



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2006 036 758.8
(22) Anmelddatum: 05.08.2006
(43) Offenlegungstag: 28.02.2008
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 12.03.2015

(51) Int Cl.: **F16H 3/093 (2006.01)**
F16H 63/50 (2006.01)
F16H 3/08 (2006.01)
F16H 3/12 (2006.01)
B60K 6/387 (2007.10)
B60K 6/48 (2007.10)
B60K 6/547 (2007.10)
B60W 20/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**ZF Friedrichshafen AG, 88046 Friedrichshafen,
DE**

(72) Erfinder:

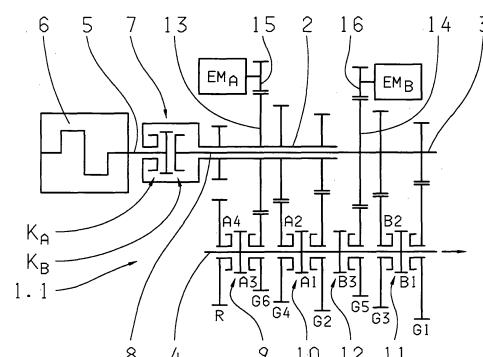
**Bornträger, Kai, 88212 Ravensburg, DE;
Mittelberger, Christian, 88212 Ravensburg, DE;
Miller, Martin, 88090 Immenstaad, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	103 60 075	A1
DE	199 44 879	A1
DE	199 50 679	A1
EP	1 610 038	A1

(54) Bezeichnung: **Automatisiertes Doppelkupplungsgetriebe eines Kraftfahrzeuges**

(57) Hauptanspruch: Automatisiertes Doppelkupplungsgetriebe eines Kraftfahrzeuges, mit zwei koaxial oder achsparallel angeordneten Eingangswellen (2, 3), mindestens einer achsparallel zu den Eingangswellen (2, 3) angeordneten Abtriebswelle (4) und unsynchronisierten Gangkupplungen (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3), wobei jeder der Eingangswellen (2, 3) zur Verbindung mit der Antriebswelle (5) eines Antriebsmotors (6) jeweils eine separate Motorkupplung (K_A, K_B) und zur Verbindung mit der Abtriebswelle (4) jeweils eine Gruppe von unterschiedlich übersetzten Gang-Zahnradssätzen mit jeweils einem Festrad und einem über eine zugeordnete Gangkupplung (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3) schaltbaren Losrad zugeordnet sind, wobei die beiden Motorkupplungen (K_A, K_B) als unsynchronisierte Klauenkupplungen ausgebildet sind, wobei als Anfahr- und Synchronisiermittel zwei Elektromaschinen (EM_A, EM_B) vorgesehen sind, die wechselweise jeweils mit einer der beiden Eingangswellen (2, 3) in Triebverbindung stehen, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Motorkupplungen (K_A, K_B) in einem gemeinsamen Kupplungsblock (7) zusammengefasst sind.



Kupp- lung	K _A	K _B	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3
Gang	(●)						●		
G1	●								
G2		●							
G3		●						●	
G4	●			●					
G5		●							●
G6	●				●				
R	(●)					●			

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein automatisiertes Doppelkupplungsgetriebe eines Kraftfahrzeuges, mit zwei koaxial oder achsparallel angeordneten Eingangswellen, mindestens einer achsparallel zu den Eingangswellen angeordneten Abtriebswelle, sowie mit unsynchronisierten Gangkupplungen, wobei jeder der beiden Eingangswellen zur Verbindung mit der Antriebswelle eines Antriebsmotors jeweils eine separate Motorkupplung und zur Verbindung mit der Abtriebswelle des Getriebes jeweils eine Gruppe von unterschiedlich übersetzten Gang-Zahnradssätzen mit jeweils einem Festrad und einem über eine zugeordnete Gangkupplung schaltbaren Losrad zugeordnet sind, wobei die beiden Motorkupplungen als unsynchronisierte Klauenkupplungen ausgebildet sind, und dass als Anfahr- und Synchronisiermittel zwei Elektromaschinen vorgesehen sind, die wechselweise jeweils mit einer der beiden Eingangswellen in Triebverbindung stehen. Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren zur Steuerung eines derartigen Doppelkupplungsgetriebes.

[0002] Automatisierte Doppelkupplungsgetriebe sind seit längerem bekannt und können, insbesondere was die Anzahl und die Anordnung der Getriebewellen angeht, geometrisch unterschiedlich ausgebildet sein.

[0003] Ein typischerweise mit koaxial angeordneten Eingangswellen aufgebautes Doppelkupplungsgetriebe ist beispielsweise in der DE 199 44 879 A1 beschrieben. Bei diesem bekannten Doppelkupplungsgetriebe ist die kürzere, motornaher Eingangswelle als Hohlwelle ausgebildet und auf einem eingangsseitigen Abschnitt der längeren, motorfernen Eingangswelle gelagert. Die Abtriebswelle ist als eine achsparallel zu den beiden Eingangswellen angeordnete Vorgelegewelle ausgebildet. Die beiden Eingangswellen sind über jeweils eine als Reibungskupplung, insbesondere als Lamellenkupplung ausgebildete Motorkupplung mit der Antriebswelle des Antriebsmotors verbindbar. Die Abtriebswelle steht über ein Abtriebsritzel mit dem Achsantrieb einer Antriebsachse des betreffenden Kraftfahrzeugs in Verbindung. Über mehrere, jeweils einem Gang zugeordnete Gang-Zahnradssätze, die bis auf den Rückwärtsgang jeweils aus einem Festrad und einem Losrad bestehen, ist die Abtriebswelle durch das Schließen einer jeweils an dem Losrad angeordneten Gangkupplung selektiv triebtechnisch mit einer der beiden Eingangswellen verbindbar, wobei die Gangkupplungen vorliegend als sperrsynchronisierte Klauenkupplungen ausgebildet sind.

[0004] Ein ähnlich aufgebautes Doppelkupplungsgetriebe ist aus der DE 103 60 075 A1 bekannt. Im Unterschied zu dem vorgenannten Doppelkupplungsgetriebe steht die Abtriebswelle vorliegend über

zwei Abtriebszahnradpaare, von denen eines schaltbar ausgeführt sein kann, mit zwei Achsantrieben, also mit dem Achsantrieb einer angetriebenen Vorderachse und dem Achsantrieb einer angetriebenen Hinterachse, in Verbindung. Optional ist eine als Startergenerator ausgebildete Elektromaschine vorgesehen, die über ein mit dem abtriebsseitigen Zahnrad eines Gang-Zahnradssatzes in Eingriff befindliches Ritzel durch das Einrücken der betreffenden Gangkupplung in Triebverbindung mit dem Antriebsmotor bzw. der Abtriebswelle bringbar ist. Die beiden Motorkupplungen sind ebenfalls als Reibungskupplungen ausgebildet, vorliegend in der Bauart von Einscheiben-Trockenkupplungen.

[0005] Aus der EP1610038A1 ist ein Doppelkupplungsgetriebe mit synchronisierten Klauenkupplungen bekannt. Ein Hilfsantrieb synchronisiert die Drehzahl der einen oder der anderen Eingangswelle mit der Drehzahl des Motors. Laufen Motor und einzukoppelnde Eingangswelle mit gleicher Drehzahl, lässt sich eine Klauenkupplung einrücken.

[0006] Aufgrund der synchronisierten Ausbildung der Gangkupplungen ist deren Steuerung aufwendig, da die Schaltvorgänge einerseits schnell ablaufen sollen und andererseits eine Überlastung sowie Beschädigung der Bauteile der Sperrsynchronisierung durch zu hohe Stellkräfte vermieden werden soll. Im Übrigen weist eine synchronisierte Gangkupplung im Vergleich zu einer unsynchronisierten Klauenkupplung einen höheren Fertigungsaufwand sowie größere Abmessungen auf. Ebenfalls unterliegen synchronisierte Gangkupplungen, insbesondere die Synchroreibringe und die Sperrzähne, einem betriebsbedingten Verschleiß, wodurch die Lebensdauer des gesamten Doppelkupplungsgetriebes begrenzt wird.

[0007] Zudem erfordert die Steuerung der als Reibungskupplungen ausgebildeten Motorkupplungen einen hohen steuerungstechnischen Aufwand, um insbesondere das Schließen der jeweiligen Motorkupplung bei Anfahr- und Schaltvorgängen schnell, komfortabel und verschleißarm durchführen zu können. So unterliegen beispielsweise die Reibbeläge einer Einscheiben-Trockenkupplung einer hohen mechanischen und thermischen Belastung. Zur Einstellung eines bestimmten übertragbaren Drehmomentes der Motorkupplung müssen daher der Verschleißzustand der Reibbeläge, der temperaturabhängige Reibungsbeiwert und wärmedehnungsabhängige Positionierfehler erfasst und bei der Steuerung der Motorkupplung berücksichtigt werden. Durch den reibungsbedingten Verschleiß ist die Lebensdauer einer Trockenkupplung naturgemäß beschränkt.

[0008] Bei einer dazu alternativen Ausbildung der Motorkupplungen als im Ölbad laufende Lamellenkupplungen ist der Verschleiß der Lamellen unter normalen Betriebsbedingungen zwar relativ gering.

Aufgrund der Funktion des betreffenden Hydrauliköls als Kühlmittel, Schmiermittel und Scherkraft-Übertragungsmittel ist das Hydrauliköl aber sehr teuer und weist eine beschränkte Betriebsdauer auf. Im Übrigen weisen beide Bauarten von Motorkupplungen relativ große Abmessungen und ein hohes Gewicht auf, wodurch der Bauraumbedarf und das Gewicht des gesamten Doppelkupplungsgetriebes erhöht werden.

[0009] Die vorgenannten Nachteile können zumindest teilweise vermieden werden, wenn anstelle synchronisierter Gangkupplungen unsynchronisierte Gangkupplungen in Form von einfachen Klauenkupplungen verwendet werden. Dies ist beispielsweise bei einem in der DE 199 50 679 A1 beschriebenen Doppelkupplungsgetriebe der Fall. Dort ist zur Synchronisierung der Gangkupplungen ein vorzugsweise als Elektromotor ausgebildeter Hilfsantrieb vorgesehen, der über eine umschaltbare Kupplungsanordnung jeweils mit einer der beiden Eingangswellen koppelbar ist. Die Triebverbindung mit der betreffenden Eingangswelle erfolgt jeweils über ein mit einem Festrad eines Gang-Zahnradssatzes in Eingriff stehendes Ritzel, das über die Kupplungsanordnung mit dem Hilfsantrieb verbindbar ist. Hierdurch werden zwar Bauraum und Kosten für die Gangkupplungen eingespart und die Steuerung der Schaltvorgänge vereinfacht. Da aber die Motorkupplungen als Reibungskupplungen ausgebildet sind, bleiben die diesbezüglichen und genannten Nachteile erhalten.

[0010] Vor diesem Hintergrund liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Doppelkupplungsgetriebe der eingangs genannten Art vorzuschlagen, das bei weitgehend gleichem Anfahr- und Schaltkomfort einen im Hinblick auf geringere Herstellungskosten und einen verringerten Platzbedarf vereinfachten Aufbau sowie eine vereinfachte Steuerbarkeit aufweist. Außerdem soll ein Verfahren zur Steuerung eines derartigen automatisierten Doppelkupplungsgetriebes angegeben werden.

[0011] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass die beiden Motorkupplungen in einem gemeinsamen Kupplungsblock zusammengefasst sind.

[0012] Durch die Ausbildung der beiden Motorkupplungen als unsynchronisierte Klauenkupplungen werden die diesbezüglichen Herstellungskosten und der Bauraumbedarf gesenkt, die Steuerbarkeit vereinfacht und die Lebensdauer erhöht. Dabei wird, wie nachfolgend noch näher erläutert wird, durch den Einsatz einer der beiden Elektromaschinen im Motorbetrieb ein ruckfreies und komfortables Anfahren sowie durch die Verwendung beider Elektromaschinen die Durchführung von Schaltvorgängen mit hohem Schaltkomfort und ohne eine Zugkraftunterbrechung ermöglicht. Insgesamt ergeben sich hierdurch, insbesondere im Vergleich mit einem mit synchronisier-

ten Gangkupplungen versehenen Doppelkupplungsgetriebe, deutliche Kosten- und Bauraumvorteile, ohne dass dabei Einbußen in der Funktionalität und dem Komfort in Kauf genommen werden müssen. Durch den zumindest vorübergehenden Einsatz einer der beiden Elektromaschinen im Motor- oder Generatorbetrieb kann zudem der Kraftstoffverbrauch gesenkt und die Betriebsbremse entlastet werden.

[0013] Zur Vereinfachung des Aufbaus und der Betätigung weist der gemeinsame Kupplungsblock zwei Schaltstellungen mit einer wechselweisen Verbindung der Antriebswelle mit einer der beiden Eingangswellen sowie eine Neutralstellung mit vollständig unterbrochenem Kraftfluss auf, und ist durch einen einzigen Kupplungssteller betätigbar.

[0014] Dieser Kupplungsblock kann außerhalb der Gang-Zahnradssätze des Getriebes axial zwischen dem Antriebsmotor und den beiden Eingangswellen angeordnet sein, eingangsseitig unmittelbar mit der Antriebswelle des Antriebsmotors gekoppelt sein, sowie ausgangsseitig einerseits unmittelbar mit der als Hohlwelle ausgebildeten motornahen Eingangswelle und andererseits mit einem zentral durch die Hohlwelle geführten Abschnitt der motorfernen Eingangswelle verbunden sein. Hierdurch wird zum einen eine axial enge Staffelung der Gang-Zahnradssätze in Verbindung mit kurzen Getriebewellen ermöglicht, was zu einer insgesamt kurzen Baulänge und einem geringem Gewicht des Doppelkupplungsgetriebes führt. Ebenfalls ist hierdurch eine Anordnung des Kupplungsblocks außerhalb des Getriebegehäuses möglich, wodurch die Motorkupplungen und der zugeordnete Kupplungssteller für Wartungs- und Reparaturarbeiten leichter zugänglich sind.

[0015] Alternativ dazu ist jedoch auch eine Anordnung des Kupplungsblocks innerhalb der Gang-Zahnradssätze des Getriebes axial zwischen der motornahen Eingangswelle und der motorfernen Eingangswelle möglich, bei welcher der Kupplungsblock eingangsseitig mit einem verlängerten und durch die als Hohlwelle ausgebildete motornahen Eingangswelle geführten Abschnitt der Antriebswelle des Antriebsmotors verbunden ist, sowie ausgangsseitig einerseits unmittelbar mit der motornahen Eingangswelle und andererseits unmittelbar mit der motorfernen Eingangswelle verbunden ist. Bei dieser Anordnung des Kupplungsblocks kann die Steuerung der Stellantriebe für die Gangkupplungen und die Motorkupplungen, wie z. B. die Steuerungsventile hydraulischer oder pneumatischer Gang- und Kupplungssteller, in einem gemeinsamen Steuermodul zusammengefasst werden.

[0016] Die Triebverbindung der beiden Elektromaschinen mit den Eingangswellen ist vorteilhaft jeweils dadurch gegeben, dass ein mit dem Rotor der betreffenden Elektromaschine verbundenes Ritzel mit

einem mit der zugeordneten Eingangswelle verbundenen Festrad eines Gang-Zahnradsatzes in Eingriff steht. Dabei stehen die Ritzel der Elektromaschinen bevorzugt jeweils mit dem Festrad der größten Gangstufe der betreffenden Eingangswelle in Eingriff, da hierdurch eine für die Elektromaschinen günstige, nämlich kleine Übersetzung gegeben ist, welche die Verwendung relativ drehmomentschwächer sowie hochdrehender und somit entsprechend kleiner sowie leichter Elektromaschinen ermöglicht.

[0017] Bei dem erfindungsgemäßen Doppelkupplungsgetriebe erfolgt ein Anfahrvorgang durch das Einrücken der Gangkupplung des Anfahrgangs und durch das Beschleunigen des Kraftfahrzeugs mit der Antriebskraft der dem Anfahrgang zugeordneten Elektromaschine. Im weiteren Verlauf des Anfahrvorgangs wird dann die dem Anfahrgang zugeordnete Motorkupplung bei Erreichen der Synchrongeschwindigkeit eingerückt, und nachfolgend erfolgt die weitere Beschleunigung des Kraftfahrzeugs entweder allein mit der Antriebskraft des Antriebsmotors oder durch eine kombinierte Antriebskraft des Antriebsmotors und der Elektromaschine. Mittels der dem Anfahrgang zugeordneten Elektromaschine, die bedarfsweise leistungsfähiger als die andere Elektromaschine ausgebildet sein kann, ist somit ein ruckfreies Anfahren auch ohne die Verwendung einer speziellen Anfahrkupplung möglich.

[0018] Bei einem Anfahrvorgang mit Rückwärtssfahrt kann zudem ein spezieller Gang-Zahnratsatz für den Rückwärtsgang eingespart werden, wenn dieser Anfahrvorgang unter Nutzung des Anfahrgangs für Vorfährt mit einer Umkehrung der Drehrichtung der zugeordneten Elektromaschine durchgeführt wird.

[0019] Bei verteilter Zuordnung der Gänge auf die beiden Eingangswellen ist bei einer Schaltung von einem Lastgang in einen Zielgang vorgesehen, dass zunächst die Gangkupplung des Zielgangs durch ein Beschleunigen der betreffenden Eingangswelle mittels der zugeordneten Elektromaschine synchronisiert und nachfolgend eingerückt wird, dass dann eine Lastübernahme durch die Elektromaschine erfolgt, dass daraufhin die dem Lastgang zugeordnete Motorkupplung und die dem Lastgang zugeordnete Gangkupplung ausgerückt werden, dass dann der Antriebsmotor auf die Synchrongeschwindigkeit des Zielgangs zugeordneten Motorkupplung gesteuert und nachfolgend diese Motorkupplung eingerückt wird, und dass abschließend wieder der Antriebsmotor die Antriebslast übernimmt.

[0020] Bei ausreichend leistungsstark ausgelegten Elektromaschinen ergibt sich somit eine mit einem konventionellen Doppelkupplungsgetriebe vergleichbare komfortable Schaltung ohne eine Zugkraftunterbrechung. Dabei wirkt sich die relativ lange dauernde Steuerung des Antriebsmotors auf die Synchrongeschwindigkeiten der zugeordneten Motorkupplungen negativ auf.

zahl der dem Zielgang zugeordneten Motorkupplung nicht negativ aus, da die Antriebskraft in dieser Phase durch die zugeordnete Elektromaschine aufgebracht wird.

[0021] Außerhalb von Anfahr- und Schaltvorgängen werden die beiden Elektromaschinen auch zweckmäßig in einer Art Hybridbetrieb eingesetzt, indem der Antriebsmotor bei hoher Zuglast, wie bei einer starken Beschleunigung und/oder beim Befahren einer steilen Steigungsstrecke, durch einen Motorbetrieb der dem Lastgang zugeordneten Elektromaschine unterstützt wird, und im Schubbetrieb zusammen mit den Radbremsen durch einen Generatorbetrieb der dem Lastgang zugeordneten Elektromaschine entlastet wird.

[0022] Alternativ zu der bislang beschriebenen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Doppelkupplungsgetriebes können die beiden Elektromaschinen auch durch eine einzige Elektromaschine ersetzt werden, die wechselweise mit einer der beiden Eingangswellen koppelbar ist. Anstelle der eingesparten Elektromaschine ist dann eine zusätzliche Kupplungsvorrichtung zur wechselweisen Herstellung einer Triebverbindung mit einer der beiden Eingangswellen erforderlich. Die wesentlichen Funktions- und Betriebseigenschaften bleiben aber erhalten.

[0023] Die eine Elektromaschine ist vorteilhaft axial zwischen den beiden Gang-Zahnratsätzen der größten Gänge angeordnet und an ihrem Rotor beidseitig jeweils mit einer als Klauenkupplung ausgebildeten Triebkupplung versehen, über die wechselweise jeweils eine Triebverbindung mit einer der betreffenden Eingangswelle verbundenen Festrad des zugeordneten Gang-Zahnratsatzes in Eingriff stehenden Ritzel herstellbar ist.

[0024] Alternativ dazu kann die Elektromaschine jedoch auch axial außen neben einem der beiden genannten Gang-Zahnratsätze angeordnet sein und über eine verlängerte Rotorwelle mit einem axial zwischen den beiden Gang-Zahnratsätzen angeordneten Kupplungsblock verbunden sein, über den mit jeweils einer als Klauenkupplung ausgebildeten Triebkupplung wechselweise eine Triebverbindung mit einem mit der betreffenden Eingangswelle verbundenen Festrad des zugeordneten Gang-Zahnratsatzes in Eingriff stehenden Ritzel herstellbar ist.

[0025] Bei dieser Ausführungsform des erfindungsgemäßen Doppelkupplungsgetriebes erfolgt ein Anfahrvorgang durch das Einrücken der Gangkupplung des Anfahrgangs und der dem Anfahrgang zugeordneten Triebkupplung sowie durch das Beschleunigen des Kraftfahrzeugs mit der Antriebskraft der dem Anfahrgang zugeordneten Elektromaschine. Im weiteren Verlauf des Anfahrvorgangs wird dann die dem Anfahrgang zugeordnete Motorkupplung bei Erreichung der Synchrongeschwindigkeit eingerückt.

chen der Synchrongeschwindigkeit eingerückt. Nachfolgend kann die weitere Beschleunigung des Kraftfahrzeugs alleine mit der Antriebskraft des Antriebsmotors erfolgen, wobei die dem Anfahrgang zugeordnete Triebkupplung zunächst ausgerückt wird, oder die weitere Beschleunigung erfolgt durch eine kombinierte Antriebskraft des Antriebsmotors und der Elektromaschine.

[0026] Bei einem Anfahrvorgang mit Rückwärtsfahrt kann ebenso der Anfahrgang für Vorwärtsfahrt in Verbindung mit einer Umkehrung der Drehrichtung der zugeordneten Elektromaschine genutzt werden, so dass ein spezieller Gang-Zahnradssatz für den Rückwärtsgang nicht erforderlich ist.

[0027] Bei verteilter Zuordnung der Gänge auf die beiden Eingangswellen ist bei einer Schaltung von einem Lastgang in einen Zielgang vorgesehen, dass zunächst die dem Zielgang zugeordnete Triebkupplung eingerückt wird, dass dann die Gangkupplung des Zielgangs durch ein Beschleunigen der betreffenden Eingangswelle mittels der Elektromaschine synchronisiert und nachfolgend eingerückt wird, dass dann eine Lastübernahme durch die Elektromaschine erfolgt, dass daraufhin die dem Lastgang zugeordnete Motorkupplung und die dem Lastgang zugeordnete Gangkupplung ausgerückt werden, dass dann der Antriebsmotor auf die Synchrongeschwindigkeit des Zielgangs zugeordneten Motorkupplung gesteuert und nachfolgend diese Motorkupplung eingerückt wird, und dass abschließend wieder der Antriebsmotor die Antriebslast übernimmt und die dem Zielgang zugeordnete Triebkupplung ausgerückt wird.

[0028] Außerhalb von Anfahr- und Schaltvorgängen kann die Elektromaschine ebenfalls in einer Art Hybrideinsatz eingesetzt werden, indem der Antriebsmotor bei hoher Zuglast, wie bei einer starken Beschleunigung und/oder beim Befahren einer steilen Steigungsstrecke, durch das Synchronisieren und Einrücken der dem Lastgang zugeordneten Triebkupplung sowie einen nachfolgenden Motorbetrieb der Elektromaschine unterstützt wird, und im Schubbetrieb zusammen mit den Radbremsen durch das Synchronisieren und Einrücken der dem Lastgang zugeordneten Triebkupplung sowie einen nachfolgenden Generatorbetrieb der Elektromaschine entlastet wird.

[0029] Zur Verdeutlichung der Erfindung ist der Beschreibung eine Zeichnung mit Ausführungsbeispielen beigelegt.

[0030] In diesen zeigt:

[0031] Fig. 1a eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Doppelkupplungsgetriebes in schematischer Form,

[0032] Fig. 1b ein Schaltschema des Doppelkupplungsgetriebes nach Fig. 1a,

[0033] Fig. 2a eine zweite Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Doppelkupplungsgetriebes in schematischer Form,

[0034] Fig. 2b ein Schaltschema des Doppelkupplungsgetriebes gemäß Fig. 2a,

[0035] Fig. 3 eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Doppelkupplungsgetriebes in schematischer Form und

[0036] Fig. 4 eine vierte Variante eines erfindungsgemäßen Doppelkupplungsgetriebes in schematischer Form.

[0037] In einer ersten Ausführungsform gemäß Fig. 1a weist das erfindungsgemäße Doppelkupplungsgetriebe 1.1 zwei koaxial angeordnete Eingangswellen 2, 3 und eine achsparallel zu den Eingangswellen 2, 3 angeordnete Abtriebswelle 4 auf. Beide Eingangswellen 2, 3 sind jeweils über eine separate Motorkupplung K_A, K_B mit der Antriebswelle 5 eines als Verbrennungsmotor ausgebildeten Antriebsmotors 6 verbindbar. Die Motorkupplungen K_A, K_B sind als unsynchronisierte Klauenkupplungen ausgebildet und in einem gemeinsamen Kupplungsblock 7 zusammengefasst, der zwei Schaltstellungen, in denen jeweils eine der beiden Motorkupplungen K_A, K_B geschlossen ist, und eine Neutralstellung mit vollständig unterbrochenem Kraftfluss aufweist. Vorliegend ist der Kupplungsblock 7 axial eingangsseitig zwischen dem Antriebsmotor 6 und den beiden Eingangswellen 2, 3 angeordnet und steht eingangsseitig unmittelbar mit der Antriebswelle 5 des Antriebsmotors 6 und ausgangsseitig einerseits unmittelbar mit der als Hohlwelle ausgebildeten motornahen ersten Eingangswelle 2 und andererseits mit einem zentral durch die erste Eingangswelle 2 geführten Abschnitt 8 der motorfernen zweiten Eingangswelle 3 in Verbindung.

[0038] Den beiden Eingangswellen 2, 3 ist jeweils eine Gruppe von unterschiedlich übersetzten Gang-Zahnradssätzen mit den Gängen G₂, G₄, G₆ und R beziehungsweise G₁, G₃ und G₅ zugeordnet, die jeweils ein drehfest auf der betreffenden Eingangswelle 2 bzw. 3 angeordnetes Festrad und ein drehbar auf der Abtriebswelle 3 gelagertes sowie über eine zugeordnete Gangkupplung A₁, A₂, A₃, A₄ beziehungsweise B₁, B₂, B₃ schaltbares Losrad umfasst. Der Gang-Zahnradssatz für den Rückwärtsgang R weist zur Drehrichtumkehr in bekannter Weise ein vorliegend nicht abgebildetes Zwischenrad auf. Die Gangkupplungen sind, soweit möglich, jeweils paarweise in Schaltpaketen 9, 10 und 11 mit jeweils zwei Schaltstellungen und einer Neutralstellung zusammengefasst. Aufgrund der ungeraden Anzahl der

Gang-Zahnradssätze ist einem Schaltspaket **12** nur die Schaltkupplung B3 des fünften Gangs G5 zugeordnet.

[0039] Beiden Eingangswellen **2, 3** ist jeweils eine Elektromaschine EM_A, EM_B zugeordnet, wobei die Triebverbindung mit der jeweiligen Eingangswelle **2, 3** jeweils über ein mit dem Rotor der betreffenden Elektromaschine EM_A, EM_B verbundenes und mit dem Festrad **13, 14** des dem jeweils größten Gang G6, G5 zugeordneten Gang-Zahnradssatzes in Eingriff stehendes Ritzel **15, 16** gegeben ist.

[0040] Ein Vorwärts-Anfahren erfolgt bei geöffneten Motorkupplungen K_A und K_B sowie eingerückter Gangkupplung B1 des ersten Gangs G1 durch einen Motorbetrieb der zweiten Elektromaschine EM_B. Wird dabei an der zweiten Motorkupplung K_B eine Mindestdrehzahl des Antriebsmotors **6** erreicht, so kann nach dem Schließen der zweiten Motorkupplung K_B die weitere Anfahrt alleine mit der Antriebskraft des Antriebsmotors **6** oder durch die kombinierte Antriebskraft des Antriebsmotors **6** und der zweiten Elektromaschine EM_B erfolgen.

[0041] In prinzipiell gleicher Weise erfolgt ein Rückwärts-Anfahren bei geöffneten Motorkupplungen K_A und K_B sowie eingerückter Gangkupplung A4 des Rückwärtsgangs R durch einen Motorbetrieb der ersten Elektromaschine EM_A. Mit Erreichen einer Mindestdrehzahl des Antriebsmotors **6** an der ersten Motorkupplung K_A kann die weitere Anfahrt nach dem Schließen der ersten Motorkupplung K_A alleine oder mit Unterstützung der Antriebskraft des Antriebsmotors **6** fortgesetzt werden.

[0042] Bei einem Schaltvorgang zwischen zwei jeweils unterschiedlichen Eingangswellen **2, 3** zugeordneten Gängen, beispielsweise von dem dritten Gang G3 in den vierten Gang G4, ist vorgesehen, dass zunächst die Gangkupplung A2 des Zielgangs G4 durch ein Beschleunigen der betreffenden Eingangswelle **2** mittels der zugeordneten Elektromaschine EM_A synchronisiert und nachfolgend eingrückt wird. Dann erfolgt eine Lastübernahme von dem Antriebsmotor **6** durch die betreffende Elektromaschine EM_A, so dass die dem Lastgang G3 zugeordnete Motorkupplung K_B und die dem Lastgang G3 zugeordnete Gangkupplung A2 lastfrei ausgerückt werden können. Anschließend wird der Antriebsmotor **6** auf die Synchrondrehzahl der dem Zielgang G4 zugeordneten Motorkupplung K_A gesteuert und diese nachfolgend eingerückt. Sodann übernimmt der Antriebsmotor **6** wieder die Antriebslast von der Elektromaschine EM_A.

[0043] Ein entsprechendes Schaltschema ist in der Tabelle von **Fig. 1b** wiedergegeben, wobei die in dem jeweiligen Gang geschlossenen Motor- und Gangkupplungen durch das ausgefüllte Kreissymbol mar-

kiert sind. Das für den ersten Gang G1 und den Rückwärtsgang R jeweils eingeklammerte Kreissymbol der betreffenden Motorkupplung K_B, K_A soll dabei andeuten, dass die Motorkupplung beim Anfahren zunächst geöffnet ist und erst im weiteren Verlauf einer Anfahrt zugeschaltet werden kann bzw. nach einer Rückschaltung aus dem zweiten Gang G2 geschlossen ist.

[0044] Bei ausreichend leistungsstarken Elektromaschinen EM_A bzw. EM_B, deren Dimensionierung durch die Triebverbindung mit den Festrädern der jeweils größten Gänge G6, G5 begünstigt wird, ergibt sich somit ein mit einem konventionellen Doppelkupplungsgetriebe vergleichbares Anfahren und komfortable Schaltungen ohne Zugkraftunterbrechung. Des Weiteren kann der Antriebsmotor bei hoher Zuglast durch einen Motorbetrieb der mit der lastführenden Eingangswelle **2, 3** triebverbundenen Elektromaschine EM_A, EM_B unterstützt und im Schubbetrieb zusammen mit den Radbremsen durch einen Generatorbetrieb der betreffenden Elektromaschine EM_A, EM_B entlastet werden.

[0045] Eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Doppelkupplungsgetriebes **1.2** gemäß **Fig. 2a** ist bis auf zwei Unterschiede weitgehend identisch mit der vorbeschriebenen ersten Variante, so dass für funktionsgleiche Bauteile identische Bezeichnungen verwendet werden.

[0046] Der erste Wesentliche Unterschied der zweiten Ausführung gegenüber der ersten Ausführungsform besteht in der Einsparung des separaten Gang-Zahnradssatzes für den Rückwärtsgang R. Die Funktion des Rückwärtsgangs R wird in einfacher Weise in Verbindung mit einer Drehrichtungsumkehr der betreffenden Elektromaschine EM_B durch den Zahnradsatz des ersten Gangs G1 erfüllt. Durch diese Ausgestaltung ist ohne Funktionseinbußen eine wesentliche Kosten- und Bauraumeinsparung erzielbar.

[0047] Der zweite Unterschied besteht in der Anordnung des Kupplungsblocks **7**, der nunmehr innerhalb der Gang-Zahnradssätze axial zwischen der motornahen ersten Eingangswelle **2** und der motorfernen zweiten Eingangswelle **3** angeordnet ist. In dieser Ausführungsform ist der Kupplungsblock **7** eingangsseitig mit einem verlängerten und durch die als Hohlwelle ausgebildete erste Eingangswelle **2** geführten Abschnitt **17** der Antriebswelle **5** des Antriebsmotors **6** verbunden, sowie ausgangsseitig einerseits unmittelbar mit der ersten Eingangswelle **2** und andererseits unmittelbar mit der zweiten Eingangswelle **3** verbunden. Bei dieser Anordnung des Kupplungsblocks **7** kann vorteilhaft die Steuerung der Stellantriebe für die Gangkupplungen A1, A2, A3, B1, B2, B3 und die Motorkupplungen K_A, K_B in einem gemeinsamen Steuermodul zusammengefasst werden.

[0048] Beide Ausgestaltungen gemäß **Fig. 1a** und **Fig. 2a** sind unabhängig voneinander nutzbar. Das zugeordnete Schaltschema der Ausführung des Doppelkupplungsgetriebes **1.2** ist der Tabelle von **Fig. 2b** zu entnehmen.

[0049] Weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Doppelkupplungsgetriebes **1.3**, **1.4** sind in den Figuren **Fig. 3** und **Fig. 4** abgebildet und basieren auf der ersten Ausführungsvariante gemäß **Fig. 1a**. Im Unterschied dazu ist nunmehr nur eine Elektromaschine EM vorhanden, die wechselweise über das jeweilige Festrad **13**, **14** der Gang-Zahnradssätze des sechsten Gangs G6 und des fünften Gangs G5 mit einer der beiden Eingangswellen **2**, **3** koppelbar ist.

[0050] In der dritten Variante nach **Fig. 3** ist die Elektromaschine EM axial zwischen den beiden Gang-Zahnradssätzen des sechsten Gangs G6 und des fünften Gangs G5 angeordnet sowie an ihrem Rotor axial beidseitig jeweils mit einer als Klauenkupplung ausgebildeten Triebkupplung KT_A, KT_B versehen. Über die Triebkupplungen KT_A, KT_B ist wechselweise über jeweils ein mit dem betreffenden Festrad **13**, **14** in Eingriff stehendes Ritzel **15**, **16** eine Triebverbindung der Elektromaschine EM mit der ersten Eingangswelle **2** und der zweiten Eingangswelle **3** herstellbar.

[0051] Im vierten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 4** ist die Elektromaschine EM axial außen neben dem Gang-Zahnradssatz des fünften Gangs G5 angeordnet und über eine verlängerte Rotorwelle mit einem axial zwischen den beiden Gang-Zahnradssätzen angeordneten Kupplungsblock **18** verbunden. Der Kupplungsblock **18** weist axial beidseitig jeweils eine als Klauenkupplung ausgebildete Triebkupplung KT_A, KT_B auf, mittels denen wechselweise über jeweils ein mit dem Festrad **13**, **14** des sechsten Gangs G6 bzw. des fünften Gangs G5 in Eingriff stehendes Ritzel **15**, **16** eine Triebverbindung der Elektromaschine EM mit der ersten Eingangswelle **2** beziehungsweise mit der zweiten Eingangswelle **3** herstellbar ist.

[0052] Durch die Verwendung der beiden Triebkupplungen KT_A und KT_B wird jeweils eine zweite Elektromaschine eingespart. Die Abläufe beim Anfahren, Schalten, Boosten und Rekuperieren sind ähnlich wie bei den vorbeschriebenen Ausführungsformen mit zwei Elektromaschinen EM_A, EM_B, jedoch muss nun zusätzlich jeweils vor dem Einsatz der Elektromaschine EM die entsprechende Triebkupplung KT_A, KT_B eingerückt und danach wieder ausgerückt werden. Das für die dritte und vierte Ausführungsvariante des Doppelkupplungsgetriebes **1.3**, **1.4** gültige Schaltschema ist identisch mit dem für die erste Ausführungsform (siehe **Fig. 1b**).

Bezugszeichenliste

1.1	Doppelkupplungsgetriebe
1.2	Doppelkupplungsgetriebe
1.3	Doppelkupplungsgetriebe
1.4	Doppelkupplungsgetriebe
2	(erste) Eingangswelle
3	(zweite) Eingangswelle
4	Abtriebswelle
5	Antriebswelle
6	Antriebsmotor
7	Kupplungsblock
8	Abschnitt
9	Schaltpaket
9'	Schaltpaket
10	Schaltpaket
10'	Schaltpaket
11	Schaltpaket
11'	Schaltpaket
12	Schaltpaket
13	Festrad
14	Festrad
15	Ritzel
16	Ritzel
17	Abschnitt
18	Kupplungsblock
A1	Gangkupplung (von G2)
A2	Gangkupplung (von G4)
A3	Gangkupplung (von G6)
A4	Gangkupplung (von R)
B1	Gangkupplung (von G1 bzw. G1 und R))
B2	Gangkupplung (von G3)
B3	Gangkupplung (von G5)
EM	Elektromaschine
EM_A	(erste) Elektromaschine
EM_B	(zweite) Elektromaschine
G1	erster Gang
G2	zweiter Gang
G3	dritter Gang
G4	vierter Gang
G5	fünfter Gang
G6	sechster Gang
K_A	(erste) Motorkupplung
K_B	(zweite) Motorkupplung
KT_A	(erste) Triebkupplung
KT_B	(zweite) Triebkupplung
R	Rückwärtsgang

Patentansprüche

1. Automatisiertes Doppelkupplungsgetriebe eines Kraftfahrzeuges, mit zwei koaxial oder achsparallel angeordneten Eingangswellen (**2**, **3**), mindestens einer achsparallel zu den Eingangswellen (**2**, **3**) angeordneten Abtriebswelle (**4**) und unsynchronisierten Gangkupplungen (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3), wobei jeder der Eingangswellen (**2**, **3**) zur Verbindung mit der Abtriebswelle (**4**) eines Antriebsmotors (**6**) jeweils eine separate Motorkupplung (K_A, K_B) und zur Verbindung mit der Abtriebswelle (**4**) jeweils eine Grup-

pe von unterschiedlich übersetzten Gang-Zahnrad-sätzen mit jeweils einem Festrad und einem über eine zugeordnete Gangkupplung (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3) schaltbaren Losrad zugeordnet sind, wobei die beiden Motorkupplungen (K_A, K_B) als unsynchronisierte Klauenkupplungen ausgebildet sind, wobei als Anfahr- und Synchronisiermittel zwei Elektromaschinen (EM_A, EM_B) vorgesehen sind, die wechselweise jeweils mit einer der beiden Eingangswellen (2, 3) in Triebverbindung stehen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Motorkupplungen (K_A, K_B) in einem gemeinsamen Kupplungsblock (7) zusammengefasst sind.

2. Doppelkupplungsgetriebe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der gemeinsame Motorkupplungsblock (7) zwei Schaltstellungen mit einer wechselweisen Verbindung der Antriebswelle (5) mit einer der beiden Eingangswellen (2, 3) sowie eine Neutralstellung mit vollständig unterbrochenem Kraftfluss aufweist, und durch einen einzigen Kupplungssteller betätigbar ist.

3. Doppelkupplungsgetriebe nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kupplungsblock (7) außerhalb der Gang-Zahnradssätze axial zwischen dem Antriebsmotor (6) und den beiden Eingangswellen (2, 3) angeordnet ist, eingangsseitig unmittelbar mit der Antriebswelle (5) des Antriebsmotors (6) verbunden ist, sowie ausgangsseitig einerseits unmittelbar mit der als Hohlwelle ausgebildeten motornahen Eingangswelle (2) und andererseits mit einem zentral durch die Hohlwelle geführten Abschnitt (8) der motorfernen Eingangswelle (3) verbunden ist.

4. Doppelkupplungsgetriebe nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kupplungsblock (7) innerhalb der Gang-Zahnradssätze axial zwischen der motornahen Eingangswelle (2) und der motorfernen Eingangswelle (3) angeordnet ist, eingangsseitig mit einem verlängerten und durch die als Hohlwelle ausgebildete motornahen Eingangswelle (2) geführten Abschnitt (17) der Antriebswelle (5) des Antriebsmotors (6) verbunden ist, sowie ausgangsseitig einerseits unmittelbar mit der motornahen Eingangswelle (2) und andererseits unmittelbar mit der motorfernen Eingangswelle (3) verbunden ist.

5. Doppelkupplungsgetriebe nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Triebverbindung der beiden Elektromaschinen (EM_A, EM_B) mit den Eingangswellen (2, 3) jeweils dadurch gegeben ist, dass ein mit dem Rotor der betreffenden Elektromaschine (EM_A, EM_B) verbundenes Ritzel (15, 16) mit einem mit der zugeordneten Eingangswelle (2, 3) verbundenen Festrad (13, 14) eines Gang-Zahnradssatzes in Eingriff steht.

6. Doppelkupplungsgetriebe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ritzel (15, 16) der

Elektromaschinen jeweils mit dem Festrad (13, 14) der größten Gangstufe (G6, G5) der betreffenden Eingangswelle (2, 3) in Eingriff stehen.

7. Doppelkupplungsgetriebe nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass anstelle der beiden Elektromaschinen (EM_A, EM_B) eine einzige Elektromaschine (EM) vorgesehen ist, die wechselweise mit einer der beiden Eingangswellen (2, 3) koppelbar ist.

8. Doppelkupplungsgetriebe nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektromaschine (EM) axial zwischen den beiden Gang-Zahnradssätzen angeordnet ist und an ihrem Rotor beidseitig jeweils mit einer als Klauenkupplung ausgebildeten Triebkupplung (KT_A, KT_B) versehen ist, über die wechselweise jeweils eine Triebverbindung mit einem mit der betreffenden Eingangswelle (2, 3) verbundenen Festrad (13, 14) des zugeordneten Gang-Zahnradssatzes in Eingriff stehenden Ritzel (15, 16) herstellbar ist.

9. Doppelkupplungsgetriebe nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektromaschine (EM) axial außen neben einem der beiden Gang-Zahnradssätze angeordnet und über eine verlängerte Rotorwelle mit einem axial zwischen den beiden Gang-Zahnradssätzen angeordneten Kupplungsblock (18) verbunden ist, über den mit jeweils einer als Klauenkupplung ausgebildeten Triebkupplung (KT_A, KT_B) wechselweise eine Triebverbindung mit einem mit der betreffenden Eingangswelle (2, 3) verbundenen Festrad (13, 14) des zugeordneten Gang-Zahnradssatzes in Eingriff stehenden Ritzel (15, 16) herstellbar ist.

10. Doppelkupplungsgetriebe nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gang-Zahnradssatz des Anfahrgangs (G1) für Vorwärtsfahrt in Verbindung mit einer Umkehrung der Drehrichtung der zugeordneten Elektromaschine (EM_B bzw. EM) als Gang-Zahnradssatz für Rückwärtsfahrt (R) nutzbar ist.

11. Verfahren zur Steuerung eines automatisierten Doppelkupplungsgetriebes eines Kraftfahrzeugs gemäß zumindest einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Anfahrvorgang mit den folgenden Verfahrensschritten durchgeführt wird:

- Einrücken der Gangkupplung (B1) des Anfahrgangs (G1) und
- Beschleunigen des Kraftfahrzeugs mit der Antriebskraft der dem Anfahrgang zugeordneten Elektromaschine (EM_B).

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass im weiteren Verlauf des Anfahrvorgangs

vorgangs die folgenden Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- c) Einrücken der dem Anfahrgang (G1) zugeordneten Motorkupplung (K_B) bei Erreichen der Synchrongeschwindigkeit und
- d) weitere Beschleunigung des Kraftfahrzeugs alleine mit der Antriebskraft des Antriebsmotors (6) oder
- e) weitere Beschleunigung des Kraftfahrzeugs durch eine kombinierte Antriebskraft des Antriebsmotors (6) und der Elektromaschine (EM_B).

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer Schaltung von einem Lastgang (G3) in einen Zielgang (G4) bei verteilter Zuordnung der Gänge (G3, G4) auf die beiden Eingangswellen (2, 3) die folgenden Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- a) Synchronisieren der Gangkupplung (A2) des Zielgangs (G4) durch ein Beschleunigen der betreffenden Eingangswelle (2) mittels der zugeordneten Elektromaschine (EM_A),
- b) Einrücken der Gangkupplung (A2) des Zielgangs (G4),
- c) Lastübernahme durch die dem Zielgang (G4) zugeordnete Elektromaschine (EM_A),
- d) Ausrücken der dem Lastgang (G3) zugeordneten Motorkupplung (K_B),
- e) Ausrücken der dem Lastgang (G3) zugeordneten Gangkupplung (B2),
- f) Steuerung des Antriebsmotors (6) auf die Synchrongeschwindigkeit der dem Zielgang (G4) zugeordneten Motorkupplung (K_A),
- g) Einrücken der dem Zielgang (G4) zugeordneten Motorkupplung (K_A) und
- h) Lastübernahme durch den Antriebsmotor (6).

14. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Antriebsmotor (6) bei einer hohen Zuglast, beispielsweise bei einer starken Beschleunigung und/oder beim Befahren einer steilen Steigungsstrecke, durch einen Motorbetrieb der dem Lastgang zugeordneten Elektromaschine (EM_A , EM_B) unterstützt wird.

15. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Antriebsmotor (6) im Schubbetrieb durch einen Generatorbetrieb der dem Lastgang zugeordneten Elektromaschine (EM_A , EM_B) entlastet wird.

16. Verfahren zur Steuerung eines automatisierten Doppelkupplungsgetriebes eines Kraftfahrzeugs gemäß zumindest einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Anfahrvorgang mit den folgenden Verfahrensschritten durchgeführt wird:

- a) Einrücken der Gangkupplung (B1) des Anfahrgangs (G1),
- b) Einrücken der dem Anfahrgang (G1) zugeordneten Triebkupplung (KT_B) und

c) Beschleunigen des Kraftfahrzeugs mit der Antriebskraft der dem Anfahrgang (G1) zugeordneten Elektromaschine (EM_B).

17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass im weiteren Verlauf des Anfahrvorgangs die folgenden Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- d) Einrücken der dem Anfahrgang (G1) zugeordneten Motorkupplung (K_B) bei Erreichen der Synchrongeschwindigkeit und
- e) weitere Beschleunigung des Kraftfahrzeugs alleine mit der Antriebskraft des Antriebsmotors (6) und Ausrücken der dem Anfahrgang (G1) zugeordneten Triebkupplung (KT_B) oder
- f) weitere Beschleunigung des Kraftfahrzeugs durch eine kombinierte Antriebskraft des Antriebsmotors (6) und der Elektromaschine (EM_B).

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer Schaltung von einem Lastgang (G3) in einen Zielgang (G4) bei verteilter Zuordnung der Gänge (G3, G4) auf die beiden Eingangswellen (2, 3) die folgenden Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- a) Einrücken der dem Zielgang (G4) zugeordneten Triebkupplung (KT_A),
- b) Synchronisieren der Gangkupplung (A2) des Zielgangs (G4) durch ein Beschleunigen der betreffenden Eingangswelle (2) mittels der Elektromaschine (EM),
- c) Einrücken der Gangkupplung (A2) des Zielgangs (G4),
- d) Lastübernahme durch die Elektromaschine (EM),
- e) Ausrücken der dem Lastgang (G3) zugeordneten Motorkupplung (K_B),
- f) Ausrücken der dem Lastgang (G3) zugeordneten Gangkupplung (B2),
- g) Steuerung des Antriebsmotors (6) auf die Synchrongeschwindigkeit der dem Zielgang (G4) zugeordneten Motorkupplung (K_A),
- h) Einrücken der dem Zielgang (G4) zugeordneten Motorkupplung (K_A),
- i) Lastübernahme durch den Antriebsmotor (6) und
- j) Ausrücken der dem Zielgang (G4) zugeordneten Triebkupplung (KT_A).

19. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Antriebsmotor (6) bei einer hohen Zuglast, beispielsweise bei einer starken Beschleunigung und/oder beim Befahren einer steilen Steigungsstrecke, durch das Synchronisieren und Einrücken der dem Lastgang zugeordneten Triebkupplung (KT_A , KT_B) und einen nachfolgenden Motorbetrieb der Elektromaschine (EM) unterstützt wird.

20. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 16 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Antriebsmotor (6) im Schubbetrieb durch das

Synchronisieren und Einrücken der dem Lastgang zugeordneten Triebkupplung (KT_A , KT_B) und einen nachfolgenden Generatorbetrieb der Elektromaschine (EM) entlastet wird.

21. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 11 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Anfahrvorgang mit Rückwärtsfahrt (R) mit dem Anfahrgang (G1) für Vorwärtsfahrt in Verbindung mit einer Umkehrung der Drehrichtung der betreffenden Elektromaschine (EM_B bzw. EM) durchgeführt wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

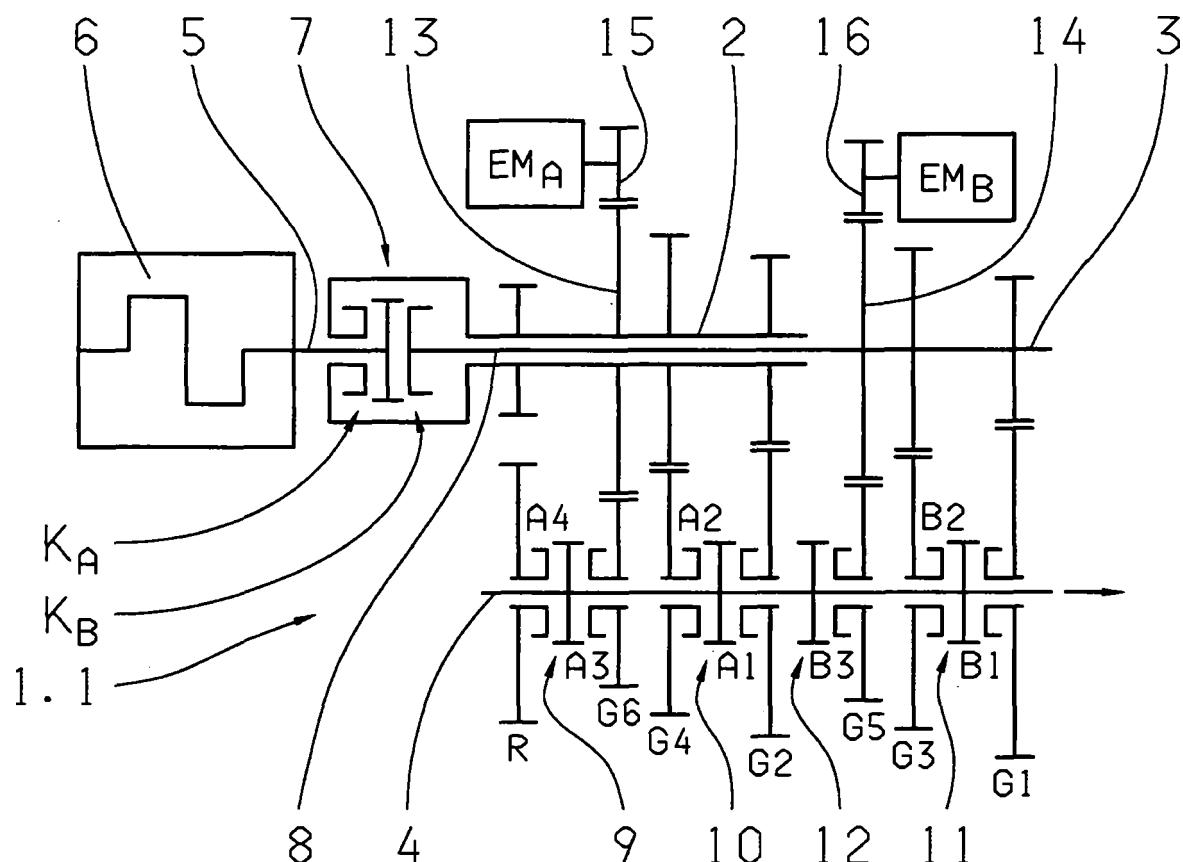


Fig. 1a

Kupp-lung										
Gang		K_A	K_B	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3
G1			(●)					●		
G2	●			●						
G3			●						●	
G4	●				●					
G5			●							●
G6	●					●		●		
R	(●)						●			

Fig. 1b

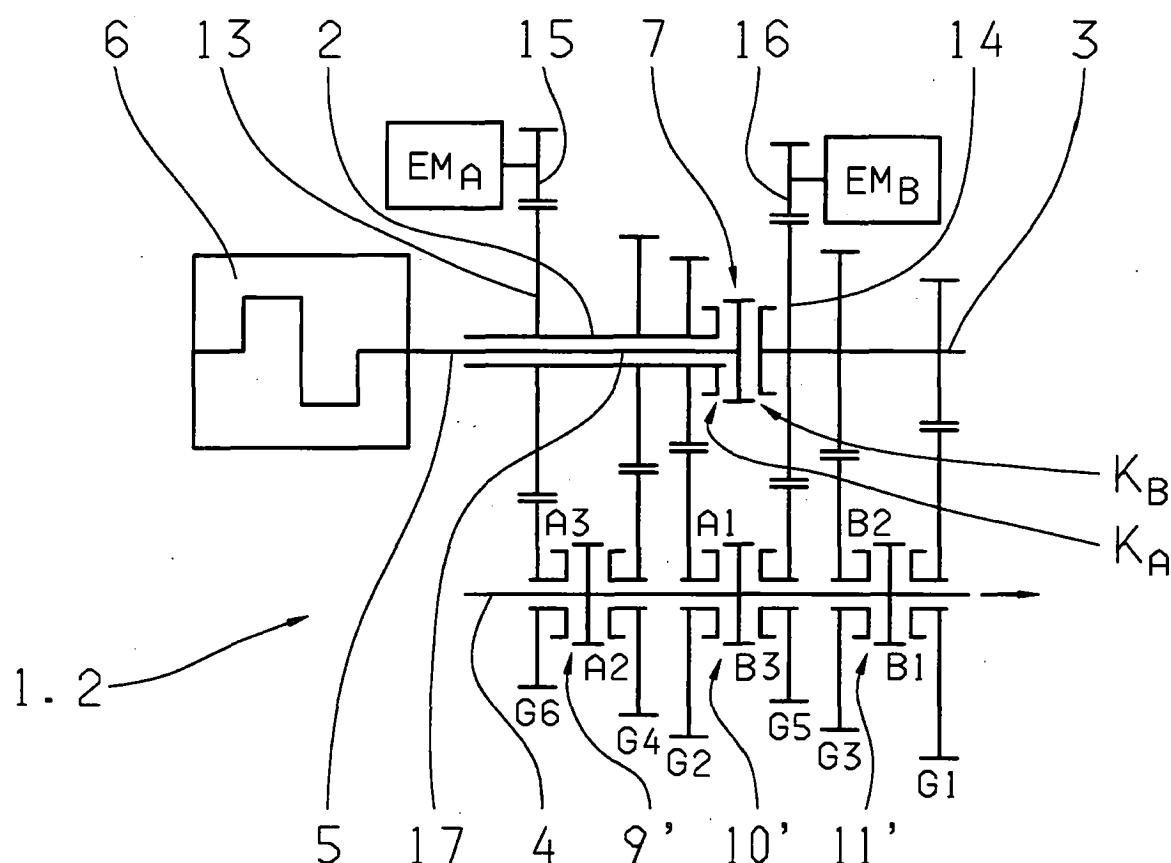


Fig. 2a

Kupp- lung								
Gang	K _A	K _B	A1	A2	A3	B1	B2	B3
G1		(●)				●		
G2	●		●					
G3		●					●	
G4	●			●				
G5		●						●
G6	●				●			
R*		(●)				●		

* : Drehrichtungsumkehr an EM_B

Fig. 2b

