

Hydac International GmbH, Industriestraße, 66280 Sulzbach/Saar

Antriebseinrichtung zur Energieversorgung
hochbelasteter Elektromotoren

Die Erfindung betrifft eine Antriebseinrichtung zur Energieversorgung hochbelasteter Elektromotoren, mit einem den betreffenden Elektromotor über mindestens eine Leitung versorgenden Generator, der durch eine Verbrennungskraftmaschine über eine mechanische Kopplung mittels einer
5 Welle antreibbar ist.

Antriebseinrichtungen dieser Art sind Stand der Technik und kommen insbesondere für den Betrieb von maschinellen Einrichtungen zum Einsatz, bei denen die betreffenden Elektromotoren an ortsveränderlichen Stellen oder
10 in unterschiedlichen Geländebereichen zu versorgen sind. Beispiele für bevorzugte Einsatzgebiete sind die Antriebe von Steinbrechern, Förderbandanlagen, Tunnelbohrmaschinen, Siebanlagen, Seilbahnen oder dergleichen. Wenn bei solchen Anlagen hochbelastete Elektromotoren bei Startvorgängen gegen Last anlaufen müssen, sind für die Startvorgänge sehr
15 hohe, vom Generator zu liefernde Ströme notwendig. Um Betriebssicherheit zu erreichen, ist man daher gezwungen, die betreffende, den Generator antreibende Verbrennungskraftmaschine so auszulegen, dass sie die Spitzenlast, die nur für kurze Zeit beim Starten entsteht, sicher abdeckt. Da diese Spitzenlast die normale, an die Verbrennungskraftmaschine zu stellende
20 Leistungsanforderung um den Faktor 3 bis 5 übersteigt, resultiert eine ungünstige Überdimensionierung der Verbrennungskraftmaschine, weil bei-

spielsweise für einen 160 kW-Elektromotor eine Verbrennungskraftmaschine, die 500 kW leistet, eingesetzt wird, die im Dauerbetrieb nach dem Startvorgang dann lediglich im Teillastbetrieb arbeitet.

- 5 Im Hinblick auf diese Problematik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Antriebseinrichtung der eingangs genannten Art zur Verfügung zu stellen, die sich bei verringerten Anlagekosten durch ein günstiges und sicheres Betriebsverhalten auszeichnet.
- 10 Erfindungsgemäß ist diese Aufgabe durch eine Antriebseinrichtung gelöst, die die Merkmale des Patentanspruches 1 in seiner Gesamtheit aufweist.

Demgemäß bestehen wesentliche Besonderheiten der Erfindung darin, dass die Antriebseinrichtung ein hydraulisches Hybridsystem aufweist, das zu-

15 mindest einen Hydrospeicher und eine mit der Welle des Generators über eine Pumpenwelle einer Verstell-Motorpumpeneinheit mechanisch kuppelbare Verbindung aufweist, mittels deren im Pumpbetrieb hydraulische Energie im Speicher speicherbar ist, die im Motorbetrieb der Verstell-

20 Pumpen-Motoreinheit als zusätzliche Antriebsleistung des Generators nutzbar ist, die als Zweiquadranteneinheit von dem Motorbetrieb in den Pumpenbetrieb und umgekehrt durchschwenkbar ist und dass der Generator ausschließlich im Generatorbetrieb betrieben ist, dessen Generatorleistung auf den Wert Null zurückfahrbare ist. Da das Hybridsystem bei hohen Leistungsanforderungen, wie dies beim Starten eines gegen Last anlaufenden

25 Elektromotors der Fall ist, zusätzlich zur Verbrennungskraftmaschine Drehmoment zur Verfügung stellen und so den Generator stützen kann, kann die Verbrennungskraftmaschine entsprechend der Nennleistung des Elektromotors ausgelegt werden und braucht daher demgegenüber nicht um ein Mehrfaches überdimensioniert zu sein, um eine stabile Stromversorgung

30 des Elektromotors sicherzustellen. Ferner sind die Verlustleistungen im Betrieb der Antriebseinrichtung gering.

Ein weiterer, besonderer Vorteil des hydraulischen Hybridsystems besteht auch darin, dass es bei Bedarf als Booster aktivierbar ist, der im laufenden Betrieb auftretende Lastspitzen abfängt. Somit ist auch bei Einsatz der Antriebseinrichtung bei maschinellen Anlagen, bei denen während des Betriebs Lastspitzen auftreten können, beispielsweise bei Anlagen wie Steinbrechern oder Mühlen, eine stabile Stromversorgung des Elektromotors ohne Überdimensionierung der Verbrennungskraftmaschine sichergestellt.

10 Insbesondere bei größeren maschinellen Anlagen mit einem Elektromotor hoher Leistung, beispielsweise im Bereich von mehr als 150 kW ist vorzugsweise ein Dieselmotor als Verbrennungskraftmaschine vorgesehen.

Bei vorteilhaften Ausführungsbeispielen ist ein Hydrospeicher in Form eines 15 hydropneumatischen Speichers vorgesehen, dessen Ölseite mit der Verstell-Pumpen-Motor-Einheit ohne Zwischenschalten weiterer Ventilbaugruppen direkt verbunden ist.

Das hydraulische Hybridsystem kann als offenes System ausgebildet sein, 20 wobei die Saugseite der Motor-Pumpen-Einheit mit einem Hydrauliköl bevorratenden Tank verbunden ist.

Alternativ kann das hydraulische Hybridsystem als Hochdruck-Niederdruck-System ausgebildet sein, wobei die Saugseite der Motor-Pumpen-Einheit mit 25 der Ölseite eines hydropneumatischen Niederdruckspeichers verbunden ist, der die im Motorbetrieb und im Pumpbetrieb jeweils benötigten Volumenströme sicherstellt. Als hydropneumatische Speicher können Blasenspeicher, Kolbenspeicher oder Membranspeicher zum Einsatz kommen.

30 Eine besonders kompakte Bauweise ist realisierbar, wenn ein Doppelkolbenspeicher mit seiner Hochdruckseite den Energie speichernden Teil des

Hybridsystems bildet und mit seiner Niederdruckseite den Volumenstrom für die Saugseite der Motor-Pumpen-Einheit zur Verfügung stellt.

5 Für eine zusätzliche Unterstützung der Saugseite der Motor-Pumpen-Einheit und zum Leckage-Ausgleich kann bei sämtlichen Ausführungsbeispielen eine zusätzliche Speisepumpe oder ein weiterer Hydrospeicher zur Bereitstellung benötigter Volumenströme mit der Saugseite der Motor-Pumpen-Einheit verbunden sein.

10 Für die Betriebssteuerung der Antriebseinrichtung kann ein an der Ölseite des jeweiligen Hochdruckspeichers angeschlossener Drucksensor ein elektrisches Drucksignal für eine Steuereinheit liefern, mittels deren der Schwenkwinkel der Motor-Pumpen-Einheit steuerbar ist. Vor Einleitung von Startvorgängen und während des laufenden Betriebs ist dadurch der Hochdruckspeicher auf einen Ladedruck einstellbar, bei dem sowohl für Startvorgänge als auch zum Boosten bei Lastspitzen im Betrieb aus dem Hochdruckspeicher die erforderliche, kompensierende Energie speicherbar ist. Dabei kann der Steuereinheit ein die Last des Generators darstellendes Signal zuführbar sein, das beispielsweise mittels eines Drehmomentsensors
20 generierbar ist.

Nachstehend ist die Erfindung anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen im Einzelnen erläutert. Es zeigen:

25 Fig. 1 eine Symboldarstellung der Komponenten eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Antriebseinrichtung und
Fig. 2 und 3 der Fig. 1 entsprechende Symboldarstellungen eines zweiten bzw. eines dritten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Antriebseinrichtung.
30

In den Figuren ist ein Drehstromgenerator mit 2 bezeichnet, der über eine Leitung 4 mit einem zu versorgenden, in die Figuren nicht dargestellten hochbelasteten Elektromotor vorgesehen ist, der für den Betrieb größerer maschineller Anlagen auf eine hohe Nennleistung ausgelegt sein kann, beispielsweise für eine Nennleistung von mehr als 150 kW. Als Antriebsquelle für den Generator 2 ist bei den vorliegenden Ausführungsbeispielen eine Verbrennungskraftmaschine in Form eines Dieselmotors 6 vorgesehen, der einen Direktantrieb für die Welle 8 des Generators 2 liefert. Die Generatorwelle 8 ist außerdem über eine Kupplung 10 mit der Welle 12 einer Verstell-Motor-Pumpen-Einheit 14 kuppelbar, die als Zweiquadranteneinheit ausgebildet ist, so dass ihr Schwenkwinkel zwischen Pumpbetrieb und Motorbetrieb durchschwenkbar ist. Die Motor-Pumpen-Einheit bildet in Zusammenarbeit mit einer Speichereinrichtung für hydraulische Energie ein hydraulisches Hybridsystem, das durch Energierückgewinnung eine den Dieselmotor 6 unterstützende Antriebsleitung zur Verfügung stellen kann.

Bei dem Ausführungsbeispiel von Fig. 1 ist das hydraulische Hybridsystem als offenes System ausgelegt, mit einem als Energiespeicher dienenden Hochdruckspeicher in Form eines hydropneumatischen Druckspeichers 18, dessen Gasseite 20 mit einem Arbeitsgas, wie N_2 , vorgespannt ist und dessen Ölseite 22 über eine Druckleitung 24 mit der Motor-Pumpen-Einheit 14 verbunden ist, deren Saugseite 26 bei dem in Fig. 1 gezeigten offenen System wiederum mit einem die Hydraulikflüssigkeit bevorratenden Tank 28 in Verbindung ist. Für die Betriebssteuerung durch Einstellung des Schwenkwinkels der Motor-Pumpen-Einheit 14 ist eine elektronische Steuereinheit 30 vorgesehen, die dem Stand der Technik entsprechend für den jeweiligen Einsatzfall anwendungsspezifisch programmiert ist und über einen an der Druckleitung 24 angeschlossenen Drucksensor 32 ein den Ladezustand des Speichers 18 darstellendes elektrisches Signal erhält. Als zusätzliches Steuersignal steht der Steuereinheit 30 ein die Last des Generators 2 darstellendes elektrisches Signal zur Verfügung, das beispielsweise durch einen der

Generatorwelle 8 zugeordneten Drehmomentsensor oder abtriebsseitig generiert ist. Das bedeutet, dass die Last durch die Messung von Strom und Spannung an Pos. 4 ermittelt wird, was in jeden Frequenzumrichter integriert ist. Bei dieser Ausbildung des Hybridsystems ist die Motor-Pumpen-

5 Einheit 14 durch Schwenkwinkeleinstellung derart betreibbar, dass vor dem Einleiten eines Startvorganges, jedoch bei bereits laufendem Dieselmotor 6 die Motor-Pumpen-Einheit 14 den Hochdruckspeicher 18 auf den Ladezustand auflädt, bei dem die für den Startvorgang benötigte Zusatzenergie bei

10 Motorbetrieb der Motor-Pumpen-Einheit 14 rückgewinnbar oder einspeisbar ist. Im laufenden Betrieb wird durch entsprechende Schwenkwinkelsteuerung der gewünschte Ladedruck beibehalten, um ein eventuelles Boosten des Antriebs zu ermöglichen.

Die Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel, dessen Funktionsweise dem Beispiel von Fig. 1 entspricht, wobei jedoch das Hybridsystem als geschlossenes System, wobei jedoch das Hybridsystem als Hochdruck-Niederdruck-

15 System ausgebildet ist, wobei die Saugseite 26 der Motor-Pumpen-Einheit 14 mit einem Niederdruckspeicher 36 in Verbindung ist, dessen Ölseite 38 den Volumenstrom für das Arbeitsspiel des Hybridsystems zur Verfügung

20 stellt, wobei die Motor-Pumpen-Einheit 14 bei Pumpbetrieb oder Motorbetrieb in der einen oder anderen Richtung durchströmt ist.

Das in Fig. 3 dargestellte dritte Ausführungsbeispiel ist, wie das Beispiel von Fig. 2, ebenfalls als geschlossenes System mit Leckageausgleich ausgebildet,

25 wobei jedoch der den Hochdruckspeicher bildende Druckspeicher 18 der zuvor beschriebenen Beispiele durch die Hochdruckseite 34 eines Doppelkolbenspeichers 40 ersetzt ist, dessen Niederdruckseite 42 den Niederdruckspeicher 38 des Beispiels von Fig. 2 ersetzt. Wie bei den zuvor beschriebenen Beispielen ist die Ölseite 22 der Hochdruckseite 34 mit der

30 Motor-Pumpen-Einheit 14 in Verbindung, deren Saugseite 26 mit der Ölseite 38 der Niederdruckseite 42 des Doppelkolbenspeichers 40 in Verbin-

5 dung ist. Während die Gasseite 20 des Hochdruckteils 34 mit einem Arbeitsgas, wie N₂ vorgespannt ist, führt die Gasseite 16 des Niederdruckteils 42 den Atmosphärendruck. Die Konstantdruckquelle 50 sorgt für ein konstantes Druckniveau auf der Saugseite, z.B. 10 – 20 bar. Zusätzlich ist die

10 Saugseite 26 durch einen mit seiner Ölseite 46 daran angeschlossenen kleinen Hydrospeicher 48 unterstützt, an den auch ein Ölanschluss 50 für Befüllen und Entleeren des Systems angeschlossen ist. Im Übrigen entspricht die Funktionsweise dem zuvor beschriebenen Beispiel von Fig. 2. Bei sämtlichen Ausführungsbeispielen kann auch eine zusätzliche Speisepumpe für

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Antriebseinrichtung zur Energieversorgung hochbelasteter Elektromotoren, mit einem den betreffenden Elektromotor über mindestens eine
5 Leitung (4) versorgenden Generator (2), der durch eine Verbrennungskraftmaschine (6) über eine mechanische Kopplung mittels einer Welle (8) antreibbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie ein hydraulisches Hybridsystem aufweist, das zumindest einen Hydrospeicher (18;
10 40) und eine mit der Welle (8) des Generators (2) über eine Pumpenwelle (12) einer Verstell-Motor-Pumpeneinheit (14) mechanisch kuppelbare Verbindung aufweist, mittels deren im Pumpbetrieb hydraulische Energie im Speicher (18; 40) speicherbar ist, die im Motorbetrieb der Verstell-Motor-Pumpeneinheit (14) als zusätzliche Antriebsleistung des Generators (2) nutzbar ist, die als Zweiquadranteneinheit von dem
15 Motorbetrieb in den Pumpbetrieb und umgekehrt durchschwenkbar ist und dass der Generator (2) ausschließlich im Generatorbetrieb betrieben ist, dessen Generatorleistung auf den Wert Null zurückfahrbar ist.
- 20 2. Antriebseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie für einen Elektromotor hoher Leistung, insbesondere im Bereich von mehr als 18 kW, als Verbrennungskraftmaschine einen Dieselmotor (6) aufweist.
- 25 3. Antriebseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Hydrospeicher in Form eines hydropneumatischen Druckspeichers (18; 40) vorgesehen ist, dessen Ölseite (22) mit der Verstell-Motor-Pumpeneinheit (14) ohne Zwischenschalten weiterer Ventilbaugruppen direkt verbunden ist..

4. Antriebseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Hybridsystem als offenes System ausgebildet ist und die Saugseite (26) der Motor-Pumpen-Einheit (14) mit einem Hydrauliköl bevorratenden Tank (28) verbunden ist.
- 5
5. Antriebseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Hybridsystem als Hochdruck-Niederdruck-System ausgebildet ist und die Saugseite (26) der Motor-Pumpen-Einheit (14) mit der Ölseite (16; 38) eines hydropneumatischen Niederdruckspeichers (36; 42) verbunden ist.
- 10
6. Antriebseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Doppelkolben-Speicher (40) mit seiner Hochdruckseite (34) den die rückgewinnbare Energie speichernden Teil des Hybridsystems bildet und mit seiner Niederdruckseite (42) den Volumenstrom für die Saugseite (26) der Motor-Pumpen-Einheit (14) zur Verfügung stellt.
- 15
7. Antriebseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Saugseite (26) der Motor-Pumpen-Einheit (14) eine zusätzliche Speisepumpe oder ein weiterer Hydrospeicher (48) zur Bereitstellung benötigter Volumenströme verbunden ist.
- 20
8. Antriebseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein an der Ölseite (22) des jeweiligen Hochdruckspeichers (18; 34) angeschlossener Drucksensor (32) ein elektrisches Drucksignal einer Steuereinheit (30) liefert, mittels deren der Schwenkwinkel der Motor-Pumpen-Einheit (14) steuerbar ist.
- 25
- 30

9. Antriebseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuereinheit (30) ein die Last des Generators (2) darstellendes Signal zuführbar ist, der über mechanische Kopplungen, insbesondere in Form der Welle (8), der Pumpenwelle (12) sowie einer Kupplung (10) zwischen Welle (8) und Pumpenwelle (12) zwischen die Verbrennungskraftmaschine (6), insbesondere in Form eines Dieselmotorantriebes und der Verstell-Motor-Pumpeneinheit (14) geschaltet ist.
- 10 10. Antriebseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuereinheit (30) ein die abtriebsseitige Last, beispielsweise in Form eines E-Motors, darstellendes Signal zuführbar ist.

Z u s a m m e n f a s s u n g

1. Antriebseinrichtung zur Energieversorgung hochbelasteter Elektromotoren.
5
2. Eine Antriebseinrichtung zur Energieversorgung hochbelasteter Elektromotoren, mit einem den betreffenden Elektromotor über mindestens eine Leitung (4) versorgenden Generator (2), der durch eine Verbrennungskraftmaschine (6) über eine mechanische Kopplung mittels einer
10 Welle (8) antreibbar ist, ist dadurch gekennzeichnet, dass sie ein hydraulisches Hybridsystem aufweist, das zumindest einen Hydrospeicher (18) und eine mit der Welle (8) des Generators (2) über eine Pumpenwelle (12) einer Verstell-Motor-Pumpeneinheit (14) mechanisch
15 kuppelbare Verbindung aufweist, mittels deren im Pumpbetrieb hydraulische Energie im Speicher (18) speicherbar ist, die im Motorbetrieb der Verstell-Motor-Pumpeneinheit (14) als zusätzliche Antriebsleistung des Generators (2) nutzbar ist, die als Zweiquadranteneinheit von dem Motorbetrieb in den Pumpenbetrieb und umgekehrt durchschwenkbar
20 ist und dass der Generator (2) ausschließlich im Generatorbetrieb betrieben ist, dessen Generatorleistung auf den Wert Null zurückführbar ist..
3. Fig. 1

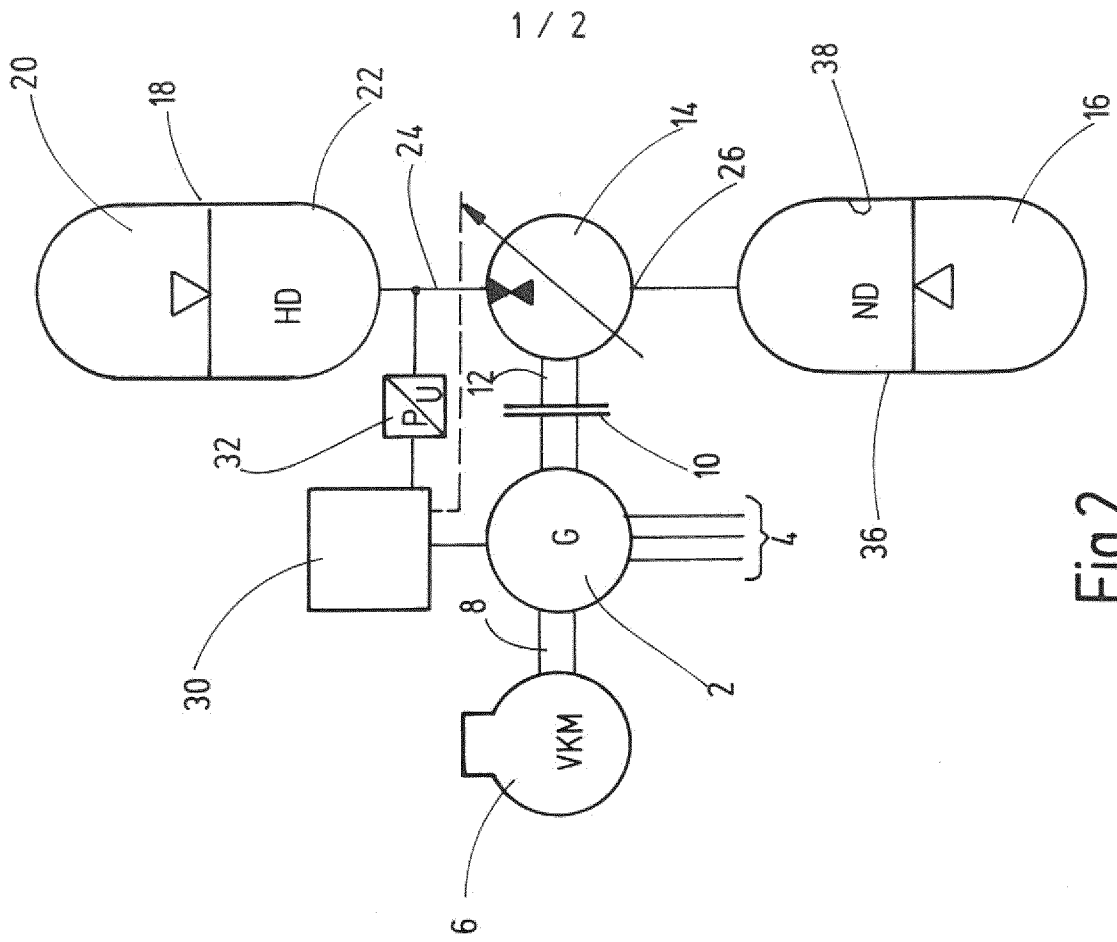


Fig.1

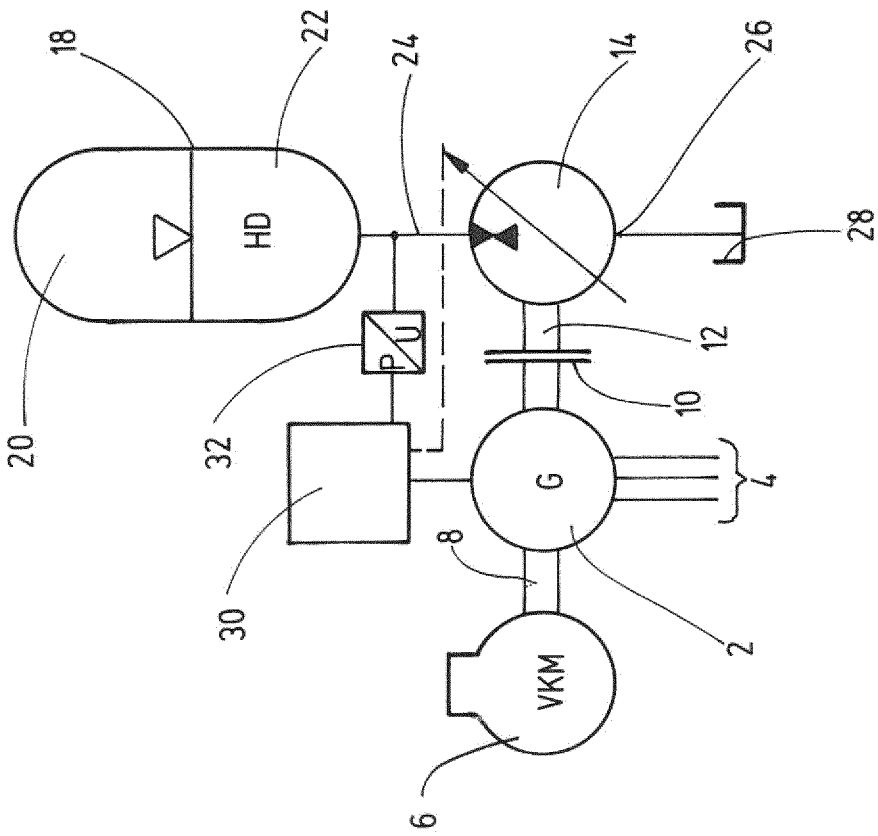


Fig.2

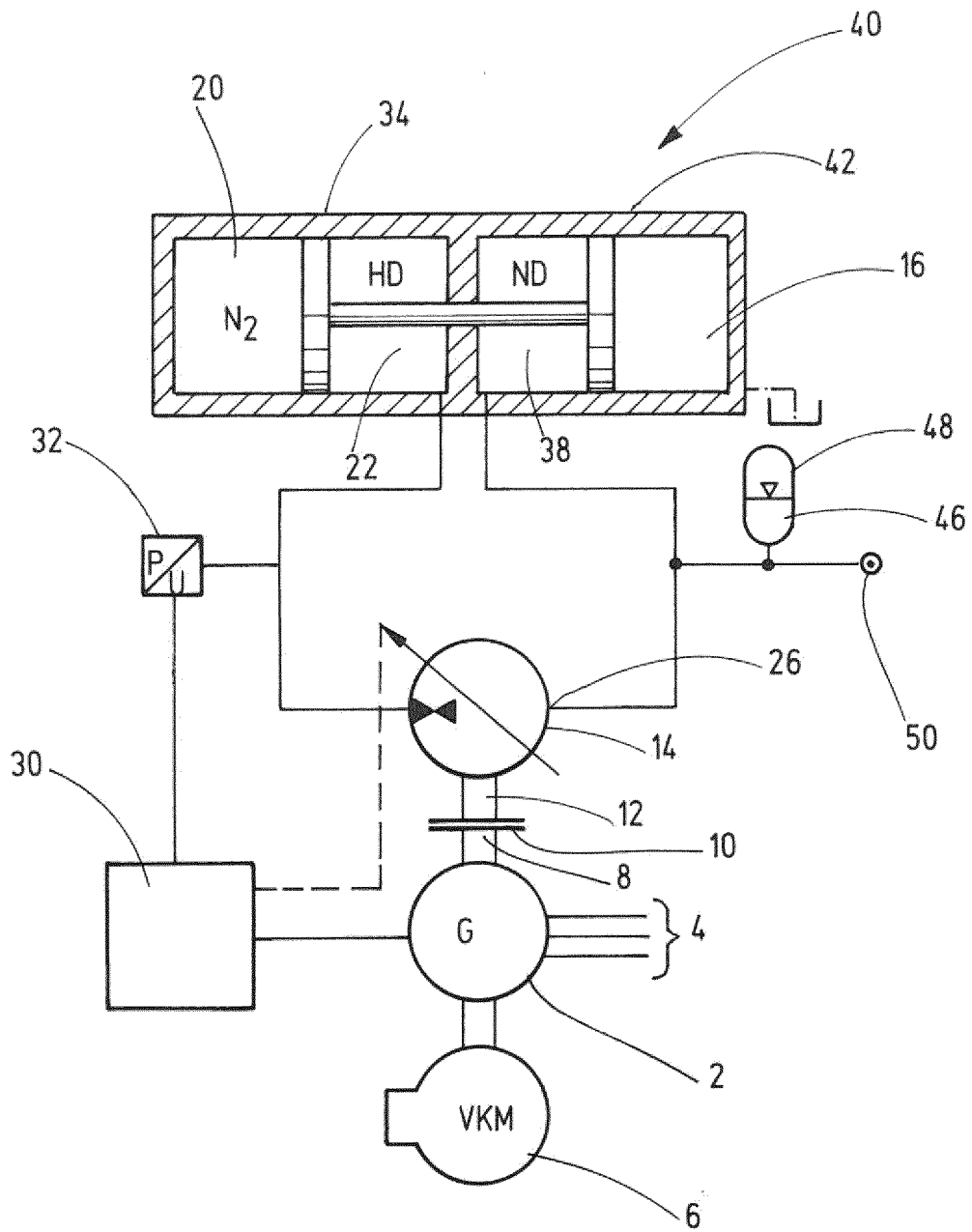


Fig.3