

(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
9. April 2015 (09.04.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/048962 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2014/200483

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. September 2014 (19.09.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 220 152.4
4. Oktober 2013 (04.10.2013) DE
10 2014 201 021.7
21. Januar 2014 (21.01.2014) DE

(71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder: **GÖPPERT, Georg**; In den Eichenäckern 6, 77756 Hausach (DE). **SCHLAPPA, Artur**; Malerweg 1, 76275 Ettlingen (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING A DRIVE TRAIN HAVING A DUAL CLUTCH TRANSMISSION

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINES ANTRIEBSSTRANGS MIT EINEM DOPPELKUPPLUNGSGETRIEBE

(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling a drive train comprising an internal combustion engine controlled subject to a load request to a motor setpoint torque, and a dual clutch transmission comprising two partial transmissions each having a friction clutch having a changing, maximum transmissible clutch torque arranged in an effective manner between the internal combustion engine and one partial transmission. A predetermined clutch torque is set by means of a clutch actuator along an actuation path, a clutch characteristic curve of the transmissible clutch torque is adapted continuously over the operating path, and a maximum motor torque for one partial transmission that is reduced with respect to the setpoint motor torque is limited to the maximum clutch torque that can be transmitted via the friction coupling of same partial transmission. In order to not excessively reduce a motor setpoint torque to be decreased, the maximum motor torque is determined on the basis of the adapted maximum clutch torque transmissible via said friction clutch, a first correction variable that is subject to the actuating path, and a second correction variable that is subject to the dynamic behavior of the internal combustion engine.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Antriebsstrangs mit einer abhängig von einer Lastanforderung auf ein Motorsollmoment gesteuerten Brennkraftmaschine und einem Doppelkupplungsgetriebe mit zwei Teilgetrieben mit jeweils einer zwischen der Brennkraftmaschine und einem Teilgetriebe wirksam angeordneten Reibungskupplung mit einem sich ändernden, maximalen übertragbaren Kupplungsmoment, wobei ein vorgegebenes Kupplungsmoment mittels eines Kupplungsaktors entlang eines Betätigungswegs eingestellt wird, eine Kupplungskennlinie des übertragbaren Kupplungsmoments über den Betätigungsweg laufend adaptiert wird und ein gegenüber dem Motorsollmoment verringertes maximales Motormoment für ein Teilgetriebe auf das maximal über die Reibungskupplung dieses Teilgetriebes übertragbare Kupplungsmoment begrenzt wird. Um ein zu verringerndes Motorsollmoment nicht übermäßig zu reduzieren, wird das maximale Motormoment anhand des adaptierten, maximal über diese Reibungskupplung übertragbaren Kupplungsmoments, einer ersten, vom Betätigungsweg abhängigen Korrekturgröße und einer zweiten Korrekturgröße abhängig vom dynamischen Verhalten der Brennkraftmaschine ermittelt.



WO 2015/048962 A2

Verfahren zur Steuerung eines Antriebsstrangs mit einem Doppelkupplungsgetriebe

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Antriebsstrangs mit einer abhängig von einer Lastanforderung auf ein Motorsollmoment gesteuerten Brennkraftmaschine und einem Doppelkupplungsgetriebe mit zwei Teilgetrieben mit jeweils einer zwischen der Brennkraftmaschine und einem Teilgetriebe wirksam angeordneten Reibungskupplung mit einem sich ändernden, maximalen übertragbaren Kupplungsmoment, wobei ein vorgegebenes Kupplungsmoment mittels eines Kupplungsaktors entlang eines Betätigungswegs eingestellt wird, eine Kupplungskennlinie des übertragbaren Kupplungsmoments über den Betätigungsweg laufend adaptiert wird und ein gegenüber dem Motorsollmoment verringertes maximales Motormoment für ein Teilgetriebe auf das maximal über die Reibungskupplung dieses Teilgetriebes übertragbare Kupplungsmoment begrenzt wird.

Ein gattungsgemäßer Antriebsstrang mit einer als Antriebseinheit ausgebildeten Brennkraftmaschine und einem Doppelkupplungsgetriebe mit zwei Teilgetrieben und diesen zugeordneten Reibungskupplungen ist beispielsweise aus der DE 10 2005 036 894 A1 bekannt. In derartigen Antriebssträngen wird über ein aktives Teilgetriebe bei dort eingelegtem Gang und geschlossener Reibungskupplung das vom Fahrer gewünschte Motorsollmoment übertragen. Hierbei ist die Reibungskupplung so ausgelegt, dass das Motorsollmoment der Brennkraftmaschine übertragen werden kann. In dem anderen inaktiven Teilgetriebe wird bei geöffneter Reibungskupplung ein nachfolgender Gang eingelegt. Soll in dem Doppelkupplungsgetriebe unterbrechungsfrei geschaltet werden, wird die Reibungskupplung des aktiven Teilgetriebes geöffnet und die Reibungskupplung des inaktiven Teilgetriebes überschneidend geschlossen, so dass das inaktive Teilgetriebe nun zum aktiven Teilgetriebe wird. Hierbei werden die Reibungskupplungen von jeweils einem Kupplungsaktor, beispielsweise einem aus der DE 10 2004 009 832 A1 bekannten Hebelaktor betätigt. Die Betätigung der Reibungskupplungen erfolgt dabei mittels einer entlang eines Rollenwegs von einem Elektromotor verlagerten Traverse oder Rolleneinheit, wobei ein einseitig federnd eingespannter Hebel eine Betätigungsvorrichtung entlang eines Betätigungswegs der Reibungskupplung axial verlagert. Dem Rollenweg beziehungsweise dem Betätigungsweg ist dabei mittels einer beispielsweise aus der DE 10 2012 204 929 A1 bekannten Kupplungskennlinie jeweils ein zu übertragendes Kupplungsmoment zugeordnet. Aufgrund von kurzzeitigen temperaturabhängigen und langzeitigen Reibwertschwankungen der Reibbereiche der Reibungskupplung wie Reibbelagsflächen und Reibflächen der Gegendruck- und Anpressplatte ändert sich die reale Kupplungskennlinie, die laufend beispielsweise mittels der aus der WO 2007/124 710 A1 bekannten Kennlinienadaptierungen adaptiert wird. Aufgrund von hohen Belastungen und Schädigungen

der Reibungskupplungen kann das maximal über die Reibungskupplung übertragbare Kupplungsmoment soweit herabgesetzt sein, dass das gewünschte Motorsollmoment nicht mehr übertragen werden kann. Um eine weitere Schädigung der Reibungskupplung zu vermeiden und bei das maximal übertragbare Kupplungsmoment überschreitenden Motormomenten eine Erhöhung der Motordrehzahl zu vermeiden, ist beispielsweise aus den Dokumenten DE 10 2010 052 382 A1 und DE 2012 207 825 A1 bekannt, das Motormoment auf das maximal übertragbare Kupplungsmoment zu begrenzen. Hierbei wird das maximal übertragbare Kupplungsmoment ermittelt und mittels eines Motoreingriffs über das Motorsteuergerät das Motorsollmoment begrenzt. Aufgrund einer fehlerbehafteten Abschätzung des Kupplungsmoments und Ungenauigkeiten des eingestellten Motorsollmoments kann dabei das Motorsollmoment übermäßig begrenzt werden und damit zu unnötigen Leistungseinbußen des Antriebsstrangs führen.

Aufgabe der Erfindung ist, ein Verfahren vorzuschlagen, bei dem ein Antriebsstrang bei verminderter Übertragungskapazität einer Reibungskupplung ohne übermäßige Leistungseinbußen betrieben werden kann.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Verfahrens des Anspruchs 1 gelöst. Die von diesem abhängigen Ansprüche geben vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens des Anspruchs 1 wieder.

Das vorgeschlagene Verfahren dient beispielsweise als Routine einer Steuerungssoftware eines Antriebsstrangs in einem oder mehreren Steuergeräten der Steuerung eines Antriebsstrangs. Der Antriebsstrang enthält in nicht abschließender Aufzählung eine abhängig von einer beispielsweise von einer Steuerung des Antriebsstrangs oder vom Fahrer beispielsweise mittels eines Fahrpedals angeforderten Lastanforderung auf ein Motorsollmoment gesteuerte Brennkraftmaschine und ein Doppelkupplungsgetriebe mit zwei Teilgetrieben mit jeweils einer zwischen der Brennkraftmaschine und einem Teilgetriebe wirksam angeordneten Reibungskupplung.

Die Reibungskupplungen übertragen abhängig von einer Steuerung des Doppelkupplungsgetriebes ein vorgegebenes Kupplungsmoment und werden entsprechend von Kupplungsaktoren, bevorzugt Hebelaktoren betätigt. Das vorgegebene Kupplungsmoment wird entlang eines Betätigungswegs eingestellt. Hierbei entspricht ein zunehmender Rollenweg eines Hebelaktors einem zunehmenden Betätigungsweg mit zunehmendem zu übertragendem Kupplungsmoment. Es handelt sich daher um zugedrückte Reibungskupplungen. Jede der Reibungskupplungen ist charakterisiert durch ein maximal übertragbares Kupplungsmoment, welches sich kurzzeitig, beispielsweise abhängig von der Kupplungstemperatur und/oder in langen Abständen, beispielsweise durch Verschleiß, Alterung und/oder Schädigung ändern kann. Die

Einstellung der Reibungskupplungen erfolgt anhand von Kupplungskennlinien, die einem vorgegebenen Betätigungsweg beziehungsweise Rollenweg ein vorgegebenes Kupplungsmoment zuordnen. Die Kupplungskennlinien werden laufend an die aktuellen Eigenschaften der Reibungskupplung, beispielsweise deren Reibwert und Tastpunkt adaptiert.

Wird festgestellt, dass das maximal übertragbare Kupplungsmoment einer Reibungskupplung eines Teilgetriebes unterhalb des dem Motorsollmoment liegt, wird das Motorsollmoment bei aktivem Teilgetriebe mit dieser Reibungskupplung auf ein maximales Motormoment begrenzt, welches unterhalb des maximal über diese Reibungskupplung übertragbaren Kupplungsmoments liegt. Hierbei wird das maximale Motormoment anhand des adaptierten, maximal über diese Reibungskupplung übertragbaren Kupplungsmoments, einer ersten, vom Betätigungsweg abhängigen Korrekturgröße und einer zweiten Korrekturgröße abhängig vom dynamischen Verhalten der Brennkraftmaschine ermittelt. Durch die Korrekturgrößen kann das maximale Motormoment in Betriebszuständen, in denen dessen Begrenzung auf das maximal übertragbare Kupplungsmoment unnötig ist, erhöht werden und somit eine bessere Performance wie Leistungsentfaltung des Antriebsstrangs erzielt werden.

Die erste Korrekturgröße enthält gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform eine Korrekturfunktion, die bei kleinen Rollenwegen eines Hebelaktors entsprechend kleinen Betätigungswegen der Reibungskupplung das maximale Motormoment um einen vorgegebenen Wert über das aus einer Abschätzung ermittelten maximal übertragbare Kupplungsmoment vergrößert und mit zunehmendem Betätigungsweg wie Rollenweg diesen Wert verringert. Es hat sich dabei als vorteilhaft erwiesen, den Wert bei maximalem Betätigungsweg wie Rollenweg negativ auszubilden, um bei vorliegenden Fehlern der Betätigung innerhalb einer Fehler-toleranz die Reibungskupplung dennoch vollständig schließen zu können. Es hat sich weiterhin als vorteilhaft erwiesen, bei beiden Teilgetrieben die Werte der Korrekturfunktion durch das Minimum der Werte der Korrekturfunktionen der beiden einzelnen Teilgetriebe zu ersetzen. Die Korrekturfunktionen lassen sich insbesondere während einer Schaltung des Doppelkupplungsgetriebes zwischen den beiden Teilgetrieben durch überschneidende Betätigung der Reibungskupplungen in vorteilhafter Weise einsetzen. Die Korrekturfunktionen können aus Abschätzung, Berechnung oder Simulation gebildet werden und über die Betriebszeit adaptiert werden, indem relevante Kupplungsparameter beispielsweise Reibwert der Reibungskupplung, Materialänderungen, Eigenschaften des Elektromotors des Hebelaktors und dergleichen berücksichtigt werden beziehungsweise abgeschätzt werden.

Die zweite Korrekturgröße berücksichtigt das für den Betrieb der Brennkraftmaschine insbesondere bei Beschleunigungen notwendige Eigenmoment. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das maximale Motormoment abhängig von einem Trägheitsmoment der Brennkraftmaschine, einer Fahrzeugbeschleunigung und einer Übersetzung eines in dem

Teilgetriebe eingelegten Gangs vergrößert. Hierbei wird berücksichtigt, dass zur Beschleunigung der Brennkraftmaschine während einer Beschleunigung des Fahrzeugs ein hohes Eigenmoment durch die Drehbeschleunigung der Schwungmasse der Kurbelwelle und gegebenenfalls weiteren Komponenten der Brennkraftmaschine, beispielsweise Lichtmaschine, Klimakompressor und dergleichen erforderlich ist. Dieses Eigenmoment wird zu dem aus dem maximal übertragbaren Kupplungsmoment resultierenden maximalen Motormoment addiert. Vorteilhafterweise sind die Größen des Trägheitsmoments, der Fahrzeugbeschleunigung und der Übersetzung miteinander multiplikativ verbunden sind. Die zweite Korrekturgröße kann auf einen vorgegebenen Anteil des maximalen Motormoments, beispielsweise 25% normiert sein.

Mit anderen Worten stützen sich die Reibungskupplungen bei der Bestimmung des maximalen Motormoments am Motorsollmoment ab. Das Motormoment hat üblicherweise einen Fehler von beispielsweise mindestens $\pm 10\text{Nm}$ beziehungsweise 10% des Motormoments. Dies führt bei niederen Motormomenten zu einem sehr großen relativen Fehler bei der Abschätzung des maximalen Kupplungsmomentes während einer Adaption der Kupplungskennlinie, die bei kleineren Motormomenten durchgeführt wird. In diesem Abschätzungsvorgang liegt keine Beschränkung des Motormoments vor. Bei hohen Rollenwegen des Hebelaktors, also im Bereich des maximal übertragbaren Kupplungsmoments ist die Abschätzung des Kupplungsmoments sehr viel besser und weniger fehlerbehaftet, sodass ausschließlich der zugelassene Adaptionfehler korrigiert werden muss. Diese Randbedingungen lassen sich in der nachfolgend aufgeführten Gleichung (1) in der ersten Korrekturgröße kompensieren. Die zweite Korrekturgröße kompensiert die Dynamik der Brennkraftmaschine:

$$\text{TrqEngMax} = \text{TrqCIMax} + \text{TrqOff} + \text{TrqDyn} \quad (1)$$

Hierbei bezeichnet TrqEngMax das durch das verringerte maximal über eine Reibungskupplung übertragbare Kupplungsmoment begrenzte maximale Motormoment, TrqCIMax das maximal über die Reibungskupplung übertragbare Kupplungsmoment, TrqOff die erste Korrekturgröße und TrqDyn die zweite Korrekturgröße. Für die zweite Korrekturgröße TrqDyn gilt gemäß Gleichung (2)

$$\text{TrqDyn} = J_{\text{Eng}} * \text{AccVeh} * \text{RatioGear} \quad (2)$$

In niederen Gängen kann die zweite Korrekturgröße beispielsweise 25% des Momentes betragen. Das maximal über die Reibungskupplung übertragbare Kupplungsmoment TrqCIMax entspricht dem abgeschätzten Moment aus der Adaption der Kupplungskennlinie. Die erste Korrekturgröße ist ein rollenwegabhängiger Offset TrqOff eines Hebelaktors, der unterhalb

des Tastpunktes den Fehler bei kleinen Momenten, beispielsweise circa 50 Nm korrigiert und ab einer vorgegebenen wie vorgebbaren Schwelle beispielsweise im Bereich des Tastpunkts oder geringfügig vor dem Erreichen des Tastpunkts bis zum maximalen Rollenweg, beispielsweise circa 35mm auf einen akzeptierten Fehler von etwa -15 Nm abfällt. Der negative Wert wird gewählt, um ein Schließen der Reibungskupplung bei gegebenem Fehler zu gewährleisten.

Bei Berücksichtigung der beiden Reibungskupplungen einer Doppelkupplung kann die erste Korrekturgröße gemäß Gleichung (3) auf das Minimum der beiden Abschätzungen der Kupplungskennlinien benutzt werden

$$\text{TrqOff} = \text{MIN}(\text{TrqOff1}, \text{TrqOff2}) \quad (3)$$

Hierdurch wird insbesondere ein kontinuierliches Verhalten des Motormoments auch während Schaltungen zwischen den Teilgetrieben erhalten.

Die erste Korrekturgröße wird bevorzugt auch bei Schaltungen zwischen den Teilgetrieben zur Bestimmung des Motormomenteneingriffs während der Drehzahlانpassung benutzt, so dass die Schaltungen in effizienten Schaltzeiten durchgeführt werden können.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform kann das angeforderte Motorsollmoment trotz eines verringerten maximal übertragbaren Kupplungsmoments einer Reibungskupplung eines aktiven Teilgetriebes übertragen werden. Hierzu wird über ein erstes, aktives Teilgetriebe mit auf das maximale Motormoment begrenztem Motorsollmoment ein Differenzmoment zwischen Motorsollmoment und maximalem Motormoment durch Einlegen eines gegenüber dem im ersten Teilgetriebe eingelegten Gang höheren Gangs und schlupfend betriebener Reibungskupplung über das zweite Teilgetriebe übertragen. Dies bedeutet, dass anhand der Gleichung (1) das maximal über die Reibungskupplung des aktiven Teilgetriebes übertragbare Kupplungsmoment ermittelt wird. Über diese Reibungskupplung wird das maximal übertragbare Kupplungsmoment übertragen. Das Differenzmoment aus Motorsollmoment und maximalem Motormoment wird über das inaktive Teilgetriebe übertragen, indem in diesem Teilgetriebe ein nächst höherer Gang eingelegt und die Reibungskupplung soweit geschlossen wird, bis das Differenzmoment übertragen wird.

Hierbei wird die Reibungskupplung des inaktiven Teilgetriebes schlupfend betrieben. Um diese Reibungskupplung vor Überlastung zu schützen, wird eine Momentenübertragung über das inaktive, zweite Teilgetriebe auf einen vorgegebenen Energieeintrag in die Reibungskupplung des zweiten Teilgetriebes begrenzt. Bei Überschreiten des vorgegebenen Energiebeitrags wird die Reibungskupplung zumindest teilweise geöffnet. Aufgrund einer prädizierten

Belastung der Reibungskupplung, beispielsweise im Anhängerbetrieb, an Steigungen und/oder dergleichen kann von Beginn an ein kleineres Moment als das Differenzmoment übertragen werden, um bei vorgegebenem Energieeintrag die Betriebsdauer der Reibungskupplung verlängern zu können. Weiterhin kann das über die Reibungskupplung übertragene Kupplungsmoment abhängig von der Kupplungstemperatur bis zum Differenzmoment eingestellt werden.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des vorgeschlagenen Verfahrens kann während Schaltungen zwischen den Teilgetrieben mit einer Reibungskupplung mit vermindertem maximal übertragbarem Kupplungsmoment das zwischen Motorsollmoment und maximalem Motormoment vorhandene Differenzmoment durch verfrühtes Schließen oder verzögertes Öffnen der anderen Reibungskupplung über deren Teilgetriebe bei eingelegtem Gang übertragen werden. Dies bedeutet, dass ein Wegtouren der Drehzahl der Brennkraftmaschine durch ein geringeres über eine Reibungskupplung übertragbares Kupplungsmoment durch Anlegen der anderen Reibungskupplung abgefangen wird.

Mit anderen Worten tritt der Bedarf einer Momentenbegrenzung der Brennkraftmaschine bevorzugt bei Konstantfahrten eines Kraftfahrzeugs mit dem betreffenden Antriebsstrang mit schwerer Last und/oder an Steigungen auf. In einer entsprechenden Fahrsituation kann zusätzlich zu einem Betrieb des Teilgetriebes mit einer Reibungskupplung mit vermindertem maximal übertragbarem Kupplungsmoment in dem inaktiven Teilgetriebe bevorzugt der nächst höhere Gang vorgewählt und die Reibungskupplung dieses Teilgetriebes angelegt werden, um das Motorsollmoment nicht begrenzen zu müssen. Diese Strategie wird bevorzugt anhand der eingetragenen Energie beschränkt, um die Kupplung nicht zu überhitzen. Hierbei kann die aktive Reibungskupplung sukzessive auf dem maximalen Motormoment betrieben werden, ohne dass der Fahrer Leistungseinbußen, Wegtouren der Brennkraftmaschine (Flare) oder Komforteinbußen empfindet.

Die Strategie einer Übernahme von fehlenden Kupplungsmomenten der Reibungskupplung des aktiven Teilgetriebes durch Anlegen der Reibungskupplung des anderen Teilgetriebes kann auch während Schaltungen zwischen den Teilgetrieben angewendet werden. Bei Zug-hochschaltungen kann dabei nach oder während der Drehzahlانpassung der nächst höhere Gang des inaktiven Teilgetriebes vorgewählt werden. Idealerweise ist dieser Gang während der Drehzahlانpassung bereits eingelegt, so dass das Motormoment nicht beschnitten zu werden braucht.

Bei Zugrückschaltungen ist die Vorwahl eines niedrigeren Gangs des inaktiven Teilgetriebes nicht notwendig, da dieser bevorzugt bereits eingelegt ist. Hier kann direkt ein Wegtouren der Brennkraftmaschine verhindert werden, indem die öffnende Reibungskupplung nicht voll geöffnet wird. Die Differenz zwischen Motorsollmoment und maximalem Motormoment und damit

des maximal übertragbaren Kupplungsmoments der schließenden Reibungskupplung wird durch die öffnende Reibungskupplung kompensiert.

Die Erfindung wird anhand der Diagramme der Figuren 1 bis 5 einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens näher erläutert. Hierbei zeigen:

- Figur 1 ein Diagramm zur Darstellung der Korrekturfunktion einer ersten Korrekturgröße,
- Figur 2 ein Diagramm mit einer Darstellung der Entwicklung eines maximalen Motormoments über den Betätigungsweg der Reibungskupplung,
- Figur 3 ein Diagramm einer Schaltung zwischen zwei Teilgetrieben eines Doppelkupplungsgetriebes,
- Figur 4 ein Schaltdiagramm einer Zughochschaltung zwischen zwei Teilgetrieben eines Doppelkupplungsgetriebes
- und
- Figur 5 ein Schaltdiagramm einer Zugrückschaltung zwischen zwei Teilgetrieben eines Doppelkupplungsgetriebes.

Das Diagramm der Figur 1 zeigt die Korrekturfunktion $f(KI)$ der ersten Korrekturgröße $TrqOff$ der oben aufgeführten Gleichung (1). Die einem Korrekturmoment $M(KI)$ entsprechende erste Korrekturgröße über den Betätigungsweg s beziehungsweise eines zu diesem korrelierenden Rollenwegs eines Hebelaktors zur Betätigung einer Reibungskupplung gibt bei kleinen Betätigungswegen s und damit kleinen Kupplungswegen ein hohes Korrekturmoment $M(KI)$ von beispielsweise 50 Nm vor. Ab dem Tastpunkt TP der Reibungskupplung wird dieses mit zunehmenden Betätigungswegen s vermindert und ist bei maximalem Betätigungsweg s negativ und beträgt beispielsweise -15 Nm. Dies bedeutet, dass das maximale Motormoment gegenüber einer Abschätzung des maximal über die Reibungskupplung übertragbaren Kupplungsmoments soweit verringert wird, dass die Reibungskupplung auf alle Fälle geschlossen werden kann und nicht über ein beabsichtigtes Maß schlupft. Unter „maximales Motormoment“ ist hierbei ein unterhalb des Motorsollmoments liegendes, über die Reibungskupplung mit verringerter Übertragungskapazität übertragbares Motormoment zu verstehen.

Das Diagramm der Figur 2 zeigt die Entwicklung des Motormoments $M(M)$ über den Betätigungsweg s bei unter dem Motorsollmoment von hier 220 Nm liegender maximal über die Reibungskupplung übertragbarem Kupplungsmoment $M(K,max)$, beispielsweise 170 Nm. Aufgrund der Korrekturfunktion $f(K1)$ der ersten Korrekturgröße wird das Motormoment $M(M)$ ab dem Tastpunkt TP bis zum maximalen Betätigungsweg $s(max)$ verringert und liegt beim maximalen Betätigungsweg $s(max)$ unterhalb des maximal übertragbaren Kupplungsmoments $M(K,max)$, beispielsweise bei 155 Nm, um die Reibungskupplung innerhalb der zulässigen Fehlertoleranzen sicher schließen zu können.

Das Diagramm der Figur 3 zeigt einen Schaltvorgang zwischen beiden Teilgetrieben eines Doppelkupplungsgetriebes anhand der anliegenden Momente M über die Zeit t . Hierbei ist das maximal über die Reibungskupplung übertragbare Kupplungsmoment $M(K2,max)$ des inaktiven Teilgetriebes gegenüber dem maximal über die andere Reibungskupplung übertragbaren Kupplungsmoment $M(K1,max)$ verringert. Während der Schaltung werden die beiden Reibungskupplungen überschneidend betrieben, das heißt, das Kupplungsmoment $M(K1)$ der Reibungskupplung des aktiven Teilgetriebes wird verringert, während das Kupplungsmoment $M(K2)$ der Reibungskupplung des (noch) inaktiven Teilgetriebes erhöht wird, so dass das Motormoment $M(M)$ während der Schaltung von dem aktiven Teilgetriebe auf das inaktive, dann aktivierte Teilgetriebe umgelenkt wird. Aufgrund der verringerten Übertragungskapazität der Reibungskupplung des inaktiven Teilgetriebes erfolgt während der Schaltung ein Momenteneingriff in das Motormoment $M(M)$ entsprechend Figur 2, so dass das Motorsollmoment $M(soll)$ auf das maximale Motormoment $M(max)$ unterhalb des maximal übertragbaren Kupplungsmoments $M(K2,max)$ begrenzt wird.

Das Diagramm der Figur 4 zeigt eine Zughochschaltung zwischen zwei Teilgetrieben eines Doppelkupplungsgetriebes über die Zeit t . Der obere Teil des Diagramms zeigt die Momentenverläufe über die Zeit t mit dem Motormoment $M(M)$, dem Kupplungsmoment $M(K1)$ des aktiven Teilgetriebes mit nicht beeinträchtigter Reibungskupplung mit dem maximal übertragbaren Kupplungsmoment $M(K1)$ des vor der Schaltung aktiven Teilgetriebes und dem Kupplungsmoment $M(K2)$ des inaktiven Teilgetriebes mit verringertem maximal übertragbarem Kupplungsmoment $M(K2,max)$. Der untere Teil zeigt die Drehzahlverläufe über die Zeit t mit der Drehzahl $n(M)$ des Motors, der Drehzahl $n(K1)$ der Getriebeeingangswelle des aktiven Teilgetriebes und der Drehzahl $n(K2)$ der Getriebeeingangswelle des inaktiven Teilgetriebes. Im Unterschied zu der in Figur 3 dargestellten Schaltung erfolgt abgesehen von dem Momenteneingriff während des Zeitintervalls $\Delta t(M)$ keine Verminderung des Motormoments $M(M)$. Dies bedeutet, dass bei nach der Schaltung aktivem Teilgetriebe mit der Reibungskupplung mit verringertem maximal übertragbarem Kupplungsmoment $M(K2,max)$ das dieser Reibungskupplung fehlende Differenzmoment $M(diff)$ durch Anlegen der Reibungskupplung des nach der Schaltung inaktiven Teilgetriebes bei eingelegtem nächst höherem Gang erfolgt. Auf diese Weise kann das gesamte Motorsollmoment $M(soll)$ über das Doppelkupplungsgetriebe übertragen werden. Um das Wegtounen der Drehzahl $n(M)$ der Brennkraftmaschine (Flare) im Bereich des Pfeils 1 aufgrund der verminderten Übertragungskapazität der Reibungskupplung zu vermindern, wird nach dem Einlegen des nächsten Gangs im nun inaktiven Teilgetriebe die Reibungskupplung über das Differenzmoment $M(diff)$ hinaus angelegt (Pfeil 2). Ist der einzulegende Gang bereits eingelegt, kann entsprechend Pfeil 3 das Kupplungsmoment $M(K1)$ entsprechend der gestrichelten Darstellung früher angelegt und ein Wegtounen der Drehzahl $n(M)$

der Brennkraftmaschine entsprechend der gestrichelten Darstellung im Bereich des Pfeils 4 vollständig vermieden werden.

In der der Figur 4 entsprechenden Darstellung zeigt die Figur 5 eine Zugrückschaltung zwischen zwei Teilgetrieben eines Doppelkupplungsgetriebes über die Zeit t . Hierbei wird aufgrund der Fahrsituation vor der Schaltung das Motormoment $M(M)$ sowie das Kupplungsmoment $M(K1)$ unterhalb des maximal übertragbaren Kupplungsmoments $M(K1,max)$ der nicht beeinträchtigten Reibungskupplung eingestellt. Aufgrund der Anforderung einer Zugrückschaltung ist in dem inaktiven Teilgetriebe der nächst niedrigere Gang bereits eingelegt. Bei der Zugrückschaltung wird das Motormoment $M(M)$ während der Schaltung auf das Motorsollmoment $M(soll)$ erhöht. Um ein Wegtoureieren der Drehzahl $n(M)$ der Brennkraftmaschine beim Umschalten auf das Teilgetriebe mit der Reibungskupplung mit dem Kupplungsmoment $M(K2)$ und dem verringerten maximal übertragbaren Kupplungsmoment $M(K2,max)$ während der Schaltung zu vermeiden, wird das Kupplungsmoment $M(K1)$ kurzzeitig zum Zeitpunkt $t1$ auf das maximal übertragbare Kupplungsmoment $M(K1,max)$ erhöht und anschließend auf das Differenzmoment $M(diff)$ abgesenkt, so dass über beide Teilgetriebe gesehen, das gesamte Motorsollmoment $M(soll)$ trotz der verringerten Übertragungskapazität der Reibungskupplung mit verringertem maximal übertragbarem Kupplungsmoment $M(K2,max)$ bei mit dem Differenzmoment $M(diff)$ angelegter Reibungskupplung des nun inaktiven Teilgetriebes mit dem höheren Gang übertragen werden kann.

Bezugszeichenliste

$f(KI)$	Korrekturfunktion
M	Moment
$M(diff)$	Differenzmoment
$M(K)$	Kupplungsmoment
$M(K1)$	Kupplungsmoment
$M(K2)$	Kupplungsmoment
$M(KI)$	Korrekturmoment
$M(K,max)$	maximales über die Reibungskupplung übertragbares Kupplungsmoment
$M(K1,max)$	maximales über die Reibungskupplung übertragbares Kupplungsmoment
$M(K2,max)$	maximales über die Reibungskupplung übertragbares Kupplungsmoment
$M(M)$	Motormoment
$M(max)$	maximales Motormoment
$M(soll)$	Motorsollmoment
$n(M)$	Drehzahl Brennkraftmaschine
$n(K1)$	Drehzahl Getriebeeingangswelle Teilgetriebe
$n(K2)$	Drehzahl Getriebeeingangswelle Teilgetriebe
s	Betätigungsweg
$s(max)$	maximaler Betätigungsweg
TP	Tastpunkt
t	Zeit
$t1$	Zeitpunkt
$\Delta t(M)$	Zeitintervall
1	Pfeil
2	Pfeil
3	Pfeil
4	Pfeil

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Antriebsstrangs mit einer abhängig von einer Lastanforderung auf ein Motorsollmoment ($M(\text{soll})$) gesteuerten Brennkraftmaschine und einem Doppelkupplungsgetriebe mit zwei Teilgetrieben mit jeweils einer zwischen der Brennkraftmaschine und einem Teilgetriebe wirksam angeordneten Reibungskupplung mit einem sich ändernden, maximal übertragbaren Kupplungsmoment ($M(K, \text{max})$, $M(K1, \text{max})$, $M(K2, \text{max})$), wobei ein vorgegebenes Kupplungsmoment ($M(K)$, $M(K1)$, $M(K2)$) mittels eines Kupplungsaktors entlang eines Betätigungswegs (s) eingestellt wird, eine Kupplungskennlinie des übertragbaren Kupplungsmoments ($M(K)$, $M(K1)$, $M(K2)$) über den Betätigungsweg (s) laufend adaptiert wird und ein gegenüber dem Motorsollmoment ($M(\text{soll})$) verringertes maximales Motormoment ($M(\text{max})$) für ein Teilgetriebe zumindest auf das maximal über die Reibungskupplung dieses Teilgetriebes übertragbare Kupplungsmoment ($M(K, \text{max})$, $M(K2, \text{max})$) begrenzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass das maximale Motormoment ($M(\text{max})$) anhand des adaptierten, maximal über diese Reibungskupplung übertragbaren Kupplungsmoments ($M(K, \text{max})$, $M(K2, \text{max})$), einer ersten, vom Betätigungsweg abhängigen Korrekturgröße und einer zweiten Korrekturgröße abhängig vom dynamischen Verhalten der Brennkraftmaschine ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Korrekturgröße mittels einer Korrekturfunktion ($f(K1)$) das maximale Motormoment ($M(\text{max})$) bei kleinen Betätigungswegen (s) um einen vorgegebenen Wert über das maximal übertragbare Kupplungsmoment ($M(K, \text{max})$, $M(K2, \text{max})$) vergrößert und mit zunehmendem Betätigungsweg (s) diesen Wert verringert.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert bei maximalem Betätigungsweg negativ ist.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei beiden Teilgetrieben die Werte der Korrekturfunktion aus dem Minimum der Werte der Korrekturfunktionen der beiden einzelnen Teilgetriebe gesetzt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Korrekturgröße das maximale Motormoment ($M(\max)$) abhängig von einem Trägheitsmoment der Brennkraftmaschine, einer Fahrzeugbeschleunigung und einer Übersetzung eines in dem Teilgetriebe eingelegten Gangs vergrößert.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Größen des Trägheitsmoments, der Fahrzeugbeschleunigung und der Übersetzung miteinander multiplikativ verbunden sind.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Korrekturgröße auf einen vorgegebenen Anteil des maximalen Motormoments ($M(\max)$) normiert ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei über ein erstes Teilgetriebe auf das maximale Motormoment ($M(\max)$) begrenztem Motorsollmoment ($M(\text{soll})$) ein Differenzmoment ($M(\text{diff})$) zwischen Motorsollmoment ($M(\text{soll})$) und maximalem Motormoment ($M(\max)$) durch Einlegen eines gegenüber dem im ersten Teilgetriebe eingelegten Gang höheren Gangs und schlupfend betriebener Reibungskupplung über das zweite Teilgetriebe übertragen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Momentenübertragung über das zweite Teilgetriebe auf einen vorgegebenen Energieeintrag in die Reibungskupplung des zweiten Teilgetriebes begrenzt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass während Schaltungen zwischen den Teilgetrieben mit einer Reibungskupplung mit vermindertem maximal übertragbarem Kupplungsmoment ($M(K2, \max)$) das zwischen Motorsollmoment ($M(\text{soll})$) und maximalem Motormoment ($M(\max)$) vorhandene Differenzmoment ($M(\text{diff})$) durch verfrühtes Schließen oder verzögertes Öffnen der anderen Reibungskupplung über deren Teilgetriebe bei eingelegtem Gang übertragen wird.

1/3

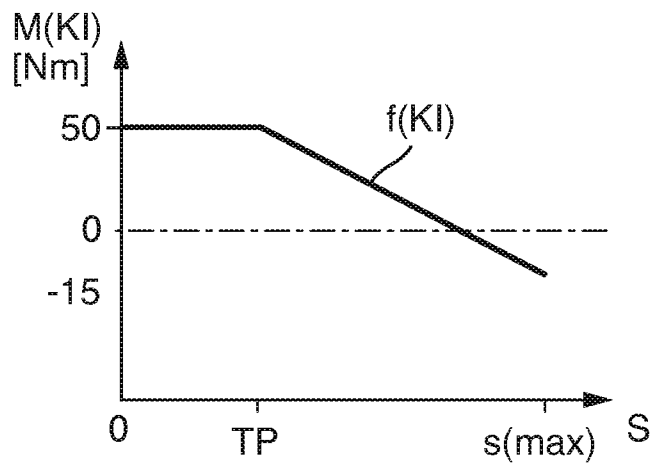


Fig. 1

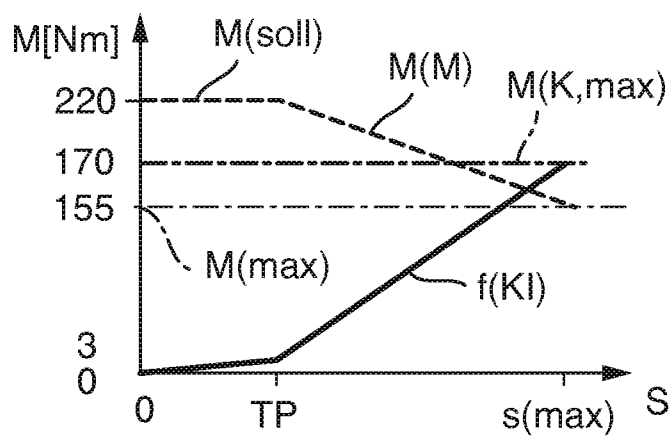


Fig. 2

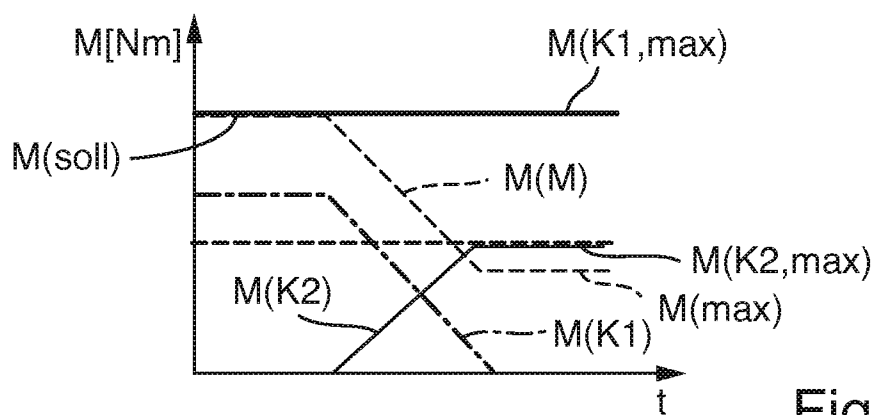


Fig. 3

2/3

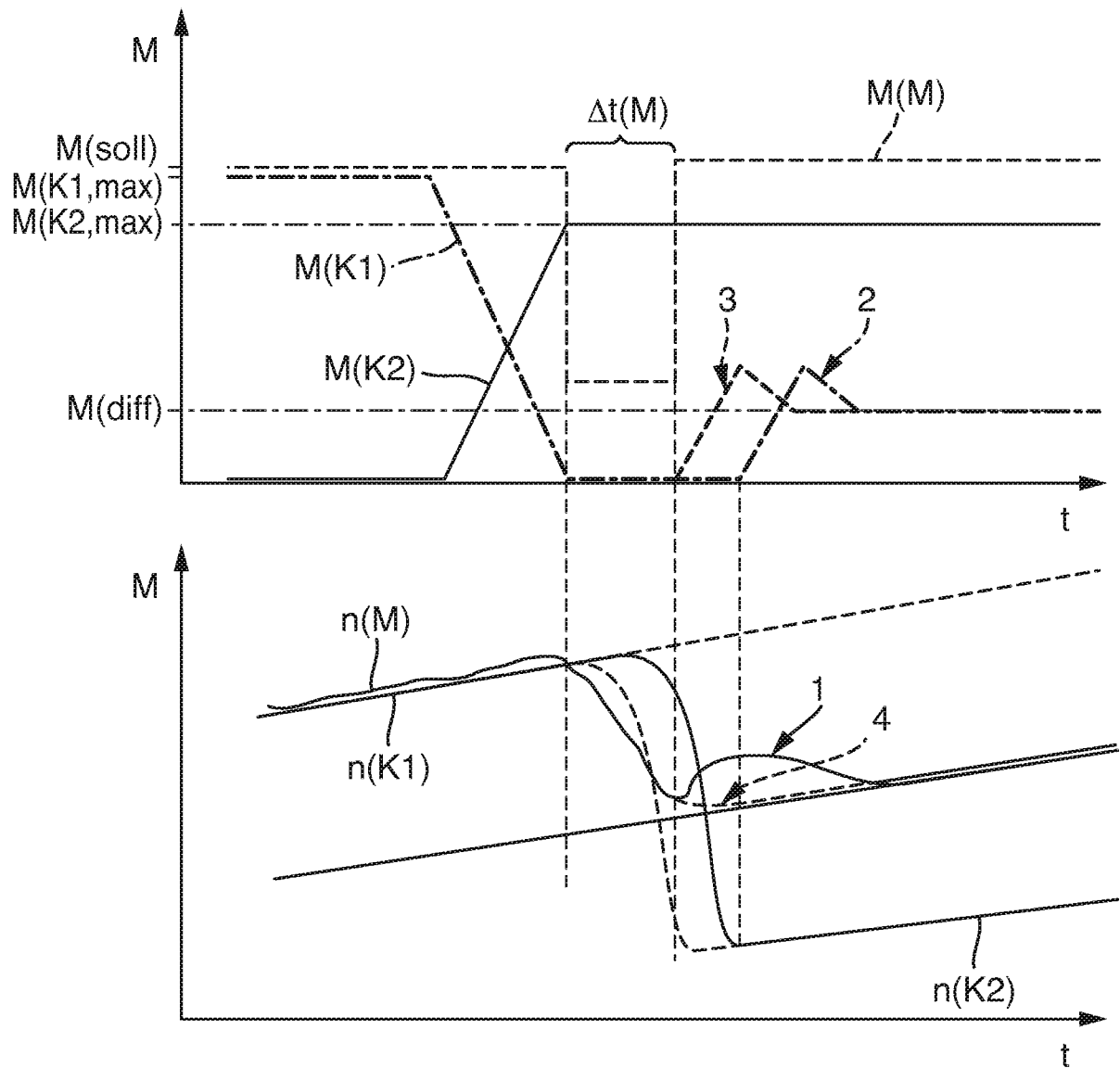


Fig. 4

3/3

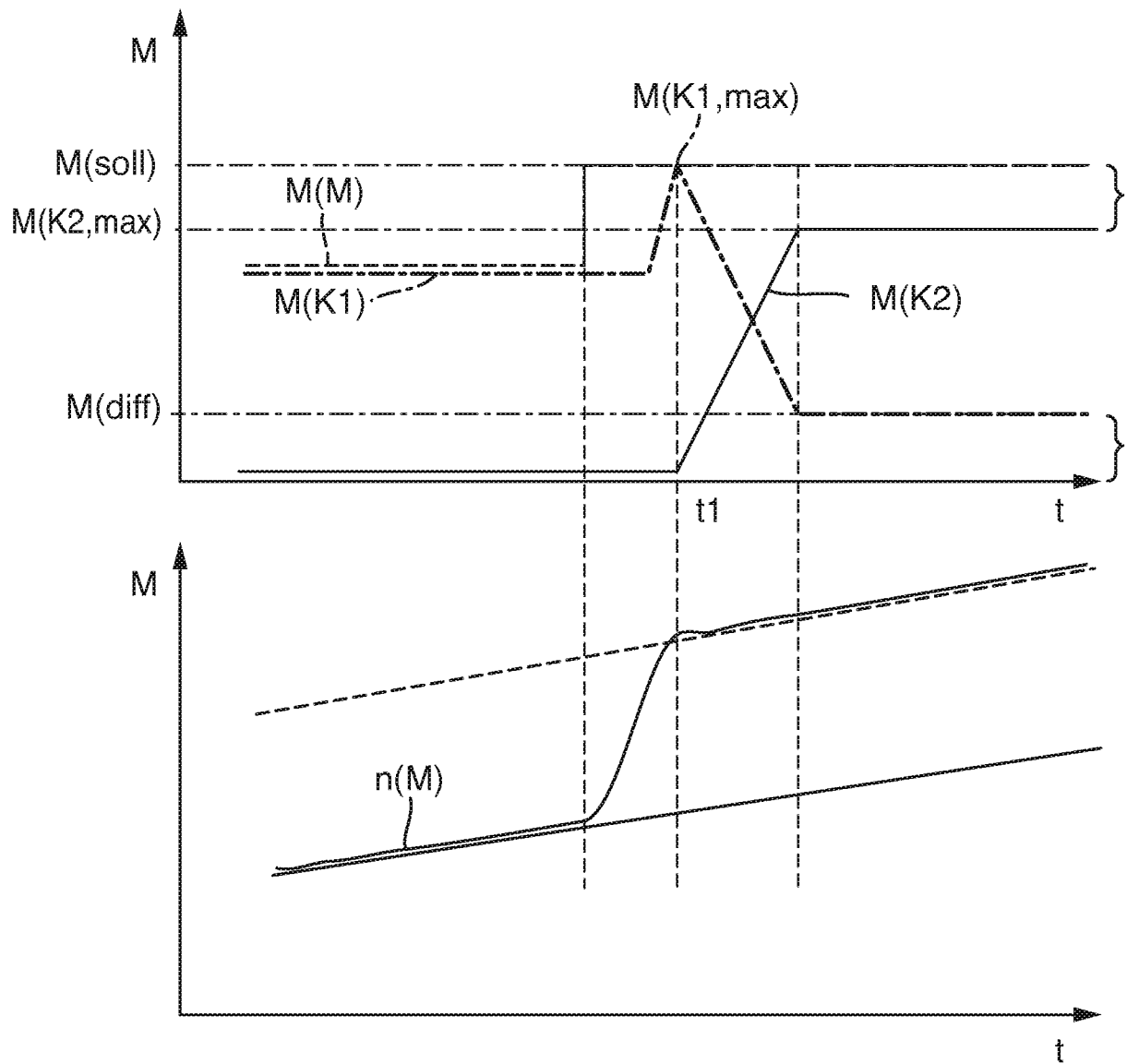


Fig. 5