

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **89119418.5**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01H 33/66**

22 Anmeldetag: **19.10.89**

30 Priorität: **21.10.88 DD 320963**

71 Anmelder: **VEB "Otto Buchwitz"**  
**Starkstrom-Anlagenbau Dresden**  
**Industriegelände Postschliessfach 360**  
**DDR-8060 Dresden(DD)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**25.04.90 Patentblatt 90/17**

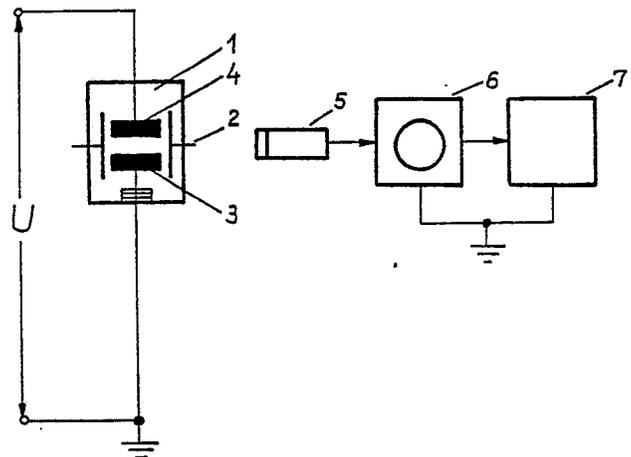
72 Erfinder: **Fink, Harald, Dr.**  
**Dahlienweg 18**  
**DDR-8028 Dresden(DD)**  
 Erfinder: **Dominik, Rainer, Dipl.-Ing.**  
**Grüne Telle 1**  
**DDR-8090 Dresden(DD)**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT CH DE FR GB LI NL SE**

74 Vertreter: **Patentanwälte Beetz sen. - Beetz**  
**jun. Timpe - Siegfried - Schmitt-Fumian-**  
**Mayr**  
**Steinsdorfstrasse 10**  
**D-8000 München 22(DE)**

54 **Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung des Innendrucks eines Gefäßes.**

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung des Innendrucks in einem evakuierten Gefäß. Sie setzt voraus, daß in einem Gefäß (1) zwei Elektroden (3, 4) vorgesehen sind, die gegeneinander isoliert sind. An die Elektroden (3, 4) wird eine elektrische Hochspannung (U) angelegt und mittels einer Sonde (5) eine elektromagnetische Strahlung außerhalb des Gefäßes (1) erfaßt. Dabei geht die Erfindung von der neuen Erkenntnis aus, daß der Intensitätsverlauf dieser elektromagnetischen Strahlung bei gleichbleibender Spannung von Intensitätsänderungen mit einer Frequenz überlagert ist, die ein Maß für den Innendruck im Gefäß (1) darstellt. Dementsprechend ist eine Ausgabeeinheit (7) vorgesehen, um diesen Frequenzverlauf zu analysieren und zu bewerten und so Angaben über den Innendruck zu erhalten.



EP 0 365 005 A2

## Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung des Innendrucks eines Gefäßes

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung des Innendrucks eines evakuierten Gefäßes mit mindestens zwei gegeneinander isolierten Elektroden, insbesondere einer Hochspannungs-Vakuumschaltkammer mit zwei Kontakten.

Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens. Das Verfahren bzw. die Vorrichtung sind insbesondere bei der Herstellung bzw. dem Betrieb von Vakuumanlagen, vor allem bei Vakuumschaltern, aber auch allgemein auf dem Gebiet der Vakuummeßtechnik anwendbar.

Vakuumanlagen arbeiten meist dann nur zuverlässig und funktionssicher, wenn ein vorbestimmter, meist geringer Innendruck gewährleistet ist. Dies gilt bevorzugt auch für die Funktionssicherheit der Schaltkammer von Vakuumschaltern.

Zur prophylaktischen Überprüfung des Betriebszustandes von Vakuumschaltern, soweit er vom Kammerinnendruck bestimmt wird, sind Verfahren bekannt, die den Innendruck bewerten.

So werden die Bewegungsabläufe am Schaltgerät beurteilt, wobei der Zusammenhang von Innendruck und Antriebskräften zur Auswertung herangezogen wird.

Außerdem werden Änderungen von elektrischen Eigenschaften, wie Widerstand, Leitfähigkeit von dünnen Schichten, Potentialdifferenzen bei Hilfselektroden mit unterschiedlicher Austrittsarbeit, Kontaktwiderstandsänderungen sowie Wärmestrahlung ausgenutzt.

Ferner werden Plasmazeitkonstante, Leuchterscheinungen von Entladungen, Feldstärkeänderungen bzw. die Stromänderungen in innerhalb oder außerhalb angeordneten Gasentladungsstrecken zur Bewertung des Kammerinnendrucks herangezogen.

Die Nachteile der vorstehend beschriebenen Verfahren bestehen in dem hohen geräte- und prüftechnischen Aufwand bzw. in den komplizierten Meßsystemen, verbunden mit einer zeitlich aufwendigen Handhabung der Verfahren sowie gegebenenfalls in der Notwendigkeit der Verwendung zusätzlicher Hilfsvorrichtungen, beispielsweise Gasentladungsstrecken, verbunden mit baulichen Eingriffen in oder an der Vakuumkammer und/oder in der Forderung nach transparenten Gehäusen sowie dem Umstand einer nur innerhalb beschränkter Druckbereiche garantierten zuverlässigen Arbeitsweise sowie nicht ausreichender Störsicherheit bei Überlastungen, z. B. kurzzeitigen steilen Überspannungen. Diese Verfahren können den Anforderungen an eine mit einfachen prüf- und meßtechnischen Mitteln sowie geringem Zeitaufwand durchführbare Überprüfung bzw. Kontrolle des Kamme-

rinnendrucks von Vakuumgefäßen nicht gerecht werden.

Bekannt sind des weiteren Verfahren zur Einschätzung des Drucks, bei denen das Nichtlöschen des Durchschlag- oder Schaltlichtbogens einen nicht ausreichend kleinen Druckwert anzeigt. Dabei ist es nachteilig, daß das Schadensereignis, der Störlichtbogen, bereits eingetreten ist und die Schadensauswirkung nicht sicher begrenzt werden kann. Eine prophylaktische Prüfung der Vakuumschaltkammern bezüglich des Kammerinnendrucks ist damit nicht möglich.

Ferner ist eine Schaltungsanordnung zur Druckbestimmung in evakuierten Gefäßen, insbesondere in Vakuumschaltern, bekannt, bei der bei anliegender Hochspannung der von der Kathode emittierte Feldemissionsstrom einer Rauschanalyse, z.B. Fourieranalyse, unterzogen wird, wobei das Verhältnis zwischen hoch- und niederfrequentem Rauschanteil ein Maß für den Kammerinnendruck ist (DD-A-257 296). Bei einem Vakuumschalter wird dabei der von der Kathode emittierte Feldemissionsstrom an einem Kondensationsschirm abgegriffen.

Die Schaltungsanordnung besteht mindestens aus einem Analysenetzwerk, einem Komparatorbaustein und einer Anzeigevorrichtung.

Der bei anliegender Betriebsspannung von der Kathode emittierte und entsprechend abgegriffene Feldemissionsstrom wird dem Analysenetzwerk zugeleitet, das geeignet ist, eine Frequenzanalyse des Stroms durchzuführen. Es kann aus zwei oder mehr Frequenzfiltern, z.B. L-C-Niederfrequenzfiltern, bestehen. Die so erhaltenen Signale, die den Anteilen des Rauschspektrums in zwei Frequenzbändern proportional sind, werden dem Komparatorbaustein zugeleitet. Mit Hilfe des Komparatorbausteins, z.B. eines Differenzverstärkers, wird ein Signal gewonnen, das dem Verhältnis der Leistungen im hochfrequenten und niederfrequenten Bereich des Stromsignal-Rauschspektrums entspricht und einer Anzeigevorrichtung zugeführt wird; bei entsprechender Eichung ist dieses Leistungsverhältnis ein direktes Maß für den Druck. Nachteilig sind der hohe geräte- und prüftechnische Aufwand zur Ermittlung des Rauschspektrums sowie die Orientierung auf die Erfassung hochfrequenter Rauschanteile, welche auch durch nicht druckabhängige Prozesse hervorgerufen werden können. Von Nachteil sind ferner die Notwendigkeit der Anbringung zusätzlicher Anschlußvorrichtungen für den Schirmabgriff sowie die Nichtanwendbarkeit bei handelsüblichen Vakuumschaltern mit eingegossenen Vakuumschaltkammern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein

Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Ermittlung des Innendrucks in evakuierten Gefäßen, z. B. Vakuumschaltkammern, anzugeben, die einen relativ geringen technischen Aufwand erfordern, wobei der Meßwert mit außerhalb des Vakuumsgefäßes vorgesehenen Mitteln erfaßt werden soll.

Die Aufgabe wird anspruchsgemäß gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindungskonzeption.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Ermittlung des Innendrucks eines evakuierten Gefäßes mit mindestens zwei gegeneinander isolierten Elektroden, insbesondere einer Vakuumschaltkammer mit zwei Schaltkontakten, ist gekennzeichnet durch

- Anlegen einer elektrischen Hochspannung (U) an die als Anode bzw. Kathode wirkenden Elektroden,
- Erfassen des zeitlichen Verlaufs der Intensität der emittierten elektromagnetischen Strahlung außerhalb des Gefäßes,

- Ermittlung der Frequenz der zeitlichen Änderung der Intensität der erfaßten elektromagnetischen Strahlung

und

- Ermittlung des Innendrucks des Gefäßes aufgrund der zuvor ermittelten Abhängigkeit dieser Frequenz vom Innendruck und ggfs. Anzeige und/oder Registrierung des Innendrucks.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Ermittlung des Innendrucks evakuierter Gefäße, die sich insbesondere zur Durchführung des oben erläuterten Verfahrens eignet, ist gekennzeichnet durch

- mindestens zwei gegeneinander isolierte Elektroden

- eine Hochspannungsquelle, die eine elektrische Hochspannung (U) erzeugt, die an die beiden als Anode bzw. Kathode wirkenden Elektroden anlegbar ist,

- eine außerhalb des Gefäßes angeordnete und darauf ausgerichtete Sonde, welche die Intensität einer von den Elektroden emittierten elektromagnetischen Strahlung erfaßt,

- eine der Sonde nachgeschaltete Verarbeitungseinheit, welche die Frequenz der zeitlichen Änderung der Intensität der von der Sonde erfaßten elektromagnetischen Strahlung ermittelt und aufgrund eines vorgegebenen Zusammenhangs zwischen dieser Frequenz und dem Innendruck im Gefäß den Innendruck ermittelt,

sowie

- eine Ausgabereinheit, die den Innendruck anzeigt und/oder aufzeichnet und/oder speichert und/oder als analoges oder digitales elektrisches Signal ausgibt.

Die Sonde ist insbesondere auf die als Anode geschaltete bzw. wirkende Elektrode im evakuierten Gefäß orientiert.

Wenn die erfindungsgemäße Vorrichtung ein Vakuum-Hochspannungsschalter ist, wird in vorteil-

hafter Weise die am Vakuumschalter in geöffnetem Zustand anliegende Hochspannung als Hochspannungsquelle herangezogen.

Die emittierte Strahlung ist insbesondere eine Röntgenstrahlung, deren Frequenz von der angewandten Spannung abhängig ist.

Die Intensität dieser Strahlung (Dosisleistung) ändert sich ständig mit einer Frequenz, die im Bereich von etwa 2 bis etwa 20 Hz liegt. Diese Frequenz ist ein Maß für den im Gefäß bzw. Prüfobjekt herrschenden Druck (Vakuum). Davon zu unterscheiden sind die nichtperiodischen Schwankungen der Intensität, die im Bereich von Frequenzen  $\ll 1$  Hz liegen. Eine entsprechende Frequenzdiskriminierung ist folglich leicht möglich.

Die angewandte elektrische Hochspannung kann beliebigen Signalverlauf bzw. Spannungsverlauf aufweisen; im Rahmen der Erfindung sind insbesondere Gleichspannungen als auch Wechselspannungen anwendbar.

Die Spannung sollte etwa  $\geq 28$  kV sein, wobei die Obergrenze durch die isolationstechnische Auslegung des Gefäßes bzw. einer zu prüfenden Vakuumschaltkammer bestimmt ist.

Betriebsspannungen von 12 kV bzw. 24 kV entsprechen Prüfspannungen von 28 kV bzw. 50 kV.

Es gehört also zu den Merkmalen der Erfindung, daß die Meßgröße eine elektromagnetische Strahlung ist, die berührungslos erfaßt werden kann. Darüber hinaus setzt die Lösung die neu gewonnene Erkenntnis voraus, daß die zeitliche Veränderung der Intensität dieser erfaßten elektromagnetischen Strahlung mit einer Frequenz erfolgt bzw. überlagert ist, die in einem definierten Zusammenhang mit dem Innendruck im evakuierten Gefäß steht. Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt also den erkannten Zusammenhang zwischen dem zu ermittelnden Innendruck und dieser Frequenz aus. Die Sonde für die Ermittlung der elektromagnetischen Strahlung weist insbesondere eine Ionisationskammer oder eine andere, auf Röntgenstrahlung ansprechende Einrichtung auf.

Nachfolgend wird das Prinzip der Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels, das sich auf einen Vakuumschalter bezieht, näher erläutert. In der Zeichnung ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung dargestellt, mit der das Verfahren gemäß der Erfindung durchgeführt werden kann.

In einer Vakuumschaltkammer 1 sind ein Kondensationsschirm 2, ein beweglicher Schaltkontakt 3 und ein feststehender Schaltkontakt 4 angeordnet, wobei die Schaltkontakte 3, 4 sich nicht berühren, der Schalter sich also im geöffneten Zustand befindet. Zur Bestimmung des Innendrucks in der Vakuumschaltkammer 1 wird an die Schaltkontakte 3, 4 eine definierte Spannung angelegt, wobei die Schaltkontakte 3, 4 als Anode oder Kathode wirken.

Aufgrund von bekannten physikalischen Vorgängen tritt aus der Vakuumschaltkammer 1 eine elektromagnetische Strahlung aus, die ein Nutzsignal enthält. Diese elektromagnetische Strahlung wird von einer Sonde 5 zur Analyse des darin enthaltenen Nutzsignals aufgefangen. Die Sonde 5 besteht hier aus einer Ionisationskammer, in der bei Spannungsbeaufschlagung durch die eintretende elektromagnetische Strahlung ein Teilchenstrom entsteht, der zur Meßwertanalyse genutzt wird. Diese Sonde 5 ist auf die Vakuumschaltkammer 1, z.B. in Höhe der geöffneten Schaltkontakte 3, 4, gerichtet und in einem bestimmten Abstand zur Oberfläche der Vakuumschaltkammer 1 angeordnet. In der nachgeordneten Verarbeitungseinheit 6 wird ein dem aus einem Photonenfluß bestehenden Nutzsignal proportionales Meßsignal realisiert.

Die Verarbeitungseinheit 6 ermittelt die Frequenz der zeitlichen Änderung der Intensität der von der Sonde 5 erfaßten elektromagnetischen Strahlung und ermittelt aufgrund des vorgegebenen Zusammenhangs zwischen dieser Frequenz und dem Innendruck im Gefäß 1 den Innendruck.

In einer anderen Ausführungsform kann die Verarbeitungseinheit 6 das Meßsignal der Sonde 5 erfassen, das dann mit einem Aufzeichnungsgerät, beispielsweise einem  $\gamma$ -t-Recorder oder einem Transientenspeicher mit einem nachgeordneten  $\gamma$ -t-Recorder, über der Zeit registriert und zur Frequenzauswertung genutzt wird. Die Korrelation zwischen Frequenz und Innendruck kann auch aufgrund derartiger Registrierungen erfolgen.

Die Ausgabereinheit 7 ist so ausgebildet, daß sie den Innendruck und/oder die zeitliche Änderung der Intensität der elektromagnetischen Strahlung aufgrund eines entsprechenden Signals von der Verarbeitungseinheit 6 anzeigt und/oder aufzeichnet und/oder speichert und/oder ein entsprechendes analoges oder digitales Signal ausgibt.

Die Ermittlung des Innendrucks der Vakuumschaltkammer 1 basiert darauf, daß gefunden worden ist, daß die Frequenz des zwischen Anode und Kathode bei Anlegen einer Spannung fließenden Ladungsträgerstroms eine Funktion des Innendrucks ist und die elektromagnetische Strahlung als Träger des Nutzsignals durch den als eine Funktion der Zeit sich darstellenden Ladungsträgerstrom hervorgerufen wird.

Die Moleküle des beim Evakuieren der Vakuumschaltkammer 1 verbleibenden und vorwiegend aus Wasserstoff ( $H_2$ ) bestehenden Restgases adsorbieren an der Oberfläche der aus Metall bestehenden Elektroden (3, 4), d.h. den Oberflächen der Schaltkontakte, wobei sich ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Adsorption und Desorption einstellt. Das zeitabhängige Verhalten des Ladungsträgerstroms und damit der elektromagnetischen Strahlung wird hervorgerufen durch den dy-

namischen Prozeß der Adsorption und Desorption der Restgasmoleküle in der Vakuumschaltkammer (1). Dabei ruft ein höherer Innendruck in der Vakuumschaltkammer mit einem höheren Restgasanteil eine höhere Adsorptions- bzw. Desorptionsrate, d.h. einen schnelleren Wechsel zwischen Adsorption und Desorption, und damit eine höhere Frequenz der Änderung der Intensität der elektromagnetischen Strahlung hervor.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Ermittlung des Innendrucks von Gefäßen, insbesondere von Vakuumschaltkammern, kann auch bei anderer Elektrodenkonfiguration bzw. Potentialbelegung als der zuvor beschriebenen angewandt werden.

So ist es zum Beispiel möglich, den einen Schaltkontakt zu erden und den anderen Schaltkontakt auf Hochspannungspotential zu legen; ferner ist es möglich, bei geschlossenen Schaltkontakten beide als eine Elektrode zu verwenden und die Spannungsdifferenz zwischen Elektroden und Kondensationsschirm anzulegen. Ferner gehört es natürlich noch zum Umfang der Erfindung, in Vakuumgefäßen, z.B. für chemische Zwecke, Elektroden lediglich für die Zwecke der kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Innendruckmessung vorzusehen. Je nachdem, welche Elektrode als Anode betrieben wird, sind Aufstellungshöhe, Neigung und/oder Abstand der Sonde zum Vakuumgefäß neu zu bestimmen.

## Ansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung des Innendrucks eines evakuierten Gefäßes (1) mit mindestens zwei gegeneinander isolierten Elektroden (3, 4), insbesondere einer Vakuumschaltkammer mit zwei Schaltkontakten, gekennzeichnet durch

- Anlegen einer elektrischen Hochspannung (U) an die als Anode bzw. Kathode wirkenden Elektroden (3, 4),

- Erfassen des zeitlichen Verlaufs der Intensität der emittierten elektromagnetischen Strahlung außerhalb des Gefäßes (1),

- Ermittlung der Frequenz der zeitlichen Änderung der Intensität der erfaßten elektromagnetischen Strahlung und

- Ermittlung des Innendrucks des Gefäßes (1) aufgrund der zuvor ermittelten Abhängigkeit dieser Frequenz vom Innendruck und ggfs. Anzeige und/oder Registrierung des Innendrucks.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Hochspannung (U) eine Gleichspannung oder eine Wechselspannung  $\geq 28$  kV angewandt wird.

3. Vorrichtung zur Ermittlung des Innendrucks

eines evakuierten Gefäßes (1), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2,

gekennzeichnet durch

- mindestens zwei gegeneinander isolierte Elektroden (3, 4), 5
  - eine Hochspannungsquelle, die eine elektrische Hochspannung (U) erzeugt, die an die beiden als Anode bzw. Kathode wirkenden Elektroden (3, 4) anlegbar ist, 10
  - eine außerhalb des Gefäßes (1) angeordnete und darauf ausgerichtete Sonde (5), welche die Intensität einer von den Elektroden (3, 4) emittierten elektromagnetischen Strahlung erfaßt, 15
  - eine der Sonde (5) nachgeschaltete Verarbeitungseinheit (6), welche die Frequenz der zeitlichen Änderung der Intensität der von der Sonde (5) erfaßten elektromagnetischen Strahlung ermittelt und aufgrund eines vorgegebenen Zusammenhangs zwischen dieser Frequenz und dem Innendruck im Gefäß (1) den Innendruck ermittelt, 20
- sowie
- eine Ausgabeeinheit (7), die den Innendruck anzeigt und/oder aufzeichnet und/oder speichert und/oder als analoges oder digitales elektrisches Signal ausgibt. 25

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein Fenster für die emittierte elektromagnetische Strahlung aufweist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefäß (1) mit der Hochspannungsquelle eine Hochspannungs-Vakuumkammer ist. 30

35

40

45

50

55

5

