

(19)



(11)

EP 3 548 745 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
17.03.2021 Patentblatt 2021/11

(51) Int Cl.:
F04B 37/14 ^(2006.01) **F04B 49/06** ^(2006.01)
F04C 25/02 ^(2006.01) **F04C 28/08** ^(2006.01)
F04C 28/24 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17801030.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2017/078852

(22) Anmeldetag: **10.11.2017**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2018/099710 (07.06.2018 Gazette 2018/23)

(54) VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES VAKUUMPUMPENSYSTEMS

METHOD FOR OPERATING A VACUUM PUMP SYSTEM

PROCÉDÉ PERMETTANT DE FAIRE FONCTIONNER UN SYSTÈME DE POMPAGE À VIDE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

- **SCHILLER, Dirk**
50354 Hürth (DE)
- **REINHARD, Daniel**
50825 Köln (DE)
- **WALZEL, Sebastian**
59427 Unna (DE)

(30) Priorität: **30.11.2016 DE 102016223782**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.10.2019 Patentblatt 2019/41

(74) Vertreter: **dompatent von Kreisler Selting Werner - Partnerschaft von Patent- und Rechtsanwälten mbB**
Deichmannhaus am Dom
Bahnhofsvorplatz 1
50667 Köln (DE)

(73) Patentinhaber: **Leybold GmbH**
50968 Köln (DE)

- (72) Erfinder:
- **NAHRWOLD, Matthias**
50997 Köln (DE)
 - **PAJONK, Michael**
50354 Hürth (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 10 255 792 **DE-A1- 10 359 270**
DE-A1-102007 060 174 **DE-A1-102013 223 556**
US-A1- 2014 127 038

EP 3 548 745 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Vakuumpumpensystems, das insbesondere zum Evakuieren einer Schleusenkammer dient. Die Schleusenkammer ist insbesondere mit einer Bearbeitungskammer verbunden. Ebenso kann das Vakuumpumpensystem unmittelbar mit der Bearbeitungskammer verbunden sein, so dass keine zusätzliche Schleusenkammer vorgesehen ist.

[0002] In einer Bearbeitungskammer werden insbesondere unter Vakuum Produkte bearbeitet wie beispielsweise beschichtet oder dergleichen. Um insbesondere die Produkte der Bearbeitungskammer zuführen zu können, ist die Bearbeitungskammer mit einer Schleusenkammer verbunden. Zur Evakuierung der Schleusenkammer ist diese mit einem Vakuumpumpensystem verbunden. Das üblicherweise mehrere Vakuumpumpen aufweisende Vakuumpumpensystem weist insbesondere eine Hauptpumpe bzw. einen Booster sowie eine Vorvakuumpumpe auf. Als Hauptvakuum pumpen sind hierbei insbesondere Roots- oder Schraubenspumpen geeignet. Des Weiteren weist das Vakuumpumpensystem eine zwischen der insbesondere mehrere Vakuumpumpen aufweisenden Vakuumpumpeneinrichtung und der Schleusenkammer einer Ventileinrichtung auf. Des Weiteren ist eine Steuereinrichtung vorgesehen, die insbesondere zur Steuerung der mindestens einen Vakuumpumpe der Vakuumpumpeneinrichtung dient. Bei derartigen Schleusen Anwendungen von Vakuumpumpensystemen ist eine möglichst kurze Abpumpzeit gefordert. Hierbei muss gleichzeitig sichergestellt werden, dass das zulässige Maß einer mechanischen und thermischen Belastung nicht überschritten wird. Des Weiteren besteht die Forderung, dass das Vakuumpumpensystem möglichst geräuscharm arbeitet. Die geringe Geräuschentwicklung steht jedoch im Widerspruch zu den geforderten kurzen Abpumpzeiten, da diese hohe Drehzahlen der Vakuumpumpeneinrichtung verlangen, wobei hohe Drehzahlen zu einem hohen Geräuschniveau führen.

[0003] Ein Verfahren zum Betreiben eines Vakuumpumpensystems zum Evakuieren einer Kammer mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 ist aus US 2014/127038 bekannt.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist, es ein Verfahren zum Betreiben eines Vakuumpumpensystems zum Evakuieren einer Kammer, insbesondere einer Schleusenkammer zu schaffen, mit dem bei geringen Abpumpzeiten eine Geräuschreduzierung erzielt werden kann.

[0005] Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1.

[0006] Das erfindungsgemäß betriebene Vakuumpumpensystem weist eine mindestens eine Vakuumpumpe aufweisende Vakuumpumpeneinrichtung auf. Vorzugsweise weist die Vakuumpumpeneinrichtung zumindest zwei insbesondere in Reihe geschaltete Vakuumpumpen, d.h. eine Hauptvakuumpumpe bzw. einen Booster und eine Vorvakuumpumpe auf. Als Booster sind

hierbei insbesondere Rootspumpen oder Schraubenspumpen bevorzugt. Die Vakuumpumpeneinrichtung ist mit einer Kammer, insbesondere einer Schleusenkammer verbunden, wobei zwischen der Vakuumpumpeneinrichtung und der Kammer eine Ventileinrichtung angeordnet ist. Weiterhin ist eine Steuereinrichtung vorgesehen, die insbesondere zum Betreiben der mindestens einen Vakuumpumpe dient, wobei durch die Steuereinrichtung in besonders bevorzugter Ausführungsform die Drehzahl des die mindestens eine Vakuumpumpe antreibenden Elektromotors geregelt wird.

[0007] Zur Geräuschreduzierung bei dennoch guten Abpumpleistungen erfolgt erfindungsgemäß zunächst ein Ermitteln mindestens eines Betriebsparameters durch die Steuereinrichtung. Bei diesem mindestens einen Betriebsparameter handelt es sich um einen zyklisch auftretenden bzw. sich zyklisch verändernden Betriebsparameter. Ein besonders geeigneter Betriebsparameter ist der Motorstrom, den der Elektromotor aufnimmt, mit dem die mindestens eine Vakuumpumpe angetrieben wird, wobei auch andere Betriebsparameter geeignet sind.

[0008] Die Auswertung des zyklisch auftretenden Betriebsparameters bzw. der zyklisch auftretenden Veränderungen des Verlaufs des Betriebsparameters wird mit Hilfe der Steuereinrichtung ausgewertet. Hierdurch ist es möglich, die Drehzahl zumindest einer der Vakuumpumpen der Vakuumpumpeneinrichtung zeitlich vor oder unmittelbar beim Öffnen der Ventileinrichtung zu verringern. Aufgrund der verringerten Drehzahl zumindest einer der Vakuumpumpen der Vakuumpumpeneinrichtung, insbesondere der Hauptvakuumpumpe beim Öffnen der Ventileinrichtung kann eine erhebliche Geräuschreduzierung erzielt werden.

[0009] Bevorzugt ist es, dass zumindest die Drehzahl der Hauptvakuumpumpe bzw. des Boosters beim Öffnen verringert ist, wobei zusätzlich auch die Drehzahl der Vorvakuumpumpe verringert werden kann. Gegenüber der im Betrieb, d.h. beim Abpumpen der Schleusenkammer auftretenden maximalen Drehzahl der Pumpe erfolgt vorzugsweise ein Verringern um mindestens 50% insbesondere mindestens 80%. Vorzugsweise wird die Drehzahl auf 30 Hz, insbesondere weniger als 50 Hz verringert.

[0010] Als Betriebsparameter wird vorzugsweise ein sich beim Öffnen der Ventileinrichtung signifikant verändernder Betriebsparameter ausgewählt. Besonders geeignet ist hierfür der Motorstrom eines zumindest einer der Vakuumpumpeneinrichtung antreibenden Elektromotors. Aufgrund des Druckanstiegs steigt der Motorstrom beim Öffnen der Ventileinrichtung stark an. Es ist im Stromverlauf auf einfache Weise möglich das Öffnen der Ventileinrichtung zu bestimmen. Der signifikante Anstieg liegt insbesondere in der Erhöhung des Stroms um mehr als das fünffache, insbesondere mehr als das zehnfache. Insbesondere erfolgt die signifikante Änderung des Betriebsparameters, d.h. beispielsweise der signifikante Anstieg des Motorstroms innerhalb eines sehr kurzen Zeitraums von insbesondere weniger als 1 bis 3 Se-

kunden.

[0011] Als Betriebsparameter ist das Ermitteln des Verlaufs des Motorstroms eines zumindest eine der Vakuumpumpen antreibenden Elektromotors bevorzugt. Alternativ oder zusätzlich können auch die folgenden Betriebsparameter bzw. der entsprechende zeitliche Verlauf dieser Betriebsparameter ermittelt und zur Steuerung der Drehzahl zumindest einer der Vakuumpumpen der Vakuumpumpeneinrichtung genutzt werden:

- Einlassdruck der Vakuumpumpeneinrichtung und/oder
- Einlassdruck zumindest einer der Vakuumpumpen der Vakuumpumpeneinrichtung und/oder
- Temperatur einer Vakuumpumpe oder eines anderen aussagekräftigen Bereichs des Vakuumpumpensystems und/oder
- Verfahrensweg eines Druckentlastungsventils zwischen Einlass- und/oder Auslassseite der Hauptvakuumpumpe und/oder
- Verfahrensweg eines Druckentlastungsventils zwischen Einlass- und/oder Auslassseite der Vorvakuumpumpe.

[0012] Beispielsweise kann mit Hilfe eines Drucksensors der Einlassdruck der Vakuumpumpeneinrichtung und/oder einer der Vakuumpumpeneinrichtungen gemessen werden. Aus dem zeitlichen Verlauf des Drucks kann ebenfalls auf einfache Weise auf den Zeitpunkt geschlossen werden, zudem die Ventileinrichtung geöffnet wird.

[0013] Alternativ oder zusätzlich kann mit Hilfe eines Temperatursensors ein zeitlicher Temperaturverlauf ermittelt werden. Geeignet ist hierbei insbesondere der Temperatursensor am Auslass einer der beiden Pumpen (Gastemperatur). Auch aus dem Temperaturverlauf lässt sich wiederum der Zeitpunkt des Öffnens der Ventileinrichtung ermitteln.

[0014] Sofern als Haupt- oder als Vorvakuumpumpe Pumpen eingesetzt werden, die zwischen der Einlassseite und der Auslassseite ein Druckentlastungsventil aufweisen, kann auch ein Verfahrensweg dieses Ventils, d. h. die zeitliche Änderung der Ventilposition genutzt werden, um den Zeitpunkt des Öffnens der zwischen der Schleusenammer und dem Vakuumpumpensystem angeordneten Ventileinrichtung zu ermitteln.

[0015] Erfindungsgemäß erfolgt auf Basis zumindest eines Betriebsparameters die Bestimmung einer Zyklusdauer. Die Zyklusdauer ist die Zeitspanne zwischen zwei im Wesentlichen identischen Änderungen eines Betriebsparameters. Bei der Betrachtung eines Motorstroms ist die Zyklusdauer somit die Zeitspanne zwischen zwei signifikanten Stromanstiegen, die jeweils beim Öffnen der Ventileinrichtungen auftreten. Dies ist möglich, da bei üb-

lichen Anwendungen ein Öffnen und Schließen der Schleusenammer zyklisch erfolgt. Beispielsweise das Einbringen neuer zu bearbeitender oder zu beschichtender Produkte über die Schleusenammer in die Bearbeitungskammer erfolgt in regelmäßigen Abständen. Diesen Vorteil einer zyklischen Bearbeitung und somit einer zyklisch auftretenden Veränderung eines Betriebsparameters wird erfindungsgemäß genutzt, um die mindestens eine Vakuumpumpe, insbesondere die Hauptvakuumpumpe beim Öffnen der Ventileinrichtung mit geringer Drehzahl zu betreiben und die Geräuschentwicklung zu reduzieren. Nach dem Öffnen der Ventileinrichtung kann die Drehzahl der Pumpe wieder erhöht werden, so dass bei verringerter Geräuschentwicklung weiterhin kurze Abpumpzyklen, d.h. schnelles Reduzieren des Drucks in der Schleusenammer auf den gewünschten Wert erzielt werden kann.

[0016] Insbesondere bei der Verwendung mehrerer Betriebsparameter kann eine Bestimmung der Zyklusdauer auch durch Auswerten mehrerer Betriebsparameter und beispielsweise durch Bilden von Mittelwerten und/oder entsprechenden Gewichtungen mit Hilfe der Steuereinrichtung ermittelt werden.

[0017] Erfindungsgemäß wird zumindest zeitlich, spätestens am Ende der Zyklusdauer die Drehzahl der mindestens einen Vakuumpumpe reduziert wird, so dass die Pumpendrehzahl beim Öffnen der Ventileinrichtung verringert ist. Je nach Art des Abpumpzyklus kann gegebenenfalls auch schon ein früheres Reduzieren der Drehzahl erfolgen.

[0018] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform erfolgt ferner anhand des zumindest einen Betriebsparameters das Ermitteln einer Lastdauer. Die Lastdauer ist hierbei diejenige Zeitspanne, in der die Schleusenammer nach dem Öffnen der Ventileinrichtung auf das definierte Vakuum evakuiert wird. Dies kann beispielsweise bei Nutzung des Motorstroms als Betriebsparameter dadurch erfolgen, dass ein Verringern des Motorstroms auf eine zuvor festgelegte Grenze bestimmt bzw. festgestellt wird. Sobald die Lastdauer im Betrieb erreicht ist, kann die Drehzahl der mindestens einen Vakuumpumpe bereits reduziert werden, auch wenn die Zyklusdauer noch nicht beendet ist. Dies hat insbesondere den Vorteil, dass der Zeitraum zwischen dem Ende der Lastdauer und dem Ende der Zyklusdauer genutzt werden kann, um die Drehzahl der Vakuumpumpe auf möglichst energiesparende Weise zu reduzieren. Insofern ist beispielsweise kein oder ein geringfügiges Abbremsen erforderlich.

[0019] Bei einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird die elektrische Bremsenergie, die beim Reduzieren der Drehzahlen erzeugt wird, in einem Energiespeicher gespeichert oder in das Versorgungsnetz zurückgespeist. Erfindungsgemäß wird in dieser bevorzugten Ausführungsform somit anstelle des üblicherweise vorgesehenen Bremswiderstands, der sich bei Bremsvorgängen stark erwärmt, eine Energiespeicher- oder Rückspeiseeinheit eingesetzt. Die gespei-

cherte Energie kann z. B. zum Betreiben oder beschleunigen der Pumpe wieder genutzt werden. Hierdurch ist die Energieeffizienz der Pumpenvorrichtung deutlich verbessert. Das Vorsehen einer Energiespeicher- oder Rückspeiseeinheit zum Speichern oder Zurückspeisen von Bremsenergie stellt eine selbstständige Erfindung dar. Diese ist unabhängig von dem vorstehend beschriebenen zyklischen Betreiben der Pumpe. Das Vorsehen von Energiespeicher- oder Rückspeiseeinheiten kann auch bei anderen Prozessen zweckmäßig sein, ist jedoch in Kombination mit der vorstehend beschriebenen Erfindung besonders vorteilhaft.

[0020] Diese selbstständige Erfindung betrifft somit eine Vakuumpumpe mit den herkömmlichen Bauteilen wie einem insbesondere in einem Pumpengehäuse angeordneten Rotor. Je nach Pumpentyp können mehrere Rotoren oder zusätzlich auch ein Stator in dem Gehäuse angeordnet sein. Ferner weist die Pumpe eine Antriebseinrichtung, insbesondere in Form eines Elektromotors auf. Erfindungsgemäß ist sodann zusätzlich eine Energiespeicher- oder Rückspeiseeinheit vorgesehen. Durch diese wird die beim Bremsen erzeugte elektrische Energie gespeichert oder in das Versorgungsnetz zurückgespeist und kann zum Antreiben der Pumpe oder auch für andere Bauteile genutzt werden. Die Energiespeicher- oder Rückspeiseeinheit ist daher insbesondere mit dem Elektromotor über einen Frequenzumrichter verbunden. Der Elektromotor fungiert beim Bremsen der Pumpe als Generator.

[0021] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer bevorzugten Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Zeichnungen und Diagramme näher erläutert.

[0022] Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Vakuumpumpensystems sowie einer Schleusenkammer,
 Fig. 2 ein Diagramm eines Motorstroms sowie einer Motordrehzahl über der Zeit bei bekannten Verfahren,
 Fig. 3 ein Diagramm eines Motorstroms sowie einer Motordrehzahl über der Zeit nach dem erfindungsgemäßen Verfahren und
 Figuren 4 und 5 schematische Darstellungen einer Vakuumpumpe mit einer Energierückspeiseeinheit.

[0023] In einer schematisch angedeuteten Bearbeitungskammer 10 erfolgt ein Bearbeiten beispielsweise Beschichten eines Produkts. Hierzu ist in der Bearbeitungskammer 10 Vakuum erzeugt. Um zu bearbeitende Produkte, Material oder dergleichen in die Bearbeitungskammer zu bringen ist eine Schleusenkammer 12 mit der Bearbeitungskammer 10 verbunden. Die Schleusenkammer 12 weist einen Schleuseneinlass 14 zum Zuführen eines Produkts oder desgleichen in die Schleusenkammer 12 sowie einen Schleusenauslass 16 zum Über-

führen des Produkts oder desgleichen aus der Schleusenkammer 12 in die Bearbeitungskammer 10 auf.

[0024] Zum Evakuieren der Schleusenkammer 12 ist diese mit einem Vakuumpumpensystem verbunden. Das Vakuumpumpensystem weist eine Vakuumpumpeneinrichtung 18 auf. Im dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Vakuumpumpeneinrichtung 18 eine Hauptvakuumpumpe 20 und eine in Strömungsrichtung in Reihe hinter der Hauptvakuumpumpe 20 angeordnete Vorvakuumpumpe 22 auf. Bei der Hauptvakuumpumpe 20 handelt es sich insbesondere um eine Roots- oder Schraubenpumpe. Die Hauptvakuumpumpe 20 ist über eine Rohrleitung 24 mit der Schleusenkammer 12 verbunden, wobei in der Rohrleitung 24 eine Ventileinrichtung 26 angeordnet ist. Der Auslass der Hauptvakuumpumpe 20 ist über eine Rohrleitung 28 mit dem Einlass der Vorvakuumpumpe verbunden.

[0025] Ferner weist das Vakuumpumpensystem eine Steuereinrichtung 30 auf. Die Steuereinrichtung 30 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel über elektrische Leitungen 32, 34 mit der Hauptvakuumpumpe 20 sowie der Vorvakuumpumpe 22 verbunden. Über die Leitungen 32, 34 kann einerseits eine Steuerung eines Elektromotors erfolgen, der die entsprechende Pumpe antreibt und andererseits können Betriebsparameter, die in oder an der entsprechenden Pumpe gemessen werden zu Steuereinrichtung 30 übermittelt werden.

[0026] Bei dem gemessenen Betriebsparameter handelt es sich insbesondere um den Motorstrom. Ferner können, wie durch einen Pfeil 36 dargestellt, weitere Daten in die Steuereinrichtung übermittelt werden und die Steuereinrichtung kann selbstverständlich auch andere Steueraufgaben übernehmen. Insbesondere kann durch die Steuereinrichtung 30 auch ein Öffnen oder ein Schließen des Ventils 26 erfolgen.

[0027] Anhand der Fig. 2 und 3 wird nachfolgend die Erfindung anhand eines möglichen Auswertens eines Motorstroms insbesondere eines Elektromotors der Hauptvakuumpumpe 20 erläutert.

[0028] Hierbei zeigt die Fig. 2 einen zyklischen Verlauf eines Motorstroms sowie der Drehzahl der Vakuumpumpe gemäß des Standes der Technik und die Fig. 3 die entsprechenden Graphen gemäß der Erfindung.

[0029] Die durch eine dickere Linie dargestellte Kurve des Motorstroms I zeigt bei herkömmlichen Anwendungen zu einem Zeitpunkt t_1 , an dem das Ventil geöffnet wird, einen starken Stromanstieg von I_{\min} auf I_{\max} . Derselbe Stromanstieg erfolgt nach einer Zyklusdauer t_2 zu einem weiteren Zeitpunkt t_1 erneut. Aus dem Diagramm bzw. aus dem Stromverlauf kann die Steuerung 30 somit aufgrund des in zyklischen Abständen auftretenden Stromanstiegs zu den Zeitpunkten t_1 die Zyklusdauer t_2 ermitteln. Diese Ermittlung ist unabhängig von der Kenntnis, wann tatsächlich das Ventil 26 geöffnet wird. Dies ist insofern von Interesse, da häufig kein Signal erzeugt oder ausgegeben wird, das der Steuerung mitteilt, dass eine Öffnung des Ventils erfolgt bzw. wann diese erfolgt. Die erfindungsgemäße Steuerung ist insofern selbstler-

nend, da sie auch bei sich verändernden Prozessen automatisch die neue Zyklusdauer ermitteln kann.

[0030] Aus der durch eine dicke Linie dargestellten Kurve des Stromverlaufs ergibt sich weiter, dass nach dem Stromanstieg zum Zeitpunkt t_1 dieser zunächst langsam und sodann relativ schnell wieder abfällt, so dass zu einem Zeitpunkt t_2 der Elektromotor wieder den Minimalstrom I_{\min} aufnimmt.

Bei der Zeitspanne t_1 bis t_2 handelt es sich um die Lastdauer, d.h. denjenigen Zeitraum, in dem das Evakuieren der Schleusenkammer 12 erfolgt.

[0031] Der weitere Stromverlauf nach dem Zeitpunkt t_2 ist sodann konstant auf einem niedrigen Strom I_{\min} bis ein erneutes Öffnen des Ventils zu dem nächsten Zeitpunkt t_1 erfolgt.

[0032] Als dünne Linie ist der Verlauf der Drehzahl der entsprechenden Vakuumpumpe dargestellt. Zum Zeitpunkt t_1 , das heißt beim Öffnen des Ventils 26 erhöht sich schlagartig der Druck am Pumpeneinlass, so dass die Drehzahl der Pumpe fällt. Innerhalb der Lastdauer t_L steigt die Pumpendrehzahl sodann bis auf einen Maximalwert an und verbleibt sodann auf dieser Maximaldrehzahl bis zum nächsten Öffnen des Ventils zu dem weiteren Zeitpunkt t_1 .

[0033] Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Steuerung ist es somit möglich auch unabhängig von der tatsächlichen Kenntnis, wann das Ventil 26 geöffnet wird, einen Zeitpunkt des Öffnens des Ventils zu ermitteln. Erfindungsgemäß kann die Drehzahl der Pumpe somit vor oder spätestens beim Öffnen des Ventils 26 reduziert werden. Hierdurch können erhebliche Geräuschverringerungen erzielt werden.

[0034] Wie in Fig. 3 dargestellt, erfolgt das Verringern der Motordrehzahl bereits deutlich vor dem Zeitpunkt t_1 , zu dem das Öffnen des Ventils 26 erfolgt. Die Motordrehzahl wird zu einem Zeitpunkt t_3 von ihrer maximalen Drehzahl, auf der sie sich während des Evakuierens der Schleusenkammer 12 befindet, auf eine deutlich geringere Drehzahl abgesenkt. Der Zeitpunkt t_3 liegt hierbei später als ein Zeitpunkt t_2 , so dass zum Zeitpunkt t_3 das Evakuieren der Schleusenkammer bereits erfolgt ist bzw. die Lastdauer t_L abgeschlossen ist.

[0035] Vorzugsweise erfolgt wiederum mit Hilfe der Steuerung 30 ein definiertes Abbremsen bis zu einem Zeitpunkt t_4 . Während des Abbremsens zwischen den Zeitpunkten t_3 und t_4 steigt der Strom kurzfristig an und sinkt zum Zeitpunkt t_4 wieder auf den Minimalwert.

[0036] Die Drehzahl des Motors ist somit ab dem Zeitpunkt t_4 deutlich geringer als die Maximaldrehzahl. Beim Öffnen des Ventils zum darauffolgenden Zeitpunkt t_1 weist der Motor somit nicht wie im Stand der Technik die Maximaldrehzahl, sondern eine deutlich verringerte Drehzahl auf. Insofern erfolgt auch nur ein relativ geringes weiteres Absinken der Drehzahl nach dem Öffnen des Ventils (Zeitpunkt t_1) wie aus Fig. 3 ersichtlich.

[0037] Die beim Abbremsen zwischen t_3 und t_4 freiwerdende kinetische Energie kann über eine Rückspeiseeinheit wieder dem Versorgungsnetz zugeführt wer-

den. Hierdurch kann die Energieeffizienz einer Vakuumpumpe erhöht werden, was zu Kosteneinsparungen beim Betreiber führt.

[0038] In den Figuren 4 und 5 sind Beispiele für eine Energierückspeiseeinheit dargestellt. Diese werden in besonders bevorzugter Ausführungsform bei Pumpen verwendet, die gemäß dem vorstehend beschriebenen Verfahren eingesetzt werden. Es ist jedoch auch möglich, derartige Energierückspeiseeinheiten bei Vakuumpumpen einzusetzen, die in anderen Verfahren verwendet werden.

[0039] Die Figur 4 zeigt schematisch eine Vakuumpumpe 40, bei der es sich beispielsweise um die Vakuumpumpe 20 oder 22 (Figur 1) handeln kann. Die Vakuumpumpe 40 weist einen Elektromotor 42 auf, durch den ein Pumpenrotor 44 angetrieben wird. Das Antreiben bzw. Steuern des Elektromotors 42 erfolgt im dargestellten Ausführungsbeispiel über einen Frequenzumrichter 46. Der Frequenzumrichter 46 ist mit dem Versorgungsnetz 48 verbunden.

[0040] Erfolgt nun ein Abbremsen des Rotors 44 der Vakuumpumpe 40, so wird aufgrund der erheblichen kinetischen Energie der Elektromotor 42 als Generator genutzt. Die hierbei entstehende elektrische Energie wird über den Frequenzumrichter in eine Energierückspeiseeinheit 50 geleitet und kann sodann über die dargestellten Leitungen wieder dem Versorgungsnetz 48 zugeführt werden. Bei einer alternativen Ausführungsform gemäß Figur 5 ist auch die Verbindung des Frequenzumrichters 46 mit dem Versorgungsnetz 48 über die Energierückspeichereinheit 50 vorgesehen. Die Energierückspeichereinheit 50 dient somit gleichzeitig als Einspeiseeinheit.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Vakuumpumpen-Systems zum Evakuieren einer, insbesondere mit einer Bearbeitungskammer (10) verbundenen, Kammer, insbesondere einer Schleusenkammer (12), wobei das Vakuumpumpen-Systems eine mindestens eine Vakuumpumpe (20, 22) aufweisende Vakuumpumpeneinrichtung (18), eine zwischen der Vakuumpumpeneinrichtung (18) und der Kammer (12) angeordnete Ventileinrichtung (26) und eine Steuereinrichtung (30) aufweist, wobei mittels der Steuereinrichtung (30) mindestens ein zyklisch auftretender Betriebsparameter des Vakuumpumpensystems ermittelt wird und eine Drehzahl zumindest einer der Vakuumpumpen (20, 22) der Vakuumpumpeneinrichtung (18) zeitlich vor einem Öffnen der Ventileinrichtung (26) verringert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Zyklusdauer (t_2) als Zeitspanne zwischen zwei

identischen Änderungen eines Betriebsparameters bestimmt wird, wobei zeitlich spätestens am Ende, vorzugsweise vor dem Ende, einer Zyklusdauer (t_2) die Drehzahl zumindest einer der Vakuumpumpen (20, 22) der Vakuumpumpeneinrichtung (18) verringert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei als Betriebsparameter ein sich beim Öffnen der Ventileinrichtung (26) signifikant verändernder Betriebsparameter ausgewählt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei als Betriebsparameter ein Motorstrom eines eine Vakuumpumpe (20, 22) der Vakuumpumpeneinrichtung (18) antreibenden Motors ermittelt wird, wobei ein, insbesondere ein signifikanter, Anstieg des Motorstroms einem Öffnen der Ventileinrichtung (26) zugeordnet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei als Betriebsparameter ein Einlassdruck der Vakuumpumpeneinrichtung (18) und/oder ein Einlassdruck zumindest einer der Vakuumpumpen (20, 22) der Vakuumpumpeneinrichtung (18) und/oder eine Temperatur zumindest einer der Vakuumpumpen und/oder ein Verfahrensweg eines Druckentlastungsventils zwischen Einlass und Auslass zumindest einer der Vakuumpumpen (20, 22) der Vakuumpumpeneinrichtung (18) ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei nach dem Öffnen der Ventileinrichtung (26) die Drehzahl der mindestens einen Vakuumpumpe (20, 22) erhöht wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei anhand zumindest eines Betriebsparameters eine Lastdauer (t_L) bestimmt wird, innerhalb der die Kammer (12) auf ein vorgegebenes Vakuum evakuiert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei zu einem Zeitpunkt (t_3) nach der Lastdauer (t_L) eine Reduzierung der Pumpendrehzahl erfolgt und die Pumpendrehzahl für die verbleibende Zyklusdauer reduziert bleibt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei welchem die bei der Verringerung der Drehzahl mindestens einer der Vakuumpumpen (20, 22) der Vakuumpumpeneinrichtung (18) erzeugte elektrische Bremsenergie in einer Energiespeichereinheit (50) gespeichert oder mittels einer Energierückspeichereinheit (50) in das Versorgungsnetz zurückgespeist wird.

Claims

1. A method for operating a vacuum pump system for evacuating a chamber, in particular a lock chamber (12) in particular connected to a processing chamber (10), wherein said vacuum pump system comprises a vacuum pump equipment (18) including at least one vacuum pump (20, 22), a valve device (26) arranged between said vacuum pump equipment (18) and said chamber (12), and a controller (30), wherein by means of said controller (30) at least one cyclically occurring operating parameter of said vacuum pump system is determined, and a rotational speed of a least one of said vacuum pumps (20, 22) of said vacuum pump equipment (18) is reduced temporally before said valve device (26) is opened, **characterized in that** a cycle length (t_2) is determined as a period of time between two identical changes of an operating parameter, wherein at the latest at the end, preferably before the end of a cycle length (t_2) the rotational speed of at least one of the vacuum pumps (20, 22) of the vacuum pump equipment (18) is reduced.
2. The method according to claim 1, wherein an operating parameter significantly changing when the valve device (26) is opened is selected as the operating parameter.
3. The method according to claim 1 or 2, wherein a motor current of a motor driving a vacuum pump (20, 22) of the vacuum pump equipment (18) is determined as the operating parameter, wherein an in particular significant, increase of the motor current is associated with opening the valve device (26).
4. The method according to any one of claims 1 to 3, wherein an inlet pressure of the vacuum pump equipment (18) and/or an inlet pressure of at least one of the vacuum pumps (20, 22) of said vacuum pump equipment (18) and/or a temperature of at least one of said vacuum pumps and/or a travelling path of a pressure relief valve between the inlet and the outlet of at least one of said vacuum pumps (20, 22) of said vacuum pump equipment (18) are determined as the operating parameter.
5. The method according to any one of claims 1 to 4, wherein after the valve device (26) has been opened, the rotational speed of at least one of the vacuum pumps (20, 22) is increased.
6. The method according to any one of claims 1 to 5, wherein on the basis of at least one operating parameter a load duration (t_L) is determined during which the chamber (12) is evacuated to a predeter-

mined vacuum.

7. The method according to claim 6, wherein at a point in time (t_3) after the load duration (t_L) the pump rotational speed is reduced, and the pump rotational speed remains reduced for the remaining cycle length.
8. The method according to any one of claims 1 to 7, wherein the electrical braking energy generated during the reduction of the rotational speed of at least one of the vacuum pumps (20, 22) of the vacuum pump equipment (18) is stored in an energy storage unit (50) or fed back into the supply network by means of an energy feedback unit (50).

Revendications

1. Procédé de fonctionnement d'un système de pompe à vide afin d'évacuer une chambre, en particulier une chambre de sas (12), en particulier reliée à une chambre de traitement (10), dans lequel le système de pompe à vide comporte au moins un dispositif de pompe à vide (18) comprenant au moins une pompe à vide (20, 22), un dispositif de vanne (26) disposé entre le dispositif de pompe à vide (18) et la chambre (12) et un dispositif de commande (30), dans lequel au moins un paramètre opérationnel cyclique du système de pompe à vide est déterminé au moyen du dispositif de commande (30) et une vitesse de rotation d'au moins une des pompes à vide (20, 22) du dispositif de pompe à vide (18) est diminuée avant une ouverture du dispositif de vanne (26), **caractérisé en ce qu'**une durée de cycle (t_2) est déterminée comme période entre deux variations identiques d'un paramètre opérationnel, dans lequel la vitesse de rotation d'au moins une des pompes à vide (20, 22) du dispositif de pompe à vide (18) est diminuée au plus tard à la fin, de préférence avant la fin, d'une durée de cycle (t_2).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel est sélectionné comme paramètre opérationnel un paramètre opérationnel variant de manière significative lors de l'ouverture du dispositif de vanne (26).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel est déterminé comme paramètre opérationnel un courant moteur d'un moteur entraînant une pompe à vide (20, 22) du dispositif de pompe à vide (18), dans lequel une augmentation, en particulier significative, du courant moteur est associée à une ouverture du dispositif de vanne (26).
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans

lequel est déterminé comme paramètre opérationnel une pression d'entrée du dispositif de pompe à vide (18) et/ou une pression d'entrée d'au moins une des pompes à vide (20, 22) du dispositif de pompe à vide (18) et/ou une température d'au moins une des pompes à vide et/ou un déplacement d'une vanne de décompression entre l'entrée et la sortie d'au moins une des pompes à vide (20, 22) du dispositif de pompe à vide (18).

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel la vitesse de rotation de l'au moins une pompe à vide (20, 22) s'accroît après l'ouverture du dispositif de vanne (26).
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel est définie, à l'aide d'au moins un paramètre opérationnel, une durée de charge (t_L) durant laquelle la chambre (12) est évacuée jusqu'à un vide prédéfini.
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel à un instant (t_3) après la durée de charge (t_L) une réduction de la vitesse de rotation de la pompe s'effectue et la vitesse de rotation de la pompe reste réduite pour le reste de la durée de cycle.
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, lors duquel l'énergie électrique de freinage obtenue lors de la diminution de la vitesse de rotation d'au moins une des pompes à vide (20, 22) du dispositif de pompe à vide (18) est stockée dans une unité accumulative d'énergie (50) ou est réinjectée dans le réseau d'alimentation au moins d'une unité de régénération d'énergie (50).

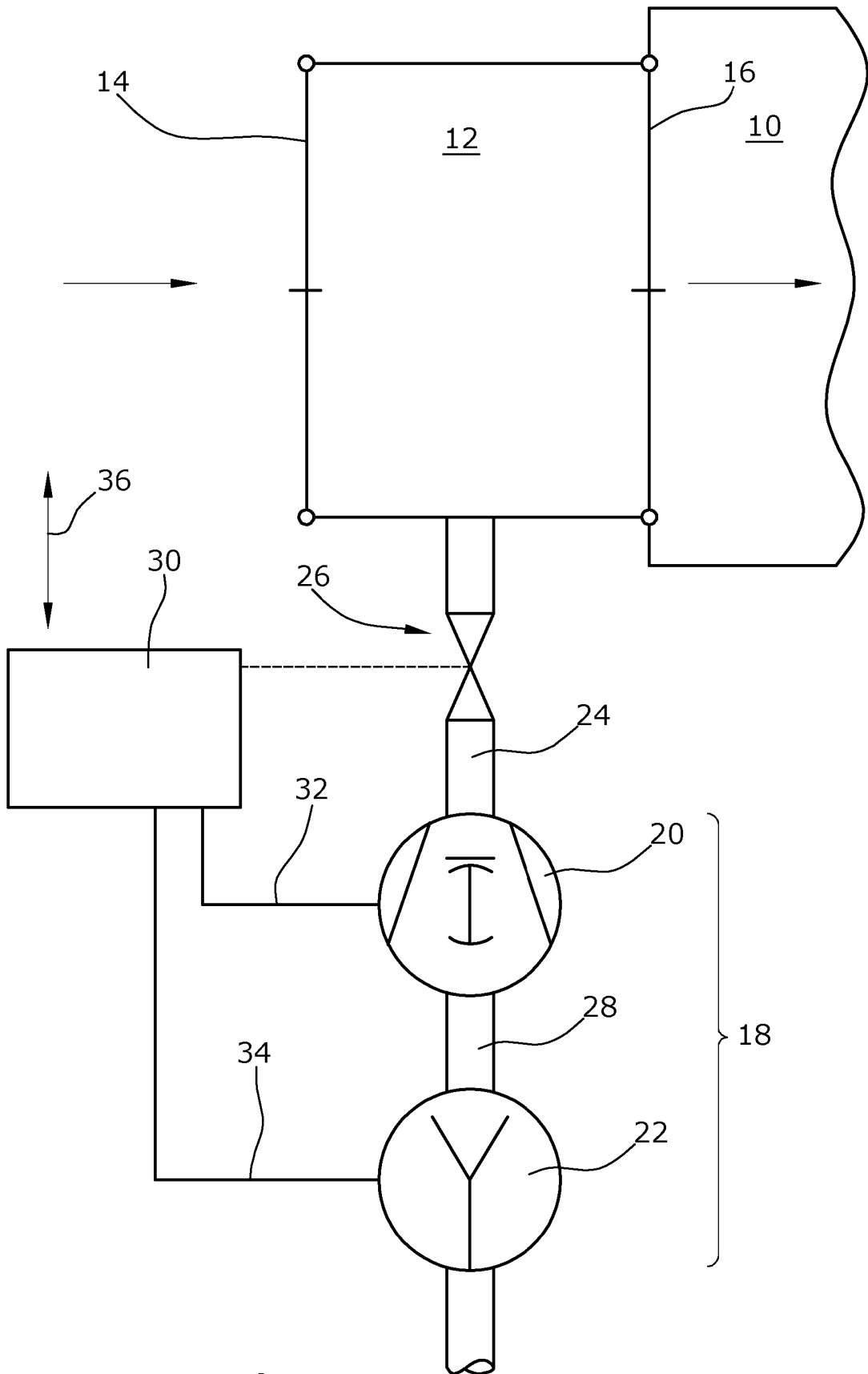


Fig.1

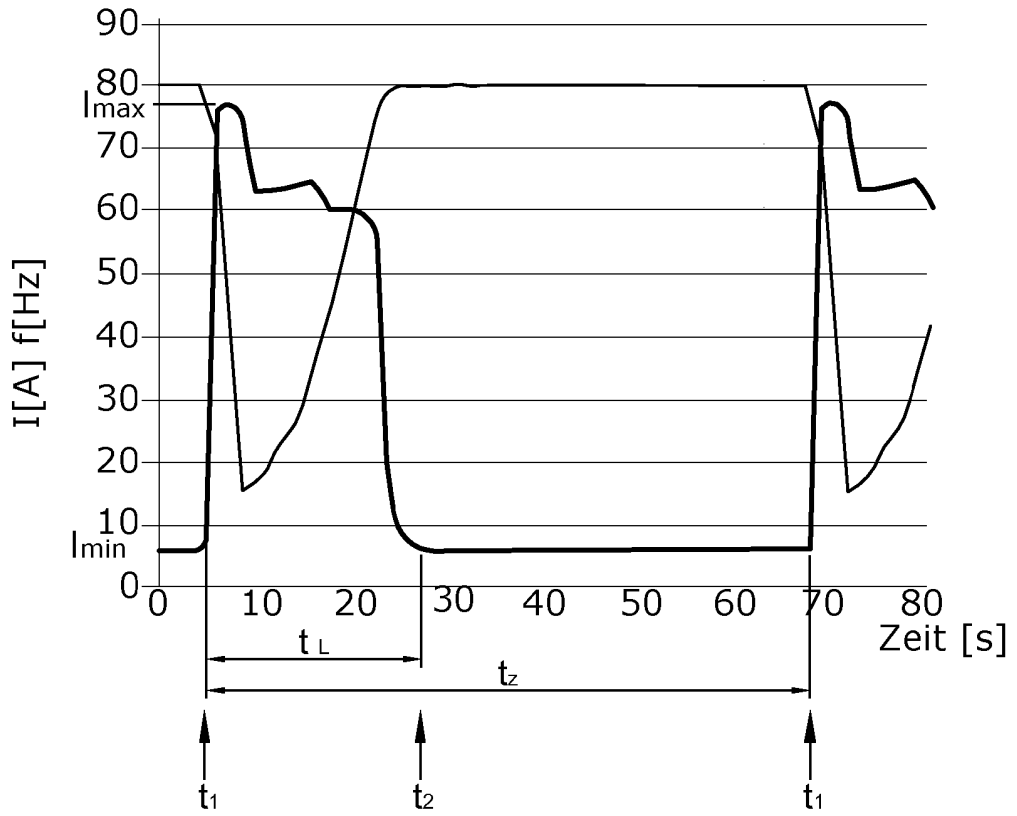


Fig.2

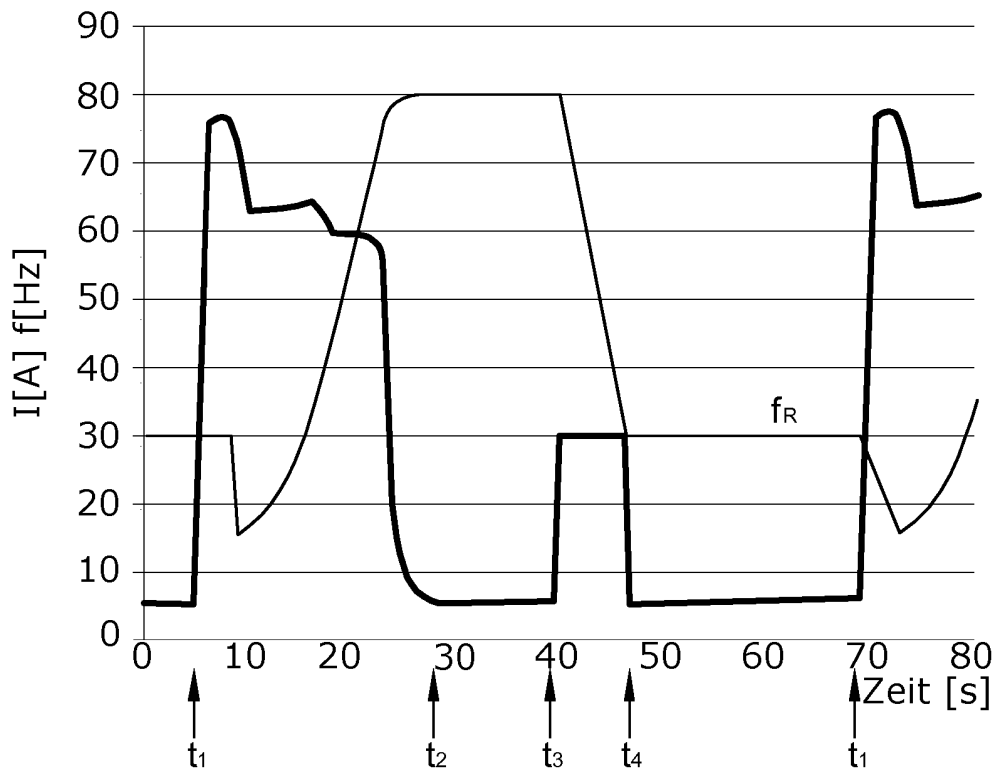


Fig.3

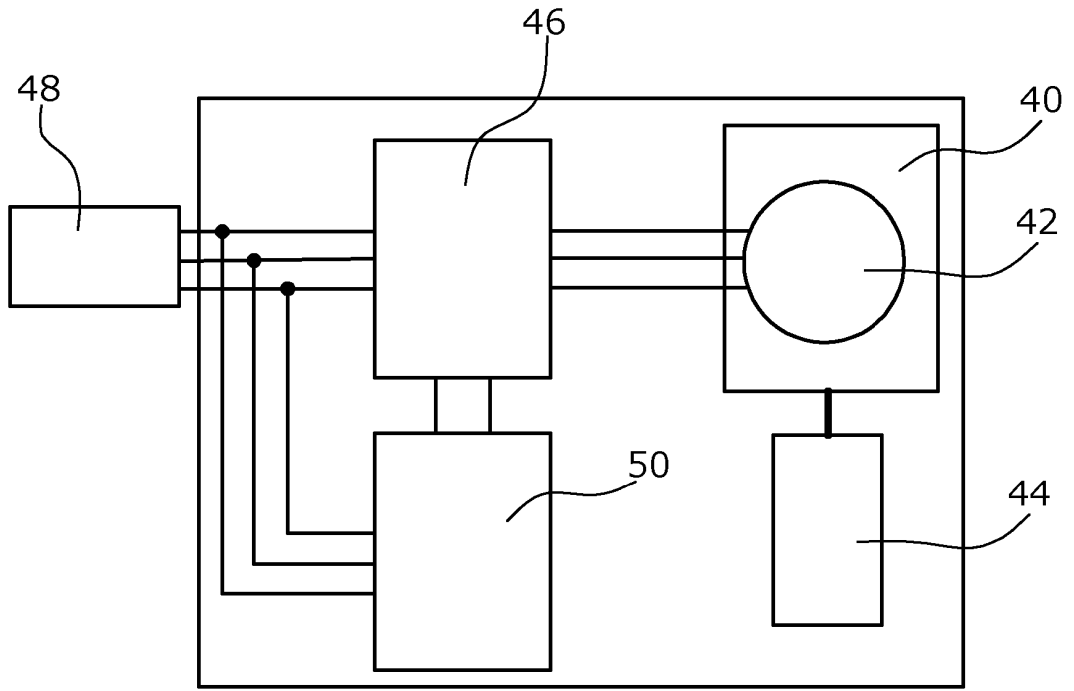


Fig.4

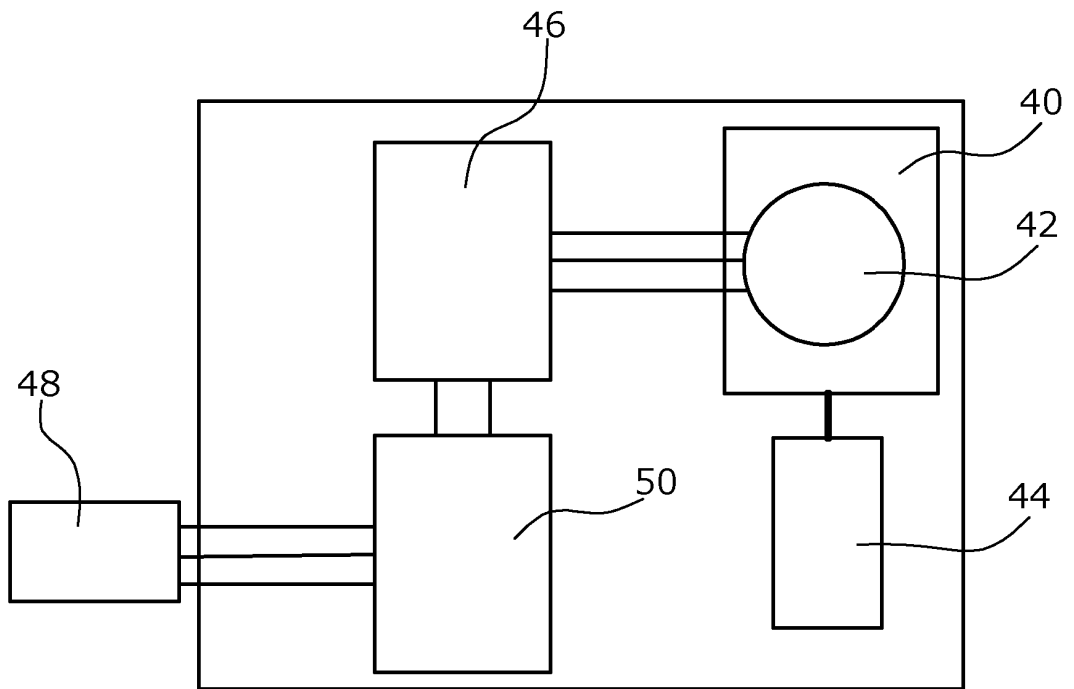


Fig.5

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 2014127038 A [0003]