



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.06.2010 Patentblatt 2010/24

(51) Int Cl.:
F04B 35/04 ^(2006.01) **F04B 37/14** ^(2006.01)
F04B 49/06 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09014532.7**

(22) Anmeldetag: **20.11.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(71) Anmelder: **PFEIFFER VACUUM GMBH**
35614 Asslar (DE)

(72) Erfinder:
• **Kallenborn, Stefan**
35578 Wetzlar (DE)
• **Losch, Wolfgang**
35080 Bad Endbach (DE)
• **Sachs, Ronald**
44315 Dortmund (DE)

(30) Priorität: **12.12.2008 DE 102008062054**

(54) **Anordnung mit Vakuumpumpe und Verfahren zum Betrieb einer Vakuumpumpe**

(57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung mit einer Vakuumpumpe (10; 210), welche wenigstens eine Pumpstufe (12; 212) und einen die Pumpstufe antreibenden Motor (14; 214) umfasst, und mit einer Bestromungsbaugruppe (21; 221). Um den Verschleiß der Bauteile der Pumpstufe zu verringern, wird vorgeschlagen, dass

die Anordnung eine Messbaugruppe (24; 224) zur Bestimmung einer elektrischen Größe aufweist. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Betrieb einer Vakuumpumpe (10; 210) mit einem Motor (14; 214). Hier wird vorgeschlagen, dass die Leistungsaufnahme des Motors gemessen und bei Absinken der Leistungsaufnahme die Drehzahl des Motors gesenkt wird.

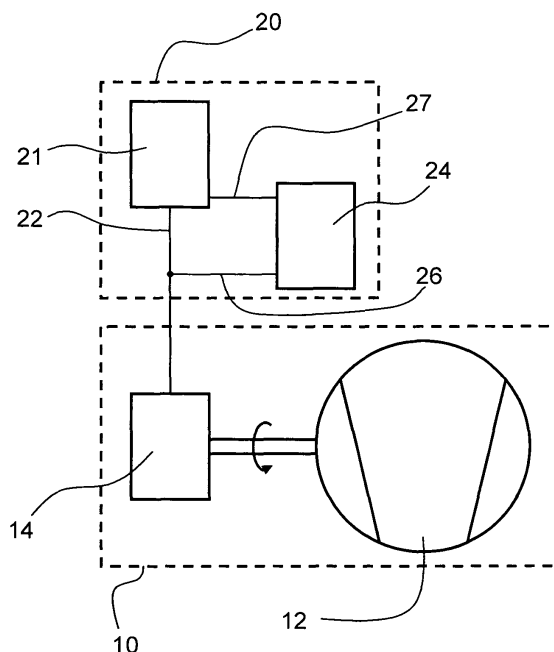


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung mit Vakuumpumpe nach dem Oberbegriff des ersten Anspruchs und ein Verfahren zum Betrieb einer Vakuumpumpe nach dem Oberbegriff des siebten Anspruchs.

[0002] Vakuumpumpen sind heute aus vielen Industrieprozessen nicht mehr wegzudenken. Die Anwendungen erstrecken sich über viele Gebiete, von Gefrier-
trocknung über Lecksuche bis zu Lampen- und Röhren-
produktion, um nur einige zu nennen. Die in diesen An-
wendungen benutzten Prozesse besitzen heute immer
kürzere Zykluszeiten, was die Belastung der Vakuumpumpe erhöht. Hinzu kommt der Wunsch, trocken ver-
dichtende Vakuumpumpen einzusetzen, d.h. Vakuumpumpen, deren Schöpfraum weitgehend frei von
Schmierstoffen ist. Da jedoch oftmals berührende Dichtungen in diesen Bedingungen eingesetzt werden müs-
sen, unterliegen diese einem hohen Verschleiß. Maßnahmen zur Verschleißsenkung sind bekannt, so schlägt die DE-OS 10 2006 012 532 vor, die Dichtung mit einem Führungselement zu unterstützen. Es besteht jedoch der Wunsch, weitergehende Verbesserungen der Standzeiten zu erzielen.

[0003] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Vakuumpumpe vorzustellen, die auf baulich einfache Weise eine verlängerte Standzeit besitzt. Es ist weiterhin Aufgabe der Erfindung, ein einfaches Verfahren zum Betrieb einer Vakuumpumpe vorzustellen, welches die Standzeit verlängert.

[0004] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des ersten Anspruchs und einem Verfahren mit den Merkmalen des siebten Anspruchs. Die abhängigen Ansprüche 2 bis 6 und 8 geben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung an.

[0005] Eine Messbaugruppe zur Bestimmung einer elektrischen Betriebsgröße des Motors der Vakuumpumpe ermöglicht es, den Motor so zu betreiben, dass der Verschleiß der Pumpstufe stark reduziert wird. Das erfindungsgemäße Verfahren nach Anspruch 7 besitzt den Vorteil, dass durch eine einfache Messung und ein einfaches Kriterium ein verschleißreduzierender Betrieb bei abgesenkter Drehzahl eingeleitet werden kann.

[0006] Das Verfahren wird vorteilhaft dadurch weitergebildet, dass das Unterschreiten eines Leistungsschwellwertes als Kriterium gewählt wird, die Drehzahl abzusenken. Dies vereinfacht die notwendige Steuerungsbaugruppe.

[0007] Die Weiterbildung, zwischen Messbaugruppe und Bestromungsbaugruppe eine Verbindung vorzusehen, vereinfacht die Schaltung und ermöglicht die automatische Umschaltung in den verschleißarmen Betriebszustand.

[0008] Eine andere Weiterbildung schlägt vor, wenigstens zwei Pumpstufen vorzusehen, wobei der Motor wenigstens zwei dieser Pumpstufe gleichzeitig antreibt. In dieser Anordnung kommen die Vorteile besonders zur Geltung, da ein einfaches und eindeutiges Kriterium zum

Umschalten in den verschleißarmen Betriebszustand vorliegt. Beispielsweise werden Positionierungsprobleme von Druckschaltern vermieden. In mehrstufigen Vakuumpumpen treten viele unterschiedliche Druckniveaus an verschiedenen Stellen der Pumpe auf und es ist unklar, welche Druckmessung den sinnvollsten Wert zur Beurteilung der Umschaltung liefert.

[0009] Die Verschleißminderung ist besonders ausgeprägt, wenn der Motor als bürstenloser Gleichstrommotor ausgebildet ist, da dieser auch bei geringen Drehzahlen ein hinreichendes Drehmoment erzeugt. So können besonders niedrige Drehzahlen realisiert werden, ohne bei der Pumpwirkung Einbußen zu verzeichnen.

[0010] Eine Weiterbildung schlägt vor, dass wenigstens eine Pumpstufe trockenlaufend gegen Atmosphäre verdichtend gestaltet ist. Hier ist der Vorteil der Verschleißminderung besonders ausgeprägt.

[0011] Eine letzte Weiterbildung schlägt vor, dass wenigstens eine Pumpstufe einen in einer Laufbuchse laufenden Hubkolben und eine Dichtung zwischen Laufbuchse und Hubkolben aufweist. Hier kommt die Verschleißminderung stark zur Geltung, da die Dichtung stark verschleißgefährdet ist, die Vakuumpumpe jedoch mit geringer Drehzahl betrieben werden kann, ohne Dichtheit zu verlieren.

[0012] Die Erfindung soll anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert und ihre Vorteile vertieft werden. Es zeigen:

- Fig. 1: Schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Anordnung mit Vakuumpumpe.
- Fig. 2: Schnitt durch eine zweistufige Hubkolbenvakuumpumpe entlang der Wellenachse.
- Fig. 3: Schnitt durch die zweistufige Hubkolbenvakuumpumpe entlang der Linie I-I' und senkrecht zur Wellenachse.
- Fig. 4: schematische Darstellung der im Antriebsgerät der Hubkolbenvakuumpumpe vorgesehene Schaltung.

[0013] Die Erfindung ist zunächst in Figur 1 schematisch dargestellt.

[0014] Die Vakuumpumpe 10 beinhaltet eine Pumpstufe 12 und einen Motor 14. Dieser treibt die Pumpstufe an. Neben der Vakuumpumpe ist ein Antriebsgerät 20 vorgesehen. Es kann ein eigenständiges Gerät sein, oder sich in einem Gehäuseteil der Vakuumpumpe befinden. Das Antriebsgerät beinhaltet eine Bestromungsbaugruppe 21, welche durch eine Bestromungsleitung 22 mit dem Motor der Vakuumpumpe verbunden ist. Die Bestromungsbaugruppe erzeugt Strom und Spannung derart, dass der Motor in Bewegung, vorzugsweise in Drehung, versetzt wird. Strom und Spannung werden über die Bestromungsleitung dem Motor zugeführt.

[0015] Eine Messleitung 26 ist vorgesehen und verbindet die Bestromungsleitung 22 mit einer Messbaugruppe 24. Diese Messbaugruppe ist derart gestaltet, dass sie eine elektrische Größe bestimmt, die über die

Bestromungsleitung übertragen wird. Diese elektrischen Größen können Strom oder Spannung sein. Vorzugsweise wird von der Messbaugruppe durch Messung einer elektrischen Größe die Leistungsaufnahme des Motors bestimmt. Über eine Verbindung 27 stehen Messbaugruppe und Bestromungsbaugruppe in Kontakt. Durch diesen Kontakt wird auf Signal der Messbaugruppe die Bestromung des Motors geändert. Diese Änderung erfolgt abhängig von der gemessenen Bestromung. Insbesondere wird die durch die Bestromung erzeugte Drehzahl des Motors abgesenkt, sobald die Messbaugruppe eine geringe Leistungsaufnahme durch den Motor bestimmt.

[0016] Vorteilhaft ist die Pumpstufe trocken verdichtend gestaltet, beispielsweise als Membran-, Kolben- oder Hubkolbenpumpe, da hier die Drehzahlab senkung zu einer besonders deutlichen Verschleißabsenkung führt.

[0017] Anhand einer Hubkolbenvakuumpumpe soll unter Bezug auf die Figuren 2 und 3 die Erfindung verdeutlicht werden.

[0018] Die Hubkolbenvakuumpumpe 210 weist in ihrem Gehäuse 240 eine von Lagern 253, beispielsweise Wälzlagern, drehbar unterstützte Welle 250 auf. Diese Welle wird von einem Motor 214 in Drehung versetzt, welcher von statorseitigen elektrischen Spulen 251 und wellenseitigen Permanentmagneten 252 gebildet wird. Er ist als bürstenloser Gleichstrommotor gestaltet. Mit der Welle ist eine Kurbelscheibe 254 verbunden, welche einen Pleuelzapfen 255 besitzt. Auf diesem ist ein Pleuel 256 drehbar gelagert.

[0019] Ein gasdicht mit dem Gehäuse verbundener Zylinder 241 weist einen zylindrischen Hohlraum auf, in den die Laufbuchse 245 eingepasst ist. In dieser Laufbuchse bewegt sich der mit dem Pleuel 256 verbundene und über diesen angetriebene Kolben 246 zwischen zwei Umkehrpunkten hin und her.

[0020] In einem ersten Umkehrpunkt gibt der Kolben Eintrittsöffnungen frei, die mit dem Gaseinlass 243 in gasführender Verbindung stehen. Im zweiten Umkehrpunkt hebt er einen Ventildeckel 249 von dem Ventilsitz ab, so dass Gas aus dem von Kolben, Ventildeckel und Laufbuchse begrenzten Schöpfraum 248 ausgestoßen wird. Das Gas verlässt anschließend über den am Zylinderdeckel 242 vorgesehenen Gasauslass 244 die Pumpstufe und gelangt in die Übergabeleitung 280.

[0021] Am Kolben ist eine Dichtung 247 befestigt, welche die Laufbuchse gleitend berührt und auf diese Weise den Zwischenraum zwischen Laufbuchse und Kolben abdichtet. Durch die gleitende Berührung und der Abwesenheit von Schmiermitteln wie beispielsweise Öl unterliegt diese Dichtung einer hohen Beanspruchung und verschleißt dementsprechend stark.

[0022] Die Hubkolbenvakuumpumpe weist ein Antriebsgerät 220 auf, in welchem eine Bestromungsbaugruppe 221 und eine Leistungsbestimmungseinheit 224 vorgesehen sind. Die Bestromungsbaugruppe steht mittels der Bestromungsleitung 222 mit den elektrischen

Spulen in elektrischem Kontakt. Sie erzeugt Ströme und Spannungen in den Spulen, die die Drehung der Welle bewirken. Die Bestromungsbaugruppe ist derart gestaltet, dass die Drehzahl der Welle in einem weiten Drehzahlbereich eingestellt werden kann. Der Drehzahlbereich umfasst vorteilhaft den Bereich Stillstand, über weniger Umdrehungen pro Sekunden bis hin zu sechzig Umdrehungen pro Sekunde. Die Leistungsbestimmungseinheit ist derart gestaltet, dass sie die vom Motor aufgenommene Leistung durch Messung von elektrischen Größen bestimmt. Die Messung erfolgt über eine Messleitung 226. Abhängig von der gemessenen Leistungsaufnahme wird die Drehzahl gestellt. Insbesondere wird, wenn die Leistungsaufnahme sinkt, die Drehzahl auf einen niedrigen Wert eingestellt. Eine sinkende Leistungsaufnahme des Motors ist charakteristisch für eine geringe in der Pumpstufe zu leistende Verdichtungsarbeit, insbesondere für eine geringe zu verdichtende Gasmenge. Bei einer geringen Gasmenge reicht eine geringe Drehzahl und damit eine geringe Anzahl von Hüten des Kolbens aus, um am Gaseinlass ein tiefes Vakuum zu halten. Eine geringe Anzahl von Hüten ist gleich zu setzen mit einem wesentlich verringerten Verschleiß der Dichtung, da diese pro Sekunde weniger an der Laufbuchse reibt. Vorteilhaft einfach ist es, die Drehzahl von einem oberen Normalbedingungswert bei Unterschreiten eines Leistungsaufnahmeschwellwertes auf einen niedrigen Schondrehzahlwert umzuschalten.

[0023] In Figur 3 ist die Hubkolbenvakuumpumpe in einem Schnitt entlang der in Figur 2 eingezeichneten Linie I-I' gezeigt. Entsprechend sind Pleuel 256, Laufbuchse 245, Kolben 246 und Zylinder 241 der ersten Pumpstufe zu sehen. Ebenfalls sind bei Figur 2 bereits erwähnte Dichtung 247, Zylinderdeckel 242 und Ventildeckel 242 zu sehen.

[0024] Ein zweiter Zylinder 261 mit einem zweiten Zylinderdeckel 262 ist ebenfalls mit dem Gehäuse 240 der Hubkolbenvakuumpumpe verbunden und bildet deren zweite Pumpstufe. In dem Zylinder ist eine zweite Laufbuchse 265 vorgesehen, in welcher sich ein zweiter Kolben 266 hin und her bewegt. Er ist mit einem zweiten Pleuel 257 verbunden und wird von diesem angetrieben. Hierzu ist der Pleuel an dem Pleuelzapfen 255 drehbar gelagert, welcher an der Kurbelscheibe 254 vorgesehen ist. Diese wird von der Welle 250 in Drehung versetzt. Das aus der ersten Pumpstufe ausgestoßene Gas gelangt durch die Übergabeleitung an den Zweitstufengaseinlass 281. Nach Verdichtung durch den zweiten Kolben hebt dieser den zweiten Ventildeckel 269 ab und stößt das Gas durch den Pumpenauslass 282 gegen Atmosphäre aus. Auch am Kolben der zweiten Pumpstufe ist eine die Laufbuchse berührende Dichtung 267 vorgesehen, die nach dem gleichen Prinzip wie bei der Dichtung 247 der ersten Pumpstufe Verschleiß unterliegt. In gleicher Weise wird der Verschleiß vermindert, sobald die Drehzahl nach der vorbeschreibenden Verfahren abgesenkt wird.

[0025] Abschließend zeigt Figur 4 den prinzipiellen

Aufbau der elektrischen Schaltung des Antriebsgeräts 220 in einer schematischen Darstellung. Eine Spannungsaufbereitung 431 ist lösbar an ein elektrisches Versorgungsnetz 430 angeschlossen. Dieses Versorgungsnetz ist beispielsweise das 230 V Wechselspannungsnetz oder ein Industrienetzspannungsnetz. Die Spannungsaufbereitung erzeugt die Spannung für einen Zwischenkreis 432 und Betriebsspannungen für die Elektronikbaugruppen dieser Schaltung. Daher ist sie über einen Versorgungskreis 440 mit der Leistungsbestimmungseinheit 224 und dem Geber 433 der Bestromungsbaugruppe 221 verbunden. Die Bestromungsbaugruppe weist eine Endstufe 434 auf. In dieser Endstufe sind paarweise ein oberer Leistungstransistor 435 und ein unterer Leistungstransistor 436 angeordnet. Sie formen die Spannung des Zwischenkreises in Phasenspannung um, welche dann über die Motorphasen 437 an die Spulen des Motors 214 angelegt werden. Die Beschaltung der Leistungstransistoren 435, 436 erfolgt durch den Geber. Dieser bewirkt ein Sperren oder Öffnen der Leistungstransistoren derart, dass der Motor durch Bestromung der Motorphasen in Drehung versetzt wird, wobei der Geber so gestaltet ist, dass er die Beschaltung der Leistungstransistoren für eine Vielzahl von Drehzahlen erzeugen kann.

[0026] Die Leistungsbestimmungseinheit ist über eine Messleitung 226 mit den Motorphasen verbunden und misst die in diesen auftretenden Ströme und Spannungen. Zwischen Leistungsbestimmungseinheit und Geber besteht eine Verbindung. Bestimmt die Leistungsbestimmungseinheit das Absinken der Leistungsaufnahme durch den Motor, wird der Geber veranlasst, eine Taktung der Leistungstransistoren und damit der Bestromung der Motorphasen derartig zu bewirken, dass die Drehzahl der Motors einen niedrigeren Wert erhält. Vorteilhaft einfach ist es, die Drehzahl von einem oberen Normalbedingungswert bei Unterschreiten eines Leistungsaufnahmeschwellwertes auf einen niedrigen Schondrehzahlwert umzuschalten.

sprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vakuumpumpe (10; 210) wenigstens zwei Pumpstufen umfasst und der Motor (214) wenigstens zwei der Pumpstufen gleichzeitig antreibt.

4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Motor als bürstenloser Gleichstrommotor gestaltet ist.
5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Pumpstufe (12; 212) trockenlaufend gegen Atmosphäre verdichtend gestaltet ist.
6. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Pumpstufe (12) einen in einer Laufbuchse (245; 265) laufenden Hubkolben (246; 266) und eine Dichtung (247; 267) zwischen Laufbuchse und Hubkolben umfasst.
7. Verfahren zum Betrieb einer Vakuumpumpe (10; 210) mit einem Motor (14; 214), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leistungsaufnahme des Motors gemessen und bei Absinken der Leistungsaufnahme die Drehzahl des Motors gesenkt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Senken der Drehzahl bei Unterschreiten eines Leistungsaufnahmeschwellwertes erfolgt.

Patentansprüche

1. Anordnung mit einer Vakuumpumpe (10; 210), welche wenigstens eine Pumpstufe (12; 212) und einen die Pumpstufe antreibenden Motor (14; 214) umfasst, und mit einer Bestromungsbaugruppe (21; 221), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anordnung eine Messbaugruppe (24; 224) zur Bestimmung einer elektrischen Betriebsgröße des Motors aufweist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Verbindung (27; 227) zwischen Messbaugruppe (24; 224) und Bestromungsbaugruppe (21; 221) aufweist.
3. Anordnung nach einem der vorhergehenden An-

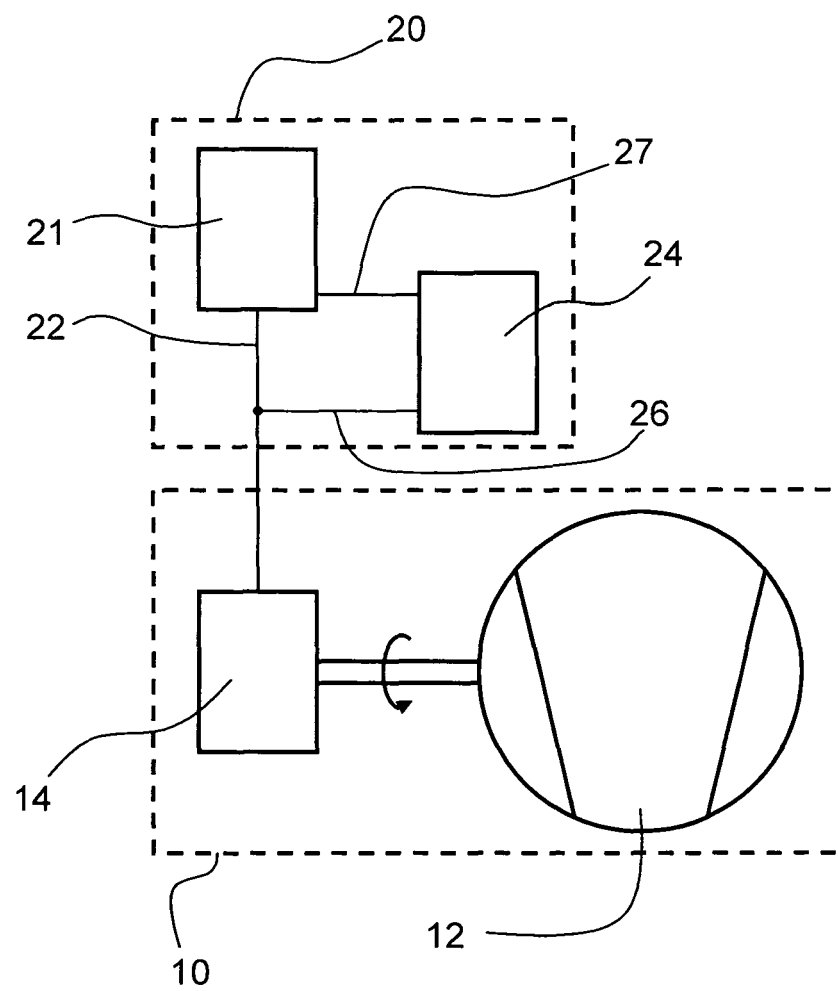


Fig. 1

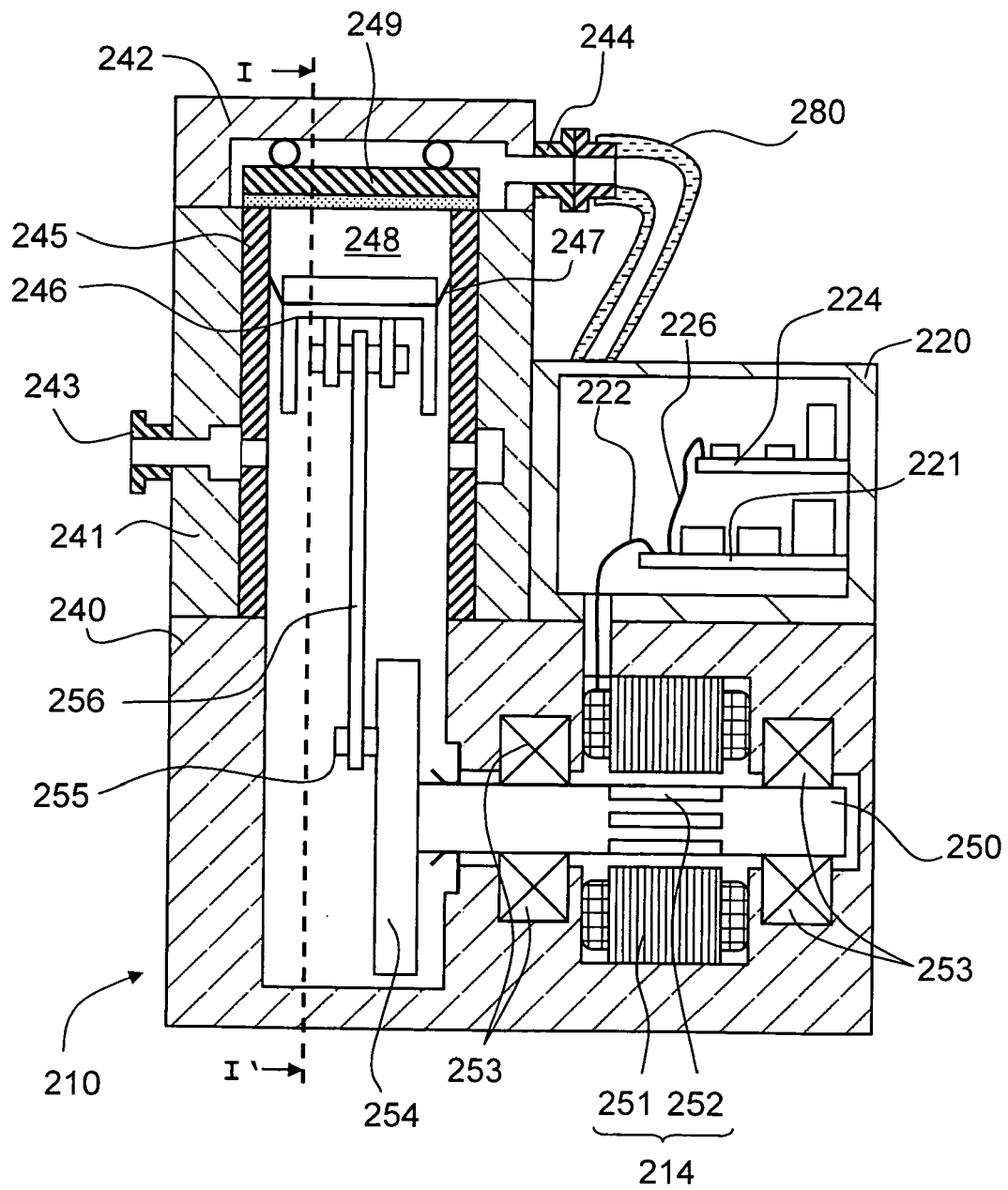


Fig. 2

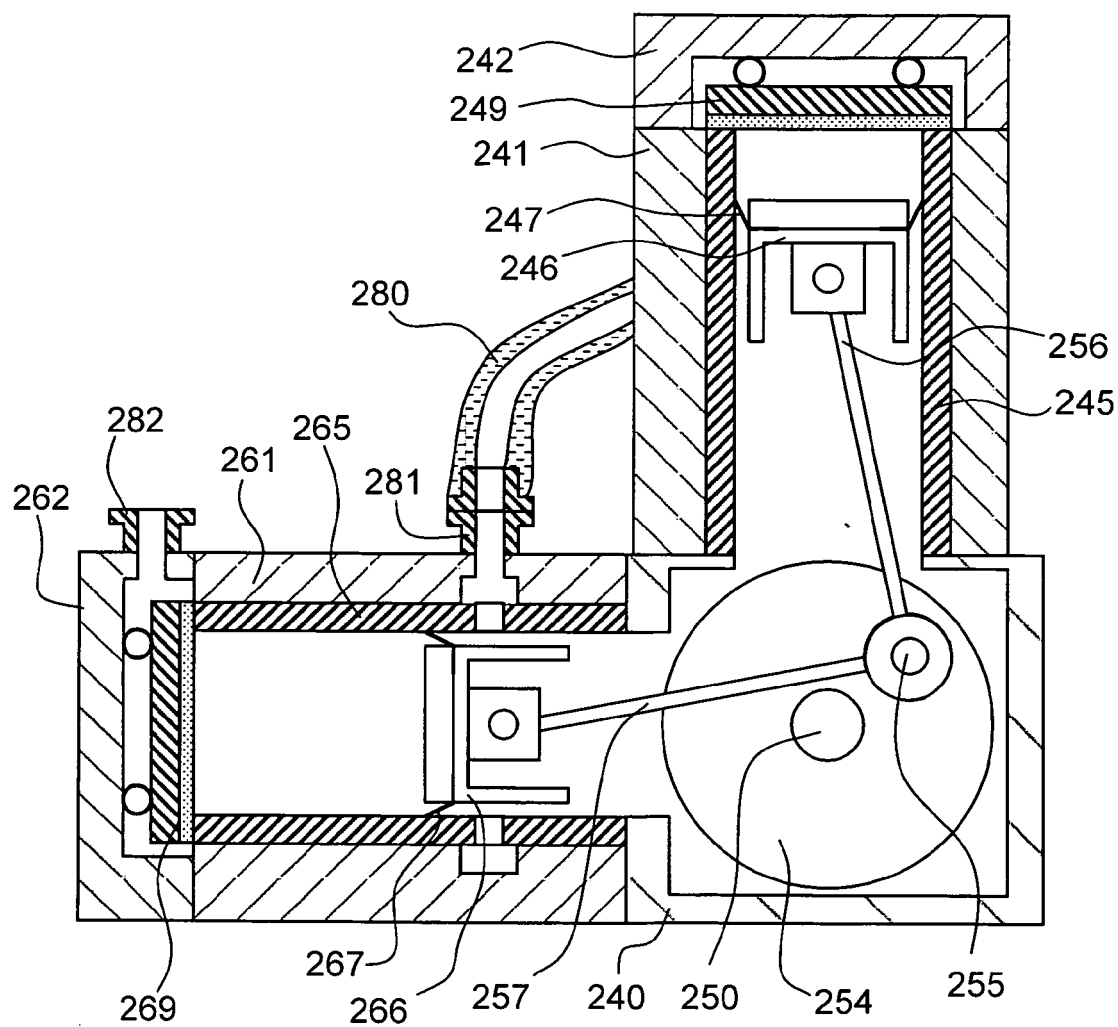


Fig. 3

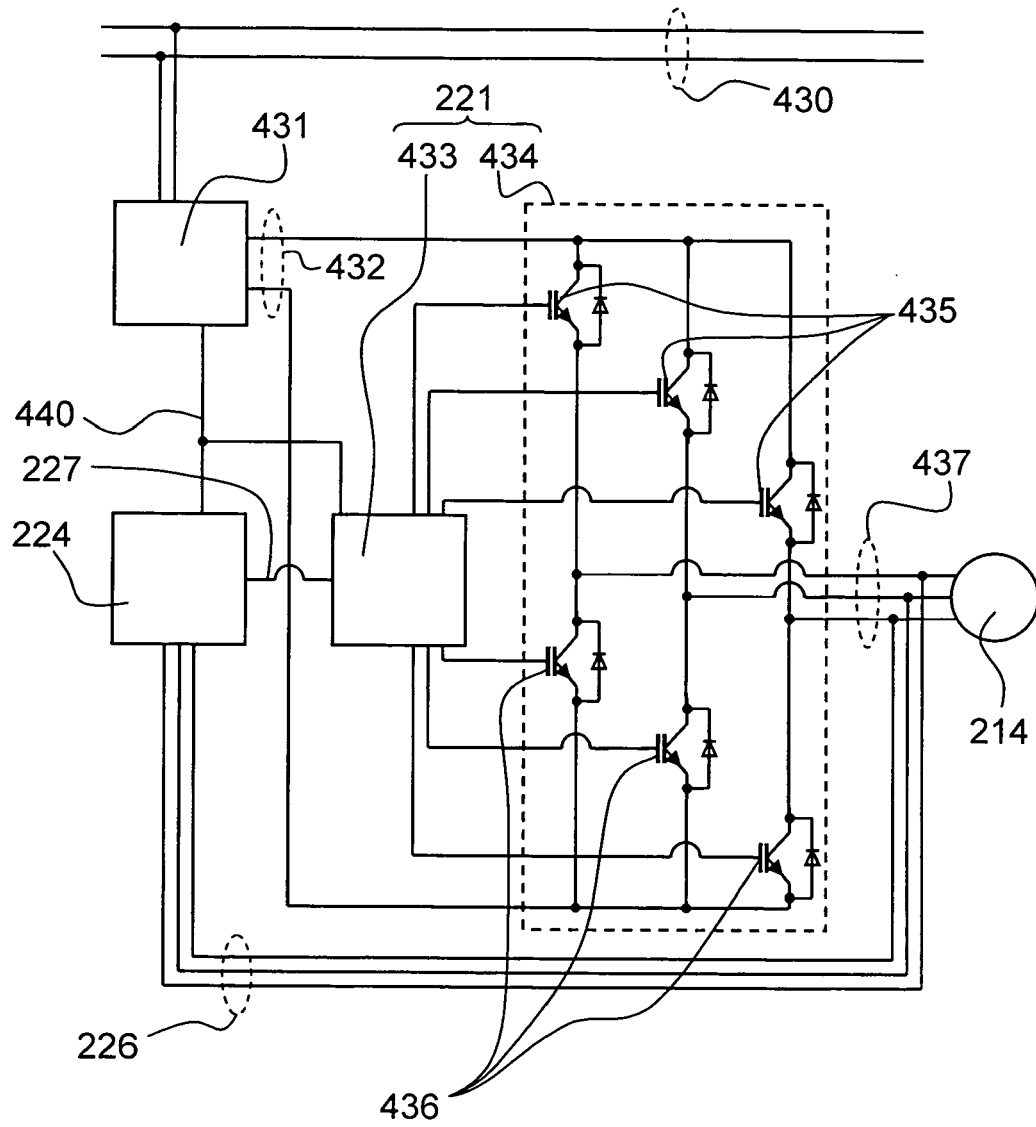


Fig. 4

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

- DE OS102006012532 A [0002]