



(10) DE 10 2021 111 908 B3 2022.09.01

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2021 111 908.1

(51) Int Cl.: **B60W 30/18 (2012.01)**

(22) Anmelddatum: 07.05.2021

B60W 10/08 (2006.01)

(43) Offenlegungstag: –

B60W 10/11 (2012.01)

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 01.09.2022

B60L 15/20 (2006.01)

F16H 61/08 (2006.01)

B60W 30/19 (2012.01)

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).

(62) Teilung in:
10 2021 006 520.4

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2015 118 507	B4
DE	101 19 724	A1
DE	198 39 315	A1
DE	10 2008 009 201	A1
DE	10 2010 031 815	A1
DE	601 04 247	T2
US	2019 / 0 160 964	A1

(73) Patentinhaber:

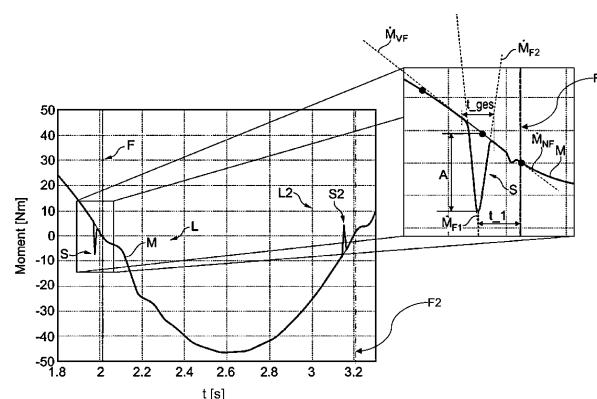
**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft,
80809 München, DE**

(72) Erfinder:

Schroeder, Norbert, 81475 München, DE

(54) Bezeichnung: **Geräuschminderung bei einem Getriebe eines elektrischen Fahrzeugantriebs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern einer elektrischen Antriebsmaschine eines Kraftfahrzeugs, deren Rotorwelle mittels eines Zahnradgetriebes mit einer Abtriebswelle des Kraftfahrzeugs verbunden ist, wobei bei einem Lastwechsel der Antriebsmaschine vor einem Flankenwechsel des Zahnradgetriebes ein Drehmomentstoß der Antriebsmaschine zur Anpassung der Drehbewegung der Zahnräder des Zahnradgetriebes vorgesehen ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie ein Mittel zum Steuern einer elektrischen Antriebsmaschine eines Kraftfahrzeugs, deren Rotorwelle mittels eines Zahnradgetriebes mit einer Abtriebswelle des Kraftfahrzeugs verbunden ist.

[0002] Für direkt - oft als Untersetzungsstufe - an die elektrische Antriebsmaschine gekoppelte Zahnradgetriebe ist bekannt, dass beim Lastwechsel häufig ein klackendes Geräusch auftritt. Beispielsweise im Rangierbetrieb oder beim Zug-/ Schub-Wechsel kommt es beim Momenten-Nulldurchgang der Antriebsmaschine zu diesen störenden Körperschall-Impulsen.

[0003] In bekannten Verfahren wird versucht, diese Impulse durch Momenteneingriffe, möglichst ohne Beeinflussung der Fahrbarkeit, bestenfalls ohne Wahrnehmung durch die Fahrzeuginsassen, abzumildern. Diese Momenteneingriffe werden zum Zeitpunkt des Flankenwechsels und unmittelbar davor eingebracht und sind so parametriert, dass sie den Momentengradienten verringern.

[0004] Allerdings hat das nur einen geringen Einfluss auf die Ursache, also die Anregung, des Geräusches - zumal die Anwendungszeit des Eingriffs strikt begrenzt ist, wenn eine Wahrnehmung des Eingriffs durch den Fahrer vermieden werden soll. Die bekannten Verfahren erfordern daher zusätzlich massive Sekundärmaßnahmen am Unterbodenschutz, durch Schaumteile oder weitere Kapselmaßnahmen.

[0005] Aus der DE 10 2015 118 507 B4 ist ein Verfahren zum Übertragen eines Drehmomentes über einen Antriebsstrang eines Fahrzeugs bekannt, wobei bei einer Umkehr einer Übertragungsrichtung eines Drehmomentes zwischen einem Antriebselement und einem Abtriebselement ausgehend von einer relativen Startposition eine Änderung einer relativen Position des Antriebselementes und des Abtriebselementes mithilfe eines Steuermomentes gesteuert wird, bis die Wirkverbindung zwischen dem Antriebselement und dem Abtriebselement bei einer relativen Endposition wieder hergestellt ist.

[0006] Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der Erfindung, die Steuerung einer elektrischen Antriebsmaschine eines Kraftfahrzeugs, deren Rotorwelle mittels eines Zahnradgetriebes mit einer Abtriebswelle des Kraftfahrzeugs verbunden ist, zu verbessern.

[0007] Jeder der unabhängigen Ansprüche bestimmt mit seinen Merkmalen einen Gegenstand, der diese Aufgabe löst. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

[0008] Gemäß einem Aspekt wird offenbart ein Verfahren zum Steuern einer elektrischen Antriebsmaschine eines Kraftfahrzeugs, wobei die Rotorwelle oder eine damit zur Drehmomentübertragung verbundene Motorausgangswelle der Antriebsmaschine mittels eines Zahnradgetriebes mit einer Abtriebswelle des Kraftfahrzeugs verbunden ist. Die Rotorwelle bzw. die Motorausgangswelle ist normalerweise mit einem veränderlichen Motorausgangsdrehmoment beaufschlagt, das beschleunigend, bremsend oder in einem Leerlaufbetrieb gar nicht auf eine Veränderung der Drehbewegung einwirkt. Normalerweise ist die Abtriebswelle unmittelbar oder mittelbar mit den Antriebsräder des Kraftfahrzeugs verbunden und daher aus dem Fahrbetrieb mit einem veränderlichen Fahr-Drehmoment beaufschlagt.

[0009] Bei einem Lastwechsel der Antriebsmaschine ist zeitlich vor einem Flankenwechsel des Zahnradgetriebes ein Drehmomentstoß der Antriebsmaschine zur Anpassung (insbesondere Verzögerung oder Beschleunigung) der, insbesondere gemeinsamen, Drehbewegung der Zahnräder des Zahnradgetriebes vorgesehen. Das heißt gemäß einer Ausführung, dass der Drehmomentstoß vor dem Flankenwechsel angesteuert und/oder vollendet wird.

[0010] Der Drehmomentstoß ist vorliegend insbesondere zu verstehen als ausgehend von einem an sich, insbesondere vor, bei und nach dem Lastwechsel, vorgesehenen Ausgangs-Drehmomentverlauf über die Zeit.

[0011] D.h. insbesondere, dass der Drehmomentstoß - also ein Drehmomenteingriff im Sinne einer Abweichung von dem an sich zum Lastwechsel vorgesehenen Drehmomentenverlauf der Antriebsmaschine - so gewählt ist, dass die Umfangsgeschwindigkeit der beiden miteinander kämmenden Zahnräder angepasst wird und/oder eine Relativ-Umfangsgeschwindigkeit der beiden miteinander kämmenden Zahnräder reduziert wird.

[0012] Welche Anpassung der Drehgeschwindigkeit vorgenommen wird, hängt insbesondere von der Art des Lastwechsels ab: bei einem Lastwechsel auf die Schubflanke hin ist ein verzögernder Drehmomentstoß vorgesehen, bei einem Lastwechsel auf die Zugflanke hin ein beschleunigender Drehmomentstoß.

[0013] Damit kann erreicht werden, dass die nach dem Flankenwechsel aufgrund des Spiels der Verzahnung aufeinandertreffenden Flanken der beiden Zahnräder bei einer geringeren Relativgeschwindigkeit kollidieren. Trotz der beim Flankenwechsel hinzukommenden Relativgeschwindigkeit der aneinander prallenden Flanken aufgrund des Spiels ist

wegen der dann geringeren/höheren absoluten Umfangsgeschwindigkeit die Wucht beim Anprallen geringer und ein dadurch ein entstehendes Geräusch leiser. Eine schlechte Qualitätsanmutung des Getriebes wegen eines lauten Geräusches (häufig als „Klacken“ wahrgenommen) kann dadurch vermieden werden.

[0014] Unter einem Lastwechsel ist vorliegend im engeren Sinne insbesondere ein Nulldurchgang des Ausgangs-Drehmoments der Antriebsmaschine zu verstehen, der insbesondere aus dem Fahrbetrieb heraus erfolgt, beispielsweise bei einem Wechsel zwischen einem Vorwärts- und einem Rückwärtsgang bzw. andersherum oder bei einem Wechseln von einem Beschleunigen hin zu einem Bremsen bzw. andersherum. Im weiteren Sinne ist hier aber auch der gesamte Ablauf vom Erkennen eines Lastwechselwunschs oder einer Lastwechselsituation bis zum abgeschlossenen Flankenwechsel gemeint. Abstrakt betrachtet gibt es im vorliegenden Sinne zwei Arten eines Lastwechsels: einen Lastwechsel hin auf die Zugflanke, und einen Lastwechsel hin auf die Schubflanke.

[0015] Unter einem Flankenwechsel zweier miteinander kämmender Zahnräder ist vorliegend insbesondere ein Übergang eines Anlagekontakte zwischen den Zahnrädern von einer Flanke eines zunächst kämmenden Zahns auf die Flanke des nachfolgend kämmenden Zahns eines der Zahnräder zu verstehen. Dieser Flankenwechsel ist in der Regel mit einem Spiel behaftet, sodass bei einer Drehmomentänderung an einer der Zahnraddräderwellen auch mit einer Evolventenverzahnung ein hörbarer Anprall bei der Ausbildung des neuen Flankenkontakte auftreten kann, der bei unterschiedlichen anliegenden Drehmomenten aus einer zusätzlichen Relativgeschwindigkeit beim Durchlaufen des Spiels entsteht. Ein solcher Anprall ist insbesondere bei vergleichsweise niedrigen Drehgeschwindigkeiten (des Antriebs und damit der Wellen und der Zahnräder) wahrnehmbar.

[0016] Unter einer gemeinsamen Drehbewegung zweier in Eingriff befindlicher Zahnräder ist vorliegend insbesondere diejenige Drehbewegung zu verstehen, die die beiden Zahnräder abhängig voneinander, das heißt anliegend aneinander, durchlaufen, insbesondere wenn gerade kein Flankenwechsel stattfindet. Während einer solchen, abhängigen Bewegung kann der Drehmomentstoß die Drehbewegung beider Zahnräder (und damit auch der Wellen) anpassen, ohne eine Relativbewegung der beiden Zahnräder zueinander zu bedingen.

[0017] Gemäß einem weiteren Aspekt wird offenbart eine Vorrichtung zum Steuern einer elektrischen Antriebsmaschine eines Kraftfahrzeugs, deren Rotorwelle mittels eines Zahnradgetriebes mit einer

Abtriebswelle des Kraftfahrzeugs verbunden und dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einer Ausführung der Erfindung auszuführen.

[0018] Die Erfindung basiert unter anderem auf der Idee, vor dem Flankenwechsel einen, insbesondere gestaltbaren, Drehmomentverlauf im Sinne eines Drehmomentstoßes zum Bremsen oder Beschleunigen des Rotors der elektrischen Antriebsmaschine in den Momentenverlauf als Abweichung einzubringen. Dieser ist insbesondere applizierbar in seiner Höhe, seiner Dauer und/oder seinem zeitlichen Abstand zum (vor dem) Flankenwechsel, und kann beispielsweise ausgelöst werden durch einen Momentenschwellwert und/oder -gradient. Der Drehmomentstoß reduziert die Aufprallgeschwindigkeit der Getriebewellen beim Flankenwechsel infolge eines Lastenwechsels. Die verringerte Anprall-Geschwindigkeit sorgt für einen deutlich kleineren Körperschallimpuls und damit für ein geringeres Störgeräusch.

[0019] Der Drehmomentstoß weist, insbesondere betrachtet mit dem unmittelbar zuvor und anschließend benachbarten Ausgangs-Drehmomentverlauf der Antriebsmaschine, einen Drehmomentgradientenverlauf mit wenigstens zwei Vorzeichenwechseln, insbesondere zwischen einem Stoßbeginn und einem Stoßende, auf.

[0020] Damit ist in kurzer, im Optimalfall für den Fahrer oder andere Insassen oder Umstehende nicht wahrnehmbarer, Zeit ein verhältnismäßig starker Eingriff in den Ausgangs-Drehmomentverlauf der Antriebsmaschine möglich.

[0021] Gemäß einer Ausführung wird bei einem Lastwechsel auf die Schubflanke hin ein verzögerner Drehmomentstoß, und/oder bei einem Lastwechsel auf die Zugflanke hin ein beschleunigender Drehmomentstoß aufgebracht.

[0022] Dadurch kann eine Geräuschrückbildung in beiden möglichen Lastwechselarten erreicht werden.

[0023] Gemäß einer Ausführung ist der Drehmomentstoß vor einem Beginn des Flankenwechsels abgeschlossen, insbesondere vor einem Beenden des Wälzkontakte an der „alten“ Flanke und damit einem Eintritt in eine Spielphase, in welcher die Bewegung der beiden Zahnräder nicht voneinander abhängig ist.

[0024] Dadurch kann der Effekt der Drehmomentstoßes exakt vorhergesagt werden, weil der Eingriff nicht in der Spielphase stattfindet; eine Dosierung des benötigten Drehmomentstoßes ist möglich.

[0025] Gemäß einer Ausführung wird der Drehmomentstoß durch eine Stoßstärke bestimmt, insbeson-

dere also eine Abweichung des Stoß-Drehmoments von einem regulären Lastwechseldrehmoment für den vorliegenden Betriebsfall. Insbesondere beträgt die Stoßstärke, d.h. eine Amplitude des Stoßes, zwischen 3 und 15 Nm, insbesondere zwischen 5 und 10 Nm.

[0026] Drehmomentstöße dieser Stoßstärke werden typischerweise im Fahrbetrieb nicht als unerwünschte Abweichung von einem erwünschten Fahrverhalten des Kraftfahrzeugs wahrgenommen.

[0027] Gemäß einer Ausführung wird der Drehmomentstoß durch eine Stoßdauer bestimmt, insbesondere also eine Zeitdauer von der ersten bis zur letzten Abweichung des Stoß-Drehmoments von einem regulären Lastwechseldrehmoment für den vorliegenden Betriebsfall. Insbesondere beträgt die Stoßdauer höchstens 50 Millisekunden, insbesondere höchstens 40 oder 30 oder 20 Millisekunden.

[0028] Drehmomentstöße mit höchstens einer solchen Dauer werden typischerweise im Fahrbetrieb nicht als unerwünschte Abweichung von einem erwünschten Fahrverhalten des Kraftfahrzeugs wahrgenommen.

[0029] Gemäß einer Ausführung wird der Drehmomentstoß durch einen Stoßabstand von dem Flankenwechsel, insbesondere von dem Nulldurchgang des Lastwechsels, bestimmt, insbesondere also eine Zeitdauer von der ersten bis zur letzten Abweichung des Stoß-Drehmoments von einem regulären Lastwechseldrehmoment für den vorliegenden Betriebsfall.

[0030] Durch die Bestimmung des Abstands des Stoßes von dem Flankenwechsel können dynamische Auswirkungen des Stoßes, beispielsweise in Form eines Nachschwingens, derart berücksichtigt werden, dass zum Zeitpunkt des Flankenwechsels eine optimale Wirkung des Stoßes eintritt.

[0031] Gemäß einer Ausführung wird ein Stoßverlauf, insbesondere hinsichtlich Stoßstärke und Stoßdauer zwischen einem Stoßbeginn und einem Stoßende, durch eine Abweichungsfunktion, beispielsweise eine Sinus-, ein Cosinus- oder eine Polynom-Funktion, vorgegeben und/oder die/eine Abweichungsfunktion für die Stoßdauer zwischen dem Stoßbeginn und dem Stoßende ersetzt oder überlagert die Drehmomentvorgabe für den an sich für den Lastwechsel vorgesehenen Ausgangs-Drehmomentverlauf der Antriebsmaschine.

[0032] Die Abweichung des Stoß-Drehmoments von dem Standard- Ausgangs-Drehmomentverlauf der Antriebsmaschine integriert über die Stoßdauer ist repräsentativ für die Bremswirkung auf die Getriebewellen und damit die in Eingriff befindlichen Zah-

räder. Insbesondere kann über das Zusammenspiel von Stoßstärke und -dauer eine gewünschte Bremswirkung eingestellt werden.

[0033] Gemäß einer Ausführung ist die Erfindung anwendbar auf die Schubflanke ebenso wie auf die Zugflanke des Zahnradgetriebes.

[0034] Weitere Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung im Zusammenhang mit den Figuren.

Fig. 1 veranschaulicht einen Drehmomenteingriff nach einem bekannten Verfahren zur Geräuschminderung bei einem Lastwechsel.

Fig. 2 veranschaulicht einen Drehmomentstoß gemäß einer beispielhaften Ausführung der Erfindung.

Fig. 3 veranschaulicht eine Bestimmung von Parametern des Drehmomentstoßes aus **Fig. 2**.

Fig. 4 zeigt stark vereinfacht den Fahrzeugantrieb, mit welchem das zu den **Fig. 2** und **Fig. 3** beschriebene beispielhafte Verfahren wird.

[0035] **Fig. 4** zeigt einen elektrischen Fahrzeugantrieb 1 mit einer elektrischen Antriebsmaschine EM eines Kraftfahrzeugs, deren Rotorwelle 2 mittels eines Zahnradgetriebes 3 mit einer Abtriebswelle 6 des Kraftfahrzeugs und zwei mittelbar daran drehenden Rädern 8 verbunden ist.

[0036] Das Zahnradgetriebe 3 weist eine Untersetzungs-Zahnradstufe mit Zahnrädern 4 und 5 auf, die miteinander in Eingriff stehen und daher - abgesehen von einem nicht dargestellten Spiel der Verzahnung - abhängig voneinander eine gemeinsame Drehbewegung D ausführen können, entsprechend der Vorgabe der Antriebsmaschine EM.

[0037] Die Vorgabe der Drehbewegung D, auch entsprechend des Ausführungsbeispiels der **Fig. 2** und **Fig. 3**, erfolgt durch eine Steuervorrichtung SM der elektrischen Antriebsmaschine EM. Auch ein bekanntes Verfahren wie zu **Fig. 1** beschrieben, kann mit den Hardwarekomponenten des Fahrzeugantriebs 1 durchgeführt werden.

[0038] **Fig. 1** zeigt anhand eines Diagramms ein bekanntes Verfahren zum Steuern eines elektrischen Fahrzeugantriebs mit der Hardware aus **Fig. 4** (jedoch mit einem bekannten Steuermittel), bei einem Lastwechsel der Antriebsmaschine.

[0039] Der Drehmomententwicklung M^* des Motorausgangsmoments ist zu entnehmen, dass im Bereich eines Flankenwechsels F^* ein Drehmomentgradient \dot{M}_F^* mit einem niedrigeren Absolutwert aus-

geprägt ist als zuvor (\dot{M}_{VF}^*) und anschließend (\dot{M}_{NF}^*).

[0040] Entsprechend erfolgt die Entwicklung der (Ausgangs-)Drehzahl n der elektrischen Antriebsmaschine.

[0041] Zudem ist noch die Körperschallbeschleunigung K in dem Diagramm eingetragen. Diese Angabe dient hier als Indikator für ein Störgeräusch: Je höher die Körperschallbeschleunigung K , desto lauter ist das Störgeräusch zu erwarten.

[0042] Dem Diagramm ist zu entnehmen, dass bei dieser bekannten Lösung jedes Mal beim Nulldurchgang des Motorausgangsmoments M^* eine hohe Spitze der Körperschallbeschleunigung K und damit ein unerwünschtes Geräusch im Getriebe auftritt - trotz der bekannten Gegenmaßnahme, den Absolutwert des Momentengradienten \dot{M}_F^* während des Flankenwechsels zu senken. Zusätzlich ist daher bei diesem bekannten Verfahren zusätzlich eine aufwändige und teuer Geräuschkämmung erforderlich.

[0043] In den **Fig. 2** und **Fig. 3** ist hingegen ein Verfahren zum Steuern der elektrischen Antriebsmaschine EM in dem Fahrzeugantrieb 2 aus **Fig. 4** beschrieben:

Bei einem Lastwechsel L der Antriebsmaschine EM wird vor einem Flankenwechsel F des Zahnrädergetriebes 3 ein Drehmomentstoß S der Antriebsmaschine zur Anpassung der gemeinsamen Drehbewegung D der Zahnräder 4, 5 angesteuert.

[0044] Damit kollidieren die nach dem Flankenwechsel aufgrund des Spiels der Verzahnung aufeinander treffenden Flanken der beiden Zahnräder 4, 5 bei einer geringeren Relativgeschwindigkeit. Eine schlechte Qualitätsanmutung des Getriebes wegen eines lauten Geräusches kann dadurch vermieden werden.

[0045] Der Drehmomentstoß S weist im Ausführungsbeispiel einen Drehmomentgradientenverlauf $\dot{M}_{VF}, \dot{M}_{F1}, \dot{M}_{F2}, \dot{M}_{NF}$ mit wenigstens zwei Vorzeichenwechseln auf, hier von \dot{M}_{F1} auf \dot{M}_{F2} und von \dot{M}_{F2} auf \dot{M}_{NF} . Damit ist in kurzer, nicht wahrnehmbarer, Zeit t_{ges} ein verhältnismäßig starker Eingriff in den Ausgangs-Drehmomentverlauf M der Antriebsmaschine EM möglich.

[0046] Bei einem Lastwechsel L auf die Schubflanke hin wird ein verzögernder Drehmomentstoß S, bei einem Lastwechsel L2 auf die Zugflanke hin ein beschleunigender Drehmomentstoß S2 aufgebracht.

Dadurch kann eine Geräuschrückbildung in beiden möglichen Lastwechselarten erreicht werden.

[0047] Im Ausführungsbeispiel ist der Drehmomentstoß L vor einem Beginn des Flankenwechsels F abgeschlossen. Dadurch kann der Effekt der Drehmomentstoßes L exakt vorhergesagt werden, weil der Eingriff nicht in der Spielphase stattfindet; eine Dosierung des benötigten Drehmomentenstoßes S ist möglich.

[0048] Dabei wird der Drehmomentstoß S durch seine Stoßstärke A bestimmt, also eine Abweichung des Stoß-Drehmoments von einem regulären Lastwechseldrehmoment M zum Flankenwechsel für den vorliegenden Betriebsfall, insbesondere zu einem Zeitpunkt $t_{Amax} = t_F - t_1$. Die Stoßstärke A beträgt zwischen hier etwa 10 Nm, was typischerweise im Fahrbetrieb nicht als Beeinflussung des Fahrverhaltens wahrgenommen wird.

[0049] Ferner wird der Drehmomentstoß S durch seine Stoßdauer t_{ges} bestimmt. Die Stoßdauer t_{ges} beträgt im Ausführungsbeispiel höchstens 40 Millisekunden, um nicht in den relevanten Fahrsituationen, insbesondere nicht beim Rangieren oder Parkieren, wahrgenommen zu werden.

[0050] Ferner wird der Drehmomentstoß s durch einen Stoßabstand t_1 von dem Flankenwechsel F bestimmt. Dadurch können dynamische Auswirkungen des Stoßes, beispielsweise in Form eines Nachschwingens, derart berücksichtigt werden, dass zum Zeitpunkt des Flankenwechsels eine optimale Wirkung des Stoßes eintritt.

[0051] Bei dem Fahrzeugantrieb 1 des Ausführungsbeispiels sind in einem Speicher der Steuervorrichtung SM Tabellenwerke hinterlegt, die für die erwartbaren Betriebszustände des Fahrzeugs bzw. des Antriebs 1 eine Bestimmung des anzusteuernden Drehmomentstoßes S ermöglichen. Die Tabellenwerke sind aus Versuchen und/oder Simulationsläufen bedatet und enthalten für jeden vorgesehenen Betriebszustand zu verwendende Werte für die Stoßstärke A, die Stoßdauer t_{ges} und den Stoßabstand t_1 .

[0052] Die **Fig. 3** zeigt für einen beispielhaften Betriebszustand in zwei Diagrammen (Stoßstärke gegen Stoßabstand bzw. Stoßdauer aufgetragen) das Ergebnis der Versuche/Simulationen zur Bedeutung der Tabellenwerke: in jedem der Diagramme ist zur Veranschaulichung ein Datenpunkt 11, 12 zur Bestimmung des Drehmomentstoßes eingetragen, an welchem die verbleibende Körperschallbeschleunigung K und damit das zu erwartende Störgeräusch minimal ist.

[0053] Aus der Kombination der beiden eingezeichneten Datenpunkte 11, 12 kann das Tabellenwerk so gefüllt werden, dass für den gezeigten Betriebszustand der Drehmomentstoß anhand der Parameter Stoßstärke A, Stoßdauer t_ges und Stoßabstand t_1 bestimmt und kann im Betrieb bei einem Auftreten eines Lastwechsels bei dem gezeigten Betriebszustand angesteuert werden.

Bezugszeichenliste

2	Rotorwelle
3	Zahnradgetriebe
4,5	Zahnräder
6	Abtriebswelle
A	Stoßstärke
D	Drehbewegung
EM	elektrische Antriebsmaschine
F	Flankenwechsel
K	Körperschall
L	Lastwechsel
M	Entwicklung des Motorausgangsmoments
\dot{M}	Drehmomentengradient
n	Entwicklung der Drehzahl
S, S2	Drehmomentstoß
SM	Steuervorrichtung (Steuermittel)
t_ges	Stoßdauer
t_1	Stoßabstand von dem Flankenwechsel

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer elektrischen Antriebsmaschine (EM) eines Kraftfahrzeugs, deren Rotorwelle (2) mittels eines Zahnradgetriebes (3) mit einer Abtriebswelle (6) des Kraftfahrzeugs verbunden ist, wobei bei einem Lastwechsel (L) der Antriebsmaschine vor einem Flankenwechsel (F) des Zahnradgetriebes ein Drehmomentstoß (S, S2) der Antriebsmaschine zur Anpassung der, insbesondere gemeinsamen, Drehbewegung (D) der Zahnräder (4, 5) des Zahnradgetriebes vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehmomentstoß einen Drehmomentgradientenverlauf ($(\dot{M}_{VF}, \dot{M}_{F1}, \dot{M}_{F2}, \dot{M}_{NF})$) mit wenigstens zwei Vorzeichenwechseln aufweist.

2. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einem Lastwechsel auf die Schubflanke hin ist ein verzögernder Drehmomentstoß (S), und/oder bei

einem Lastwechsel auf die Zugflanke hin ein beschleunigender Drehmomentstoß (S2) aufgebracht wird.

3. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehmomentstoß vor einem Beginn des Flankenwechsels abgeschlossen ist.

4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehmomentstoß durch eine Stoßstärke (A) bestimmt wird.

5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehmomentstoß durch eine Stoßdauer (t_ges) bestimmt wird.

6. Verfahren gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stoßdauer höchstens 50 Millisekunden, insbesondere höchstens 40 oder 30 oder 20 Millisekunden, beträgt.

7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehmomentstoß durch einen Stoßabstand (t_1) von dem Flankenwechsel bestimmt wird.

8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Stoßverlauf durch eine Abweichungsfunktion vorgegeben wird und/oder die/eine Abweichungsfunktion für die Stoßdauer (t_ges) den an sich für den Lastwechsel vorgesehenen Ausgangs-Drehmomentverlauf der Antriebsmaschine ersetzt oder überlagert.

9. Vorrichtung (SM) zum Steuern einer elektrischen Antriebsmaschine (EM) eines Kraftfahrzeugs, deren Rotorwelle (2) mittels eines Zahnradgetriebes (3) mit einer Abtriebswelle (6) des Kraftfahrzeugs verbunden ist, dazu eingerichtet, ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche auszuführen.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

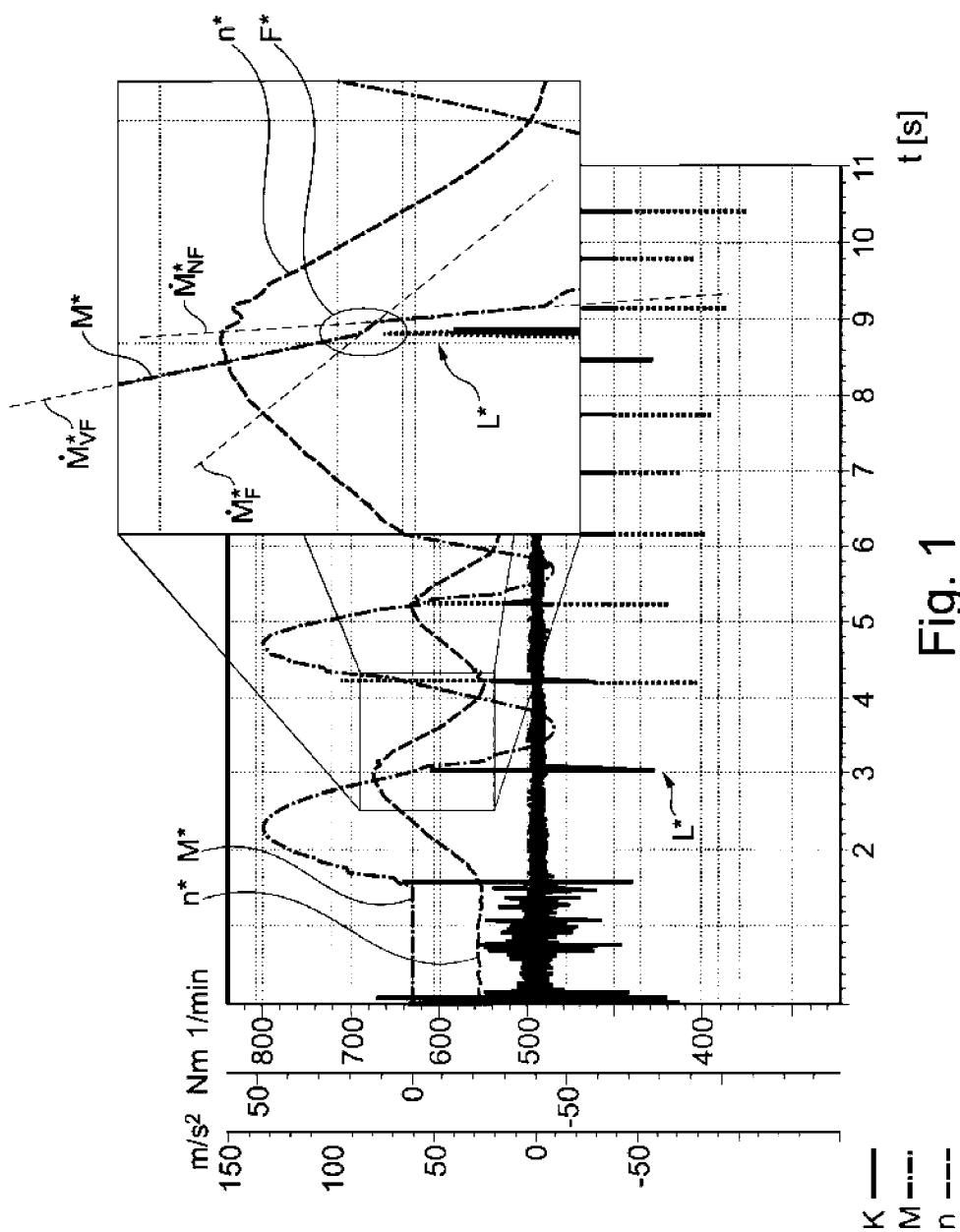


Fig. 1
STAND DER TECHNIK

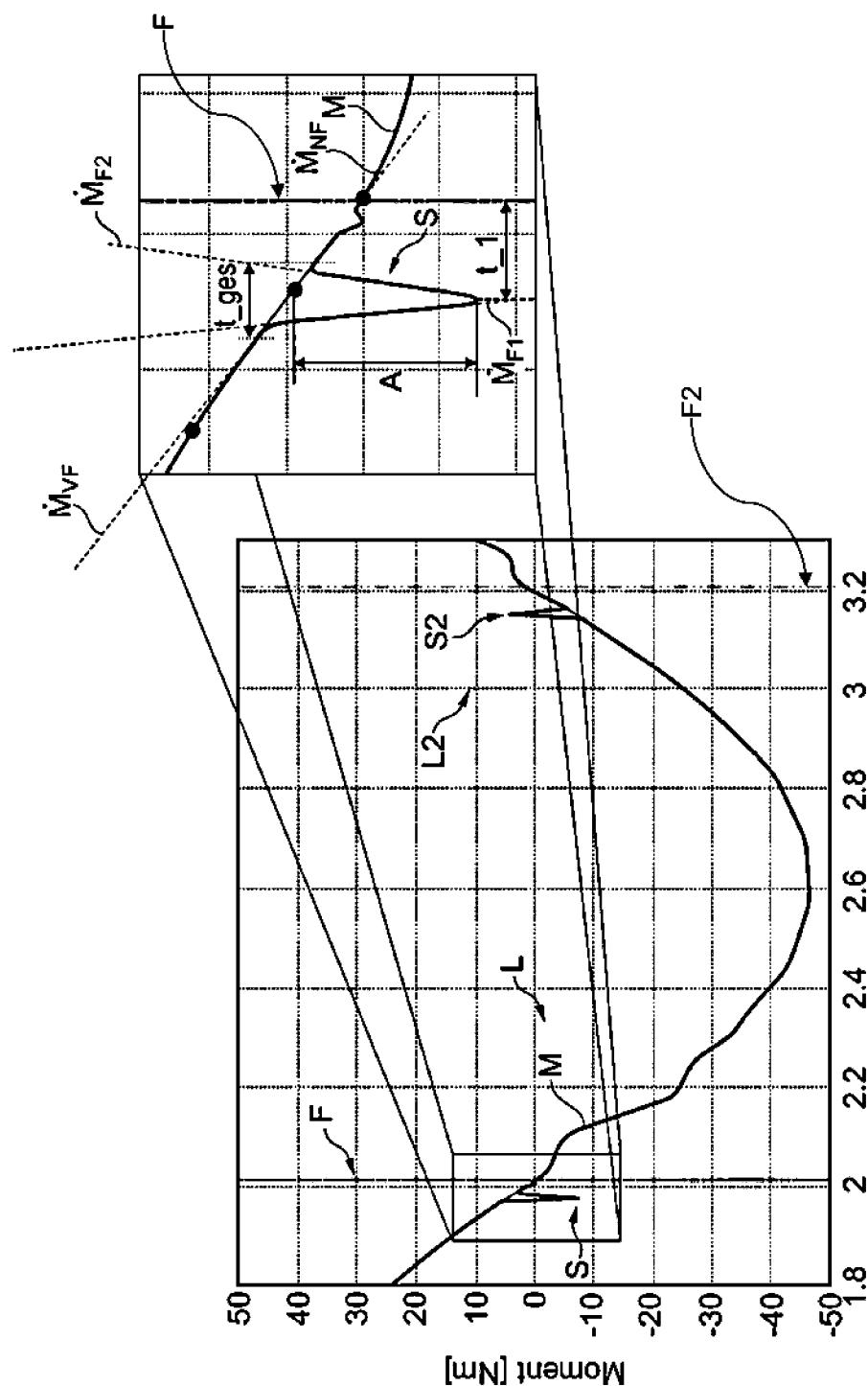


Fig. 2

t [s]

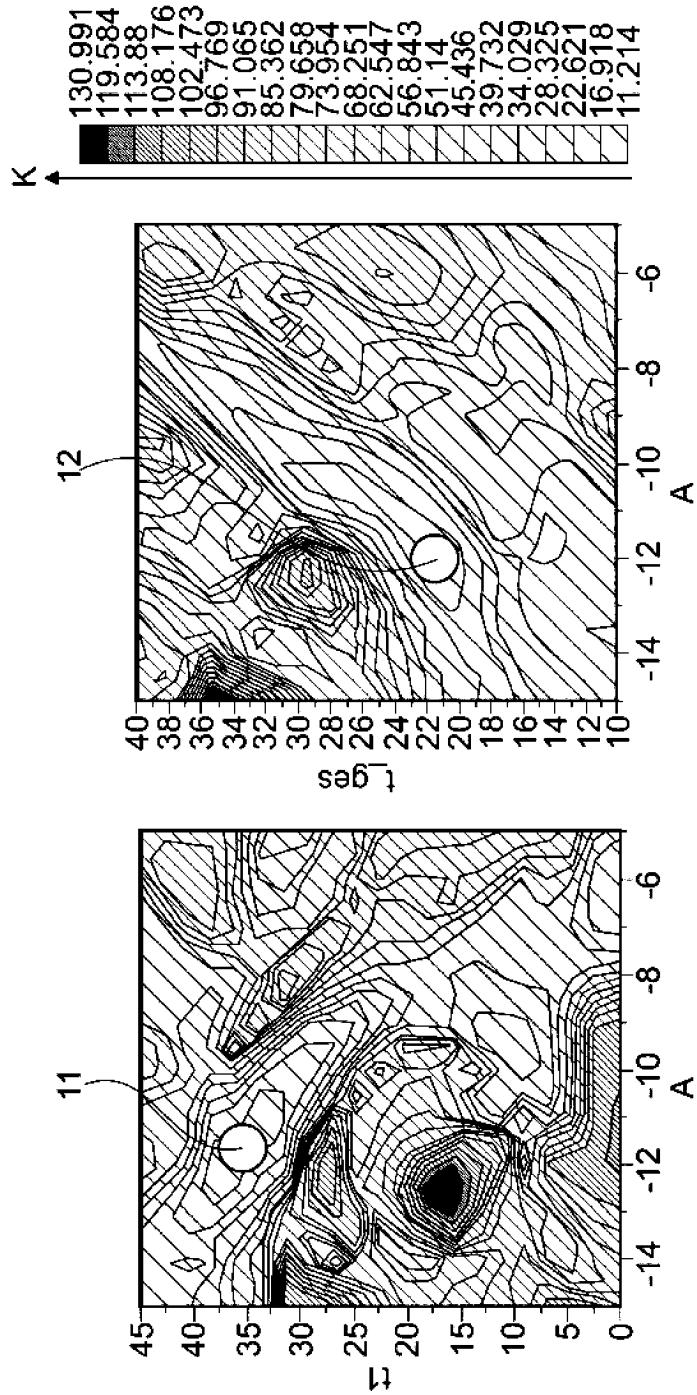


Fig. 3

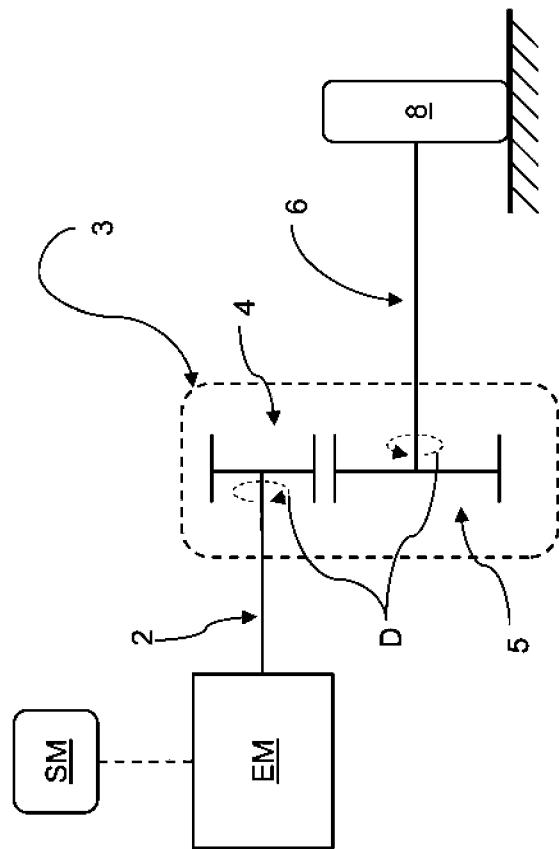


Fig. 4