oder anschließend – eine elektrische Messgröße bezüglich der Primärwicklungen für die wenigstens zwei der Phasen erfasst.

Im Sinne der Erfindung ist unter einem „Mehrphasen-Transformator“ ein Transformator für mehrere Phasen zu verstehen, wozu dieser je Phase eine Primärwicklung und eine Sekundärwicklung aufweist. Dabei erstreckt sich durch die Primärwicklung und die Sekundärwicklung ein Schenkel aus magnetischen Material, um insbesondere die magnetische Flussdichte und damit speziell die Kopplung der Primär und der Sekundärwicklung zu erhöhen. Außerdem sind die Schenkel auf beiden Seiten der Primär- und Sekundärwicklungen jeweils durch ein gemeinsames Joch verbunden, um den quellenlosen magnetischen Fluss je

Schenkel jeweils über die anderen Schenkel und das Joch auf der einen und das Joch auf der anderen Seite der Primär- und Sekundärwicklungen zu einem magnetischen Kreis zu schließen. Dabei dienen also bei einer üblichen mehrphasigen Spannung, welche symmetrisch ist, für jeden Schenkel die jeweils übrigen Schenkel als Rückflussschenkel. Dabei lassen sich vorteilhaft zusätzliche Rückflussschenkel einsparen und/oder eine leicht asymmetrische Einspeisung oder eine leichte Schiefast über die miteinander gekoppelten magnetischen Flüsse ausgleichen.

Im Sinne der Erfindung ist unter einem „Mehrphasen-Stufenschalter“ zumindest ein Stufenschalter zu verstehen, welcher für jede seiner Phasen ausgerichtet ist, zwischen jeweils mindestens zwei Anzapfungen der jeweiligen als Stufenwicklung ausgebildeten Primärwicklung umzuschalten. Dabei kann der Stufenschalter als Laststufenschalter zur unterbrechungsfreien Umschaltung ausgebildet sein und/oder einen Lastschalter und einen Wähler aufweisen. Dabei kann der Wähler durch mehrere Schaltungen an mehreren Anzapfungen – etwa drei oder mehr Anzapfungen – eine Auswahl zwischen verschiedenen Übersetzungsverhältnissen ermöglichen, während der Lastschalter ermöglicht zwischen zwei solchen über den Wähler ausgewählten Übersetzungsverhältnissen unterbrechungsfrei umzuschalten. Auch kann der Stufenschalter oder der Lastschalter zwei Lastwiderstände aufweisen, insbesondere um Stromspitzen oder Spannungsspitzen beim Umschalten zu dämpfen und/oder um ein Umschalten von einem Übersetzungsverhältnis zu einem anderen Übersetzungsverhältnis mit einem Zwischenzustand zu ermöglichen, bei denen beide Übersetzungsverhältnisse über die Lastwiderstände gewählt sind. Die beim Umschalten auftretenden Widerstände des Stufenschalters und ggf. auch der jeweilige Widerstand für ein Übersetzungsverhältnis werden auch als Überschaltwiderstände bzw. als (zeitlicher) Verlauf des Überschaltwiderstands bezeichnet. Außerdem ist ein Mehrphasen-Stufenschalter vorzugsweise eingerichtet, zumindest bei seinem ordnungsgemäßen Betrieb die einzelnen Phasen jeweils synchron zu den anderen Phasen umzuschalten, wodurch sich unsymmetrische Übersetzungen vermeiden lassen. Auch kann ein Mehrphasen-Stufenschalter aus mehreren Stufenschaltern je für eine Phase bestehen, welche vorzugsweise miteinander

synchronisiert sind, um eine entsprechende synchrone Umschaltung zu ermöglichen. Allerdings kann diese Synchronität – also das synchrone Umschalten – etwa durch Alterung eines solchen Mehrphasen- Stufenschalters und oder durch mechanische oder elektrische Toleranzen vom Ideal abweichen.

Im Sinne der Erfindung ist unter einem „Kurzschließen“ zumindest die Herstellung eines elektrisch leitenden Pfads mit einem geringen Widerstand zu verstehen. Der elektrisch leitende Pfad kann bezüglich einer Wicklung eines Transformators also eine nahezu perfekte elektrische Verbindung herstellen. Bezüglich einer Wicklung eines Transformators ist das Kurzschließen dieser Wicklung insbesondere dann nahezu perfekt, wenn der Widerstand über den Kurzschluss wesentlich kleiner als der Widerstand der Wicklung ist, also insbesondere um den Faktor 7,20, 100 oder 1000 kleiner ist. Auch kann entlang des Kurzschlusspfads der elektrische Strom – vorzugsweise durch induktive und damit widerstandslose Messung – oder die elektrische Spannung über den Kurzschlusspfad gemessen werden, um insbesondere den Kurzschlusswiderstand und/oder den Spannungsabfall über den Kurzschluss und somit die Güte des Kurzschlusses zu bestimmen.

Ein Vorteil des Erfassens der elektrischen Messgröße der Primärwicklungen für die wenigstens zwei der Phasen kann insbesondere darin liegen, dass diese Messgröße für diese zwei Phasen zugleich erfasst werden kann, wodurch sich insbesondere die zur Durchführung einer Transformatorprüfung erforderliche Zeit reduzieren lässt. Durch das Erfassen während des Betätigens des Mehrphasen- Stufenschalters lässt sich das Verhalten des Umschaltens zumindest für diese beiden Phasen zugleich bestimmen. Dies ermöglicht ein Überprüfen, ob die Umschaltung tatsächlich unterbrechungsfrei erfolgt und/oder wie sich beim Umschalten die Übersetzungsverhältnisse verändern. Auch wird es ermöglicht, Überschaltwiderstände oder Lastwiderstände des Stufenschalters zu messen. Ein Vorteil des Kurzschließens kann insbesondere darin liegen, dass die kurzgeschlossenen Sekundärwicklungen einer Änderung des magnetischen Flusses entgegenwirken, wodurch die Kopplung zwischen den Primärwicklungen – insbesondere über die Schenkel und die Joche – reduziert werden können und/oder sich die Primärwicklungen der wenigstens zwei der Phasen wie unabhängige Drosseln verhalten, deren Induktivität zumindest im Wesentlichen

der Streuinduktivität – aber nicht der vollen Induktivität des Transformators bzw. des jeweiligen Schenkels – entspricht. Hierdurch lässt sich die erfasste Messgröße für die eine der wenigstens zwei der Phasen von der erfassten elektrischen Messgröße der anderen Phase zumindest im Wesentlichen entkoppeln, wodurch die Änderungen der erfassten Messgröße aufgrund des Umschaltens der einen Phase von den Änderungen der anderen elektrischen Messgröße durch das Umschalten bei der anderen Phase unterschieden werden können. Auch lässt sich durch die reduzierte Induktivität das Umschaltverhalten über die jeweils erfasste elektrische Messgröße besser auflösen.

Gemäß einigen Ausführungsformen weist das Verfahren weiterhin ein derartiges Einprägen jeweils eines Gleichstroms je Phase in die jeweilige Primärwicklung vor dem Kurzschließen der Sekundärwicklungen auf, sodass beim Kurzschließen der Mehrphasen-Transformator zumindest im Wesentlichen stationär ist. Dabei ist unter einem stationären Mehrphasen-Transformator zumindest zu verstehen, dass dieser in einem stationären Zustand ist und insbesondere der jeweilige magnetische Fluss durch die jeweilige Primärwicklung und den jeweiligen Schenkel je Phase zumindest im Wesentlichen konstant ist. Speziell kann dabei das magnetische Material des Schenkels in magnetischer Sättigung sein. Ein Vorteil des Einprägens des Gleichstroms kann insbesondere darin liegen, dass der Mehrphasen-Transformator in einen bestimmten Zustand gebracht werden kann, wodurch insbesondere eine anschließende Messung zum Prüfen des Mehrphasen-Transformators und insbesondere des Mehrphasen-Stufenschalters verbessert werden kann.

Bei einigen Ausführungsformen, bei welchen jeweils ein Gleichstrom je Phase eingeprägt wird, kann das jeweilige Testsignal zumindest im Wesentlichen dem jeweils eingepägten Gleichstrom entsprechen. Auf diese vorteilhafte Weise wird es ermöglicht, dass der Mehrphasen-Transformator beim Einspeisen des Testsignals und beim Erfassen der elektrischen Messgröße und/oder dem Kurzschließen der jeweiligen Sekundärwicklungen in einem stationären oder zumindest quasistationären Zustand bleibt, sodass etwaige Änderungen der elektrischen Messgröße aus – insbesondere gezielten – Änderungen des Testsignals und/oder dem Betätigen des Mehrphasen-Stufenschalters resultieren.

Bei einigen Ausführungsformen, bei welchen ein Gleichstrom in die Primärwicklung eingeprägt wird, weist das Verfahren ein Erfassen des jeweils zum Einprägen eingespeisten elektrischen Stroms oder der beim Einprägen jeweils über die jeweilige Primärwicklung anliegenden elektrischen Spannung auf. Zudem wird auf Basis des Verlaufs des erfassten Stroms bzw. der erfassten Spannung bestimmt, ob der Mehrphasen-Transformator zumindest im Wesentlichen stationär ist. Dabei ist in einigen Varianten ein Kriterium dafür, dass der Mehrphasen-Transformator zumindest im Wesentlichen stationär ist, dass der Spannungswert einer Stromquelle, welche den elektrischen Strom einspeist, zu einem bestimmten Wert hin konvergiert ist und/oder sich im Wesentlichen nicht mehr ändert, also stationär ist. Umgekehrt kann in einigen Varianten bei einer Spannungsquelle ein entsprechendes Kriterium sein, dass der eingespeiste Strom einen zumindest im Wesentlichen konstanten Wert erreicht hat. Alternativ oder zusätzlich kann in einigen Varianten der Strom oder die Spannung über eine vorbestimmte Zeitdauer angelegt werden, welche so groß gewählt ist, - etwa basierend auf Erfahrungswerten - dass der Mehrphasen-Transformator anschließend stationär ist. Auf diese vorteilhafte Weise lässt sich sicherstellen und/oder überprüfen, ob der Mehrphasen-Transformator in einem stationären Zustand ist.

Gemäß einiger Ausführungsformen ist das je Phase jeweilige Testsignal ein jeweiliger Gleichstrom mit einer vorbestimmten Stromstärke. Zudem ist die erfasste elektrische Messgröße je der wenigstens zwei der Phasen jeweils die elektrische Spannung, welche über die jeweilige Primärwicklung und den Mehrphasen-Stufenschalter anliegt. Auf diese vorteilhafte Weise lässt sich der jeweilige Gleichstrom als jeweiliges Testsignal durch eine Stromquelle einspeisen, wodurch die elektrische Spannung über die jeweilige Primärwicklung als die erfasste elektrische Messgröße verwendet werden kann. Dabei lässt sich – insbesondere in Zusammenwirkung mit einer Spannungsbegrenzung – die durch die Stromquelle eingespeiste Leistung kontrollieren und so etwa eine Zerstörung des Transformators beim Prüfen vermeiden. Auch kann die als erfasste elektrische Messgröße erfasste elektrische Spannung eine gegenüber anderen Messgrößen besonders gute Auflösung des Umschaltverhaltens des

Mehrphasen-Stufenschalters ermöglichen, wobei insbesondere Rückschlüsse auf sein Schaltverhalten und/oder seine Komponenten und deren Zustand ermöglicht wird.

Bei einigen Ausführungsformen, bei welchen das Testsignal und die erfasste elektrische Messgröße ein Strom bzw. eine Spannung sind, weist das Verfahren weiterhin auf: ein Bestimmen des zeitlichen Verlaufs des elektrischen Widerstands der jeweiligen Primärwicklung auf Basis der jeweiligen Stromstärke und elektrischen Spannung, d.h. insbesondere auf Basis der jeweils vorbestimmten Stromstärke und der erfassten elektrischen Spannung. Zudem können einige Varianten ein Ausgeben des zeitlichen Verlaufs des elektrischen Widerstands für die wenigstens zwei der Phasen aufweisen. Ein Vorteil des elektrischen Widerstands kann insbesondere darin liegen, dass dieser besonders gut Rückschlüsse auf die Komponenten des Stufenschalters und den Transformator ermöglicht. Auch kann ein Ausgeben des zeitlichen Verlaufs des elektrischen Widerstands für die wenigstens zwei der Phasen ermöglichen, das Umschaltverhalten und insbesondere das Zeitverhalten beim Umschalten zu analysieren und dabei insbesondere das Verhalten bezüglich dieser beiden Phasen zu vergleichen.

Bei Ausführungsformen, welche einen Gleichstrom oder eine Gleichspannung zum Einprägen oder als Testsignal verwenden, kann davon ein Vorteil insbesondere darin liegen, dass die Änderungen der erfassten Messgröße aus dem Betätigen des Mehrphasen-Stufenschalters und dessen Umschalten resultieren und so von anderen Effekten unterschieden werden können.

Einige Ausführungsformen weisen weiterhin ein Bestimmen jeweils des zeitlichen Verlaufs der je der wenigstens zwei Phasen erfassten elektrischen Messgröße auf. Auf diese vorteilhafte Weise lassen sich die Eigenschaften des Mehrphasen-Transformators und/oder des Mehrphasen-Stufenschalters in Abhängigkeit von dem Vorgang des Umschaltens auflösen, sodass insbesondere bestimmt werden kann, wie sich der Transformator beim Umschalten verhält und/oder wie sich das Übersetzungsverhältnis und/oder die Übertragung einer elektrischen Energie verändert.

Einige Ausführungsformen weisen ein Bestimmen einer Synchronität des Umschaltens zwischen der wenigstens einen Anzapfung und der weiteren Anzapfung für die wenigstens zwei der Phasen auf Basis eines Vergleichens der zeitlichen Verläufe der elektrischen Messgröße für die wenigstens zwei der Phasen auf. Auf diese vorteilhafte Weise lässt sich die Synchronität beim Umschalten durch den Mehrphasen-Stufenschalter bestimmen. Dabei kommt es vorteilhaft nicht darauf an, dass das Umschalten durch den Mehrphasen-Stufenschalter in absoluten Zeiten bzw. in relativen Zeiten ab einem Start des Prüfvorgangs immer gleich abläuft. Vielmehr lässt sich auf diese vorteilhafte Weise das Umschalten und dessen zeitlicher Ablauf für die wenigstens zwei der Phasen relativ zueinander bestimmen. Dies kann insbesondere dann vorteilhaft sein, wenn der Mehrphasen-Stufenschalter – etwa aufgrund von mechanischen Toleranzen oder Schwankungen – verschiedene zeitliche Abläufe Umschalten aufweist. Auch kann ein Vorteil davon in Zusammenwirkung mit dem Kurzschließen der Sekundärwicklungen insbesondere darin liegen, dass die erfassten elektrischen Messgrößen bezüglich der wenigstens zwei der Phasen voneinander entkoppelt sind und so das Verhalten des Mehrphasen-Stufenschalters beim Umschalten bezüglich der einen der wenigstens zwei der Phasen gegenüber und/oder relativ zu der anderen aufgelöst und/oder unterschieden werden kann.

Gemäß einiger Ausführungsformen wird je Primärwicklung jeweils ein Gleichstrom mit einer derartigen Stromstärke eingeprägt, sodass diese Gleichströme einem elektrischen Strom durch die Primärwicklungen zu einem Zeitpunkt bei einem symmetrischen Betrieb des Mehrphasen-Transformators entsprechen.

Das Entsprechen der Gleichströme bei einem symmetrischen Betrieb kann dabei auf die absoluten Ströme im Real-Betrieb bezogen sein oder vorteilhaft in einigen Varianten so ausgebildet sein, dass die Verhältnisse der Ströme dem Real-Betrieb entsprechen, absolut aber kleiner sind. Auf diese vorteilhafte Weise wird eine derartig durchgeführte Prüfung besonders vergleichbar mit einem realen Betrieb des Mehrphasen-Transformators mit dem Mehrphasen-Stufenschalter. Gemäß einiger Ausführungsformen sind die Testsignale so gewählt, dass sie

einem elektrischen Strom oder einer elektrischen Spannung bei einem symmetrischen Betrieb des Mehrphasen-Transformators entsprechen.

In einigen Ausführungsformen ist der Mehrphasen-Transformator als dreiphasiger Leistungstransformator mit entsprechendem Dreiphasen-Stufenschalter ausgebildet. Auf diese vorteilhafte Weise lassen sich alle drei Phasen eines üblichen Energieversorgungsnetzwerkes in korrespondierende Phasen mit einer anderen Stromstärke, einer anderen Spannung oder einer galvanischen Trennung für ein weiteres Energieversorgungsnetzwerk, einen Verbraucher oder einen weiteren Teil des Energieversorgungsnetzwerkes transformieren. Ein Vorteil des Dreiphasen-Stufenschalters kann insbesondere darin liegen, dass sich mit diesem die Übersetzungsverhältnisse für alle drei Phasen – insbesondere synchron – anpassen lassen, wodurch ein unterbrechungsfreies und/oder symmetrisches Umschalten der Übersetzungsverhältnisse für alle Phasen ermöglicht wird.

Bei einigen Ausführungsformen, bei welchen der Mehrphasen-Transformator als dreiphasiger Leistungstransformator - also als Dreiphasen-Transformator - ausgebildet ist, wird in die drei Primärwicklungen des dreiphasigen Transformators jeweils ein Gleichstrom mit einer vorbestimmten Stromstärke eingepreßt. Dabei weist einer der Gleichströme eine umgekehrte Polarität gegenüber den beiden übrigen Gleichströmen auf bzw. hat seine vorbestimmte Stromstärke ein umgekehrtes Vorzeichen. In einigen vorteilhaften Varianten werden alle drei Sekundärwicklungen des Dreiphasen-Transformators nach dem Einprägen der Gleichströme und vor dem Betätigen des Dreiphasen-Stufenschalters kurzgeschlossen. Auf diese vorteilhafte Weise lassen sich die Gleichströme gegenüber anders gewählten Polaritäten besonders schnell einprägen und/oder lässt sich ein besonders hoher magnetischer Fluss erzielen. Somit lässt sich insbesondere ein Kern des Transformators, also insbesondere die Schenkel aus magnetischem Material besonders hoch oder besonders schnell magnetisieren und weiterhin auch magnetisch sättigen. Hierbei koppeln und unterstützen sich insbesondere die magnetischen Flüsse durch die drei Schenkel des Dreiphasen-Transformators. Dabei weist einer der Schenkel einen magnetischen Fluss in eine Richtung auf, welche der Polarität des Gleichstroms durch die Primärwicklung von diesem Schenkel entspricht, während der

magnetische Fluss durch die beiden anderen Schenkel, deren Primärwicklungen mit Gleichstrom umgekehrter Polarität durchflossen werden, in die entgegengesetzte Richtung zeigt.

In einigen Ausführungsformen erfolgt das Kurzschließen für alle Sekundärwicklungen des Mehrphasen-Transformators. Auf diese vorteilhafte Weise lassen sich die elektrischen Messgrößen für alle Phasen zugleich erfassen, wobei diese durch das Kurzschließen voneinander entkoppelt sind. Hierdurch lässt sich das Prüfen des Mehrphasen-Transformators mit dem Mehrphasen-Stufenschalter besonders schnell und damit effizient durchführen.

In einigen Ausführungsformen bilden die Sekundärwicklungen von den wenigstens zwei der Phasen ein erstes Paar von Sekundärwicklungen. Zudem wird das Verfahren zusätzlich für wenigstens ein zweites Paar von Sekundärwicklungen ausgeführt. Auf diese vorteilhafte Weise lässt sich das Verfahren iterativ für weitere Phasen und entsprechend für ein zweites so wie ggfs. ein weiteres Paar von Sekundärwicklungen paarweise ausführen.

Gemäß einiger Ausführungsformen, bei welchen das Verfahren paarweise für Sekundärwicklungen ausgeführt wird, wird das Verfahren solange paarweise für weitere Paare von Sekundärwicklungen ausgeführt, bis sich eine Kette an überlappenden Paaren ergibt, welche alle Sekundärwicklungen umfasst. Auf diese vorteilhafte Weise lässt sich je ein Durchgang des Verfahrens für ein Paar von Sekundärwicklungen ausführen, während das gesamte Verfahren alle Sekundärwicklungen umfasst. Ein Vorteil der paarweisen Ausführung und der Kette an überlappenden Paaren kann insbesondere darin liegen, dass das Zeitverhalten des Umschaltens des Mehrphasen-Stufenschalters auch dann bestimmt werden kann, wenn sich sein Verhalten für mehrere Durchgänge des Verfahrens verändert, da insbesondere jeweils eine der Sekundärwicklungen bzw. jeweils eine erfasste Messgröße bzgl. der der Sekundärwicklung zugeordneten Primärwicklung als Referenz für die andere dienen kann und so zunächst das Verhalten paarweise relativ zueinander bestimmt werden kann und sich durch die Kette an überlappenden Paaren die relative Zuordnung schließlich auf alle Phasen erstreckt.

Auch kann das Verfahren in einigen vorteilhaften Ausführungsformen anstelle von Paaren mit Tripeln, Quadrupeln, Quintupeln etc. von Sekundärwicklungen ausgeführt werden.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein System, welches einen Mehrphasen-Transformator mit einem Mehrphasen-Stufenschalter, eine Prüfvorrichtung und elektrische Verbindungsmittel zum lösbaren Verbinden des Mehrphasen-Transformators mit der Prüfvorrichtung aufweist.

Der Mehrphasen-Transformator weist für jede seiner Phasen eine Primärwicklung und eine Sekundärwicklung sowie einen sich durch die Primär- und Sekundärwicklung erstreckenden Schenkel aus einem magnetischen Material auf. Dabei sind die Primärwicklungen als Stufenwicklungen mit jeweils wenigstens einer Anzapfung und einer weiteren Anzapfung ausgebildet. Zudem ist der Mehrphasen-Stufenschalter eingerichtet, jeweils zwischen der wenigstens einen und der weiteren Anzapfung umzuschalten.

Diese Prüfungsvorrichtung ist eingerichtet, ein Verfahren gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung auszuführen, und/oder weist entsprechende Merkmale auf.

Die bereits vorausgehend genannten möglichen Vorteile, Ausführungsformen oder Varianten des ersten Aspekts der Erfindung gelten entsprechend auch für das erfindungsgemäße System.

In einigen Ausführungsformen weisen die Primärwicklungen in Zusammenwirkung mit ihren jeweiligen Schenkeln eine Hauptinduktivität von wenigstens 500 H (Henry), insbesondere wenigstens 1000 H auf. Auch kann in einigen Ausführungsformen der Kurzschluss über die sowie die jeweilige Sekundärwicklung so ausgebildet sein, dass die Induktivität reduziert wird. Dabei kann in einigen Varianten die Reduktion einen Faktor von wenigstens 10:1, insbesondere 50:1 und weiterhin 100:1 aufweisen, sodass die Induktivität bei kurzgeschlossenen Sekundärwicklungen etwa auf 50 H oder weniger, insbesondere auf weniger als 1 H reduziert wird, was in einigen Varianten einer

Streuinduktivität der Mehrphasen-Transformators bzw. seiner Primärwicklungen entspricht. Auf diese vorteilhafte Weise wird es ermöglicht, Transienten in den erfassten elektrischen Messgrößen besser aufzulösen, als bei einem Vorgehen, bei dem die volle Induktivität der Primärwicklungen besteht.

In einigen Ausführungsformen weisen die Primärwicklungen einen Gleichstromwiderstand von höchstens 33 Ohm, insbesondere weniger als 10 Ohm, weiterhin weniger als etwa oder genau 1 Ohm auf.

Bei einigen Ausführungsformen, bei denen ein Gleichstrom zum Einprägen und/oder als Testsignal verwendet wird, kann der Gleichstrom 1 A (Amper) oder weniger, insbesondere weniger als oder genau 10 mA betragen. In einigen Varianten kann der Gleichstrom so gewählt sein, dass dieser beim Einprägen einen magnetischen Kern des Mehrphasen-Transformators – insbesondere aufweisend die Schenkel und Joche – sättigt. Auch kann in einigen Varianten der Mehrphasen-Transformator so ausgebildet sein, dass bereits ein Gleichstrom je durch die Primärwicklungen von weniger als 50 mA, insbesondere von weniger als etwa 10 mA den magnetischen Kern, insbesondere die Schenkel sättigt.

Ein Vorteil eines Gleichstroms als Testsignal und ggf. zum Sättigen kann insbesondere darin liegen, dass die Verlustleistung und insbesondere die elektrische Leistung bei den kurzgeschlossenen Sekundärwicklungen reduziert werden kann, womit es ermöglicht wird, das Prüfen des Mehrstufenschalters ohne Unterbrechungen zum Kühlen der Mehrphasen-Transformators durchzuführen. Auch lässt sich auf diese Weise der Energiebedarf zum Durchführen des Prüfens reduzieren, womit ein effizienteres Verfahren und/oder eine vereinfachte und somit leichter/mit geringerem Ressourcenbedarf herstellbare Prüfvorrichtung erzielen lässt.

Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft eine Prüfvorrichtung zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters eines Mehrphasen-Transformators. Dabei weist der Mehrphasen-Transformator für jede seiner Phasen eine Primärwicklung und eine Sekundärwicklung sowie einen Schenkel aus einem magnetischen Material, welcher sich durch die Primärwicklung und die Sekundärwicklung erstreckt, auf.

Zudem sind die Primärwicklungen als Stufenwicklungen mit wenigstens einer und einer weiteren Anzapfung ausgebildet und der Mehrphasen-Stufenschalter ist eingerichtet, jeweils zwischen der wenigstens einen und der weiteren Anzapfung umzuschalten. Die Prüfungsvorrichtung weist eine Testsignalquelle zum Einspeisen eines Testsignals in die jeweilige Primärwicklung sowie Primäranschlüsse zum lösbaren Verbinden der jeweiligen Testsignalquelle mit der jeweiligen Primärwicklung und den jeweiligen Teil des Mehrphasen-Stufenschalters wenigstens je Phase des Mehrphasen-Transformators und/oder insgesamt wenigstens jeweils zwei davon auf. Zudem weist die Prüfvorrichtung wenigstens zwei Schaltmittel zum Kurzschließen jeweils der Sekundärwicklungen von wenigstens zwei der Phasen des Mehrphasen-Transformators sowie Sekundäranschlüsse zum lösbaren Verbinden der wenigstens zwei Schaltmittel mit jeweils einer der Sekundärwicklungen von den wenigstens zwei der Phasen auf. Zudem weist die Prüfvorrichtung eine Betätigungsvorrichtung zum automatischen Betätigen des Mehrphasen-Stufenschalters auf. Schließlich weist die Prüfvorrichtung eine Messvorrichtung zum Erfassen je einer elektrischen Messgröße bzgl. der Primärwicklungen für die wenigstens zwei der Phasen oder jeweils eine entsprechende Messvorrichtung je Phase auf.

In einigen Varianten können die Schaltmittel als automatisch schaltbare Relais oder FETs ausgebildet sein; oder alternativ als manuelle Schalter. Dabei ist ein niedriger Widerstand im geschalteten Zustand vorteilhaft, insbesondere um die Sekundärwicklungen besonders effektiv kurzzuschließen.

Die bereits vorausgehend genannten möglichen Vorteile, Ausführungsformen oder Varianten der vorhergehenden Aspekte der Erfindung gelten entsprechend auch für die erfindungsgemäße Prüfvorrichtung.

Ein Vorteil der Schaltmittel zum Kurzschließen und/oder der Betätigungsvorrichtung kann insbesondere darin liegen, dass das Prüfen des Mehrphasen-Stufenschalters des Mehrphasen-Transformators automatisch durchgeführt werden kann.

Ein vierter Aspekt der Erfindung betrifft eine Prüfvorrichtung zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters eines Mehrphasen-Transformators, welche eine Steuerungsvorrichtung aufweist. Dabei ist die Prüfvorrichtung für ein Verfahren gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung eingerichtet, wobei die Steuerungsvorrichtung eingerichtet ist, das Ausführen des Verfahrens zu steuern. Zudem ist die Prüfvorrichtung in einigen Varianten entsprechend der Prüfvorrichtung des dritten Aspekts der Erfindung ausgebildet.

Die bereits vorausgehend genannten möglichen Vorteile, Ausführungsformen oder Varianten der vorhergehenden Aspekte der Erfindung gelten entsprechend auch für die erfindungsgemäße Prüfvorrichtung.

Gemäß einiger Ausführungsformen weist die Prüfvorrichtung gesonderte Messanschlüsse für die Messvorrichtung oder die Messvorrichtungen auf, wobei diese insbesondere von den jeweiligen Testsignalquellen und ihren Primäranschlüssen getrennt sind. Auf diese vorteilhafte Weise lässt sich vermeiden, dass die Testsignale und insbesondere elektrische Größen, welche sich aufgrund der Eigenschaften der jeweils zum Verbinden der Primäranschlüsse mit den Primärwicklungen verwendeten Verbindungsmitteln ergeben, das Erfassen der elektrischen Größen bzgl. dieser Primärwicklungen beeinflussen oder verfälschen.

Gemäß einiger Ausführungsformen sind die Testsignalquellen jeweils als Stromquellen ausgebildet.

Bei einigen Ausführungsformen, bei welchen insbesondere die Testsignalquellen als Stromquellen ausgebildet sind, weisen die Testsignalquellen eine vorbestimmte Dämpfung auf. In einigen vorteilhaften Varianten weisen die als Stromquellen ausgebildeten Testsignalquellen einen bestimmten, endlichen Innenwiderstand auf. Auf diese vorteilhafte Weise bilden die Testsignalquellen in Verbindung mit dem Mehrphasen-Transformator, insbesondere wenn dessen Sekundärwicklungen kurzgeschlossen sind, ein stabiles, aperiodisches, gedämpftes System aus, wodurch sich insbesondere bei den transienten Schaltvorgängen des Mehrphasen-Stufenschalters Schwingungen, welche die zu

erfassenden elektrischen Größen bezüglich der Eigenschaften des Stufenschalters bzw. der Primärwicklung überlagern würden, vermeiden lassen.

Verfahren, Vorrichtungen und Systeme nach Ausführungsformen sowie nachfolgenden Ausführungsbeispielen ermöglichen insbesondere das Durchführen von Prüfungen von Mehrphasen-Transformatoren mit Mehrphasen-Stufenschaltern und können dies insbesondere effizienter, sicherer oder zuverlässiger machen. Dabei können insbesondere einige Ausführungsformen und/oder Ausführungsbeispiele des Verfahrens zumindest teilweise automatisiert ausgeführt werden. Dazu kann insbesondere in einigen Ausführungsformen und/oder Ausführungsbeispielen eine Vorrichtung oder ein System oder ein Teil davon eingerichtet sein, Verfahrensteile automatisch auszuführen, bzw. können Verfahrensteile mittels dieser Vorrichtungen, Systeme oder Teilen davon automatisch ausgeführt werden.

Im Sinne der Erfindung ist unter „automatisch“ zumindest zu verstehen, dass ein Teil eines Verfahrens, insbesondere ein Verfahrensschritt oder ein Vorgang im Verfahren, und/oder eine Funktionalität einer Vorrichtung – insbesondere einer Prüfvorrichtung –, ohne menschlichen Eingriff ausgeführt werden kann.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung von Ausführungsbeispielen und/oder aus den Figuren.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren anhand vorteilhafter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Gleiche Elemente oder Bauteile der Ausführungsbeispiele werden im Wesentlichen durch gleiche Bezugszeichen gekennzeichnet, falls dies nicht anders beschrieben wird oder sich nicht anders aus dem Kontext ergibt.

Hierzu zeigen, teilweise schematisiert:

Fig. 1: ein System nach einer Ausführungsform;

Fig. 2: eine Ausgabe von erfassten elektrischen Messgrößen nach einer Ausführungsform;

Fig. 3: eine weitere Ausgabe von erfassten elektrischen Messgrößen nach einer weiteren Ausführungsform;

Fig. 4: eine Prüfvorrichtung nach einer Ausführungsform; und

Fig. 5: ein Verfahren zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters eines Mehrphasen-Transformators nach einer Ausführungsform.

Die Figuren sind schematische Darstellungen verschiedener Ausführungsformen und/oder Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung. In den Figuren dargestellte Elemente und/oder Bauteile sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu dargestellt. Vielmehr sind die verschiedenen in den Figuren dargestellten Elemente und/oder Bauteile derart wiedergegeben, dass ihre Funktion und/oder ihr Zweck dem Fachmann verständlich werden.

In den Figuren dargestellte Verbindungen und Kopplungen zwischen funktionellen Einheiten und Elementen können auch als indirekte Verbindungen oder Kopplungen implementiert werden. Insbesondere können Datenverbindungen drahtgebunden oder drahtlos, also insbesondere als Funkverbindung, ausgebildet sein. Auch können bestimmte Verbindungen, etwa elektrische Verbindungen, etwa zur Energieversorgung, der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt sein.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

In Fig. 1 ist ein System 1 nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung schematisch dargestellt.

In einem Ausführungsbeispiel weist das System 1 eine Prüfvorrichtung 100, einen Mehrphasen-Transformator 200 mit einem Mehrphasen-Stufenschalter 260 sowie Verbindungsmittel 300, 306 zum lösbaren Verbinden des Mehrphasen-Transformators 200 mit der Prüfvorrichtung 100 auf. Dabei können in einigen vorteilhaften Varianten die elektrischen Verbindungsmittel 300 als isolierte Kabel ausgebildet sein. Auch kann in einigen Varianten das Verbindungsmittel 306 für den Stufenschalter als elektrisches Verbindungsmittel ausgebildet sein, mittels welchem Steuersignale zwischen der Prüfvorrichtung 100 und dem Stufenschalter 260 übertragbar sind; alternativ oder zusätzlich kann das Verbindungsmittel 306 für den Stufenschalter auch als mechanische oder optische Verbindung ausgebildet sein oder in anderen Varianten nicht vorhanden sein, wobei dann der Stufenschalter 260 manuell oder durch eine weitere Vorrichtung betätigt wird.

Der Mehrphasen-Transformator 200 ist in einigen Varianten, wie in Fig. 1 dargestellt, als dreiphasiger Transformator – insbesondere als Leistungstransformator in Sternschaltung – ausgebildet. Der Mehrphasen-Transformator 200 weist für jede seiner Phasen, also insbesondere für drei Phasen, je eine Primärwicklung 211, 221, 231 und jeweils eine Sekundärwicklung 212, 222, 232 auf. Für einen Dreiphasen-Transformator erstreckt sich dabei ein Schenkel 214 aus einem magnetischen Material durch die Primärwicklung 211 und die Sekundärwicklung 212, entsprechend erstreckt sich ein weiterer Schenkel 224 aus magnetischem Material durch die Primärwicklung 221 und durch die Sekundärwicklung 222; schließlich erstreckt sich durch die Primärwicklung 231 und durch die Sekundärwicklung 232 noch ein weiterer Schenkel 234 aus magnetischem Material. Zudem weist der Mehrphasen-Transformator 202 Joche 240, 242 auf, welche die Schenkel 214, 224, 234 miteinander magnetisch verbinden und so insbesondere den durch die Wicklungen erzeugten magnetischen Fluss zu einem magnetischen Kreis schließen. In einigen Varianten können die Schenkel 214, 224, 234 und die Joche 240, 242 aus dem gleichen magnetischen Material bestehen, etwa aus Eisen. Auch können die Schenkel und/oder die Joche das jeweilige magnetische Material lediglich aufweisen und zusätzlich aus weiteren Materialien bestehen. So kann etwa in einigen Varianten vorteilhaft ein magnetischer Kern des Transformators aus den Schenkeln und den Jochen gebildet werden, wobei dieser aus mehreren Schichten von Eisenplatten

oder -blechen aufgebaut ist, welche voneinander jeweils durch einen elektrischen Isolator getrennt sind, insbesondere um Wirbelströme zu vermeiden.

Die Primärwicklungen sind jeweils als Stufenwicklungen ausgebildet, wobei die Primärwicklung 214 wenigstens eine Anzapfung 216 und eine weitere Anzapfung 217 aufweist und entsprechend für weitere Phasen des Mehrphasen-Transformators 200 die jeweilige Primärwicklung 221, 231 wenigstens eine Anzapfung 226, 236 sowie eine weitere Anzapfung 227, 237 aufweist.

Vorteilhaft kann der Mehrphasen-Stufenschalter 260 in einigen Varianten aus mehreren Einphasen-Stufenschaltern 261, 262, 263 aufgebaut sein, wobei der Mehrphasen-Stufenschalter 260 wenigstens für jede seiner Phasen einen entsprechenden einphasigen Stufenschalter aufweist.

In Fig. 1 ist eine mögliche Ausführung des Einphasen-Stufenschalters 261 dargestellt. Der Stufenschalter 261 weist zumindest zwei Lastwiderstände 266, 267 auf, welche mit der wenigstens einen Anzapfung 216 bzw. mit der weiteren Anzapfung 217 elektrisch verbunden sind. Zudem weist der Stufenschalter 261 einen Schleifkontakt auf, mittels welchem zwischen den beiden Anzapfungen umgeschaltet werden kann.

Ausgehend von einer direkten elektrischen Verbindung mit der wenigstens einen Anzapfung 216 kann mittels dem Schleifkontakt ohne Lastunterbrechung zunächst auf eine elektrische Verbindung mit der Anzapfung 216 über den Lastwiderstand 266 geschaltet werden, daraufhin kann mittels dem Schleifkontakt eine parallele elektrische Verbindung zwischen der Anzapfung 216 und der Anzapfung 217 jeweils über den zugeordneten Lastwiderstand 266 bzw. 267 hergestellt werden – wie in Fig. 1 dargestellt –, anschließend wird die elektrische Verbindung von der Anzapfung 216 über den Lastwiderstand 266 gelöst und der Stufenschalter 261 stellt über den Schleifkontakt und den Lastwiderstand 267 eine elektrische Verbindung mit der weiteren Anzapfung 217 her und schließlich wird die weitere Anzapfung 217 direkt kontaktiert bzw. der Lastwiderstand 267 über den Schleifkontakt kurzgeschlossen. Zum Prüfen des Stufenschalters kann dieser betätigt werden, sodass dieser durch die soeben beschriebenen

Schaltzustände schaltet. Dabei können elektrische Größen – insbesondere der elektrische Strom und/oder die elektrische Spannung – bzgl. der Primärwicklung und dem Stufenschalter erfasst werden. Dies erlaubt Rückschlüsse auf das Schaltverhalten des Stufenschalters, dessen Überschaltwiderstände, die Güte des Schleifkontakts und über dessen Lastwiderstände sowie Rückschlüsse über die Primärwicklung und ihre Anzapfungen.

In einigen Varianten können die weiteren Einphasen-Stufenschalter 262 und 263 entsprechend dem Stufenschalter 261 ausgeführt sein.

Die Prüfungsvorrichtung 100 ist gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgebildet und kann insbesondere eingerichtet sein, ein Verfahren zum Prüfen des Mehrphasen-Transformators mit dem Mehrphasen-Stufenschalter auszuführen. Wie in Fig. 1 dargestellt, können die Sekundärwicklungen 212, 222, 232 mittels elektrischer Verbindungsmittel 300 – etwa Kabel – mit der Prüfvorrichtung 100 verbunden sein, wobei diese eingerichtet ist, wenigstens zwei der Sekundärwicklungen 212, 222 oder alle Sekundärwicklungen 212, 222, 232 kurzzuschließen. Bei Betätigung des Mehrphasen-Stufenschalters 260 – oder auch schon zuvor oder auch noch anschließend – ist die Prüfvorrichtung 100 eingerichtet, elektrische Messgrößen zumindest bzgl. der Primärwicklungen 211, 221 zu erfassen, bei welchen die Sekundärwicklungen 212, 222 kurzgeschlossen sind.

In einigen Varianten kann die Prüfvorrichtung 100 eingerichtet sein, in die Primärwicklungen 211, 221, 231 bei je einer der Anzapfungen 216, 217 bzw. 226, 227 bzw. 236, 237 über den Mehrphasen-Stufenschalter 260 – insbesondere über die jeweiligen einphasigen Stufenschalter 261, 262, 263 – einen Gleichstrom mit einer vorbestimmten Stromstärke einzuspeisen. Dabei kann der Gleichstrom zunächst so lange eingespeist werden bis er in den Mehrphasen- Transformator – d.h. in die Primärwicklungen, Sekundärwicklungen und Schenkel sowie Joche – eingepreßt ist und anschließend der Gleichstrom als Testsignal verwendet werden.

Zudem kann die Prüfvorrichtung 100 eingerichtet sein, die Spannung welche jeweils über den Stufenschalter 260 bzw. 261, 262, 263 und die jeweilige Primärwicklung 211, 221, 231 abfällt zu erfassen.

Auf diese Weise kann auf den Innenwiderstand der Primärwicklung rückgeschlossen werden und/oder beim Umschalten auf die Überschaltwiderstände, welche sich insbesondere aus dem jeweiligen Kontaktwiderstand und Lastwiderstand zusammensetzen, rückgeschlossen werden. So kann etwa beim Umschalten von der wenigstens einen Anzapfung 216, 226, 236 auf die weitere Anzapfung 217, 227, 237 zunächst auf den Kontaktwiderstand und den Innenwiderstand der Primärwicklung jeweils bei der wenigstens einen Anzapfung 216, 226, 236 rückgeschlossen werden; dann zusätzlich auf den Lastwiderstand – also etwa den Lastwiderstand 266 bzgl. der Primärwicklung 211 – und wiederum dem jeweiligen Innenwiderstand und Kontaktwiderstand; daraufhin zeigt sich eine Parallelschaltung der wenigstens einen Anzapfung und der weiteren Anzapfung über die Lastwiderstände – also etwa die Lastwiderstand 266, 267 und die Anzapfungen 216 und 217 bzgl. der Primärwicklung 211 –; anschließend kann etwa bzgl. der Primärwicklung 211 auf den Lastwiderstand 267, den Kontaktwiderstand und den Innenwiderstand der Primärwicklung 211 ausgehend von der weiteren Anzapfung 217 rückgeschlossen werden; und schließlich auf den Kontaktwiderstand und den Innenwiderstand für die weitere Anzapfung rückgeschlossen werden.

In Fig. 2 ist eine Ausgabe der erfassten Messgrößen dargestellt, welche mit einer Ausführungsform beim Durchführen des Verfahrens gemessen worden sind. Dabei ist entlang der Abszisse die Zeit in Millisekunden aufgetragen und auf der Ordinate die als elektrische Messgröße jeweils erfasste elektrische Spannung über die jeweilige Primärwicklung und den jeweiligen Stufenschalter bzw. den jeweiligen Teil des Mehrphasen-Stufenschalters.

Durch die gemeinsame Darstellung der zeitabhängigen elektrischen Spannungen lässt sich die Synchronität des Umschaltens des Mehrphasen-Stufenschalters überprüfen. Bei den dargestellten Spannungsverläufen zeigt sich, dass – für diesen Prüfling, also für den in der dargestellten Messung überprüfen

Mehrphasen-Transformator mit Mehrphasen-Stufenschalter – der Mehrphasen-Stufenschalter für die zweite Phase – symbolisiert durch <Ph2> – etwas früher auf den Lastwiderstand schaltet, dabei erhöht sich beim Schalten auf die Lastwiderstände die Spannung etwa um den Betrag, welcher zusätzlich über die Lastwiderstände jeweils abfällt. Das anschließende Absinken der Spannungen – etwa bei 25 ms – liegt darin begründet, dass in diesem Schaltzustand die beiden Lastwiderstände je Phase parallel geschaltet sind, d.h. durch den Stufenschalter gemeinsam kontaktiert werden, wobei der eine Lastwiderstand an der wenigstens einen elektrischen Anzapfung und der andere Lastwiderstand an der weiteren Anzapfung jeweils angeschlossen ist. Der anschließende Anstieg der Spannungen resultiert daraus, dass in diesem Zeitbereich die Primärwicklungen an jeweils ihrer weiteren Anzapfung über den anderen Lastwiderstand elektrisch kontaktiert sind, so dass nun der gesamte Strom durch den jeweils anderen Lastwiderstand fließt und entsprechend eine höhere Spannung abfällt. Schließlich wird – ab etwa 40 ms – jeweils die weitere Anzapfung direkt elektrisch kontaktiert – d.h. ohne den anderen Lastwiderstand. Hierbei fällt die Spannung wieder entsprechend ab, wobei in der Darstellung in Fig. 2 für etwaig verschiedene Spannungsabfälle über die jeweiligen Primärwicklungen für ihre jeweilige wenigstens eine Anzapfung sowie ihre weitere Anzapfung nicht aufgelöst sind. Auch zeigt sich im Spannungsverlauf der ersten Phase – symbolisiert durch <Ph1> –, dass der Mehrphasen-Stufenschalter für die erste Phase etwas verzögert auf den direkten elektrischen Kontakt zur weiteren Anzapfung der Primärwicklung für die erste Phase umschaltet. Demgegenüber tritt beim Spannungsverlauf bezüglich der dritten Phase – symbolisiert durch <Ph3> – weder ein Vorseilen, wie bei der zweiten Phase, noch eine Verzögerung, wie bei der ersten Phase, auf.

In Fig. 3 ist eine Messung veranschaulicht, welche der aus Fig. 2 entspricht. Jedoch haben hierbei Stromquellen nach einer Ausführungsform, welche zum Einprägen des Gleichstroms sowie für das Testsignal verwendet werden, eine geringere Dämpfung, wodurch sich Schwingungen beim Umschalten zeigen, welche die aufgrund des Umschaltens verursachten Spannungsänderungen überlagern. Somit kann es in einigen Varianten vorteilhaft sein, Stromquellen zu verwenden, welche in Zusammenarbeit mit dem Stufenschalter und dem

Transformator ein gedämpftes System darstellen, und/oder welche einen endlichen Innenwiderstand aufweisen, um insbesondere eine bessere zeitliche Auflösung der Überschaltwiderstände zu ermöglichen.

Fig. 4 zeigt schematisch eine Prüfvorrichtung 100 nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

In einem Ausführungsbeispiel weist die Prüfvorrichtung 100 für zwei Phasen jeweils eine Testsignalquelle 110, 112 sowie Primäranschlüsse 130, 132 auf. Dabei sind die Primäranschlüsse 130, 132 eingerichtet, mittels elektrischer Verbindungsmittel mit der jeweiligen Primärwicklung sowie mit dem entsprechenden Teil des Mehrphasen- Stufenschalters elektrisch verbunden zu werden, sodass über die Testsignalquelle 110, 112 ein Testsignal in die jeweilige Primärwicklung eingespeist werden kann. Wie dargestellt kann in einigen Varianten die Testsignalquelle 110, 112 als Stromquelle jeweils ausgebildet sein. Dabei versteht es sich, dass die Prüfvorrichtung 100 auch weitere Testsignalquellen und Primäranschlüsse für weitere Phasen eines Mehrphasen-Transformators und entsprechende Primärwicklungen aufweisen kann. Dabei ermöglicht eine größere Anzahl an Primäranschlüssen und Testsignalquellen das Einspeisen von Testsignalen in mehrere bzw. eine Vielzahl von Primärwicklungen, während eine geringere Anzahl die Herstellung der Prüfvorrichtung ressourcenschonender, günstiger und/oder effizienter machen kann.

Zudem weist die Prüfvorrichtung 100 eine Messvorrichtung 180 für wenigstens zwei Phasen bzw. wenigstens zwei Messvorrichtungen 180 je für eine Phase und entsprechende Messanschlüsse 138 auf. Diese Messanschlüsse 138 können in einigen Varianten vorteilhaft mit den Primäranschlüssen 130, 132 kombiniert und/oder elektrisch verbunden sein, um insbesondere eine einfache Verbindung mit dem Prüfling zu ermöglichen. Alternativ und vorteilhaft können in einigen Varianten die Messanschlüsse 138 auch von den Primäranschlüssen 130, 132 elektrisch isoliert sein, wie in Fig. 4 dargestellt, wodurch sich insbesondere Verfälschungen der Messungen aufgrund der elektrischen Verbindungen mit endlichem Widerstand – welche also beim Einspeisen des Einprägstroms oder

des Testsignals selbst eine Änderung der erfassten elektrischen Größen verursachen – vermeiden lassen.

Außerdem weist die Prüfvorrichtung 100 wenigstens zwei Schaltmittel 120, 122 und zugehörige Sekundäranschlüsse 134, 136 auf, welche eingerichtet sind, jene Sekundärwicklungen, mit welchen die Schaltmittel 120, 122 über die Sekundäranschlüsse 134, 136 und entsprechende elektrische Verbindungsmittel verbunden sind, kurzzuschließen. In einigen Varianten können die Schaltmittel 120, 122 je ein elektromechanisches Relais aufweisen oder als ein solches ausgebildet sein, wodurch sich ein automatisches Kurzschließen und/oder ein niedriger Widerstand im geschalteten – also kurzgeschlossenen Zustand – ermöglicht wird, was insbesondere vorteilhaft sein kann für ein automatisches und somit effizientes Ausführen eines Verfahrens nach einer Ausführungsform der Erfindung bzw. für eine Hohe Güte des Kurzschlusses der Sekundärwicklungen und somit einer besonders guten Entkopplung der Primärwicklungen.

Auch bzgl. der Messvorrichtung 180 bzw. der Messvorrichtungen 180 und der Schaltmittel 120, 122 versteht es sich, dass die Prüfvorrichtung 100 eine größere Anzahl davon, d.h. mehr als zwei davon, aufweisen kann, um insbesondere eine schnellere Prüfung zu ermöglichen. So kann in einigen Varianten die Prüfvorrichtung vorteilhaft drei Testsignalquellen, drei Messvorrichtungen sowie drei Schaltmittel aufweisen, womit alle Phasen eines Dreiphasen-Transformators mit Dreiphasen-Stufenschalter zugleich geprüft werden können.

Schließlich weist die Prüfvorrichtung 100 eine Steuerungsvorrichtung 140 auf, wobei die Steuerungsvorrichtung eingerichtet ist, ein Verfahren zum Prüfen eines Mehrphasen-Transformators mit Mehrphasen-Stufenschalter nach einer Ausführungsform zu steuern. Dabei kann in einigen vorteilhaften Varianten die Steuerungsvorrichtung 140 eingerichtet sein, die weiteren Komponenten der Prüfvorrichtung 100 – insbesondere die Testsignalquellen 110, 112, die Schaltmittel 120, 122 und die Messvorrichtung(en) 180 – gemäß einem Zeitablaufplan für das Prüfen des Mehrphasen-Stufenschalters anzusteuern, der Parameter – insbesondere erfasste Messgrößen – auszulesen und/oder zu verarbeiten.

In einigen vorteilhaften Varianten kann das System 1 aus Fig. 1 eine Prüfungsvorrichtung aufweisen, welche der Prüfungsvorrichtung bezüglich Fig. 4 entspricht.

In Fig. 5 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens 400 zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters eines Mehrphasen-Transformators nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. Hierbei weist der Mehrphasen-Transformator für jede seiner Phasen eine Primärwicklung und eine Sekundärwicklung sowie einen sich durch die Primär- und Sekundärwicklung erstreckenden Schenkel aus magnetischem Material auf. Zudem sind die Primärwicklungen als Stufenwicklungen mit wenigstens einer und einer weiteren Anzapfung ausgebildet und der Mehrphasen-Stufenschalter ist eingerichtet, jeweils zwischen der wenigstens einen und der weiteren Anzapfung umzuschalten.

In einem Ausführungsbeispiel weist das Verfahren 400 die Verfahrensschritte 420, 422, 424, 426, 428, 430, 432, 434 und 436 auf. Das Verfahren 400 beginnt bei dem Verfahrenstart 402 und endet bei dem Verfahrensende 404, wobei einer oder mehrerer Verfahrensschritte, insbesondere eine Sequenz von Verfahrensschritten, und vorzugsweise das gesamte Verfahren wiederholt ausgeführt werden können.

Im Verfahrensschritt 420 wird jeweils ein derartiger Gleichstrom je Phase in die jeweilige Primärwicklung eingeprägt, sodass beim Kurzschließen gemäß Verfahrensschritts 424 der Mehrphasen-Transformator stationär ist.

Im Verfahrensschritt 422 wird je Phase jeweils ein Testsignal in die jeweilige Primärwicklung über den Mehrphasen-Stufenschalter eingespeist, welches zumindest im Wesentlichen dem eingeprägten Gleichstrom entspricht.

Im Verfahrensschritt 424 wird jeweils die Sekundärwicklung von wenigstens zwei der Phasen kurzgeschlossen.

Im Verfahrensschritt 226 wird der Mehrphasen-Stufenschalter nach dem Kurzschließen im Verfahrensschritt 224 betätigt, um für die wenigstens zwei der Phasen gleichzeitig jeweils zwischen der wenigstens einen Anzapfung und der weiteren Anzapfung umzuschalten.

Im Verfahrensschritt 428 wird jeweils eine elektrische Messgröße bzgl. der Primärwicklungen für die wenigstens zwei der Phasen erfasst. Dabei wird mit dem Erfassen in einigen vorteilhaften Varianten beim Einspeisen des Testsignals gemäß Verfahrensschritt 422 begonnen und das Verfahren während und auch nach dem Betätigen des Mehrphasen-Stufenschalters fortgeführt. Dabei kann in einigen vorteilhaften Varianten, in welchen als Testsignal ein elektrischer Strom eingespeist wird, die elektrische Spannung, welche über die jeweilige Primärwicklung sowie den jeweiligen Teil des Stufenschalters abfällt, als elektrische Messgröße erfasst werden.

Im Verfahrensschritt 430 wird jeweils der zeitliche Verlauf der je wenigstens zwei der Phasen erfassten elektrischen Messgröße bestimmt, also insbesondere der zeitliche Verlauf ab dem Einspeisen des Testsignals bis nach der Betätigung des Mehrphasen-Stufenschalters.

Basierend darauf wird im Verfahrensschritt 432 ein zeitlicher Verlauf des elektrischen Widerstandes der jeweiligen Primärwicklungen sowie des jeweiligen Teils des Stufenschalters für einige Varianten bestimmt, bei welchen als Testsignal ein elektrischer Strom eingespeist und als Messgröße eine elektrische Spannung erfasst wird.

Weiter wird im Verfahren Schritt 434 eine Synchronität des Umschalters zwischen der wenigstens einen Anzapfung und der weiteren Anzapfung für die wenigstens zwei der Phasen auf Basis eines Vergleichs der zeitlichen Verläufe der elektrischen Messgrößen, insbesondere der bestimmten elektrischen Widerstände, für die wenigstens zwei der Phasen bestimmt.

Schließlich wird im Verfahren Schritt 436 der zeitliche Verlauf der erfassten Messgrößen, insbesondere der zeitliche Verlauf des elektrischen Widerstands

ausgegeben und/oder die durch Vergleich dieser Verläufe bestimmte Synchronität dargestellt.

Während Ausführungsbeispiele insbesondere unter Bezugnahme auf die Figuren detailliert beschrieben wurden, sei darauf hingewiesen, dass eine Vielzahl von Abwandlungen möglich ist. Außerdem sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den exemplarischen Ausführungen lediglich um Beispiele handelt, die den Schutzbereich, die Anwendung und den Aufbau in keiner Weise einschränken sollen. Vielmehr wird dem Fachmann durch die vorausgehende Beschreibung ein Leitfaden für die Umsetzung von mindestens einem Ausführungsbeispiel gegeben, wobei diverse Abwandlungen, insbesondere alternative oder zusätzliche Merkmale und/oder Abwandlungen der Funktion und/oder Anordnungen der beschriebenen Bestandteile, nach Wunsch des Fachmanns vorgenommen werden können, ohne dass dabei von dem in den angehängten Ansprüchen jeweils festgelegten Gegenstand sowie seiner rechtlichen Äquivalente abgewichen wird und/oder deren Schutzbereich verlassen wird.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	System
100	Prüfvorrichtung
110, 112	Testsignalquelle
120, 122	Schaltmittel
130, 132	Primäranschlüsse
134, 136	Sekundäranschlüsse
138	Messanschlüsse
140	Steuerungsvorrichtung
200	Mehrphasen-Transformator
211, 221, 231	Primärwicklung
212, 222, 232	Sekundärwicklung
216, 226, 236	wenigstens eine Anzapfung
217, 227, 237	eine weitere Anzapfung
214, 224, 234	Schenkel
240, 242	Joch
260	Mehrphasen-Stufenschalter
261, 262, 263	Einphasen-Stufenschalter
266, 267	Lastwiderstand
300	elektrische Verbindungsmittel
306	Verbindungsmittel für Stufenschalter
400	Verfahren zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters
402	Verfahrensstart
404	Verfahrensende
420...436	Verfahrensschritte

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren (400) zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters (260) eines Mehrphasen-Transformators (200), welcher für jede seiner Phasen eine Primärwicklung (211, 221, 231) und eine Sekundärwicklung (212, 222, 232) sowie einen sich durch die Primär- und Sekundärwicklung erstreckenden Schenkel (214, 224, 234) aus magnetischem Material aufweist, und wobei die Primärwicklungen (211, 221, 231) als Stufenwicklungen mit wenigstens einer und einer weiteren Anzapfung (216, 217; 226, 227; 236, 237) ausgebildet sind und der Mehrphasen-Stufenschalter (260) eingerichtet ist, jeweils zwischen der wenigstens einen (216, 226, 236) und der weiteren Anzapfung (217, 227, 237) umzuschalten;

wobei das Verfahren (400) aufweist:

- (422) Einspeisen jeweils eines Testsignals je Phase des Mehrphasen-Transformators (200) in die jeweilige Primärwicklung (211, 221) über den Mehrphasen-Stufenschalter (260);

- (424) Kurzschließen jeweils der Sekundärwicklung (212, 222) von wenigstens zwei der Phasen;

- (426) Betätigen des Mehrphasen-Stufenschalters (260) nach dem Kurzschließen (424), um für die wenigstens zwei der Phasen gleichzeitig jeweils zwischen der wenigstens einen Anzapfung und der weiteren Anzapfung umzuschalten; und

- (428) Erfassen einer elektrischen Messgröße bezüglich der Primärwicklungen (211, 221) für die wenigstens zwei der Phasen wenigstens während des Betätigens (426) des Mehrphasen-Stufenschalters.

2. Verfahren (400) gemäß Anspruch 1, welches weiterhin ein derartiges (420) Einprägen jeweils eines Gleichstroms je Phase in die jeweilige Primärwicklung vor dem Kurzschließen (424) der Sekundärwicklungen aufweist, sodass beim Kurzschließen der Mehrphasen-Transformator (200) stationär ist.

3. Verfahren (400) gemäß Anspruch 2, wobei je Phase das jeweilige Testsignal dem jeweils eingepprägten Gleichstrom entspricht.

4. Verfahren (400) gemäß Anspruch 2 oder 3, weiterhin aufweisend:

- Erfassen des jeweils zum Einprägten eingespeisten elektrischen Stroms oder der beim Einprägten jeweils über die jeweilige Primärwicklung (211, 221, 231) anliegenden elektrischen Spannung; und

- Bestimmen auf Basis des Verlaufs des erfassten Stroms bzw. der erfassten Spannung, ob der Mehrphasen-Transformator (200) zumindest im Wesentlichen stationär ist.

5. Verfahren (400) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei:

- das je Phase jeweilige Testsignal ein jeweiliger Gleichstrom mit einer vorbestimmten Stromstärke ist; und

- die erfasste elektrische Messgröße je der wenigstens zwei der Phasen jeweils die elektrische Spannung ist, welche über die jeweilige Primärwicklung (211, 221) und den Mehrphasen-Stufenschalter (260) anliegt.

6. Verfahren (400) gemäß Anspruch 5, welches des Weiteren aufweist:

- (432) Bestimmen eines zeitlichen Verlaufs des elektrischen Widerstands der jeweiligen Primärwicklung (211, 221) auf Basis der jeweils vorbestimmten Stromstärke und der erfassten elektrischen Spannung; und

- (436) Ausgeben des zeitlichen Verlaufs des elektrischen Widerstands für die wenigstens zwei der Phasen.

7. Verfahren (400) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, welches weiterhin aufweist:

- (430) Bestimmen jeweils des zeitlichen Verlaufs der je der wenigstens zwei der Phasen erfassten elektrischen Messgröße; und

- (434) Bestimmen einer Synchronität des Umschaltens zwischen der wenigstens einen Anzapfung und der weiteren Anzapfung für die wenigstens zwei der Phasen auf Basis eines Vergleichens der zeitlichen Verläufe der elektrischen Messgrößen für die wenigstens zwei der Phasen.

8. Verfahren (400) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei je Primärwicklung jeweils ein Gleichstrom mit einer derartigen Stromstärke eingeprägt wird, sodass diese Gleichströme einem elektrischen Strom durch die Primärwicklung zu einem Zeitpunkt bei einem symmetrischen Betrieb des Mehrphasen-Transformators entsprechen.

9. Verfahren (400) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Testsignale so gewählt sind, dass sie einem elektrischen Strom oder einer elektrischen Spannung bei einem symmetrischen Betrieb des Mehrphasen-Transformators entsprechen.

10. Verfahren (400) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Mehrphasen-Transformator (200) als dreiphasiger Leistungstransformator mit entsprechendem Dreiphasen-Stufenschalter (260) ausgebildet ist.

11. Verfahren (400) gemäß Anspruch 10, wobei:

- in die drei Primärwicklungen des dreiphasigen Transformators jeweils ein Gleichstrom mit einer vorbestimmten Stromstärke eingeprägt (420) wird;

- einer der Gleichströme eine umgekehrte Polarität gegenüber den beiden übrigen Gleichströmen aufweist; und

nach dem Einprägen (420) der Gleichströme und vor dem Betätigen des Dreiphasen-Stufenschalters alle drei Sekundärwicklungen des Dreiphasen-Transformators kurzgeschlossen werden.

12. Verfahren (400) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Kurzschließen für alle Sekundärwicklungen des Mehrphasen-Transformators jeweils erfolgt.

13. Verfahren (400) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei:

die Sekundärwicklungen von den wenigstens zwei der Phasen ein erstes Paar (212, 222) von Sekundärwicklungen bilden; und

das Verfahren (400) zusätzlich für wenigstens ein zweites Paar (222, 232) von Sekundärwicklungen ausgeführt wird.

14. Verfahren (400) gemäß Anspruch 13, wobei das Verfahren (400) paarweise so lange für weitere Paare von Sekundärwicklungen ausgeführt wird, bis sich eine Kette an überlappenden Paaren (212, 222; 222, 232) ergibt, welche alle Sekundärwicklungen (212, 222, 232) umfasst.

15. System (1), aufweisend:

einen Mehrphasen-Transformator (200) mit einem Mehrphasen-Stufenschalter (260);

eine Prüfvorrichtung (100); und

elektrische Verbindungsmittel (300) zum lösbaren Verbinden des Mehrphasen-Transformators mit der Prüfvorrichtung;

wobei:

der Mehrphasen-Transformator (200) für jede seiner Phasen eine Primärwicklung (211, 221, 231) und eine Sekundärwicklung (212, 222, 232) sowie

einen sich durch die Primär- und Sekundärwicklung erstreckenden Schenkel (214, 224, 234) aus einem magnetischen Material aufweist;

die Primärwicklungen (211, 221, 231) als Stufenwicklungen mit jeweils wenigstens einer und einer weiteren Anzapfung (216, 217; 226, 227; 236, 237) ausgebildet sind;

der Mehrphasen-Stufenschalter (260) eingerichtet ist, jeweils zwischen der wenigstens einen und der weiteren Anzapfung (216, 217; 226, 227; 236, 237) umzuschalten; und

die Prüfvorrichtung (100) eingerichtet ist, ein Verfahren (400) gemäß der vorhergehenden Ansprüche auszuführen.

16. Prüfvorrichtung (100) zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters (260) eines Mehrphasen-Transformators (200), welcher für jede seiner Phasen eine Primärwicklung (211, 221, 231) und eine Sekundärwicklung (212, 222, 232) sowie einen sich durch die Primär- und Sekundärwicklung erstreckenden Schenkel (214, 224, 234) aus einem magnetischen Material aufweist, und wobei die Primärwicklungen als Stufenwicklungen mit wenigstens einer und einer weiteren Anzapfung (216, 217; 226, 227; 236, 237) ausgebildet sind und der Mehrphasen-Stufenschalter (260) eingerichtet ist, jeweils zwischen der wenigstens einen und der weiteren Anzapfung (216, 217; 226, 227; 236, 237) umzuschalten;

wobei die Prüfvorrichtung (100) aufweist:

jeweils eine Testsignalquelle (110, 112) zum Einspeisen eines Testsignals in die jeweilige Primärwicklung (211, 221, 231) sowie Primäranschlüsse (130, 132) zum lösbaren Verbinden der jeweiligen Testsignalquelle (110, 120) mit der jeweiligen Primärwicklung (211, 221, 231) und den jeweiligen Teil des Mehrphasen-Stufenschalters (260) wenigstens je Phase des Mehrphasen-Transformators (200) und/oder insgesamt wenigstens zwei davon;

wenigstens zwei Schaltmittel (120, 122) zum Kurzschließen jeweils der Sekundärwicklung (212, 222, 232) von wenigstens zwei der Phasen des Mehrphasen-Transformators (200) sowie Sekundäranschlüsse (134, 136) zum

lösbaeren Verbinden der wenigstens zwei Schaltmittel (120, 122) mit jeweils einer der Sekundärwicklungen (212, 222) von den wenigstens zwei der Phasen;

eine Betätigungsvorrichtung (160) zum automatischen Betätigen des Mehrphasen-Stufenschalters (260); und

eine Messvorrichtung (180) zum Erfassen je einer elektrischen Messgröße bezüglich der Primärwicklungen (211, 221) für die wenigstens zwei der Phasen.

17. Prüfvorrichtung (100), insbesondere gemäß Anspruch 16, aufweisend eine Steuerungsvorrichtung (140) und eingerichtet für ein Verfahren (400) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Steuerungsvorrichtung (140) eingerichtet ist, das Ausführen des Verfahrens (400) zu steuern.

18. Prüfvorrichtung (100) gemäß Anspruch 16 oder 17, welche gesonderte Messanschlüsse (138) für die Messvorrichtung (180) aufweist.

19. Prüfvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei die Testsignalquellen (110, 112) jeweils als Stromquellen ausgebildet sind und eine vorbestimmte Dämpfung aufweisen.

1 / 4

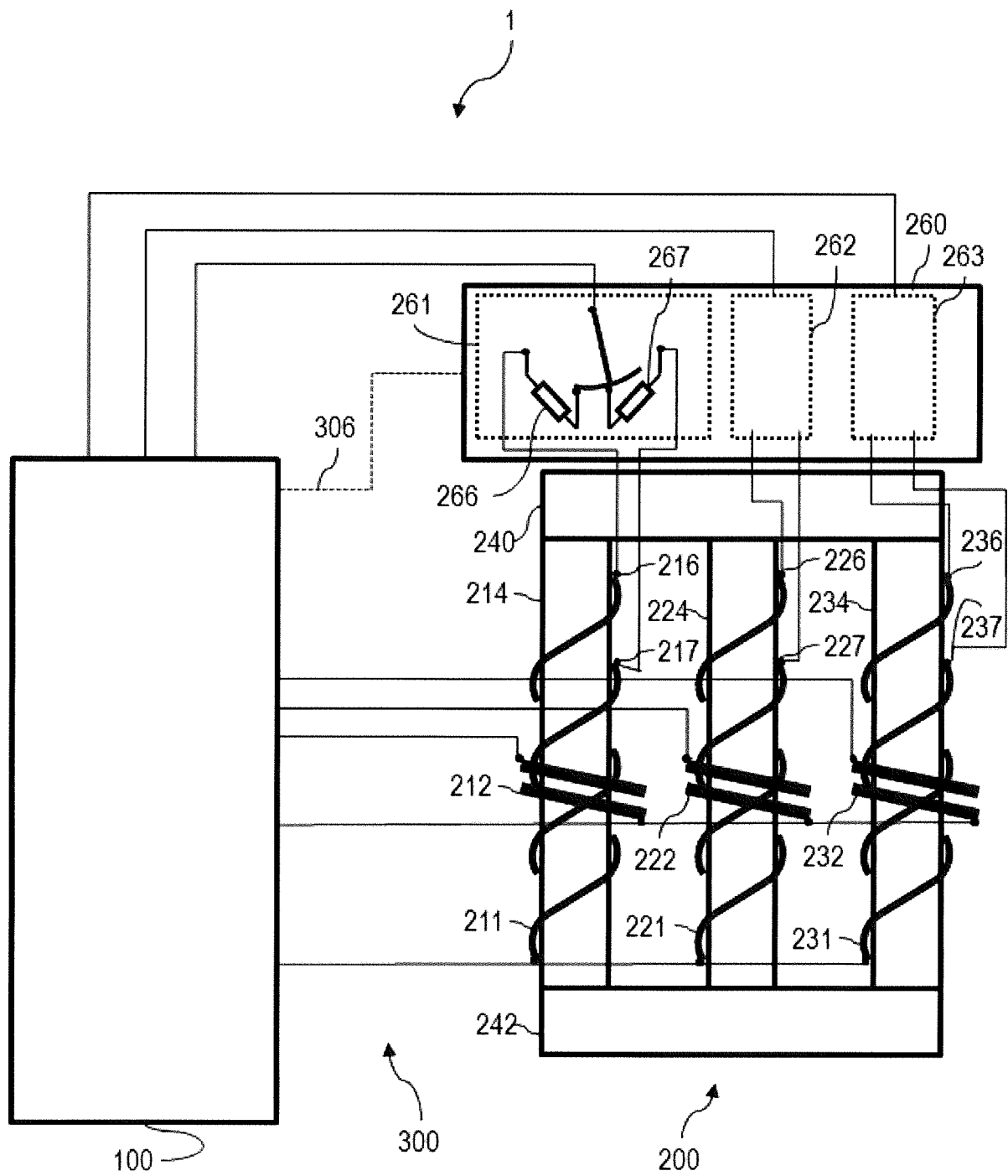


Fig. 1

2 / 4

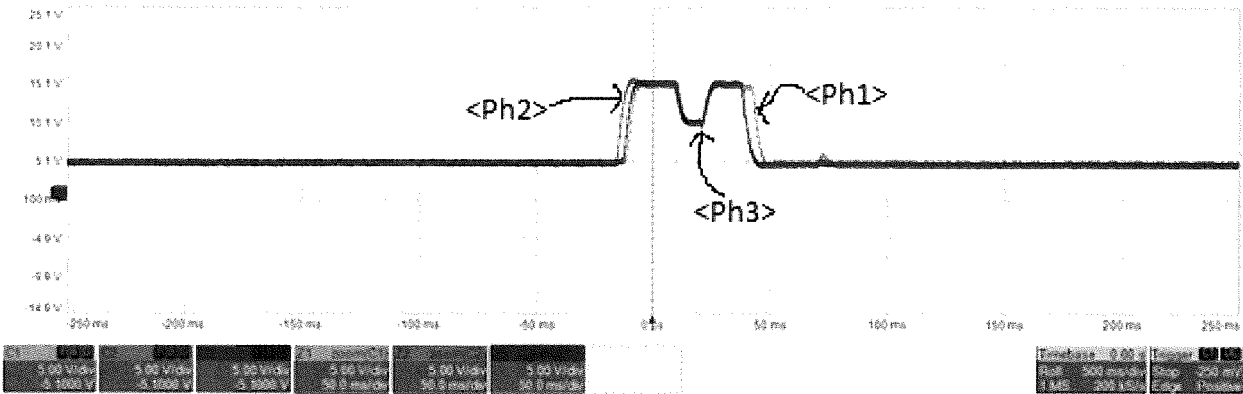


Fig. 2

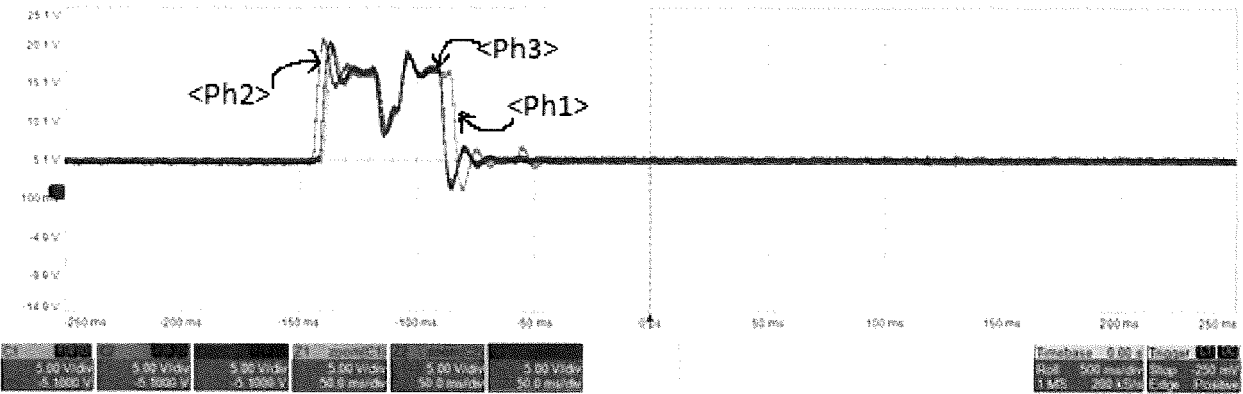


Fig. 3

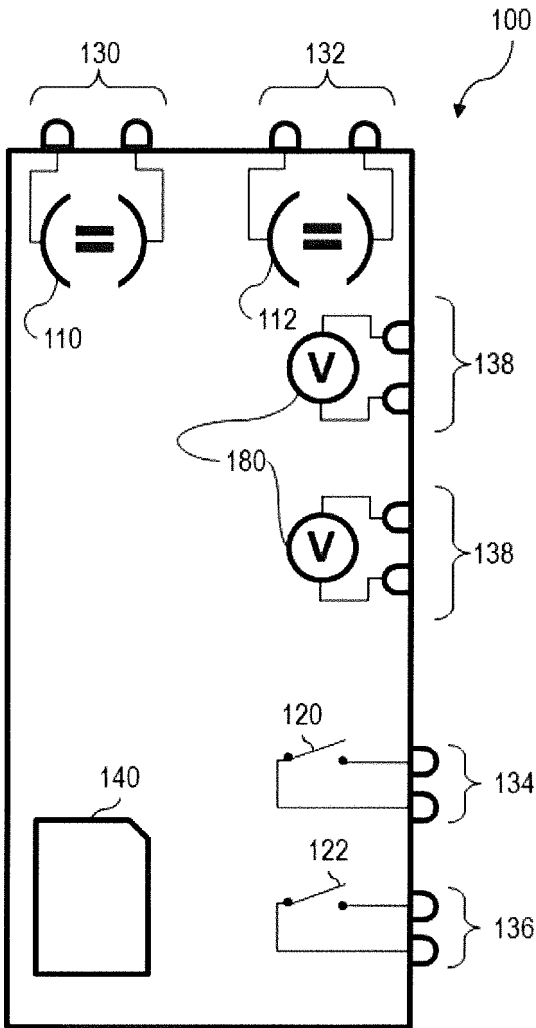


Fig. 4

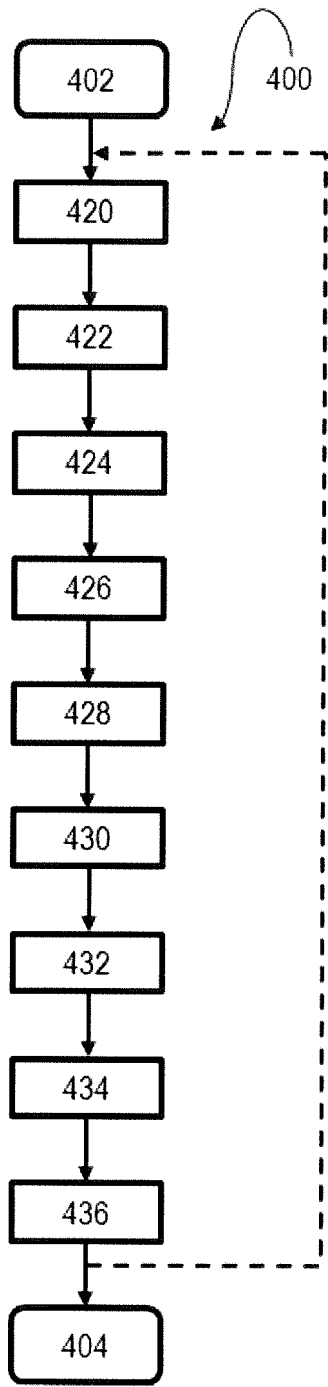


Fig. 5

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
G01R 31/327 (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
G01R 31/3271 (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
G01R

Konsultierte Online-Datenbank:
WPI, EPODOC, PATDEW, PATENW

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 26.07.2018 eingereichten Ansprüchen 1 - 19 erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	WO 03019211 A1 (ABB TECHNOLOGY AG, HILAL NAGI) 06. März 2003 Zusammenfassung, Absätze 6 bis 16, Ansprüche	1 - 19
A	EP 2472274 A2 (ELESYS INC) 04. Juli 2012 Zusammenfassung, Absätze 23 bis 47, Ansprüche	1 - 19
A	WO 2016001149 A1 (OMICRON ELECTRONICS GMBH) 07. Januar 2016 gesamtes Dokument	1 - 19

Datum der Beendigung der Recherche:
17.06.2019

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

PAVDI Dominika

*) Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien X oder Y), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie X), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren (400) zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters (260) eines Mehrphasen-Transformators (200), welcher für jede seiner Phasen eine Primärwicklung (211, 221, 231) und eine Sekundärwicklung (212, 222, 232) sowie einen sich durch die Primär- und Sekundärwicklung erstreckenden Schenkel (214, 224, 234) aus magnetischem Material aufweist, und wobei die Primärwicklungen (211, 221, 231) als Stufenwicklungen mit wenigstens einer und einer weiteren Anzapfung (216, 217; 226, 227; 236, 237) ausgebildet sind und der Mehrphasen-Stufenschalter (260) eingerichtet ist, jeweils zwischen der wenigstens einen (216, 226, 236) und der weiteren Anzapfung (217, 227, 237) umzuschalten;

dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren (400) aufweist:

- (422) Einspeisen jeweils eines Testsignals je Phase des Mehrphasen-Transformators (200) in die jeweilige Primärwicklung (211, 221) über den Mehrphasen-Stufenschalter (260);

- (424) Kurzschließen jeweils der Sekundärwicklung (212, 222) von wenigstens zwei der Phasen;

- (426) Betätigen des Mehrphasen-Stufenschalters (260) nach dem Kurzschließen (424), um für die wenigstens zwei der Phasen gleichzeitig jeweils zwischen der wenigstens einen Anzapfung und der weiteren Anzapfung umzuschalten; und

- (428) Erfassen einer elektrischen Messgröße bezüglich der Primärwicklungen (211, 221) für die wenigstens zwei der Phasen wenigstens während des Betätigens (426) des Mehrphasen-Stufenschalters.

2. Verfahren (400) gemäß Anspruch 1, welches weiterhin ein derartiges (420) Einprägen jeweils eines Gleichstroms je Phase in die jeweilige Primärwicklung vor dem Kurzschließen (424) der Sekundärwicklungen aufweist, sodass beim Kurzschließen der Mehrphasen-Transformator (200) stationär ist.

3. Verfahren (400) gemäß Anspruch 2, wobei je Phase das jeweilige Testsignal dem jeweils eingepprägten Gleichstrom entspricht.

4. Verfahren (400) gemäß Anspruch 2 oder 3, weiterhin aufweisend:

- Erfassen des jeweils zum Einprägen eingespeisten elektrischen Stroms oder der beim Einprägen jeweils über die jeweilige Primärwicklung (211, 221, 231) anliegenden elektrischen Spannung; und

- Bestimmen auf Basis des Verlaufs des erfassten Stroms bzw. der erfassten Spannung, ob der Mehrphasen-Transformator (200) zumindest im Wesentlichen stationär ist.

5. Verfahren (400) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei:

- das je Phase jeweilige Testsignal ein jeweiliger Gleichstrom mit einer vorbestimmten Stromstärke ist; und

- die erfasste elektrische Messgröße je der wenigstens zwei der Phasen jeweils die elektrische Spannung ist, welche über die jeweilige Primärwicklung (211, 221) und den Mehrphasen-Stufenschalter (260) anliegt.

6. Verfahren (400) gemäß Anspruch 5, welches des Weiteren aufweist:

- (432) Bestimmen eines zeitlichen Verlaufs des elektrischen Widerstands der jeweiligen Primärwicklung (211, 221) auf Basis der jeweils vorbestimmten Stromstärke und der erfassten elektrischen Spannung; und

- (436) Ausgeben des zeitlichen Verlaufs des elektrischen Widerstands für die wenigstens zwei der Phasen.

7. Verfahren (400) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, welches weiterhin aufweist:

- (430) Bestimmen jeweils des zeitlichen Verlaufs der je der wenigstens zwei der Phasen erfassten elektrischen Messgröße; und

- (434) Bestimmen einer Synchronität des Umschaltens zwischen der wenigstens einen Anzapfung und der weiteren Anzapfung für die wenigstens zwei der Phasen auf Basis eines Vergleichens der zeitlichen Verläufe der elektrischen Messgrößen für die wenigstens zwei der Phasen.

8. Verfahren (400) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei je Primärwicklung jeweils ein Gleichstrom mit einer derartigen Stromstärke eingeprägt wird, sodass diese Gleichströme einem elektrischen Strom durch die Primärwicklung zu einem Zeitpunkt bei einem symmetrischen Betrieb des Mehrphasen-Transformators entsprechen.

9. Verfahren (400) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Testsignale so gewählt sind, dass sie einem elektrischen Strom oder einer elektrischen Spannung bei einem symmetrischen Betrieb des Mehrphasen-Transformators entsprechen.

10. Verfahren (400) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Mehrphasen-Transformator (200) als dreiphasiger Leistungstransformator mit entsprechendem Dreiphasen-Stufenschalter (260) ausgebildet ist.

11. Verfahren (400) gemäß Anspruch 10, wobei:

- in die drei Primärwicklungen des dreiphasigen Transformators jeweils ein Gleichstrom mit einer vorbestimmten Stromstärke eingeprägt (420) wird;

- einer der Gleichströme eine umgekehrte Polarität gegenüber den beiden übrigen Gleichströmen aufweist; und

nach dem Einprägen (420) der Gleichströme und vor dem Betätigen des Dreiphasen-Stufenschalters alle drei Sekundärwicklungen des Dreiphasen-Transformators kurzgeschlossen werden.

12. Verfahren (400) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Kurzschließen für alle Sekundärwicklungen des Mehrphasen-Transformators jeweils erfolgt.

13. Verfahren (400) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei:

die Sekundärwicklungen von den wenigstens zwei der Phasen ein erstes Paar (212, 222) von Sekundärwicklungen bilden; und

das Verfahren (400) zusätzlich für wenigstens ein zweites Paar (222, 232) von Sekundärwicklungen ausgeführt wird.

14. Verfahren (400) gemäß Anspruch 13, wobei das Verfahren (400) paarweise so lange für weitere Paare von Sekundärwicklungen ausgeführt wird, bis sich eine Kette an überlappenden Paaren (212, 222; 222, 232) ergibt, welche alle Sekundärwicklungen (212, 222, 232) umfasst.

15. System (1), aufweisend:

einen Mehrphasen-Transformator (200) mit einem Mehrphasen-Stufenschalter (260);

eine Prüfvorrichtung (100); und

elektrische Verbindungsmittel (300) zum lösbaren Verbinden des Mehrphasen-Transformators mit der Prüfvorrichtung;

wobei:

der Mehrphasen-Transformator (200) für jede seiner Phasen eine Primärwicklung (211, 221, 231) und eine Sekundärwicklung (212, 222, 232) sowie

einen sich durch die Primär- und Sekundärwicklung erstreckenden Schenkel (214, 224, 234) aus einem magnetischen Material aufweist;

die Primärwicklungen (211, 221, 231) als Stufenwicklungen mit jeweils wenigstens einer und einer weiteren Anzapfung (216, 217; 226, 227; 236, 237) ausgebildet sind;

der Mehrphasen-Stufenschalter (260) eingerichtet ist, jeweils zwischen der wenigstens einen und der weiteren Anzapfung (216, 217; 226, 227; 236, 237) umzuschalten; dadurch gekennzeichnet, dass

die Prüfvorrichtung (100) eingerichtet ist, ein Verfahren (400) gemäß der vorhergehenden Ansprüche auszuführen.

16. Prüfvorrichtung (100) zum Prüfen eines Mehrphasen-Stufenschalters (260) eines Mehrphasen-Transformators (200), welcher für jede seiner Phasen eine Primärwicklung (211, 221, 231) und eine Sekundärwicklung (212, 222, 232) sowie einen sich durch die Primär- und Sekundärwicklung erstreckenden Schenkel (214, 224, 234) aus einem magnetischen Material aufweist, und wobei die Primärwicklungen als Stufenwicklungen mit wenigstens einer und einer weiteren Anzapfung (216, 217; 226, 227; 236, 237) ausgebildet sind und der Mehrphasen-Stufenschalter (260) eingerichtet ist, jeweils zwischen der wenigstens einen und der weiteren Anzapfung (216, 217; 226, 227; 236, 237) umzuschalten;

dadurch gekennzeichnet, dass die Prüfvorrichtung (100) aufweist:

jeweils eine Testsignalquelle (110, 112) zum Einspeisen eines Testsignals in die jeweilige Primärwicklung (211, 221, 231) sowie Primäranschlüsse (130, 132) zum lösbaren Verbinden der jeweiligen Testsignalquelle (110, 120) mit der jeweiligen Primärwicklung (211, 221, 231) und den jeweiligen Teil des Mehrphasen-Stufenschalters (260) wenigstens je Phase des Mehrphasen-Transformators (200) und/oder insgesamt wenigstens zwei davon;

wenigstens zwei Schaltmittel (120, 122) zum Kurzschließen jeweils der Sekundärwicklung (212, 222, 232) von wenigstens zwei der Phasen des Mehrphasen-Transformators (200) sowie Sekundäranschlüsse (134, 136) zum

lösbar verbinden der wenigstens zwei Schaltmittel (120, 122) mit jeweils einer der Sekundärwicklungen (212, 222) von den wenigstens zwei der Phasen;

eine Betätigungsvorrichtung (160) zum automatischen Betätigen des Mehrphasen-Stufenschalters (260); und

eine Messvorrichtung (180) zum Erfassen je einer elektrischen Messgröße bezüglich der Primärwicklungen (211, 221) für die wenigstens zwei der Phasen.

17. Prüfvorrichtung (100), insbesondere gemäß Anspruch 16, aufweisend eine Steuerungsvorrichtung (140) und eingerichtet für ein Verfahren (400) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Steuerungsvorrichtung (140) eingerichtet ist, das Ausführen des Verfahrens (400) zu steuern.

18. Prüfvorrichtung (100) gemäß Anspruch 16 oder 17, welche gesonderte Messanschlüsse (138) für die Messvorrichtung (180) aufweist.

19. Prüfvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei die Testsignalquellen (110, 112) jeweils als Stromquellen ausgebildet sind und eine vorbestimmte Dämpfung aufweisen.