(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
10. März 2022 (10.03.2022)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/048858 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F16H 3/72 (2006.01) *F16H 59/36* (2006.01)
F16H 61/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/071963

(22) Internationales Anmeldedatum:
06. August 2021 (06.08.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2020 122 845.7
01. September 2020 (01.09.2020) DE

(71) Anmelder: **BAYERISCHE MOTOREN WERKE AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Petuelring 130, 80809 München (DE).

(72) Erfinder: **LIEBERT, Sebastian**; Lohwiesenweg 45, 85774 Unterföhring (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,

(54) Title: MOTOR VEHICLE HAVING AT LEAST TWO DRIVE MOTORS AND HAVING AN AUTOMATIC TRANSMISSION WHICH HAS A FIXED AND A POWER-SPLIT GEAR RATIO

(54) Bezeichnung: KRAFTFAHRZEUG MIT MINDESTENS ZWEI ANTRIEBSMOTOREN UND MIT EINEM AUTOMATIKGETRIEBE, DAS EINE FESTE UND EINE LEISTUNGSVERZWEIGTE ÜBERSETZUNGSSTUFE AUFWEIST

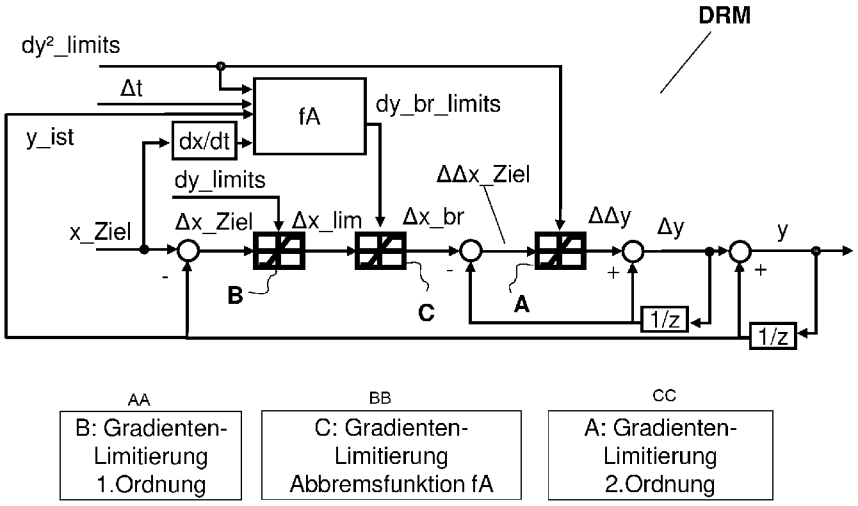


Fig. 15

ist = actual
Ziel = target
AA B: Gradient limitation, 1st order
BB C: Gradient limitation, braking function fA
CC A: Gradient limitation, 2nd order

(57) Abstract: The invention relates to a motor vehicle comprising at least two drive motors, at least one drive motor being an electric motor, and a high-voltage accumulator and an automatic transmission which has at least one fixed gear ratio and at least one power-split gear ratio for transmission ratio adjustment starting from the at least one fixed gear ratio. Furthermore, the motor vehicle according to the invention comprises an electronic control unit having a speed control module which can be activated during a change of transmission ratio. The speed control module is designed in such a way that a setpoint speed is calculated in advance, by which setpoint speed both

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2022/048858 A1

TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

the speed gradient and also the speed curvature can be limited, the target speed of the at least one drive motor being continuously compared with a maximum allowed speed gradient and with a maximum allowed speed curvature.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug mit mindestens zwei Antriebsmotoren, wobei mindestens ein Antriebsmotor eine Elektromaschine ist, mit einem Hochvoltspeicher und mit einem Automatikgetriebe, das mindestens eine feste Übersetzungsstufe und mindestens eine leistungsverzweigte Übersetzungsstufe zur Übersetzungsverstellung ausgehend von der mindestens einen festen Übersetzungsstufe aufweist. Das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug umfasst weiterhin eine elektronische Steuereinheit mit einem Drehzahlregel-Modul, das während eines Übersetzungswechsels aktivierbar ist. Das Drehzahlregel-Modul ist derart ausgestaltet ist, dass eine Soll- Drehzahl vorausgerechnet wird, durch die sowohl der Drehzahlgradient als auch die Drehzahlkrümmung limitierbar sind, wobei kontinuierlich die Zieldrehzahl des mindestens einen Antriebsmotors mit einem maximal erlaubten Drehzahlgradienten und mit einer maximal erlaubten Drehzahlkrümmung verglichen wird.

Kraftfahrzeug mit mindestens zwei Antriebsmotoren und mit einem Automatikgetriebe, das eine feste und eine leistungsverzweigte Übersetzungsstufe aufweist

Die Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug mit mindestens zwei Antriebsmotoren, wobei mindestens ein Antriebsmotor eine Elektromaschine ist, mit einem Hochvoltspeicher, mit einem Automatikgetriebe, das mindestens eine feste Übersetzungsstufe und mindestens eine leistungsverzweigte Übersetzungsstufe zur Übersetzungsverstellung ausgehend von der mindestens einen festen Übersetzungsstufe aufweist, und mit einer elektronischen Steuereinheit.

Automatikgetriebe für Kraftfahrzeuge sind bekannt. Ferner sind Automatikgetriebe für Hybridelektrofahrzeuge bekannt, die neben einem Verbrennungsmotor zusätzlich mindestens eine Elektromaschine für den Antrieb haben. Aktuelle Automatikgetriebe für Hybridelektrofahrzeuge (Hybridgetriebe) basieren in der Regel auf bestehenden Automatikgetrieben. Die Elektromaschine für die Elektrifizierung wird üblicherweise zwischen dem Verbrennungsmotor und dem Getriebe positioniert (sogenannter P2-Hybrid). Diese Art von Hybridisierung bringt für das Getriebe an sich jedoch keine Vorteile.

Getriebe, die sich zum Hybridisieren eignen, sind beispielsweise lastschaltbare Automatikgetriebe, die die verschiedenen festen Übersetzungsstufen über reibschlüssige Schaltelemente bereitstellen. In diesen Getrieben wird während des Gangwechsels zumindest ein Schaltelement unter Schlupf betrieben. Die

Reibarbeit während des Schlupfbetriebs wird dabei in Wärme umgewandelt, die von den reibschlüssigen Schaltelementen über einen ausreichenden Kühlölstrom abtransportiert werden muss. Des Weiteren erzeugen die reibschlüssigen Schaltelemente im offenen Zustand entsprechende Schleppverluste. Die Schaltelemente werden in der Regel hydraulisch angesteuert. Damit sie im geschlossenen Zustand Kraft übertragen können, müssen die Reiblamellen der Schaltelemente dauerhaft mit einem entsprechend hohen Hydraulikdruck aneinander gepresst werden. Die hierzu notwendige Hydraulikpumpe wird sowohl zur Kühlung also auch zur Betätigung der Schaltelemente eingesetzt. Für ihren Betrieb braucht sie jedoch eine gewisse Leistung, wodurch der Gesamtwirkungsgrad sinkt.

Gemäß dem Gegenstand der DE 10 2017 217 133 A1 ist ein Automatikgetriebe mit einem Verbrennungsmotor, mit mindestens zwei festen Übersetzungsstufen, mit drei Getriebewellen, mit einem Umlaufgetriebe, mit zwei Schaltelementen und mit einem Variator vorgesehen. Dabei ist eine erste Seite des Variators mit einer ersten Getriebewelle drehmomentübertragend koppelbar und eine zweite Seite des Variators über eine zweite Getriebewelle mit dem Umlaufgetriebe übersetzungsverstellend koppelbar. Das bedeutet, dass die zweite Seite des Variators sich zusammen mit dem Verbrennungsmotor und einem Abtrieb des Automatikgetriebes in einem 3-Wellen-Betrieb befindet, wodurch die zweite Seite des Variators über das Umlaufgetriebe eine übersetzungsverstellende Wirkung auf den Verbrennungsmotor hat. Der Variator ermöglicht hierbei eine kontinuierliche Übersetzungsverstellung. Somit können unabhängig von den festen Übersetzungsstufen weitere Übersetzungen eingestellt werden, insbesondere beliebige Zwischenzustände zwischen den festen Übersetzungsstufen. Vorzugsweise wird ist der Variator durch zwei Elektromaschinen gebildet. Hierbei werden eine der Elektromaschinen generatorisch und die andere Elektromaschine motorisch betrieben. Indem mechanische Energie vorübergehend in elektrische Energie gewandelt wird, lassen sich die Drehzahlen der beiden Elektromaschinen entkoppeln und damit eine Variatorfunktionalität mit den beiden Elektromaschinen bereitstellen. Das Umlaufgetriebe kann ein Planetengetriebe sein.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Hybrid-Kraftfahrzeug mit einem Automatikgetriebe eingangs genannter Art hinsichtlich seiner Übersetzungsverstellung zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind die Gegenstände der abhängigen Patentansprüche.

Die Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug mit mindestens zwei Antriebsmotoren, wobei mindestens ein Antriebsmotor eine Elektromaschine ist, mit einem Hochvoltspeicher und mit einem Automatikgetriebe, das mindestens eine feste Übersetzungsstufe (Festgang) und mindestens eine leistungsverzweigte Übersetzungsstufe (E-CVT) zur Übersetzungsverstellung ausgehend von der mindestens einen festen Übersetzungsstufe aufweist. Beispielsweise ist auch das Verlassen eines einzigen Festganges in die leistungsverzweigte Übersetzungsstufe (E-CVT) relevant.

Insbesondere betrifft die Erfindung ein Kraftfahrzeug mit einem Verbrennungsmotor, mit mindestens einer Elektromaschine, mit einem Automatikgetriebe, das mindestens zwei feste Übersetzungsstufen und einen Variator zur Übersetzungsverstellung zwischen den zwei festen Übersetzungsstufen aufweist, wobei der Variator beispielsweise zwei Elektromaschinen umfasst. Es kann auch eine Elektromaschine genügen. In diesem Fall besteht der Variator aus der Elektromaschine und einem Hochvoltspeicher.

Das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug umfasst weiterhin eine elektronische Steuereinheit mit einem Drehzahlregel-Modul, das während eines Übersetzungswechsels aktivierbar ist. Das Drehzahlregel-Modul ist derart ausgestaltet ist, dass eine Soll-Drehzahl vorausgerechnet wird, durch die sowohl der Drehzahlgradient als auch die Drehzahlkrümmung limitierbar ist, wobei kontinuierlich die Zieldrehzahl des mindestens einen Antriebsmotors mit einem maximal erlaubten Drehzahlgradienten und mit einer maximal erlaubten Drehzahlkrümmung verglichen wird.

Die Erfindung weist beispielsweise einen Variator auf, der durch zwei Elektromaschinen gebildet wird. Während der Übersetzungsänderung werden eine erste Elektromaschine generatorisch und eine zweite Elektromaschine motorisch betrieben. Jedoch kann die erste Elektromaschine vor einer Übersetzungsverstellung auch motorisch betrieben werden.

Vorzugsweise sind die Schaltelemente formschlüssige Schaltelemente (z. B. Klauen). Dies hat den Vorteil, dass die Schaltelemente mit geringer Kraft in geschlossener Position gehalten bzw. gesichert werden können. Somit kann der Energieverbrauch zum Aufrechterhalten der festen Übersetzungsstufen gesenkt und damit der Gesamtwirkungsgrad erhöht werden. Außerdem ergeben sich im geöffneten Zustand formschlüssiger Schaltelemente (nahezu) keine Schleppverluste.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind das erste Schaltelement zum Einlegen der ersten festen Übersetzungsstufe und das zweite Schaltelement zum Einlegen der zweiten festen Übersetzungsstufe vorgesehen. Das bedeutet, jeder festen Übersetzungsstufe ist ein vorzugsweise separates Schaltelement zugeordnet, mittels dessen die Übersetzungsstufe einlegt und insbesondere geschlossen gehalten wird. Alternativ können auch mehrere Schaltelemente zum Einlegen einer festen Übersetzungsstufe und/oder einzelne Schaltelemente zum Einlegen mehrerer fester Übersetzungsstufen vorgesehen sein.

Auf diese Weise kann durch den Variator zwischen zwei festen Übersetzungsstufen durch kontinuierliche Übersetzungsverstellung geschaltet werden (E-CVT) und gleichzeitig die Zugkraft aufrechterhalten werden. Dabei fließt nur während des Schaltens zwischen den festen Übersetzungsstufen eine Leistung über den Variator, der gegenüber einer rein mechanischen Kraftübertragung üblicherweise einen schlechteren Wirkungsgrad aufweist. Insbesondere fließt bei eingelegter fester Übersetzungsstufe keine Leistung über den Variator. Indem die entsprechenden Schaltelemente die Kraftübertragung der festen Übersetzungsstufen bereitstellen, kann das Automatikgetriebe hierdurch einen hohen Wirkungsgrad aufweisen.

Bei dem erfindungsgemäßen Schaltverfahren kann die erste Elektromaschine des Variators zumindest zeitweise mit der Getriebewelle drehmomentübertragend gekoppelt sein, um ein Drehmoment in das Getriebe einzuspeisen oder zu entziehen.

Ferner kann die zweite Elektromaschine des Variators zumindest zeitweise über die Welle mit dem Umlaufgetriebe übersetzungsverstellend gekoppelt sein. Das heißt, dass die zweite Seite des Variators über das Umlaufgetriebe eine übersetzungsverstellende Wirkung auf den Verbrennungsmotor hat, insbesondere indem sich die zweite Seite des Variators zusammen mit dem Verbrennungsmotor und einem Abtrieb des Automatikgetriebes in einem 3-Wellen-Betrieb befindet.

Grundsätzlich wird zur Erläuterung des konzeptionellen Getriebeaufbaus auch auf die DE 10 2017 217 133 A1 verwiesen.

Erfindungswesentlich gemäß der vorliegenden Anmeldung ist also ein Drehzahlregel-Modul, das derart ausgestaltet ist, dass eine Soll-Drehzahl vorausgerechnet wird, durch die sowohl der Drehzahlgradient als die Drehzahlkrümmung limitierbar ist, wobei kontinuierlich die Zieldrehzahl des mindestens einen Antriebsmotors mit einem maximal erlaubten Drehzahlgradienten und mit einer maximal erlaubten Drehzahlkrümmung verglichen wird.

Der Erfindung liegen folgende Überlegungen zugrunde:

Im Gegensatz zu klassischen Drehzahlregelaufgaben von Antriebsmotoren, muss im Powersplit-Betrieb, also bei einem Kraftfahrzeug mit mindestens zwei Antriebsmotoren, wobei mindestens ein Antriebsmotor eine Elektromaschine ist und mit einem Automatikgetriebe, das mindestens eine feste Übersetzungsstufe und mindestens eine leistungsverzweigte Übersetzungsstufe zur Übersetzungsverstellung aufweist, parallel zur Drehzahlregelaufgabe auch das Getriebeausgangsdrehmoment von den beiden Antriebsmotoren, insbesondere einem/dem Verbrennungsmotor und einem/der Elektromaschine entsprechend

dem Fahrerwunsch (z.B. durch die Fahrpedalstellung übermittelt) gestellt werden.

Hinzu kommt der Einsatz formschlüssiger Schaltelemente, der nur sehr kleine Drehzahlfenster zulässt, um aus einem Powersplit-Gang (also einer leistungsverzweigten Übersetzungsstufe) heraus einen Festgang (also eine feste Übersetzungsstufe) schädigungsfrei und unmerklich für den Fahrer einzulegen.

Im Stand der Technik kommen bisher reibschlüssige oder kombiniert reibschlüssige Schaltelemente zum Einsatz, welche beim Synchronisieren des gewünschten Ganges bereits bei größeren Differenzdrehzahlen unterstützend eingesetzt werden können. Dies geschieht durch Reibmomente in geringer Höhe, welche für den Fahrer unmerklich aber für die Drehzahlregelaufgabe stabilisierend wirken.

Für den Einsatz formschlüssiger Schaltelemente muss die Drehzahlregelaufgabe im Powersplit-Betrieb also ausschließlich von Verbrennungsmotor und Elektromaschine bewältigt werden. Der Verbrennungsmotor hat den entscheidenden Nachteil gegenüber der Elektromaschine, dass er sein Drehmoment in Abhängigkeit seiner möglichen Betriebspunkte mit stark variierenden Drehmomentgradienten verstellen kann. Der maximal mögliche stellbare Drehmomentgradient ist jedoch entscheidend für die Dynamik der Drehzahlregelaufgabe, also für die Verstelldauer der Drehzahl des Verbrennungsmotors zwischen zwei Übersetzungsstufen des Getriebes.

Um während der Drehzahlregelung im Powersplit-Betrieb die volle Dynamik von Elektromaschine und Verbrennungsmotor nutzen zu können, bedarf es daher einer Vorausberechnung des gewünschten Drehzahlverlaufs (Solldrehzahl) von Verbrennungsmotor und Elektromaschine über der Zeit. Hierfür ist eine klassische Drehzahlgradienten-Limitierung nicht ausreichend, da Verbrennungsmotor und Elektromaschine ihr Drehmoment nicht sprungartig ändern können.

Es wird daher eine Soll-Drehzahl-Vorausberechnung vorgeschlagen, die in der Lage ist, sowohl den Drehzahlgradienten, als auch dessen Ableitung (Drehzahlkrümmung) zu begrenzen. Diese Vorausberechnung muss dafür kontinuierlich die tatsächliche Zieldrehzahl des Verbrennungsmotors bzw. der Elektromaschine beobachten und anhand vom maximal erlaubten Drehzahlgradienten, sowie maximal erlaubter Drehzahlkrümmung die Solldrehzahlen für den nächsten Zeitschritt ermitteln.

Eine klassische zweistufige Limitierung von Drehzahlgradient und Drehzahlkrümmung führt dabei zum Überschwingen, was aus Gründen der Drehzahlregelaufgabe zu vermeiden ist. Daher wird vorgeschlagen, die zweistufige Limitierung von Drehzahlgradient und Drehzahlkrümmung um eine Abbremsfunktion zu erweitern. Hierfür wird kontinuierlich ermittelt, wieviel Drehzahlgradient gerade noch erlaubt ist, um mit der aktuell erlaubten Drehzahlkrümmung (entspricht Drehmomentgradient) und bei der aktuell vorliegenden Änderungsrate der Zieldrehzahl exakt tangential auf den Zieldrehzahlverlauf zu treffen. Damit kann der Drehzahlgradient bei Annäherung an die Zieldrehzahl kontinuierlich reduziert werden, wodurch der erlaubte Drehmomentgradient von Verbrennungsmotor und von der Elektromaschine eingehalten wird. Ein Überschwingen der neuen Führungsgröße (= Solldrehzahlen für Verbrennungsmotor und Elektromaschine) wird damit vermieden und die Drehzahlregelung kann die volle Dynamik des Antriebssystems ausnutzen.

Anhand der neuen Führungsgröße und ihrer zeitlichen Ableitungen 1. und 2. Ordnung kann jetzt ein Drehzahlregler mit einer sehr präzisen Vorsteuerung aufgebaut werden, welche die Regelstrecke bereits ohne Reglereingriff sehr gut gesteuert betreibt. Diese Eigenschaft erlaubt den Betrieb mit vergleichbar großen Totzeiten im Regelkreis und damit zum Beispiel die Ansteuerung von Verbrennungsmotor und Elektromaschine über einen Fahrzeugbus wie zum Beispiel CAN oder Flexray. Der eigentliche Drehzahlregler korrigiert „nur noch“ den Fehler zwischen Regelstrecke und Vorsteuerung und ist dadurch in der Lage

die für formschlüssige Schaltelemente erforderlichen Differenzdrehzahlen einzuregeln.

DHT (Dedicated Hybrid Transmission) sind die derzeit häufigsten Hybridgetriebe, die nur in Fahrzeugen mit einem Verbrennungsmotor und mit mindestens einer Elektromaschine zum Einsatz kommen. Die Elektromaschine (hier erste Elektromaschine des Variators) wird dabei zum Teil des Getriebes, wobei seine Anbindung auf verschiedenen Getriebewellen erfolgen kann.

Der Einsatz formschlüssiger Schaltelemente zur Gangbildung und Kraftübertragung in DHT-Antrieben bietet die Chance maximaler Effizienz bei der Kraftübertragung und minimalem Leistungsbedarfs aufgrund bedarfsorientierter Aktuierung. Gleichzeitig bergen formschlüssige Schaltelemente aber auch Herausforderungen in sich. In klassischen Handschaltgetrieben oder ähnlichen automatisierten Systemen wird vor der Betätigung der formschlüssigen Schaltelemente die Kraftübertragung vollständig unterbrochen. Diese Lastfreiheit erlaubt das Öffnen bzw. Auslegen von formschlüssigen Schaltelementen ohne Rückwirkung auf den Antrieb und mit vergleichsweise geringem Kraftaufwand.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer Zeichnung dargestellt. Es zeigt

Fig. 1 Zustand 1 des gesamten Schaltablaufs bei einem Gangwechsel mit dem erfindungsgemäßen Automatikgetriebe von einem ersten Festgang in einen zweiten Festgang,

Fig. 2 schematisch die wesentlichen Komponenten eines erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs bzw. Getriebes und ihre Zustände bei Zustand 1 des gesamten Schaltablaufs,

Fig. 3 Zustand 2 des gesamten Schaltablaufs bei einem Gangwechsel mit dem erfindungsgemäßen Automatikgetriebe von einem ersten Festgang in einen zweiten Festgang,

Fig. 4 schematisch die wesentlichen Komponenten eines erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs bzw. Getriebes und ihre Zustände bei Zustand 2 des gesamten Schaltablaufs,

Fig. 5 Zustand 3 des gesamten Schaltablaufs bei einem Gangwechsel mit dem erfindungsgemäßen Automatikgetriebe von einem ersten Festgang in einen zweiten Festgang,

Fig. 6 schematisch die wesentlichen Komponenten eines erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs bzw. Getriebes und ihre Zustände bei Zustand 3 des gesamten Schaltablaufs,

Fig. 7 Zustand 4 des gesamten Schaltablaufs bei einem Gangwechsel mit dem erfindungsgemäßen Automatikgetriebe von einem ersten Festgang in einen zweiten Festgang,

Fig. 8 schematisch die wesentlichen Komponenten eines erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs bzw. Getriebes und ihre Zustände bei Zustand 4 des gesamten Schaltablaufs,

Fig. 9 Zustand 5 des gesamten Schaltablaufs bei einem Gangwechsel mit dem erfindungsgemäßen Automatikgetriebe von einem ersten Festgang in einen zweiten Festgang,

Fig. 10 schematisch die wesentlichen Komponenten eines erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs bzw. Getriebes und ihre Zustände bei Zustand 5 des gesamten Schaltablaufs,

Fig. 11 Zustand 6 und 7 des gesamten Schaltablaufs bei einem Gangwechsel mit dem erfindungsgemäßen Automatikgetriebe von einem ersten Festgang in einen zweiten Festgang,

Fig. 12 schematisch die wesentlichen Komponenten eines erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs bzw. Getriebes und ihre Zustände bei Zustand 6 und 7 des gesamten Schaltablaufs,

Fig. 13 den wesentlichen erfindungsgemäßen Zwischenschritt zwischen Zustand 3 und 5, d.h. eine spezielle verfahrenstechnische Ausgestaltung eines Zustands 4 (siehe auch Fig. 7 und 8), des gesamten Schaltablaufs bei einem Gangwechsel mit dem erfindungsgemäßen Automatikgetriebe von einem ersten Festgang in einen zweiten Festgang,

Fig. 14 schematisch relevante Drehzahlverläufe zur Regelung mittels des erfindungswesentlichen Drehzahlregel-Moduls (DRM) aus Fig. 13 und

Fig. 15 schematisch ein Ausführungsbeispiel des erfindungswesentlichen Drehzahlregel-Moduls (DRM) gemäß Fig. 13.

Fig. 1 zeigt den Ausgangszustand, Zustand 1, bei eingelegtem ersten Gang (Festgang G1) vor einem Gangwechselbefehl. Es folgt durch ein entsprechendes Eingangssignal ein Gangwechselbefehl in einer elektronischen Steuereinheit SG.

Fig. 2 zeigt die wichtigsten Komponenten der Erfindung, die auch für die Figuren 4, 6, 8, 10 und 12 gelten:

In Fig. 2 ist schematisch ein Hybridfahrzeug gezeigt, das ein Automatikgetriebe, einen Verbrennungsmotor VM, eine erste Elektromaschine EMA, eine zweite Elektromaschine EMB, einen Hochvoltspeicher HVS und eine elektronische Steuereinheit SG aufweist.

Das Automatikgetriebe umfasst ein Umlaufgetriebe UG in Form eines leistungsverzweigenden Planetengetriebes, einen Variator, der die beiden Elektromaschinen EMA und EMB umfasst, sowie ein erstes Schaltelement K1, das zum Einlegen einer ersten festen Übersetzungsstufe G1 (im Folgenden auch Festgang G1 genannt) vorgesehen ist, und ein zweites Schaltelement B2, das zum Einlegen einer zweiten festen Übersetzungsstufe G2 vorgesehen ist.

Die Anzahl von zwei Übersetzungsstufen dient hier nur der besseren Anschaulichkeit; in der Praxis kann auch eine höhere Anzahl von Übersetzungsstufen verwendet werden.

Ferner umfasst das Automatikgetriebe zwei Getriebewellen, nämlich eine Eingangswelle in Form einer Antriebswelle, mittels der das Automatikgetriebe mit dem Verbrennungsmotor VM drehmomentübertragend gekoppelt ist, und eine Ausgangswelle in Form einer Abtriebswelle, mittels der das Automatikgetriebe mit den Rädern R des Kraftfahrzeugs drehmomentübertragend gekoppelt ist.

Das Automatikgetriebe kann auch drei oder mehr feste Übersetzungsstufen aufweisen, dann hätte es auch eine entsprechende größere Anzahl an Schaltelementen, die zum Einlegen weiterer Übersetzungsstufen vorgesehen sind. Auch können einzelne Schaltelemente für mehrere Übersetzungsstufen und/oder eine Kombination mehrerer Schaltelemente für eine Übersetzungsstufe vorgesehen sein.

Das Planetengetriebe UG weist den Träger 1, das Hohlrad 2 und die Sonne 3 auf. Das Umlaufgetriebe UG ist sowohl mit der Eingangswelle als auch mit der Ausgangswelle drehmomentübertragend gekoppelt. Des Weiteren umfasst das Umlaufgetriebe UG eine Welle, über die es mittels des ersten Schaltelements K1, das hier eine Kupplung bildet, mit der Eingangswelle drehmomentübertragend koppelbar ist sowie mit dem zweiten Schaltelement B2, das hier eine Bremse bildet, drehmomentübertragend koppelbar ist. Die Welle hat dabei einen drehzahleinstellenden Effekt auf den Verbrennungsmotor VM. In einer alternativen Ausführungsform können die Schaltelemente K1, B2 für beliebige drehmomentübertragende Funktionen vorgesehen sein.

Die Schaltelemente K1, B2 sind jeweils als Klauenkupplung ausgebildet. Das heißt, sie sind formschlüssige Schaltelemente und erfordern lediglich einen geringen Druck, um in geschlossener Stellung gehalten zu werden. In einer alternativen Ausführungsform können die Schaltelemente K1, B2 beliebige andere geeignete Schaltelemente sein, beispielsweise kraftschlüssige Schaltelemente.

Die Variatorfunktionalität zur Übersetzungsverstellung wird dadurch bereitgestellt, dass die erste Elektromaschine EMA generatorisch und die zweite Elektromaschine EMB motorisch betrieben werden. Hierdurch können kinetische

Energie und elektrische Energie ineinander gewandelt und damit die Drehzahlen der beiden Elektromaschinen EMA, EMB voneinander entkoppelt werden.

Das Schalten des Automatikgetriebes von einer ersten Übersetzungsstufe (Festgang) G1 in eine zweite feste Übersetzungsstufe (Festgang) G2 erfolgt gemäß dem Schaltablauf, der anhand der Figuren 3, 5, 7, 9 11 und 13 dargestellt ist.

Gemäß den Figuren 1 und 2 ist die erste feste Übersetzung G1 eingelegt, das heißt, das erste Schaltelement K1 ist geschlossen und das zweite Schaltelement B2 ist geöffnet. Ferner ist der Variator entkoppelt; d.h. die Elektromaschinen sind weder mit der Eingangswelle noch mit der Ausgangswelle drehmomentübertragend gekoppelt. Alle Drehzahlen nG1 sind gleich. Die erste Elektromaschine EMA kann generatorisch betrieben werden, um den Hochvoltspeicher HVS zu laden.

Um in die zweite feste Übersetzung G2 zu schalten, wird nun gemäß Fig. 3 das Schaltelement K1 des aktuellen (alten) Festganges G1 entlastet.

Wie in Fig. 4 zu sehen ist, wird der Variator mit der Ausgangswelle drehmomentübertragend gekoppelt sowie über die Welle mit dem Umlaufgetriebe UG drehmomentübertragend gekoppelt. Mit anderen Worten wird die zweite Elektromaschine EMB mit dem Abtrieb bzw. mit dem Hohlrad 2 bzw. mit den Rädern R motorisch betrieben und vom Hochvoltspeicher HVS gespeist. Der Verbrennungsmotor VM kann abgeschaltet sein bzw. werden.

Mittels des Variators wird nun über die Ausgangswelle das erste Schaltelement K1 durch eine Drehmomentüberlagerung entlastet (K1 gestrichelt dargestellt).

An diesem Punkt setzt der Kern der Erfindung ein, der anhand der Figuren 13 und 14 nochmal erläutert wird.

Gemäß Zustand 3, der in Fig. 5 aktiviert dargestellt ist, wird anschließend das Schaltelement K1 ausgelegt, wie in Fig. 6 mit der offenen K1 gezeigt wird.

Es folgt gemäß Fig. 7 der Zustand 4, nämlich die vorzugsweise elektrische und kontinuierliche Übersetzungsverstellung in einer leistungsverzweigten Übersetzungsstufe (E-CVT). Dies wird in Fig. 8 anhand der Drehzahlverschiebung an der Sonne 3 dargestellt. Nach dem Öffnen des ersten Schaltelements K1 wird demnach durch eine kontinuierliche Übersetzungsverstellung des Variators bzw. der elektrischen Maschine EMA die Übersetzung der zweiten Übersetzungsstufe (Festgang) G2 eingestellt. Die Bremse B2 ist dabei noch geöffnet.

Das bedeutet, es stellt sich ein 3-Wellen-Betrieb ein, wodurch die Differenzdrehzahl an dem zweiten Schaltelement B2 abgebaut wird.

Fig. 9 zeigt den Zustand 5, in dem das Schaltelement B2 für den neuen Festgang G2 geschlossen wird.

Dabei ist in Fig. 10 zu sehen, dass das zweite Schaltelement B2 geschlossen wird, sobald die Differenzdrehzahl auf Null gesenkt wurde bzw. einen bestimmten Grenzwert unterschritten hat. Hierdurch übernimmt das zweite Schaltelement B2 die Last vom Variator und der Variator kann entkoppelt werden (siehe Fig. 10, gestrichelte Elektromaschine EMB). Die Bremse B2 ist noch nicht belastet (gestrichelte B2).

In Fig. 11 ist Zustand 6 und unmittelbar damit verbunden Zustand 7 bzw. wieder 1 erreicht, in dem das neue Schaltelement B2 belastet werden kann (vollständig geschlossene B2 in Fig. 12).

Mit Fig. 12 ist der Schaltablauf eines Gangwechsels (G1=>G2) beendet.

Zusammenfassung des gesamten Schaltablaufs mit dem erfindungsgemäßen Zwischenzustand ausgehend vom aktuellen Festgang (hier G1):

- Entlasten des alten Schaltelements K1 durch die Antriebsmaschinen (Zustand 2).
- Öffnen des alten Schaltelements K1 (Zustand 3) (Wechsel in einen E-CVT-Modus).

- Drehzahlanpassung zur Übersetzungsverstellung (nG1=>nG2) im Getriebe über den E-CVT-Modus (Zustand 4) durch die erfindungsgemäße Aktivierung des Drehzahlregel-Moduls DRM.
- Einlegen der neuen Schaltelements (B2) (Zustand 5).
- Belasten des neuen Schaltelements (B2) (Zustand 6)
- „Ablegen“ der E-Maschinen EMA und EMB (Zustand 7=Zustand 1) => neuer Festgang G2.

Fig. 13 zeigt den erfindungsgemäßen „Zustand 4“ mit dem Drehzahlregel-Modul DRM.

Fig. 14 zeigt drei relevante Verläufe der Drehzahl n bei einer beispielhaften Hochschaltung (negativer Zieldrehzahlsprung x_Ziel zum Zeitpunkt t1) mit Beschleunigung (steigende Zieldrehzahl x_Ziel vor und nach t1). Folgende Verläufe sind dargestellt:

- durchgezogene Linie: Zieldrehzahl x_Ziel
- gestrichelte Linie: Solldrehzahl y
- strichpunktierte Linie: Istdrehzahl y_ist

Für die Regelung der Drehzahl n wird der Zeitbereich T zwischen den Zeitpunkten t1 bis t4 betrachtet. Zum Zeitpunkt t1 beginnt die Drehzahländerungsphase der Hochschaltung und zum Zeitpunkt t4 wird sie beendet. Zu einem Zeitpunkt t2 wird der Drehzahlgradient betrachtet. Zu einem Zeitpunkt t3 wird die Drehzahlkrümmung betrachtet. Es ergeben sich zwischen den einzelnen Zeitpunkten ein erster Teilbetrachtungszeitraum A zwischen t1 und t2, ein zweiter Teilbetrachtungszeitraum B zwischen t2 und t3 und ein dritter Teilbetrachtungszeitraum C zwischen t3 und t4.

Für die Ermittlung der Solldrehzahl y anhand der Zieldrehzahl x_Ziel und für die Berechnung weiterer erforderlicher Variablen oder Parameter wird die in Fig. 15 dargestellte Funktionalität des erfindungsgemäßen Drehzahlregel-Moduls DRM angewandt.

Hierbei gilt:

x_Ziel	=	Zieldrehzahl
Δt	=	Sampletime/Schrittweite
dy_limits	=	maximal erlaubter Drehzahlgradient (positiv und negativ)
dy^2_limits	=	maximal erlaubte Drehzahlkrümmung (positiv und negativ)
dy_br_limits	=	maximal erlaubter Abbrems-Drehzahlgradient (positiv und negativ)
dx/dt	=	Ableitung eines Signals nach der Zeit (Gradientenbildung)
1/z	=	Signalrückführung (Wert des vorangegangenen Zeitschrittes)
y	=	Solldrehzahl n
Δy	=	Gradient der Solldrehzahl (Änderung von y innerhalb eines Zeitschrittes Δt)
ΔΔy	=	Krümmung der Solldrehzahl (Änderung von Δy innerhalb eines Zeitschrittes Δt)
y_ist	=	Istdrehzahl n

Die Zieldrehzahl x_Ziel ändert sich zum Zeitpunkt t1 sprungartig aufgrund der geänderten Übersetzung des neu einzulegenden Festganges G2 gegenüber der des alten Festganges G1. Bei einer solchen Schaltung hat der Drehzahlregler in der Regel eine Drehzahländerung von mindestens 300 U/min bis hin zu 2500 U/min oder mehr zu realisieren. Damit die Varianz des Arbeitspunktes des Drehzahlreglers reduziert wird, erzeugt erfindungsgemäß im Teilbetrachtungszeitraum B eine Gradienten-Limitierung 1. Ordnung, im Teilbetrachtungszeitraum A eine Gradienten-Limitierung 2. Ordnung sowie im Teilbetrachtungszeitraum C eine Abbremsfunktion fA mit Gradienten-Limitierung ein über den Zeitbereich T stetiges Signal, die Solldrehzahl y.

Der Drehzahlgradient der Solldrehzahl y des Verbrennungsmotors VM beispielsweise, welcher anhand wirkender Massenträgheitsmomente in die erforderliche Gesamtänderung des verbrennungsmotorischen Drehmomentes

umgerechnet werden kann und umgekehrt, wird somit im Voraus auf den Arbeitsbereich des Verbrennungsmotors beschränkt (dy_limits).

Die maximal erlaubte Krümmung dy^2_limits der Solldrehzahl y des Verbrennungsmotors VM kann analog der Berechnung des Drehzahlgradienten der Solldrehzahl y in den erforderlichen Drehmomentgradienten des Verbrennungsmotors VM umgerechnet werden und umgekehrt. Daher kann auch die vom Verbrennungsmotor VM darstellbare Krümmung ΔΔy der Drehzahl n über der Zeit im Voraus berechnet werden und in den Verlauf der Solldrehzahl y einfließen.

Die Istdrehzahl y_ist des Verbrennungsmotors VM stellt einen beispielhaften Verlauf dar, welcher sich aufgrund eines geeigneten Reglers in Verbindung mit der Vorsteuerung über die Solldrehzahl y und ihre zeitliche Ableitung einstellen kann.

Die Abbremsfunktion fA ermittelt die für den aktuellen Zeitschritt erlaubte Solldrehzahländerung dy_br_limits anhand der Informationen zur maximal erlaubten Drehzahlkrümmung dy^2_limits, der aktuellen Schrittweite, der Solldrehzahl des vorangegangenen Berechnungsschrittes und des aktuellen Gradienten der Zieldrehzahl.

Mit anderen Worten ist die Gradienten-Limitierung 1. Ordnung im Teilbetrachtungszeitraum B derart ausgestaltet, dass die von den Antriebsmotoren VM und EMA und/oder EMB maximal stellbaren Drehmomente nicht überschritten werden; d.h. beispielsweise: y´=dy/dt= MIN ((M_VM, M_EMA)/J) (MIN=Minimalauswahl; J=Trägheitsmoment). Die Gradienten-Limitierung 2. Ordnung im Teilbetrachtungszeitraum A ist derart ausgestaltet, dass die von den Antriebsmotoren VM und EMA und/oder EMB maximal stellbaren Drehmomentgradienten nicht überschritten werden; d.h. beispielsweise: y´´= MIN ((dM_VM/dt, dM_EMA/dt)/J). Durch die Abbremsfunktion fA wird der Zeitbereich T bestimmt.

Für die Abbremsfunktion fA gilt folgender Zusammenhang:

$$dy_{br_{limit}} = \frac{dx_{Ziel}}{dt} - dy^2{}_{limit} * \sqrt{\left|\frac{2 * (x_{Ziel} - y)}{dy^2{}_{limit}}\right|}$$

Dabei wird im Wurzelterm die aktuell erwartete Abbremsdauer (t – t4) anhand der Differenz von Ziel- und Solldrehzahl, sowie der darstellbaren Drehzahlkrümmung ermittelt.

Anhand der Abbremsdauer und der maximal erlaubten Drehzahlkrümmung dy²_limits ergibt sich wiederum der aktuell noch erlaubte Drehzahlgradient der Solldrehzahl.

Die dargestellte Gesamtfunktion ordnet die Abbremsfunktion fA direkt nach der Gradienten-Limitierung 1. Ordnung an, die Gradienten-Limitierung 2. Ordnung kommt an dritter Stelle. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass die Solldrehzahl y unter allen Umständen die geforderten Grenzen für Drehzahlgradienten und Drehzahlkrümmung einhält.

In einer Variante der Gesamtfunktion kann die Abbremsfunktion an dritter Stelle zur Limitierung vom Gradienten der Solldrehzahl angeordnet werden. Diese Variante birgt jedoch die Gefahr, dass die Grenzwerte der Solldrehzahl in Gradient und Krümmung nicht unter allen Umständen eingehalten werden kann.

In Abhängigkeit der Höhe des Drehzahlsprunges von x_Ziel kann es dazu führen, dass der Teilbetrachtungszeitraum B übersprungen werden muss, also der maximale Drehzahlgradient nicht erreicht wird, und direkt aus dem Teilbetrachtungszeitraum A in den Teilbetrachtungszeitraum C gesprungen werden muss.

Patentansprüche

1. Kraftfahrzeug mit mindestens zwei Antriebsmotoren (VM, EMA, EMB), wobei mindestens ein Antriebsmotor eine Elektromaschine (EMA) ist, mit einem Hochvoltspeicher (HVS), mit einem Automatikgetriebe, das mindestens eine feste Übersetzungsstufe (G1) und mindestens eine leistungsverzweigte Übersetzungsstufe (E-CVT) zur Übersetzungsverstellung ausgehend von der mindestens einen festen Übersetzungsstufe (G1) aufweist, und mit einer elektronischen Steuereinheit (SG), die ein Drehzahlregel-Modul (DRM) enthält, das während eines Übersetzungswechsels aktivierbar ist und derart ausgestaltet ist, dass eine Soll-Drehzahl (y) vorausgerechnet wird, durch die sowohl der Drehzahlgradient (Δy) als auch die Drehzahlkrümmung ($\Delta\Delta y$) limitierbar sind, wobei kontinuierlich die Zieldrehzahl (x_Ziel) des mindestens einen Antriebsmotors (VM, EMA, EMB) mit einem maximal erlaubten Drehzahlgradienten (dy_limits) und mit einer maximal erlaubten Drehzahlkrümmung (dy^2_limits) verglichen wird.

2. Kraftfahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Limitierung von Drehzahlgradient (Δy) und Drehzahlkrümmung ($\Delta\Delta y$) um eine Abbremsfunktion (fA) erweitert ist, wobei kontinuierlich ermittelt wird, wieviel Drehzahlgradient (dy_br_limits) gerade noch erlaubt ist, um mit der Solldrehzahl (y) unter Einhaltung der aktuell erlaubten Drehzahlkrümmung (dy^2_limits) und bei der aktuell vorliegenden Änderungsrate (dx/dt) der Zieldrehzahl (x_Ziel) exakt tangential auf den Zieldrehzahlverlauf (x) zu treffen.

3. Kraftfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Drehzahlregel-Modul (DRM) die Gradienten-Limitierung (C) der Abbremsfunktion (fA) direkt an die Gradienten-Limitierung (B) erster Ordnung anschließt und die Gradienten-Limitierung (A) zweiter Ordnung an die Gradienten-Limitierung (C) anschließt.

4. Kraftfahrzeug nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass im Drehzahlregel-Modul (DRM) die Gradienten-Limitierung (C) der Abbremsfunktion (fA) direkt an die Gradienten-Limitierung (A) zweiter Ordnung anschließt und die Gradienten-Limitierung (A) an die Gradienten-Limitierung (B) erster Ordnung anschließt.

5. Automatikgetriebe für ein Kraftahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einem Umlaufgetriebe (UG), mit mindestens einem Schaltelemente (K1 und/oder B2), mit mindestens einer Elektromaschine (EMA) als einen Antriebsmotor, die Teil eines Variators ist, und mit Aktuatoren, die von der elektronischen Steuereinheit (SG) ansteuerbar sind, wobei die Steuereinheit (SG) ein Drehzahlregel-Modul (DRM) enthält, das während eines Übersetzungswechsels aktivierbar ist und derart ausgestaltet ist, dass eine Soll-Drehzahl (y) vorausgerechnet wird, durch die sowohl der Drehzahlgradient (Δy) als die Drehzahlkrümmung ($\Delta\Delta y$) limitierbar sind, wobei kontinuierlich die Zieldrehzahl (x_Ziel) des mindestens einen Antriebsmotors (VM, EMA, EMB) mit einem maximal erlaubten Drehzahlgradienten (dy_limits) und mit einer maximal erlaubten Drehzahlkrümmung (dy^2_limits) verglichen wird.

6. Elektronische Steuereinheit (SG) für ein Kraftfahrzeug oder ein für ein Automatikgetriebe nach einem der vorangegangenen Ansprüche mit einem Drehzahlregel-Modul (DRM) zur Ansteuerung der mindestens zwei Antriebsmotoren (VM, EMA, EMB) und der Schaltelemente (K1, B2) derart, dass eine Soll-Drehzahl (y) vorausgerechnet wird, durch die sowohl der Drehzahlgradient (Δy) als die Drehzahlkrümmung ($\Delta\Delta y$) limitierbar sind, wobei kontinuierlich die Zieldrehzahl (x_Ziel) des mindestens einen Antriebsmotors (VM, EMA, EMB) mit einem maximal erlaubten Drehzahlgradienten (dy_limits) und mit einer maximal erlaubten Drehzahlkrümmung (dy^2_limits) verglichen wird.

7. Verfahren zum Schalten eines Automatikgetriebes in einem Kraftfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem mittels der elektronischen Steuereinheit (SG) nach Vorliegen eines Gangwechselbefehls eine Soll-Drehzahl (y) vorausgerechnet wird, durch die sowohl der Drehzahlgradient (Δy) als die Drehzahlkrümmung ($\Delta\Delta y$) limitierbar sind, wobei kontinuierlich die Zieldrehzahl (x_Ziel) des mindestens einen Antriebsmotors (VM, EMA, EMB) mit einem maximal erlaubten Drehzahlgradienten (dy_limits) und mit einer maximal erlaubten Drehzahlkrümmung (dy^2_limits) verglichen wird.

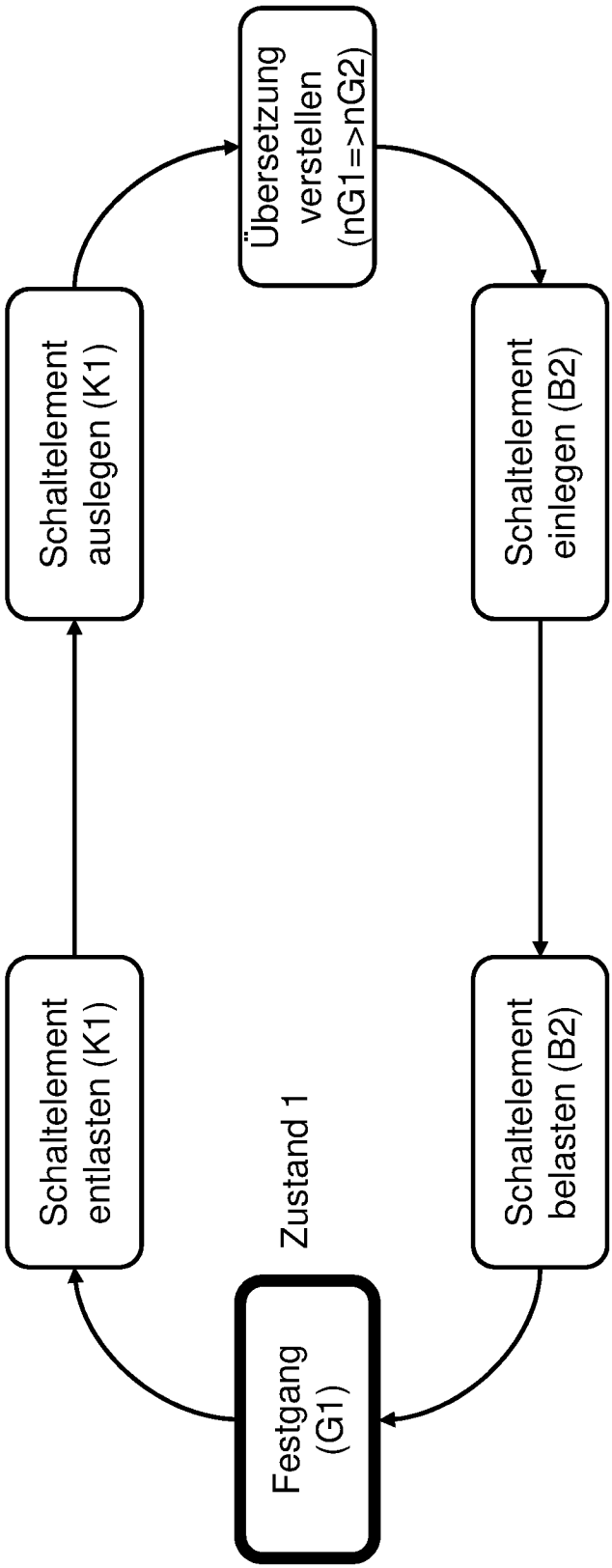

Übersetzung verstellen (nG1=>nG2)
Schaltelement auslegen (K1)
Schaltelement einlegen (B2)
Schaltelement entlasten (K1)
Schaltelement belasten (B2)
Zustand 1
Festgang (G1)

Fig. 1

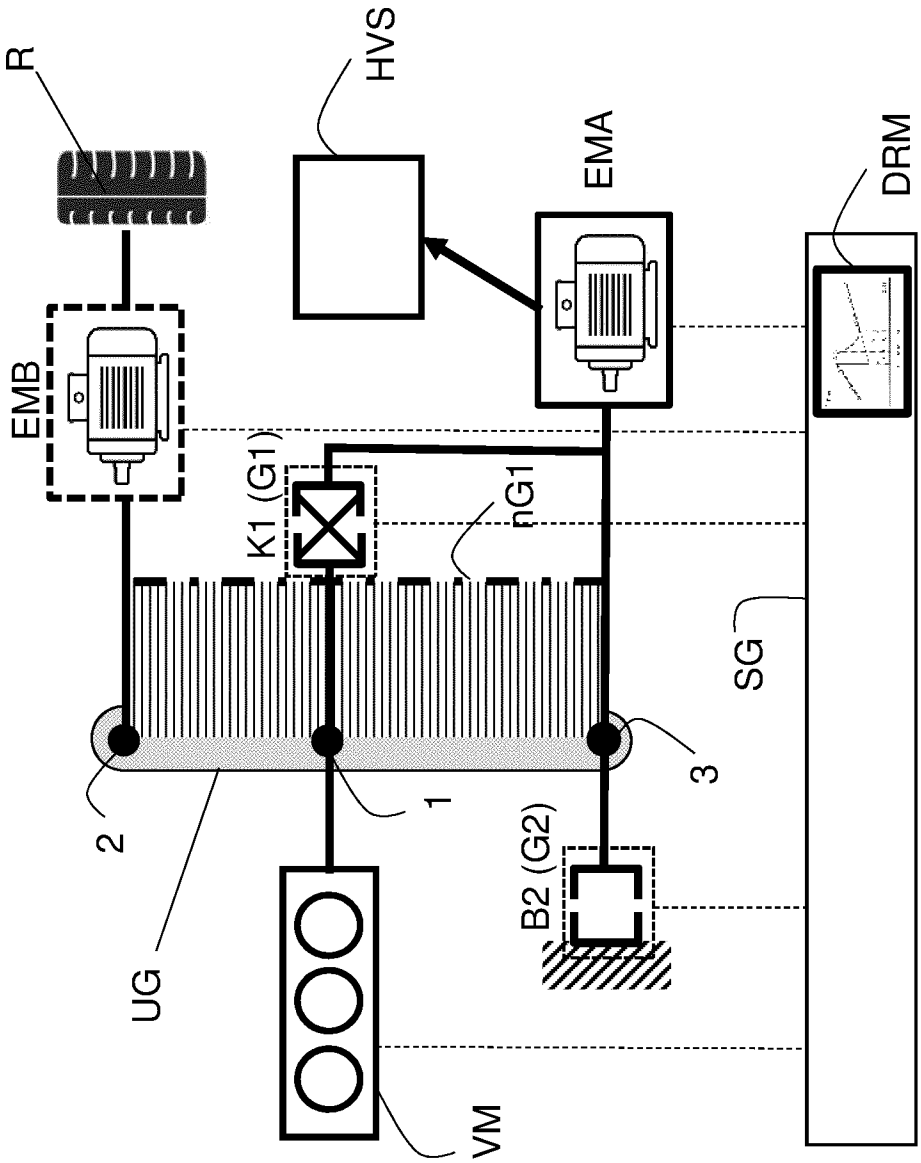


Fig. 2

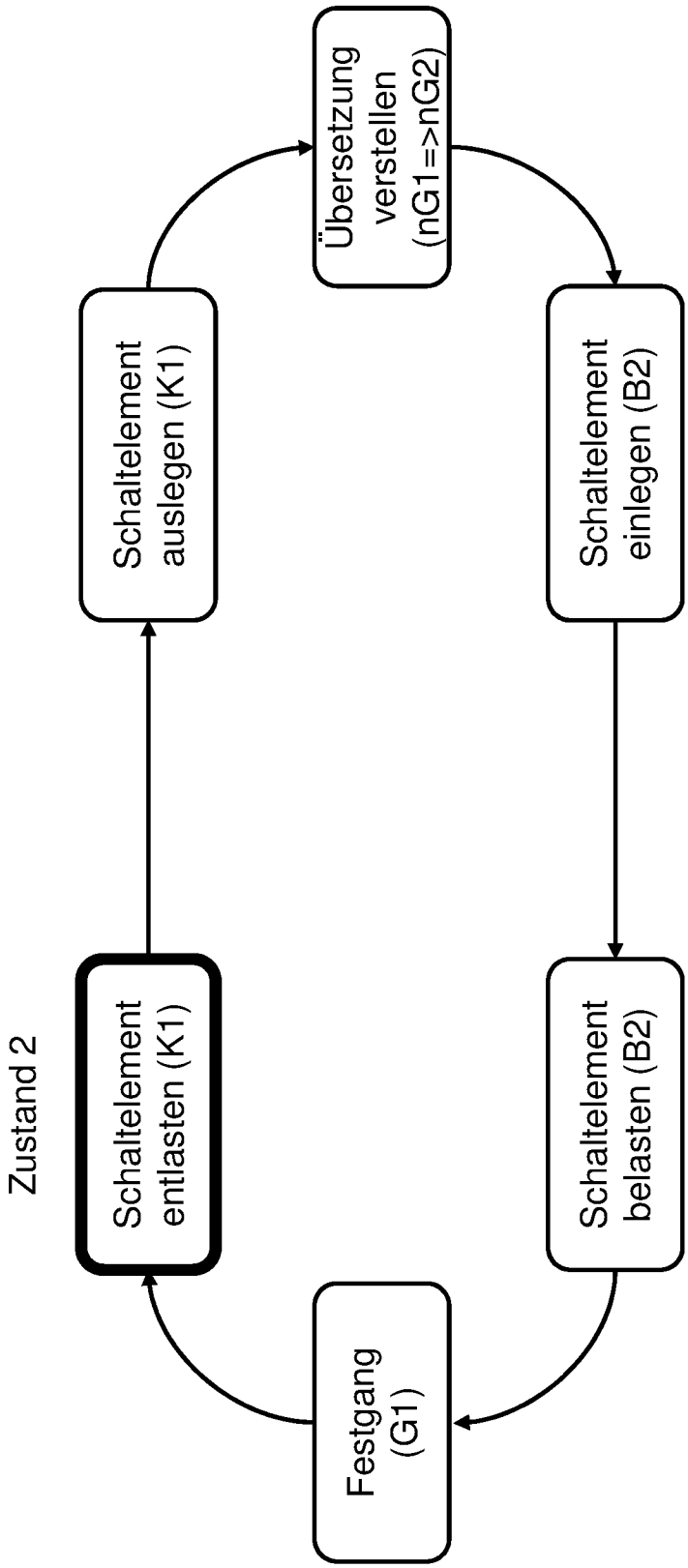

Übersetzung verstellen (nG1=>nG2)
Schaltelement einlegen (B2)
Schaltelement belasten (B2)
Festgang (G1)
Schaltelement entlasten (K1)
Schaltelement auslegen (K1)
Zustand 2

Fig. 3

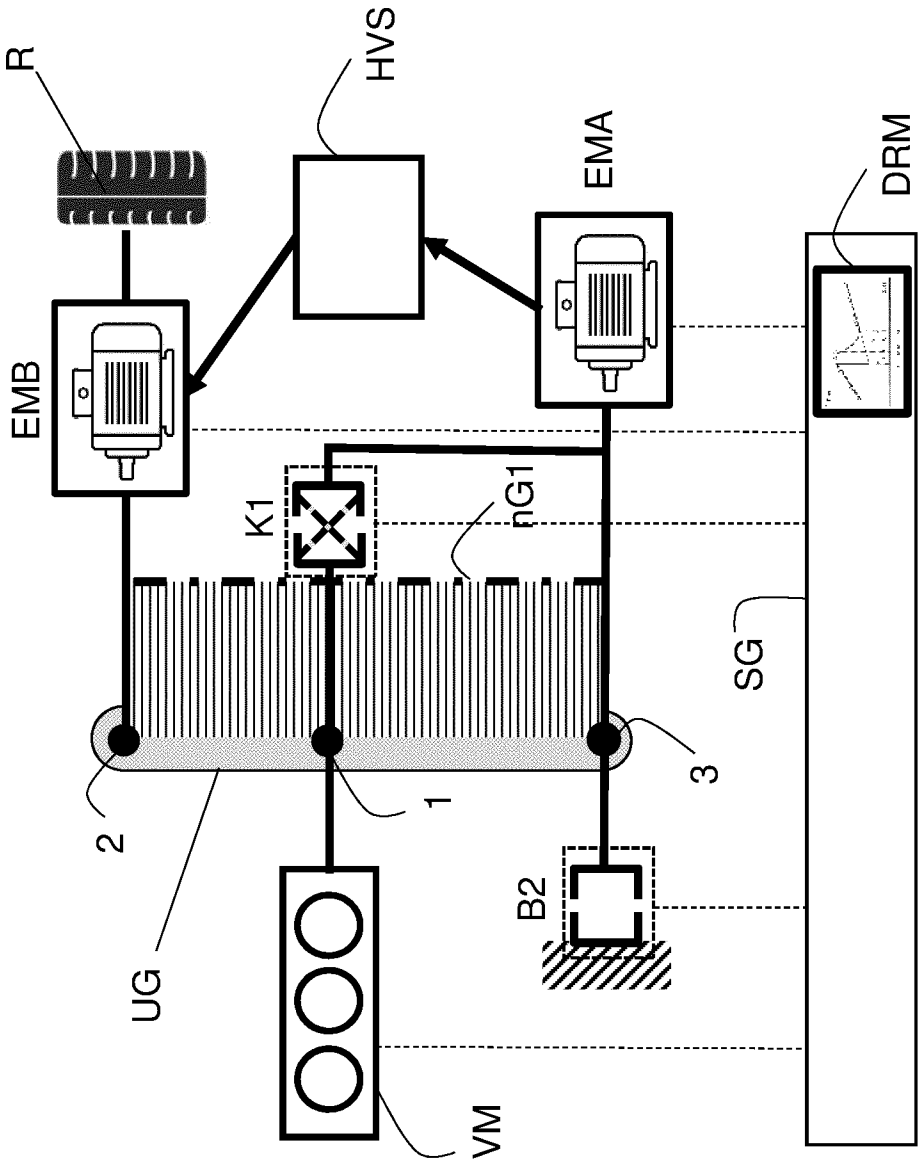


Fig. 4

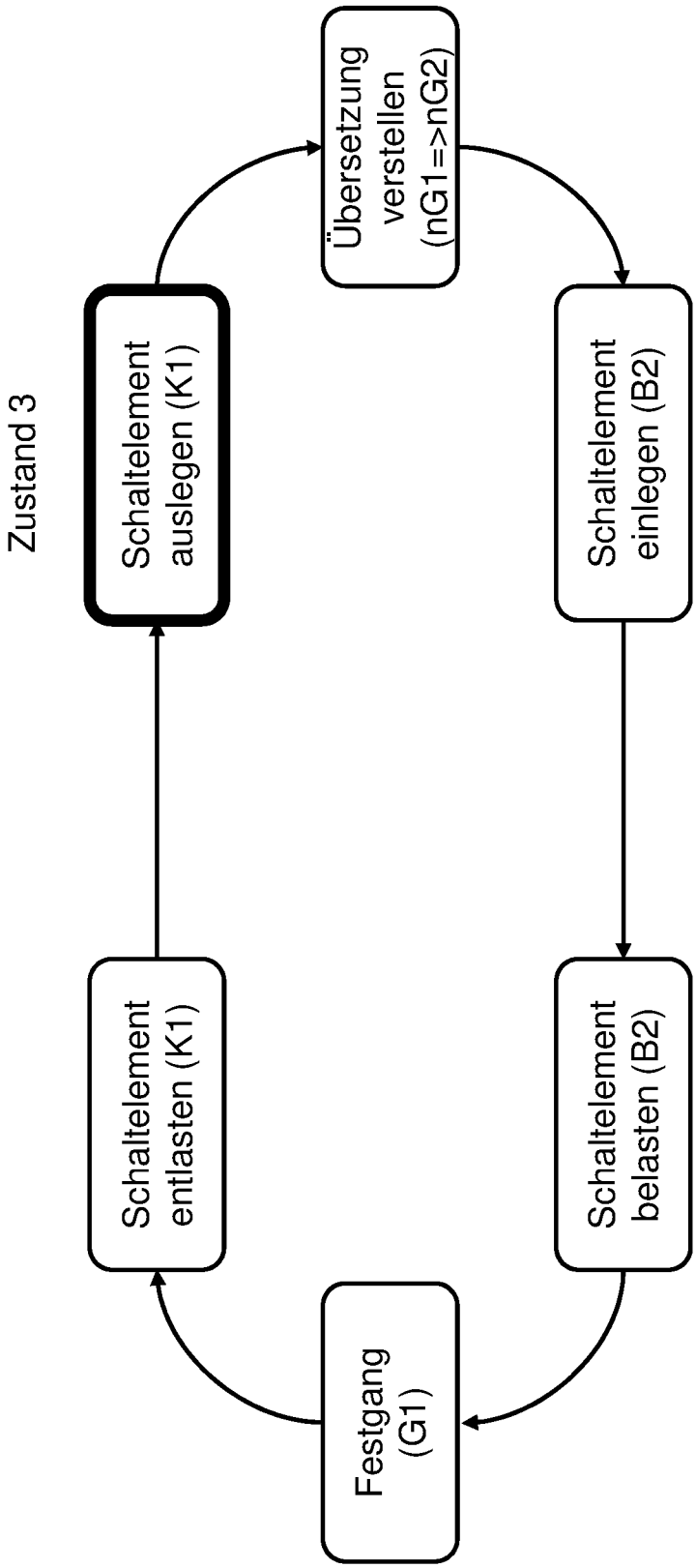

Zustand 3
Schaltelement auslegen (K1)
Übersetzung verstellen (nG1=>nG2)
Schaltelement einlegen (B2)
Schaltelement entlasten (K1)
Schaltelement belasten (B2)
Festgang (G1)

Fig. 5

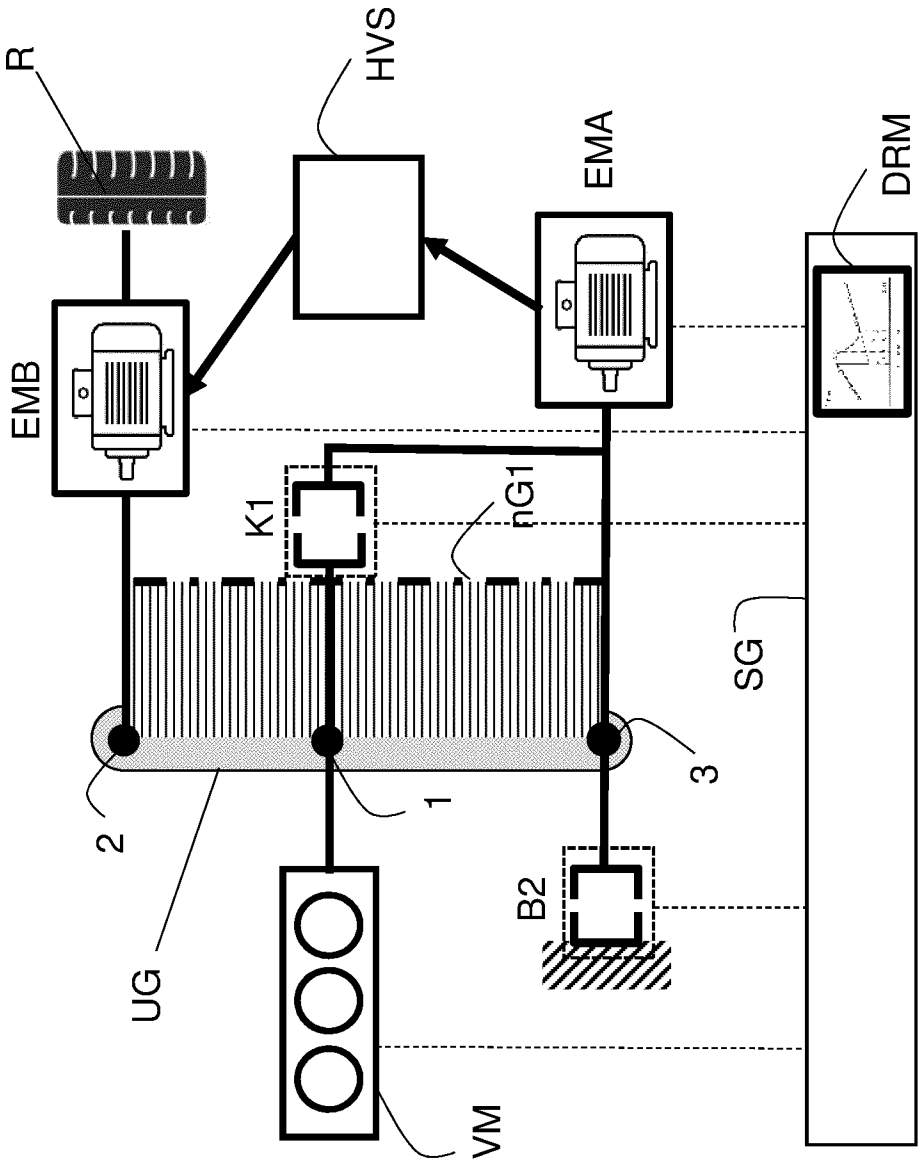


Fig. 6

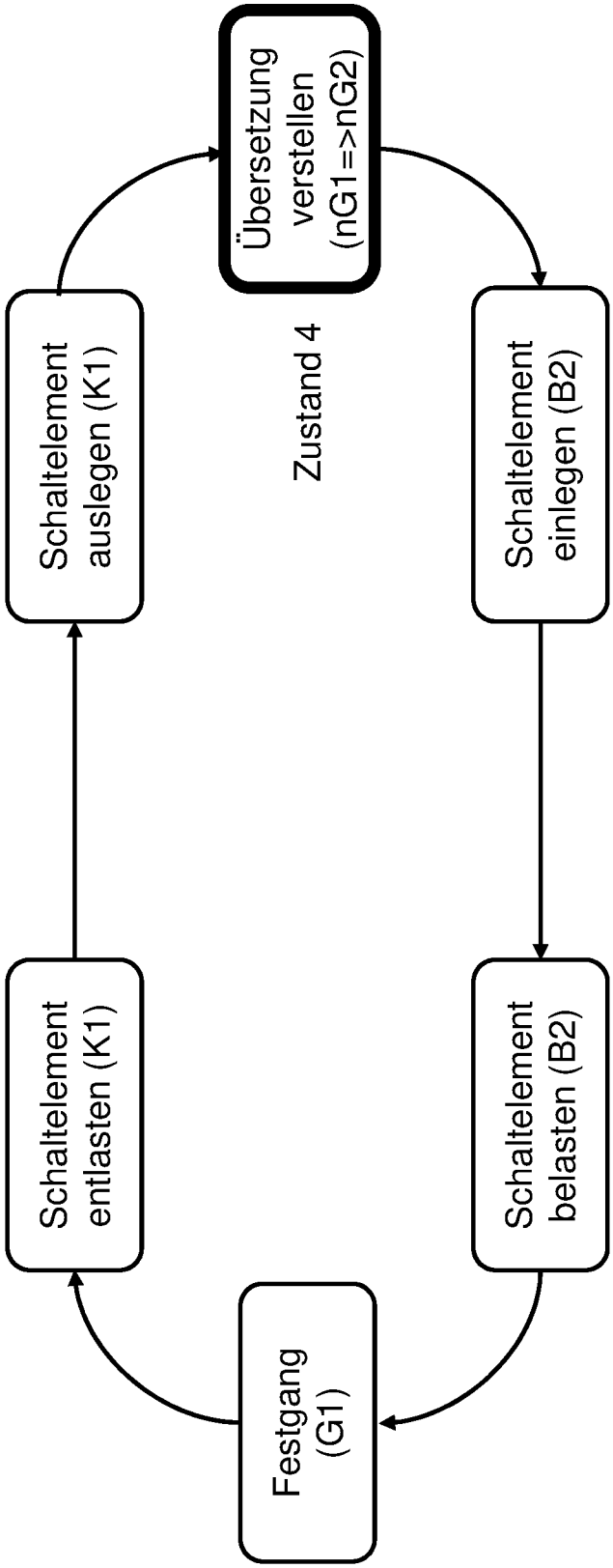

Übersetzung verstellen (nG1=>nG2)
Zustand 4
Schaltelement auslegen (K1)
Schaltelement einlegen (B2)
Schaltelement entlasten (K1)
Schaltelement belasten (B2)
Festgang (G1)

Fig. 7

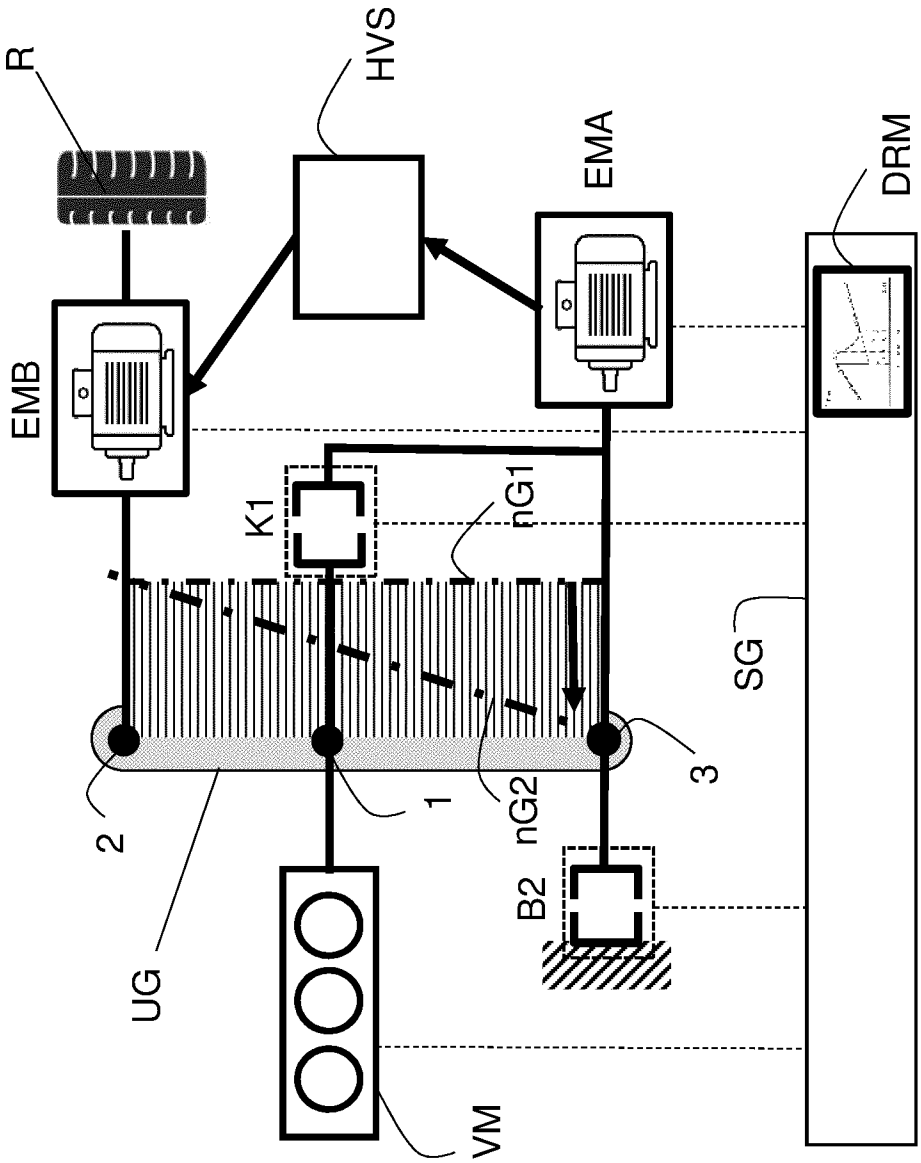


Fig. 8

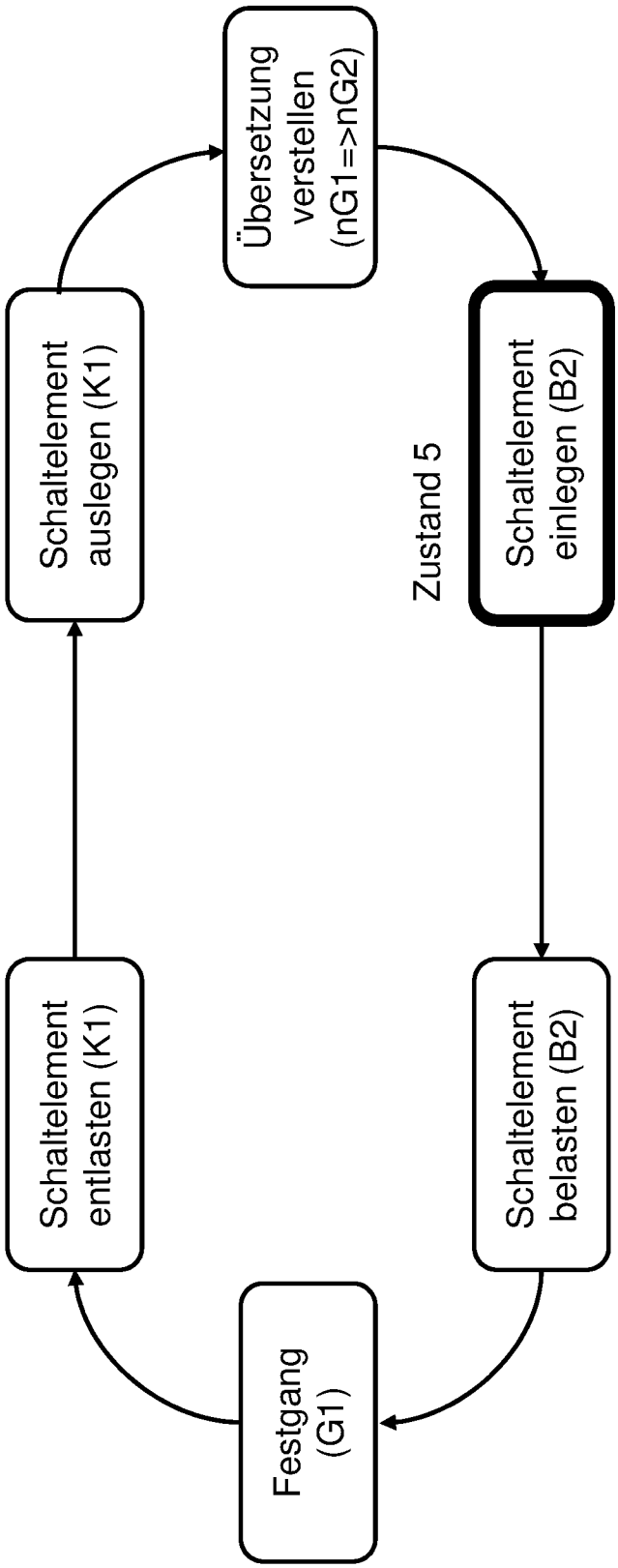

Übersetzung verstellen (nG1=>nG2)
Schaltelement einlegen (B2)
Zustand 5
Schaltelement belasten (B2)
Festgang (G1)
Schaltelement entlasten (K1)
Schaltelement auslegen (K1)

Fig. 9

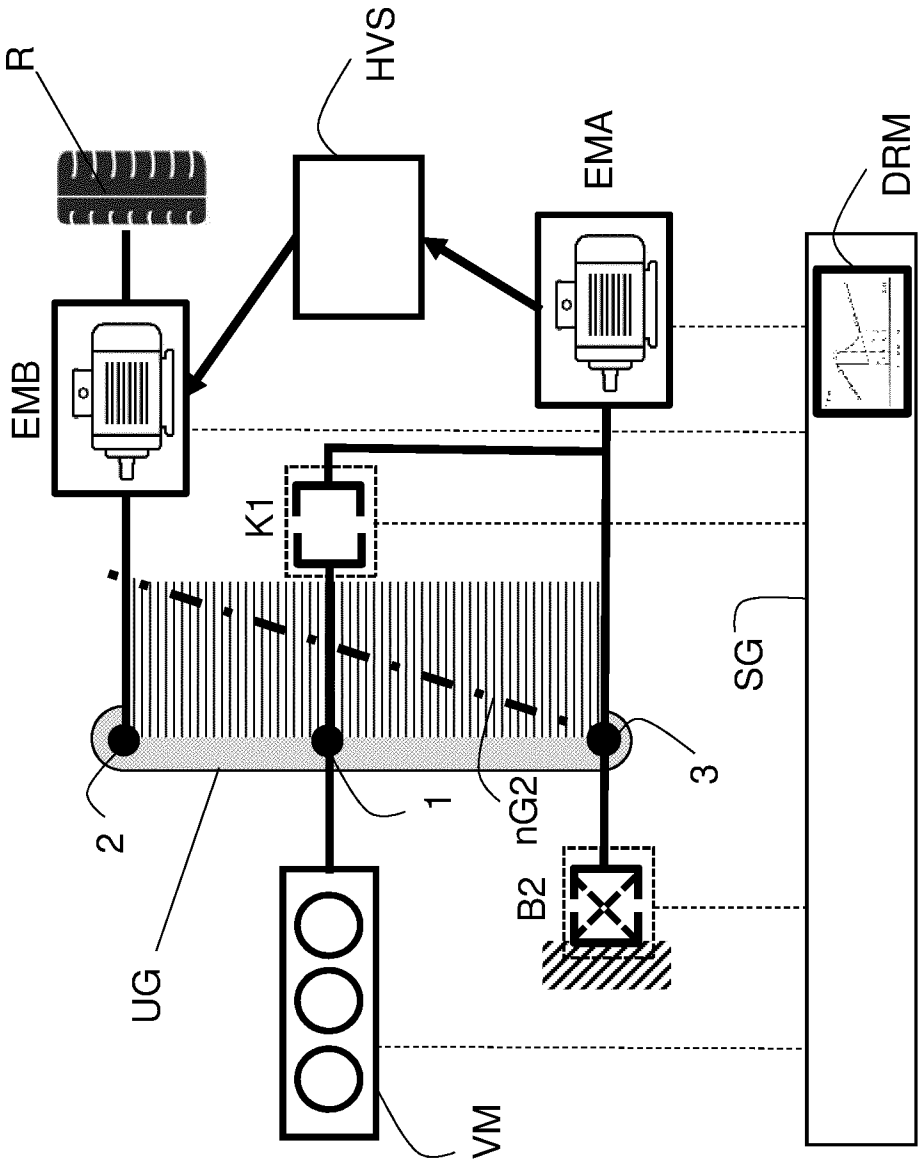


Fig. 10

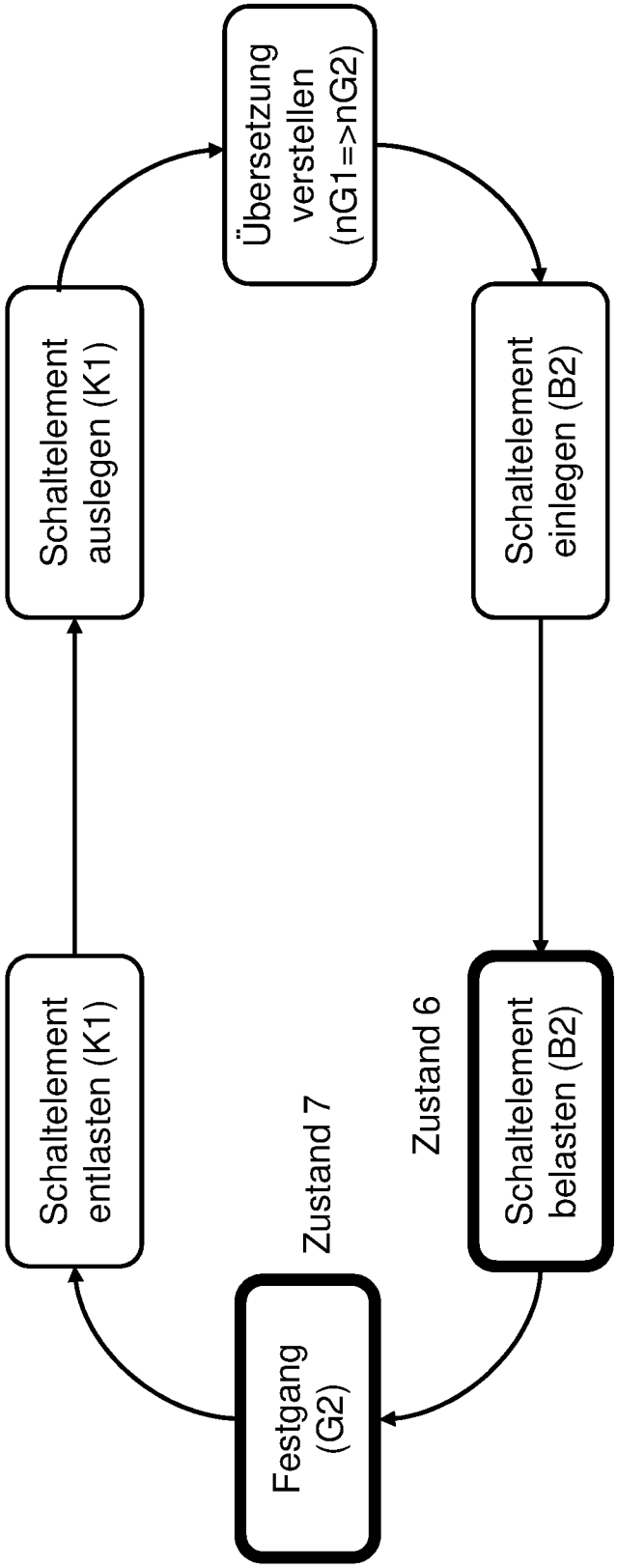

Übersetzung verstellen (nG1=>nG2)
Schaltelement einlegen (B2)
Schaltelement belasten (B2)
Zustand 6
Festgang (G2)
Zustand 7
Schaltelement entlasten (K1)
Schaltelement auslegen (K1)

Fig. 11

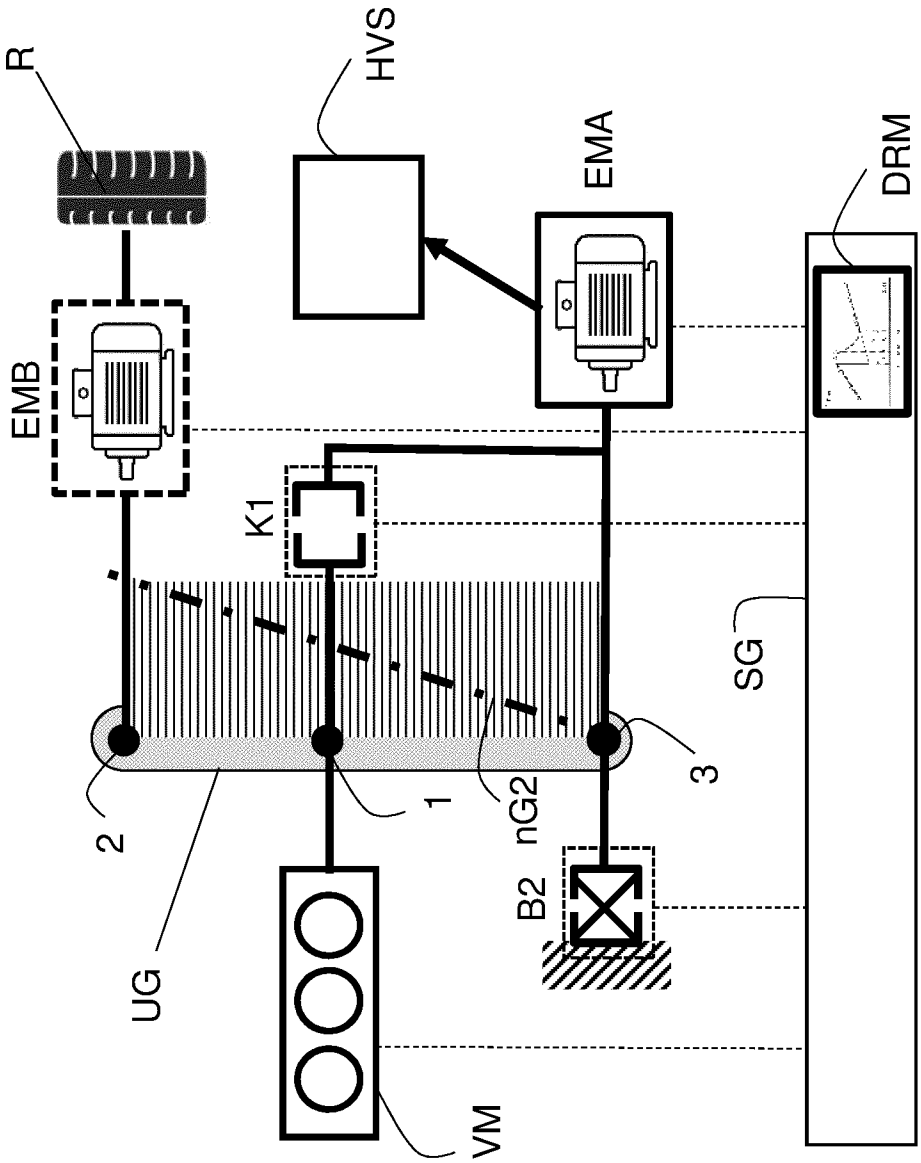


Fig. 12

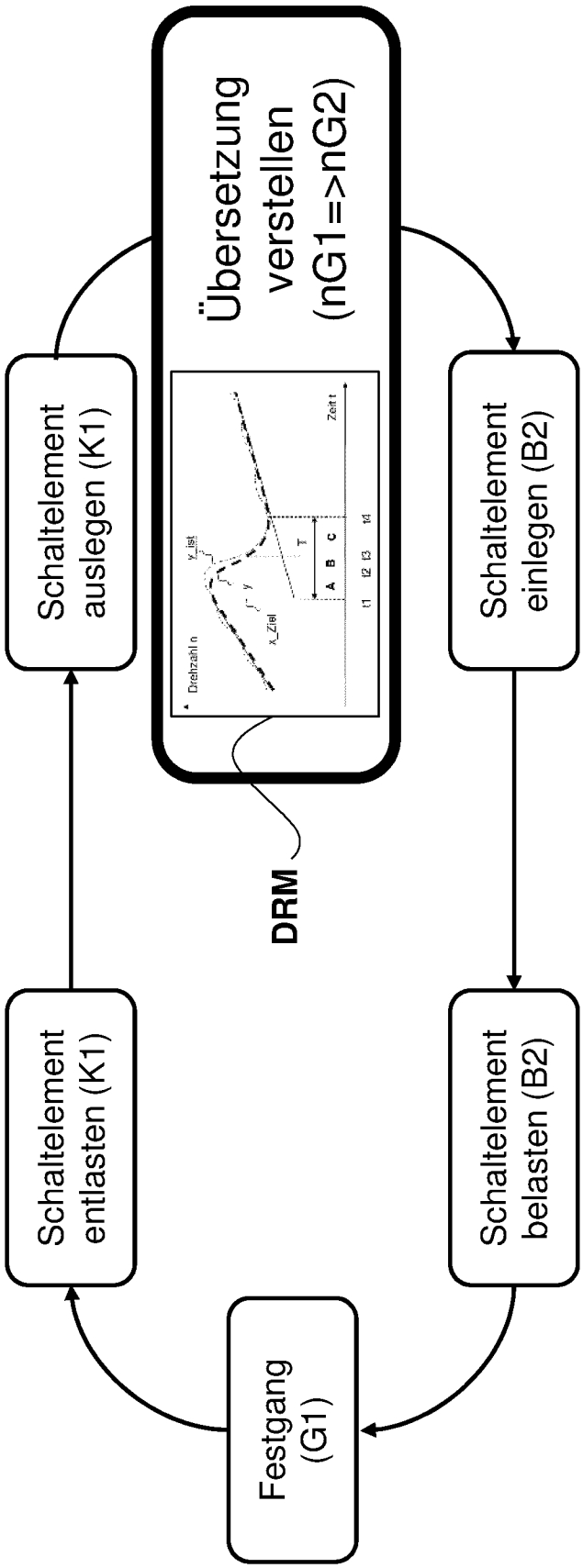

Übersetzung verstellen (nG1=>nG2)
Schaltelement auslegen (K1)
Schaltelement einlegen (B2)
Schaltelement entlasten (K1)
Schaltelement belasten (B2)
Festgang (G1)
DRM
Drehzahl n
Zeit t
n_Ziel
n_Ist
T
A B C
t1 t2 t3 t4

Fig. 13

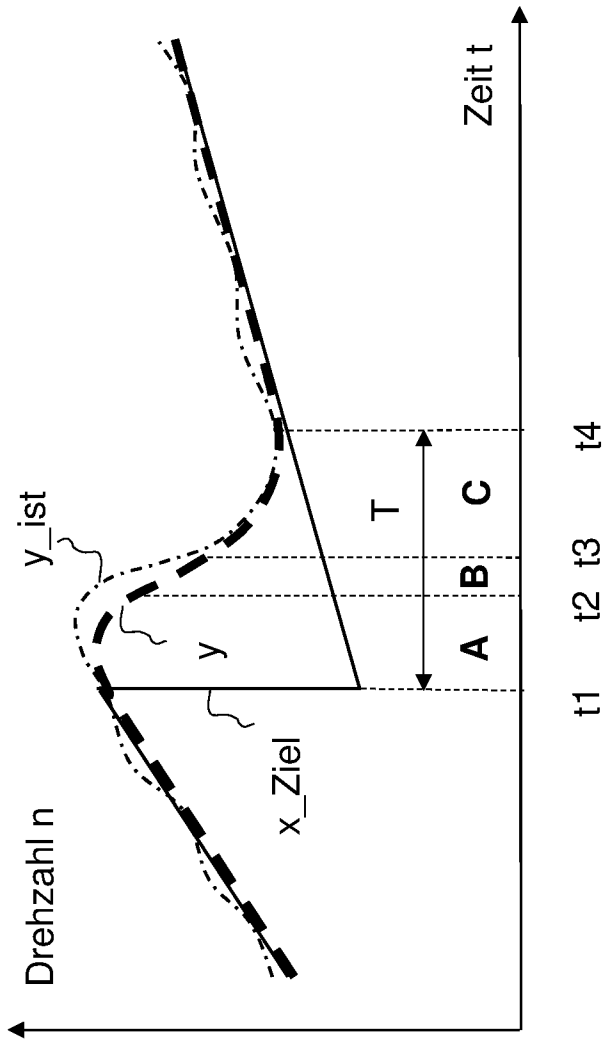


Fig. 14

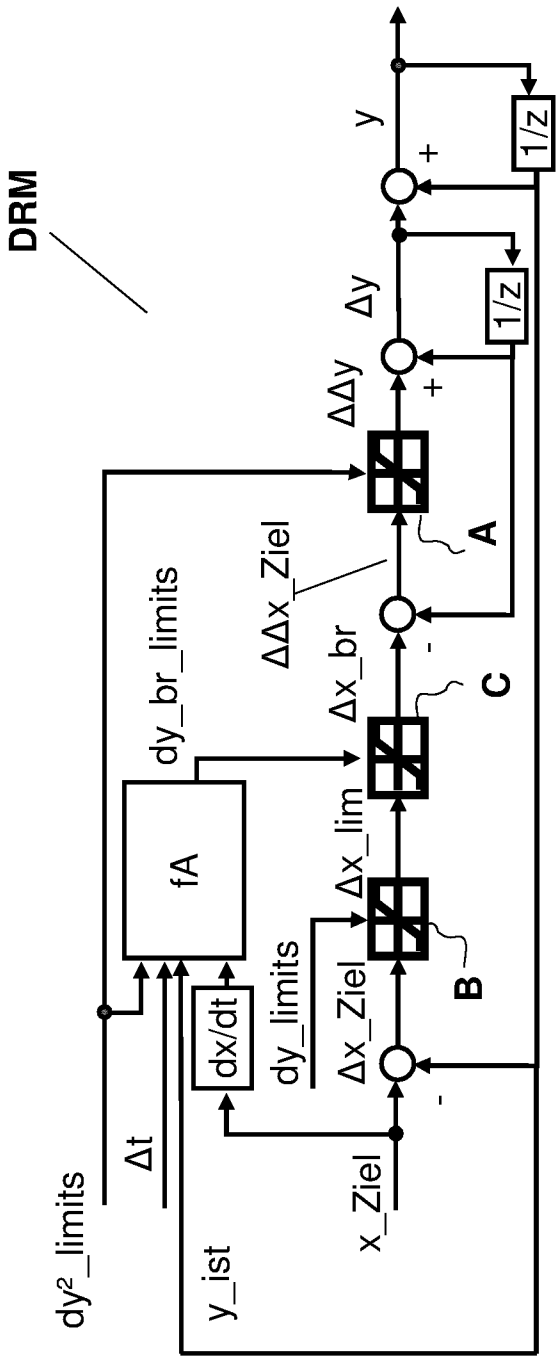

DRM
dy² _limits
Δt
y_ist
x_Ziel
dx/dt
fA
dy_limits
dy_br_limits
Δx_Ziel
Δx_lim
ΔΔx_Ziel
Δx_br
ΔΔy
Δy
y
1/z
1/z
A
B
C
+
+
-
-
A: Gradienten-Limitierung 2.Ordnung
C: Gradienten-Limitierung Abbremsfunktion fA
B: Gradienten-Limitierung 1.Ordnung

Fig. 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2021/071963

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16H 3/72(2006.01)i; ***F16H 61/04***(2006.01)i; *F16H 59/36*(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F16H; B60K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102017217133 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 28 March 2019 (2019-03-28) cited in the application	5
A	figures 1-4 paragraphs [0017] - [0038]	1-4,6,7
X	DE 102014016188 A1 (AUDI AG [DE]) 04 May 2016 (2016-05-04)	5
A	paragraphs [0022] - [0032]; figures 1-4	1-4,6,7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 October 2021	**27 October 2021**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands**	**Werner, Michael**
Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2021/071963

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE 102017217133 A1	28 March 2019	CN 111033084 A	17 April 2020
		DE 102017217133 A1	28 March 2019
		US 2020217399 A1	09 July 2020
		WO 2019063199 A1	04 April 2019
DE 102014016188 A1	04 May 2016	CN 105564423 A	11 May 2016
		DE 102014016188 A1	04 May 2016

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2021/071963

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F16H3/72 F16H61/04
ADD. F16H59/36

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F16H B60K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2017 217133 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 28. März 2019 (2019-03-28) in der Anmeldung erwähnt	5
A	Abbildungen 1-4 Absätze [0017] - [0038]	1-4,6,7

X	DE 10 2014 016188 A1 (AUDI AG [DE]) 4. Mai 2016 (2016-05-04)	5
A	Absätze [0022] - [0032]; Abbildungen 1-4	1-4,6,7

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
20. Oktober 2021	27/10/2021

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Werner, Michael

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2021/071963

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102017217133 A1	28-03-2019	CN 111033084 A	17-04-2020
		DE 102017217133 A1	28-03-2019
		US 2020217399 A1	09-07-2020
		WO 2019063199 A1	04-04-2019
DE 102014016188 A1	04-05-2016	CN 105564423 A	11-05-2016
		DE 102014016188 A1	04-05-2016