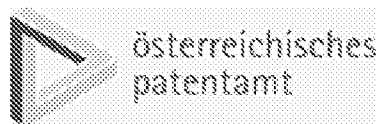


(19)



(10)

AT 518943 A1 2018-02-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50594/2016
(22) Anmeldetag: 04.07.2016
(43) Veröffentlicht am: 15.02.2018

(51) Int. Cl.: **H02K 16/00** (2006.01)
H02K 16/02 (2006.01)
H02K 7/116 (2006.01)
H02K 7/10 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102013213847 A1
WO 2004047256 A1
EP 0721248 A2

(71) Patentanmelder:
Technische Universität Wien
1040 Wien (AT)

(72) Erfinder:
Schrödl Manfred Dr.
7223 Sieggraben (AT)

(74) Vertreter:
SONN & PARTNER PATENTANWÄLTE
WIEN

(54) Elektrisches Maschinensystem

(57) Elektrisches Maschinensystem mit einer vorzugsweise geradzahligen Anzahl von mechanisch und elektrisch verkoppelten Teilmaschinen (1-4), die gemeinsame magnetische Abschnitte und gemeinsame Spulen (SP1-SP4) aufweisen und über mechanische Getriebe verbunden sind, wobei benachbarte Teilmaschinen (1-4) zueinander entgegengesetzte Drehrichtungen bei betragsmäßig gleichen Drehzahlen aufweisen.

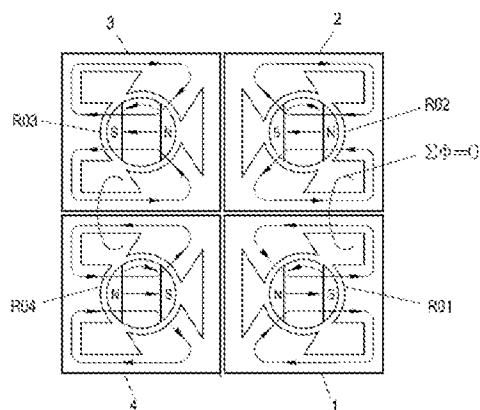


Fig. 6a

Zusammenfassung:

Elektrisches Maschinensystem mit einer vorzugsweise geradzahli-
gen Anzahl von mechanisch und elektrisch verkoppelten Teilma-
schinen (1-4), die gemeinsame magnetische Abschnitte und
gemeinsame Spulen (SP1-SP4) aufweisen und über mechanische Ge-
triebe verbunden sind, wobei benachbarte Teilmaschinen (1-4) zu-
einander entgegengesetzte Drehrichtungen bei betragsmäßig
gleichen Drehzahlen aufweisen.

(Fig. 6a)

Die Erfindung betrifft ein elektrisches Maschinensystem mit einer vorzugsweise geradzahligen Anzahl von mechanisch und elektrisch verkoppelten Teilmaschinen.

Elektrische Antriebe mit Getriebestufen werden häufig mit einer elektrischen Maschine, wie einer Permanentmagnet- oder elektrisch erregten Synchronmaschine, Asynchronmaschine, Reluktanzmaschine und dergleichen ausgeführt, an deren Ausgangswelle ein ein- oder mehrstufiges Getriebe mechanisch angeschlossen ist. Beispielsweise ist in DE 4 334 590 A1 ein Elektromotor mit einer Hohlwelle geoffenbart, der mit einem ein Stirnrad aufweisenden Differenzialgetriebe verbunden ist, dessen eine Abgangswelle durch die Hohlwelle des Elektromotors geführt ist. Ein Stirnradgetriebe hat aber den Nachteil, dass jeweils nur ein Zahnflankenpaar die Kräfte bzw. das Drehmoment auf die folgende Welle überträgt. Eine Aufteilung der Kräfte auf mehrere Zahnflankenpaare würde ein Planetengetriebe mit mehreren Planetenrädern ermöglichen, wobei aber für eine gleichmäßige Aufteilung der Kräfte auf die einzelnen Planeten eine präzise mechanische Fertigung erforderlich ist, sodass eine solche Lösung aufwändig ist. Außerdem weisen die Planeten in Planetengetrieben typischerweise zwei Kontaktstellen an Zahnflanken auf, an denen durch Gleitbewegungen Getriebeverluste produziert werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein elektrisches Maschinensystem wie eingangs ausgeführt zu schaffen, bei dem einerseits die oben genannten Nachteile vermieden werden und das andererseits aufgrund einer neuen Maschinenstruktur wirtschaftlicher arbeitet bzw. betrieben werden kann.

Diese Aufgabe wird durch die Erfindung gelöst, die ein elektrisches Maschinensystem gemäß den beiliegenden Ansprüchen vorsieht.

Die Erfindung sieht somit eine Anordnung von mehreren elektrischen Teilmaschinen vor, die mechanisch über ein Getriebe verbunden sind. Dadurch sind zwei große Vorteile gegeben, und zwar einerseits eine kompakte Konstruktion des aus den elektrischen Teilmaschinen bestehenden Maschinensystems, da aufgrund der geometrischen Anordnung gewisse Teile der Teilmaschine weggelassen

werden können, weil sich magnetische Flussanteile von benachbarten Teilmaschinen stückweise kompensieren und damit magnetisch aktives Material eingespart bzw. erübrigt werden kann. Andererseits kann die mechanische Kopplung der Teilmaschinen vorteilhafterweise als mechanisches Planetengetriebe mit einem gewünschten Übersetzungsverhältnis ausgeführt werden, wodurch Komponenten des Planetengetriebes, wie Lagerung, Kupplungen und Gehäuseteile, gegenüber einem diskreten Aufbau aus elektrischer Maschine und funktionell getrenntem Planetengetriebe eingespart bzw. doppelt genutzt werden können. Außerdem weisen beim vorliegenden Maschinensystem die mit den Teilmaschinen verbundenen Planeten nur einen Kontakt auf der Zahnflanke auf, wodurch die Verluste gegenüber einem normalen Planetengetriebe deutlich reduziert werden können.

Die vorliegende Anordnung hat weiters den Vorteil, dass die elektrischen Teilmaschinen unabhängig von der mechanischen Fertigungstoleranz die Teilmomente bzw. -kräfte, die sie entwickeln, auf ein dem Teilmotor durch direkte mechanische Verbindung zugeordnetes Planetenrad übertragen. Demgemäß entfällt hier das Aufsplitten eines einzelnen Wellendrehmoments der elektrischen Maschine über ein Zahnrad auf Planeten, das Drehmoment wird vielmehr direkt durch die Teilmaschinen gesplittet. Somit kann die jeweilige Leistung der Teilmaschine auf $1/n$ -tel (n = Anzahl der Planetenräder bzw. der Teilmaschinen) im Vergleich zur Leistung der dem Stand der Technik entsprechenden zugeordneten einzelnen Elektromaschine aufgeteilt werden. Neben der stark vereinfachten Konstruktion ergibt sich daraus ein weiterer bemerkenswerter Vorteil: Da erfahrungsgemäß bei Hochdrehzahlantrieben hauptsächlich die Umfangsgeschwindigkeit mit einigen 100 m/s aus Festigkeitsgründen begrenzt ist, kann bei gleicher begrenzter Umfangsgeschwindigkeit der Teilrotoren in das gleiche Volumen deutlich mehr elektrische Leistung installiert werden. Splittet man beispielsweise einen Rotor in vier Teilrotoren auf, die die gleiche Rotor-Gesamtfläche haben, so haben die Teilrotoren den halben Durchmesser des ursprünglichen Rotors. Unterstellt man den gleichen spezifischen Schub pro Fläche im Luftspalt, so bedeutet der halbe Durchmesser bzw. der halbe Umfang des ursprünglichen Rotors den halben Schub pro Teilrotor. Multipliziert mit dem halben Radius des ursprüngli-

chen Rotors liefert jeder Teilrotor somit ein Viertel des ursprünglichen Drehmomentes, in Summe liefert die Aufspaltung in flächenneutrale Teilrotoren das gleiche Drehmoment, die gleiche Leistung wird also durch die gleiche Drehzahl der Teilrotoren wie ursprünglich möglich. Die gleiche Leistung ist daher beim vorliegenden System mit der halben Umfangsgeschwindigkeit erzielbar, und somit wird ein großer Vorteil bei der mechanischen Realisierung erhalten. Es gibt also im Prinzip noch eine Reserve, um die Drehzahl und damit die installierte Leistung zu verdoppeln, um auf die gleiche Umfangsgeschwindigkeit zu kommen.

Von Vorteil ist weiters auch, dass die mechanische Kopplung herbeiführende Getriebefunktion zur Darstellung eines Übersetzungsverhältnisses von Rotordrehzahl zu Getriebeabtriebsdrehzahl genutzt werden kann. Auch ist günstig, dass die Spulen des Mehrmaschinensystems zu einem Drehstrom-Wicklungssystem beliebiger Strangzahl, vorzugsweise einem dreisträngigen Drehstrom-Wicklungssystem, verschaltet werden können.

Die Rotoren der Teilmaschinen können synchron laufende Typen sein, und zwar mit beispielsweise Permanentmagnetenerregung, elektrischer Erregung und/oder Reluktanzcharakter usw. Andererseits können die Teilmaschinen auch asynchron laufende Rotoren haben, wie z.B. Kurzschlussläufer und/oder Schleifringläufer oder dgl.

Die Ansteuerung des Spulensystems kann mit Vorteil über leistungselektronische Stellglieder nach an sich bekannten Steuerungsverfahren für Drehstrommaschinen erfolgen; weiters ist es möglich, eine mittlere elektrische Rotorposition der Teilmaschinen über sensorlose Verfahren, insbesondere auf Basis mathematischer Modelle, zu ermitteln. Als Beispiel sei AT 508 854 B erwähnt. Weiters werden mathematische Modelle in Schrödl, M. „Sensorless Control of A.C. machines“, Fortschrittsbericht VDI, Reihe 21, Nr. 117 (VDI-Verlag Düsseldorf 1992) angegeben.

Die mechanische Verkopplung der Teilmaschinen kann in an sich bekannter Weise auch derart sein, dass eine resultierende lineare Bewegung erzielt wird. Für eine einfache Einstellung ist es auch von Vorteil, wenn die mittleren Winkellagen der in verschiedenen Richtungen rotierenden Teilmaschinen im Betrieb rela-

tiv zueinander mechanisch verändert werden können.

Das Maschinensystem kann eine Welle aufweisen, die ein Getriebeelement bzw. mehrere Getriebeelemente trägt, wobei das Getriebeelement bzw. die Getriebeelemente die Teilmaschinen mechanisch verkoppelt bzw. verkoppeln, wobei die Welle mit einem Differentialgetriebe mechanisch funktionell verbunden ist; vorzugsweise ist dabei, um Platz zu sparen, die Welle als Hohlwelle ausgeführt.

Die Erfindung wird nun nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispielen noch weiter erläutert. Im einzelnen zeigen in der Zeichnung:

Fig. 1 schematisch ein Maschinensystem mit vier Teilmaschinen;

Fig. 2 eine schematische, gegenüber Fig. 1 vereinfachte Struktur eines solchen Maschinensystems mit vier Teilmaschinen;

Fig. 3 ein gegenüber Fig. 1 weiter in der Konstruktion vereinfachtes Maschinensystem in schematischer Darstellung;

Fig. 4 ein Beispiel für eine mechanische Kopplung, hier mit ausschließlich außenverzahnten Zahnrädern;

Fig. 5 ein modifiziertes Planetengetriebe, mit Drehrichtungsumkehr benachbart der zugehörigen Teilmaschine;

Fig. 6a ein Schema eines Maschinensystems mit vier Teilmaschinen, wobei die Rotoren dieser Maschinen so ausgerichtet sind, dass sie alle eine waagrechte magnetische Achse aufweisen;

Fig. 6b ein vergleichbares Schema eines Maschinensystems, bei dem sich jedoch in allen vier Teilmaschinen jeweils eine senkrechte magnetische Achse einstellt;

Fig. 7 ein weiteres Schema eines Maschinensystems mit vier Teilmaschinen, mit einer modifizierten Spulenordnung;

Fig. 8 eine weiter modifizierte schematische Anordnung eines

solchen Maschinensystems mit vier Teilmotoren, wobei nun jeweils zwei Spulen nebeneinander liegen;

Fig. 9 ein Schema entsprechend jenem vom Fig. 8, jedoch mit drei Spulensystemen anstatt zwei Spulensystemen, wie in Fig. 8 gezeigt;

Fig. 10 in Weiterentwicklung des Systems von Fig. 8 ein Schema eines Linearantriebs; und

Fig. 11 schematisch ein im vorliegenden Zusammenhang mit Vorteil anwendbares Differenzialgetriebe.

Im Folgenden werden eine zweisträngige und eine dreisträngige Struktur, ausgehend von je vier Teilmaschinen 1, 2, 3, 4, zu einem vorteilhaft aufgebauten zwei- bzw. dreisträngigen Planetenmotor umgeformt.

In Fig. 1 sind die vier Teilmaschinen 1, 2, 3, 4 beispielsweise mit permanentmagneterregten Rotoren R01 bis R04, dargestellt. Die Rotoren R01 bis R04 sind z.B. gemäß Fig. 1 so magnetisiert, dass sich jeweils eine waagrechte Magnetisierungsrichtung $N \rightarrow S$ einstellt, wobei die oberen Teilmotoren 1, 2 die Magnetisierungsrichtung N-S von rechts nach links und die unteren Teilmotoren 3, 4 die Magnetisierungsrichtung von links nach rechts (gemäß der Darstellung in Fig. 1) aufweisen. Die Feldbilder sind symbolisch mit Pfeilen bzw. Linien vereinfacht eingetragen.

Fordert man nun, dass sich bei einer 90° -Drehung etwa des rechten unteren Rotors R03 in mathematisch positiver Richtung die anderen Rotoren R01, R02, R04 so drehen sollen, dass ein Feldbild entsteht, das gegenüber dem Ausgangsfelddbild durch Drehen des gesamten Bildes von Fig. 1 um 90° erzeugt werden kann, so gelingt dies, wenn die diagonal gegenüberliegenden Rotoren, z.B. R01 und R03, gleichartig rotieren und die jeweils verbleibenden zwei Rotoren, z.B. R02 und R04, mit gleicher Winkelgeschwindigkeit im Gegensinn rotieren. Dies kann verallgemeinert werden, wenn eine Matrix von $2 \cdot n$ ($n=1, 2, \dots$) Teilmaschinen 1, 2, 3, 4 ... aufgebaut wird, deren Nachbarn stets in die Gegenrichtung mit gleicher Winkelgeschwindigkeit rotieren. Durch diese Konstrukti-

onsvorschrift wird erreicht, dass man die Struktur vereinfachen kann: Bringt man die z.B. vier Teilmotoren 1 bis 4 nun in Kontakt, so heben sich in benachbarten Abschnitten der Teilmotoren 1 bis 4 gemäß Fig. 1 die benachbarten Flüsse auf, was in Fig. 1 mit $\Sigma\Phi=0$ angedeutet ist. Damit können die entsprechenden magnetischen Teile eingespart bzw. erübrigt werden, wodurch eine Reduktion des nötigen Aktivmaterials im magnetischen Kreis erzielt wird, vgl. auch Fig. 2, die ein vereinfachtes prinzipielles Schema, ohne Darstellung von Systemen und Feldlinien, zeigt. Nun kann man noch die äußeren Rückschlussbereiche umordnen, ohne die Luftspaltfelder der vier Teilmaschinen 1 bis 4 zu verändern, wodurch sich die Anordnung gemäß Fig. 3 ergibt. Die in Fig. 3 strichlierten Bereiche und Feldlinien der „alten“ Struktur (gemäß Fig. 1) werden „umgeleitet“, wodurch die neuen (in Fig. 3 durchgezogenen) Wege von Feldlinien – z.B. F2/3 und F1/4 – entstehen, ohne das Feldbild im jeweiligen Luftspaltbereich zu verändern. Weiters sind in Fig. 3 die Spulensysteme der vier Teilmaschinen 1 bis 4 eingetragen (je vier Spulen SP1 bis SP4 pro Teilmaschine 1, 2, 3 bzw. 4, d.h. insgesamt also 16 Spulen). Durch die neuen Wege der Feldlinien werden die Flussverkettungen der Spulen nicht verändert. Nun kann man jeweils zwei Spulen von benachbarten Teilmaschinen, die vom gleichen Fluss durchflossen werden, zu jeweils einer Spule zusammenfassen, z.B. also die Spulen Sp1 und Sp3 oder Teilmaschinen 1 und 4, ohne die Funktionalität der Anordnung zu ändern. Dadurch kann in vorteilhafter Weise das Spulensystem der vier Teilmaschinen 1 bis 4 von 16 auf insgesamt 8 Spulen reduziert und damit eine wesentlich einfachere Struktur gegenüber der Ausgangsstruktur erzielt werden.

Alternativ kann anstatt der in Fig. 3 gezeigten zweisträngigen Struktur eine analoge Struktur mit einem dreisträngigen Spulensystem hergeleitet werden. Dazu wird in Abänderung der Struktur von Fig. 1 von der zweisträngigen Struktur auf eine dreisträngige Ausgangsstruktur, bestehend wiederum aus vier Teilmaschinen 1 bis 4, gewechselt, vgl. Fig. 6a und 6b; jede der Teilmaschinen 1 bis 4 gemäß Fig. 6 trägt drei Spulen, in Summe trägt die Ausgangsstruktur gemäß Fig. 6 daher 12 Spulen. Es wird zur besseren Illustration wieder von permanentmagneterregten zweipoligen Rotoren ausgegangen. Es sind aber auch andere Rotoren, etwa mit reinem Reluktanzcharakter, mit elektrischer Erregung etc., denk-

bar.

In Fig. 6a sind die Rotoren RO1 bis RO4 der Teilmaschinen 1 bis 4 so ausgerichtet, dass sie alle eine waagrechte magnetische Achse $N \rightarrow S$ aufweisen. Es stellt sich ein schematisches Feldbild gemäß Fig. 6a ein, wobei durch die spezielle Anordnung der vier Teilmaschinen 1 bis 4 einige Teilbereiche aufgrund gegenseitiger Kompensation wieder kein Fluss führen (in Fig. 6a beispielhaft für die Rotoren RO2 und RO3 mit $\Sigma\Phi=0$ angedeutet). Diese Teile werden in weiterer Folge weggelassen.

In Fig. 6b stellt sich in allen vier Teilmaschinen 1 bis 4 jeweils eine senkrechte magnetische Achse N-S ein. Dies wird hier dadurch erreicht, dass jeweils benachbarte Maschine n z.B. 1/2, 2/3, 3/4 bzw. 4/1, mit entgegengesetzter Drehrichtung, aber betragsmäßig gleicher Drehzahl um $+90^\circ$ bzw. -90° verdreht werden.

In dieser Magnetfeldkonfiguration ergeben sich ebenfalls wieder Maschinenteile, in denen sich der Fluss in benachbarten Bereichen aufhebt ($\Sigma\Phi=0$) und die entsprechenden elektromagnetischen Teile somit weggelassen werden können.

Eine beliebige Magnetisierung entlang der möglichen verkoppelten Drehungen der Teilmaschinen 1 bis 4 kann durch eine Linearkombination von Teilfeldern gemäß Fig. 6a und 6b erzeugt werden. Bringt man nun die Teilmotoren 1 bis 4 in entsprechenden Kontakt und lässt die magnetisch unnötigen Teile weg, so ergibt sich die vereinfachte Struktur gemäß Fig. 7. Es sind noch die ursprünglichen Spulen (Strang u mit Spulen u_1 bis u_4 , Stränge v und w analog) symbolisch eingezeichnet. Durch Umordnung von Flussführungsteilen kann man ohne Änderung der Luftspaltfelder der Teilmotoren 1 bis 4 beispielsweise die weiter vereinfachte Struktur gemäß Fig. 8 erhalten werden. Die Spulen wurden entlang der magnetischen Pfade ohne Flussverkettungsänderung verschoben, sodass jeweils zwei Spulen nebeneinander zu liegen kommen (z.B. $u_{1,2}$ oder $w_{1,2}$ bis $w_{2,3}$ etc. in Fig. 8). Die nebeneinander liegenden Teilspulen können nun jeweils zu einer einzelnen Spule zusammengefasst werden, wodurch sich die Zahl der Spulen von 12 auf 6 Spulen halbiert.

Die dreisträngige Anordnung gemäß Fig. 8 hat den Vorteil, dass übliche dreisträngige Umrichter zur Ansteuerung verwendet werden können. Die beiden jeweils zu einem Strang gehörigen Spulen, z.B. μ_1 bis μ_4 etc., können wahlweise in Serie oder parallel geschaltet werden, da sie ständig die gleichen Flussverkettungen tragen. Sie können aber auch mit getrennten Umrichtern (nicht dargestellt) angesteuert werden, um beispielsweise eine Redundanz oder eine erhöhte Leistung zu ermöglichen. Die Steuerung der Umrichter erfolgt vorteilhafterweise gemäß an sich bekannten Steuerverfahren für Drehstrommaschinen, etwa der feldorientierten Regelung, wobei sich hier, da an sich bekannt, eine genauere Beschreibung erübrigen kann. Dabei kann häufig auf Drehgeber verzichtet werden, wenn sog. „sensorlose“ Verfahren, wie das an sich bekannte „INFORM®“-Verfahren oder EMK-Verfahren, eingesetzt werden. Für den Umrichter erscheint dann das „Multimotorsystem“ im Klemmenverhalten wie eine einzige elektrische Maschine.

In Fig. 8 ist strichliert eine Teilstruktur 5 eingetragen, die ein Grundelement für weitere Anordnungen mit $2m$ Teilmotoren, $m=1, 2, 3, 4...$ ist. Als Beispiel ist in Fig. 9 eine Anordnung mit $m=3$, d.h. drei Teilstrukturen 5.1, 5.2 und 5.3 und sechs Teilmotoren, z.B. 1 bis 4, gezeigt (Spulen und Rotoren sind der Einfachheit halber nicht eingezeichnet). Damit kann beispielsweise ein Ringmotor mit zahlreichen Planeten oder auch ein Linearantrieb L (vgl. Fig. 10) realisiert werden. Im beispielhaften Linearantrieb L mit vier Teilmotoren 1, 2, 3, 4 gemäß Fig. 10 stellt eine beidseitig gezahnte Zahnstange ZS eine mechanische Kopplung der Teilmotoren 1 bis 4 dar.

Die mechanische Kopplung der beiden Strukturen (zweisträngig oder dreisträngig) kann in gleicher Weise mit formschlüssigen Verbindungen, vorzugsweise Zahnrädern, (alternativ Zahnriemen, Ketten etc.) erfolgen. Anzumerken ist, dass bei Rotoren, bei denen die Funktion unabhängig vom Rotorwinkel ist, wie etwa bei Asynchronmaschinen, auch eine reibschlüssige Verbindung zulässig ist.

In Fig. 4 ist ein Beispiel mit ausschließlich außenverzahnten Zahnrädern 11, 12, 13, 14 angegeben. Die vier mit den Teilmaschinen 1 bis 4 verbundenen Zahnräder 11 bis 14 bewirken eine

automatische Drehrichtungsumkehr von benachbarten Teilmaschinen. Jedes zweite kleine Zahnrad 11 bis 14 (in Fig. 4 sind die Zahnräder als Doppelzahnräder ausgeführt) kann zu Realisierung eines Übersetzungsverhältnisses auf die Abtriebswelle A (in Fig. 4 im Zentrum der Anordnung sitzend) verwendet werden.

In Fig. 5 wird die Drehrichtungsumkehr benachbarter Teilmaschinen 1 bis 4 durch je ein Innen- und ein Außenzahnrad P2, P4 bzw. P1, P3 realisiert, wobei die eine Drehrichtungs-Gruppe ein zentrales Zahnrad Z1 mit Außenverzahnung und die andere Drehrichtungs-Gruppe ein zentrales Zahnrad Z2 mit Innenverzahnung aufweist, wobei die Übersetzungsverhältnisse der beiden Gruppen gleich sind. Realisiert man die beiden Teilgetriebe in der gleichen Ebene, so wird die Gruppe, die in das innenverzahnte zentrale Zahnrad Z2 eingreift, soweit nach außen verschoben, dass keine Kollision der Zahnräder auftritt.

Die Achsen der Teilmaschinen 1 bis 4 liegen dann gemäß der beispielhaften Anordnung in Fig. 3 bzw. Fig. 7 nicht mehr in den Ecken eines Quadrates, sondern vorzugsweise in den Ecken eines Rhombus Rh (s. Fig. 5), wobei die Achsen auf der kurzen Diagonale des Rhombus über die Planetenräder P1, P3 in das außenverzahnte innere Zahnrad Z1 eingreifen, und die Achsen auf der langen Diagonale auf das innenverzahnte äußere Zahnrad Z2 eingreifen.

In Fig. 5 ist im übrigen als Beispiel eine Übersetzung von $r1:R1 = r2:R2 = 1:6$ eingezeichnet. Prinzipiell ist auch eine umgekehrte Konstruktion möglich, d.h. die zwei Zahnreihen des zentralen Zahnradpaares sitzen innen und außen auf einem Kreisring („eine zu einem Kreisring gebogene doppelseitige Zahnstange“).

Lässt man den Radius des Kreisringes dann gegen unendlich gehen (gerade Zahnstange Z5), so ergibt sich ein Linearantrieb, s. auch Fig. 10.

Ordnet man die Zahnräder der zwei Drehrichtungsgruppen in verschiedenen Ebenen an (axial versetzt, ggf. auch auf der anderen Seite der Teilmaschinen möglich), so können die Achsen der Teilmaschinen 1 bis 4 weiterhin auf einem Quadrat (im Falle von vier

Teilmaschinen 1 bis 4) bzw. allgemein auf einem gleichseitigen n -Eck) angeordnet sein.

In einer besonderen Ausgestaltung ist der Relativwinkel zwischen den beiden Drehrichtungsgruppen durch eine geeignete Mechanik veränderbar. Beispielsweise können die fest verbundenen Zahnräder Z1 und Z2 von Fig. 5 eine (an sich bekannte) Schrägverzahnung aufweisen und durch eine Mechanik, die eine axiale Verschiebung der Zahnräder Z1 und Z2 gegenüber den eingreifenden Planetenrädern ermöglicht, axial bewegt werden. Durch die axiale Verschiebung kommt es zufolge der Schrägverzahnung zu einer Verdrehung des Relativwinkels zwischen den beiden Drehrichtungsgruppen. Damit werden die zwei Drehrichtungsgruppen zueinander verdreht, und es kann auf diese Weise etwa im Falle von permanentmagneterregten Rotoren eine geometrisch bedingte Feldschwächung ohne eine technisch übliche feldschwächende Statorstromkomponente realisiert werden. Damit kann beispielsweise ein Permanentmagnet-Synchronantrieb mit beliebiger Spannung während der Rotation, also auch einer Spannung Null, erzielt werden. Mit dieser axialen Bewegungsmöglichkeit können weiters auch andere Funktionen, wie z.B. eine Parkbremsfunktion, eine Sicherheitsfunktion „Klemmspannung Null“ etc. zusätzlich realisiert werden.

In einer weiteren Ausgestaltung, Fig. 11, wird eines der Zahnräder Z1 oder Z2 bzw. das mechanisch fest verbundene Zahnradpaar Z1/Z2 als rotierender Trägerteil - eines Differenzialgetriebes D verwendet, in dem vorzugsweise zwei Kegelränder K1, K2 des Differenzialgetriebes D gelagert sind, die nicht mit den Abtriebswellen A1, A2 verbunden sind. Eine der beiden Abtriebswellen, die Welle A1, des Differenzialgetriebe D wird durch die als Hohlwelle ausgeführte zentrale Welle des Planetenmotors geführt, die mit den Zahnrädern Z1 bzw. Z2 verbunden ist. Die zweite Abtriebswelle A2 verlässt die Antriebseinheit coaxial zur ersten Abtriebswelle A1 in der entgegengesetzten Richtung. Dadurch kann eine sehr kompakte, platzsparende und kostengünstige Antriebseinheit, z.B. für Elektrofahrzeuge, realisiert werden.

Patentansprüche

1. Elektrisches Maschinensystem mit einer vorzugsweise geradzah-
ligen Anzahl von mechanisch und elektrisch verkoppelten Teilma-
schinen (1-4), dadurch gekennzeichnet, dass die Teilmaschinen
(1-4) gemeinsame magnetische Abschnitte und gemeinsame Spulen
aufweisen und über mechanische Getriebe verbunden sind, und dass
benachbarte Teilmaschinen (1-4) zueinander entgegengesetzte
Drehrichtungen bei betragsmäßig gleichen Drehzahlen aufweisen.
2. Maschinensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
die mechanische Verkopplung durch eine Getriebefunktion defi-
niert ist, die zugleich das Übersetzungsverhältnis von Rotor-
drehzahl zu Getriebeabtriebsdrehzahl definiert.
3. Maschinensystem nach Anspruch 1 und 2, gekennzeichnet durch
zu einem Drehstrom-Wicklungssystem beliebiger Strangzahl, vor-
zugsweise einem dreisträngigen Wicklungssystem, verschaltete
Spulen (SP1-SP4).
4. Maschinensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch ge-
kennzeichnet, dass die Teilmaschinen (1-4) synchron laufende Ro-
toren (RO1-RO4) mit Permanentmagneterregung, elektrischer
Erregung und/oder Reluktanzcharakter sind.
5. Maschinensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch ge-
kennzeichnet, dass die Teilmaschinen (1-4) asynchron laufende
Rotoren in Form eines Kurzschlussläufers und/oder Schleifring-
läufers sind.
6. Maschinensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch ge-
kennzeichnet, dass das Spulensystem über leistungselektronische
Stellglieder gemäß einem Ansteuerungsverfahren für Drehstrommaschi-
nen angesteuert ist.
7. Maschinensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch ge-
kennzeichnet, dass Rechenmittel zur Ermittlung einer mittleren
elektrischen Rotorposition der Teilmaschinen (1-4) über sensor-
lose Verfahren auf Basis mathematischer Modelle vorgesehen sind.
8. Maschinensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch ge-

kennzeichnet, dass die mechanische Verkopplung der Teilmaschinen (1-4) zur Ausführung einer linearen Bewegung eingerichtet ist.

9. Maschinensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die mittleren Winkellagen von mindestens zwei, vorzugsweise allen, in verschiedene Richtungen rotierenden Teilmaschinen (1-4) im Betrieb zueinander mechanisch veränderbar sind.

10. Maschinensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Welle (A_1), die ein Getriebeelement bzw. Getriebeelemente trägt, welche(s) die Teilmaschinen mechanisch verkoppelt bzw. verkoppeln, mit einem Differenzialgetriebe D_1 mechanisch verbunden und vorzugsweise als Hohlwelle ausgeführt ist.

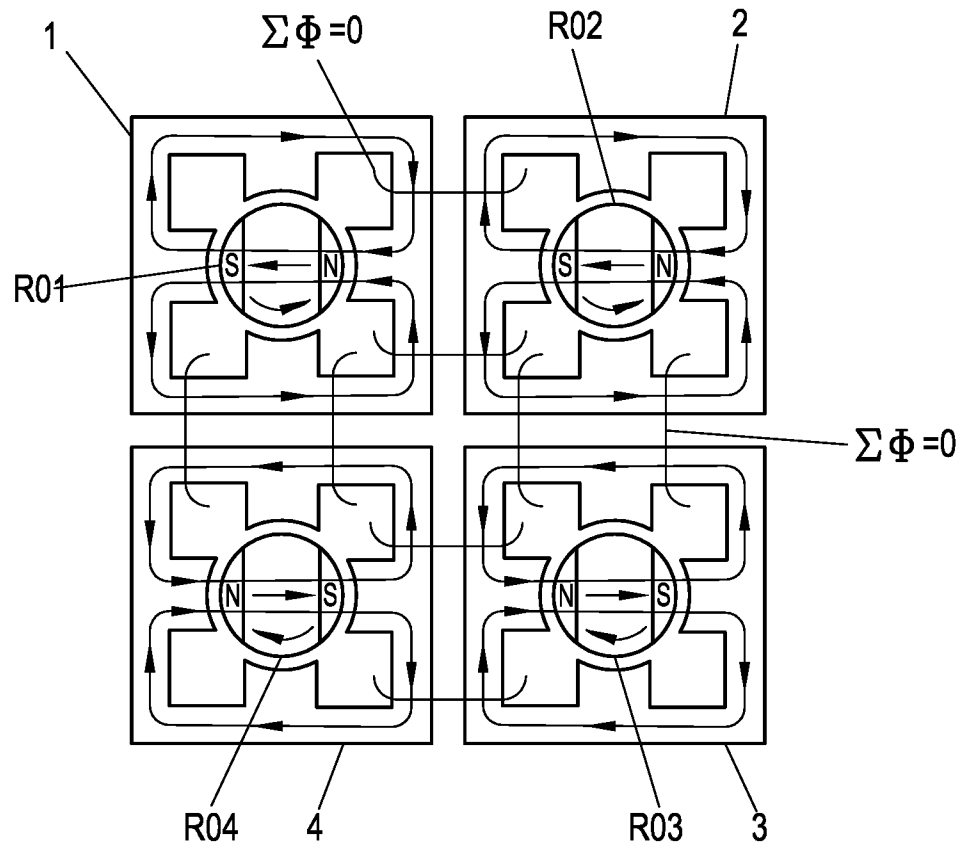


Fig. 1

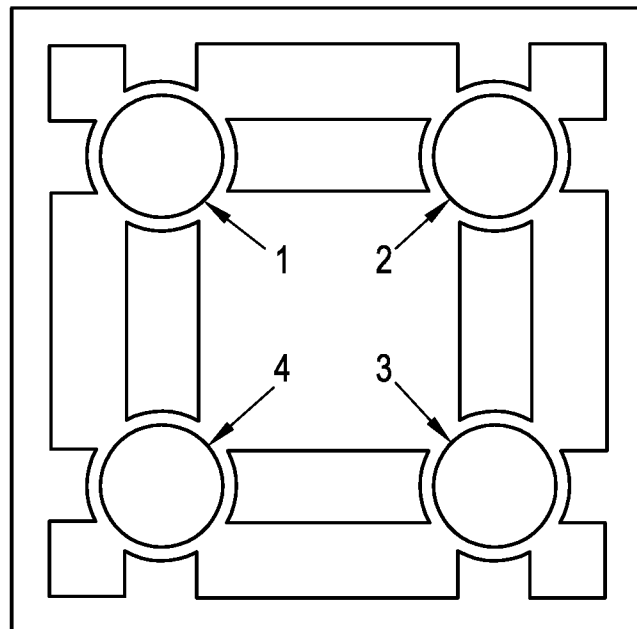


Fig. 2

2/6

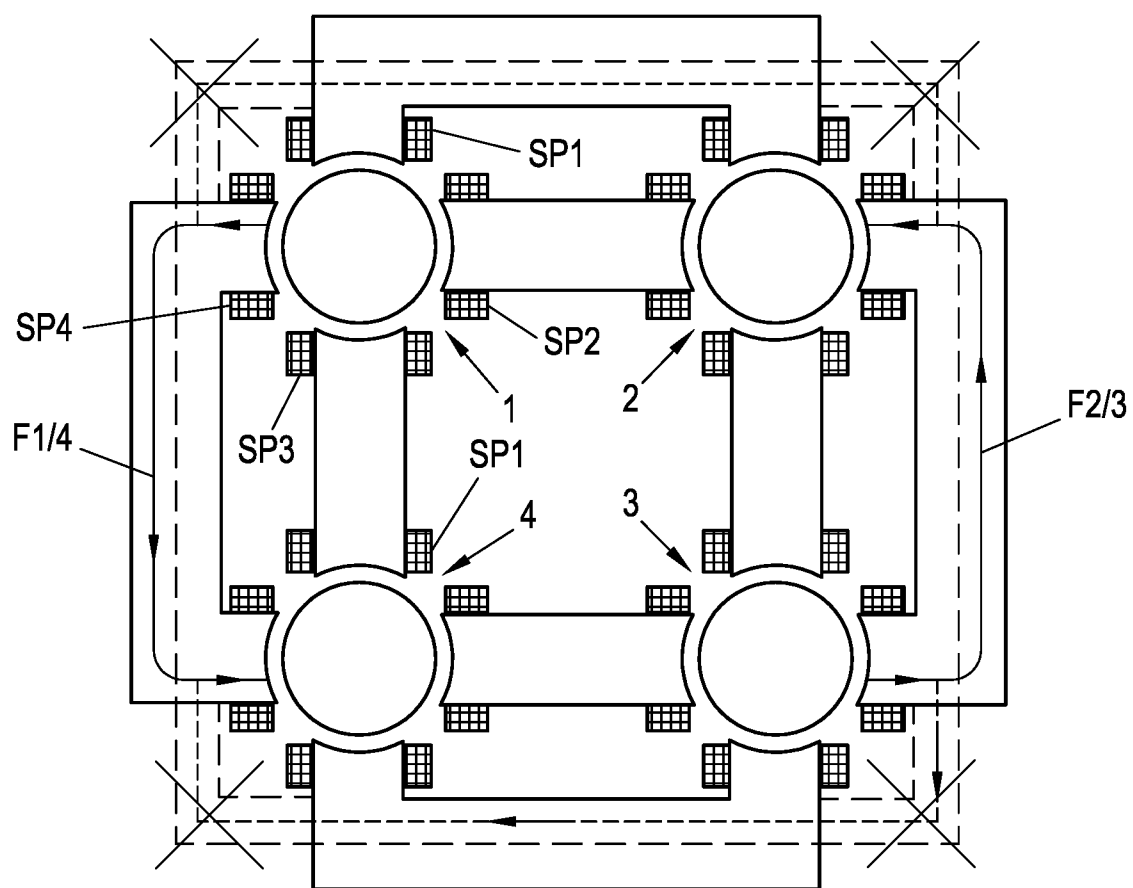


Fig. 3

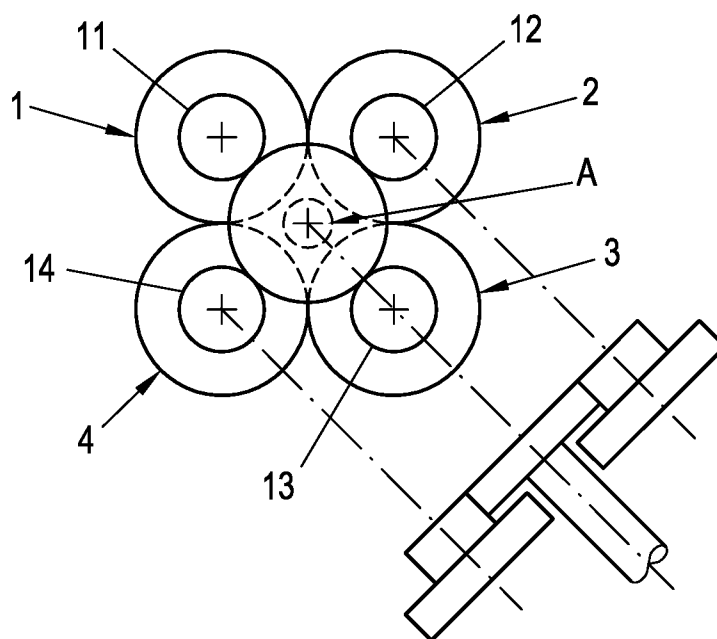


Fig. 4

3/6

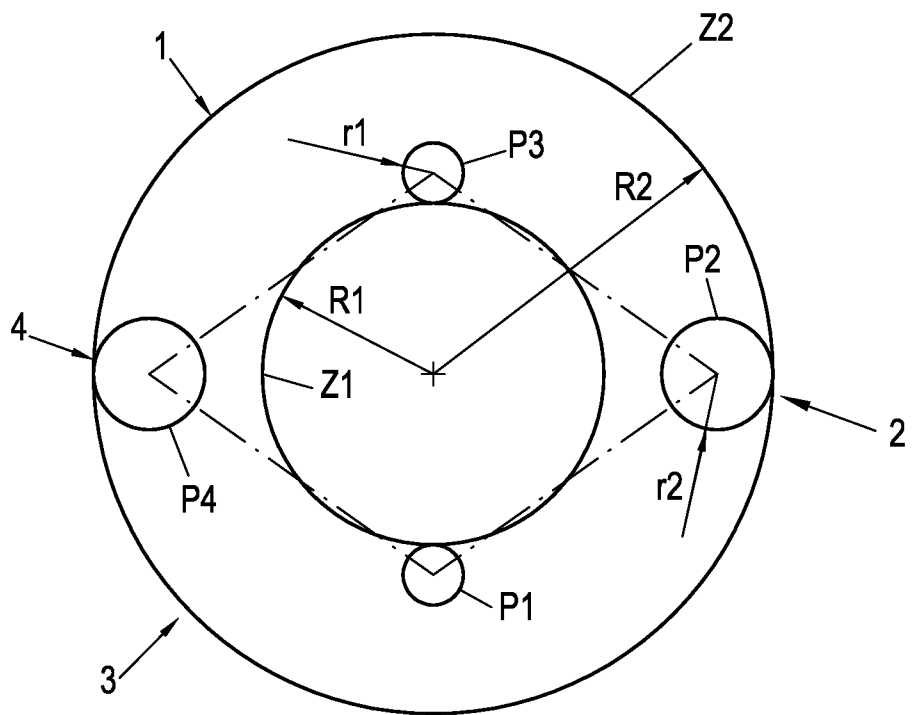


Fig. 5

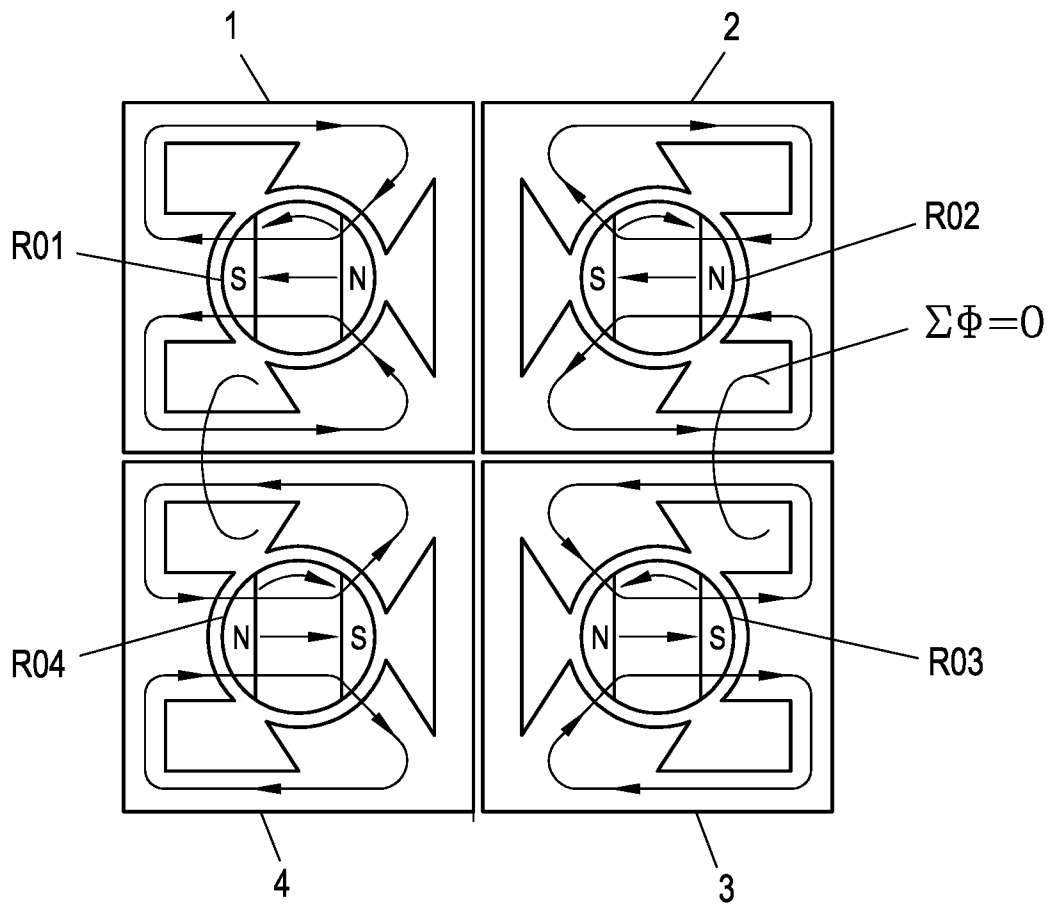


Fig. 6a

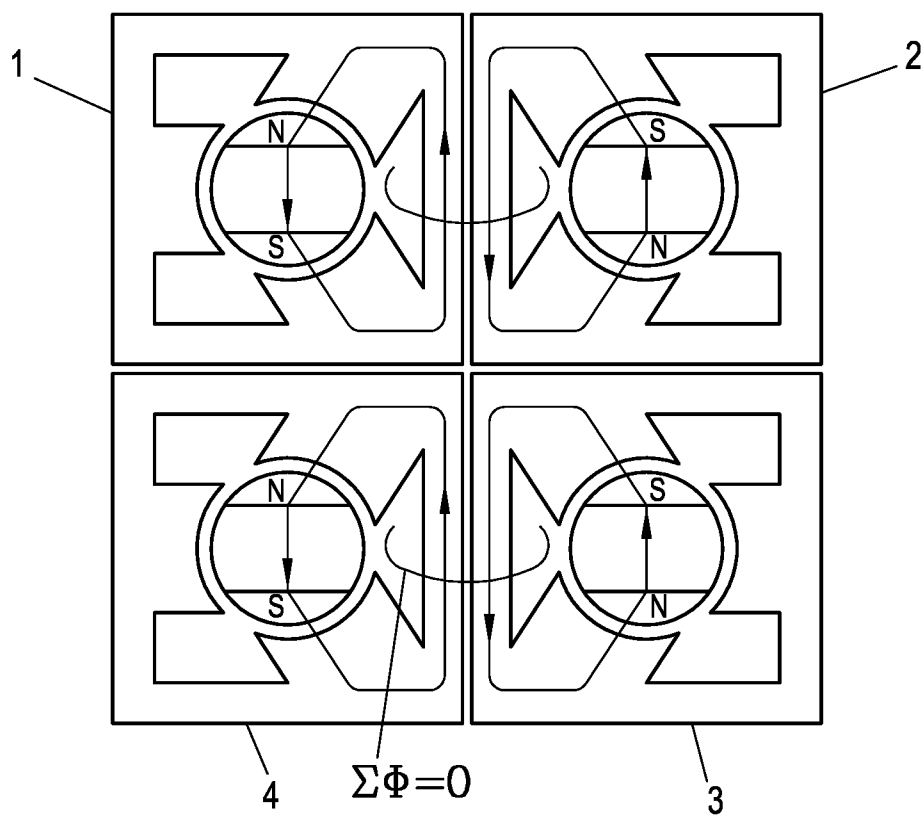


Fig. 6b

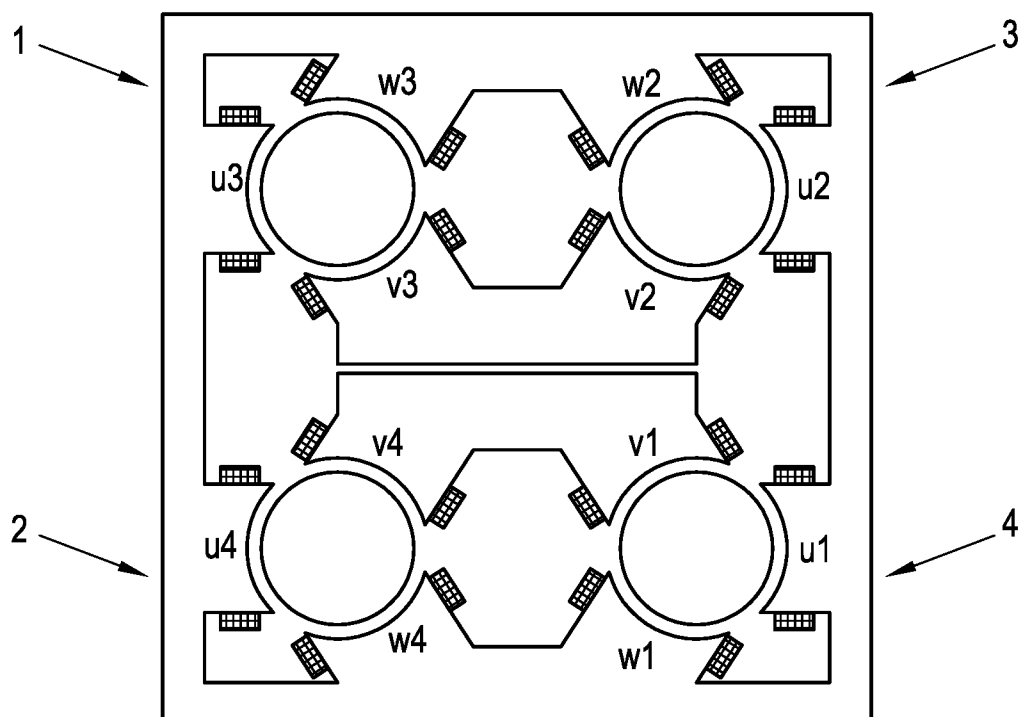


Fig. 7

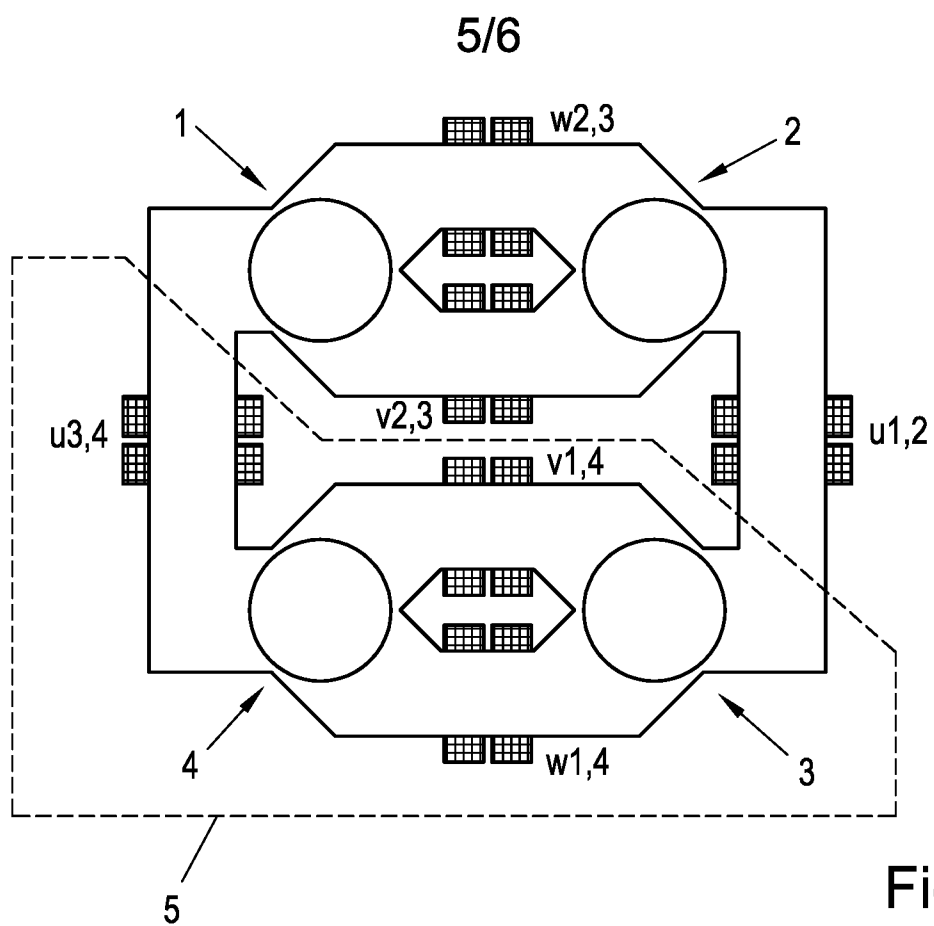


Fig. 8

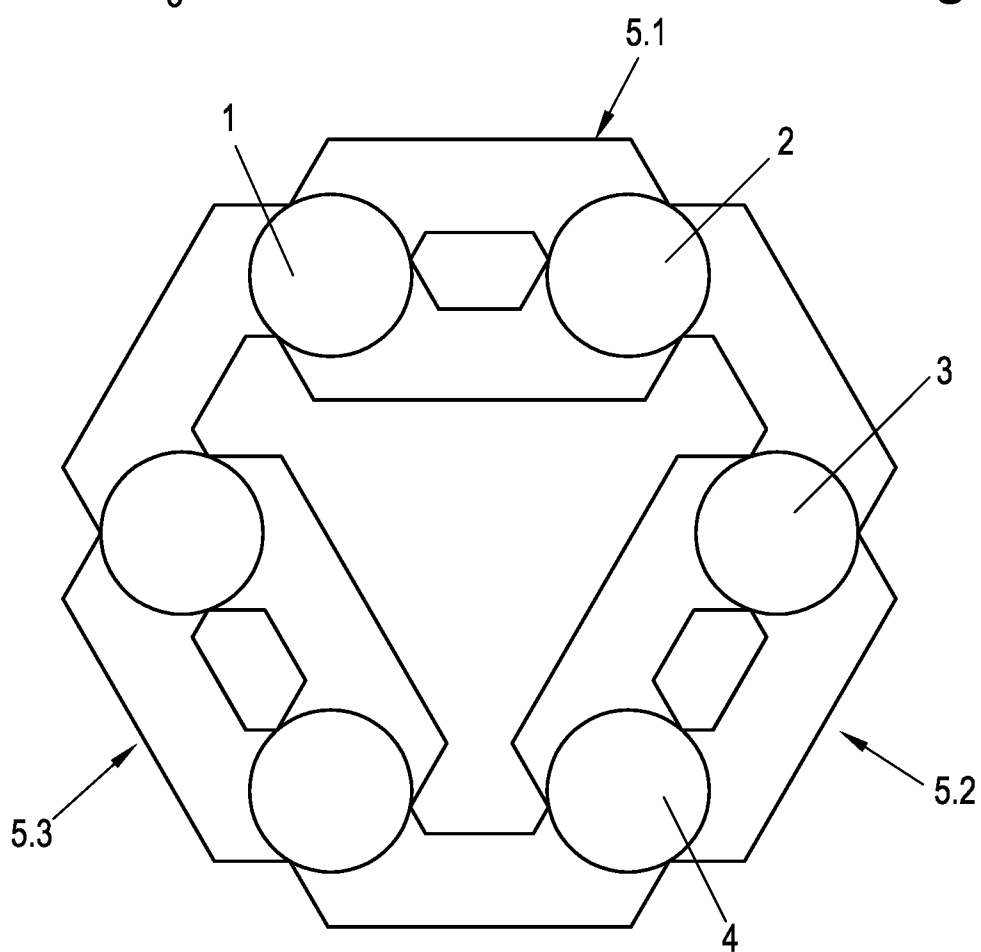


Fig. 9

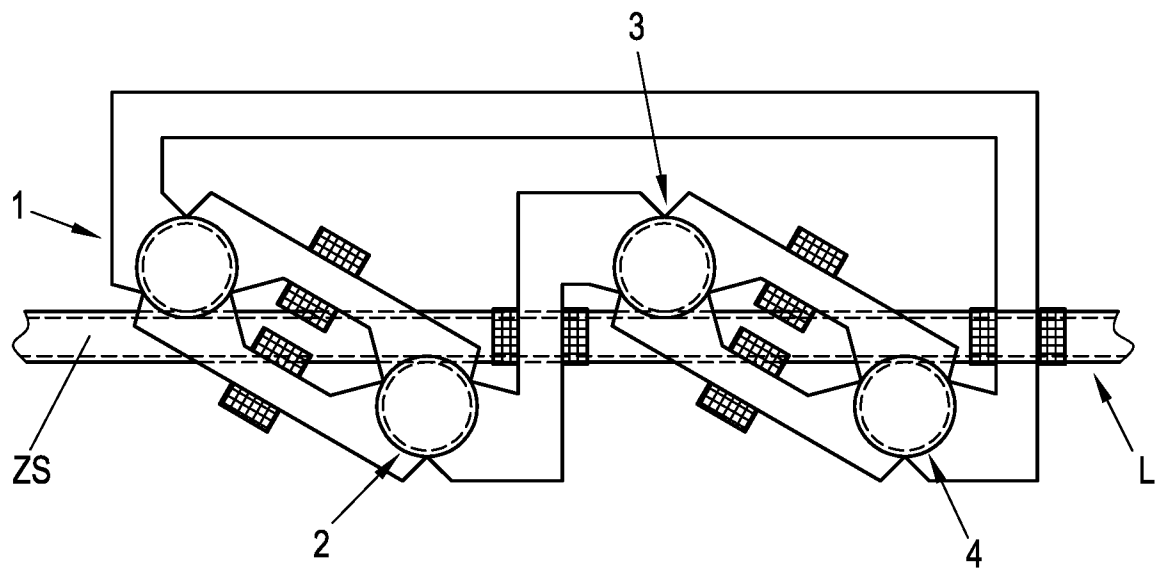


Fig. 10

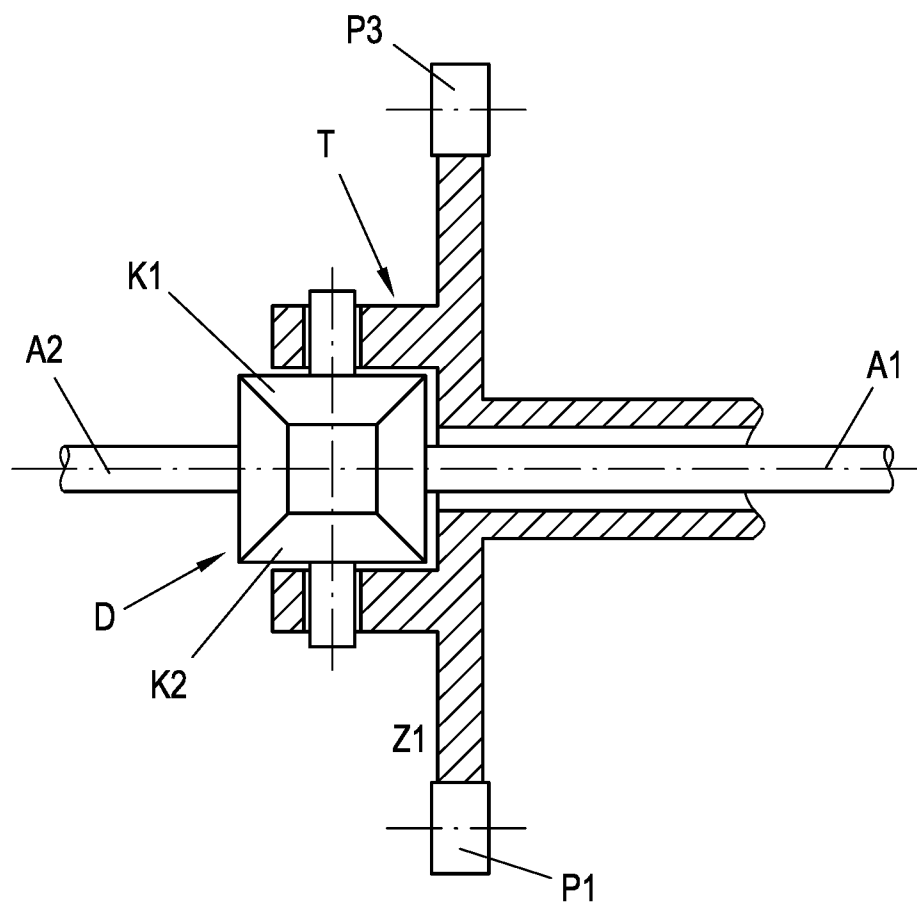


Fig. 11

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H02K 16/00 (2006.01); **H02K 16/02** (2006.01); **H02K 7/116** (2006.01); **H02K 7/10** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H02K 16/00 (2013.01); **H02K 16/02** (2013.01); **H02K 7/116** (2013.01); **H02K 7/10** (2016.11)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H02K

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC , WPI

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **08.08.2016** eingereichten Ansprüchen **1-10** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 102013213847 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN) 22. Januar 2015 (22.01.2015) Ansprüche 1, 5-11, 21-25; Figuren 1-4, 9-11	1-10
A	WO 2004047256 A1 (LIAO YINGLONG) 03. Juni 2004 (03.06.2004) Zusammenfassung; Figuren 1-3	1-10
A	EP 0721248 A2 (PHILIPS PATENTVERWALTUNG, PHILIPS ELECTRONICS NV) 10. Juli 1996 (10.07.1996) Zusammenfassung; Figuren 1-5	1-10

Datum der Beendigung der Recherche:

02.06.2017

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

KOVACS György

^{*)} **Kategorien** der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Patentansprüche

1. Elektrisches Maschinensystem mit einer vorzugsweise geradzah-
ligen Anzahl von mechanisch und elektrisch verkoppelten Teilma-
schinen (1-4), dadurch gekennzeichnet, dass die Teilmaschinen
(1-4) gemeinsame magnetische Abschnitte und gemeinsame Spulen
aufweisen und über mechanische Getriebe verbunden sind, und dass
benachbarte Teilmaschinen (1-6) zueinander entgegengesetzte
Drehrichtungen bei betragsmäßig gleichen Drehzahlen aufweisen.
2. Maschinensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
die mechanische Verkopplung durch eine Getriebefunktion defi-
niert ist, die zugleich das Übersetzungsverhältnis von Rotor-
drehzahl zu Getriebeabtriebsdrehzahl definiert.
3. Maschinensystem nach Anspruch 1 und 2, gekennzeichnet durch
zu einem Drehstrom-Wicklungssystem beliebiger Strangzahl, vor-
zugsweise einem dreisträngigen Wicklungssystem, verschaltete
Spulen (SP1-SP4).
4. Maschinensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch ge-
kennzeichnet, dass die Teilmaschinen (1-6) synchron laufende Ro-
toren (R01-R04) mit Permanentmagneterregung, elektrischer Erre-
gung und/oder Reluktanzcharakter sind.
5. Maschinensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch ge-
kennzeichnet, dass die Teilmaschinen (1-6) asynchron laufende
Rotoren in Form eines Kurzschlussläufers und/oder Schleifring-
läufers sind.
6. Maschinensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch ge-
kennzeichnet, dass das Spulensystem über leistungselektronische
Stellglieder gemäß einem Ansteuerungsverfahren für Drehstrommaschi-
nen angesteuert ist.
7. Maschinensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch ge-
kennzeichnet, dass Rechenmittel zur Ermittlung einer mittleren
elektrischen Rotorposition der Teilmaschinen (1-6) über sensor-
lose Verfahren auf Basis mathematischer Modelle vorgesehen sind.
8. Maschinensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch ge-

kennzeichnet, dass die mechanische Verkopplung der Teilmaschinen (1-4) zur Ausführung einer linearen Bewegung eingerichtet ist.

9. Maschinensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die mittleren Winkellagen von mindestens zwei, vorzugsweise allen, in verschiedene Richtungen rotierenden Teilmaschinen (1-6) im Betrieb zueinander mechanisch veränderbar sind.

10. Maschinensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Welle (A_1), die ein Getriebeelement bzw. Getriebeelemente trägt, welche(s) die Teilmaschinen mechanisch verkoppelt bzw. verkoppeln, mit einem Differenzialgetriebe D_1 mechanisch verbunden und vorzugsweise als Hohlwelle ausgeführt ist.

1/6

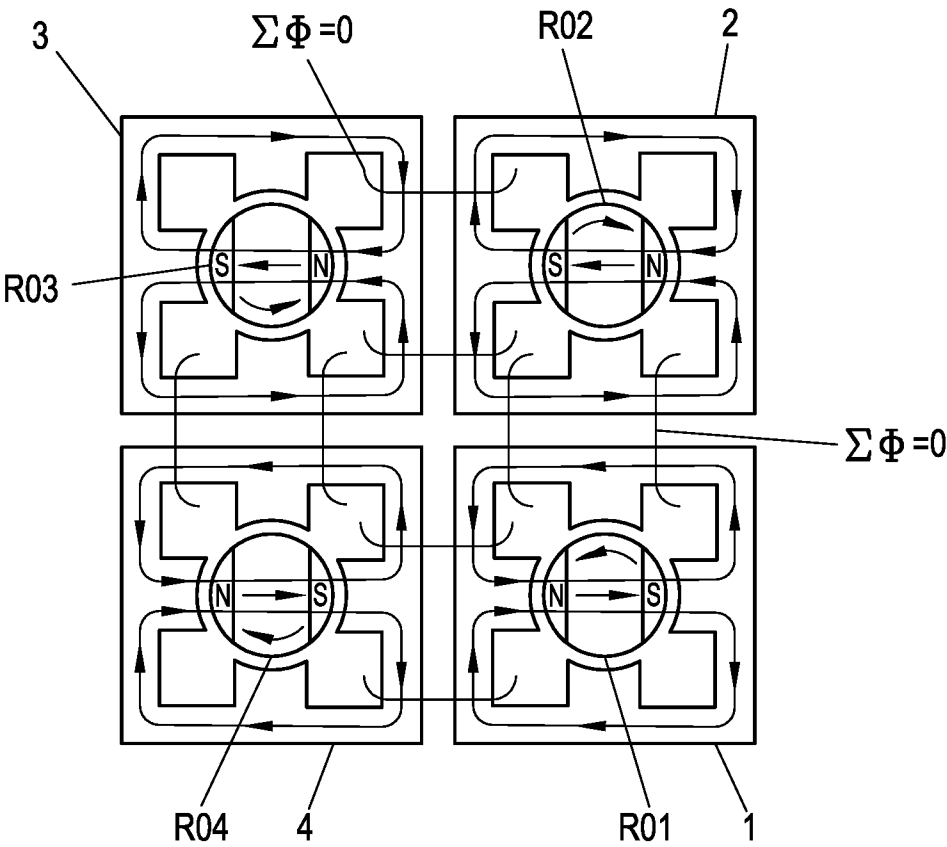


Fig. 1

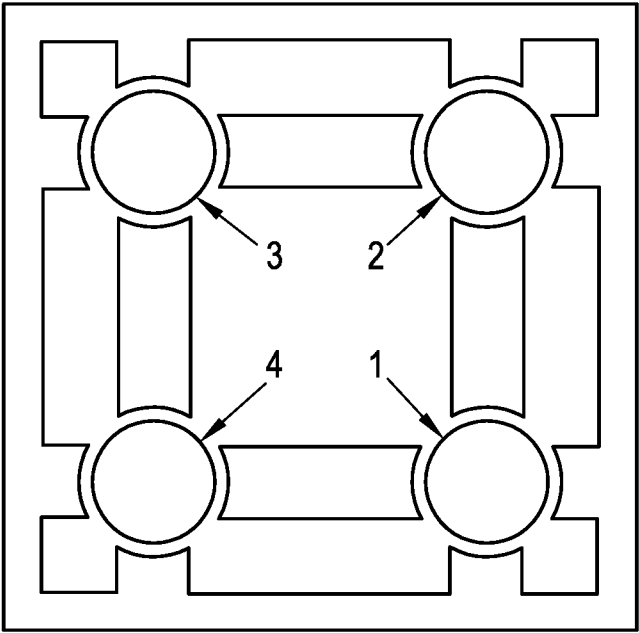


Fig. 2

2/6

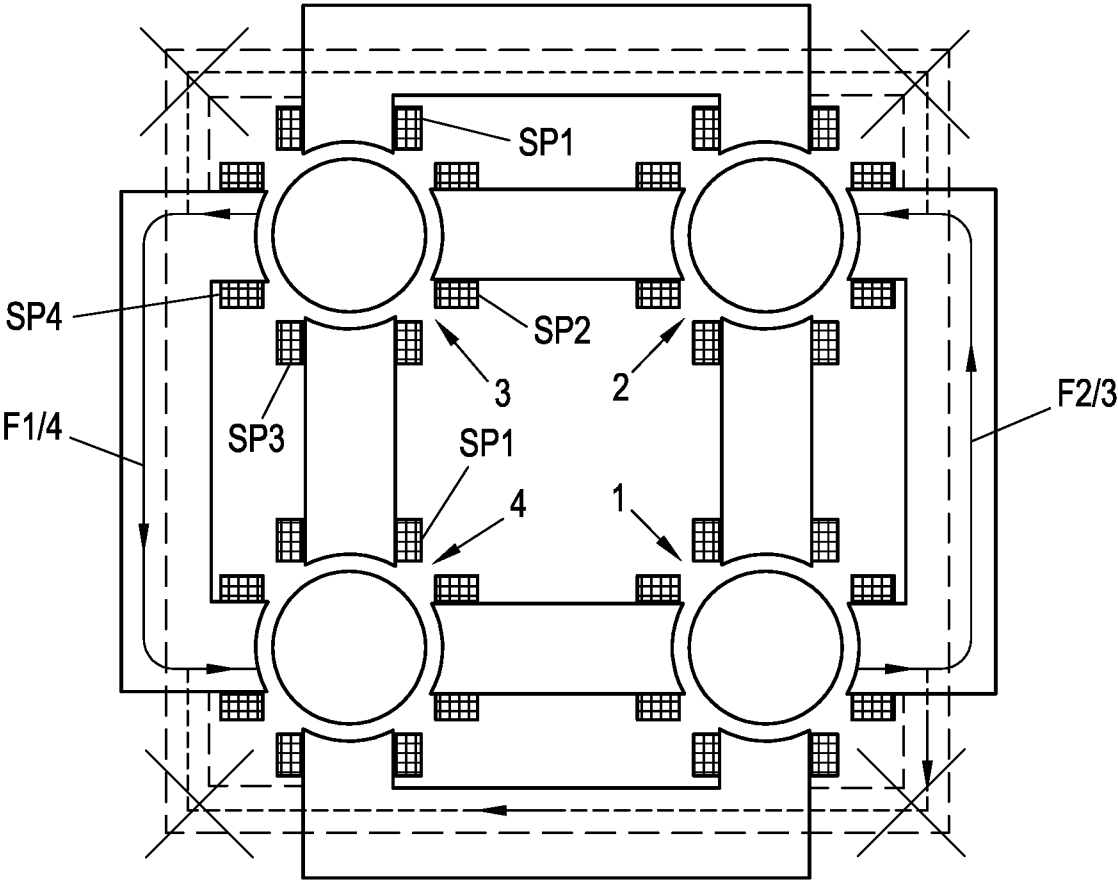


Fig. 3

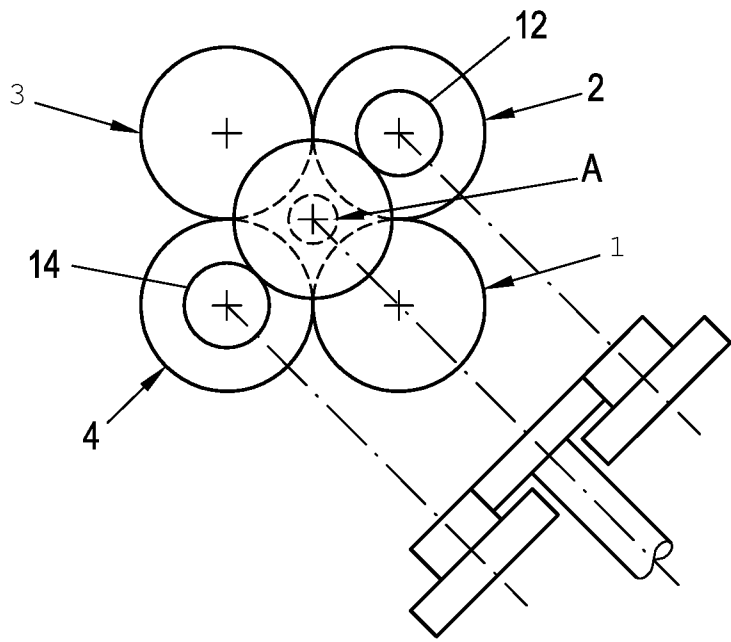


Fig. 4

3/6

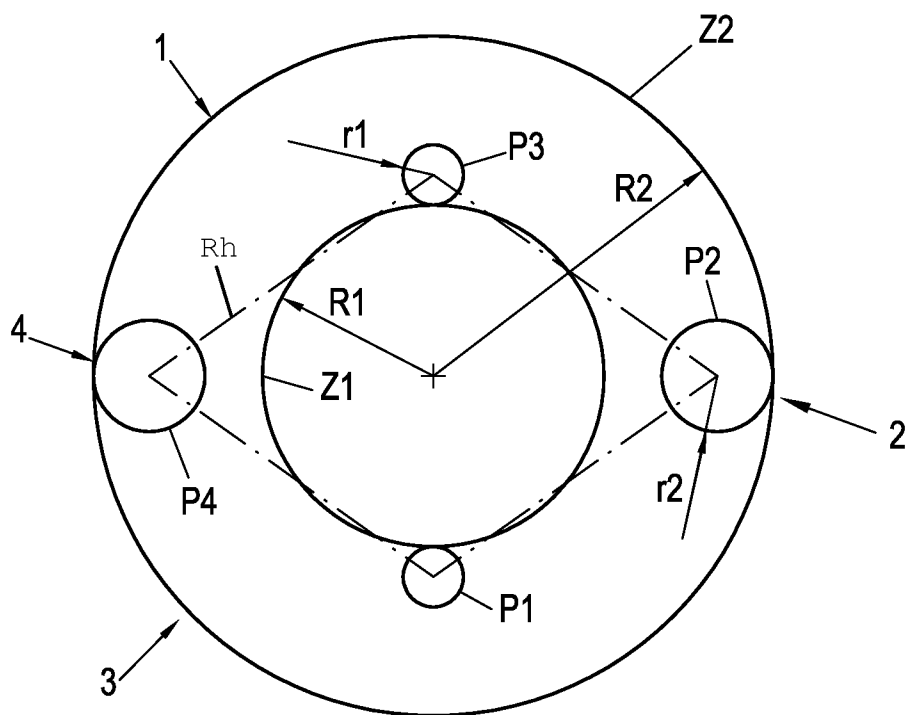


Fig. 5

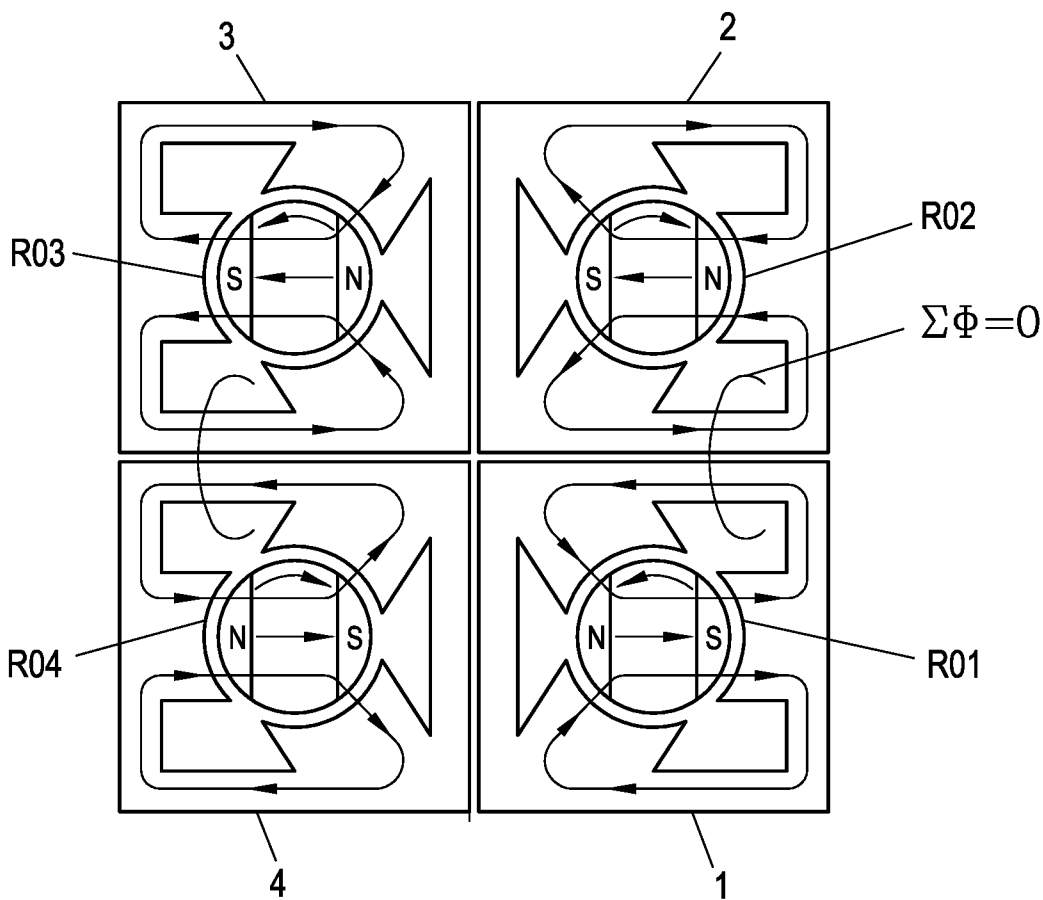


Fig. 6a

4/6

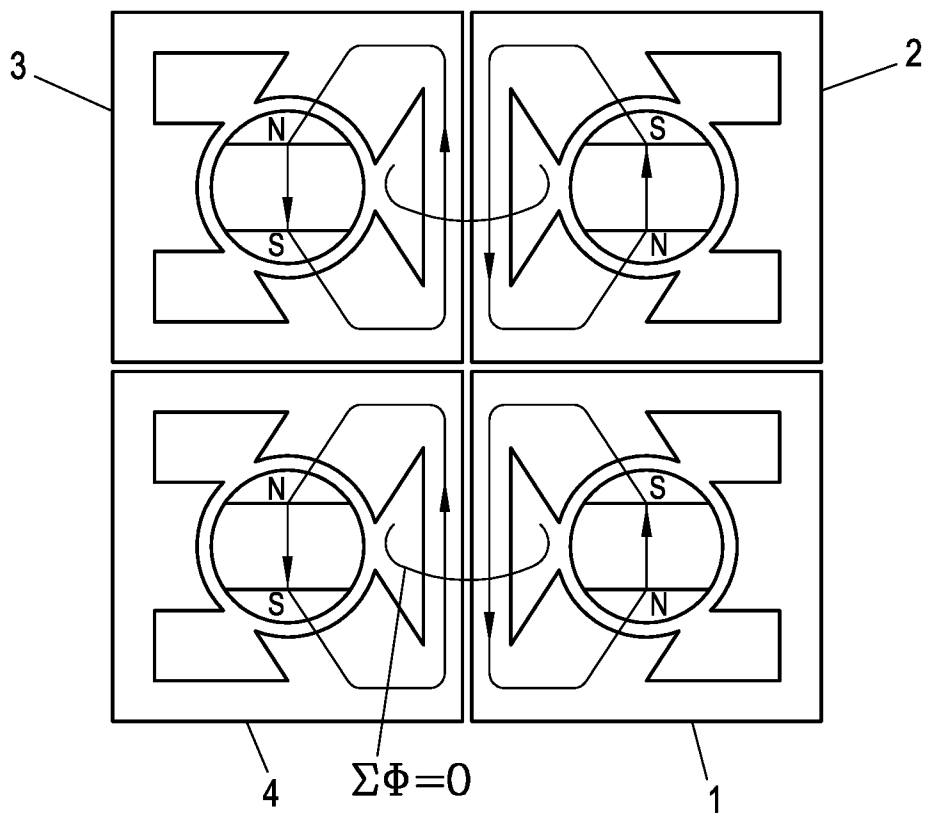


Fig. 6b

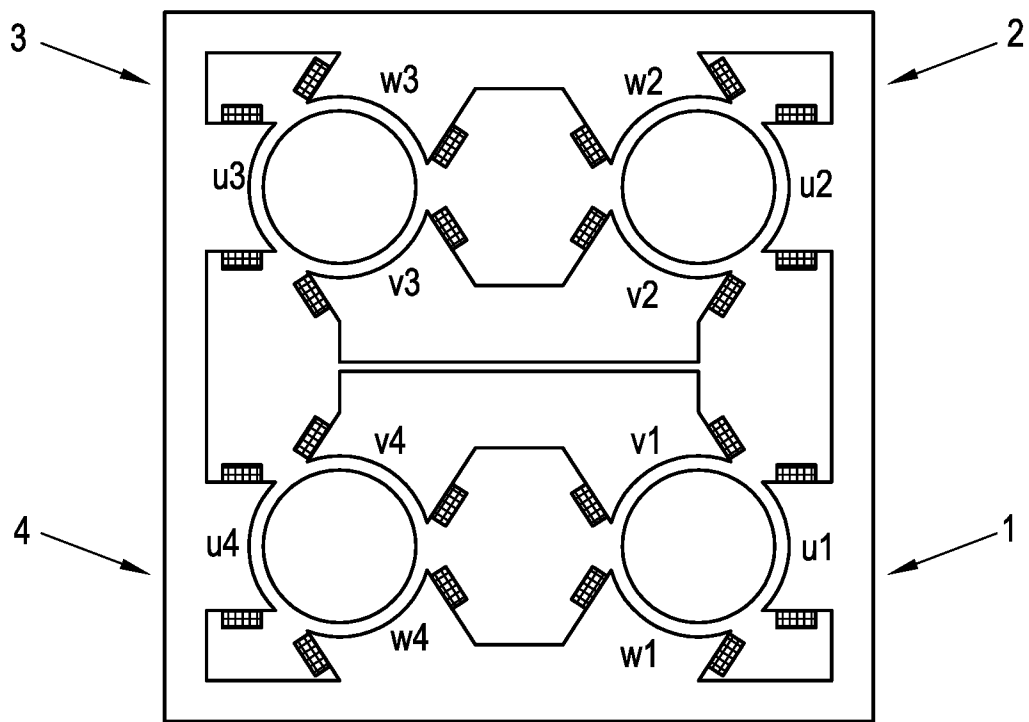
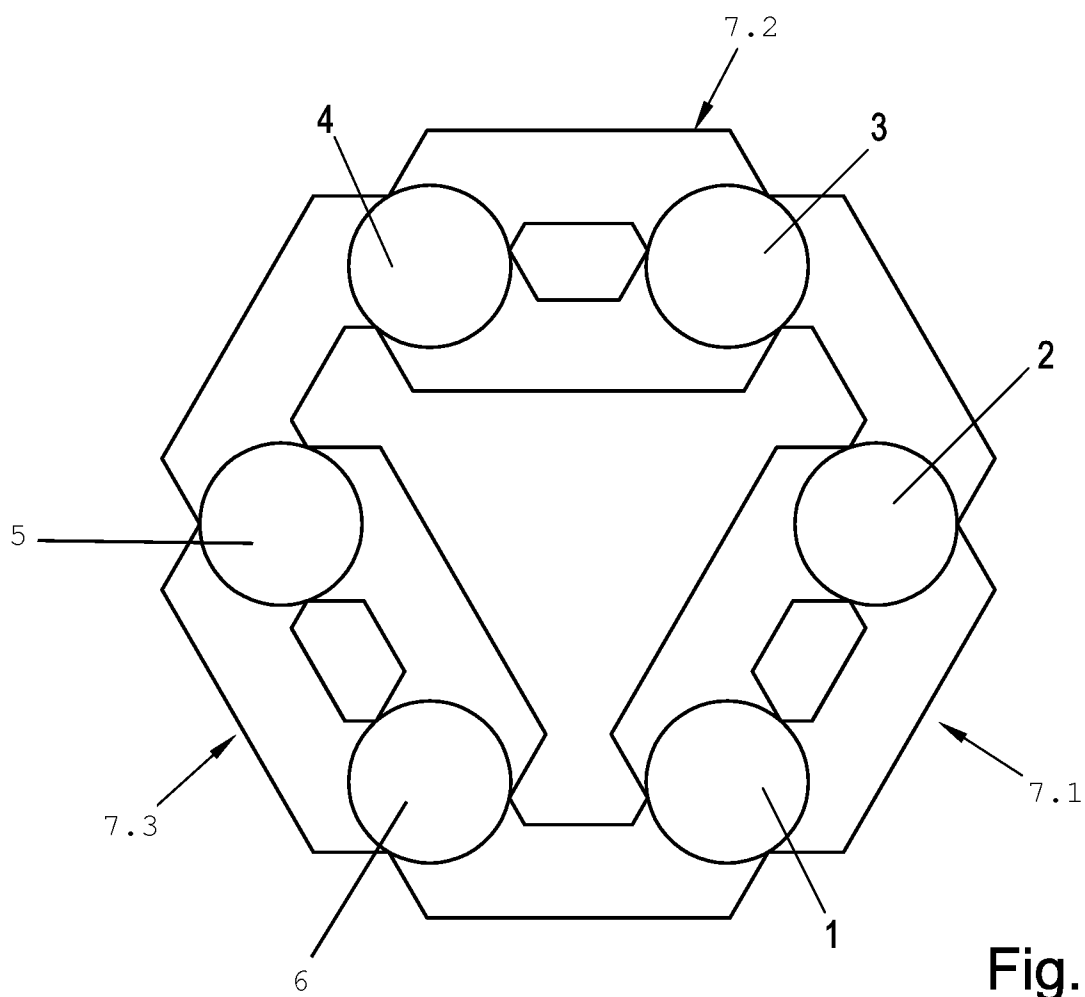
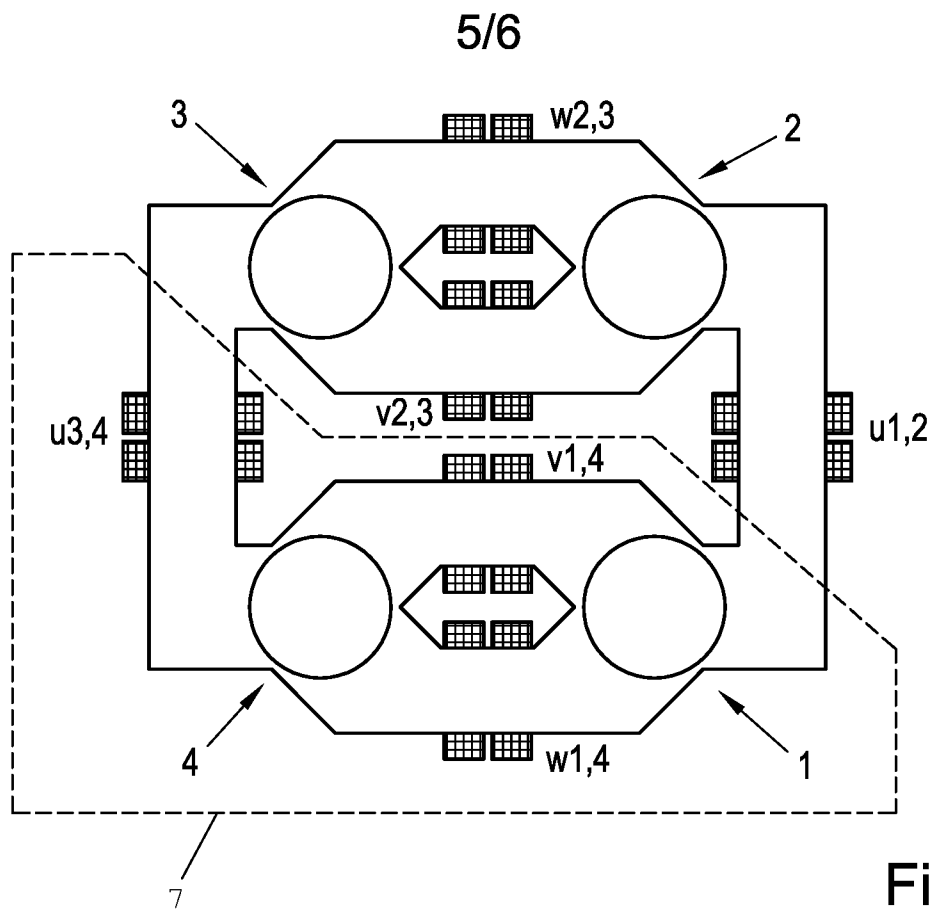


Fig. 7



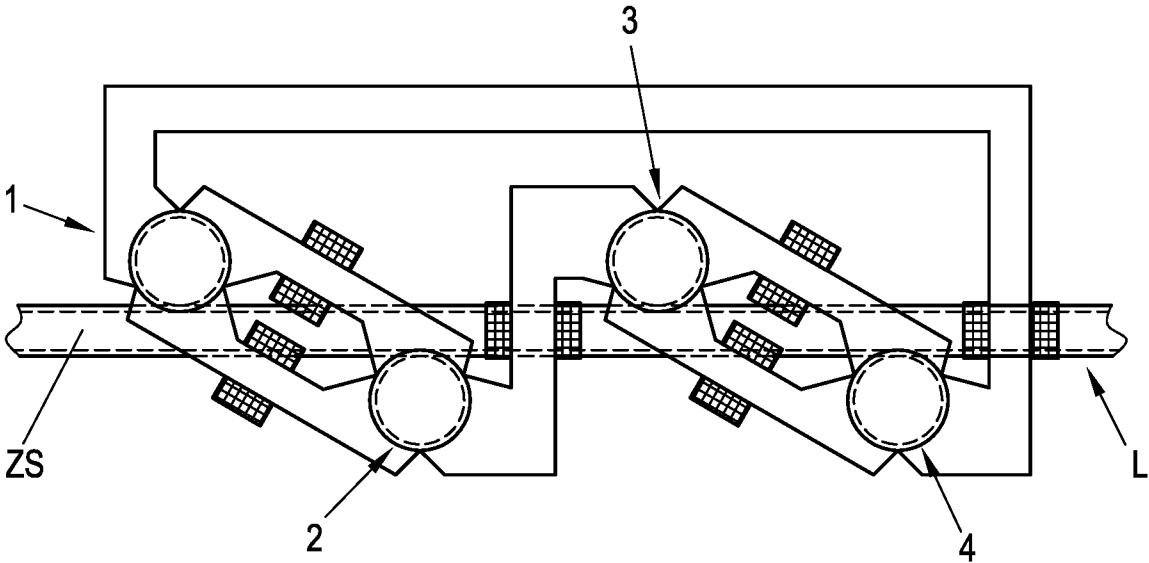


Fig. 10

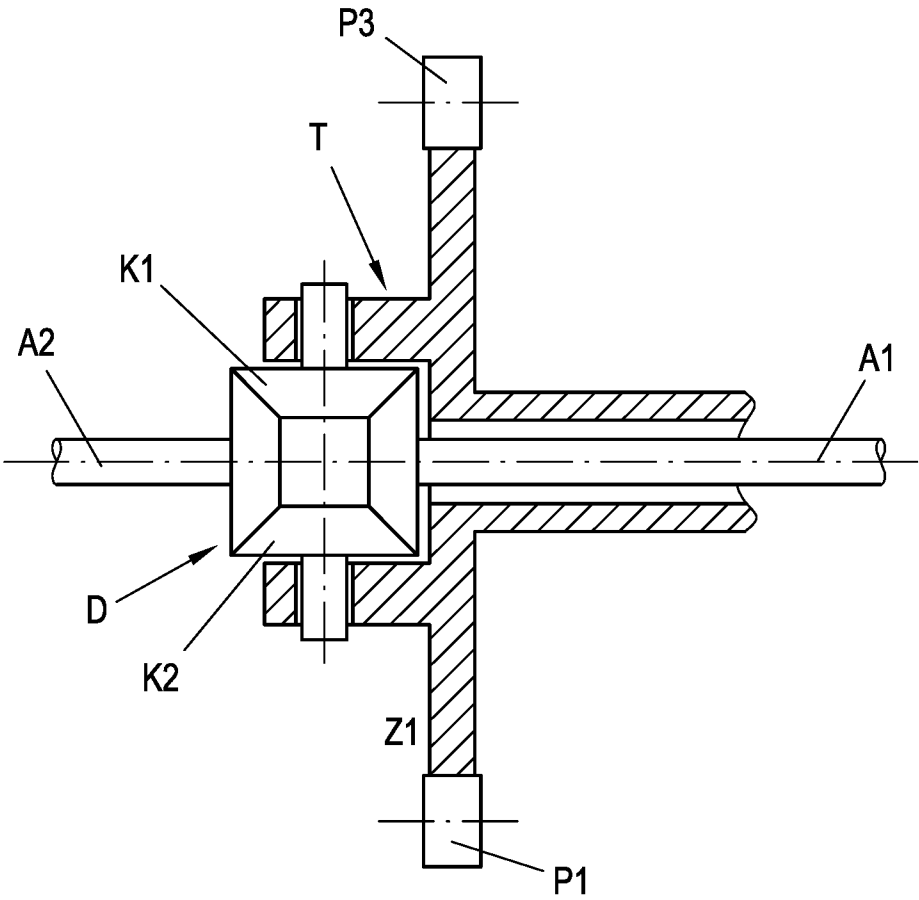


Fig. 11