



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

①

① CH 663 066 A5

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑤ Int. Cl. 4: F 04 D 19/04  
F 16 C 32/04  
H 02 K 7/09  
H 02 P 3/12

## ⑫ PATENTSCHRIFT A5

②① Gesuchsnummer: 5781/83

②② Anmeldungsdatum: 24.10.1983

③③ Priorität(en): 28.01.1983 DE 3302839

②④ Patent erteilt: 13.11.1987

④⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 13.11.1987

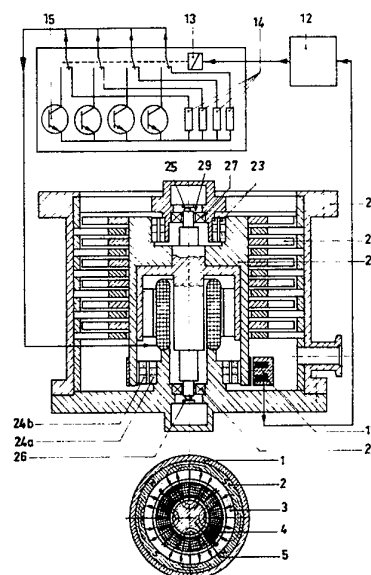
⑦③ Inhaber:  
Arthur Pfeiffer, Vakuumtechnik Wetzlar GmbH,  
Asslar (DE)

⑦② Erfinder:  
Becker, Willi, Dr., Braunfels (DE)

⑦④ Vertreter:  
Balzers Hochvakuum AG, Zürich

### ⑤④ Turbomolekularpumpe mit induktivitätsarmem Gleichstrommotor, Bremsvorrichtung und Verfahren zum Betrieb derselben.

⑤⑦ Bei einer Turbomolekularpumpe mit magnetisch gelagertem Rotor (32) und kollektorlosem Gleichstrommotor zum Antrieb des Rotors, wird ein radial magnetisierter Ringmagnet (3) innerhalb einer in eine Hohlwelle (2) eingebauten Stahlglocke (2) angeordnet, welcher mit einer in der Stahlglocke befestigten Stahlwelle (5) einen Luftspalt bildet, in den die Antriebsspulen (4) des eisenlosen Motorstators hineinragen. Dadurch wird erreicht, dass der Antriebsmotor keine de-stabilisierenden Kräfte auf die Magnetlagerung ausübt. Weiterhin ist eine Bremsvorrichtung vorgesehen und ein Verfahren, wie der Rotor bei Betriebsstörungen stillgesetzt werden kann.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Turbomolekularpumpe mit magnetisch gelagertem Rotor und kollektorlosem Gleichstrommotor zum Antrieb des Rotors, einem Sensor zur Erfassung von Rotorschwingungen senkrecht zur Drehachse und einer elektrisch wirkenden Bremsvorrichtung für den Rotor, dadurch gekennzeichnet, dass die Welle des Rotors als Hohlwelle (1) ausgebildet ist, in die ein radial sektorweise mit wechselnder Polarität magnetisierter Ringmagnet (3) innerhalb einer in die Hohlwelle (1) eingebauten Stahlglocke (2) angeordnet ist, der mit einer in der Stahlglocke (2) befestigten Stahlwelle (5) einen Luftspalt bildet, in den die Antriebsspulen (4) des eisenlosen Motorstators hineinragen.

2. Turbomolekularpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Ringmagnet (3) aus Einzelmagneten zusammengesetzt ist.

3. Turbomolekularpumpe nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass im Motorstator 2 Hallsonden 90° elektrisch versetzt eingebaut sind, die Stellungssignale des Rotors liefern und mit Hilfe einer elektronischen Kommutierungseinrichtung die Statorspulen abwechselnd mit Strom versorgen.

4. Verfahren zum Betrieb der Turbomolekularpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mit dem Sensor gemessene Schwingungsamplitude mit einem vorgegebenen Maximalwert verglichen wird und bei Überschreiten desselben sowie bei Stromausfall Bremswiderstände an die Motorwicklungen angeschlossen werden.

Die Erfindung betrifft eine Turbomolekularpumpe mit magnetisch gelagertem Rotor und kollektorlosem Gleichstrommotor zum Antrieb des Rotors, einem Sensor zur Erfassung von Rotorschwingungen senkrecht zur Drehachse und einer elektrisch wirkenden Bremsvorrichtung für den Rotor.

Eine solche Lagerung wird in der Deutschen Patentschrift 2 825 551 beschrieben. Bei dieser Lagerung erfolgt die radiale Stabilisierung durch passive Magnetlager, die aber axial destabilisierend wirken. Axial wird der Rotor durch mechanische Leitlager gestützt. Weiterhin wird in der Deutschen Auslegeschrift 2 349 033 eine Turbomolekularpumpe beschrieben, deren Rotor sowohl radial als auch axial durch aktive Magnetlager berührungsfrei gelagert wird.

Die in diesen beiden Schriften beschriebenen Pumpen benötigen für den Fall starker Rotorschwingungen, die durch Stoss von aussen angeregt werden können, oder bei Versagen der Magnetlagerung, Notlager. Nun stellt aber ein schnell-drehender Rotor einer Turbomolekularpumpe einen Energiespeicher dar.

Wird der mit Nenndrehzahl rotierende Rotor bei einer Störung durch die Notlager aufgefangen und muss bis zum Stillstand in den Notlagern laufen, so wird bei Fehlen einer Bremsmöglichkeit die Rotationsenergie des Rotors als Reibungsenergie in den Notlagern verbraucht, was in der Regel zur Zerstörung derselben führt. Um eine Zerstörung der Notlager zu vermeiden, flutet man die Turbomolekularpumpe mit Gas, das sich durch Reibung erwärmt und somit die Rotationsenergie abführt.

Zum Bremsen von Rotoren benutzt man in vielen Fällen den im Rotor eingebauten Antriebsmotor, den man als Generator schaltet. Dieses Verfahren ist bei kollektorlosen Gleichstrommotoren mit permanentmagnetischem Rotor durch Anschluss von äusseren Widerständen an die Statorwicklung leicht möglich, jedoch verhindert bei Statorn mit Eisenkern, deren hohe Induktivität einen ausreichenden Stromfluss und eine schnelle Bremswirkung. Drehstrommotoren sind zum

Bremsen ungeeignet, da schon bei kurzzeitiger Stromunterbrechung deren Generatorwirkung aussetzt.

5 Motore mit Eisen im Stator üben ausserdem radiale Anziehungskräfte aus, die den stabilisierenden Magnetlagerkräften entgegenwirken. Insbesondere Drehstrommotore, die auf einen kleineren Luftspalt wegen des erforderlichen Magnetisierungsstromes angewiesen sind, üben starke Radialkräfte auf den Rotor aus.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine magnetisch gelagerte Turbomolekularpumpe mit einem elektronisch kommutierten Gleichstrommotor anzugeben, der keine destabilisierenden Kräfte auf die Magnetlagerung ausübt, sich durch Anschliessen externer Widerstände an die Motorspulen wirksam bremsen lässt und ein Verfahren anzugeben, wie die Pumpe bei Betriebsstörungen stillgesetzt werden kann bei schonendem Betrieb der Notlager.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäss durch Ausbildung der Rotorwelle der Turbomolekularpumpe als Hohlwelle in die ein radial sektorweise mit wechselnder Polarität magnetisierter Ringmagnet innerhalb einer in die Hohlwelle eingebauten Stahlglocke angeordnet ist, der mit einer in der Stahlglocke befestigten Stahlwelle einen Luftspalt bildet, in den die Antriebsspulen des eisenlosen Motorstators hineinragen.

25 Aussenläufermotore mit Stahlglocke als magnetischem Rückschluss und Magnetträger sind bekannt, jedoch werden in diesen Motoren Statoren mit Eisenkern verwendet, die destabilisierende radiale Kräfte auf den Rotor ausüben. Ein weiterer Nachteil ist die Wirbelstromausbildung im Eisen des Stators, die den Wirkungsgrad des Motors mindert. Bei der erfindungsgemässen Ausführung des Antriebsmotors der Turbomolekularpumpe ist der Stator eisenfrei und die entsprechenden Stahlteile im Rotor sind nur von statischen Magnetfeldern durchflutet. Diese Bauart gewährleistet geringe Verluste, Freiheit von destabilisierenden Radialkräften und geringe Spuleninduktivität.

30 Wegen des breiten Luftspaltes ist im Motor ein starker Ringmagnet erforderlich. Eine bevorzugte Bauform ist die segmentweise Zusammensetzung des Ringmagneten aus einzelnen Sm-Co-Magnetstücken. In den Spulenkörper des Motorstators sind 2 Hallsonden eingebaut, die die Rotorstellung erfassen und über eine elektronische Auswerteschaltung mit Hilfe von 4 Schalttransistoren die Motorspulen mit Strom beaufschlagen.

45 Ein Schwingungssensor misst die Schwingungsamplitude des Rotors senkrecht zur Drehachse. In einem elektronischen Überwachungsgerät wird die aktuelle Schwingungsamplitude mit einem vorgegebenen zulässigen Höchstwert verglichen. Bei Überschreitung dieses Höchstwertes wird der Motorantrieb abgeschaltet und Bremswiderstände werden angeschlossen. Diese Bremschaltung bleibt so lange erhalten, bis die vorgegebene Schwingungsamplitude wieder unterschritten ist.

55 Anhand eines Beispiels soll die Erfindung näher erläutert werden. Die Abbildung zeigt die wesentlichen Merkmale der erfindungsgemässen Turbomolekularpumpe.

In einem Gehäuse 20 sind die Statorscheiben 21 eingebaut, zwischen denen sich der Rotor 22 mit den Rotorscheiben 60 dreht. Die Magnetlager 23 und 24a und 24b bestehen aus axial magnetisierten Permanentmagnetringen, die mit gleichen Polen aufeinandersitzen. Sie stabilisieren den Rotor in radialer Richtung. Die Magnetlager-Rotorringe 24b sind in die Rotorwelle, die als Hohlwelle ausgebildet ist, eingebaut. Die Magnetlager-Statorringe 24a sitzen auf gehäusefesten Trägern, konzentrisch in den Rotorringen. Die axiale Stabilisierung erfolgt, wie in der Deutschen Patentschrift 2 825 551 beschrieben durch Zapfenlager auf verschiebbaren

Anschlägen 25 und 26, wobei die Anschläge durch Servomotoren so verstellt werden, dass der Rotor im labilen Punkt der Magnetlager gehalten wird und somit die Andruckkraft der Zapfenlager auf die Unterlage einen bestimmten Wert nicht überschreitet.

Als Notlager 27, 28 werden Kugellager verwendet, die im jeweiligen Träger der Magnetlagerstatoren eingebaut sind. Zwischen den Innenringen der Lager und der Rotorwelle ist ein Spalt 29, der eine gewisse Schwingung des Rotors erlaubt. Der Motor ist in der Welle eingebaut. Ein Sensor 11 misst die Schwingungsamplitude des Rotors. Eine elektronische Schwingungsüberwachung 12 schaltet bei Überschreiten der

zulässigen Schwingungsamplitude das Relais 13 ab und verbindet die Bremswiderstände 14 mit den Motorspulen. Bei Stromausfall fällt das Relais 13 ebenfalls ab und der Rotor wird gebremst.

5 Die Antriebseinheit ist im unteren Teil der Abbildung dargestellt. Dabei ist die Rotorwelle als Hohlwelle 1 ausgebildet. In dieser ist ein radial, sektorweise mit wechselnder Polarität magnetisierter Ringmagnet 3 innerhalb einer in die Hohlwelle 1 eingebauten Stahlglocke 2 angeordnet. Dieser Ringmagnet bildet mit einer in der Stahlglocke 2 befestigten Stahlwelle 5 einen Luftspalt, in den die eisenlosen Antriebsspulen 10 4 des Motorstators hineinragen.

