



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 105 459.7**

(22) Anmeldetag: **06.03.2023**

(43) Offenlegungstag: **07.09.2023**

(51) Int Cl.: **F16H 47/04 (2006.01)**

F16H 61/40 (2010.01)

B60K 17/10 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

17/653,856 07.03.2022 US

17/653,857 07.03.2022 US

(72) Erfinder:

Dalla Palma, Lorenzo, Arco, Trentino, IT; Gunsch, Fabio, Arco, Trentino, IT; Gelmini, Mario, Arco, Trentino, IT; Profumo, Giovanni, Arco, Trentino, IT

(71) Anmelder:

DANA ITALIA S.R.L., Arco, Trento, IT

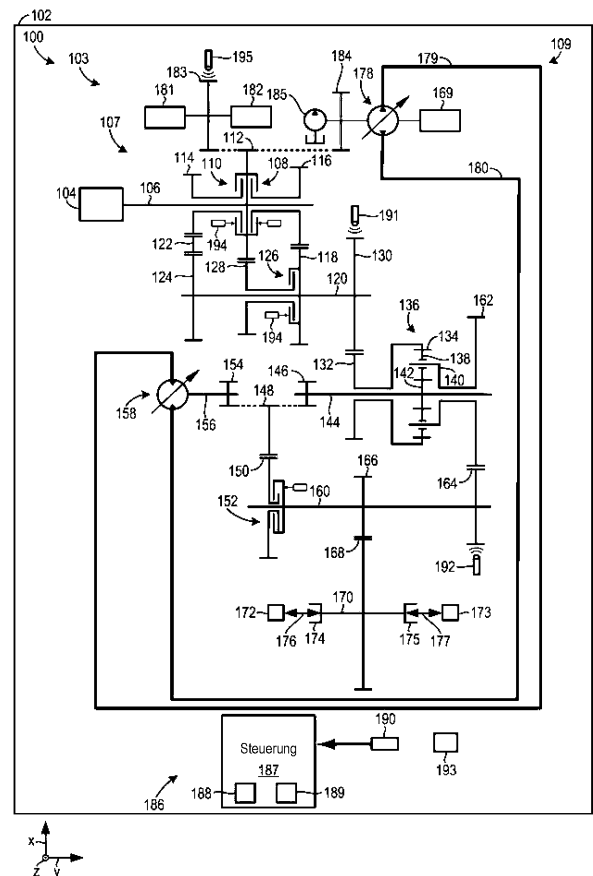
(74) Vertreter:

Pfenning, Meinig & Partner mbB Patentanwälte, 10719 Berlin, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **HYDROMECHANISCHES GETRIEBE UND STEUERUNGSVERFAHREN**

(57) Zusammenfassung: Hierin werden Verfahren und Systeme für ein hydromechanisches Getriebe bereitgestellt. In einem Beispiel beinhaltet das Getriebesystem eine hydrostatische Anordnung mit einer hydraulischen Verstellpumpe und einem Hydraulikmotor sowie einen Planetenradsatz, der über separate Zahnräder und Wellen mit einem Mehrganggetriebe, einem Hydraulikmotor und einer Ausgangswelle verbunden ist. In dem System ist die hydraulische Verstellpumpe mit einem Eingang des Mehrganggetriebes gekoppelt, das Mehrganggetriebe beinhaltet eine oder mehrere Kupplungen und ist mit einer Antriebsmaschine gekoppelt, und die Ausgangswelle ist für die Kopplung mit einer Achse ausgelegt.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf ein hydromechanisches Getriebe und ein Verfahren zur Einstellung des Fahrbereichs des Getriebes.

HINTERGRUND UND ZUSAMMENFASSUNG

[0002] Hydromechanische Getriebe ermöglichen die Kombination von Leistungsmerkmalen mechanischer und hydrostatischer Getriebe, wie z. B. Wirkungsgrad, Schaltqualität, Antriebseigenschaften und Steuerungsreaktion, um die Konstruktionsziele für das Fahrzeug zu erreichen. Einige hydromechanische Getriebe, die in der Fachwelt als hydromechanisch variable Getriebe (HVT) bezeichnet werden, bieten stufenlos verstellbare Übersetzungsverhältnisse. Hydromechanische Getriebe können aufgrund ihrer Effizienz besonders wünschenswert sein. Fahrzeuge, die in Branchen wie der Landwirtschaft, dem Baugewerbe, dem Bergbau, dem Materialtransport, der Öl- und Gasindustrie usw. eingesetzt werden, verwenden HVTs.

[0003] US 7,530,914 B2 an Fabry et al. lehrt ein hydromechanisches Getriebe mit zwei Synchronisationen und zwei Kupplungen. Die Synchronisationsvorrichtungen und Kupplungen arbeiten zusammen, um das Getriebe sowohl im Vorwärts- als auch im Rückwärtsgang zwischen hohen und niedrigen Geschwindigkeitsbereichen zu schalten. In Fabrys Getriebe ist jede Kupplung mit einer Synchronisationsvorrichtung auf einer gemeinsamen Welle gekoppelt. Außerdem sind die Kupplungs- und Synchronisationspaare aufgrund der kinematischen Anordnung der Getriebeanordnung voneinander beabstandet.

[0004] Die Erfinder haben sowohl bei dem Getriebe von Fabry als auch bei anderen hydromechanischen Getrieben mehrere Nachteile erkannt. Die Synchronisationen von Fabry können beispielsweise anfällig für Beschädigungen sein, was die Zuverlässigkeit des Getriebes verringert. Außerdem können die Synchronisationen den Umfang und die Komplexität des Getriebes erhöhen. Ferner können die verfügbaren Fahrbereiche des Getriebes von Fabry in bestimmten Fahrzeugplattformen unerwünscht sein. Zum Beispiel kann bei bestimmten Fahrzeugen eine größere Anzahl von Fahrbereichen gewünscht sein. Insbesondere können einige Fahrzeugplattformen eine Asymmetrie in Bezug auf die Anzahl der Vorwärts- und Rückwärtsfahrbereiche erfordern, um die Leistungsziele zu erreichen. Bei anderen hydromechanischen Getrieben wurden unerwünschte Kompromisse in Bezug auf die Komplexität des Getriebes, die Raumeffizienz, die Fahrbereiche und die Leichtgängigkeit der Schaltung eingegangen.

[0005] Um zumindest einen Teil der oben genannten Probleme zu lösen, entwickelten die Erfinder ein Getriebesystem. Das Getriebesystem beinhaltet eine hydrostatische Anordnung mit einer hydraulischen Verstellpumpe und einem Hydraulikmotor. Das System beinhaltet außerdem einen Planetenradsatz, der über separate Zahnräder und Wellen mit einem Mehrganggetriebe, einem Hydraulikmotor und einer Ausgangswelle verbunden ist. Außerdem ist das Mehrganggetriebe mit einer Antriebsmaschine wie einem Motor gekoppelt und beinhaltet mehrere Kupplungen. Ferner ist die Ausgangswelle des Systems dazu ausgelegt, mit einer Achse gekoppelt zu werden, und die hydraulische Verstellpumpe ist mit einem Eingang des Getriebes verbunden. Auf diese Weise erreicht das Getriebe die gewünschten Leistungsmerkmale in Bezug auf Wirkungsgrad und Fahrbereich in einem vergleichsweise kompakten Gehäuse. In einem Beispiel ist das Getriebesystem beispielsweise mit mindestens zwei Rückwärtsfahrbereichen und drei Vorwärtsfahrbereichen ausgelegt. Somit kann das System über eine größere Anzahl von Vorwärtsfahrbereichen als Rückwärtsfahrbereichen verfügen, so dass die verfügbaren Fahrbereiche den gewünschten Leistungsmerkmalen des Fahrzeugs entsprechen können, falls erwünscht. Die Attraktivität für die Kunden wird dadurch erhöht.

[0006] In einem weiteren Beispiel handelt es sich bei den Kupplungen des Mehrganggetriebes um Reibungskupplungen, und das Getriebe kann dazu ausgelegt sein, eine Lastschaltung zwischen zwei Fahrbereichen durchzuführen. Auf diese Weise lassen sich Unterbrechungen der Drehmomentübertragung bei Schaltvorgängen erheblich reduzieren und in manchen Fällen sogar ganz vermeiden. Im Vergleich zu Getrieben mit anderen Kupplungsarten, wie z. B. Klauenkupplungen, kann die Leistung des Getriebes im Hinblick auf den Wirkungsgrad erhöht werden, während gleichzeitig Geräusche, Vibrationen und Schläge (Noise, Vibration, and Harshness, NVH) beim Schalten verringert werden.

[0007] Es versteht sich, dass die obige Zusammenfassung dazu dient, in vereinfachter Form eine Auswahl von Konzepten vorzustellen, die in der ausführlichen Beschreibung näher erläutert werden. Sie ist nicht dazu gedacht, die wichtigsten oder wesentlichen Merkmale des beanspruchten Gegenstands zu identifizieren, dessen Umfang eindeutig durch die Ansprüche definiert wird, die auf die detaillierte Beschreibung folgen. Darüber hinaus ist der beanspruchte Gegenstand nicht auf Implementierungen beschränkt, die die oben oder in anderen Teilen dieser Offenbarung genannten Nachteile beheben.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

Fig. 1A zeigt eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs mit einem hydromechanischen Getriebe.

Fig. 1B zeigt eine Tabelle, in der die Konfiguration der Kupplungen in dem hydromechanischen Getriebe aus **Fig. 1A** in verschiedenen Fahrbereichen angegeben ist.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Beispiels für ein hydromechanisches Getriebesystem.

Fig. 3A und **Fig. 3B** zeigen die Modi der Drehmoment- und Drehzahlregelung in einem Beispiel für ein hydromechanisches Getriebesystem.

Fig. 4 zeigt ein Verfahren für den Betrieb eines hydromechanischen Getriebesystems.

Fig. 5 zeigt eine grafische Darstellung des hydrostatischen Verhältnisses gegenüber dem mechanischen Verhältnis in einem hydromechanischen Getriebe.

Fig. 6 zeigt ein Verfahren für die Durchführung eines asynchronen Schaltvorgangs in einem hydromechanischen Getriebesystem.

Fig. 7 zeigt ein Schwenkwinkeldiagramm für die Hydraulikpumpe und den Hydraulikmotor in einem hydromechanischen Getriebesystem.

Fig. 8A-8D zeigen grafische Darstellungen des Getriebeübersetzungsverhältnisses, der Motordrehzahl, des Differenzdrucks und des Kupplungsdrucks, die während eines asynchronen Schaltvorgangs auftreten.

Fig. 9 zeigt eine detaillierte grafische Darstellung der Motordrehzahlziele und -sollwerte, die während eines asynchronen Schaltvorgangs in einem hydromechanischen Getriebe auftreten.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0008] Ein hydromechanisches Getriebe und ein Verfahren zum Betrieb des Getriebes werden hierin bereitgestellt. Das hydromechanische Getriebe ermöglicht das asynchrone Schalten zwischen mindestens zwei Fahrbereichen des Getriebes mit einer Architektur, die im Vergleich zu anderen Getrieben, die ausschließlich für den synchronen Schaltbetrieb ausgelegt sind, unter Umständen eine vergleichsweise große Raumeffizienz und eine geringere Komplexität (z. B. insbesondere im Hinblick auf die Planetenradsatzanordnung) aufweisen kann. Die Konstruktion des Getriebes mit asynchroner Schaltung ermöglicht zudem mehr Flexibilität bei der Steuerung der Gangschaltung. So bietet der asynchrone Schaltvorgang ein größeres Schaltfenster als die synchrone Schaltung, die zu einem bestimm-

ten Schaltpunkt erfolgen kann. Das Getriebe beinhaltet eine hydrostatische Anordnung, ein Mehrganggetriebe mit Kupplungen und einen Planetenradsatz. Das Getriebe und der hydrostatische Motor können mit dem Planetenradsatz gekoppelt sein. Durch diese Anordnung der Getriebekomponente kann das Getriebe eine gewünschte Anzahl von Gangbereichen (z. B. mindestens zwei Rückwärtsfahrbereichen und mindestens drei Vorwärtsfahrbereichen) sowie eine relativ platzsparende Unterbringung erreichen. Der erste hydrostatische Fahrbereich ermöglicht eine genauere Positionierung der Getriebekomponenten. Außerdem kann zumindest ein Teil der Getriebekupplungen auf der Eingangsseite des Getriebes angeordnet sein, um die Abmessungen der Kupplung zu verringern.

[0009] Die im System verwendete Schaltstrategie kann das asynchrone Schalten zwischen zwei Fahrbereichen durch Umkehrung der Drehzahl der hydrostatischen Anordnung während eines Schaltfensters beinhalten. Diese Drehzahlumkehr der hydrostatischen Anordnung kann bei der Übergabe des Drehmoments zwischen zwei der Kupplungen im Getriebegehäuse auftreten. Bei dieser Drehmomentübergabe wird eine Kupplung eingerückt, während die andere Kupplung ausgerückt ist. Dadurch haben die Kupplungen Schlupf und das Ausgangsdrehmoment des Getriebes kann im Wesentlichen konstant gehalten werden. Auf diese Weise kann eine asynchrone Schaltung mit geringer oder ohne Leistungsunterbrechung erfolgen, wenn dies gewünscht wird. Folglich können Geräusche, Vibrationen und Schläge (NVH) während der Schaltvorgänge reduziert (z. B. vermieden) und die Schaltleistung allgemein erhöht werden.

[0010] **Fig. 1A** zeigt eine schematische Darstellung eines Getriebesystems 100 (z. B. ein hydromechanisches variables Getriebe (HVT)) in einem Fahrzeug 102 oder einer anderen geeigneten Maschinenplattform. Es versteht sich, dass das Getriebesystem 100 ein Getriebe 103 beinhaltet. In einem Beispiel kann das Fahrzeug ein Geländefahrzeug sein, in anderen Beispielen kann das Getriebe auch in Straßenfahrzeugen eingesetzt werden. Ein Geländefahrzeug kann ein Fahrzeug sein, das aufgrund seiner Größe und/oder seiner Höchstgeschwindigkeit nicht über längere Zeit auf Autobahnen betrieben werden kann. So kann beispielsweise die Breite des Fahrzeugs größer sein als eine Autobahnspur und/oder die Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs kann unter der auf der Autobahn zulässigen oder empfohlenen Mindestgeschwindigkeit liegen. Zu den Branchen und den entsprechenden Betriebsumgebungen, in denen das Fahrzeug eingesetzt werden kann, gehören Bauwesen, Forstwirtschaft, Bergbau, Landwirtschaft und Ähnliches. In jedem Fall kann das Fahrzeug mit Hilfssystemen ausgestattet sein, die von hydraulischen und/oder mechanischen Neben-

abtrieben (Power Take-Offs, PTOs) angetrieben werden.

[0011] Das Getriebesystem 100 kann als stufenloses Getriebe (Infinitely Variable Transmission, IVT) funktionieren, bei dem das Übersetzungsverhältnis des Getriebes stufenlos von einer negativen Höchstgeschwindigkeit bis zu einer positiven Höchstgeschwindigkeit mit einer unendlichen Anzahl von Übersetzungspunkten gesteuert wird. Auf diese Weise kann das Getriebe ein vergleichsweise hohes Maß an Anpassungsfähigkeit und Effizienz erreichen, verglichen mit Getrieben, die in diskreten Übersetzungen arbeiten.

[0012] Das Getriebesystem 100 kann asymmetrische maximale Ausgangsdrehzahlen für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt aufweisen. Durch diese Asymmetrie zwischen Vorwärts- und Rückwärtsfahrt kann das Getriebe eine erwünschte Bandbreite an Drehzahlbereichen erreichen. Es wurden jedoch auch andere geeignete Ausgangsdrehzahlvarianten in Betracht gezogen, wie z. B. symmetrische Ausgangsdrehzahlen in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung, die jedoch den Einsatz einer oder mehrerer zusätzlicher Kupplung(en) erfordern können, was die Komplexität des Systems erhöhen kann.

[0013] Das Getriebesystem 100 kann eine Antriebsmaschine 104 enthalten oder von dieser Leistung erhalten. Die Antriebsmaschine 104 kann einen Verbrennungsmotor, eine elektrische Maschine (z. B. einen elektrischen Motorgenerator), Kombinationen davon und Ähnliches einschließen.

[0014] Zahnräder, wie z. B. Kegelräder, können verwendet werden, um die Antriebsmaschine 104 mit einer Eingangswelle 106 drehbar zu verbinden. Die Eingangswelle 106 kann zusammen mit den hier näher beschriebenen Zahnrädern, Kupplungen, anderen Wellen und dergleichen in einem Mehrganggetriebe 107 enthalten sein. Dieses Getriebe kann konzeptionell in einem mechanischen Zweig des Getriebes enthalten sein, der parallel mit einer hydrostatischen Anordnung 109 gekoppelt sein kann.

[0015] Wie hierin beschrieben, bedeutet eine parallele Befestigung zwischen Komponenten, Anordnungen und dergleichen, dass der Eingang und der Ausgang der beiden Komponenten oder Gruppen von Komponenten miteinander gekoppelt sind (z. B. drehgekoppelt), so dass Kraft (z. B. mechanische Kraft im Falle einer mechanischen Verbindung) zwischen ihnen fließt. Durch diese parallele Anordnung kann die Leistung unter bestimmten Bedingungen durch die hydrostatische Anordnung zurückgeführt oder unter anderen Bedingungen additiv aus dem mechanischen Zweig und dem hydrostatischen Zweig kombiniert werden. Dadurch wird die Anpassungsfähigkeit des Getriebes erhöht, was im Ver-

gleich zu rein hydrostatischen Getrieben eine Steigerung des Betriebswirkungsgrades ermöglicht.

[0016] Ferner kann, wie hier beschrieben, ein Zahnrad eine mechanische Komponente sein, die sich dreht und Zähne aufweist, welche so profiliert sind, dass sie mit Zähnen in einem oder mehreren entsprechenden Zahnrädern kämmen, um eine mechanische Verbindung zu bilden, die eine Übertragung von Rotationsenergie durch sie hindurch ermöglicht. Ferner werden die Eingangs- und Ausgangswelle des Getriebes im Hinblick auf einen Antriebsmodus beschrieben, bei dem die Antriebsmaschine 104 mechanische Leistung auf das Getriebe überträgt und das Getriebe wiederum mechanische Leistung auf nachgeschaltete Komponenten wie Achsen, Antriebsräder und dergleichen überträgt.

[0017] Eine Rückwärtskupplung 108 und eine Kupplung 110. Die Kupplung 110 kann einem zweiten Fahrbereich zugeordnet sein, auf den hier näher eingegangen wird, und kann daher auch als Kupplung für den zweiten Fahrbereich bezeichnet werden. Die Kupplungen 108 und 110 sowie die anderen hier beschriebenen Kupplungen können Reibungskupplungen (z. B. Nassreibungskupplungen) sein und daher Platten (z. B. Reibungs- und Trennplatten) enthalten, die während des Kupplungseingriffs reibschlüssig ineinander greifen. Während des teilweisen Ein- oder Auskuppelns wird das Durchrutschen dieser Platten zugelassen, so dass die Drehmomentübertragung durch die Kupplung selektiv verstärkt werden kann. Außerdem können die hier beschriebenen Kupplungen hydraulisch und/oder elektromechanisch betätigt werden. So können die Kupplungen beispielsweise Kolben 194 enthalten, die das Ein- und Auskuppeln der Kupplung in Abhängigkeit vom Hydraulikfluiddruck in einer Kolbenkammer einstellen. Ventile (z. B. hydraulische Steuerventile), die elektronisch gesteuert werden können, z. B. über ein Magnetventil, können verwendet werden, um den Druck einzustellen, der dem hydraulischen Aktuator der Kupplung (z. B. der Kolbenanordnung) zugeführt wird. Die Kupplungen können außerdem Trommeln, Separatoren, Träger und dergleichen beinhalten.

[0018] Die Rückwärtskupplung 108 und die Kupplung 110 sind dazu ausgelegt, selektiv in ein Zahnrad 112 einzugreifen, das auf der Eingangswelle angeordnet ist. Im Einzelnen kann durch das Einrücken der Kupplung 110 das Zahnrad 112 zur Drehung mit einem Zahnrad 114 gekoppelt werden. Umgekehrt kann durch das Einrücken der Rückwärtskupplung 108 das Zahnrad 112 für die Drehung mit einem Zahnrad 116 gekoppelt werden.

[0019] Das Zahnrad 116 kann mit einem Zahnrad 118 gekoppelt sein, das sich mit der Welle 120 dreht. Andererseits kann das Zahnrad 114 mit einem Zahnrad 122 kämmen, das mit einem Zahnrad

124 kämmt, welches sich mit der Welle 120 dreht. So können die Zahnräder 118 und 124 fest mit der Welle 120 gekoppelt oder anderweitig zu Drehung mit der Welle 120 befestigt sein. Auf diese Weise können die Rückwärtskupplung und die Rückwärtskupplung ein Drehmoment in entgegengesetzten Richtungen auf die Welle 120 übertragen. Eine Kupplung 126 ist koaxial zur Welle 120 angeordnet und dazu ausgelegt, das Zahnrad 118 und ein mit dem Zahnrad 112 gekoppeltes Zahnrad 128 selektiv in Eingriff zu bringen. Die Kupplung 126 kann mit einem dritten Fahrbereich verbunden sein, auf den hier näher eingegangen wird. Daher kann die Kupplung 126 auch als Kupplung für den dritten Fahrbereich bezeichnet werden.

[0020] Ein Zahnrad 130, das fest mit der Welle 120 verbunden ist und sich mit ihr drehen kann, kann mit einem Zahnrad 132 kämmen. Das Zahnrad 132 kann über eine Welle oder eine geeignete Konstruktion mit einem Hohlrad 134 in einem Planetenradsatz 136 verbunden sein. Der Planetenradsatz 136 kann ein einfacher Planetenradsatz sein, obwohl in anderen Beispielen auch komplexere Planetenanordnungen verwendet werden können. So kann der Planetenradsatz 136 Planetenräder 138, die sich auf einem Träger 140 drehen, und ein Sonnenrad 142 enthalten.

[0021] Das Sonnenrad 142 kann fest mit einer Welle 144 zur Drehung damit verbunden sein. Das Zahnrad 146 kann fest zur Drehung mit der Welle 144 verbunden sein. Das Zahnrad 146 kann mit einem Zahnrad 148 verbunden sein. Die mechanische Verbindung zwischen diesen Zahnrädern ist durch eine gestrichelte Linie gekennzeichnet und kann durch geeignete mechanische Komponenten wie Wellen, Gelenke und dergleichen hergestellt werden. Das Zahnrad 148 kann mit einem Zahnrad 150 kämmen, das mit einer Kupplung 152 verbunden ist. Die Kupplung 152 kann einem ersten Fahrbereich zugeordnet sein und daher als Kupplung für den ersten Fahrbereich bezeichnet werden. Ein Zahnrad 154 kann mit einer mechanischen Schnittstelle 156 eines Hydraulikmotors 158 verbunden sein. Die Kupplung 152 ist dazu ausgelegt, eine selektive Drehmomentübertragung vom Zahnrad 150 auf eine Ausgangswelle 160 zuzulassen. Ein mit dem Träger 140 verbundenes Zahnrad 162 kann mit einem anderen Zahnrad 164 auf der Ausgangswelle 160 kämmen. Ein weiteres Zahnrad 166 auf der Ausgangswelle 160 kann mit einem Zahnrad 168 auf einer Welle 170 kämmen, die als Verbindung für nachgeschaltete Komponenten wie die Antriebsachsen 172, 173 dient. Im Einzelnen können mechanische Schnittstellen 174, 175 (z. B. Joche, Gelenke und dergleichen) die Welle 170 mit den Antriebsachsen 172, 173 verbinden. Die Pfeile 176, 177 bezeichnen die mechanische Kraftübertragung zwischen den Achsen 172, 173 und den mechanischen Schnittstellen 174, 175. Für die

mechanische Kraftübertragung zwischen dem Getriebe und den Achsen kann ein Antriebsstrang mit einer Welle, Gelenken usw. verwendet werden. Es versteht sich, dass die Antriebsachsen 172, 173 mit Antriebsrädern verbunden sein können.

[0022] Der Hydraulikmotor 158 ist in der hydrostatischen Anordnung 109 enthalten. Der Hydraulikmotor kann ein variabler Axialkolbenmotor oder ein stationärer Motor sein, z. B. ein Rotationsmotor mit axialem Kegelkolben und gebogener Achse. Die hydrostatische Anordnung 109 kann außerdem eine hydraulische Verstellpumpe 178 (z. B. eine bidirektionale Verstellpumpe) enthalten. Ferner 178 kann es sich bei der Hydraulikpumpe in einem Fall um eine Axialkolbenpumpe handeln. Genauer gesagt kann die Axialkolbenpumpe in einem spezifischen Beispiel eine Taumelscheibe enthalten, die mit den Kolben und Zylindern zusammenwirkt, um die Fördermenge der Pumpe durch eine Änderung des Schwenkwinkels zu verändern. Es wurden jedoch auch andere geeignete Arten von bidirektionalen Verstellpumpen in Betracht gezogen.

[0023] Der Hydraulikmotor 158 und die Hydraulikpumpe 178 können hydraulisch parallel gekoppelt sein. Insbesondere sind die Hydraulikleitungen 179, 180 jeweils an den hydraulischen Schnittstellen des Hydraulikmotors 158 und der Hydraulikpumpe 178 befestigt, damit die hydrostatische Anordnung in Bezug auf einen mechanischen Zweig, der im Mehrganggetriebe 107 ausgebildet und mit der hydrostatischen Anordnung 109 gekoppelt (z. B. parallel dazu angeordnet) ist, eine Additiv- und Leistungsrückführungsfunktion bereitstellen kann. In einem additiven Leistungsmodus wird beispielsweise die Leistung sowohl der hydrostatischen als auch der mechanischen Anordnung an dem Planetenradsatz 136 kombiniert und an die Ausgangswelle 160 abgegeben. Somit können die Hydraulikpumpe 178 und der Hydraulikmotor 158 dazu betrieben werden, Leistung zum Planetenradsatz 136 zu leiten. In einem Leistungsrückführungsmodus wird die Leistung durch die hydrostatische Anordnung 109 zum Eingang des Mehrganggetriebes 107 zurückgeführt. Somit fließt im Leistungsrückführungsmodus Leistung von der hydrostatischen Anordnung 109 zum Zahnrad 112.

[0024] Die Kopplung der hydrostatischen Anordnung 109 mit dem Mehrganggetriebe 107 ermöglicht es, dass das Getriebe eine Leistungsverzweigung erreicht, bei der die Leistung synchron durch beide Pfade fließen kann, um die Leistung additiv zu kombinieren oder durch das System zu rezirkulieren. Durch diese Leistungsverzweigungsanordnung ist der Leistungsfluss des Getriebes in hohem Maße anpassbar, um den Wirkungsgrad in einem breiten Spektrum von Betriebsbedingungen zu erhöhen. So

kann das Getriebe in einem Beispiel ein Getriebe mit voller Leistungsaufteilung sein.

[0025] Ein erster mechanischer Nebenabtrieb 181 und/oder ein zweiter mechanischer Nebenabtrieb 182 können mit einem Zahnrad 183 gekoppelt sein. Das Zahnrad 183 kann wiederum mechanisch mit dem Zahnrad 112 verbunden sein. Die mechanischen Nebenabtriebe 181, 182 können Hilfssysteme wie eine Pumpe (z. B. eine Hydraulikpumpe, eine Pneumatikpumpe o. Ä.), eine Winde, einen Ausleger, eine Bettanhebevorrichtung o. Ä. antreiben. Um die Leistungsübertragung auf Hilfskomponenten zu ermöglichen, können die mechanischen Nebenabtriebe eine Schnittstelle, Welle(n), ein Gehäuse und Ähnliches beinhalten. In anderen Beispielen dagegen können die mechanischen Nebenabtriebe aus dem Getriebesystem 100 weggelassen werden. Ein weiterer Nebenantrieb 169 kann mit der Hydraulikpumpe 178 drehbar gekoppelt sein.

[0026] Ein Zahnrad 184, das mit dem Zahnrad 116 gekoppelt ist, kann drehbar mit einer Ladepumpe 185 verbunden sein. Die Ladepumpe 185 kann dazu ausgelegt sein, unter Druck stehendes Fluid an Hydraulikkomponenten im Getriebe, wie z. B. dem Hydraulikmotor 158, der Hydraulikpumpe 178 und dergleichen zu liefern. Das von der Ladepumpe unter Druck gesetzte Fluid 185 kann zusätzlich für die Betätigung der Kupplung und/oder Schmierung des Getriebes verwendet werden. Die Ladepumpe 185 kann einen Kolben, einen Rotor, ein Gehäuse, Kammer(n) und Ähnliches enthalten, damit die Pumpe Fluid bewegen kann.

[0027] Ein Steuerungssystem 186 mit einer Steuerung 187 (z. B. Getriebesteuerungseinheit (TCU), elektronische Fahrzeugsteuerungseinheit (ECU), Kombinationen davon und Ähnliches) kann ebenfalls in das Getriebesystem 100 integriert werden. Die Steuerung 187 beinhaltet einen Prozessor 188 und einen Speicher 189. Im Speicher 189 können Anweisungen gespeichert sein, die, wenn sie vom Prozessor ausgeführt werden, die Steuerung 187 dazu veranlassen, die verschiedenen hier beschriebenen Verfahren, Steuerungsstrategien usw. durchzuführen. Der Prozessor 188 kann eine Mikroprozessoreinheit und/oder andere Arten von Schaltungen enthalten. Der Speicher 189 kann bekannte Datenspeichermedien wie Arbeitsspeicher, Nur-Lese-Speicher, Diagnosespeicher, Kombinationen daraus und dergleichen beinhalten..

[0028] Die Steuerung 187 kann Fahrzeugdaten und/oder verschiedene Signale von Sensoren empfangen, die sich an verschiedenen Stellen im Getriebesystem 100 und/oder im Fahrzeug 102 befinden. Zu den Sensoren können die Drehzahlsensoren 191, 192 und 195 gehören, die die Drehzahl von Zahnrad 130, Zahnrad 164 bzw. Zahnrad 183 erfassen. Auf

diese Weise kann die Zahnradrehzahl am Eingang und am Ausgang des Systems zusammen mit der Zahnradrehzahl am Eingang des Planetenradsatzes 136 ermittelt werden. In anderen Beispielen jedoch können die Drehzahlen von mindestens einem Teil der Zahnräder von der Steuerung modelliert werden.

[0029] Die Steuerung 187 kann Steuersignale an einen Aktuator in der Hydraulikpumpe 178 oder an ein mit der Pumpe gekoppeltes Betätigungssystem senden, um die Pumpenleistung und/oder die Richtung des Hydraulikfluidstroms einzustellen. Insbesondere kann die Steuerung Signale an die Pumpe senden, um den Taumelscheibenwinkel einzustellen. Darüber hinaus können die Kupplungen 108, 110, 126, 152 Befehle (z. B. Öffnungs- oder Schließbefehle) von der Steuerung empfangen, und die Aktuatoren in den Kupplungen oder die mit den Kupplungen gekoppelten Betätigungssysteme können den Zustand der Kupplung als Reaktion auf den Empfang des Befehls anpassen. Die Kupplungen können z. B. über Ventile und hydraulisch gesteuerte Kolben 194 betätigt werden, die in einem hydraulischen Steuerungssystem 193 enthalten sind, obwohl auch andere geeignete Kupplungsbetätigungssysteme wie elektromechanische Betätigungssysteme und/oder pneumatische Betätigungssysteme denkbar sind. Das hydraulische Steuerungssystem 193 kann Ventile wie z. B. elektromagnetisch betätigte Ventile beinhalten, die den Durchfluss des den Kupplungen (z. B. den Steuerkolben) zur Betätigung zugeführten Hydraulikfluids einstellen. Das hydraulische Steuerungssystem kann in einem Beispiel auch Hydraulikleitungen und eine Pumpe beinhalten. Alternativ kann die Ladepumpe 185 das hydraulische Steuerungssystem mit unter Druck stehendem Hydraulikfluid (z. B. Öl) versorgen oder darin enthalten sein.

[0030] Zu den anderen steuerbaren Komponenten in dem Getriebesystem gehören die Hydraulikpumpe 178, der Hydraulikmotor 158, die Antriebsmaschine 104 und dergleichen. Diese steuerbaren Komponenten können in ähnlicher Weise funktionieren, wenn es darum geht, Steuerbefehle zu empfangen und einen Ausgang und/oder einen Zustand einer Komponente als Reaktion auf den Empfang des Befehls über einen Aktuator einzustellen. Zusätzlich oder alternativ kann eine ECU im Fahrzeug vorhanden sein, um die Energiequelle (z. B. den Verbrennungsmotor und/oder Elektromotor) zu steuern. Darüber hinaus können das Steuerungssystem 186 und insbesondere die Steuerung 187 mit dem Speicher 189 und dem Prozessor 188 dazu konfiguriert sein, die Schaltverfahren auszuführen, die hier im Hinblick auf **Fig. 4-9** erläutert sind.

[0031] Das Getriebesystem 100 kann eine Eingabevorrichtung 190 (z. B. ein Gaspedal, einen Steuerknüppel, Hebel, Tasten, Kombinationen davon und

Ähnliches) beinhalten. Die Eingabevorrichtung 190 kann als Reaktion auf eine Fahrereingabe eine Anforderung zur Anpassung der Getriebedrehzahl oder des Drehmoments sowie eine gewünschte Fahrtrichtung (Vorwärts- oder Rückwärtsfahrt) erzeugen. Außerdem kann das Getriebesystem bei Bedarf automatisch zwischen den Fahrmodi umschalten. So kann der Fahrer eine Drehzahl- oder Drehmomentänderung im Vorwärts- oder Rückwärtsgang anfordern, und das Getriebe kann eine Drehzahl oder ein Drehmoment erhöhen und automatisch zwischen den mit den verschiedenen Fahrmodi verbundenen Fahrbereichen wechseln (z. B. wenn sich das Getriebe einem erwünschten Schaltpunkt nähert). Außerdem kann in einem Beispiel der Bediener den Rückwärtsgang anfordern, während sich das Fahrzeug im Vorwärtsfahrmodus befindet. In einem solchen Beispiel kann das Getriebe automatisch einen Übergang zwischen dem Vorwärts- und dem Rückwärtsfahrmodus einleiten. Auf diese Weise kann der Fahrer das Fahrzeug effizienter steuern. Darüber hinaus versteht sich, dass die Antriebsmaschine 104 in Verbindung mit dem Getriebe 103 gesteuert werden kann. Wenn beispielsweise eine Anforderung zur Anpassung der Getriebedrehzahl oder des Drehmoments von der Steuerung empfangen wird, können die Ausgangsdrehzahl oder das Drehmoment der Antriebsmaschine entsprechend erhöht werden.

[0032] Das Getriebesystem 100 kann zusätzlich ein Schmiersystem enthalten, das, wie bereits erwähnt, einen Sumpf beinhalten kann. Das Schmiersystem kann ferner herkömmliche Komponenten zur Schmierung der Zahnräder und/oder Kupplungen wie Pumpen, Leitungen, Ventile und dergleichen beinhalten.

[0033] Als Referenz ist ein Achsensystem in **Fig. 1A**, sowie in **Fig. 2-3B** dargestellt. In einem Beispiel kann die z-Achse eine vertikale Achse sein (z. B. parallel zu einer Gravitationsachse), die x-Achse kann eine seitliche Achse sein (z. B. eine horizontale Achse), und/oder die y-Achse kann eine Längsachse sein. In anderen Beispielen können die Achsen jedoch auch andere Ausrichtungen haben.

[0034] **Fig. 1B** zeigt ein Diagramm 199, das die Konfigurationen (eingerückt oder ausgerückt) der Kupplungen 108, 110, 126, 152 aus **Fig. 1A** in den verschiedenen Fahrbereichen zeigt (einem zweiten Rückwärtsfahrbereich, einem ersten Rückwärtsfahrbereich, einem ersten Vorwärtsfahrbereich, einem zweiten Vorwärtsfahrbereich und einem dritten Vorwärtsfahrbereich). Die Kupplung 108 kann als Rückwärtskupplung bezeichnet werden, die Kupplung 152 kann als Kupplung für den ersten Fahrbereich bezeichnet werden, die Kupplung 110 kann als Kupplung für den zweiten Fahrbereich bezeichnet werden und die Kupplung 126 kann als Kupplung für den drit-

ten Fahrbereich bezeichnet werden. In anderen Ausführungsbeispielen können jedoch auch andere Kupplungskonfigurationen zum Einsatz kommen.

[0035] Im zweiten Rückwärtsfahrbereich ist die Rückwärtskupplung 108 eingerückt, während die Kupplungen 110, 126, 152 ausgerückt sind. Außerdem ist im ersten Rückwärtsfahrbereich die Kupplung 152 eingerückt, während die Kupplungen 108, 110, 126 ausgerückt sind. Im ersten Vorwärtsfahrbereich ist die Kupplung 152 eingerückt, während die Kupplungen 108, 110, 126 ausgerückt sind. Im zweiten Vorwärtsfahrbereich ist die Kupplung 110 eingerückt, während die Kupplungen 108, 126, 152 ausgerückt sind. Ferner ist im dritten Vorwärtsfahrbereich die Kupplung 126 eingerückt, während die Kupplungen 108, 110, 152 ausgerückt sind. Der Schaltvorgang zwischen diesen Fahrbereichen wird unter Bezug auf **Fig. 4-9** näher erläutert. Das Getriebesystem 100 kann die Vorwärts- und Rückwärtsrichtung durch Änderung der Motordrehzahlrichtung erreichen, die auf die hydraulische Verstellpumpe 178 wirkt, wie in **Fig. 1A** dargestellt, und kann die Strömungsrichtung des Hydraulikfluids (z. B. Öl) ändern.

[0036] **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung eines Getriebesystems 200 mit einer Architektur auf höherer Ebene als in **Fig. 1A**. Allerdings können in dem Getriebesystem 200 aus **Fig. 2** zumindest ein Teil der Komponenten sowie die anderen hier beschriebenen Getriebesysteme (z. B. das Getriebesystem 300 aus **Fig. 3A** und **Fig. 3B**) eine ähnliche Struktur und/oder Funktionalität aufweisen wie die Komponenten, die in dem Getriebesystem 100 enthalten sind, das in **Fig. 1A** dargestellt ist. Auf eine redundante Beschreibung wird daher der Kürze halber verzichtet.

[0037] Das Getriebesystem 200 beinhaltet die Antriebsmaschine 202 (z. B. Verbrennungsmotor und/oder Elektromotor), ein Mehrganggetriebe 204, eine hydrostatische Anordnung 206 mit einer Hydraulikpumpe 208 und einem Hydraulikmotor 210, und einen Planetenradsatz 212 (z. B. einen einfachen Planetenradsatz). Die Antriebsmaschine 202 ist mit einem Eingang 214 des Mehrganggetriebes 204 verbunden. Es versteht sich, dass der Getriebeingang 214 als mechanischer Antrieb im Fahrbetrieb dient. In anderen Systemmodi kann die mechanische Leistung jedoch in der entgegengesetzten Richtung durch diese Getriebeschnittstelle fließen. Außerdem ist eine mechanische Schnittstelle 216 (z. B. eine Welle) der Hydraulikpumpe 208 mit dem Eingang 214 des Mehrganggetriebes 204 verbunden. Miteinander kämmende Zahnräder 217, 218 können diese Verbindung zwischen der Hydraulikpumpe 208 und dem Mehrganggetriebe 204 ermöglichen, obwohl auch andere geeignete mechanische Verbindungen in Betracht gezogen wurden.

[0038] Eine Ausgangsschnittstelle 220 des Mehr-ganggetriebes 204 ist mit einem Zahnrad 222 (z. B. einem Hohlrad) im Planetenradsatz 212 gekoppelt. Eine mechanische Schnittstelle 224 (z. B. die Welle) des Hydraulikmotors 210 kann mit einem anderen Zahnrad 226 (z. B. einem Sonnenrad) im Planetenradsatz 212 gekoppelt sein. Eine weitere Komponente 228 (z. B. ein Träger) im Planetenradsatz 212 kann mit einer Getriebeausgangswelle 230 gekoppelt sein. Der Hydraulikmotor 210 und die Hydraulikpumpe 208 in der hydrostatischen Anordnung 206 sind wiederum über Hydraulikleitungen 229 hydraulisch parallel gekoppelt.

[0039] Fig. 3A und Fig. 3B zeigen noch eine weitere schematische Darstellung eines Getriebesystems 300. Das Getriebesystem 300 beinhaltet wiederum eine hydrostatische Anordnung 302 mit einem Hydraulikmotor 304 und einer Hydraulikpumpe 306, die über Leitungen 307 hydraulisch parallel gekoppelt sind. Außerdem ist eine mechanische Anordnung 308 mechanisch parallel mit der hydrostatischen Anordnung 302 gekoppelt. Im Einzelnen können die Zahnräder 310, 312 dazu dienen, die mechanische Anordnung 308 mechanisch an einer Schnittstelle 314 der hydrostatischen Anordnung 302 zu befestigen, und ein Zahnrad 316 kann ferner dazu dienen, die mechanische Anordnung 308 an einem Zahnrad 316 (z. B. einem Hohlrad) des Planetenradsatzes 318 zu befestigen.

[0040] Ein Motor 320 oder eine andere geeignete Antriebsmaschine ist an einem Ende mit der mechanischen Anordnung 308 verbunden, und ein Planetenradsatz 318 ist am anderen Ende mit der mechanischen Anordnung verbunden. Darüber hinaus kann die hydrostatische Anordnung 302 auch über eine Welle 322, die mit einem Sonnenrad 324 verbunden ist, mit dem Planetenradsatz 318 gekoppelt sein. Der Planetenradsatz 318 beinhaltet ferner Planetenräder 326, die sich auf einem Träger 328 drehen. Das Getriebesystem 300 ist, wie dargestellt, mit nachgeschalteten Komponenten 330 wie Achsen, Rädern und dergleichen gekoppelt.

[0041] Wie speziell in Fig. 3A zu sehen, wird die Hydraulikpumpe 306 im Drehmomentregelmodus so gesteuert, dass sie einer Drehmomentreferenz des Hydraulikmotors folgt, die als Motordrehmoment-sollwert bezeichnet wird. Da die Hydraulikpumpe 306 im Drehmomentregelmodus über den Motordrehmoment-sollwert gesteuert wird, wird die Motordrehzahl folglich nicht geregelt. Anders ausgedrückt: Im Drehmomentregelmodus kann die Steuerung der Hydraulikpumpe einem Motordrehmoment-sollwert folgen und wird nicht über einen Motordrehzahlsollwert gesteuert. Die Pfeile 332, 334 kennzeichnen die Drehmoment- und Drehzah-lumsetzung, die auf der Motorseite der hydrostatischen Anordnung 302 stattfindet. Umgekehrt kenn-

zeichnen die Pfeile 336, 338 die Drehzahl- und Drehmomentumsetzung auf der Pumpenseite der hydrostatischen Anordnung.

[0042] Wie in Fig. 3B zu sehen, wird die Hydraulikpumpe 306 im Drehzahlregelmodus so gesteuert, dass sie einer Drehzahlreferenz des Hydraulikmotors folgt, die als Motordrehzahlsollwert bezeichnet wird. Da die Hydraulikpumpe 306 so gesteuert wird, dass sie der Motordrehzahlreferenz folgt, wird das Motordrehmoment infolgedessen nicht geregelt. Mit anderen Worten: Im Drehzahlregelmodus wird die Hydraulikpumpe anhand einer Motordrehzahlreferenz gesteuert, und die Steuerung der Pumpe anhand eines Motordrehmoment-sollwerts wird aufgehoben. Die Pfeile 340, 342 kennzeichnen die Drehmoment- und Drehzah-lumsetzung auf der Motorseite der hydrostatischen Anordnung 302, und umgekehrt kennzeichnen die Pfeile 344, 346 die Drehzahl- und Drehmomentumsetzung auf der Pumpenseite der hydrostatischen Anordnung.

[0043] Fig. 4 zeigt ein Verfahren 400 für den Betrieb eines Getriebesystems. Das Verfahren 400 und/oder die anderen hierin beschriebenen Verfahren und Steuerungstechniken können in einem Beispiel durch jedes beliebige der oben in Bezug auf Fig. 1-3B beschriebenen Getriebe und Komponenten oder Kombinationen davon ausgeführt werden. In anderen Beispielen können das Verfahren 400 und/oder die anderen Verfahren jedoch auch mit anderen geeigneten Getrieben und entsprechenden Komponenten durchgeführt werden. Außerdem können das Verfahren 400 und die anderen Verfahren in Form von Anweisungen ausgeführt werden, das Verfahren 400 und die in einem nicht flüchtigen Speicher gespeichert sind und von einem Prozessor in einer Steuerung ausgeführt werden. So kann die Durchführung der Verfahrensschritte das Senden und/oder Empfangen von Befehlen beinhalten, die die Einstellung der zugehörigen Komponenten auslösen, wie bereits erwähnt.

[0044] Bei 402 beinhaltet das Verfahren das Bestimmen der Betriebsbedingungen. Zu den Betriebsbedingungen können u. a. Getriebedrehzahl, Getriebe-last, Getriebedrehmoment, Fahrzeuggeschwindigkeit, Drehmomentanforderung des Fahrers, Drehzahlanforderung des Fahrers, Drehzahl der Antriebsmaschine, Last der Antriebsmaschine, Kupplungspositionen, Umgebungstemperatur, Getriebe-temperatur und Ähnliches zählen. Diese Betriebsbedingungen können unter Verwendung von Sensordaten und/oder Modellierungsalgorithmen bestimmt werden.

[0045] Bei 404 beinhaltet das Verfahren das Bestimmen, ob eine Anforderung zur Einstellung des Drehmoments oder der Drehzahl empfangen wurde. Beispielsweise kann eine Anforderung zur Einstellung

des Drehmoments oder der Drehzahl als Reaktion auf die Interaktion des Bedieners mit eine Eingabevorrichtung wie einem Gaspedal, einem Steuerknüppel, einem Hebel oder dergleichen erzeugt werden.

[0046] Wenn keine Anforderung zur Einstellung des Drehmoments oder der Drehzahl empfangen wurde (NEIN bei 404) geht das Verfahren zu 406 über, wo das Verfahren das Beibehalten der aktuellen Getriebebesteuersstrategie beinhaltet. Beispielsweise kann das Getriebe mit einem Drehmomentsollwert, in manchen Fällen auch mit einem Drehzahlsollwert, innerhalb eines der Fahrbereiche betrieben werden.

[0047] Wurde eine Anforderung zur Einstellung des Drehmoments oder der Drehzahl empfangen (JA bei 404), geht das Verfahren weiter zu 408. Bei 408 beurteilt das Verfahren, ob ein Übergang zwischen Fahrbereichen erfolgen soll oder nicht. Die Anweisungen in der Steuerung des Getriebes können dazu konfiguriert sein, das vom Getriebe an die Ausgangswelle abgegebene Drehmoment zu steuern. Daher kann das Übersetzungsverhältnis des Getriebes eine Folge des vom Getriebe aufgebracht Drehmoments sein. Wenn beispielsweise der Motor mit einer im Wesentlichen konstanten Drehzahl betrieben wird und das Getriebe ein höheres Zugmoment auf die Ausgangswelle ausübt, kommt es zu einer höheren Beschleunigung der Ausgangswelle und folglich zu einem höheren Übersetzungsgradienten. Das Übersetzungsverhältnis des Getriebes kann infolge einer vom Drehmomenteinstellungsanforderung eines Bedieners geändert werden. An einem bestimmten Punkt der Beschleunigung nähert sich das Übersetzungsverhältnis des Getriebes einem Maximalwert, der innerhalb des aktuellen Fahrbereichs möglich ist. So kann bei Annäherung an den maximalen Drehzahlwert der Betriebsfahrbereich geändert werden, um eine Unterbrechung der Zugmomentenkontinuität zum Rad zu verhindern. Beispielsweise kann das Getriebe von einem zweiten Rückwärtsfahrbereich in den ersten Rückwärtsfahrbereich, von einem ersten Vorwärtsfahrbereich in einen zweiten Vorwärtsfahrbereich oder von einem zweiten Vorwärtsfahrbereich in einen dritten Vorwärtsfahrbereich umgeschaltet werden. Die Schaltstrategien für die genannten Fahrbereiche können sich an den beiden am Fahrbereichsübergang beteiligten Fahrbereichen orientieren.

[0048] Wenn entschieden wird, dass ein Fahrbereichsübergang nicht stattfinden sollte oder ein solcher Übergang nicht zu erwarten ist (NEIN bei 408), fährt das Verfahren mit 410 fort. Bei 410 beinhaltet das Verfahren den Betrieb des Getriebes in einem der Fahrbereiche, um das Ausgangsdrehmoment des Getriebes einzustellen. So kann die Konfiguration der Getriebekupplungen in Schritt 410 unverändert bleiben.

[0049] Wird hingegen festgestellt, dass ein Übergang zwischen den Fahrbereichen erfolgen sollte oder ein solcher Übergang erwartet wird (JA bei 408), geht das Verfahren zu 412 über, wo das Verfahren den Übergang zwischen zwei der Fahrbereiche beinhaltet. Schritt 412 kann bei 414 den synchronen Übergang zwischen zwei der Fahrbereiche durch Betätigung von zwei der Kupplungen oder bei 416 den asynchronen Übergang zwischen zwei der Fahrbereiche durch Betätigung von zwei der Kupplungen und der hydrostatischen Anordnung beinhalten. Der synchrone oder asynchrone Fahrbereichsübergang kann auf der Grundlage der am Schaltvorgang beteiligten Fahrbereiche realisiert werden. Der Schritt 416 kann beispielsweise durchgeführt werden, wenn das Getriebe zwischen einem zweiten Vorwärtsfahrbereich und einem dritten Vorwärtsfahrbereich oder umgekehrt wechseln soll. Andererseits kann Schritt 414 durchgeführt werden, wenn das Getriebe zwischen einem ersten Vorwärtsfahrbereich und einem zweiten Vorwärtsfahrbereich oder einem ersten Rückwärtsfahrbereich und einem zweiten Rückwärtsfahrbereich wechseln soll. Bei einem synchronen Schaltvorgang kann eine Kupplung eingerückt und eine andere gelöst werden, wenn das hydrostatische Verhältnis einen positiven oder negativen Schwellenwert (z. B. einen Höchstwert) erreicht. Umgekehrt kann ein asynchroner Schaltvorgang eine Reihe von Phasen involvieren, darunter eine Phase, in der die hydrostatische Anordnung ihre Drehzahl umkehrt (z. B. die Pumpe vollständig schwenkt, um die Motordrehzahl umzukehren). Die asynchrone Schaltung kann eine Lastschaltung sein, bei der eine im Wesentlichen konstante Kraftübertragung über den Antriebsstrang gewährleistet ist. Außerdem kann dieser asynchrone Lastschaltvorgang unter Beibehaltung eines unidirektionalen Leistungsflusses durch das Getriebe durchgeführt werden. Mit anderen Worten: Während des asynchronen Schaltvorgangs darf sich die Richtung des Leistungsflusses durch den Antriebsstrang nicht umkehren. Die asynchrone Schaltstrategie wird hier noch ausführlicher unter Bezug auf **Fig. 5-9** erläutert.

[0050] **Fig. 5** zeigt eine prophetische und beispielhafte grafische Darstellung 500 der hydrostatischen Übersetzung des Getriebesystems im Vergleich zur mechanischen Übersetzung. Auch wenn keine spezifischen Werte auf der Abszisse oder Ordinate angegeben sind, stehen Punkte oberhalb der Abszisse für positive hydrostatische Verhältnisse und Punkte unterhalb der Abszisse für negative hydrostatische Verhältnisse. Außerdem stellen die Punkte links von der Ordinate negative Übersetzungsverhältnisse dar, die dem Rückwärtsgang entsprechen, und die Punkte rechts von der Ordinate stellen positive Übersetzungsverhältnisse dar, die dem Vorwärtsgang entsprechen, wobei sie von links nach rechts zunehmen.

[0051] Der zweite Rückwärtsfahrbereich erstreckt sich von $-tr_2$ bis $-tr_1$, wobei das hydrostatische Verhältnis abnimmt und auf halbem Weg durch den Fahrbereich negativ wird. Der Übergang vom zweiten Rückwärtsfahrbereich zum ersten Rückwärtsfahrbereich kann an einem Wendepunkt des hydrostatischen Verhältnisses erfolgen (z. B. bei einem minimalen hydrostatischen Verhältnis). Am Wendepunkt kehrt sich also die Richtung des Leistungsflusses der hydrostatischen Anordnung um. Der erste Rückwärtsfahrbereich liegt zwischen $-tr_1$ und tr_0 , wo das hydrostatische Verhältnis zunimmt. Der Übergang zwischen dem ersten Rückwärtsfahrbereich und dem zweiten Rückwärtsfahrbereich erfolgt, wenn das hydrostatische Verhältnis positiv wird. Der erste Vorwärtsfahrbereich liegt zwischen tr_0 und tr_1 , wo die hydrostatischen Verhältnisse weiter ansteigen und insbesondere bei tr_0 positiv werden. Der zweite Vorwärtsfahrbereich erstreckt sich von tr_1 bis tr_2 , wobei das hydrostatische Verhältnis abnimmt und auf halbem Weg durch den Fahrbereich negativ wird. Der Übergang vom ersten Vorwärtsfahrbereich zum zweiten Vorwärtsfahrbereich kann an einem Wendepunkt des hydrostatischen Verhältnisses erfolgen (z. B. bei einem maximalen hydrostatischen Verhältnis). Ferner beinhaltet ein Schaltfenster 502 von tr_2 bis tr_3 die Umkehrung des hydrostatischen Verhältnisses und damit die Umkehrung der Motordrehzahl. Ein dritter Vorwärtsfahrbereich reicht von t_3 bis t_4 , wobei das hydrostatische Verhältnis abnimmt.

[0052] Die Schaltvorgänge zwischen dem zweiten Rückwärtsfahrbereich und dem ersten Rückwärtsfahrbereich sowie zwischen dem ersten Rückwärtsfahrbereich und dem zweiten Vorwärtsfahrbereich erfolgen synchron, wenn das hydrostatische Verhältnis einen maximalen negativen Wert bzw. einen maximalen positiven Wert erreicht und zu steigen oder zu fallen beginnt. Bei diesen synchronen Schaltvorgängen am Wendepunkt des hydrostatischen Verhältnisses kann eine Kupplung vollständig eingedrückt sein, während die andere Kupplung vollständig ausgerückt ist.

[0053] Der Schaltvorgang zwischen dem zweiten Vorwärtsfahrbereich und dem dritten Vorwärtsfahrbereich erfolgt asynchron. Die spezifischen Phasen dieses asynchronen Schaltvorgangs werden hier in Bezug auf **Fig. 6-9** näher erläutert.

[0054] **Fig. 6** zeigt ein Verfahren 600 für den Betrieb einer hydrostatischen Anordnung und eines Getriebekastens in einem Getriebe. Das Verfahren 600 kann durch ein beliebiges der oben unter Bezug auf **Fig. 1-3B** beschriebenen Getriebesysteme oder eine Kombination der Getriebesysteme ausgeführt werden. In anderen Ausführungsbeispielen kann das im Diagramm 500 gezeigte Verfahren jedoch auch unter

Verwendung von anderen geeigneten Getriebesystemen durchgeführt werden.

[0055] Die Zeit wird auf der Achse 601 angegeben und nimmt von links nach rechts zu. Darüber hinaus werden die Schritte 603-608 im Getriebe implementiert (z. B. im Mehrganggetriebe 107 in **Fig. 1A**), während die Schritte 610-614 über die hydrostatische Anordnung implementiert werden (z. B. die hydrostatische Anordnung 109 aus **Fig. 1A**). So können sich die Schritte des Getriebes und der hydrostatischen Anordnung zeitlich überschneiden. Genauer gesagt lassen sich diese Schritte konzeptionell in mehrere Phasen unterteilen. Die Phasen im Getriebe können nacheinander eine Vorbereitungsphase, eine Drehmomentübergabephase, eine Phase der Kupplungssynchronisation und eine Einrückphase beinhalten. Andererseits können die Phasen in der hydrostatischen Anordnung nacheinander eine erste Drehmomentregelphase, eine Drehzahlregelphase und eine zweite Drehmomentregelphase beinhalten. Die Drehzahlregelphase kann als Schwenkphase bezeichnet werden, die hier weiter ausgeführt wird.

[0056] Bei 602 nähert sich das System einem Schaltpunktdrehzahlverhältnis. Das Schaltpunktdrehzahlverhältnis kann ein Wert (z. B. ein vorgegebener Wert) sein, der z. B. auf der Grundlage des Getriebes und der Konfiguration der hydrostatischen Anordnung bestimmt wird. In einem Anwendungsfall kann das Schaltpunktverhältnis im Bereich zwischen 0,5 und 1,5 liegen. Es sind jedoch zahlreiche Schaltpunktverhältnisse möglich.

[0057] In 603 beinhaltet das Verfahren das Befüllen einer ankommenden Kupplung zur Vorbereitung eines Schaltvorgangs. So kann beispielsweise ein Hydraulikkolben in der ankommenden Kupplung mit Öl gefüllt und bis zu einem Kisspointwert unter Druck gesetzt werden. Der Kisspointwert ist ein Wert, bei dem die Kupplung beginnt, das Drehmoment zu übertragen. Der Schritt 603 kann daher als Vorbereitungsphase bezeichnet werden. Die Vorbereitungsphase kann beginnen, wenn das Drehzahlverhältnis in das Schaltfenster eintritt oder sich diesem nähert, und endet, wenn die ankommende Kupplung vollständig mit Hydraulikfluid (z. B. Öl) gefüllt ist und die Kupplungsposition das Ende ihres Hubs erreicht hat.

[0058] Anschließend beinhaltet das Verfahren bei 604 die Aufrechterhaltung eines resultierenden Ausgangsdrehmoments, während die am Schaltvorgang beteiligten Kupplungen durchrutschen. So kann in Schritt 604 eine Kupplung den Eingriff erhöhen, während die andere Kupplung den Eingriff verringert. Mit anderen Worten, die Kupplungen werden dazu angesteuert, ein Drehmoment zu übergeben, und am Ende dieser Phase entlädt sich die abgehende Kupplung.

[0059] Dann beinhaltet das Verfahren bei 606 das Synchronisieren der Kupplungen und das Aufrechterhalten des resultierenden Ausgangsdrehmoments während der Kupplungssynchronisation. So kann beispielsweise der Kolbendruck in der ankommenden Kupplung erhöht und der Kolbendruck in der abgehenden Kupplung verringert werden. Außerdem kann dieser Druckanstieg und -abfall proportional sein, um das Ausgangsdrehmoment des Getriebes um einen Zielsollwert herum oder innerhalb eines Zielsollwertbereichs zu halten.

[0060] Anschließend beinhaltet das Verfahren in Schritt 608, dass die ankommende Kupplung in vollen Eingriff gebracht wird. Beispielsweise kann der Kolbendruck in der ankommenden Kupplung einen oberen Schwellenwert erreichen, der einen vollständigen Eingriff anzeigt, bei dem kein Durchrutschen der Kupplung mehr auftritt.

[0061] In der hydrostatischen Anordnung beinhaltet das Verfahren bei 610 das Anlegen eines gewünschten Drehmoments des Hydraulikmotors am Ausgang der hydrostatischen Anordnung. So kann beispielsweise das Drehmoment des Hydraulikmotors so eingestellt werden, dass es einem Drehmomentsollwert der hydrostatischen Anordnung folgt. So kann die hydrostatische Anordnung während der Vorbereitungsphase drehmomentgeregelt werden. Anschließend beinhaltet das Verfahren bei 612 das Schwenken der Motordrehzahl, um die ankommende Kupplung zu synchronisieren. Dann beinhaltet das Verfahren bei 614 das Aufbringen eines erwünschten Motordrehmoments.

[0062] Es versteht sich, dass sich Schritt 612 mit Schritt 606 überschneiden kann. Auf diese Weise kann die Drehzahl der hydrostatischen Anordnung umgekehrt werden, während ein gewünschtes Ausgangsdrehmoment des Getriebes beibehalten wird, wodurch die Schallleistung verbessert wird. Ferner kann Schritt 612 als Schwenkphase bezeichnet werden, die hier weiter ausgeführt wird.

[0063] Fig. 7 zeigt prophetische beispielhafte grafische Darstellungen eines normierten Schwenkwinkels der Hydraulikpumpe und des Hydraulikmotors in der hydrostatischen Anordnung gegenüber dem Übersetzungsverhältnis. Auch wenn keine spezifischen Zahlenwerte in Fig. 7 angegeben sind, stehen Punkte oberhalb der Abszisse für positive Schwenkwinkel, Punkte unterhalb der Abszisse für negative Schwenkwinkel, und das Übersetzungsverhältnis nimmt von links nach rechts zu.

[0064] Insbesondere ist der Kurvenverlauf 700 mit dem Hydraulikmotor und der Kurvenverlauf 702 mit der Hydraulikpumpe verbunden. Außerdem ist ein Teil der Fahrbereiche des Getriebes (der erste bis der dritte Fahrbereich) entlang der Abszisse abge-

grenzt. Die Hydraulikpumpe und der Hydraulikmotor sowie andere Getriebekomponenten, auf die in Fig. 7 Bezug genommen wird, sowie die anderen hier beschriebenen Diagramme können den Hydraulikmotoren, -pumpen und -komponenten entsprechen, die in Fig. 1-3B beschrieben sind.

[0065] Von 0 bis r_1 nimmt der Schwenkwinkel der Pumpe zusammen mit dem Schwenkwinkel des Motors ab. Bei r_1 wird ein synchroner Schaltvorgang durchgeführt.

[0066] Der synchrone Schaltvorgang kann an einem Wendepunkt des hydrostatischen Verhältnisses ausgelöst werden. Die Richtung des Leistungsflusses der hydrostatischen Anordnung wird durch die Steuerung der hydrostatischen Anordnung im Drehmomentregelmodus synchron mit einer Kupplungsübergabe zur Umkehrung angewiesen. Es versteht sich, dass eine Kupplungsübergabe das Einrücken einer Kupplung beinhaltet, während eine andere Kupplung ausgerückt wird. Zur Erläuterung: Während des synchronen Schaltvorgangs erreicht der Schwenkwinkel der Pumpe einen Mindestwert (z. B. $-\alpha_2$). Der Schwenkwinkel der Hydraulikpumpe bei dem synchronen Schaltvorgang kann ein dynamischer Wert sein, der vom Winkel des hydraulischen Stellmotors und vom volumetrischen Wirkungsgrad (z. B. der Größe des vom hydrostatischen Motor gelieferten Drehmoments) abhängt. Der Schwenkwinkel der Pumpe kann nicht aktiv gesteuert werden, sondern ist eine Folge der Last, da der Hydrostat in der synchronen Schaltphase drehmomentgeregelt sein kann. Während des synchronen Schaltvorgangs wechselt die hydrostatische Anordnung die Hochdruckseite, was bedeutet, dass sich die Richtung des Leistungsflusses ändert: von der Richtung Pumpe-Motor zur Richtung Motor-Pumpe oder umgekehrt. So kann die Hochdruckseite der hydrostatischen Anordnung bei r_1 von einem Schubzustand in einen Zugzustand übergehen.

[0067] Von r_1 bis r_2 nimmt der Schwenkwinkel der Pumpe zu und der Schwenkwinkel des Motors bleibt relativ konstant. Genauer gesagt erreicht der Schwenkwinkel der Pumpe bei r_2 einen Maximalwert (z. B. α_2).

[0068] Das Schaltfenster, das dem Übergang zwischen dem zweiten Vorwärtsfahrbereich und dem dritten Vorwärtsfahrbereich entspricht, ist mit 704 gekennzeichnet. Im Schaltfenster von r_2 bis r_3 wird der Schwenkwinkel der Pumpe invertiert. Infolgedessen kehrt sich die Drehzahl des Motors und allgemeiner die Drehzahl der hydrostatischen Anordnung um. Während der Drehzahlumkehr wird der Schwenkwinkel des Motors verringert und anschließend erhöht, während seine Drehzahl umgekehrt wird. Wie bereits in Bezug auf Fig. 6 erläutert, wird die Motordrehzahl umgekehrt, während die an der

Schaltung beteiligten Kupplungen durchrutschen, d. h. eine Kupplung ist eingerückt, während die andere ausgerückt ist. Die Umkehrung der Motordrehzahl führt zu einer Synchronisierung der ankommenden Kupplung. Auf diese Weise kann das Getriebe effizient zwischen dem zweiten Vorwärtsfahrbereich und dem dritten Vorwärtsfahrbereich mit geringer oder ohne Leistungsunterbrechung wechseln.

[0069] Fig. 8A-8D zeigen prophetische grafische Darstellungen verschiedener Variablen während eines beispielhaften asynchronen Schaltvorgangs. Die Phasen (Vorbereitungsphase, Drehmomentübergabephase, Synchronisationsphase und Einrückphase) des asynchronen Schaltvorgangs sind auf der Abszisse abgegrenzt. Die Vorbereitungsphase tritt von t_1 bis t_2 auf, die Drehmomentübergabephase von t_2 bis t_3 , die Synchronisationsphase von t_3 bis t_4 und die Einrückphase von t_4 bis t_5 . **Fig. 8A** zeigt einen Kurvenverlauf 800 des Übersetzungsverhältnisses in Abhängigkeit von der Zeit. Das Übersetzungsverhältnis des Getriebes kann an den Eingangs- und Ausgangswellen gemessen werden. **Fig. 8B** zeigt einen Kurvenverlauf 802 einer gewünschten Motordrehzahl im Vergleich zur Zeit und einen Kurvenverlauf 804 der tatsächlichen Motordrehzahl im Vergleich zur Zeit. **Fig. 8C** zeigt einen Kurvenverlauf 806 eines erwünschten Differenzdrucks der hydrostatischen Anordnung im Vergleich zur Zeit und einen Kurvenverlauf 808 des tatsächlichen Differenzdrucks der hydrostatischen Anordnung im Vergleich zur Zeit. **Fig. 8D** zeigt einen Kurvenverlauf 810 des erwünschten Kupplungsdrucks im Vergleich zur Zeit für die zweite Vorwärtskupplung und einen Kurvenverlauf 812 des erwünschten Kupplungsdrucks im Vergleich zur Zeit für die dritte Vorwärtskupplung. In jedem Diagramm nimmt die Zeit von links nach rechts zu, auch wenn keine spezifischen Zahlenwerte angegeben sind.

[0070] Von t_1 bis t_2 läuft die Vorbereitungsphase, und die hydrostatische Anordnung folgt einem Motordrehmomentsollwert. Konkret erreicht das Übersetzungsverhältnis bei t_1 ein gewünschtes Schaltpunktverhältnis (r_1) (z. B. ein Schaltschwellenverhältnis). Wenn das Übersetzungsverhältnis das Schaltpunktverhältnis erreicht oder sich diesem nähert, wird der Druck, der der ankommenden Kupplung (z. B. der dritten Vorwärtskupplung) zugeführt wird, erhöht, um den Druckkolben der Kupplung zu füllen und eine Kupplungsübergabe vorzubereiten. Die Befüllung der ankommenden Kupplung kann parabelförmig sein, es können aber auch andere Strategien der Kupplungsbefüllung verwendet werden. Außerdem wird während der Vorbereitungsphase der Druck auf die abgehende Kupplung (z. B. die Kupplung des zweiten Fahrbereichs) verringert. So kann der Druck, der der abgehenden Kupplung zugeführt wird, auf ein Drehmomentziel innerhalb eines erwünschten Betrages (z. B. 70 %) der letzten Vor-

bereitungszeit der ankommenden Kupplung heruntergefahren werden. Nachdem die abgehende Kupplung auf ein gewünschtes Niveau heruntergefahren ist, kann der Druck auf diesem Niveau gehalten werden, und die Befüllung der ankommenden Kupplung endet.

[0071] Bei t_2 beginnt die Phase der Drehmomentregelung, die bis t_3 dauert. In dieser Phase folgt die hydrostatische Anordnung einem Motordrehmomentsollwert. Die Phase der Drehmomentregelung kann speziell mit dem Ende der Vorbereitungsphase beginnen und zu einem vorgegebenen Zeitpunkt nach deren Beginn enden. In einem Anwendungsfall kann die Drehmomentphase beispielsweise 100 Millisekunden (ms) dauern. Es sind jedoch zahlreiche andere geeignete Zeitspannen für die Drehmomentphase möglich. Darüber hinaus kann die ankommende Kupplung während der Drehmomentregelphase ihr Drehmomentziel über einen rampenförmigen Verlauf erreichen. Umgekehrt folgt die abgehende Kupplung in der Drehmomentregelphase einem Drehmomentsollwert. Insbesondere kann der Drehmomentsollwert für die abgehende Kupplung auf null gesetzt werden, damit die Kupplung abgelassen werden kann.

[0072] Die Synchronisationsphase läuft von t_3 bis t_4 . Ein Teil der Synchronisationsphase besteht aus einer Schwenkphase. Es versteht sich, dass die Schwenkphase mit der Synchronisationsphase beginnen kann. Die Schwenkphase kann als der Teil der Synchronisationsphase definiert werden, in dem die hydrostatische Anordnung drehzahlgerichtet ist. **Fig. 9** zeigt eine grafische Darstellung der verschiedenen Motordrehzahlziele und -sollwerte, die während der Schwenkphase verwendet werden. Der Kurvenverlauf 900 zeigt insbesondere die Zieldrehzahl des Motors an. Der Abschnitt 902 des Kurvenverlaufs 900 entspricht der Zielmotordrehzahl während des zweiten Vorwärtsfahrbereichs und der Abschnitt 904 des Kurvenverlaufs 900 entspricht der Zielmotordrehzahl während des dritten Vorwärtsfahrbereichs. Die Zeit wird auf der Abszisse angegeben und nimmt von links nach rechts zu. Der Kurvenverlauf 906 entspricht einem Sollwert für die ratenbegrenzte Motordrehzahl und der Kurvenverlauf 908 ist die tatsächliche Motordrehzahl (ähnlich wie der Kurvenverlauf 804 in **Fig. 8B**).

[0073] Die Zielmotordrehzahl des zweiten Vorwärtsfahrbereichs (Kurvenverlaufsabschnitt 902) kann die Motordrehzahl sein, die erforderlich ist, um kinematische Beschränkungen (in Bezug auf die mechanische Konstruktion des Getriebes) mit den tatsächlichen Eingangs- und Ausgangswellendrehzahlen des Getriebes und dem eingelegten zweiten Vorwärtsfahrbereich zu überprüfen.

[0074] In ähnlicher Weise kann die Zielmotordrehzahl des dritten Vorwärtsfahrbereichs (Kurvenverlaufsabschnitt 904) die Motordrehzahl sein, die erforderlich ist, um die kinematischen Beschränkungen (in Bezug auf die mechanische Konstruktion des Getriebes) mit den tatsächlichen Eingangs- und Ausgangswellendrehzahlen des Getriebes und dem eingelegten dritten Vorwärtsfahrbereich zu überprüfen.

[0075] Darüber hinaus können der Motordrehzahlswert 906 und das Motordrehzahlziel 900 den Motordrehzahlswertgradienten steuern, um Stufen in der Motordrehzahlreferenz zu vermeiden. Auf diese Weise wird ein reibungsloser Schaltvorgang erreicht.

[0076] Die Schwenkphase kann beendet werden, wenn der raten begrenzte Motordrehzahlswert 906 den Motordrehzahlswert 900 erreicht und wenn der Fehler zwischen dem Motordrehzahlswert und der tatsächlichen Motordrehzahl nahe Null ist. Durch die Schwenkphase kann die ankommende Kupplung effizient mit der abgehenden Kupplung synchronisiert werden, wodurch das Risiko einer Drehmomentunterbrechung während des asynchronen Schaltvorgangs verringert (z. B. weitgehend vermieden) wird. Dadurch wird die Schaltleistung erhöht. Es versteht sich, dass die Synchronisationsphase auch nach dem Ende der Schwenkphase andauern kann.

[0077] Wie in **Fig. 8A-8D** dargestellt, tritt die Einrückphase von t_4 bis t_5 auf. So beginnt die Einrückphase, wenn die Synchronisationsphase endet, und die Einrückphase endet, wenn die ankommende Kupplung (z. B. die Kupplung des dritten Fahrbereichs) ein gewünschtes Einrückniveau erreicht (z. B. volles Einrücken). So kann während der Einrückphase die ankommende Kupplung einem Drehmomentsollwert folgen und die abgehende Kupplung wird abgelassen. Außerdem kehrt die hydrostatische Anordnung während der Einrückphase dazu zurück, einem Motordrehmomentsollwert zu folgen. Auf diese Weise kann das asynchrone Schalten schnell und reibungslos erfolgen, während gleichzeitig eine im Wesentlichen konstante Drehmomentübertragung durch den Antriebsstrang auf das erreichte Ziel möglich ist, sofern erwünscht. Die Leistung des Antriebsstrangs wird dadurch erhöht.

[0078] Der technische Effekt der hier beschriebenen hydromechanischen Getriebe und Getriebebetriebsverfahren ist die Bereitstellung einer gezielten Gruppe von Fahrbereichen in einem energie- und platzsparenden Paket. Darüber hinaus ermöglichen die hier beschriebenen Getriebesysteme und -verfahren, dass das Getriebe eine erwünschte Anzahl von Fahrbereichen erreicht, die den Zielvorgaben für die Endnutzung entsprechen. Darüber hinaus erfolgen die Übergänge zwischen diesen Bereichen

mit einer geringeren Leistungsunterbrechung (z. B. im Wesentlichen ohne Unterbrechung), wodurch die NVH-Werte während der Betriebsartwechsel verringert und die Energieeffizienz des Getriebes weiter erhöht werden.

[0079] **Fig. 1- Fig. 3B** zeigen Beispielkonfigurationen mit der relativen Anordnung der verschiedenen Komponenten. Wenn diese Elemente in direktem Kontakt zueinander stehen oder direkt gekoppelt sind, können sie zumindest in einem Beispiel als in direktem Kontakt bzw. direkt gekoppelt bezeichnet werden. In ähnlicher Weise können Elemente, die nebeneinander oder aneinander angrenzend dargestellt sind, zumindest in einem Beispiel aneinander oder aneinander angrenzend sein. So können beispielsweise Komponenten, die in flächigem Kontakt zueinander liegen, als in flächigem Kontakt stehend bezeichnet werden. Als weiteres Beispiel können in mindestens einem Fall Elemente, die voneinander getrennt sind und zwischen denen sich nur ein Zwischenraum befindet und die keine anderen Komponenten aufweisen, als solche bezeichnet werden. In noch einem weiteren Beispiel können Elemente, die über/untereinander, auf gegenüberliegenden Seiten oder links/rechts voneinander dargestellt sind, als solche bezeichnet werden, und zwar relativ zueinander. Wie in den Figuren dargestellt, kann ein oberstes Element oder ein oberster Punkt des Elements als „Oberseite“ der Komponente und ein unterstes Element oder ein unterster Punkt des Elements als „Unterseite“ der Komponente bezeichnet werden. Die hier verwendeten Begriffe Oberseite/Unterseite, oberer/unterer, oberhalb/unterhalb können sich auf eine vertikale Achse der Figuren beziehen und zur Beschreibung der Positionierung von Elementen der Figuren zueinander verwendet werden. So sind in einem Beispiel Elemente, die oberhalb anderer Elemente angezeigt werden, vertikal über den anderen Elementen angeordnet. Als weiteres Beispiel können die Formen der in den Figuren dargestellten Elemente als solche bezeichnet werden (z. B. kreisförmig, gerade, eben, gekrümmt, abgerundet, abgelenkt, abgewinkelt o. ä.). Darüber hinaus können in einem Beispiel Elemente, die koaxial zueinander liegen, als solche bezeichnet werden. Ferner können die dargestellten Elemente, die sich gegenseitig schneiden, in mindestens einem Beispiel als sich schneidende Elemente oder als einander schneidende Elemente bezeichnet werden. Darüber hinaus kann ein Element, das innerhalb eines anderen Elements oder außerhalb eines anderen Elements dargestellt wird, als solches bezeichnet werden. In anderen Beispielen können auch zueinander versetzte Elemente als solche bezeichnet werden.

[0080] Die Erfindung wird in den folgenden Absätzen noch weiter beschrieben. In einem Aspekt ist ein Getriebesystem vorgesehen, das eine hydrostatische Anordnung umfasst, die eine hydraulische

Verstellpumpe und einen Hydraulikmotor beinhaltet; einen Planetenradsatz, der über separate Zahnräder und/oder Wellen mit einem Mehrganggetriebe, einem Hydraulikmotor und einer Ausgangswelle gekoppelt ist; wobei die hydraulische Verstellpumpe mit einem Eingang des Mehrganggetriebes gekoppelt ist; wobei das Mehrganggetriebe eine oder mehrere Kupplungen beinhaltet und mit einer Antriebsmaschine gekoppelt ist; und wobei die Ausgangswelle dazu ausgelegt ist, mit einer Achse gekoppelt zu werden.

[0081] In einem anderen Aspekt ist ein hydromechanisches variables Getriebe vorgesehen, das eine hydrostatische Anordnung umfasst, die eine hydraulische Verstellpumpe und einen hydraulischen Verstellmotor einschließt; einen Planetenradsatz der über separate Zahnräder und/oder Wellen mit einem Mehrganggetriebe, dem hydraulischen Verstellmotor und einer Ausgangswelle verbunden ist; wobei die hydraulische Verstellpumpe mit einem Eingang des Mehrganggetriebes gekoppelt ist; wobei das Mehrganggetriebe mit einem Verbrennungsmotor gekoppelt ist und eine Vielzahl von Reibungskupplungen aufweist, die mit einem Zahnrad in dem Planetenradsatz gekoppelt sind; und wobei die Ausgangswelle dazu ausgelegt ist, mit einer Achse gekoppelt zu werden.

[0082] In einem weiteren Aspekt ist ein Verfahren zum Betreiben eines Getriebesystems vorgesehen, das das asynchrone Schalten zwischen einem ersten Paar von Fahrbereichen in dem Getriebesystem über den Betrieb von zwei Kupplungen und einer hydraulischen Verstellpumpe in einer hydrostatischen Anordnung umfasst; wobei das asynchrone Schalten zwischen dem ersten Paar von Fahrbereichen eine Vielzahl von Phasen beinhaltet, die eine Schwenkphase einschließen, in der eine Drehzahl der hydrostatischen Anordnung invertiert wird. Das Verfahren kann ferner in einem Beispiel das synchrone Schalten zwischen einem zweiten Paar von Fahrbereichen beinhalten.

[0083] In einem weiteren Aspekt ist ein Getriebesystem vorgesehen, das eine hydrostatische Anordnung mit einer Hydraulikpumpe und einem Hydraulikmotor beinhaltet; einen Planetenradsatz, der mit einem Getriebe, einer hydrostatischen Anordnung und einer Ausgangswelle über separate Zahnräder und/oder Wellen gekoppelt ist; eine Steuerung, die Anweisungen enthält, die, wenn sie während eines Schaltvorgangs ausgeführt werden, die Steuerung veranlassen, asynchron zwischen einem ersten Paar von Fahrbereichen über den Betrieb von zwei Kupplungen in dem Getriebe und der hydrostatischen Anordnung zu schalten.

[0084] In einem anderen Aspekt ist ein Verfahren zum Betreiben eines hydromechanischen variablen

Getriebes vorgesehen, das das asynchrone Schalten zwischen einem ersten Paar von Vorwärtsfahrbereichen in dem hydromechanischen variablen Getriebe über den Betrieb von zwei Kupplungen und einer hydrostatischen Anordnungen umfasst, während ein unidirektionaler Leistungsfluss durch das hydromechanische variable Getriebe aufrechterhalten wird; wobei das asynchrone Schalten zwischen dem ersten Paar von Vorwärtsfahrbereichen das Invertieren einer Drehzahl der hydrostatischen Anordnung über die Steuerung der hydrostatischen Anordnung auf der Grundlage eines Motordrehzahl-sollwerts beinhaltet. Das Verfahren kann ferner in einem Beispiel das synchrone Schalten zwischen einem zweiten Paar von Fahrbereichen an einem Wendepunkt des hydrostatischen Verhältnisses beinhalten.

[0085] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann das zweite Paar von Fahrbereichen Rückwärtsfahrbereiche und/oder Vorwärtsfahrbereiche beinhalten.

[0086] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann es sich bei dem ersten Paar von Fahrbereichen um Vorwärtsfahrbereiche handeln.

[0087] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann die hydrostatische Anordnung in der Schwenkphase drehzahl geregelt sein, so dass die hydraulische Verstellpumpe auf der Grundlage eines Drehzahl-sollwerts eines Hydraulikmotors in der hydrostatischen Anordnung gesteuert wird.

[0088] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann die Vielzahl der Phasen eine Einrückphase einschließen, die sich an die Schwenkphase anschließt, und während der Einrückphase wird die hydrostatische Anordnung drehmoment geregelt, so dass die hydraulische Verstellpumpe auf der Grundlage eines Drehmomentsollwerts des Hydraulikmotors gesteuert wird.

[0089] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann während der Einrückphase eine erste Kupplung der beiden Kupplungen auf der Grundlage eines Drehmomentsollwerts gesteuert werden, und eine zweite Kupplung der beiden Kupplungen wird ausgekuppelt.

[0090] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann das asynchrone Schalten zwischen dem ersten Paar von Fahrbereichen während der Schwenkphase das Steuern der hydrostatischen Anordnung über einen ratenbegrenzten Motorsollwert beinhalten, wobei der ratenbegrenzte Motorsollwert auf der Grundlage eines Fehlers bestimmt wird, der auf der Grundlage eines Motordrehzahl-sollwerts und eines Motordrehzahlziels berechnet wird.

[0091] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann das asynchrone Schalten zwischen dem ersten Paar von Fahrbereichen den Übergang von der Schwenkphase zu einer Einrückphase beinhalten, und wobei der Übergang von der Schwenkphase zur Einrückphase als Reaktion darauf eingeleitet wird, dass der raten begrenzten Motorsollwert ein Motordrehzahlziel erreicht.

[0092] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann das asynchrone Schalten zwischen dem ersten Paar von Fahrbereichen während einer Drehmomentregelphase das synchrone Einrücken einer ersten Kupplung in zwei Kupplungen und das Ausrücken einer zweiten Kupplung in zwei Kupplungen beinhalten, während ein konstantes Ausgangsdrehmoment des Getriebesystems aufrechterhalten wird.

[0093] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann das asynchrone Schalten zwischen dem ersten Paar von Fahrbereichen eine Schwenkphase beinhalten, in der die hydrostatische Anordnung so gesteuert wird, dass sie einem Motordrehzahlsollwert folgt und die Drehzahl der hydrostatischen Anordnung invertiert.

[0094] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann die Steuerung ferner Anweisungen umfassen, die, wenn sie während der Schwenkphase ausgeführt werden, die Steuerung veranlassen, den Motordrehzahlsollwert auf der Grundlage eines Fehlers zwischen dem Motordrehzahlsollwert und einem Motordrehzahlzielwert zu begrenzen.

[0095] In jedem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann das asynchrone Schalten zwischen dem ersten Paar von Fahrbereichen eine Drehmomentregelphase vor der Schwenkphase beinhalten, in der die hydrostatische Anordnung so gesteuert wird, dass sie einem Motordrehmoment-sollwert folgt.

[0096] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann die Steuerung ferner Anweisungen enthalten, die, wenn sie während der Drehmomentregelphase ausgeführt werden, die Steuerung veranlassen, eine erste Kupplung der beiden Kupplungen einzurücken und eine zweite Kupplung auszurücken, während ein konstantes Ausgangsdrehmoment im Getriebesystem aufrechterhalten wird.

[0097] In einem Aspekt oder Kombinationen der Aspekte kann es sich bei den beiden Kupplungen um Vorwärtskupplungen handeln und eine der beiden Kupplungen kann koaxial zu einer Rückwärtskupplung angeordnet sein.

[0098] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann es sich bei den beiden Kupplungen um nasse Reibungskupplungen handeln.

[0099] In einem der Aspekte oder einer Kombination der Aspekte kann das asynchrone Schalten zwischen dem ersten Paar von Vorwärtsfahrbereichen das anschließende Invertieren der Drehzahl der hydrostatischen Anordnung beinhalten.

[0100] In einem der Aspekte oder einer Kombination der Aspekte kann das Getriebesystem mit mindestens zwei Rückwärtsfahrbereichen und mindestens drei Vorwärtsfahrbereichen ausgelegt sein.

[0101] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte können die einen oder mehreren Kupplungen Reibungskupplungen sein.

[0102] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann das Mehrganggetriebe dazu ausgelegt sein, zwischen mindestens zwei Fahrbereichen eine Lastschaltung durchzuführen.

[0103] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann ein Sonnenrad in dem Planetenradsatz mit dem Hydraulikmotor gekoppelt sein.

[0104] In einem der Aspekte oder in Kombinationen der Aspekte kann ein Hohlrad in dem Planetenradsatz mit dem Mehrganggetriebe gekoppelt sein.

[0105] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann ein Träger in dem Planetenradsatz mit der Ausgangswelle gekoppelt sein.

[0106] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann der Planetenradsatz ein einfacher Planetenradsatz sein.

[0107] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte können zwei Kupplungen in dem Mehrganggetriebe koaxial zueinander positioniert sein.

[0108] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann das Getriebesystem ein stufenloses Getriebe sein.

[0109] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann die Antriebsmaschine ein Verbrennungsmotor sein.

[0110] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann das System außerdem einen oder mehrere mechanische Nebenabtriebe umfassen, die mit einem oder mehreren aus der hydraulischen Verstellpumpe und einer Kupplung in dem Mehrganggetriebe verbunden sind.

[0111] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann der Planetenradsatz Folgendes beinhalten: ein Sonnenrad, das mit dem hydraulischen Verstellmotor gekoppelt ist; ein Hohlrad, das mit dem Mehrganggetriebe gekoppelt ist; und einen Träger, der mit der Ausgangswelle gekoppelt ist.

[0112] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann das hydromechanische variable Getriebe mit mindestens zwei Rückwärtsfahrbereichen und mindestens drei Vorwärtsfahrbereichen ausgelegt sein; und das Mehrganggetriebe kann dazu ausgelegt sein, eine Lastschaltung zwischen mindestens zwei der Fahrbereiche durchzuführen.

[0113] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte können zwei der Vielzahl von Reibungskupplungen koaxial zueinander angeordnet sein und die anderen Kupplungen der Vielzahl von Reibungskupplungen sind von den beiden koaxialen Reibungskupplungen beabstandet.

[0114] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann die Vielzahl von Reibungskupplungen über eine Vielzahl von Hydraulikkolben gesteuert werden.

[0115] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann die Vielzahl von Reibungskupplung über verschiedene mechanische Verstärkungen mit dem Planetenradsatz gekoppelt sein.

[0116] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann das Zahnrad in dem Planetenradsatz ein Hohlrad sein.

[0117] In einem der Aspekte oder Kombinationen der Aspekte kann das Getriebe außerdem eine Ladepumpe und einen mechanischen Nebenantrieb (PTO) umfassen, der mit der hydraulischen Verstellpumpe verbunden ist.

[0118] In einer anderen Darstellung ist ein hydromechanisches variables Getriebe vorgesehen, das ein Getriebe mit einer asymmetrischen Anzahl von vorderen und hinteren Reibungskupplungen und eine hydrostatische Einheit beinhaltet, die über eine Planetenanordnung parallel gekoppelt sind, sowie eine Steuerung, die dazu konfiguriert ist, durch Umkehrung eines hydraulischen Verhältnisses einer hydrostatischen Einheit zwischen zwei Fahrbereichen zu schalten.

[0119] In einer anderen Darstellung ist ein Verfahren zum Betrieb eines hydromechanischen variablen Getriebes vorgesehen, das während eines ersten Schaltvorgangs das Schwenken einer Hydraulikpumpe in einer Hydraulikeinheit beinhaltet, um die Drehzahl eines Hydraulikmotors umzukehren, um eine ankommende Kupplung mit einer abgehenden

Kupplung zu synchronisieren, und während eines zweiten Schaltvorgangs das Durchführen einer Drehmomentübergabe zwischen einem Paar von Kupplungen, während ein hydraulisches Verhältnis der Hydraulikeinheit im Wesentlichen konstant gehalten wird.

[0120] Obwohl oben verschiedene Ausführungsbeispiele beschrieben wurden, sind diese als Beispiele und nicht als Einschränkung aufzufassen. Fachleuten wird sich erschließen, dass der offengelegte Gegenstand in anderen spezifischen Formen ausgeführt werden kann, ohne vom Geist des Gegenstandes abzuweichen. Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele sind daher in jeder Hinsicht als illustrativ und nicht als einschränkend zu betrachten.

[0121] Es ist zu beachten, dass die hierin enthaltenen Beispielroutinen zur Steuerung und Schätzung mit verschiedenen Antriebsstrang- und/oder Fahrzeugsystemkonfigurationen verwendet werden können. Die hier offengelegten Steuerungsverfahren und -routinen können als ausführbare Anweisungen in einem nicht transitorischen Speicher gespeichert und vom Steuerungssystem, einschließlich der Steuerung, in Kombination mit den verschiedenen Sensoren, Aktuatoren und anderer Getriebe- und/oder Fahrzeug-Hardware ausgeführt werden. Außerdem können Teile der Verfahren physische Aktionen sein, die in der realen Welt durchgeführt werden, um den Zustand einer Vorrichtung zu ändern. Die hier beschriebenen spezifischen Routinen können eine oder mehrere beliebige Verarbeitungsstrategien darstellen, wie z. B. ereignisgesteuert, unterbrechungsgesteuert, Multitasking, Multithreading und Ähnliches. So können die verschiedenen dargestellten Aktionen, Operationen und/oder Funktionen in der dargestellten Reihenfolge, parallel oder in einigen Fällen auch ohne sie durchgeführt werden. Auch die Reihenfolge der Verarbeitung ist nicht unbedingt erforderlich, um die Merkmale und Vorteile der hier beschriebenen Beispiele zu erreichen, sondern dient nur der besseren Veranschaulichung und Beschreibung. Eine oder mehrere der dargestellten Aktionen, Operationen und/oder Funktionen können je nach der verwendeten Strategie wiederholt durchgeführt werden. Ferner können die beschriebenen Aktionen, Vorgänge und/oder Funktionen grafisch einen Code darstellen, der in den nicht transitorischen Speicher des computerlesbaren Speichermediums in dem Fahrzeug- und/oder Getriebesteuerungssystem zu programmieren ist, wobei die beschriebenen Aktionen durch Ausführung der Anweisungen in einem System ausgeführt werden, das die verschiedenen Hardwarekomponenten in Kombination mit der elektronischen Steuerung enthält. Einer oder mehrere der hier beschriebenen Verfahrensschritte können auf Wunsch auch weggelassen werden.

[0122] Es versteht sich, dass die hier offengelegten Konfigurationen und Routinen exemplarischen Charakter haben und dass diese spezifischen Beispiele nicht als einschränkend zu betrachten sind, da zahlreiche Variationen möglich sind. Die oben beschriebene Technologie kann beispielsweise auf Antriebsstränge angewandt werden, die verschiedene Arten von Antriebsquellen einschließen, darunter verschiedene Arten von elektrischen Maschinen, Verbrennungsmotoren und/oder Getrieben. Der Gegenstand der vorliegenden Offenbarung schließt alle neuartigen und nicht offensichtlichen Kombinationen und Unterkombinationen der verschiedenen Systeme und Konfigurationen sowie weitere hier offengelegte Merkmale, Funktionen und/oder Eigenschaften ein.

[0123] Die folgenden Ansprüche heben insbesondere bestimmte Kombinationen und Unterkombinationen hervor, die als neuartig und nicht offensichtlich zu betrachten sind. Diese Ansprüche können sich auf „ein“ Element oder „ein erstes“ Element oder das Äquivalent davon beziehen. Solche Ansprüche sind so zu verstehen, dass sie die Einbeziehung eines oder mehrerer solcher Elemente einschließen, wobei zwei oder mehr solcher Elemente weder erforderlich noch ausgeschlossen sind. Andere Kombinationen und Unterkombinationen der offenbarten Merkmale, Funktionen, Elemente und/oder Eigenschaften können durch Änderung der vorliegenden Ansprüche oder durch Einreichung neuer Ansprüche in dieser oder einer verwandten Anmeldung beansprucht werden. Solche Ansprüche, ob sie nun einen breiteren, engeren, gleichen oder anderen Geltungsbereich als die ursprünglichen Ansprüche aufweisen, werden ebenfalls als zum Gegenstand der vorliegenden Offenbarung gehörig betrachtet.

[0124] Der Begriff „im Wesentlichen“ bedeutet, sofern nicht anders angegeben, plus oder minus drei Prozent des Bereichs.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 7530914 B2 [0003]

Patentansprüche

1. Getriebesystem, das umfasst:
eine hydrostatische Anordnung mit einer hydraulischen Verstellpumpe und einem Hydraulikmotor;
einen Planetenradsatz, der über separate Zahnräder und/oder Wellen mit einem Mehrganggetriebe, einem Hydraulikmotor und einer Ausgangswelle verbunden ist;
wobei die hydraulische Verstellpumpe mit einem Eingang des Mehrganggetriebes gekoppelt ist;
wobei das Mehrganggetriebe eine oder mehrere Kupplungen beinhaltet und mit einer Antriebsmaschine gekoppelt ist; und
wobei die Ausgangswelle zur Kopplung mit einer Achse vorgesehen ist.
2. Getriebesystem nach Anspruch 1, wobei das Getriebesystem mit mindestens zwei Rückwärtsfahrbereichen und mindestens drei Vorwärtsfahrbereichen ausgelegt ist.
3. Getriebesystem nach Anspruch 2, wobei das Mehrganggetriebe dazu ausgelegt ist, zwischen mindestens zwei der Fahrbereiche eine Lastschaltung durchzuführen.
4. Getriebesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die einen oder mehreren Kupplungen Reibungskupplungen sind.
5. Getriebesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Sonnenrad in dem Planetenradsatz mit dem Hydraulikmotor gekoppelt ist.
6. Getriebesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Hohlrad in dem Planetenradsatz mit dem Mehrganggetriebe gekoppelt ist.
7. Getriebesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Träger in dem Planetenradsatz mit der Ausgangswelle gekoppelt ist.
8. Getriebesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Planetenradsatz ein einfacher Planetenradsatz ist.
9. Getriebesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwei Kupplungen in dem Mehrganggetriebe coaxial zueinander angeordnet sind.
10. Getriebesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Getriebesystem ein stufenloses Getriebe ist.
11. Getriebesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Antriebsmaschine ein Verbrennungsmotor ist.

12. Getriebesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das ferner einen oder mehrere mechanische Nebenabtriebe umfasst, die mit einem oder mehreren aus der hydraulischen Verstellpumpe und einer Kupplung in dem Mehrganggetriebe verbunden sind.

13. Getriebesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Planetenradsatz beinhaltet:
ein Sonnenrad, das mit dem Hydraulikmotor gekoppelt ist;
ein Hohlrad, das mit dem Mehrganggetriebe gekoppelt ist; und
einen Träger, der mit der Ausgangswelle gekoppelt ist.

14. Getriebesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Getriebesystem ein hydromechanisches variables Getriebe ist.

15. Getriebesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die eine oder mehreren Kupplungen zwei Reibungskupplungen einschließen, die coaxial zueinander angeordnet sind, und eine weitere Reibungskupplung, die von den beiden Reibungskupplungen beabstandet ist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

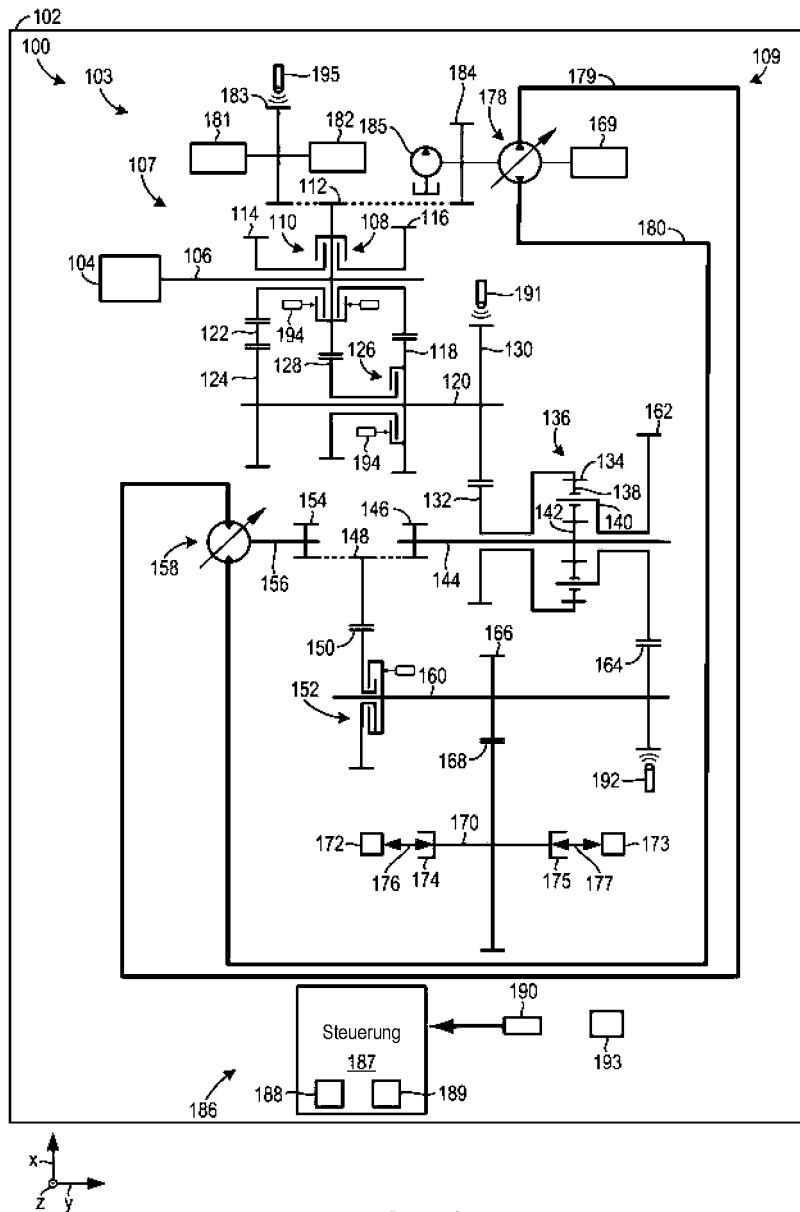


FIG. 1A

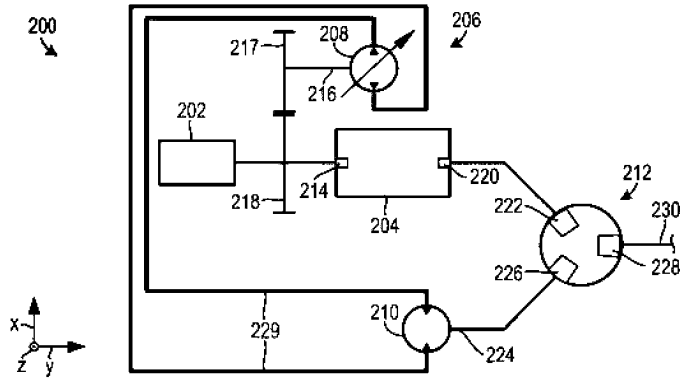


FIG. 2

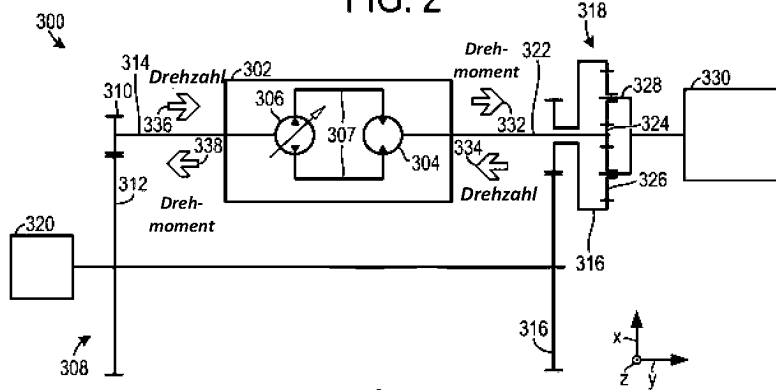


FIG. 3A

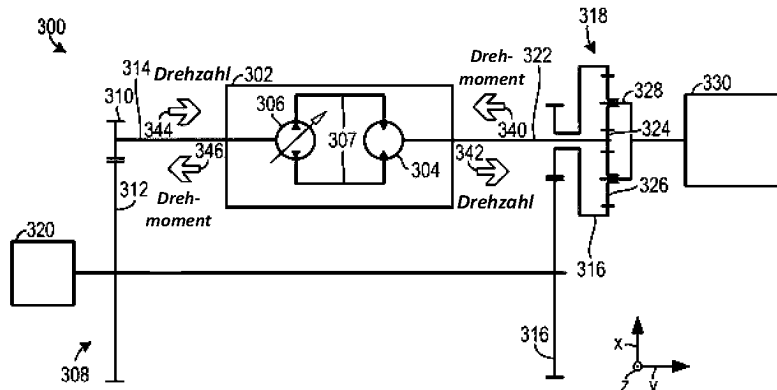


FIG. 3B

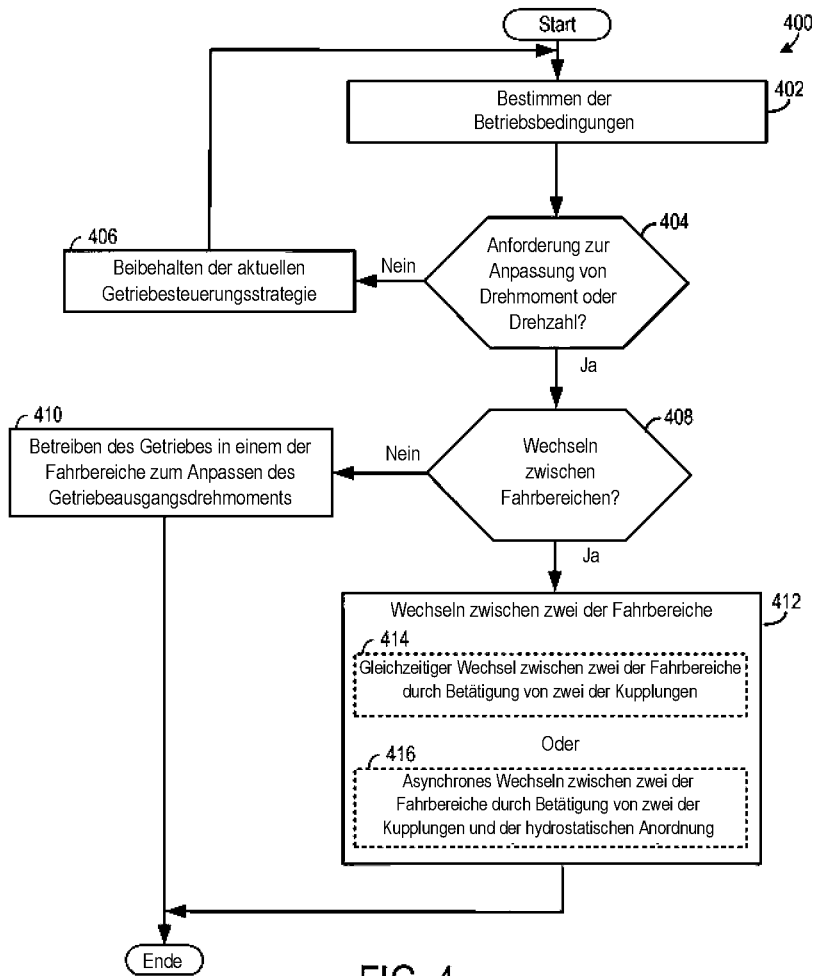


FIG. 4

199

	Zweiter Rückwärtsfahrbereich	Erster Rückwärtsfahrbereich	Erster Vorwärtsfahrbereich	Zweiter Vorwärtsfahrbereich	Dritter Vorwärtsfahrbereich
Kupplung (108)	Eingerückt	Ausgerückt	Ausgerückt	Ausgerückt	Ausgerückt
Kupplung (152)	Ausgerückt	Eingerückt	Eingerückt	Ausgerückt	Ausgerückt
Kupplung (110)	Ausgerückt	Ausgerückt	Ausgerückt	Eingerückt	Ausgerückt
Kupplung (126)	Ausgerückt	Ausgerückt	Ausgerückt	Ausgerückt	Eingerückt

FIG. 1B

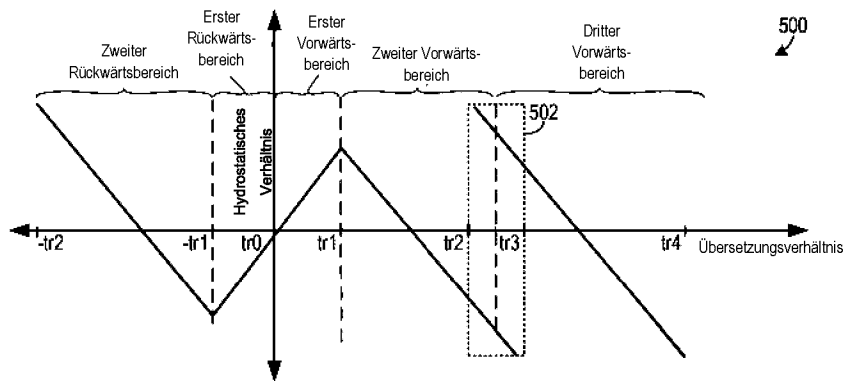


FIG. 5

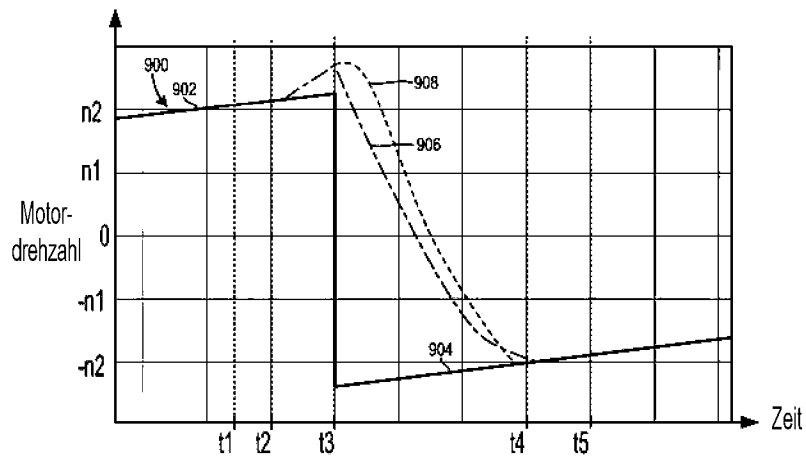


FIG. 9

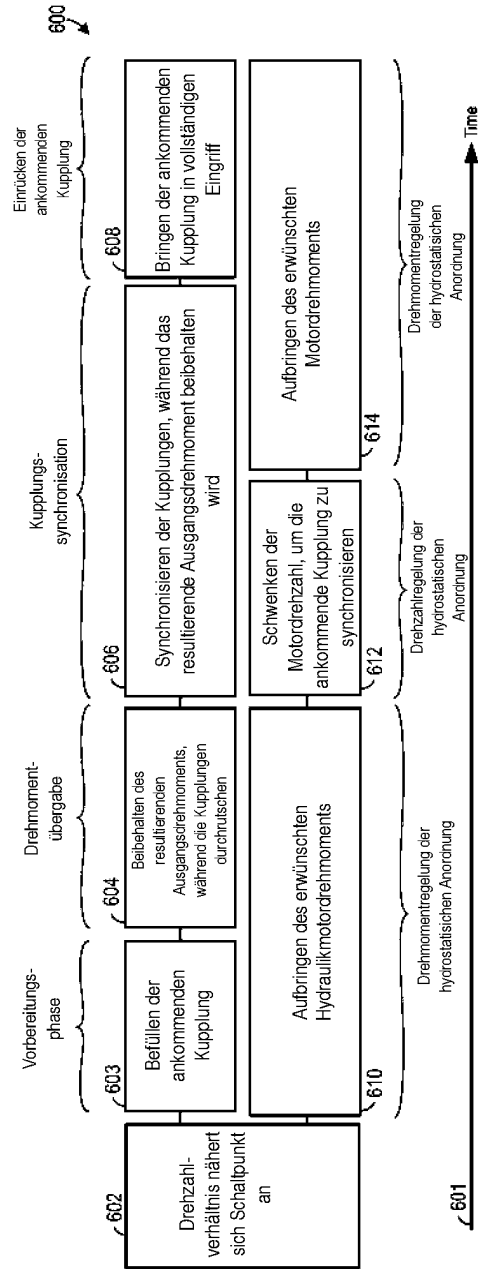


FIG. 6

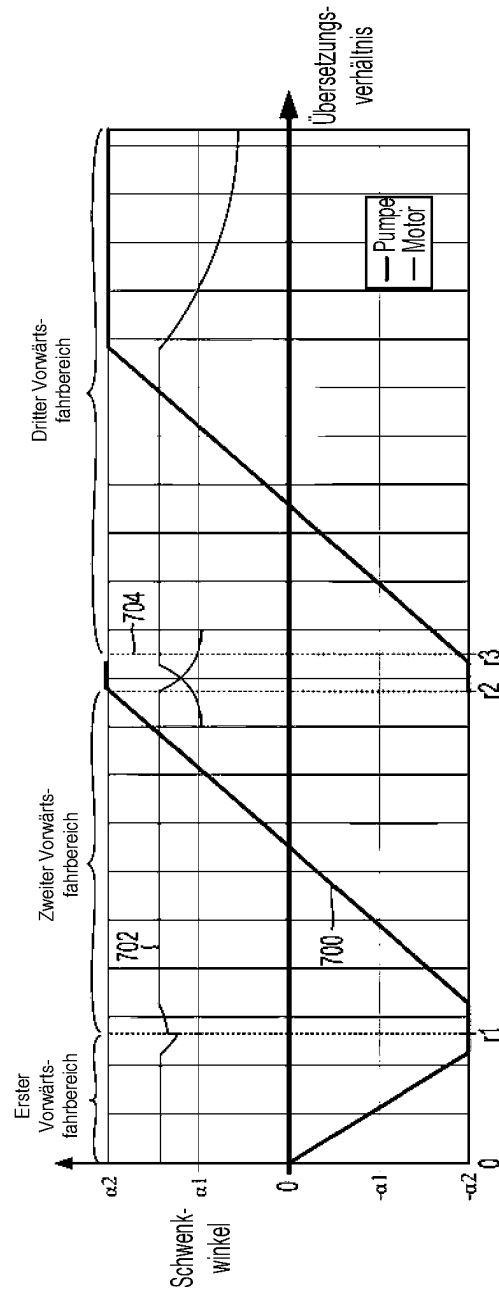


FIG. 7

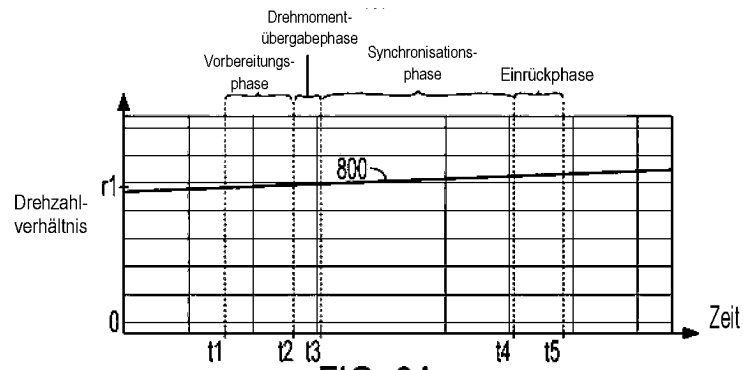


FIG. 8A

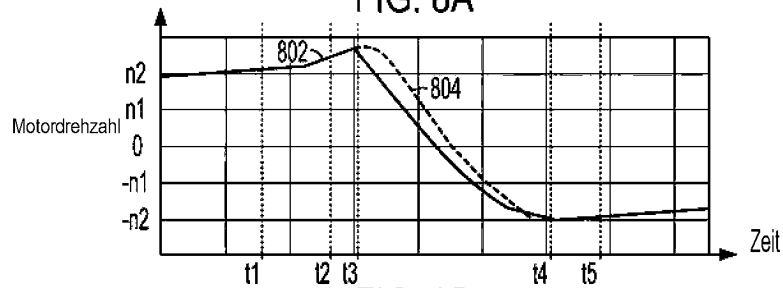


FIG. 8B

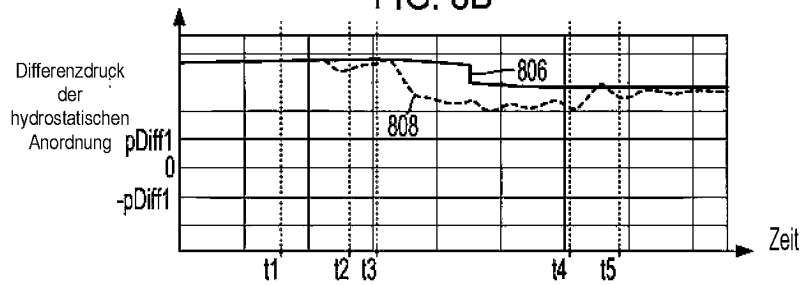


FIG. 8C

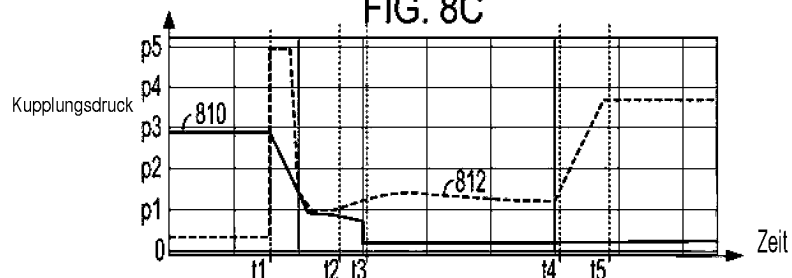


FIG. 8D