



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 006 103 T2 2008.01.03**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 608 890 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F16H 3/72 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 006 103.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB2004/001235**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 722 594.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/088168**

(86) PCT-Anmeldetag: **23.03.2004**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **14.10.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.12.2005**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **25.04.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.01.2008**

(30) Unionspriorität:  
**10314234 29.03.2003 DE**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI,  
SK, TR**

(73) Patentinhaber:  
**NexxtDrive Ltd., London, GB**

(72) Erfinder:  
**Moeller, Frank, Milford, Stafford ST17 0UN, GB**

(74) Vertreter:  
**v. Bezold & Partner, 80799 München**

(54) Bezeichnung: **VIER-WELLEN-LEISTUNGSVERZWEIGUNGSGETRIEBE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Vierwege-Differential-Getriebesystem („four branch differential transmission system“ – „FBD“) zur Verwendung in sogenannten Getrieben mit Leistungsaufteilung („power split transmissions“ – „PST“), insbesondere zur Verwendung in Fahrzeugen. Solche Getriebe übertragen mechanische Energie über zwei parallele Wege, und deren Geschwindigkeitsverhältnis kann in einer stufenlosen und gesteuerten Weise verändert werden.

**[0002]** Herkömmliche Dreiwege-Differential-Getriebesysteme enthalten einen Planetenrad-Getriebezug, in welchem ein Sonnenrad mit einer zentralen Welle verbunden, und innerhalb eines Innenzahnkranzes konzentrisch angeordnet ist. Zwischen dem Sonnenrad und dem Innenzahnkranz sind einige Planetenräder angeordnet und mit diesen im Eingriff. Die Planetenräder werden durch Lager auf einem Träger gehalten, welcher konzentrisch an der Zentralwelle drehbar montiert ist. Mit dieser typischen Anordnung ist es sowohl dem Sonnenrad, als auch dem Innenzahnkranz möglich, um die Zentralachse zu rotieren. Die Planeten können um ihre eigene Achse rotieren und werden durch den Träger in ihren relativen Lagen gehalten, sodass sie um die Zentralachse kreisen können. Im Allgemeinen sind zwei aus Sonnenrad, Innenzahnkranz und Träger mit einer Antriebs- und einer Abtriebswelle verbunden. Dadurch bleibt einer der drei unverbunden. Wenn dieser freie Zweig durch einen zusätzlichen gesteuerten Antrieb gedreht wird, kann das Verhältnis von Antriebsgeschwindigkeit zu Abtriebsgeschwindigkeit angepasst werden.

**[0003]** Dieses Verfahren zur Veränderung von Getriebeverhältnissen macht Planetengetriebe besonders attraktiv für Fahrzeuggetriebe, da automatische Getriebe einfach konstruiert werden können. Indem zwei Planetengetriebe gekoppelt werden, kann ein FBD geschaffen werden, wobei unter Verwendung zweier verstellbarer Antriebe, die an die zwei Zweige angeschlossen sind, die nicht mit dem Antrieb oder dem Abtrieb verbunden sind, das Gesamt-Übersetzungsverhältnis über einen sehr hohen Geschwindigkeitsbereich eingestellt werden kann. Die US 5558589 zeigt die praktische Anwendung solch eines Getriebes, welches verschiedene Systeme für ein Landwirtschaftsfahrzeug nutzt. Zwei Planetengetriebezüge sind parallel angeordnet, um das FBD auszubilden, wobei der Träger eines Getriebes mit dem Zahnkranz des anderen verbunden ist. Die zwei verstellbaren Antriebe sind als Elektromotoren ausgebildet. Das Verstellen der Geschwindigkeit eines Elektromotors reicht aus, um das Getriebeverhältnis des FBD zu verändern. Um den erforderlichen Bereich für die Abtriebsgeschwindigkeiten zu erreichen, sind jedoch mehrere Übertragungssysteme erforderlich, die durch das Ein- und Ausschalten mehrerer Kupplun-

gen erzielt werden.

**[0004]** Die WO94/08156 und die WO94/10483 beschreiben einige Mehrfachsystem-PST, welche FBD (Ravigneaux-Getriebezüge) verwendeten. Wiederum sind einige Doppelkupplungen und zusätzliche Getriebekasten-Bauteile erforderlich, um das System zu wechseln.

**[0005]** Die GB 2363173 A zeigt ein elektrisches Einzelsystem-PST für Automobil-Fahrzeuge, wobei die zwei Planetengetriebezüge Seite an Seite angeordnet sind. Die Getriebe sind über die Sonnen, die an einer gemeinsamen Welle montiert sind, und über den Träger des ersten Getriebezugs, der mit dem Zahnkranz des zweiten verbunden ist, miteinander verbunden. Der Antriebseingang stammt von einem Schwungrad, das mit dem Träger des Ersten Getriebezuges verbunden ist, und der Abtrieb ist über den Träger des zweiten Getriebezuges ausgeführt. Diese Anordnung weist eine gute Effizienz auf, da die Motoren so ausgebildet sind, dass ein Motor die elektrische Energie nutzt, die von dem anderen erzeugt wird. Dadurch können Verluste elektrischer Energie weitgehend vermieden werden.

**[0006]** Die Planetengetriebe bekannter FBD bestehen üblicherweise aus zwei sogenannten „Minusgetrieben“, die Seite an Seite angeordnet sind. Epizyklische Minusgetriebe sind solche, die drei Getriebeelemente enthalten, und bei denen eine Drehung des Sonnenrades in eine Richtung dazu führt, dass das Getriebeelement, mit dem die Planetenräder im Eingriff sind, sich in die Gegenrichtung dreht, während der Träger festgehalten wird. Bei einem positiven Getriebezug drehen sich das Sonnenrad und das Getriebeelement, mit dem die Planetenräder im Eingriff sind, in der selben Richtung, wenn der Träger festgehalten wird. Bekannte FBD enthalten im Allgemeinen zwei Zahnkränze, die in der Herstellung teuer sind, insbesondere wenn eine hohe Präzision benötigt wird, wie dies bei den meisten dieser Getriebezüge der Fall ist. Weiters ist es schwierig, Standübersetzungen (Anzahl der Zähne auf dem Zahnkranz dividiert durch die Anzahl der Zähne auf dem Sonnenrad) von weniger als  $-2,00$  (Minusgetriebe) zu erzielen, da die Planetenräder zu klein werden. Für viele Anwendungen ist jedoch eine niedrige Übersetzung wünschenswert.

**[0007]** Die EP 1279545 A2 beschreibt wiederum eine Anwendung eines sogenannten Ravigneaux-Planetengetriebezuges. Dies ist eine Kombination aus einem Plus- und einem Minusgetriebezug, wobei die Einheit nur einen Zahnkranz erfordert. Das Problem, dass Übersetzungsverhältnisse über  $+2,00$  und unter  $-2,00$  nicht erzielt werden können, besteht jedoch immer noch.

**[0008]** Das Dokument EP 1281559, welches den

nächstliegenden Stand der Technik darstellt, zeigt alle Merkmale des Oberbegriffs des unabhängigen Anspruchs 1.

**[0009]** Das Ziel der Erfindung ist es, ein FBD bereitzustellen, welches die Anzahl kostspieliger Teile verringert, und welches Übersetzungsverhältnisse von weniger als  $\pm 2,00$  erzielt.

**[0010]** Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

**[0011]** Die FBD gemäß der Erfindung weist eine erste Antriebswelle und eine zweite Abtriebswelle auf. Weiters gibt es dritte und vierte Wellen, die jeweils mit ersten und zweiten Veränderungsgliedern verbunden sind, welche die Geschwindigkeit (oder das Drehmoment) der Welle steuern, mit der sie verbunden sind. Jedes Veränderungsglied kann beispielsweise ein Elektromotor sein, der die Geschwindigkeit dieser Wellen anpassen kann. Die vier Wellen (Zweige) des FBD sind über Zahnräder direkt oder indirekt verbunden. Gemäß der Erfindung weist das FBD Stirnrad-Planetengetriebesätze auf. Ein Zahnkranz ist nicht erforderlich. Gemäß der Erfindung enthält das FBD zwei Planetengetriebesätze, welche mehrere Sonnen- und Planetenstirnräder verwenden, die eine Kombination aus einem Plus-Planetengetriebesatz und einem Minus-Planetengetriebesatz ausbilden.

**[0012]** Jeder der zwei Planetengetriebesätze weist zwei Sonnenräder und zwei Planetensätze auf, wobei ein Sonnenrad und ein Planetensatz gemeinschaftlich zu beiden Getriebesätzen gehören, und wobei die zwei Getriebesätze über einen gemeinsamen Planetenträger miteinander verbunden sind, der entweder aus zwei verbundenen Trägern bestehen, oder eine einteilige Einheit sein kann.

**[0013]** In der bevorzugten Ausführungsform ist der Satz dritter Planetenräder im Eingriff mit einem Satz vierter Planetenräder, die montiert sind, um rund um entsprechende Planetenwellen zu rotieren, die mit dem gemeinsamen Träger verbunden sind, wobei jedes vierte Planetenrad in Eingriff mit einem entsprechenden dritten Planetenrad ist, wobei das dritte Sonnenrad in indirektem Eingriff mit den dritten Planetenrädern ist und in der selben Richtung rotiert, wie die dritten Planetenräder.

**[0014]** Das FBD gemäß der Erfindung erfordert keinen Innenzahnkranz. Dies hat den Vorteil, dass der Durchmesser des Getriebes kleiner ist, sodass, beispielsweise bei einer bevorzugten Anwendung in Automobil-Fahrzeugen, herkömmliche Getriebe leicht ersetzt werden können. In der Praxis werden alle Stirnräder eine Außenverzahnung aufweisen, und ein Vorteil davon sind geringere Kosten, aufgrund der

Vermeidung teurer Zahnkränze. Zusätzlich können Übersetzungsverhältnisse unter 2,00 leicht erzielt werden, ohne dass die Planetenräder so klein werden, dass sie nicht mehr hergestellt werden können, oder dass sie der erwarteten Belastung nicht mehr standhalten können.

**[0015]** Grundsätzlich kann jeder der vier Wellen mit den Antriebs- oder Abtriebswellen verbunden sein. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der gemeinsame Planetenträger entweder mit der Antriebs- oder mit der Abtriebswelle verbunden, was bedeutet, dass der gemeinsame Träger auch die Antriebs- oder Abtriebswelle sein kann. Wenn der Träger beispielsweise eine topfartige oder allgemein zylindrische Form aufweist, kann sein Umfang ein Zahnrad oder ein Ritzel ausbilden oder tragen, wodurch eine seitliche Leistungsabführung oder -einbringung ermöglicht wird. Eine Topfform, welche die zwei Getriebesätze teilweise oder vollständig umschließt, ist im Allgemeinen bevorzugt, da dies den Platzbedarf des FBD verringern kann.

**[0016]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Antriebs- oder die Abtriebswelle mit dem dritten Sonnenrad steif verbunden oder einteilig mit diesem ausgebildet. Diese koaxiale Beziehung ermöglicht einen durchlaufenden Antrieb. Die Veränderungsglieder können verschiedene Formen annehmen, es ist jedoch bevorzugt, dass die Veränderungsglieder Elektromotoren/Generatoren aufweisen, die vorzugsweise koaxial angeordnet sind.

**[0017]** Das Gesamt-Übersetzungsverhältnis des FBD wird durch die zwei Veränderungsglieder beeinflusst, die mit den ersten bzw. zweiten Planetengetriebesätzen verbunden sind, um die Abtriebsgeschwindigkeit und/oder das Abtriebsdrehmoment einzustellen.

**[0018]** Die Veränderungsglieder können jede beliebige Bauart aufweisen, wie etwa die reversibler pneumatischer oder hydraulischer Maschinen, es ist jedoch bevorzugt, dass sie reversible elektrische Maschinen sind, d.h. Motoren/Generatoren, vorzugsweise vom Typ mit Permanentmagnet oder mit variabler Reluktanz.

**[0019]** In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Statoranschlüsse der zwei Motoren/Generatoren über eine oder mehrere Steuereinheiten miteinander verbunden, die selektiv betrieben werden können, um die elektrische Energie, die zwischen den zwei Motoren/Generatoren übertragen wird, zu variieren, und somit das Übersetzungsverhältnis des Getriebesystems zu variieren. Die Veränderungsglieder können mittels elektrischer Kabeln oder einer Sammelschiene untereinander verbunden sein, wenn sie elektrisch sind, oder mittels pneumatischer/hydraulischer Rohrleitungen, wenn sie vom pneumatischen

oder hydraulischen Typ sind, wodurch die Übertragung elektrischer oder fluidischer Energie zwischen ihnen ermöglicht wird. Jedes Veränderungsglied kann seine eigene Steuereinheit haben, welche den Strom oder den Fluidfluss, und somit das Abtriebsdrehmoment und/oder die Abtriebsgeschwindigkeit des Getriebes steuert.

**[0020]** Einer der vier Wellen (Zweige) der FBD kann mit dem gemeinsamen Planetenträger verbunden sein, einer mit dem gemeinsamen Sonnenrad, und je einer mit den anderen Sonnenrädern, wobei die anderen Enden dieser Wellen gemäß den Erfordernissen an die Anwendung, das Verhältnis und den Bereich entweder mit der Antriebswelle, der Abtriebswelle oder den Veränderungsgliedern verbunden sind.

**[0021]** Zusätzlich zu den ersten und zweiten Planetengetriebesätzen kann das FBD auch mit weiteren Getriebesätzen verbunden sein, um weitere Geschwindigkeitsverringerungs- oder Geschwindigkeitserhöhungs-Verhältnisse vorzusehen. Diese zusätzlichen Getriebesätze können entweder herkömmliche fixe Getriebesätze oder Planetengetriebesätze sein.

**[0022]** Die zusätzlichen Getriebesätze können auch ein erfindungsgemäßes FBD enthalten, und sie können entweder parallel oder in Serie angeordnet sein, und sie können unterschiedliche Standübersetzungen aufweisen. Somit können sehr breite Stellbereiche erzielt werden, um allen Anwendungen zu entsprechen.

**[0023]** In dem FBD gemäß der Erfindung sind die Gesamtabmessungen des Getriebes ausreichend klein, sodass ein Ersetzen herkömmlicher Getriebe möglich ist, ohne dass es notwendig wird, das Fahrzeug oder die Antriebsmaschine zu modifizieren.

**[0024]** Das FBD gemäß der Erfindung ist nicht nur für Hauptgetriebe jedes Typs geeignet, sondern kann überall dort angewendet werden, wo eine stufenlose Steuerung der Abtriebsgeschwindigkeit wünschenswert ist. Als solche ist es für den Antrieb von Generatoren, Pumpen und Kompressoren geeignet, und es kann als Hilfsantrieb für Kühlpumpen, Lüfter, Aufladegebläsen, Ladegeneratoren und Klimaanlage dienen. Weiters kann es bei allen Transportarten angewendet werden, wie etwa Automobil-Fahrzeugen, Traktoren, Eisenbahn-Triebwagen, Flugzeugen, Booten und Schiffen, Motorrädern, Militärfahrzeugen etc. Die Anwendung erstreckt sich auch auf ortsbundene Anlagen, Erdbewegungs-Maschinen, und landwirtschaftliche Maschinen.

**[0025]** Weitere Merkmale und Details der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung zweier beispielhafter Ausführungsformen von FBDs, die beson-

ders für die Anwendung im Automobilbereich geeignet sind, klar werden, wobei die Beschreibung beispielhaft mit Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen dargelegt ist, wobei:

**[0026]** [Fig. 1](#) eine schematische Schnittansicht einer ersten bevorzugten Ausführungsform mit einer seitlichen Leistungsabgabe ist;

**[0027]** [Fig. 2](#) ein Diagramm der erforderlichen elektrischen Leistung über dem Vorwärtsantriebsbereich bei einem Knotenpunktverhältnis von 3,00 ist; und

**[0028]** [Fig. 3](#) eine schematische Schnittansicht einer zweiten bevorzugten Ausführungsform mit einem konzentrischen Abtrieb ist.

**[0029]** Das in [Fig. 1](#) dargestellte FBD hat eine Antriebswelle (erster Zweig) **10** und eine Abtriebswelle (zweiter Zweig) **12**, die von einem gemeinsamen Planetenträger **22** ausgebildet wird. Es ist im Grunde möglich, den Antrieb und den Abtrieb auszutauschen, und dies führt zu dem selben Knotenpunktverhältnis (welches unten erörtert wird), jedoch zu unterschiedlichen Geschwindigkeitsverhältnissen der Zweige. In diesem Beispiel ist die Antriebswelle mit einem Motor-Schwungrad verbunden. Es ist eine seitliche Leistungsabgabe vorgesehen, wie dies bei Automobil-Fahrzeugen mit Vorderradantrieb üblich ist, der Träger **22** kann jedoch das Abtriebsselement auch in der Form eines Zahnrades oder Ritzels ausbilden, welches den Antrieb auf eine seitlich angeordnete parallele Welle überträgt.

**[0030]** Das FBD enthält auch einen sogenannten Minus-Planetengetriebesatz **18** und einen zweiten, sogenannten Plus-Getriebesatz **20**. Beide Getriebesätze haben keinen Zahnkranz und sind nur aus geraden oder schrägverzahnten Zahnrädern zusammengestellt, wodurch sich eine sehr kompakte Konstruktion ergibt.

**[0031]** Der Minus-Getriebesatz **18** enthält ein Sonnenrad **40**, das auf der Antriebswelle **10** gelagert ist und mit einem Satz Planetenräder **21** im Eingriff ist. Jedes Planetenrad **21** ist an einer entsprechenden Planetenwelle **24** drehbar gelagert, wobei es mit einem weiteren entsprechenden Planetenrad **39** einteilig ausgebildet ist, welches einen abweichenden Durchmesser aufweist und ebenfalls an der selben Planetenwelle **21** drehbar gelagert ist. Jedes Planetenrad **39** ist mit einem entsprechenden Planetenrad **32** im Eingriff, welches an einer entsprechenden Planetenwelle **34** drehbar gelagert ist, und in ein Sonnenrad **38** eingreift, das an einer Welle **48** gelagert ist. Die Planetenwellen **24** und **34** sind an einem gemeinsamen topfförmigen Träger **22** gelagert, welcher die Minus- und Plus-Getriebesätze umschließt und bei einem Teil **12** die Abtriebswelle ausbildet. Der Träger **22** enthält einen ringförmigen Flansch **36**,

dessen freies Ende auf der Antriebswelle **10** gelagert ist.

**[0032]** Der Plus-Getriebebesatz enthält ebenfalls das Sonnenrad **40** und Planetenräder **21**. Die Planetenräder **21** sind auch einteilig mit einem weiteren entsprechenden Planetenrad **26** ausgebildet, welches somit mit einem entsprechenden Planetenrad **21** einteilig ausgebildet ist. Die Planetenräder **21** und **26** haben in diesem Fall den selben Durchmesser und bilden somit im Grunde einzelne Planetenräder, sie könnten jedoch einen unterschiedlichen Durchmesser aufweisen. Die Planetenräder **26** sind mit einem Sonnenrad **28** im Eingriff.

**[0033]** Das Sonnenrad **28** ist mit einer dritten Welle **42** verbunden, welche mit dem Rotor **52** eines Elektromotors/Generators verbunden ist, dessen Stator **46** mit dem Außengehäuse **58** verbunden ist. Die Welle **48** ist mit einer Welle **60** verbunden, die mit dem Rotor **50** eines weiteren Elektromotors/Generators verbunden ist, dessen Stator **52** ebenfalls mit dem Außengehäuse **58** verbunden ist.

**[0034]** Die elektrischen Anschlüsse **45**, **43** der zwei Statoren **46**, **52**, sind über eine Sammelschiene **55** und entsprechende Steuereinheiten **51** und **53** miteinander verbunden, sodass sie elektrische Energie austauschen können. Die Sammelschiene kann auch direkt oder über eine weitere Steuerungseinheit und/oder einen Inverter/Transformator an eine elektrische Speicherbatterie angeschlossen sein.

**[0035]** Wie am besten in [Fig. 1](#) zu sehen ist, sind die die Rotoren **44**, **50** und Statoren **46**, **52** als eine Einheit **54** integriert. Der erste Planetengetriebebesatz **18** und der zweite Planetengetriebebesatz **20** sind ebenfalls als eine Einheit **56** integriert. Das Gehäuse **58** besteht aus zwei getrennten Abteilungen, welche diese Einheiten enthalten. Diese Einheiten **54**, **56** sind über die Antriebswelle **10**, die dritte Welle **42** und die vierte Welle **48** untereinander verbunden, wobei diese einen verhältnismäßig kleinen Durchmesser haben können, sodass sie Radialwellendichtungen tragen können, wodurch zwischen den zwei Abteilungen eine Ölundurchlässige Dichtung erzeugt wird. Somit ist es möglich, innerhalb der Einheit **54** eine ölfreie Umgebung zu schaffen, wodurch unnötige Öl-Planschverluste vermieden werden.

**[0036]** [Fig. 1](#) zeigt, wie die Motoren/Generatoren koaxial ineinander angeordnet werden können, um Platz zu sparen. In diesem Fall ist der Rotor des inneren Motors ein externer Rotor, und der Rotor des äußeren Motors ist ein interner Rotor. Da beide Motoren meist in der selben Richtung laufen, können somit ihre Verluste durch Luftturbulenzen minimiert werden.

**[0037]** Einige Elemente der vereinfachten Darstel-

lung der [Fig. 1](#), die für den tatsächlichen Betrieb des FBD nötig sind, beispielsweise geeignete Lager und Dichtungen, sind im Allgemeinen nicht dargestellt. Dies trifft auch auf die Trennlinien und Befestigungseinheiten zu, die erforderlich sind, um die Elemente zu montieren und das FBD zusammenzubauen.

**[0038]** Die Abmessungen der Planeten und Sonnen sind nicht maßstäblich. Die tatsächlichen Abmessungen hängen vom Drehmoment ab, das übertragen werden soll, und von den erforderlichen Verhältnissen, die auch das Knotenpunktverhältnis bestimmen.

**[0039]** Bei der Verwendung agiert einer der Motoren/Generatoren im Allgemeinen als Generator und übermittelt elektrische Energie an den anderen Motor/Generator, der als Motor agiert. Der Betrag der so übermittelten elektrischen Energie kann mittels der Steuereinheiten **51**, **53** verändert werden, wodurch das Übersetzungsverhältnis des FBD verändert wird. Somit wird durch das FBD Energie sowohl mechanisch, als auch elektrisch übermittelt, wobei die Anteile mit veränderten Übersetzungsverhältnissen variieren, was der Grund dafür ist, dass das erfindungsgemäße FBD auch als ein Getriebe mit Leistungsaufteilung bezeichnet wird. Es gibt im Allgemeinen zwei Übersetzungsverhältnisse, bei denen die elektrische Energie, die zwischen den zwei Motoren/Generatoren übertragen wird, null ist, und diese werden als Knotenpunkte bezeichnet. Das Verhältnis der zwei Übersetzungsverhältnisse bei diesen zwei Knotenpunkten wird als Knotenpunktverhältnis bezeichnet.

**[0040]** Das Diagramm der [Fig. 2](#) zeigt den Energiefluss in den Veränderungsgliedern, der gegen die relative Abtriebsgeschwindigkeit aufgezeichnet ist, d.h. der Fluss zwischen den zwei Motoren/Generatoren **44**, **46**, **50**, **52**, was in diesem Fall eine Fluss elektrischer Energie ist. Dieses Diagramm bezieht sich auf ein FBD mit einem Leistungsdurchsatz von 100 kW und einem Knotenpunktverhältnis **88** von drei, wobei es eine Vielzahl möglicher Kombinationen gibt, die alle vier freie Wellen (Zweige) **10**, **12**, **42**, **48** aufweisen. Zwei der Wellen **10**, **12**, **42**, **48** sind der Antrieb **10** und der Abtrieb **12**, und die anderen zwei Wellen **42**, **48** sind mit den Motoren/Generatoren **44**, **46**; **50**, **52** verbunden. Die Motoren sind in der Lage, in allen vier mathematischen Quadranten betrieben zu werden. Das bedeutet, sie sind vollständig reversibel und in der Lage als Motor und als Generator zu laufen. In dem Diagramm wurde ein reibungsfreier und nicht hybrider Betrieb angenommen, sodass an den Knotenpunkten **90**, **92**, an denen einer der Motoren/Generatoren einen kompletten Stillstand erreicht, die Leistung des Veränderungsgliedes null wird. Außerhalb dieser Knotenpunkte **90**, **92** arbeitet immer einer der Motoren **44**, **46**; **50**, **52** als Motor und der andere als ein Generator, und es gibt keinen externen Fluss elektrischer Energie. Unter Idealbedingungen ist daher die mathematische Summe der zwei

Leistungen der Motoren/Generatoren immer null, und der Energiefluss zwischen den Motoren **44**, **46**; **50**, **52** ist in dem Diagramm dargestellt. Falls zusätzliche elektrische Energie erforderlich ist, kann diese von der elektrischen Batterie bereitgestellt werden, die optional vorgesehen ist. In diesem Fall kann die zugehörige Steuereinheit betrieben werden, um die Batterie in den Zeiten wiederaufzuladen, in denen ein Energieüberschuss verfügbar ist.

**[0041]** Wenn der gesamte Abtriebsgeschwindigkeitsbereich verwendet wird, haben alle diese Getriebe zwei Knotenpunkte **90**, **92**, die beide positiv sind, wenn das FBD richtig ausgelegt ist, in diesem Fall bei den relativen Abtriebsgeschwindigkeiten von eins und von drei, was zu einem Knotenpunktverhältnis von drei führt. Dieses Verhältnis ist das wichtigste Merkmal des FBD. Es bestimmt den Gesamtbereich der Abtriebsgeschwindigkeiten (als ein Vielfaches ausgedrückt)  $\phi$  bei voller Belastung und führt in diesem Beispiel zu einer maximalen Veränderungsglied-Leistung von 27% des Leistungsdurchsatzes. Große Knotenpunktverhältnisse **88** führen zu höheren Veränderungsglied-Leistungen. Die oberen und unteren  $\phi$ -Punkte **90**, **92** werden so ausgesucht, dass die maximalen negativen und positiven Energien, die zwischen den Veränderungsgliedern übertragen werden, gleich sind, sodass die Motoren **44**, **46**; **50**, **52** für diese Leistungsmaxima ausgelegt werden können.

**[0042]** Unterhalb des unteren Knotenpunktes **90** sind die Erfordernisse an den Leistungsdurchsatz im Allgemeinen geringer, wobei diese Leistung theoretisch null wird, wenn das Fahrzeug steht, auch bei vollem Abtriebsdrehmoment. Diese Leistungsverringerung kann verwendet werden, um die Geschwindigkeitsspanne, oder das  $\phi$ -Verhältnis, gewissermaßen ins Unendliche auszudehnen. Das Diagramm zeigt die Teilbelastungskurven bei der Hälfte, einem Viertel und einem Zehntel des Nennleistungsdurchsatzes. Zusätzlich verschieben sich die Kurven, wenn die Abtriebsgeschwindigkeiten sich ändern. Bei geringen Leistungen ist es daher möglich umzukehren, ohne Gänge zu wechseln oder irgendwelche Kupplungen oder Ankopplungen zu verwenden, ohne die Nennleistung der Veränderungsglieder zu überschreiten.

**[0043]** **Fig. 3** zeigt eine Anordnung, die im Prinzip der **Fig. 1** ähnlich ist, wobei jedoch in diesem Fall die Abtriebswelle an der gegenüberliegenden Seite der Antriebswelle angeordnet, und mit dieser konzentrisch ist, wie diese normalerweise bei Getrieben für Fahrzeuge mit Hinterradantrieb der Fall ist. Weiters wäre es mit dieser Ausbildung möglich, ein FBD an jedem Ende eines Verbrennungsmotors oder irgendeines anderen Hauptantriebs anzuordnen, und die Abtriebsgeschwindigkeiten und/oder das Drehmoment der zwei Ausgänge vollständig unabhängig

zu steuern. Dies ermöglicht die Umsetzung von Fahrzeugen mit Allradantrieb mit einem FBD und einem Endantrieb für jedes Rad, wobei die Antriebswellen das FBD und die Räder direkt verbinden können. Auf herkömmliche Achsdifferentiale kann dann verzichtet werden.

**[0044]** Im Gegensatz zu **Fig. 1** zeigt **Fig. 3**, dass die in dem Gehäuse **58** gelagerte, konzentrisch montierte Antriebswelle **10**, sehr viel länger ist, und dass die Motorabteilung **54** zur Antriebsseite hin verlegt wurde. Für Antriebssysteme, die von einer Verbrennungskraftmaschine angetrieben werden, hat dies den weiteren Vorteil, dass das trockene Schwungradgehäuse neben dem normalerweise trockenen Motorraum angeordnet ist, und dass hier keine Öldichtung erforderlich ist. Das ölgeschmierte Getriebegehäuse kann dann mit einem den Antrieb untersetzenden Endgetriebezug einteilig ausgebildet sein, wobei die beiden eine einzelne abgedichtete Einheit bilden können.

### Patentansprüche

1. Vierwege-Differential-Übertragungssystem, welches eine erste Welle (**10**) und eine zweite Welle (**12**), welche die Eingangs- und Antriebswellen bilden, eine dritte Welle (**42**), die mit einem ersten Veränderungsglied (**44**, **46**) verbunden ist, das für eine Erhöhung der Geschwindigkeit angeordnet ist, und eine vierte Welle (**48**), die mit einem zweiten Veränderungsglied (**50**, **52**) verbunden ist, das für eine Erhöhung der Geschwindigkeit angeordnet ist, aufweist, wobei die vier Wellen (**10**, **12**, **42**, **48**) durch einen Stirnrad-Planetengetriebebesatz-Verbund miteinander verbunden sind, welcher eine Vielzahl von Getriebezahnrädern aufweist, wobei der Planetengetriebebesatz-Verbund erste und zweite Planetengetriebebesätze aufweist, wobei der erste Planetengetriebebesatz ein erstes Sonnenrad (**40**) und ein zweites Sonnenrad (**28**) aufweist, welches mit einem entsprechenden Satz erster und zweiter Planetenräder (**21**; **26**) im Eingriff ist, wobei jedes erste Planetenrad (**21**) verbunden ist, um mit einem entsprechenden zweiten Planetenrad (**26**) um eine entsprechende gemeinsame Planetenwelle (**24**) zu rotieren, wobei die Planetenwellen (**24**) mit einem gemeinsamen Planetenträger (**22**) verbunden sind, wobei der erste Planetengetriebebesatz vom positiven Typ ist, wobei die Rotation des ersten Sonnenrades (**40**) in eine Richtung zu einer Rotation des zweiten Sonnenrades (**28**) in der selben Richtung führt, wobei der zweite Planetengetriebebesatz das erste Sonnenrad (**40**) und ein drittes Sonnenrad (**38**) aufweist, wobei das dritte Sonnenrad mit einem Satz dritter Planetenräder (**39**) im Eingriff ist, von denen jedes verbunden ist, um mit einem ersten, bzw. zweiten Planetenrad um eine entsprechende Planetenwelle (**24**) zu rotieren, wobei die ersten und dritten Planetenräder (**21**; **39**) oder die ersten und zweiten Planetenräder (**21**, **26**) von jedem ver-

bundenen Satz Planetenräder einen unterschiedlichen Durchmesser aufweisen und miteinander verbunden sind, um einen abgestuften Planetenrad-Verbund zu bilden, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Planetengetriebebesatz (**40, 38, 39**) vom negativen Typ ist, wobei die Rotation des ersten Sonnenrades (**40**) in eine Richtung zu einer Rotation des dritten Sonnenrades (**38**) in die Gegenrichtung führt, dass die Veränderungsglieder elektrische Motoren/Generatoren (**44, 46; 50, 52**) aufweisen, die angeordnet sind, um die Geschwindigkeit der entsprechenden Wellen, mit denen sie verbunden sind, sowohl zu erhöhen, als auch zu verringern, und dass die Stator-Anschlüsse der zwei Motoren/Generatoren (**44, 46; 50, 52**) über einen oder mehrere Steuereinheiten (**51, 53**) miteinander verbunden sind, welche selektiv betrieben werden können, um den Elektrischen Strom, der zwischen den zwei Motoren/Generatoren übermittelt wird, zu variieren, und somit das Übersetzungsverhältnis des Übertragungssystems zu variieren.

sind, und einen Ölgeschmierten Raum (**56**), in dem der Planetengetriebebesatz-Verbund untergebracht ist, unterteilt ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

2. Übertragungssystem nach Anspruch 1, wobei der Satz dritter Planetenräder (**39**) mit einem Satz vierter Planetenräder (**32**) im Eingriff ist, die zum rotieren um entsprechende, mit dem gemeinsamen Träger (**22**) verbundene Planetenwellen (**34**) montiert sind, wobei jedes vierte Planetenrad (**32**) mit einem entsprechenden dritten Planetenrad (**39**) im Eingriff ist, wobei das dritte Sonnenrad (**38**) in indirektem Eingriff mit den dritten Planetenrädern (**39**) ist und in die selbe Richtung rotiert, wie die dritten Planetenräder.

3. Übertragungssystem nach Anspruch 1 oder 2, wobei der gemeinsame Träger (**22**) mit einer der Eingangs- und Antriebswellen (**10, 12**) Verbunden ist.

4. Übertragungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der gemeinsame Träger (**22**) die ersten und zweiten Planetengetriebebesätze zumindest teilweise umgibt.

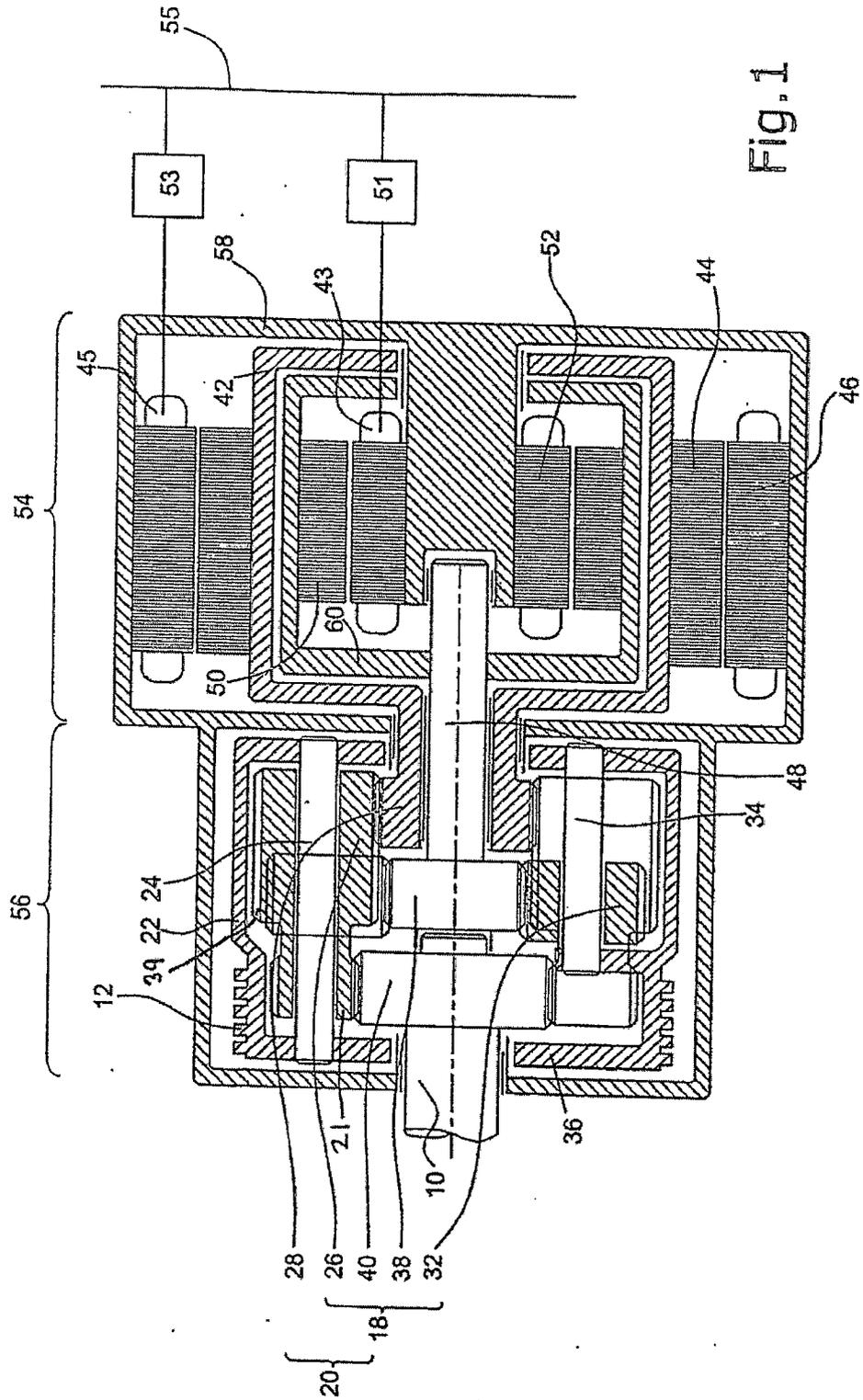
5. Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das erste Sonnenrad (**40**) mit einer der Eingangs- und Antriebswellen (**10, 12**) Verbunden ist.

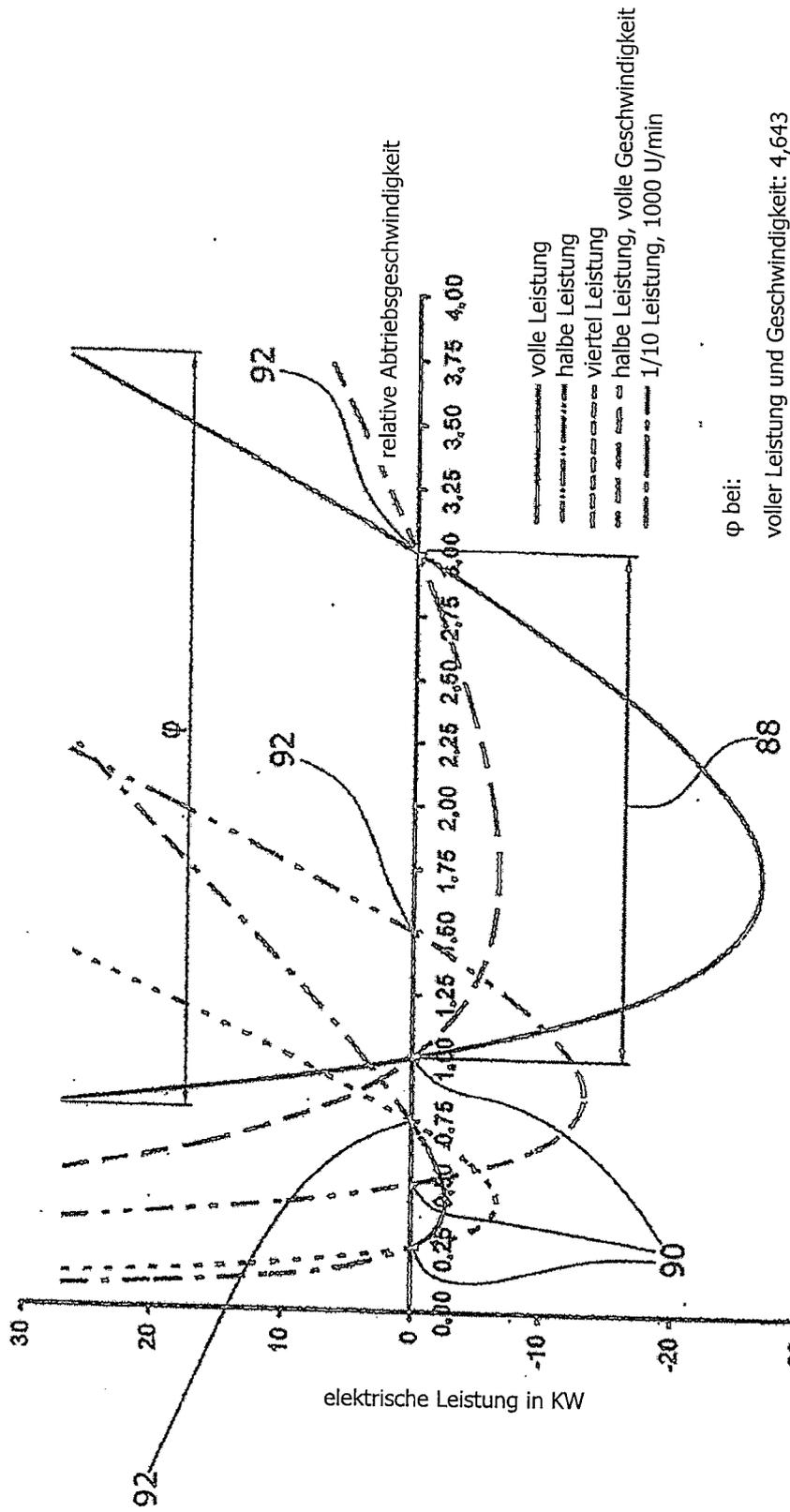
6. Übertragungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Eingangs- und Antriebswellen (**10, 12**) koaxial sind.

7. Übertragungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die elektrischen Motoren/Generatoren (**44, 46; 50, 52**) koaxial angeordnet sind.

8. Übertragungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches ein äußeres Gehäuse aufweist, das in einen Trockenraum (**54**), in dem die Motoren/Generatoren (**44, 46; 50, 52**) untergebracht

Anhängende Zeichnungen





φ bei:  
 voller Leistung und Geschwindigkeit: 4,643  
 halber Leistung und Geschwindigkeit: 6,418  
 viertel Leistung und Geschwindigkeit: 10,51  
 viertel Leistung, volle Geschwindigkeit: 10,51  
 1/10 Leistung, 1000 U/min: 27,2

Fig.2

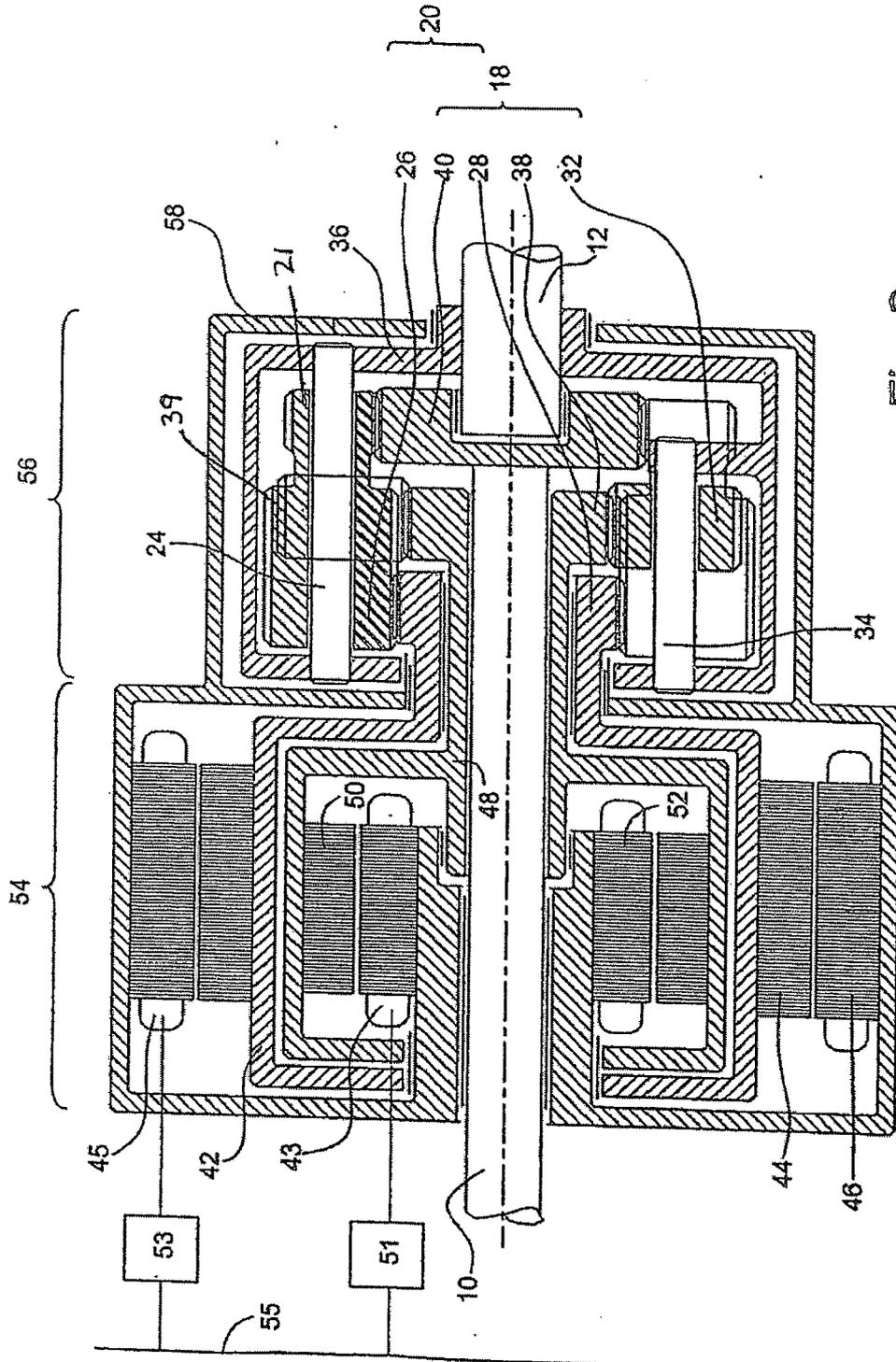


Fig. 3