

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 746 000 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

04.12.1996 Patentblatt 1996/49

(51) Int. Cl.⁶: **H01F 27/14**

(21) Anmeldenummer: **95108377.3**

(22) Anmeldetag: **01.06.1995**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH DE DK ES FR GB IE IT LI NL SE

• **Bastian, Anne Isobel**

B-1421 Ophain B.S.I. (BE)

(71) Anmelder:

• **Bastian, Jürgen**

B-1421 Ophain B.S.I. (BE)

(72) Erfinder:

• **Bastian, Jürgen**

B-1421 Ophain B.S.I. (BE)

• **Bastian, Anne Isobel**

B-1421 Ophain B.S.I. (BE)

(54) **Trockenhaltung der Isolierung von Transformatoren**

(57) Vorrichtung zur Nutzung der Zyklizität der thermischen Belastung von Transformatoren zum Zweck der Trocknung und Trockenhaltung des Isoliersystems aus Isolierflüssigkeit und imprägnierfähigen Isolierstoffen, sowie Befüllungsverfahren zur Sicherung der uneingeschränkten Funktion dieser Vorrichtung.

Die Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß ein außerhalb des Transformators in zwei kommunizierenden Gefäßen angeordnetes Stickstoffpolster durch Ausnutzung der Belastungszyklizität dazu verwendet wird, das dielektrische System trocken zu halten. Durch Verwendung eines geeigneten Befüllungsverfahrens wird die uneingeschränkte Wirkung des Prinzips gewährleistet.

EP 0 746 000 A1

Beschreibung

Vorrichtung zur Nutzung der Zyklizität der Belastung nicht atmender Transformatoren zum Zweck der Trockenhaltung des Isoliersystems durch Anordnung eines Gaspolsters, die das hin- und herströmende Gas zwingt, die darin enthaltene Feuchte an eine geeignete Trockenvorrichtung abzugeben, wodurch sich ein Feuchtekonzentrationsgefälle (Feuchteuntersättigungsgefälle) ergibt, das der Feuchteansammlung im Isoliersystem entgegenwirkt.

Stand der Technik

Nichtatmende elektrische Transformatoren werden häufig mit einem Gaspolster beaufschlagt. Dies geschieht, um die Komprimierbarkeit von Gasen zum Zweck der Druckaufnahme bei der Ausdehnung der Flüssigkeit durch Erwärmung und der Vermeidung starker Unterdrücke bei auskühlungsbedingter Volumerminderung zu nutzen. Gewöhnlich kommt als Gas Stickstoff zur Anwendung. Es hat sich jedoch gezeigt, daß starke tageszeitenzyklische Wechselbelastung des Transformators oft dazu führt, daß über kurz oder lang das Stickstoffpolster zum Luftpolster wird. Daraus wurden gegensätzliche Folgerungen gezogen: Teils kehrte man zum Transformator mit Ausdehnungsgefäß zurück, teils entschloß man sich, unter Verwendung von Stahlblechen, die sich durch hohe elastische Verformbarkeit auszeichnen, für integral befüllte Transformatoren ohne Gaspolster, obwohl bei dieser Bauart die bei Abkühlung entstehenden Unterdrücke notwendigerweise größer sind. Da auf dem Verteiltransformatorenbereich aufgrund der relativ niedrigen Oberspannungen die Beeinträchtigung der Durchschlagfestigkeit als weniger kritisch angesehen wird, hat man sich mit einer der beiden alternativen Kompromißlösungen abgefunden, zumal konstruktive Überlegungen dagegen sprachen, das Stickstoffpolster so großzügig zu bemessen, daß bei Flüssigkeitsabkühlung kein Unterdruck entsteht.

Neben den erwähnten Alternativen sind auch Hybridlösungen mit verschiedenen Anordnungen von Membranen eingesetzt worden. Die verschiedenen Spielarten haben gemeinsam, daß sie den Sauerstoff-Zugang auszuschließen oder zumindest zu reduzieren versuchen. Gegenwart von Sauerstoff im dielektrischen System ist immer nachteilig; auch wenn die verwendete Flüssigkeit nur wenig von der Gegenwart von Sauerstoff beeinflusst wird, steht die schnellere Alterung der Zellulose außer Frage. (IEEE Trans. Electr. Insul., Vol E1-13 No 5, Oktober 1978)

Bei der Beaufschlagung mit Stickstoff nimmt man in Kauf, daß die Flüssigkeit mit Stickstoff gesättigt ist. Außer im Höchstspannungsbereich neigt man dazu, die Frage zu verneinen, ob die Sättigung der Flüssigkeit mit Stickstoff die Durchschlagfestigkeit dadurch beeinträchtigen könnte, daß Mikrobäschenbildung bei Abkühlung auftritt.

Die thermische Belastung des Transformators, insbesondere des Aktivteils, bewirkt Alterung der Zellulose, wobei neben anderen Zersetzungsprodukten auch Wasser gebildet wird. Dieses ist im dielektrischen System grundsätzlich unerwünscht, da es sich nachteilig auf die dielektrischen Eigenschaften des Gesamtsystems auswirkt. Das jeweilige Gleichgewicht zwischen Isolierflüssigkeit und flächigem Isolierstoff wird von der Hygroskopizität der Flüssigkeit mitbestimmt. Die nach IEC 1100 als K-Flüssigkeiten mit einem Brennpunkt von $>300^{\circ}\text{C}$ eingestuften Flüssigkeiten Polydimethylsiloxan $50\text{mm}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$ und Pentaerythrit-Tetraester zeichnen sich gegenüber herkömmlichen Ölen durch höhere Hygroskopizität einerseits, andererseits jedoch sehr geringe Beeinträchtigung der Durchschlagfestigkeit bei Wasseraufnahme aus. Gegenüber Mineralöl ist diese Unempfindlichkeit sehr viel höher. Auch unter der Annahme, Zellulosealterungsfeuchte könne nicht zu Schäden führen, besteht kein Anlaß, sie nicht aus dem Isoliersystem zu entfernen.

Gegenstand der Erfindung

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist die Nutzung der Möglichkeit der Wasserabführung und -bindung - gleichgültig ob dieses Wasser aus der Atmosphäre stammt und seinen Ursprung in starken Unterdrücken und gegen Gas undichten Dichtungen hat oder zwangsweise bei der Zellulosealterung anfällt - durch konstruktive Nutzung der Schaffung eines Untersättigungsgefälles vom extrem trockenen Stickstoffpolster zur Flüssigkeit bzw. zum flächigen Isolierstoff und die Nutzung der Tatsache, daß sich die meisten Transformatoren durch zyklische - gewöhnlich tageszeitenzyklische - Lastspiele auszeichnen.

Das Konstruktionsziel verfolgt bei Transformatoren, die Zellulose enthalten, also den Zweck, die Belastungszyklizität für die Trocknung nicht nur ausnahmsweise angesaugter atmosphärischer Feuchte einzusetzen sondern auch für die Unschädlichmachung der Feuchte, die ihren Ursprung in der Zellulosealterung hat.

Das Konstruktionsziel wird durch bisher nicht realisierte gleichzeitige Nutzung mehrerer Umstände verwirklicht.

Die meisten Verteiltransformatoren, aber auch viele Leistungstransformatoren, weisen eine ausgeprägte Zyklizität der Belastung auf. Die Dimensionierung des Stickstoffpolsters bestimmt die Höhe der dabei entstehenden Über- und Unterdrücke. Dabei geht das Gas, temperaturabhängig, bei Druckerhöhung langsam in Lösung und tritt bei Druckminderung wieder aus. Letzterer Vorgang verläuft rascher als ersterer.

Wird bei Unterdruck wiederholt Luft angesaugt, kommt es zur Aufnahme von Luftfeuchte bis zum Sättigungsgrad der Flüssigkeit, die insbesondere bei Abkühlung die Feuchte teilweise auf dem flächigen Isolierstoff ablädt. Die jeweils herrschende Wasseraufnahmefähigkeit des Gases, der Isolierflüssigkeit und der Zellulose

hängt von der Hygroskopizität dieser drei Elemente bei den jeweiligen Bedingungen ab.

Die Tatsache, daß das Gas in der beschriebenen Anordnung, wie in der Schemazeichnung dargestellt, über einen Gastrockner, z.B. mit Silicagel als Feuchte-
falle, hin- und hergeleitet wird, je nachdem, ob sich die Flüssigkeit ausdehnt oder zusammenzieht, wird dazu
ausgenutzt, das Gas in einem extrem trockenen Zustand zu halten, um dadurch die mit dem extrem trockenen Gas in Berührung stehende Flüssigkeit ebenfalls
trocken zu halten und damit wiederum die Feststoffisolation zu trocknen bzw. die thermisch bedingte Alterung der Zellulose und/oder deren Folgen abzuschwächen, und insbesondere, durch mangelnde Dichtigkeit eingedrungene, atmosphärische Feuchte
frühzeitig und fortwährend der Flüssigkeit zu entziehen.

Bei Anordnung einer Kapillare als Durchflußminderer in der Verbindungsleitung zwischen Transformator und Zwischengefäß (in der Schemazeichnung als V1 gekennzeichnet) ist die Öffnung der Kapillare so zu bemessen, daß weder Verstopfungen, noch Druckaufbau entstehen können. Dies geschieht durch Wahl eines Mindestdurchmessers von 1mm und durch proportionale Anpassung des Kapillarendurchmessers an das Flüssigkeitsvolumen des Transformators.

Wenn der Gastrockner so gestaltet wird, daß, bei Verwendung von Silicagel als Feuchtefalle, der Silicagelinhalt sichtbar ist, ist dieser durchaus geeignet, Undichtigkeiten des Systems sichtbar zu machen. Die sehr geringe Feuchtemenge aus der Zellulosealterung ist, bei entsprechender Silicagel-Füllmenge, nicht in der Lage, eine merkliche Verfärbung von bläulich nach rosa zu bewirken. Eine solche Verfärbung wird jedoch bei starker Luftfeuchtaufnahme bald eintreten.

Um zu vermeiden, daß sich ein signifikanter Teil des in den Behältern V1 und V2 befindlichen Stickstoffs in der Flüssigkeit, die zur Erzielung einer hohen Imprägniergüte hochentgast sein muß, löst, was spätere Stickstoffzugaben oder, zur weitgehenden Kompensation des Druckabfalls, kostspieliges Überdimensionieren erfordern würde, und um das beschriebene Wirkungsprinzip nicht einzuschränken, wird beim Befüllen des beschriebenen Transformatorentyps und beliebiger anderer mit Stickstoff beaufschlagter Transformatoren so verfahren, daß zunächst der Transformator bei der Erstbefüllung mit einer zur Erzielung einer hohen Imprägniergüte hochentgasen Isolierflüssigkeit befüllt wird und diese dann, nach Befüllung des Transformators mit trockenem Stickstoff, von einer von anderen Gasen befreiten aber mit Stickstoff gesättigten Isolierflüssigkeit ersetzt wird. Die Dimensionierung von V1 und V2 wird mitbestimmt von der Flexibilität des Transformators selbst und davon, wie weit man diese Flexibilität in Anspruch nehmen will.

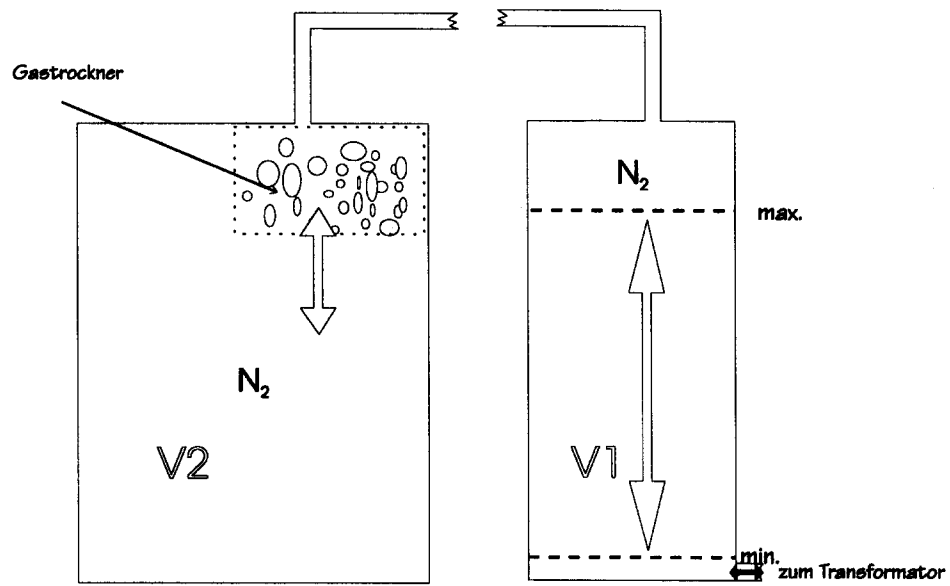
Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Trockenhaltung eines elektrischen Isoliersystems aus Isolierflüssigkeit und imprä-

gnierfähigem Feststoff in einem elektrischen Gerät, das sich durch Gasbeaufschlagung und durch Zyklizität der Belastung auszeichnet, und dessen Belastungsspiele zu einer Vergrößerung und Verkleinerung des Flüssigkeitsvolumens bei entsprechender Verkleinerung und Vergrößerung des Gasvolumens und einer dadurch verursachten Druckbelastung und Druckentlastung führen, wobei die Vorrichtung die zyklischen Bewegungen von Gas und Flüssigkeit zur Trockenhaltung des gesamten Systems nutzbar macht.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Anordnung und Aufstellung des Stickstoff-Druckkompensationsgefäßes (in der Schemazeichnung als V2 gekennzeichnet) gewährleistet wird, daß nicht, etwa durch Sonneneinstrahlung, gleichzeitig zur Ausdehnung der Flüssigkeit, eine Ausdehnung des Gases stattfindet.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gasausgleichsgefäß, bzw. Druckkompensationsgefäß (V2), an einem Ort angeordnet wird, der seiner Funktion besser entspricht als eine Anordnung in unmittelbarer Nähe des elektrischen Geräts, z.B. unter dem Dach einer Werkhalle, unter einer Hochbühne usw.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der Verbindungsleitung zwischen Transformator und Zwischengefäß (V1) eine Durchflußdrosselung vorgesehen wird, die zwar die Flüssigkeit in beiden Fließrichtungen fließen läßt, jedoch das in einer Zeiteinheit durchfließende Volumen drosseln kann, so daß bei plötzlicher Spaltgasentstehung im Transformator der dadurch bewirkte Druckanstieg leichter gemessen und ein Fehler leichter detektiert werden kann.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Gastrockner so gestaltet wird, daß, bei Verwendung von Silicagel als Feuchtefalle, der Silicagelinhalt sichtbar ist und seine Farbveränderung Luftfeuchtaufnahme und damit eine Undichtigkeit im System anzeigt.
6. Verfahren der Befüllung von mit Stickstoff zu beaufschlagenden Transformatoren, dadurch gekennzeichnet, daß der Transformator nach imprägnierender, mit einer entgasten Isolierflüssigkeit erfolgten Erstbefüllung entleert und mit einer mit Stickstoff gesättigten Flüssigkeit neu befüllt wird.

Figure 1





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 95 10 8377

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	M CANIQUE ET ELECTRICIT , Bd.45, 1, PARIS Seiten 61 - 69 ENAULT 'Protection et entretien rationnels des transformateurs.'	1	H01F27/14
A	* Seite 65, rechte Spalte, Zeile 6 - Zeile 23; Abbildung 7 *	2,3	
A	* Seite 68, linke Spalte, Zeile 24 - Zeile 63 *	2,3	
A	CH-A-211 184 (LICENTIA) * Seite 2, linke Spalte, Zeile 5 - Zeile 17; Abbildung *	2,3	
A	DE-B-10 99 072 (MAUS) * Spalte 3, Zeile 60 - Spalte 4, Zeile 10; Abbildung *	4	
A	US-A-2 505 581 (UNGER) * Spalte 2, Zeile 40 - Zeile 46 * * Spalte 4, Zeile 18 - Zeile 31; Abbildungen 5,6 *	5	
A	CH-A-296 459 (SIEMENS) * Anspruch 1 *	5	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			H01F
Das eingetragene Recherchenverzeichnis wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
DEN HAAG		19. September 1995	
		Prüfer	
		BIJN, E	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument			
& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.82 (P/MC03)



Europäisches
Patentamt

GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung mehr als zehn Patentansprüche.

- ☐ Alle Anspruchsgebühren wurden innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.
- ☐ Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die ersten zehn sowie für jene Patentansprüche erstellt für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden,
- nämlich Patentansprüche:
- ☐ Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die ersten zehn Patentansprüche erstellt.

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung; sie enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Siehe Ergänzungsblatt B

- ☐ Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.
- ☐ Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind,
- nämlich Patentansprüche:
- ☒ Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen,

nämlich Patentansprüche: 1-5



Europäisches
Patentamt

EP 95 10 8377 -B-

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung; sie enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Patentansprüche 1-5: Vorrichtung zur Trockenhalten eines elektrischen Isoliersystems aus Isolierflüssigkeit und imprägnierfähigem Feststoff in einem elektrischen Gerät
2. Patentanspruch 6 : Verfahren der Befüllung von mit Stickstoff zu beaufschlagenden Transformatoren