

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 309 852 B1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **26.08.92**

(51) Int. Cl.⁵: **H01H 33/66**

(21) Anmeldenummer: **88115334.0**

(22) Anmeldetag: **19.09.88**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Vakuumnachweis bei Vakuumschaltröhren.**

(30) Priorität: **30.09.87 DE 3733107**
23.12.87 DE 3743868

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.04.89 Patentblatt 89/14

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
26.08.92 Patentblatt 92/35

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL SE

(56) Entgegenhaltungen:
FR-A- 2 299 713
US-A- 3 575 656
US-A- 4 534 741

(73) Patentinhaber: **SIEMENS AKTIENGESELL-
SCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
W-8000 München 2(DE)

(72) Erfinder: **Hess, Rüdiger, Dr.**
Benedikfiner Strasse 87 A
W-1000 Berlin 28(DE)
Erfinder: **Schilling, Wolfgang**
Wolfsleite 13
W-8522 Herzogenaurach(DE)

Erfinder: **Schlenk, Wolfgang, Dr.**
Tetzelweg 12

W-8520 Erlangen(DE)
Erfinder: **Kuhl, Wilfried**
Lindenstrasse 4
W-8508 Wendelstein(DE)

Erfinder: **Trentin, Peter, Dipl.-Ing. (FH)**
Jakob-Fischer-Strasse 2
W-6095 Gustavsburg 1(DE)

Erfinder: **Schramm, Heinz-Helmut, Dr.**
Uferpromenade 41 A
W-1000 Berlin 22(DE)

Erfinder: **Klug, Leonhard**
Görlitzer Strasse 8
W-8520 Erlangen(DE)
Erfinder: **Weber, Heribert, Dipl.-Ing. (FH)**
Vereinsstrasse 4
W-6000 Frankfurt/Main 60(DE)

EP 0 309 852 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Vakuumnachweis bei Vakuumschaltröhren, wobei bei vorgegebenem Kontakthub Hochspannung zwischen den Kontakten angelegt wird. Daneben bezieht sich die Erfindung auch auf die zugehörige Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einer Hochspannungseinheit zur Erzeugung einer Prüfspannung für die mit definiertem Kontakthub geöffneten Schaltkontakte der Vakuumschaltröhre.

Vakuumschaltröhren werden u.a. auch in SF₆-isolierten Schaltanlagen verwendet. Zur Qualitätsüberwachung des Vakuumzustandes werden Vakuumschaltröhren üblicherweise vor Auslieferung mit einer Meßeinrichtung nach dem Magnetron-Meßprinzip geprüft. Aufgrund der modernen Fertigungstechnologie kann im Normalfall ein Vakuumverlust in der Schaltröhre auch nach längerer Zeit nicht auftreten. Trotzdem wird die Forderung erhoben, den Innendruck eines in der Schaltanlage eingebauten Vakuumschalters kontrollieren zu können, ohne hierzu die Schaltröhre aus dem Behälter auszubauen.

Für Schaltröhren ohne SF₆-Isolierung kann der Anwender durch Einsatz mobiler Meßgeräte, beispielsweise mit Meßverfahren nach dem Hochspannungstest oder durch modifizierte Magnetron-Geräte mit Permanentmagneten, den Innendruck sicher kontrollieren. Nicht anwendbar sind derart vorbekannte Verfahren und Meßgeräte für in SF₆-isolierten Schaltanlagen eingebaute Vakuumschaltröhren. Insbesondere bei dem bisher üblichen Hochspannungstest würde die gute Isolierfähigkeit des SF₆ trotz eines eventuellen Lecks an der Schaltröhre bei Nennhub die Testspannung halten und damit gutes Vakuum vortäuschen. Es kann also mit diesem Verfahren nicht sicher zwischen Vakuum und SF₆-Füllung, d.h. einem Leck in der Schaltröhre, unterschieden werden.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine zugehörige Vorrichtung der eingangs genannten Art vorzuschlagen, mit denen festgestellt werden kann, ob ein funktionsfähiges Betriebsvakuum in Vakuumschaltröhren vorliegt und die bei ungekapselten und gekapselten Schaltröhren anwendbar sind.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß bei einem Verfahren der eingangs genannten Art durch folgende Verfahrensmerkmale gelöst:

- a) Es wird ein Kontakthub unterhalb des Nennhubes des Vakuumschalters gewählt,
- b) die bei diesem Kontakthub im Vakuum aufgrund der Feldelektronenemission zwischen den Kontakten von den als Anode wirkenden Kontaktf lächen erzeugte Röntgenstrahlung wird erfaßt und

c) als Nachweis für das Vorliegen von Betriebsvakuum innerhalb der Schaltröhre ausgewertet.

Bei der zugehörigen Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens ist der Vakuumschaltröhre ein Röntgenstrahldetektor, vorzugsweise Geiger-Müller-Zählrohr, zugeordnet, der mit der Hochspannungseinheit über eine Auswerteschaltung verbunden ist, die zur Feststellung und Anzeige von Betriebsvakuum oder eines Lecks dient und die zur Minimierung der Röntgendosis die Hochspannungseinheit abschaltet.

Vorzugsweise kann die Erfindung bei gekapselten Vakuumschaltröhren, insbesondere bei SF₆-isolierten Schaltanlagen, eingesetzt werden, um festzustellen, ob insbesondere kein Isoliergas durch Lecks in das Innere der Röhre gelangt ist, ohne daß dafür die Schaltröhren aus dem SF₆-Behälter ausgebaut werden müssen.

Im Rahmen der Erfindung wird also für die Vakuumkontrolle ein modifiziertes Hochspannungsgerät in Kombination mit einem Röntgenstrahlungsmeßgerät und einer entsprechenden Signalauswerteschaltung verwendet. Es wird die bei einem Hochspannungstest speziell bei gegenüber dem Nennhub reduziertem Schaltkontakthub zwangsläufig erzeugte Röntgenstrahlung ausgenutzt. Bei Nennhub tritt dagegen keine meßbare Röntgenstrahlung auf.

Die Messung von Röntgenemissionen der Kontaktoberflächen bei Nennhub ist vom Stand der Technik prinzipiell vorbekannt: In der US-PS 4 534 741 und der JP-OS 60-49520 wird im einzelnen beschrieben, daß die durch Feldelektronenemission zwischen den Kontakten von den jeweils gegenüberliegenden Kontaktoberflächen emittierte Röntgenstrahlung als Detektor ausgenutzt werden kann. Dabei geht es jedoch ausschließlich um die Prüfung der dielektrischen Eigenschaften der Kontaktoberflächen, wobei in diesem Fall das Vorliegen von Vakuum innerhalb der Schaltröhre vorausgesetzt wird. Die erfindungsgemäße Lehre dahingehend, die Röntgenemission als Detektor speziell für das Vorliegen von Betriebsvakuum, ihr Ausbleiben dagegen für das Auftreten von Lecks bzw. Gasflutung heranzuziehen, hat mit obigem Stand der Technik keinen Zusammenhang.

Im Rahmen der Erfindung ist es besonders vorteilhaft, daß die Röntgenemission zwar für die Meßzwecke ausgenutzt werden kann, aber weit vor Erreichen der nach der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen, unzulässigen Grenze gestoppt wird.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung in Verbindung mit den weiteren Patentansprüchen.

Es zeigen

FIG 1 eine graphische Darstellung der

- Durchschlagfestigkeit als Funktion des logarithmisch aufgetragenen Druckes bei vorgegebenen Kontakthub und
- FIG 2 blockschaltbildmäßig eine Auswerteschaltung für die angewandte Prüfvorrichtung.
- FIG 3 eine graphische Darstellung der Durchschlagfestigkeit zwischen Vakuumschalterkontakten in Abhängigkeit vom Kontakthub,
- FIG 4 eine schematische Darstellung einer dreipoligen gekapselten SF₆-Schaltanlage mit Prüfvorrichtung zum Vakuumnachweis.

In den Figuren sind identische Teile in unterschiedlicher Darstellung der einzelnen Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen. Die Figuren werden nachfolgend teilweise zusammen beschrieben.

Im Diagramm nach FIG 1 ist als Abszisse der Druck einer Vakuumschaltröhre in Millibar und als Ordinate die Durchschlagfestigkeit als Hochspannung U in Kilovolt Gleichspannung angegeben. Als funktionale Abhängigkeit ergibt sich die sogenannte Paschen-Kurve, die bei geöffneten Schaltkontakten jeweils den Wert der maximal gehaltenen Spannung wiedergibt.

Bekanntermaßen ist die Durchschlagfestigkeit im Vakuum sehr hoch und beträgt z.B. in Abhängigkeit vom Kontaktwerkstoff für CuCr bei 1 mm Kontaktabstand ca. 80 kV. Normalerweise begrenzt daher die an Luft befindliche Isolatorstrecke zur Potentialtrennung eine Spannungsfestigkeit. Nach Überschreiten von 10^{-2} mbar fällt die Spannungsfestigkeit steil ab zum sog. Paschen-Minimum von einigen 100 V. In Richtung Atmosphärendruck (1000 mbar) steigt die Durchschlagfestigkeit wieder auf einige kV an.

In Fig. 1 ist eine derartige Paschen-Kurve 100 für einen Kontakthub, h, von h = 3 mm als Parameter dargestellt. Mit der Paschenkurve 100 läßt sich also das für die Funktion einer Vakuumschaltröhre notwendige Betriebsvakuum definieren: Es muß im allgemeinen geringer als 10^{-2} mbar sein. Dagegen spielt der genaue Wert des Druckes unterhalb dieser Größe keine entscheidende Rolle für die Durchschlagfestigkeit.

Es ist bekannt, daß bei der Erzeugung von Röntgenstrahlung über Elektronenanregung im wesentlichen die gleichen Anforderungen an das Vakuum zu stellen sind. Daher kann das Vorliegen von Röntgenemission speziell in Vakuumschaltröhren als Sensor für das Vorliegen von Betriebsvakuum herangezogen werden.

Üblicherweise haben Vakuumschalter einen Nennhub zwischen 10 und 20 mm. Bei diesem Hub tritt keine meßbare Röntgenemission außerhalb der Vakuumschaltröhre auf. Für Prüfzwecke werden je-

doch bei Vakuumschaltern Kontakthübe unterhalb des Nennhubes, insbesondere im Bereich zwischen 1 und 8 mm, beispielsweise 3 mm, verwendet. Dazu kann an der externen Antriebswelle des Schaltgerätes über ein manuell einbringbares Distanzstück der Kontakthub auf diesen Wert vorgegeben werden.

Bei einem Kontakthub von 3 mm wird das Kontaktmaterial der Kontaktstücke durch Feldelektronenemission zwischen den Kontaktstücken zur Röntgenstrahlung angeregt, die außerhalb des Vakuumschalters meßbar ist. Bricht dagegen das Vakuum zusammen, was durch ein Leck spontan oder durch langsame Flutung erfolgen kann, so tritt keine Röntgenstrahlung auf.

Die Röntgenstrahlung wird beispielsweise in der Schaltung gemäß Fig. 2 erfaßt: In Fig. 2 sind ein Vakuumschaltröhre 15, ein ihm zugeordnetes Geiger-Müller-Zählrohr 20 mit sich daran anschließendem Meßgerät 21 schematisch angedeutet.

Die blockschaltbildmäßig dargestellte Auswerteschaltung besteht im wesentlichen aus zwei Einheiten 30 und 40, die nachfolgend im Funktionszusammenhang im einzelnen erläutert werden:

Der Block 30 besteht im einzelnen aus der schon erwähnten Hochspannungseinheit 25 für die Erzeugung der Prüfspannung, der in einem Schaltkreis eine Einheit 31 für eine Grenzwertabschaltung, eine nachfolgende Steuerlogik 32, und eine Schalteinheit 33 für das Ein- bzw. Ausschalten der Hochspannungseinheit 25 zugeordnet ist. Von der Steuerlogikeinheit 32 wird eine Anzeigeneinrichtung, bestehend aus Signalverstärker 34 und Signallampe 35 angesteuert.

Der gesamte Block 30 ist über eine Signalleitung mit dem Block 40 verbunden, welcher letzterer die Einheit 33 zur Ein- bzw. Ausschaltung der Hochspannungseinheit 25 ansteuert. Der Block 40 besteht im einzelnen aus einem Zähler 41, der von den Zählimpulsen des Meßgerätes 21, das dem Geiger-Müller-Zählrohr 20 nachgeschaltet ist, angesteuert wird. Im Zählgerät 41 werden die in einer vorgegebenen Zeit, die mittels eines Zeitgebers 42 einstellbar ist, beispielsweise eine Sekunde, anfallenden Impulse aufsummiert. Der Zählwert wird auf einen Komparator 44 gegeben, und mit einem mittels eines Codierschalters 43 vorgebbaren Wert verglichen. Das Antwortsignal gelangt auf eine Kippstufe 46, z. B. Flip-Flop, die gleichzeitig von einer Einschalteinheit 45 angesteuert wird.

Von der Kippstufe 46 wird gleichermaßen eine Anzeigeneinrichtung aus Signalverstärker 47 und Signallampe 48 sowie ein UND-Glied 50 angesteuert, das über die Einschalteinrichtung 45 und einen Meßzeitgeber 49, der die Meßdauer auf beispielsweise 30 s begrenzt, betätigt wird.

Mittels der so beschriebenen Auswerteschaltung kann also das Vorliegen von Betriebsvakuum

in der Schalttröhre 15 eindeutig erkannt werden, ohne daß unzulässig hohe Röntgen-Emission entsteht. Durch Vakuumverlust defekte Schalttröhren können somit sicher erkannt werden.

Es hat sich gezeigt, daß es sinnvoll ist, die Messung für die Anzeige des Vorliegens von Vakuum über Erfassung von Röntgen-Emission auf 30 s zu begrenzen, worauf der Meßzeitgeber 49 abgestellt ist. Bei diesen Werten kann der Vakuumzustand von Schalttröhren sowohl bei neuen als auch bei bereits geschalteten Kontaktoberflächen geprüft werden. Die Empfindlichkeit des Geiger-Müller-Zählrohrs 20 ist im allgemeinen so hoch, daß bereits eine Strahlen-Dosis von 1 μSv erfaßt wird. Da dieser Wert im Bereich des Nulleffektes der natürlichen Umgebungsstrahlung liegt, kann in diesem Bereich unbedenklich gearbeitet werden.

Bei der Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann zweckmäßigerweise die Prüfspannung von einem niedrigen Wert mit ansteigender Charakteristik auf den Arbeitspunkt eingestellt werden, wobei bereits mit ansteigender Spannung die Auswerteschaltung in Betrieb ist.

Im Diagramm nach FIG 3 ist als Abszisse der Kontakthub h in Millimetern und als Ordinate die Durchschlagfestigkeit als Hochspannung U in Kilovolt effektiver Wechselspannung angegeben. Bekannterweise ist die Durchschlagfestigkeit jeweils eine monoton steigende Funktion vom Kontakthub, wobei in FIG 3 mit 1 eine erste funktionale Abhängigkeit für Vakuum als Parameter und mit 2 eine zweite funktionale Abhängigkeit mit 1,5 bar SF_6 als Parameter angegeben ist. Diese funktionalen Abhängigkeiten bedeuten, daß vorgegebene Spannungen unterhalb der experimentell ermittelten Kurven gehalten werden, während sie oberhalb dieser Kurven zum Durchschlag zwischen den Kontakten führen.

Mit den VDE-Vorschriften ist eine Prüfwechselspannung für die Prüfung von Vakuumschalttröhren vorgegeben. Üblicherweise wird in der Praxis an geschalteten Anlagen zu einem späteren Zeitpunkt als zur Prüfung der neuen, ungeschalteten Anlage mit Werten von 0,8 x der Prüfwechselspannung gearbeitet, welcher Wert beispielsweise bei 40 kV effektiv liegt. Diese Grenze ist als Parallele 3 zur Abszisse eingezeichnet. Durch Vorgabe eines bestimmten Kontakthubes von beispielsweise 3 mm wird nun ein Arbeitspunkt definiert, welcher im Diagramm der FIG 3 mit 4 bezeichnet ist. Dies bedeutet, daß an diesem Arbeitspunkt unter Vakuum die Prüfspannung gehalten wird, während sie bei Fluß mit SF_6 von 1,5 bar zum Durchschlag führt.

In FIG 4 ist eine komplette Schaltwarte mit 10 bezeichnet. Diese besteht im vorliegenden Fall aus drei Schaltfeldern, die jeweils drei SF_6 -gekapselte Schalter aufweisen. Die Behälter für die Aufnahme des SF_6 sind mit 11 bezeichnet. Darin befindet sich

jeweils eine Vakuumschalttröhre 15, deren beide Kontaktbolzen 16 und 17 mit den Funktionseinheiten der Schaltanlage, auf die hier im einzelnen nicht eingegangen wird, elektrisch verbunden sind. Der bewegliche Kontaktbolzen ist mechanisch über ein Gestänge 18 mit einem in der Fig. 2 nicht dargestellten Antrieb verbunden, der das Öffnen bzw. Schließen der Schaltkontakte bewirkt. Über nicht erkennbare Verbindungselemente ist das Gestänge 18 mit einer Antriebswelle 12 gekoppelt. Unabhängig von dem vorgegebenen Nennhub der Kontakte kann an der externen Antriebswelle 12 mittels Nocken 13 und Stoßdämpfer 14 der Kontakthub h über ein manuell einbringbares Distanzstück 19 so vorgegeben werden, daß er für Prüfw Zwecke erheblich unterhalb des Nennhubes, beispielsweise auf 3 mm, begrenzt ist.

Der Vakuumschalttröhre 15 ist in FIG 4 außerhalb des Behälters 11 ein Geiger-Müller-Zählrohr (GMZ) 20 zugeordnet. Dem Geiger-Müller-Zählrohr 20 ist ein Meßgerät 21 nachgeschaltet, das über einen Schalter mit einer Hochspannungseinheit 25 gekoppelt ist. Die Hochspannungseinheit 25 ist mit den beiden Kontaktbolzen 16 und 17 bei geöffneten Kontakten verbunden. Mit einer derartigen Anordnung läßt sich das erfindungsgemäße Verfahren ausführen: Die Erfindung macht sich das Phänomen zunutze, daß bei geöffneten Kontakten bei hinreichend niedrigem Abstand bzw. hinreichend hoher Spannung zwischen den Kontakten durch Feldemission Elektronen erzeugt werden, welche jeweils die Gegenelektrode (Anode) zu Röntgenstrahlung anregen.

Für die Prüfung einer Vakuumschalttröhre auf Vakuum muß die gesamte Schaltanlage 10 vom Netz getrennt werden, und es müssen beide Kontaktbolzen 16 und 17 für den Anschluß des Prüfgerätes verfügbar sein. In FIG 2 sind die elektrischen Verbindungen nur im Prinzip dargestellt, in der Praxis wird die Kontaktierung im Schaltfeld durchgeführt. Das Distanzstück 19 wird zwischen Nocken 13 und Stoßdämpfer 14 eingebracht, das auf den Schaltantrieb 18 einwirkt und somit den Schalter-Kontakthub auf beispielsweise 3 mm begrenzt. Das Hochspannungskabel und das Erdkabel werden an die zwei Pole der Vakuumschalttröhre 15 angeschlossen. Das Zählrohr des Geiger-Müller-Zählers 20 befindet sich außerhalb des SF_6 -Behälters 11 in ca. 5 cm Abstand von der Behälterwand in Höhe der Mitte des Schalterkontaktpaltes.

Nach dem Einstellen der Hochspannung auf etwa 57 kV (Gleichspannung) bzw. 40 kV_{eff} - (Wechselspannung) entsteht bei einwandfreiem Vakuum der Schalttröhre 15 durch Feldelektronenemission Röntgenstrahlung (Gammastrahlen), die eine nach der Strahlenschutzverordnung vorgegebene Grenze außerhalb des SF_6 -Behälters 11, die bei beispielsweise 1 $\mu\text{Sv/h}$ liegt, nicht überschrei-

ten darf. Das Geiger-Müller-Zählrohr 20 liefert Zählpulse pro Zeiteinheit, d.h. Röntgenquanten pro Sekunde, die in einer Schaltungsanordnung verarbeitet werden und nach Erreichen einer einstellbaren Schwelle die Abschaltung der Hochspannungseinheit bewirken. Darauf wird weiter unten im einzelnen eingegangen. Ist dagegen SF₆ durch ein Leck in die Vakuumschaltröhre 15 eingedrungen, so wird die Spannung bis zu einem bestimmten SF₆-Druck, beispielsweise von etwa 2 bar, nicht gehalten. Es tritt ein Spannungsdurchschlag auf, der registriert werden kann. Röntgenstrahlung entsteht in diesem Fall nicht.

Mittels der anhand FIG 2 bereits beschriebenen Auswerteschaltung kann nunmehr einerseits das Vorliegen von Betriebsvakuum in der gekapselten Schaltröhre 15 eindeutig erkannt werden, ohne daß unzulässig hohe Röntgen-Emission entsteht. Andererseits kann ein Leck im Schaltergehäuse und insbesondere ein Fluten mit SF₆ angezeigt werden, wozu noch einmal auf die grafische Darstellung nach FIG 2 Bezug genommen wird: Oberhalb des Graphen 2 mit 1,5 bar SF₆ (d.h. 0,5 bar Überdruck SF₆) wird die Prüfspannung von 0,8 x der vorgegebenen Prüfwechselspannung bei beispielsweise 3 mm Hub nicht mehr gehalten und bricht zwischen den Kontakten durch. Die Signallampe 35 leuchtet dann nach Ablauf der durch den Zeitgeber vorgegebenen Meßzeit auf und meldet hierdurch eine defekte Röhre, d.h. Vakuumverlust durch SF₆-Eintritt.

Bei einem relativ großen Kontakthub von 10 mm würde dagegen gemäß FIG 2 in beiden Fällen die Spannung gehalten. Es tritt aber auch bei gutem Vakuum keine meßbare Röntgenemission auf. In diesem Fall könnte also nicht mehr zwischen SF₆ und Vakuum unterschieden werden. Insgesamt ergibt sich, daß der zur Prüfung verwendete Kontakthub bei vorgegebener Prüfwechselspannung zwischen 1 und 8 mm liegen sollte und unter anderem auch in Abhängigkeit vom beim Vakuumschalter verwendeten Kontaktwerkstoff gewählt werden muß, da der Werkstoff die Röntgenemission beeinflusst. Hierzu wird auf die Dissertation von D. Dohnal "Untersuchungen zur Röntgenstrahlung an Hochspannungs-Hochvakuum-Anordnungen" (TU Braunschweig 1981) verwiesen. Wird dagegen der Kontakthub h zu klein gewählt, kann ebenfalls nicht zwischen Vakuum und SF₆ unterschieden werden, da in diesem Fall die Prüfspannung niedriger gewählt werden müßte und die dadurch weichere Röntgenstrahlung unter Umständen vom Schaltergehäuse 15 bzw. Behälter 11 absorbiert würde.

Mit einem vorgegebenen Wert von 57 kV Gleichspannung, der mit einer effektiven Wechselspannung von ca. 40 kV vergleichbar ist, d.h. wiederum dem Wert von 0,8 x der Prüfwechselspan-

nung, wird unter gutem Vakuum die Spannung bei 3 mm Kontakthub gehalten. Hierbei entsteht Röntgen-Emission, die durch den Block 40 der Schaltungsanordnung nach FIG 3 unmittelbar bei Erreichen des vorgegebenen Wertes die Hochspannungseinheit 25 abschaltet. Durch die Signalleuchte 48 wird das Vorliegen von Vakuum angezeigt, und zwar so lange, bis gegebenenfalls durch die Starttaste 45 für eine zweite Messung als Kontrollmessung die Hochspannung wieder eingeschaltet wird.

Aufgrund der guten Isolationseigenschaften von SF₆ wird bei Erreichen eines bestimmten SF₆-Überdruckes gegebenenfalls auch die Spannung im Schaltröhre gehalten. In FIG 3 würde ein Graph für beispielsweise 2 bar SF₆ zwischen den Kurven 1 und 2 liegen. Es kann somit auch bei Null-Emission der Röntgenstrahlung zwischen einem geringfügigen Leck, das noch nicht vollständig zur Flutung geführt hat, und einer kompletten SF₆-Flutung, bei der trotz Null-Emission an Röntgenstrahlung eine Prüfspannung gehalten wird, unterschieden werden.

Bei der Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann zweckmäßigerweise die Prüfspannung von einem niedrigen Wert mit ansteigender Charakteristik auf den Arbeitspunkt eingestellt werden, wobei bereits mit ansteigender Spannung die Auswerteschaltung in Betrieb ist.

Für die Auswerteschaltung nach FIG 2 kann auch ein Mikroprozessor eingesetzt werden, bei dem die anhand der Blöcke 30 und 40 und den Einheiten 31 bis 50 dargestellten Funktionen softwaremäßig ausgeführt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Vakuumnachweis bei Vakuumschaltröhren, wobei bei vorgegebenem Kontakthub Hochspannung zwischen den Kontakten angelegt wird, **gekennzeichnet durch** folgende Verfahrensmerkmale:
 - a) Es wird ein Kontakthub (h) unterhalb des Nennhubes des Vakuumschalters gewählt,
 - b) die bei diesem Kontakthub (h) und Hochspannung (U) im Vakuum aufgrund der Feldelektronenemission zwischen den Kontakten von den als Anode wirkenden Kontaktflächen erzeugte Röntgenstrahlung wird erfaßt und
 - c) als Nachweis für das Vorliegen von Betriebsvakuum innerhalb der Schaltröhre ausgewertet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet** durch die Anwendung bei gekapselten Vakuumschaltröhren, insbesondere bei SF₆-isolierten Schaltanlagen, wobei die Durchschlagfe-

stigkeit geprüft wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß Kontakthub (h) und/oder Hochspannung (U) in Abhängigkeit vom Kontaktwerkstoff der Kontakte gewählt werden. 5
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einem Kontakthub zwischen 1 und 8 mm, vorzugsweise bei 3 mm, gearbeitet wird. 10
5. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit Gleichspannung von 30 bis 100 kV, vorzugsweise etwa 57 kV, und einem Gleichstrom von unterhalb 12 mA gearbeitet wird. 15
6. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit Wechselspannung zwischen 25 und 70 kV_{eff}, vorzugsweise 40 kV_{eff}, und einem Strom unter 3 mA gearbeitet wird. 20
7. Verfahren nach Anspruch 3 sowie Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Prüfspannung mit ansteigender Charakteristik von einem niedrigen Wert auf den Arbeitspunkt eingestellt wird. 25
8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Röntgenstrahlung quantitativ gemessen wird und bei Erreichen vorgegebener Schwellwerte der Röntgendosis eine Abschaltung der Hochspannung bewirkt und damit weitere Röntgenemission vermieden wird, wobei gleichermaßen eine Anzeigeeinrichtung zur Bestätigung des einwandfreien Betriebsvakuum aktiviert wird. 30
9. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Null-Emission der Röntgenstrahlung die Betriebsspannung über eine vorgegebene Prüfzeit, beispielsweise 30 Sekunden, als Prüfspannung gehalten und dann erst abgeschaltet wird, wobei mit der Abschaltung eine Anzeigeeinrichtung zur Anzeige eines Lecks an der Schalthröhre aktiviert wird. 35
10. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Null-Emission Spannungsdurchschläge erfaßt und unmittelbar zur Abschaltung der Prüfspannung führen, wobei gleichermaßen mit der Abschaltung die Anzeigeeinrichtung zur Anzeige eines Leckes an der Schalthröhre aktiviert wird. 40
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Bestätigung der Anzeige die Röntgenaktivierung zyklisch wiederholbar ist.

12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 10 mit einer Hochspannungseinheit zur Erzeugung einer Prüfspannung für die mit definiertem Kontakthub geöffneten Schaltkontakte der Vakuumschaltröhre, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Vakuumschaltröhre (15) ein Röntgenstrahldetektor (20, 21), vorzugsweise Geiger-Müller-Zählrohr, zugeordnet ist, der mit der Hochspannungseinheit (25) über eine Auswerteschaltung (30 bis 50) verbunden ist, die zur Feststellung und Anzeige von Betriebsvakuum oder eines Leckes dient und die zur Minimierung der Röntgenstrahlung die Hochspannungseinheit (25) abschaltet. 45
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Röntgenstrahldetektor (20) in definiertem Abstand von der Vakuumschaltröhre (15), vorzugsweise 5 cm, angeordnet ist und die Röntgenemission zur Abschaltung der Hochspannungseinheit (25) auf diesen Abstand normiert ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß in den Antrieb für die Kontaktbewegung der Vakuumschaltröhre (15) ein Distanzstück zur Vorgabe eines definierten, unterhalb des normalen Nennhubes liegenden Kontakthubes einbringbar ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Auswerteschaltung (30 bis 50) mittels eines Mikroprozessors softwaregesteuert ist.

Claims

1. A method for vacuum control in vacuum interrupters, wherein with a preselected contact travel high voltage is applied between the contacts, characterised by the following features of the method:
 - a) a contact travel (h) is selected below the rated travel of the vacuum switch,
 - b) the X-radiation generated by the contact surfaces, acting as anode, with this contact travel (h) and high voltage (U) in the vacuum, due to the field electron emission between the contacts, is detected and
 - c) evaluated as evidence of the presence of an operating vacuum within the interrupter.
2. A method according to claim 1, characterised

by use with enclosed vacuum interrupters, in particular with SF₆-insulated switchgear, whereby the disruptive strength is examined.

3. A method according to claim 1 or 2, characterised in that the contact travel (h) and/or high voltage (U) are selected in dependence on the contact material of the contacts. 5
4. A method according to claim 3, characterised in that a contact travel of between 1 and 8mm, preferably of 3mm, is chosen. 10
5. A method according to claim 3, characterised in that a direct voltage of 30 to 100 kV, preferably approx. 57 kV, and a direct current of below 12 mA are applied. 15
6. A method according to claim 3, characterised in that an alternating voltage of between 25 and 70 kV_{eff}, preferably 40 kV_{eff}, and a current of below 3 mA are applied. 20
7. A method according to claim 3 as well as claim 5 or 6, characterised in that the test voltage with an increasing characteristic curve is adjusted from a low value to the working point. 25
8. A method according to claim 1 or 2, characterised in that the X-radiation is measured in a quantitative manner and when predetermined threshold values of the X-ray dose are reached disconnection of the high voltage is effected and thus further X-ray emission is avoided, wherein likewise a display device for verifying the perfect operating vacuum is activated. 30
9. A method according to claim 1 or 2, characterised in that with zero-emission of the X-radiation the operating voltage is maintained over a predetermined testing time, for example 30 seconds, as test voltage and then disconnected, whereby with the disconnection a display device is activated for displaying a leak in the interrupter. 35
10. A method according to claim 8, characterised in that with zero-emission voltage disruptive discharges are detected and result directly in disconnection of the test voltage, whereby likewise with disconnection the display unit is activated for displaying a leak in the interrupter. 40
11. A method according to one of the preceding claims, characterised in that for verifying the display, the X-ray activation is able to be repeated cyclically. 45

12. A device for carrying out the method according to claim 1 or one of claims 2 to 10, with a high voltage unit for generating a test voltage for the switch contacts of the vacuum interrupter, opened with a defined contact travel, characterised in that the vacuum interrupter (15) has allocated to it an X-ray detector (20,21), preferably a Geiger-Müller-counter tube, which is connected to the high-voltage unit (25) by way of an evaluating circuit (30 to 50), which serves to establish and display an operating vacuum or a leak and which, for minimising the X-radiation, disconnects the high voltage unit (25). 50

13. A device according to claim 12, characterised in that the X-ray detector (20) is arranged at a defined distance from the vacuum interrupter (15), preferably 5cm, and the X-ray emission for disconnecting the high voltage unit (25) is standardised at this distance. 55

14. A device according to claim 12, characterised in that a spacer for preselecting a defined contact travel lying below the normal rated travel, is introduced into the drive for the contact movement of the vacuum interrupter (15). 60

15. A device according to claim 12, characterised in that the evaluating circuit (30 to 50) is able to be controlled with software by means of a microprocessor. 65

Revendications

1. Procédé pour déceler le vide dans des tubes de commutation sous vide, selon lequel, pour une course prédéterminée des contacts, une haute tension est appliquée entre les contacts, caractérisé par les particularités suivantes :
 - a) on choisit une course (h) des contacts qui est inférieure à la course nominale du tube de commutation sous vide,
 - b) on détecte le rayonnement X produit, pour cette course (h) des contacts et pour cette haute tension (U), dans le vide, par suite de l'émission, par les surfaces de contact agissant en tant qu'anode, d'électrons de champ entre les contacts, et
 - c) on évalue ce rayonnement en tant que preuve de l'existence d'un vide de fonctionnement dans le tube de commutation.
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par son application à des tubes de commutation sous vide encapsulés, notamment dans le cas d'installations de commutation au SF₆, avec contrôle de la rigidité diélectrique. 70

3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait qu'on choisit la course (h) des contacts et/ou la haute tension (U) en fonction du matériau des contacts. 5
4. Procédé suivant la revendication 3, caractérisé par le fait qu'on opère avec une course entre les contacts comprise entre 1 et 8 mm et égale de préférence à 3 mm. 10
5. Procédé suivant la revendication 3, caractérisé par le fait qu'on opère avec une tension continue comprise entre 30 et 100 kV et égale de préférence à environ 57 kV, et un courant continu inférieur à 12 mA. 15
6. Procédé suivant la revendication 3, caractérisé par le fait qu'on opère avec une tension alternative comprise entre 25 et 70 kV_{eff}, et égale de préférence à 40 kV_{eff}, et un courant inférieur à 3 mA. 20
7. Procédé suivant la revendication 3 ainsi que la revendication 5 ou 6, caractérisé par le fait qu'on règle la tension de contrôle avec une caractéristique montante, qui passe d'une faible valeur jusqu'au point de fonctionnement. 25
8. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait qu'on mesure quantitativement le rayon X et que, lorsque des valeurs de seuil prédéterminées de la dose de rayons X sont atteintes, une interruption de la haute tension est exécutée et que, de ce fait, une émission supplémentaire de rayons X est évitée, un dispositif d'affichage étant également activé pour confirmer l'existence du vide de fonctionnement parfait. 30
9. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que dans le cas d'une émission nulle de rayonnement X, la tension de fonctionnement est maintenue en tant que tension de contrôle pendant une durée de contrôle prédéterminée, de par exemple 30 secondes, et est interrompue ensuite seulement, cette interruption activant un dispositif d'affichage qui affiche une fuite au niveau du tube de commutation. 35
10. Procédé suivant la revendication 8, caractérisé par le fait que dans le cas d'une émission nulle, des claquages de tension sont détectés et conduisent immédiatement à une interruption de la tension de contrôle, cette interruption activant simultanément le dispositif d'affichage pour qu'il affiche une fuite au niveau du tube commutation. 40
11. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'activation des rayons X peut être répétée cycliquement pour confirmer l'affichage. 45
12. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé suivant la revendication 1 ou l'une des revendications 2 à 10, comportant une unité à haute tension servant à produire une tension de contrôle pour les contacts de coupure du tube de commutation sous vide, qui sont ouverts avec une course définie, caractérisé par le fait qu'au tube de commutation sous vide (15) est associé un détecteur de rayons X (20,21), de préférence un tube de comptage Geiger-Müller, qui est raccordé à l'unité à haute tension (25) par l'intermédiaire d'un circuit d'évaluation (30 à 50), qui sert à déterminer et à afficher le vide de fonctionnement ou une fuite et qui débranche l'unité à haute tension (25) de manière à réduire l'émission de rayons X. 50
13. Procédé suivant la revendication 12, caractérisé par le fait que le détecteur de rayons X (20) est disposé à une distance définie du tube de commutation sous vide (15), de préférence 5 cm, et que l'émission de rayons X est normalisée de manière rapportée à cette distance pour interrompre l'unité à haute tension (25). 55
14. Procédé suivant la revendication 12, caractérisé par le fait qu'une entretoise servant à prédéterminer une course définie des contacts, inférieure à la course nominale normale, peut être insérée dans le dispositif d'entraînement servant à déplacer les contacts du tube de commutation sous vide (15).
15. Procédé suivant la revendication 12, caractérisé par le fait que le circuit d'évaluation (30 à 50) est commandé par un logiciel au moyen d'un microprocesseur.

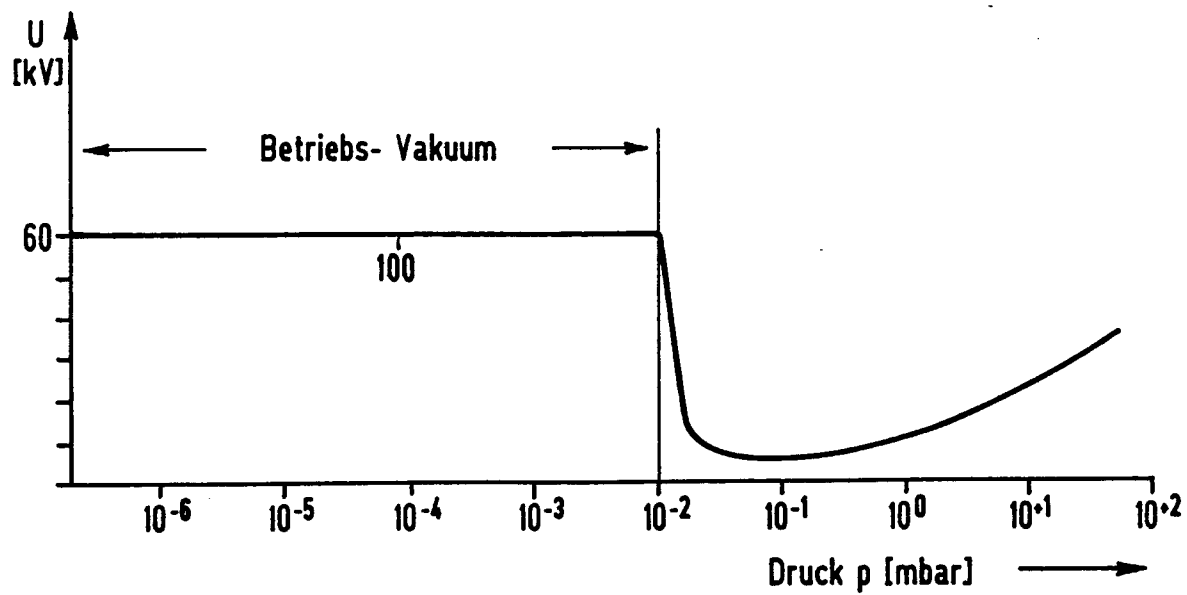


FIG 1

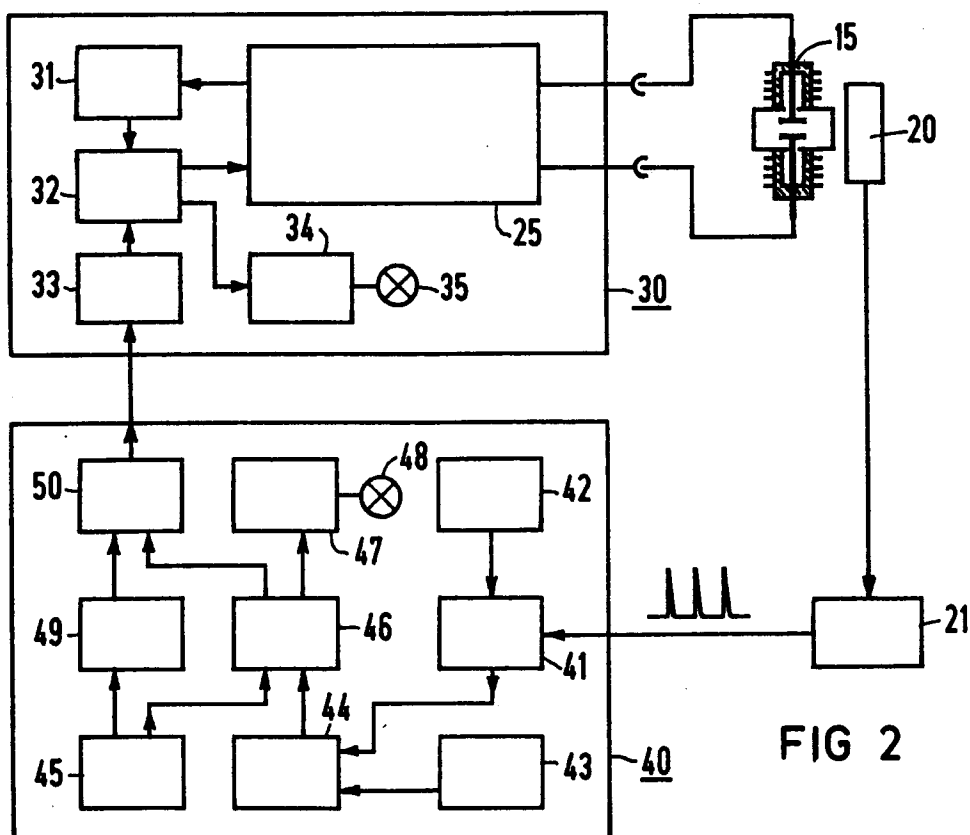


FIG 2

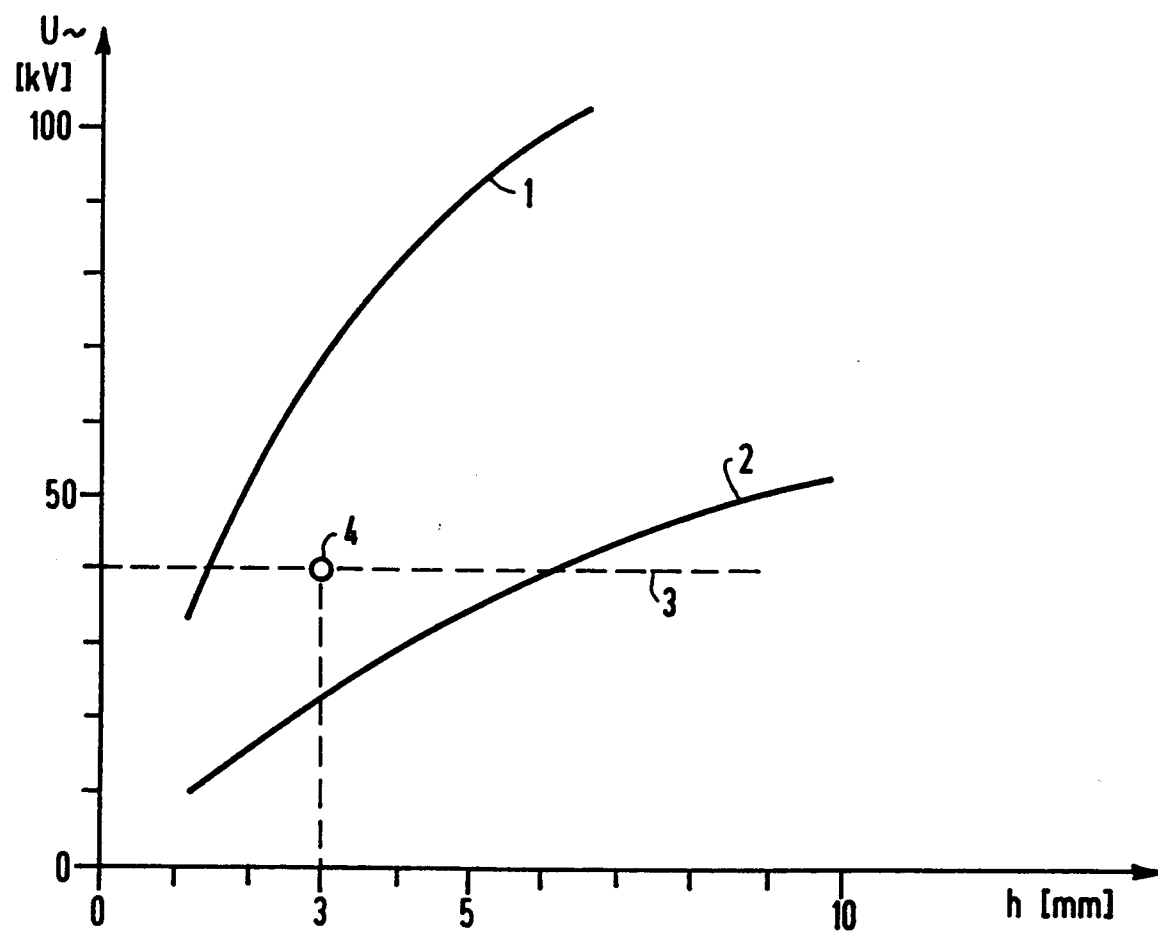


FIG 3

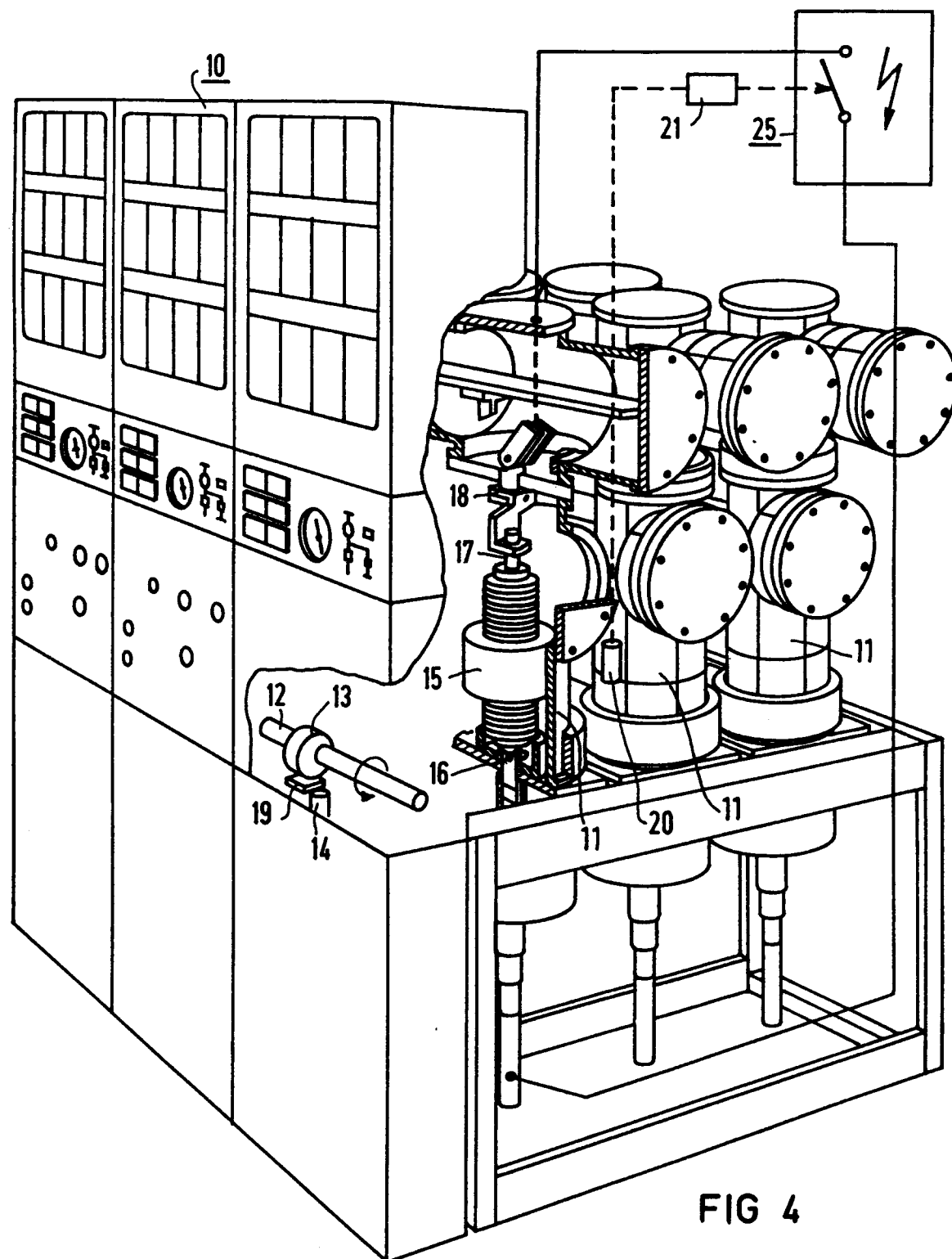


FIG 4