

(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
24. November 2022 (24.11.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/243187 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B62D 5/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/063025

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. Mai 2022 (13.05.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2021 205 208.8
21. Mai 2021 (21.05.2021) DE

(71) Anmelder: **THYSSENKRUPP PRESTA AG** [LI/LI]; Es-
sanestrasse 10, 9492 Eschen (LI). **THYSSENKRUPP AG**
[DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(72) Erfinder: **ORDASI, Gabor**; Mokus u. 45, 2049 Diosd
(HU).

(74) Anwalt: **THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PRO-
PERTY GMBH**; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen
(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, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, 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,

(54) Title: ELECTROMECHANICAL STEERING SYSTEM WITH PROTECTIVE SWITCHING IN THE EVENT OF A VOLTAGE
DROP, AND METHOD FOR OPERATING A STEERING SYSTEM OF THIS KIND

(54) Bezeichnung: ELEKTROMECHANISCHES LENKSYSTEM MIT SCHUTZSCHALTUNG BEI SPANNUNGSABFALL
SOWIE VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES SOLCHEN LENKSYSTEMS

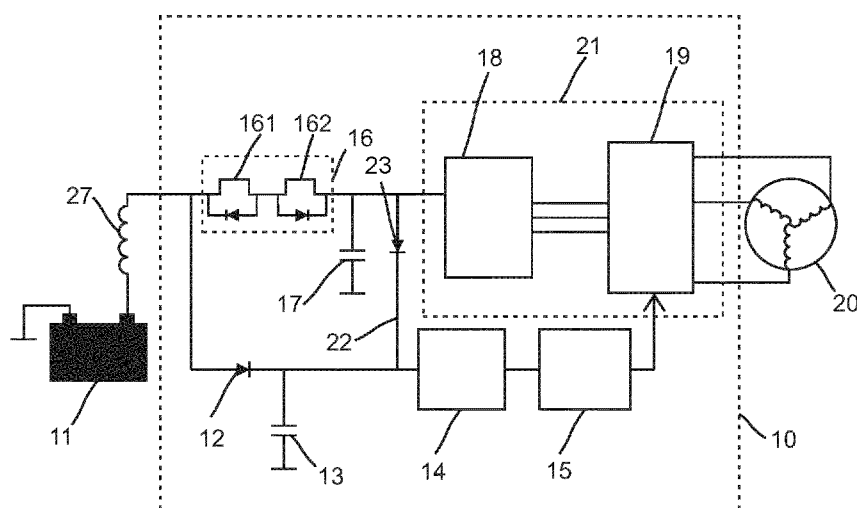


Fig. 4

(57) Abstract: The present invention relates to an electromechanical steering system (1) comprising a steering shaft and a steering actuator with an electric motor (20) and with a circuit arrangement (10) for operating the electric motor (20), wherein the steering actuator can convert a steering command into a steering movement of steerable wheels of a motor vehicle using the electric motor (20). The circuit arrangement (10) of the steering actuator comprises a connection element for connection to a main energy source (11) for the electric motor (20), a disconnection unit (16) for interrupting a connection between the main energy source (11) and the electric motor (20), a converter unit (21), a microcontroller unit (15) for acting on the converter unit (21), a power supply unit (14) for the microcontroller unit (15), an auxiliary energy source (17) and a bypass branch (22). Here, when the connection between the main energy

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

TJ, TM, 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)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

source (11) and the electric motor (20) is interrupted, a closed circuit comprising the electric motor (20), the converter unit (21), the microcontroller unit (15), the power supply unit (14) and the auxiliary energy source (17) is formed via the bypass branch (22), such that power supply to the microcontroller unit (15) continues to be rendered possible by means of the auxiliary energy source (17). The invention further relates to a method for operating a steering system (1) of this kind.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektromechanisches Lenksystem (1) umfassend eine Lenkwelle sowie einen Lenksteller mit einem Elektromotor (20) und mit einer Schaltungsanordnung (10) zum Betreiben des Elektromotors (20), wobei der Lenksteller unter Nutzung des Elektromotors (20) einen Lenkbefehl in eine Lenkbewegung von lenkbaren Rädern eines Kraftfahrzeugs umsetzen kann. Die Schaltungsanordnung (10) des Lenkstellers umfasst ein Anschlusselement zum Anschluss an eine Hauptenergiequelle (11) für den Elektromotor (20), eine Trenneinheit (16) zur Trennung einer Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle (11) und dem Elektromotor (20), eine Umrichtereinheit (21), eine Mikrocontrollereinheit (15) zur Einwirkung auf die Umrichtereinheit (21), eine Stromversorgungseinheit (14) für die Mikrocontrollereinheit (15), eine Hilfsenergiequelle (17) und einen Bypasszweig (22). Dabei ist bei einer Trennung der Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle (11) und dem Elektromotor (20) über den Bypasszweig (22) ein geschlossener Stromkreis umfassend den Elektromotor (20), die Umrichtereinheit (21), die Mikrocontrollereinheit (15), die Stromversorgungseinheit (14) und die Hilfsenergiequelle (17) gebildet, sodass eine Energieversorgung der Mikrocontrollereinheit (15) mittels der Hilfsenergiequelle (17) weiter ermöglicht ist. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Lenksystems (1).

Elektromechanisches Lenksystem mit Schutzschaltung bei Spannungsabfall sowie Verfahren zum Betreiben eines solchen Lenksystems

Die Erfindung betrifft ein elektromechanisches Lenksystem mit einer Lenkwelle, über die mittels
5 einer Lenkhandhabe ein Lenkbefehl vorgegeben werden kann, und mit einem Lenksteller, der einen Elektromotor und eine Schaltungsanordnung zum Betreiben des Elektromotors umfasst. Der Lenksteller ist ausgebildet, unter Nutzung des Elektromotors einen Lenkbefehl in eine Lenkbewegung von lenkbaren Rädern eines Kraftfahrzeugs umzusetzen. Die
Schaltungsanordnung zum Betreiben des Elektromotors umfasst ein Anschlusselement zum
10 Anschluss an eine Spannungsquelle eines Kraftfahrzeugs als Hauptenergiequelle für den Elektromotor, eine Trenneinheit zur Trennung einer elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor, eine Umrichtereinheit, eine Mikrocontrollereinheit zur Einwirkung auf die Umrichtereinheit, eine Stromversorgungseinheit für die Mikrocontrollereinheit und eine Hilfsenergiequelle. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben
15 eines solchen elektromechanischen Lenksystems.

Ein elektromechanisches Lenksystem ist beispielsweise aus der WO 2017/045729 A1 bekannt. Problematisch bei einem elektromechanischen Lenksystem der eingangs genannten Art ist ein
20 plötzlicher Abfall der Versorgungsspannung, der zu einer Unterbrechung der Stromversorgung des Elektromotors und der dem Elektromotor zugeordneten Schaltungsanordnung durch die Trenneinheit führt. Da aufgrund des Betriebs des Elektromotors auch nach der Unterbrechung der Stromversorgung noch Energie in dem Elektromotor gespeichert ist, treten Motorströme auf, die Komponenten der Schaltungsanordnung, insbesondere die Umrichtereinheit, beschädigen können.

25 Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein elektromechanisches Lenksystem sowie den Betrieb eines elektromechanischen Lenksystems zu verbessern, insbesondere derart, dass Beschädigungen von Elektronikkomponenten bei einem Spannungsabfall der Hauptenergiequelle durch auftretende Motorströme möglichst vermieden
30 werden. Dabei soll diese Verbesserung möglichst kostengünstig realisiert werden.

Zur Lösung dieser Aufgabe werden ein elektromechanisches Lenksystem sowie ein Verfahren zum Betreiben eines elektromechanischen Lenksystems gemäß den unabhängigen Ansprüchen vorgeschlagen. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen
35 Ansprüchen und der Beschreibung beschrieben sowie in den Figuren dargestellt.

Die vorgeschlagene Lösung sieht ein elektromechanisches Lenksystem umfassend eine Lenkwelle, über die mittels einer Lenkhandhabe ein Lenkbefehl vorgegeben werden kann, und einen Lenksteller mit einem Elektromotor und mit einer Schaltungsanordnung zum Betreiben des Elektromotors vor, wobei der Lenksteller ausgebildet ist, unter Nutzung des Elektromotors einen Lenkbefehl in eine Lenkbewegung von lenkbaren Rädern eines Kraftfahrzeugs umzusetzen. Als Elektromotor ist insbesondere ein Synchronmotor mit wenigstens drei Wicklungssträngen vorgesehen, insbesondere ein Permanentmagnet-Synchronmotor. Die Schaltungsanordnung des Lenkstellers umfasst ein Anschlusselement zum Anschluss an eine Spannungsquelle eines Kraftfahrzeugs, welche als Hauptenergiequelle für den Elektromotor dient. Weiter umfasst die Schaltungsanordnung eine Trenneinheit zur Trennung einer elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor, eine Umrichtereinheit, eine Mikrocontrollereinheit zur Einwirkung auf die Umrichtereinheit, eine Stromversorgungseinheit für die Mikrocontrollereinheit und eine Hilfsenergiequelle. Die Umrichtereinheit umfasst dabei vorteilhafterweise für die Steuerung des Elektromotors eine Brückenschaltung aus MOSFETs (MOSFET: Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor). Weiter umfasst die Umrichtereinheit vorteilhafterweise eine Phasentrenneinheit, die vorzugsweise für jede Phase ein Phasenrelais aufweist. Die Stromversorgungseinheit ist insbesondere ein Netzteil zur Anpassung der Spannung der Hauptenergiequelle an die von der Mikrocontrollereinheit benötigte Versorgungsspannung. Insbesondere ist die Stromversorgungseinheit keine aktive Energiequelle, wie eine Batterie oder dergleichen. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Schaltungsanordnung des Lenkstellers einen Bypasszweig aufweist, wobei bei einer durch die Trenneinheit bewirkten Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor über den Bypasszweig ein geschlossener Stromkreis gebildet ist, welcher den Elektromotor, die Umrichtereinheit, die Mikrocontrollereinheit, die Stromversorgungseinheit und die Hilfsenergiequelle umfasst.

Die vorgeschlagene Lösung beruht auf der Erkenntnis, dass bei einem Trennen der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor regelmäßig auf den Betrieb des Elektromotors zurückgehende Motorströme auftreten, die die MOSFETs zerstören können, insbesondere die MOSFETs der Phasentrenneinheit. Der Grund dafür ist, dass die Motorströme deutlich höher sein können, als die Ströme, für deren Schaltfähigkeit die MOSFETs ausgelegt sind. Ein weiterer Grund ist, dass eine Ansteuerung durch die Mikrocontrollereinheit nicht mehr möglich ist, da mit dem Trennen der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor auch die Mikrocontrollereinheit der

- Schaltungsanordnung nicht mehr mit der benötigten Energie versorgt wird. Zwar könnte dem Problem der Beschädigung der MOSFETs durch die Motorströme durch den Einsatz von MOSFETs, die auch für solch hohe Ströme ausgelegt sind, begegnet werden, allerdings sind solche MOSFETs deutlich kostenintensiver, was eine solche Lösung unattraktiv macht. Zudem
- 5 besteht eine Lösung des Problems darin, die Mikrocontrollereinheit auch bei einem Trennen der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor weiterhin mit Energie zu versorgen. Durch den erfindungsgemäß über den Bypasszweig geschlossenen Stromkreis wird vorteilhafterweise die Mikrocontrollereinheit auch bei einer erfolgten Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und
- 10 dem Elektromotor über die Hilfsenergiequelle weiter mit Energie versorgt, sodass die Mikrocontrollereinheit vorteilhafterweise weiterhin die Umrichtereinheit und insbesondere die Phasenrelais steuern kann, sodass vorteilhafterweise auf den Betrieb des Elektromotors zurückgehende Motorströme zunächst reduziert werden können.
- 15 Als Hilfsenergiequelle könnte dabei eine zusätzliche Batterie vorgesehen werden, allerdings würde dies die Kosten erhöhen und insofern eine weniger attraktive Lösung darstellen. Als Hilfsenergiequelle ist daher vorteilhafterweise ein Kondensator vorgesehen. Insbesondere kann der Kondensator ein der Mikrocontrollereinheit zugeordneter Pufferkondensator sein. Ein solcher Pufferkondensator kann dabei bereits der Mikrocontrollereinheit zugeordnet sein, wobei die
- 20 übliche Dimensionierung des Pufferkondensators der Mikrocontrollereinheit nur für etwa 100 μs (μs : Mikrosekunden) die für den Betrieb notwendige Energie bereitstellen würde, was regelmäßig zu kurz ist, um die Motorströme ausreichend zu reduzieren. Das Erhöhen der Kapazität des Pufferkondensators und/oder das Bereitstellen einer zusätzlichen Mikrocontrollereinheit, die weniger Energie bedarf, sind dabei Lösungen, die ebenfalls die Kosten weiter erhöhen würden.
- 25 Eine bevorzugte Ausgestaltung sieht hingegen vor, dass die Trenneinheit der Schaltungsanordnung eine Komparatorschaltung umfasst, die von einem Zwischenkreiskondensator im Falle eines Spannungsabfalls der Hauptenergiequelle geschaltet wird, wobei der Zwischenkreiskondensator die Hilfsenergiequelle ist. Der
- 30 Zwischenkreiskondensator ist dabei vorteilhafterweise Teil des über den Bypasszweig geschlossenen Stromkreises. Die Mikrocontrollereinheit kann dann vorteilhafterweise bei erfolgter Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor von dem Zwischenkreiskondensator mit Energie versorgt werden, was ohne den Bypasszweig nicht möglich wäre. Insbesondere ist vorgesehen, dass die

Mikrocontrollereinheit sowohl von dem Zwischenkreiskondensator als auch von dem Pufferkondensator als Hilfsenergiequelle mit Energie versorgt wird.

Insbesondere ist vorgesehen, dass der Bypasszweig eine Bypass-Diode aufweist.

- 5 Vorteilhafterweise lässt die Bypass-Diode einen Strom von dem Zwischenkreiskondensator zu der Mikrocontrollereinheit durch und sperrt in Gegenrichtung.

- 10 Eine weitere besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die Schaltungsanordnung einen Versorgungsspeicherkondensator, insbesondere einen Pufferkondensator, derart umfasst, dass der Versorgungsspeicherkondensator bei einer Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor durch die Trenneinheit die Hilfsenergiequelle auflädt, insbesondere den Zwischenkreiskondensator als Hilfsenergiequelle. Hierdurch wird vorteilhafterweise für einen verlängerten Zeitraum Energie für die Mikrocontrollereinheit bereitgestellt.

- 15 Gemäß einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Lenkwelle des Lenksystems derart mit dem Elektromotor verbunden, dass im Falle einer Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor durch die Trenneinheit, der Elektromotor beim Drehen der Lenkwelle als Generator wirkt. Dies erfolgt insbesondere dann, wenn ein Fahrer über eine an der Lenkwelle angeordnete Lenkhandhabe, insbesondere ein Lenkrad, weiterhin Lenkbewegungen ausführt. Der Elektromotor generiert dabei eine Wechselspannung, die vorteilhafterweise von der Umrichtereinheit in eine Gleichspannung umgewandelt wird. Diese Gleichspannung lädt dabei vorteilhafterweise den Zwischenkreiskondensator. Der Zwischenkreiskondensator kann somit vorteilhafterweise als
20 Hilfsenergiequelle für die Mikrocontrollereinheit über einen weiter verlängerten Zeitraum der Mikrocontrollereinheit Energie bereitstellen. Die Mikrocontrollereinheit kann somit vorteilhafterweise die Steuerungsaufgaben so lange ausführen, bis keine Beschädigung der Elektronikbauteile, insbesondere der MOSFETs, durch die Motorströme mehr zu befürchten ist.

- 30 Das zur Lösung der obenstehend angeführten Aufgabe des Weiteren vorgeschlagene Verfahren zum Betreiben eines elektromechanischen Lenksystems in einem Kraftfahrzeug, insbesondere eines Lenksystems mit den vorstehend genannten Merkmalen einzeln oder in Kombination, sieht vor, dass das Lenksystem eine Lenkwelle, über die mittels einer Lenkhandhabe ein Lenkbefehl vorgegeben werden kann, und einen Lenksteller mit einem Elektromotor und einer
35 Schaltungsanordnung zum Betreiben des Elektromotors umfasst, wobei der Lenksteller

ausgebildet ist, unter Nutzung des Elektromotors einen Lenkbefehl in eine Lenkbewegung von lenkbaren Rädern eines Kraftfahrzeugs umzusetzen. Ferner ist bei dem Verfahren vorgesehen, dass die Schaltungsanordnung des Lenksystems an eine Spannungsquelle des Kraftfahrzeugs als Hauptenergiequelle angeschlossen ist, insbesondere die Batterie des Kraftfahrzeugs, sodass

5 insbesondere eine elektrisch leitende Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor besteht. Als Elektromotor ist insbesondere ein Synchronmotor mit wenigstens drei Wicklungssträngen vorgesehen, insbesondere ein Permanentmagnet-Synchronmotor. Die Schaltungsanordnung des Lenksystems umfasst eine Trenneinheit zur Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor, eine

10 Umrichtereinheit, eine Mikrocontrollereinheit zur Einwirkung auf die Umrichtereinheit, eine Stromversorgungseinheit, insbesondere einen Kondensator, für die Mikrocontrollereinheit und eine Hilfsenergiequelle. Insbesondere ist vorgesehen, dass in einem Normalbetrieb die Mikrocontrollereinheit die Umrichtereinheit derart steuert, dass aus der Gleichspannung der Hauptenergiequelle eine zum Betrieb des Elektromotors erforderliche Wechselspannung

15 generiert wird. Die Umrichtereinheit umfasst dabei für die Steuerung des Elektromotors vorteilhafterweise eine Brückenschaltung aus MOSFETs. Weiter umfasst die Umrichtereinheit vorteilhafterweise eine Phasentrenneinheit, die vorzugsweise für jede Phase ein Phasenrelais aufweist, wobei die Phasenrelais vorteilhafterweise ebenfalls von der Mikrocontrollereinheit gesteuert werden. Vorteilhafterweise wird die Mikrocontrollereinheit von der

20 Stromversorgungseinheit mit der für den Betrieb der Mikrocontrollereinheit notwendigen Energie versorgt. Im Falle eines sprunghaften Spannungsabfalls an der Hauptenergiequelle sieht das vorgeschlagene Verfahren vor, dass die Trenneinheit die elektrisch leitende Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor trennt, wobei über einen Bypasszweig der Schaltungsanordnung ein geschlossener Stromkreis gebildet wird und die Hilfsenergiequelle in

25 dem geschlossenen Stromkreis die Mikrocontrollereinheit mit Energie versorgt. Vorteilhafterweise umfasst der geschlossene Stromkreis den Elektromotor, die Umrichtereinheit, die Mikrocontrollereinheit, die Stromversorgungseinheit und die Hilfsenergiequelle. Als Hilfsenergiequelle könnte dabei eine zusätzliche Batterie, die nicht der Hauptenergiequelle entspricht, vorgesehen werden. Kostengünstiger und insofern vorteilhafter ist es allerdings, als

30 Hilfsenergiequelle einen Kondensator vorzusehen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird durch die Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor ein Kondensator der Schaltungsanordnung von der Hauptenergiequelle schaltungstechnisch getrennt.

35 Vorteilhafterweise versorgt dieser Kondensator nach der Trennung die Mikrocontrollereinheit als

die Hilfsenergiequelle mit Energie. Die Mikrocontrollereinheit wird somit vorteilhafterweise nach erfolgter Trennung für einen Zeitraum weiter mit Energie versorgt, obwohl keine elektrisch leitfähige Verbindung mit der Hauptenergiequelle mehr besteht. Vorteilhafterweise kann die Mikrocontrollereinheit somit weiter die Umrichtereinheit, insbesondere die Umrichtereinheit mit den Phasenrelais steuern. Eine sofortige Trennung des Elektromotors von der Umrichtereinheit, was regelmäßig zu Schäden an den MOSFETs führt, erfolgt vorteilhafterweise nicht.

Gemäß einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass nach erfolgter Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor die Lenkwelle über die Lenkhandhabe bewegt wird, wodurch der Elektromotor als Generator wirkt, und der Elektromotor als Generator den Kondensator auflädt. Vorteilhafterweise wird der Elektromotor also nach erfolgter Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor als Generator betrieben. Der Elektromotor als Generator erzeugt dabei einen Wechselstrom, wobei die Umrichtereinheit, insbesondere angesteuert durch die Mikrocontrollereinheit, vorteilhafterweise eingesetzt wird, um aus den Wechselstrom in einen Gleichstrom zu wandeln. Der Gleichstrom lädt vorteilhafterweise einen als Hilfsenergiequelle dienenden Kondensator, der vorteilhafterweise die Mikrocontrollereinheit weiter mit Energie versorgt.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens sieht vor, dass die Mikrocontrollereinheit den sprunghaften Spannungsabfall detektiert. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Mikrocontrollereinheit mit der Detektion des signifikanten Spannungsabfalls der Hauptenergiequelle von einem Normalbetrieb in einen Notbetrieb wechselt. In diesem Notbetrieb steuert die Mikrocontrollereinheit vorteilhafterweise die Umrichtereinheit in der Weise, um vorteilhafterweise ein zeitversetztes Trennen des Elektromotors von der Umrichtereinheit zu bewirken und somit vorteilhafterweise Beschädigungen der MOSFETs zu vermeiden.

Insbesondere ist vorgesehen, dass nach erfolgter Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor die Mikrocontrollereinheit die Umrichtereinheit von dem Elektromotor trennt, insbesondere durch entsprechende Ansteuerung der Phasenrelais, wenn ein vorbestimmtes Zeitintervall abgelaufen ist. Dieses Zeitintervall ist vorteilhafterweise größer als 0,3 ms (ms: Millisekunden), insbesondere größer als 1 ms.

Vorteilhafterweise trennt die Mikrocontrollereinheit die Umrichtereinheit von dem Elektromotor nach erfolgter Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle

und dem Elektromotor, wenn ein vorbestimmter Motorstrom unterschritten ist. Dieser Motorstrom basiert dabei auf der in dem Elektromotor durch den Betrieb des Elektromotors gespeicherten Energie. Als vorbestimmter Motorstrom wird dabei insbesondere ein Grenzwert festgelegt, bei dem eine Beschädigung der MOSFETS mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % ausgeschlossen werden kann, vorzugsweise mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % ausgeschlossen werden kann, besonders bevorzugt mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 99 % ausgeschlossen werden kann. Vorteilhafterweise werden somit auf günstige Weise Beschädigungen von elektrischen Bauteilen, insbesondere der MOSFETs, durch hohe Motorströme im Fall einer Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle und dem Elektromotor verhindert.

Weitere vorteilhafte Einzelheiten, Merkmale und Ausgestaltungsdetails der Erfindung werden im Zusammenhang mit den in den Figuren (Fig.: Figur) dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäß ausgebildetes elektromechanisches Lenksystem eines Kraftfahrzeugs in einer perspektivischen, schematischen Darstellung;

Fig. 2 in einem vereinfacht dargestellten Blockschaltbild ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäß vorgesehene Schaltungsanordnung mit einem Elektromotor eines Lenkstellers eines erfindungsgemäß ausgebildeten Lenksystems;

Fig. 3 in einer im Vergleich zu Fig. 2 detaillierteren Darstellung eine Schaltungsanordnung mit einem Elektromotor eines Lenkstellers ohne Bypasszweig;

Fig. 4 in einer im Vergleich zu Fig. 2 detaillierteren Darstellung ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäß vorgesehene Schaltungsanordnung mit einem Elektromotor eines Lenkstellers eines erfindungsgemäß ausgebildeten Lenksystems;

Fig. 5a in einem kartesischen Koordinatensystem den Spannungsverlauf der Hauptenergiequelle über der Zeit für eine Schaltungsanordnung gemäß Fig. 3;

Fig. 5b in einem kartesischen Koordinatensystem den Spannungsverlauf an dem Kondensator über der Zeit für eine Schaltungsanordnung gemäß Fig. 3;

Fig. 5c in einem kartesischen Koordinatensystem den Signalverlauf des von der Mikrocontrollereinheit für die Ansteuerung der Phasenrelais bereitgestellten Signals über der Zeit für eine Schaltungsanordnung gemäß Fig. 3;

5

Fig. 6a in einem kartesischen Koordinatensystem den Spannungsverlauf der Hauptenergiequelle über der Zeit für eine Schaltungsanordnung gemäß Fig. 4;

Fig. 6b in einem kartesischen Koordinatensystem den Spannungsverlauf an dem Kondensator über der Zeit für eine Schaltungsanordnung gemäß Fig. 4; und

10

Fig. 6c in einem kartesischen Koordinatensystem den Signalverlauf des von der Mikrocontrollereinheit für die Ansteuerung der Phasenrelais bereitgestellten Signals über der Zeit für eine Schaltungsanordnung gemäß Fig. 4.

15

In den verschiedenen Figuren sind gleiche Teile in der Regel mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden daher mitunter auch jeweils nur im Zusammenhang mit einer der Figuren erläutert.

Fig. 1 zeigt ein elektromechanisches Lenksystem 1 für ein Kraftfahrzeug in einer perspektivischen, vereinfachten Darstellung. Das Lenksystem 1 umfasst eine Lenksäule mit einer Lenkwelle 2. Die Lenkwelle 2 ist dabei über ein Lenkgetriebe 7 mechanisch mit den lenkbaren Rädern 4 eines Kraftfahrzeugs gekoppelt. Das Lenkgetriebe 7 umfasst in diesem Ausführungsbeispiel ein Ritzel 8 und eine gezahnte Koppelstange 6, wobei das Lenkgetriebe 7 zur Übersetzung einer rotatorischen Bewegung des Ritzels 8 in eine translatorische Bewegung der Koppelstange 6 entlang deren Längsachse dient. Weiter umfasst das Lenkgetriebe 7 einen Lenksteller 5 mit einem in Fig. 1 nicht explizit gezeigten Elektromotor und mit einer ebenfalls in Fig. 1 nicht explizit gezeigten Schaltungsanordnung zum Betreiben des Elektromotors. An dem dem Fahrer zugewandten Ende der Lenkwelle 2 ist eine Lenkhandhabe 3, insbesondere ein Lenkrad, zur Eingabe eines Fahrerlenkwunsches bzw. Lenkbefehls drehfest angeordnet, wobei ein Fahrer die als Lenkrad ausgebildete Lenkhandhabe 3 in bekannter Weise zur Eingabe eines Lenkbefehls drehen kann. Aufgrund der mechanischen Kopplung der Lenkhandhabe 3 mit dem Elektromotor des Lenkstellers 5 über die Lenkwelle 2 kann bei einem Ausfall der Versorgungsspannung für den Elektromotor durch ein Drehen der Lenkhandhabe 3 der

20

25

30

35

Elektromotor als Generator wirken.

Die sich entlang ihrer Längsachse linear bewegend Koppelstange 6 des Lenksystems 1 ist in diesem Ausführungsbeispiel jeweils zu beiden Seiten des Kraftfahrzeugs mechanisch mit einer Spurstange 9 gekoppelt. Die Spurstangen 9 sind wiederum jeweils mit den Fahrzeugrädern 4 mechanisch gekoppelt. Das Lenkgetriebe 7 ist somit ausgebildet, einen Lenkbefehl unter Berücksichtigung von wenigstens einer Eingangsgröße mittels des Lenkstellers 5 in eine Lenkbewegung der lenkbaren Rädern 4 des Kraftfahrzeugs umzusetzen. Der Elektromotor und die Schaltungsanordnung des Lenkstellers 5 des Lenksystems 1 werden nachfolgend anhand des vereinfacht dargestellten Blockschaltbildes gemäß Fig. 2 näher erläutert.

Fig. 2 zeigt dabei schematisch, wie ein Elektromotor 20 eines Lenkstellers über eine Schaltungsanordnung 10 des Lenkstellers mit einer Hauptenergiequelle 11, insbesondere der Batterie eines Kraftfahrzeugs, elektrisch leitend verbunden ist. Der Elektromotor 20 ist insbesondere ein Synchronmotor mit wenigstens drei Wicklungssträngen. Die Schaltungsanordnung umfasst ein in Fig. 2 nicht explizit dargestelltes Anschlusselement, über welches die Schaltungsanordnung 10 mit der Hauptenergiequelle 11 elektrisch leitend verbunden ist.

In einem ersten Leitungspfad weist die Schaltungsanordnung 10 eine Trenneinheit 16, insbesondere ein Batterietrennrelais, zur Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle 11 und dem Elektromotor 20 auf. Weiter umfasst die Schaltungsanordnung 10 in diesem ersten Leitungspfad einen Zwischenkreiskondensator 17, welcher insbesondere bei einem sprunghaften Spannungsabfall der von der Hauptenergiequelle 11 bereitgestellten Versorgungsspannung das Schalten des Batterietrennrelais und somit das Trennen der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle 11 und dem Elektromotor 20 auslöst. Dieser Zwischenkreiskondensator 17 wird zudem nach einer erfolgten Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle 11 und dem Elektromotor 20 als Hilfsenergiequelle genutzt.

Die Schaltungsanordnung umfasst in dem ersten Leitungspfad des Weiteren eine Umrichtereinheit 21, welche eine MOSFET-Brückenschaltung 18, beispielsweise einen Vierquadrantensteller, und eine Phasentrenneinheit 19 umfasst. Die Phasentrenneinheit 19 weist insbesondere für jeden Wicklungsstrang einen MOSFET als Phasenrelais auf. Über die Phasentrenneinheit 19 erfolgt die Anbindung an den Elektromotor 20.

In einem zweiten Leitungspfad weist die Schaltungsanordnung 10 in diesem Ausführungsbeispiel eine Diode 12 auf, welche in Bezug auf einen durch die Hauptenergiequelle 11 bedingten Stromfluss in Durchlassrichtung geschaltet ist. Weiter umfasst die Schaltungsanordnung in dem zweiten Leitungspfad einen Kondensator 13, insbesondere einen Pufferkondensator. Darüber hinaus ist in diesem zweiten Leitungspfad eine Mikrocontrollereinheit 15 zur Einwirkung auf die Umrichtereinheit 21 sowie eine Stromversorgungseinheit 14 für die Mikrocontrollereinheit 15 angeordnet. Die Stromversorgungseinheit 14 transformiert dabei insbesondere die Versorgungsspannung der Hauptenergiequelle 11 auf die zum Betrieb der Mikrocontrollereinheit 15 notwendige Spannung. Insbesondere ist die Mikrocontrollereinheit 15 ausgebildet, die Phasentrenneinheit 19 zu steuern und somit den Elektromotor 20 von der Schaltungsanordnung 10 zu trennen.

Die Schaltungsanordnung 10 umfasst zudem einen Bypasszweig 22, welcher den ersten Leitungspfad und den zweiten Leitungspfad miteinander verbindet. Der Bypasszweig zweigt dabei von dem zweiten Leitungspfad zwischen dem Kondensator 13 und der Stromversorgungseinheit 14 ab und ist zwischen dem Zwischenkreiskondensator 17 und der Umrichtereinheit 21 mit dem ersten Leitungspfad verbunden. Bei einer durch die Trenneinheit 16 bewirkten Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle 11 und dem Elektromotor 20 ist über diesen Bypasszweig 22 vorteilhafterweise ein geschlossener Stromkreis gebildet. Der Stromkreis umfasst dabei den Elektromotor 20, die Umrichtereinheit 21, die Mikrocontrollereinheit 15 und die Stromversorgungseinheit 14. Zudem sind der nun als Hilfsenergiequelle wirkende Zwischenkreiskondensator 17 sowie der Kondensator 13 an diesen Stromkreis angebunden und versorgen dabei die Mikrocontrollereinheit 15 weiterhin mit Energie. Hierdurch kann die Mikrocontrollereinheit 15 vorteilhafterweise weiterhin die Phasentrenneinheit 19 der Umrichtereinheit 21 steuern, sodass ein Öffnen der Phasenrelais der Phasentrenneinheit 19 vorteilhafterweise erst dann erfolgt, wenn noch aus dem Normalbetrieb des Elektromotors 20 resultierende Motorströme einen vorbestimmten Grenzwert unterschritten haben, was insbesondere nach Ablauf eines bestimmten Zeitintervalls der Fall ist. Auf diese Weise lässt sich vorteilhafterweise verhindern, dass die Motorströme die MOSFETs zerstören.

30

Fig. 3 zeigt eine Schaltungsanordnung 10 zum Betreiben eines Elektromotors 20 in bekannter Weise, die keine Schutzschaltung, insbesondere keinen Bypasszweig, umfasst und insofern keinen ausreichenden Schutz vor einer Zerstörung von elektronischen Komponenten der Schaltungsanordnung 20, insbesondere von MOSFETs der Schaltungsanordnung 20, im Falle eines sprunghaften Spannungsabfalls der Versorgungsspannung für den Betrieb des

35

Elektromotors 20 bietet. Der Elektromotor 20 ist in diesem Ausführungsbeispiel ein Synchronmotor mit drei Wicklungssträngen. Über die Schaltungsanordnung 10 ist der Elektromotor 20 an eine Autobatterie als Hauptenergiequelle 11 elektrisch leitend verbunden. Die Hauptenergiequelle 11 liefert also eine Gleichspannung. Die Hauptenergiequelle 11 ist dabei
5 über eine Spule 27, die insbesondere zur Reduzierung elektromagnetischer Störungen dient, an die Schaltungsanordnung 10 angeschlossen. Die Schaltungsanordnung 10 umfasst dabei eine Umrichtereinheit 21 und eine Mikrocontrollereinheit 15, mit der die Umrichtereinheit 21 gesteuert wird. Die Umrichtereinheit 21 dient dabei zur Wandlung der Gleichspannung in entsprechende Phasenspannungen zur bedarfsgemäßen Steuerung des Elektromotors 20. Die Umrichtereinheit
10 21 umfasst dazu eine MOSFET-Brückenschaltung 18. Weiter umfasst die Umrichtereinheit 21 eine Phasentrenneinheit 19, die Phasenrelais, mit denen die Umrichtereinheit 21 schaltungstechnisch von dem Elektromotor 20 getrennt werden kann. Die Phasenrelais sind dabei in diesem Ausführungsbeispiel durch MOSFETs realisiert. An den Phasenrelais liegt dabei ein Ansteuerungssignal der Mikrocontrollereinheit 15 an, welches zwei Zustände einnehmen
15 kann, nämlich H-Pegel (H-Pegel: High-Pegel) und L-Pegel (L-Pegel: Low-Pegel). Nimmt das Ansteuerungssignal den L-Pegel an, so trennen die Phasenrelais den Elektromotor 20 von der Umrichtereinheit 21. Zur Ansteuerung der Phasenrelais kann die Mikrocontrollereinheit 15 insbesondere eine GDU (GDU: gate-drive-unit) aufweisen.

20 Um die Mikrocontrollereinheit 15 mit der zum Betrieb der Mikrocontrollereinheit 15 notwendigen Spannung zu versorgen, damit diese die Umrichtereinheit 21 steuern kann, umfasst die Schaltungsanordnung 10 eine Stromversorgungseinheit 14. Die Stromversorgungseinheit 14 ist insbesondere ein Netzteil, welches die von der Hauptenergiequelle 11 bereitgestellte Versorgungsspannung an den Bedarf der Mikrocontrollereinheit anpasst. Der
25 Stromversorgungseinheit 14 ist zudem ein Versorgungsspeicherkondensator 13 zugeordnet, der gegen Masse geschaltet ist. Dem Versorgungsspeicherkondensator 13 ist eine Diode 12, insbesondere eine Sperrdiode, vorgeschaltet. Diese verhindert insbesondere bei einer Trennung der Schaltungsanordnung 10 von der Hauptenergiequelle 11 einen Stromfluss von dem Versorgungsspeicherkondensator 13 über die Diode 12.

30 Die Schaltungsanordnung 10 umfasst darüber hinaus eine Trenneinheit 16, insbesondere ein Batterierelais, die im Falle eines plötzlichen Spannungsabfalls der Versorgungsspannung der Hauptenergiequelle 11 die elektrisch leitende Verbindung zwischen Elektromotor 20 und Hauptenergiequelle 11 trennt. Die Trenneinheit 16 reagiert dabei insbesondere innerhalb von
35 20 μ s bis 30 μ s nach dem Spannungsabfall. In diesem Ausführungsbeispiel ist die Trenneinheit

16 als Komparatorschaltung mit einem ersten MOSFET 161 und einem zweiten MOSFET 162 ausgebildet. Darüber hinaus umfasst die Schaltungsanordnung 10 einen Zwischenkreiskondensator 17. Dieser bewirkt insbesondere, dass bei einem sprunghaften Spannungsabfall der Zwischenkreiskondensator 17 einen Strom erzeugt, der ein Umschalten der Komparatorschaltung und somit ein Öffnen des Batterierelais bewirkt.

Wenn die Trenneinheit 16 die Hauptenergiequelle 11 auf diese Weise von dem Elektromotor 20 getrennt hat, wird der Mikrocontrollereinheit aufgrund des Versorgungsspeicherkondensators 13 über die Stromversorgungseinheit 14 noch für etwa 100 μ s die für den Betrieb der Mikrocontrollereinheit 15 notwendige Energie bereitgestellt. Das heißt, dass die Mikrocontrollereinheit 15 maximal für die 100 μ s das Signal für die Ansteuerung der Phasenrelais auf H-Level halten kann. Danach erfolgt zwangsläufig der Wechsel von H-Level auf L-Level. Dieser Zeitraum von 100 μ s ist aber regelmäßig zu kurz, um Motorströme, die auf durch den Betrieb des Elektromotors 20 in dem Elektromotor 20 gespeicherte Energie zurückgehen, ausreichend zu reduzieren. Die Folge ist, dass die Phasenrelais irreversibel geschädigt werden.

Um dies zu verhindern, ist in eine Schaltungsanordnung 10, wie vorstehend beschrieben, ein Bypasszweig 22 eingefügt. Eine vorteilhafte Ausgestaltung einer solchen Schaltungsanordnung 10 ist dabei in Fig. 4 dargestellt. In diesem Ausführungsbeispiel zweigt der Bypasszweig 22 vor der Umrichtereinheit 21 ab und führt zu auf den Leitungspfad vor der Stromversorgungseinheit 14. In diese Richtung ist die Bypass-Diode in Durchlassrichtung geschaltet.

Trennt die Trenneinheit 16 nun bei einer solchen Schaltungsanordnung gemäß Fig. 4 die elektrisch leitende Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle 11 und dem Elektromotor 20 in Folge eines sprunghaften Spannungsabfalls, so wird auch der Zwischenkreiskondensator 17 von der Hauptenergiequelle 11 getrennt. Der Zwischenkreiskondensator 17 kann aufgrund des Bypasszweigs 22 nun als Hilfsenergiequelle für die Mikrocontrollereinheit 15 dienen und dazu den Versorgungsspeicherkondensator 13 aufladen. Die Mikrocontrollereinheit 15 erkennt den sprunghaften Spannungsabfall und kann aufgrund der von dem Zwischenkreiskondensator 17 bereitgestellten Energie weiter betrieben werden. Das Erkennen des sprunghaften Spannungsabfalls kann dabei insbesondere dann erfolgen, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist: die hauptenergiequellseitige Versorgungsspannung ist niedrig und die Trenneinheit hat ausgelöst und die GDU der Mikrocontrollereinheit ist im Aus-Zustand (off-state) und die Spannung des Zwischenkreiskondensators 17 ist im Normalbereich.

Durch von einem Fahrer vorgenommene Lenkbewegungen, wirkt der Elektromotor 20 zudem vorteilhafterweise nun als Generator. Der Elektromotor 20 generiert dabei Energie mittels der der Zwischenkreiskondensator 17 geladen werden kann. Da der drei-Phasen-Elektromotor 20 eine Wechselspannung generiert, wird mittels der MOSFET-Brückenschaltung 18 der Umrichtereinheit 21 aus der Wechselspannung eine Gleichspannung erzeugt. Denn die aufgrund der niedrigen Spannung abgeschaltete MOSFET-Brückenschaltung entspricht im Prinzip sechs Dioden, die als Drei-Phasen-Umrichter wirken. Die so erzeugte Gleichspannung wird von dem Zwischenkreiskondensator 17 gespeichert. Der Betrieb der Mikrocontrollereinheit 15 wird auf diese Weise weiter verlängert.

Die Mikrocontrollereinheit 15 kann durch die von dem Zwischenkreiskondensator 17 als Hilfsenergiequelle bereitgestellte Energie somit insbesondere das Ansteuerungssignal für die Phasenrelais weiter auf H-Level halten und zwar solange, bis die Motorströme des Elektromotors 20 niedrig genug sind. Sind die Motorströme des Elektromotors niedrig genug schaltet die Mikrocontrollereinheit 15 das Ansteuerungssignal auf L-Pegel, sodass die Phasenrelais öffnen. Eine Trennung des Elektromotors 20 von der Schaltungsanordnung 20 erfolgt nun, ohne dass Schäden an der Elektronik, insbesondere den MOSFETs der Phasenrelais, entstehen. Um sicherzustellen, dass die Motorströme niedrig genug sind, kann die Ansteuerung insbesondere nach einem vorbestimmten, ausreichend langen Zeitintervall erfolgen.

Fig. 5a, Fig. 5b und Fig. 5c zeigen zur weiteren Erläuterung der Erfindung beispielhaft Spannungs- und Signalverläufe bei einer Schaltungsanordnung 10, wie unter Bezugnahme auf Fig. 3 erläutert. Dabei zeigt Fig. 5a den Spannungsverlauf der von der Hauptenergiequelle 11 bereitgestellten Versorgungsspannung 40 über der Zeit. Die Abszissenachse 30 gibt dabei jeweils die Zeit an. Die Ordinatenachse 31 gibt die elektrische Spannung an. Fig. 5b zeigt den Spannungsverlauf der an dem Versorgungsspeicherkondensator 13 anliegenden Spannung 42 über der Zeit. Die Ordinatenachsen 32 gibt auch hier die elektrische Spannung an. In Fig. 5c ist der Signalverlauf des von der Mikrocontrollereinheit 15 für die Ansteuerung der Phasenrelais der Phasentrenneinheit 19 bereitgestellten Signals 45 über der Zeit aufgetragen. Auf der Ordinatenachse 33 ist hier der Signalzustand aufgetragen, also der H-Pegel (H-Pegel: High-Pegel) beziehungsweise der L-Pegel (Low-Pegel). Weist das Signal 45 den H-Pegel auf, so bleibt das Phasenrelais geschlossen. Weist das Signal den L-Pegel auf, so öffnet das Phasenrelais und die Umrichtereinheit 21 wird von dem Elektromotor 20 getrennt.

Bei dem anhand von Fig. 5a bis Fig. 5c erläuterten Beispiel ist nun ausgehend von einem normalen Spannungslevel der Hauptenergiequelle 11 zu einem Zeitpunkt T_1 ein sprunghafter Abfall 41 der Versorgungsspannung 40 vorgesehen. Grund hierfür kann beispielsweise ein Kurzschluss in der Hauptenergiequelle 11 sein. Ein anderer Grund kann beispielsweise eine starke Beanspruchung der Hauptenergiequelle 11 sein, beispielsweise wenn die Hauptenergiequelle die Energie zum Starten des Verbrennungsmotors eines Kraftfahrzeugs liefert.

Der Versorgungsspeicherkondensator 13, der durch die Hauptenergiequelle 11 bei normalem Spannungslevel aufgeladen wurde und an dem aufgrund dessen bis zum Zeitpunkt T_1 die Spannung 42 konstant war, beginnt nun sich aufgrund des sprunghaften Versorgungsspannungsabfall 41 zu entladen. Daher nimmt die Spannung 42 zeitlich leicht versetzt zu dem Versorgungsspannungsabfall 41, also zu einem Zeitpunkt T_1+t , kontinuierlich ab. Dabei kann der Versorgungsspeicherkondensator 13 die Mikrocontrollereinheit 15 noch bis zu dem Zeitpunkt T_2 mit Energie versorgen. Nach dem Zeitpunkt T_2 ist die Spannung 42 zu niedrig für den Betrieb der Stromversorgungseinheit 14, sodass die Mikrocontrollereinheit 15 nach dem Zeitpunkt T_2 nicht mehr mit der nötigen Energie versorgt werden kann und die Mikrocontrollereinheit 15 daher ausfällt. Daher wechselt auch das von der Mikrocontrollereinheit 15 für die Ansteuerung der Phasenrelais der Phasentrenneinheit 19 bereitgestellte Signal 45 von H-Pegel auf L-Pegel. Dieser Wechsel 46 von H-Pegel auf L-Pegel führt dabei zum Abschalten des jeweiligen Phasenrelais, auch dann, wenn eine Trennung von dem Elektromotor 20 aufgrund von hohen Motorströmen unzulässig ist. Die Folge ist in der Regel die Zerstörung der Phasenrelais.

Fig. 6a, Fig. 6b und Fig. 6c zeigen nun Spannungs- und Signalverläufe bei einer Schaltungsanordnung 10 mit einem Bypasszweig 22, wie unter Bezugnahme auf Fig. 4 erläutert. Dabei ist in Fig. 6a der Spannungsverlauf der von der Hauptenergiequelle 11 bereitgestellten Versorgungsspannung 40 über der Zeit, in Fig. 6b der Spannungsverlauf der an dem Versorgungsspeicherkondensator 13 anliegenden Spannung 42 über der Zeit und in Fig. 6c der Signalverlauf des von der Mikrocontrollereinheit 15 für die Ansteuerung der Phasenrelais der Phasentrenneinheit 19 bereitgestellten Signals 45 über der Zeit dargestellt. Die Abszissenachsen 30 geben wiederum die Zeit wieder. Die Ordinatenachsen 31 und 32 geben die Spannung an und die Ordinatenachse 33 den Signalpegel.

Gleich wie bei Fig. 5a zeigt Fig. 6a ausgehend von einem normalen Spannungslevel der Hauptenergiequelle 11 zu einem Zeitpunkt T_1 einen sprunghaften Abfall 41 der

Versorgungsspannung 40. Der Versorgungsspeicherkondensator 13, der bei der Schaltungsanordnung 10 gemäß Fig. 4, wie auch bei der Schaltungsanordnung 10 gemäß Fig. 3, durch die Hauptenergiequelle 11 aufgrund des vor dem Zeitpunkt T₁ bestehenden normalen Spannungslevels aufgeladen war, beginnt nun sich ausgehend von einer Spannung 42 mit konstant hohem Level aufgrund des sprunghaften Versorgungsspannungsabfall 41 zu entladen. Daher beginnt die Spannung 42 kontinuierlich abzunehmen. Aufgrund des Bypasszweigs 22 der Schaltungsanordnung 10 gemäß Fig. 4, der den Zwischenkreiskondensator 17 schaltungstechnisch mit dem verbleibenden Stromkreis verbindet, lädt der Zwischenkreiskondensator 17 den Versorgungsspeicherkondensator 13 über ein Zeitintervall 44, welches zu einem Zeitpunkt T₃ kurz nach dem Zeitpunkt T₁ beginnt und zu einem Zeitpunkt T₄ endet. Hierdurch kann der Versorgungsspeicherkondensator 13 die Mikrocontrollereinheit 15 noch bis zu dem Zeitpunkt T₄ mit Energie versorgen, wobei T₄ ein Zeitpunkt nach dem Zeitpunkt T₂ ist. Nach dem Zeitpunkt T₄ ist die Spannung 42 dann ebenfalls aufgrund der Entladung des Zwischenkreiskondensators 17 zu niedrig für den Betrieb der Stromversorgungseinheit 14, sodass die Mikrocontrollereinheit 15 nach dem Zeitpunkt T₄ nicht mehr mit der nötigen Energie versorgt werden kann und die Mikrocontrollereinheit 15 nach dem Zeitpunkt T₄ ausfällt. Da der Zeitpunkt T₄ allerdings deutlich hinter dem Zeitpunkt T₂ liegt, kann die Mikrocontrollereinheit 15 bei einer Schaltungsanordnung 10 gemäß Fig. 4 deutlich länger mit Energie versorgt werden als bei einer Schaltungsanordnung 10 gemäß Fig. 3. Die Mikrocontrollereinheit 15 kann daher die Phasenrelais auch noch in dem Zeitintervall ausgehend von dem Zeitpunkt T₂ bis zum Zeitpunkt T₄ ansteuern, um den Elektromotor 20 gezielt von der Umrichtereinheit 21 zu trennen. Der Zeitpunkt T₄ ist dabei in Fig. 6c als spätestester Zeitpunkt für den Wechsel 46 des Signals 45 von dem H-Pegel auf den L-Pegel als erfolgter Wechsel 46 vorgesehen. Bis zu diesem Zeitpunkt T₄ haben sich die Motorströme derart verringert, dass die Phasenrelais beim Trennen des Elektromotors 20 unbeschädigt bleiben.

Die in den Figuren dargestellten und im Zusammenhang mit diesen erläuterten Ausführungsbeispiele dienen der Erläuterung der Erfindung und sind für diese nicht beschränkend.

Bezugszeichenliste

	1	Lenksystem
	2	Lenkwelle
5	3	Lenkhandhabe
	4	Rad
	5	Lenksteller
	6	Koppelstange
	7	Lenkgetriebe
10	8	Ritzel
	9	Spurstange
	10	Schaltungsanordnung
	11	Hauptenergiequelle
	12	Diode
15	13	Kondensator
	14	Stromversorgungseinheit
	15	Mikrocontrollereinheit
	16	Trenneinheit
	161	MOSFET
20	162	MOSFET
	17	Zwischenkreiskondensator (auch Hilfsenergiequelle)
	18	MOSFET-Brückenschaltung
	19	Phasentrenneinheit
	20	Elektromotor
25	21	Umrichtereinheit
	22	Bypasszweig
	23	Bypass-Diode
	27	Spule
	30	Abszissenachse
30	31	Ordinatenachse
	32	Ordinatenachse
	33	Ordinatenachse
	40	Versorgungsspannung der Hauptenergiequelle (11)
	41	sprunghafter Versorgungsspannungsabfall
35	42	Spannung am Kondensator (13)

- 43 Unterschreiten der für den Betrieb der Mikrocontrollereinheit (15) notwendigen Spannung
- 44 Zeitintervall des Ladens des Kondensators (13) durch den Zwischenkreiskondensator (17)
- 45 an den Phasenrelais anliegendes Signal
- 46 Wechsel des Signals (45) von H-Pegel zu L-Pegel
- 5 T_1 Zeitpunkt des sprunghaften Spannungsabfalls
- T_2 Zeitpunkt des Unterschreitens der für den Betrieb der Mikrocontrollereinheit (15) notwendigen Spannung
- T_3 Zeitpunkt des Beginns des Ladens des Kondensators (13) durch den Zwischenkreiskondensator (17)
- 10 T_4 Zeitpunkt des Endes des Ladens des Kondensators (13) durch den Zwischenkreiskondensator (17)

Ansprüche

1. Elektromechanisches Lenksystem (1) umfassend eine Lenkwelle (2), über die mittels einer Lenkhandhabe (3) ein Lenkbefehl vorgegeben werden kann, und einen Lenksteller (5) mit
5 einem Elektromotor (20) und mit einer Schaltungsanordnung (10) zum Betreiben des Elektromotors (20), wobei der Lenksteller (5) ausgebildet ist, unter Nutzung des Elektromotors (20) einen Lenkbefehl in eine Lenkbewegung von lenkbaren Rädern (4) eines Kraftfahrzeugs umzusetzen, wobei die Schaltungsanordnung (10) ein Anschlusselement zum Anschluss an eine Spannungsquelle eines Kraftfahrzeugs als Hauptenergiequelle (11)
10 für den Elektromotor (20), eine Trenneinheit (16) zur Trennung einer elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle (11) und dem Elektromotor (20), eine Umrichtereinheit (21), eine Mikrocontrollereinheit (15) zur Einwirkung auf die Umrichtereinheit (21), eine Stromversorgungseinheit (14) für die Mikrocontrollereinheit (15) und eine Hilfsenergiequelle (17) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die
15 Schaltungsanordnung (10) weiter einen Bypasszweig (22) aufweist, wobei bei einer Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle (11) und dem Elektromotor (20) durch die Trenneinheit (16) über den Bypasszweig (22) ein geschlossener Stromkreis umfassend den Elektromotor (20), die Umrichtereinheit (21), die Mikrocontrollereinheit (15), die Stromversorgungseinheit (14) und die Hilfsenergiequelle
20 (17) gebildet ist.
2. Lenksystem (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hilfsenergiequelle (17) ein Kondensator ist.
- 25 3. Lenksystem (1) nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trenneinheit (16) eine Komparatorschaltung umfasst, die von einem Zwischenkreiskondensator im Falle eines Spannungsabfalls der Hauptenergiequelle (11) geschaltet wird, wobei der Zwischenkreiskondensator die Hilfsenergiequelle (17) ist.
- 30 4. Lenksystem (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bypasszweig (22) eine Bypass-Diode (23) aufweist.
5. Lenksystem (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaltungsanordnung (10) einen Versorgungsspeicherkondensator (13) derart
35 umfasst, dass der Versorgungsspeicherkondensator (13) bei einer Trennung der elektrisch

leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle (11) und dem Elektromotor (20) durch die Trenneinheit (16) die Hilfsenergiequelle (17) auflädt.

6. Lenksystem (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lenkwelle (2) derart mit dem Elektromotor (20) verbunden ist, dass im Falle einer Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle (11) und dem Elektromotor (20) durch die Trenneinheit (16), der Elektromotor (20) beim Drehen der Lenkwelle (2) als Generator wirkt.

7. Verfahren zum Betreiben eines elektromechanischen Lenksystems (1) in einem Kraftfahrzeug, insbesondere eines Lenksystems nach einem der Ansprüche 1 bis 6, umfassend eine Lenkwelle (2), über die mittels einer Lenkhandhabe (3) ein Lenkbefehl vorgegeben werden kann, und einen Lenksteller (5) mit einem Elektromotor (20) und einer Schaltungsanordnung (10) zum Betreiben des Elektromotors (20), wobei der Lenksteller (5) ausgebildet ist, unter Nutzung des Elektromotors (20) einen Lenkbefehl in eine Lenkbewegung von lenkbaren Rädern (4) eines Kraftfahrzeugs umzusetzen, wobei die Schaltungsanordnung (10) an eine Spannungsquelle des Kraftfahrzeugs als Hauptenergiequelle (11) angeschlossen ist und eine Trenneinheit (16) zur Trennung einer elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle (11) und dem Elektromotor (20), eine Umrichtereinheit (21), eine Mikrocontrollereinheit (15) zur Einwirkung auf die Umrichtereinheit (21), eine Stromversorgungseinheit (14) für die Mikrocontrollereinheit (15) und eine Hilfsenergiequelle (17) umfasst, wobei im Falle eines sprunghaften Spannungsabfalls an der Hauptenergiequelle (11) die Trenneinheit eine elektrisch leitende Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle (11) und dem Elektromotor (20) trennt, über einen Bypasszweig (22) der Schaltungsanordnung (10) ein geschlossener Stromkreis gebildet wird und die Hilfsenergiequelle (17) in dem geschlossenen Stromkreis die Mikrocontrollereinheit (15) mit Energie versorgt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle (11) und dem Elektromotor (20) ein Kondensator (17) der Schaltungsanordnung (10) von der Hauptenergiequelle (11) schaltungstechnisch getrennt wird, wobei dieser Kondensator (17) nach der Trennung als die Hilfsenergiequelle (17) die Mikrocontrollereinheit (15) mit Energie versorgt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach erfolgter Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle (11) und dem Elektromotor (20) die Lenkwelle (2) über die Lenkhandhabe (3) bewegt wird, wodurch der Elektromotor (20) als Generator wirkt, und der Elektromotor (20) als Generator den Kondensator (17) auflädt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mikrocontrollereinheit (15) den sprunghaften Spannungsabfall detektiert.
- 10 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach erfolgter Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle (11) und dem Elektromotor (20) die Mikrocontrollereinheit (15) die Umrichtereinheit (21) von dem Elektromotor (20) trennt, wenn ein vorbestimmtes Zeitintervall abgelaufen ist.
- 15 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach erfolgter Trennung der elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Hauptenergiequelle (11) und dem Elektromotor (20) die Mikrocontrollereinheit (15) die Umrichtereinheit (21) von dem Elektromotor (20) trennt, wenn ein vorbestimmter Motorstrom unterschritten ist.

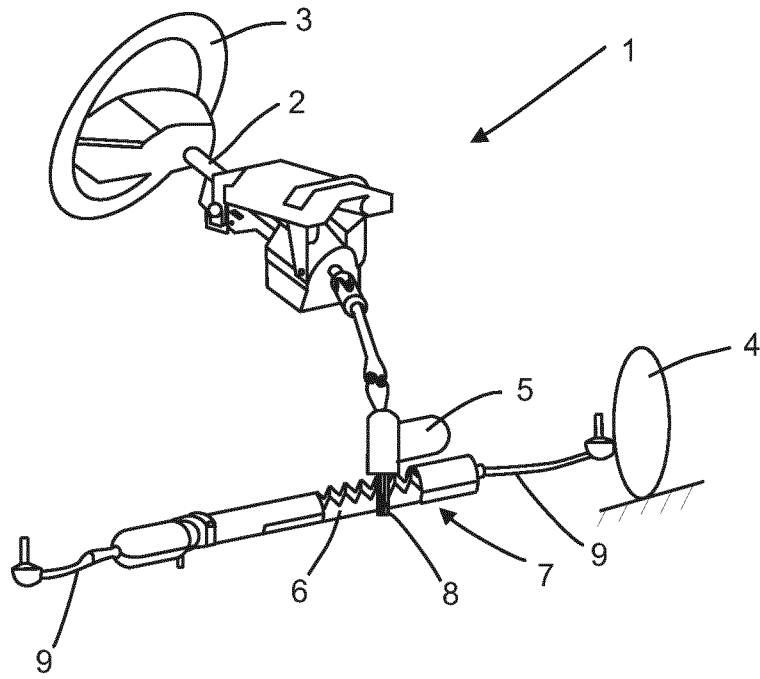


Fig. 1

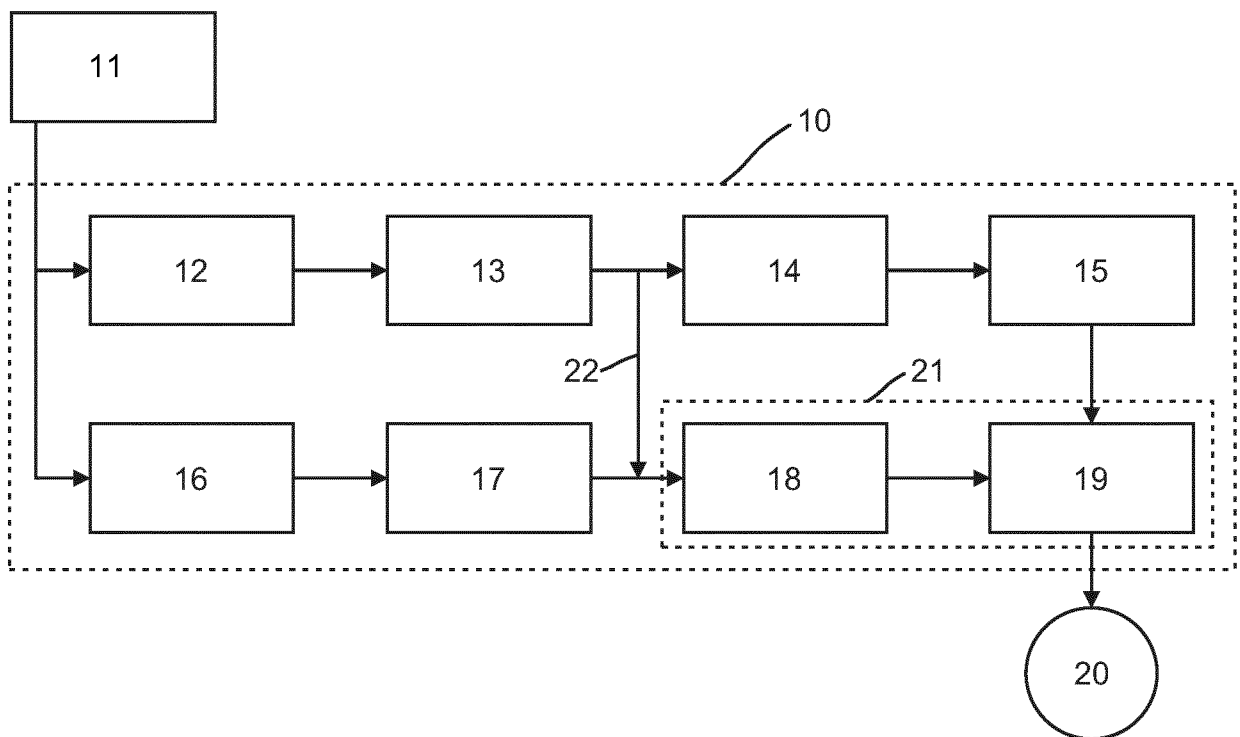


Fig. 2

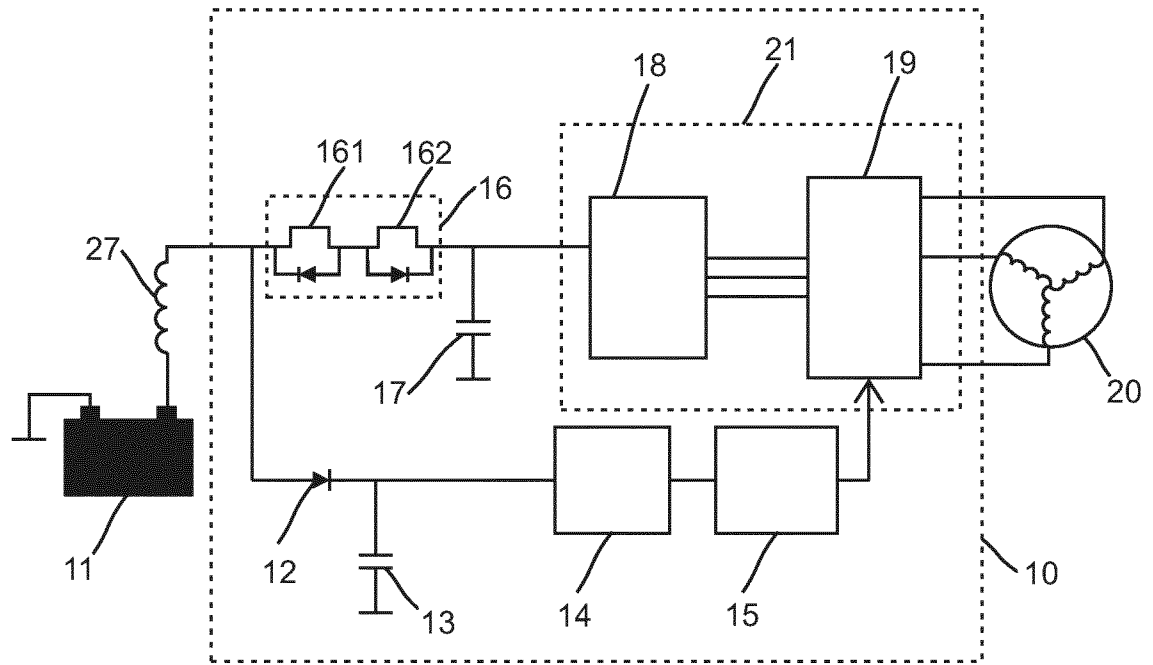


Fig. 3

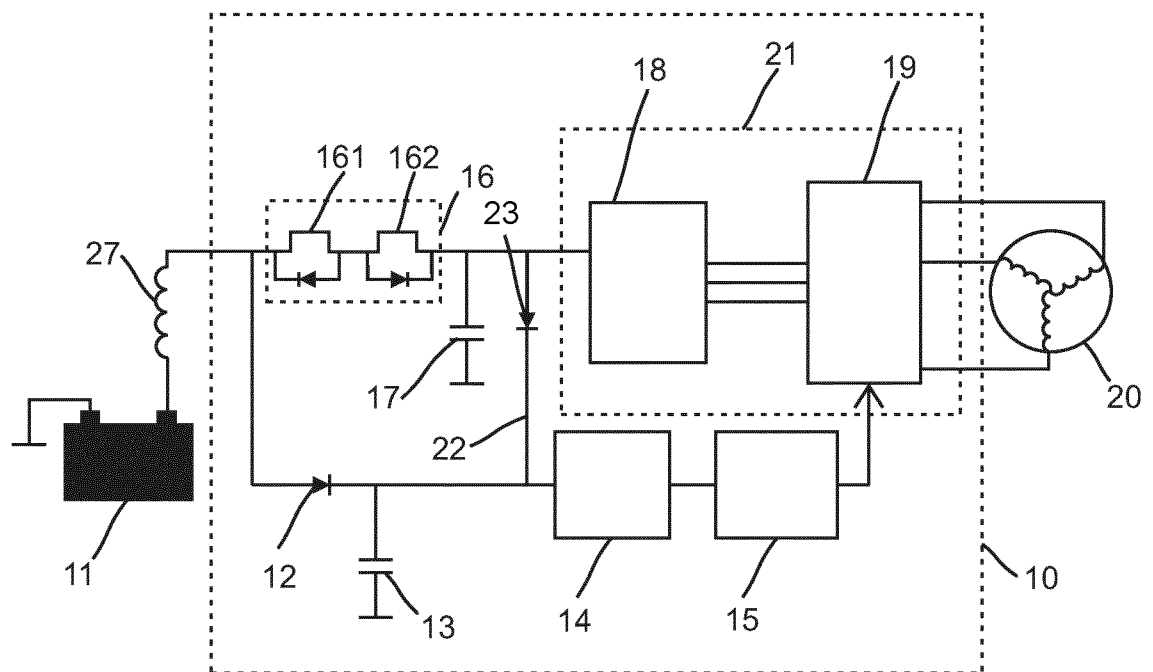


Fig. 4

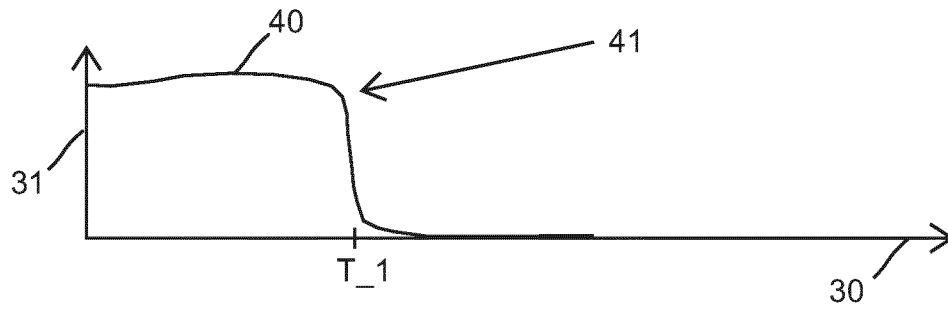


Fig. 5a

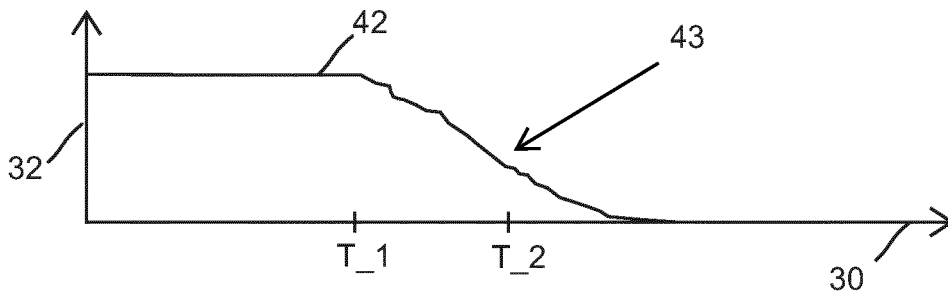


Fig. 5b

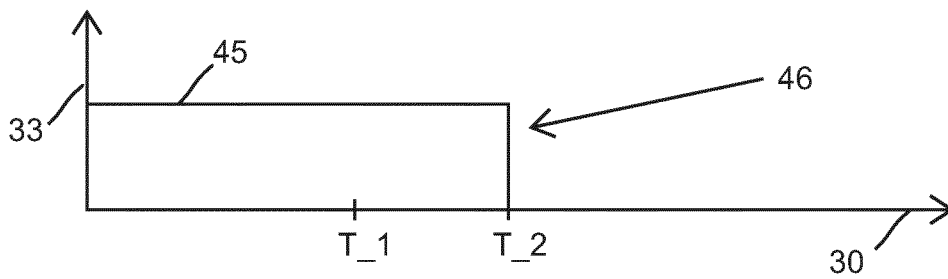


Fig. 5c

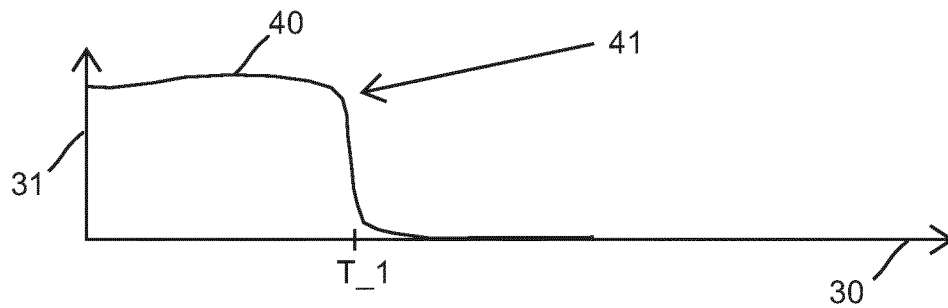


Fig. 6a

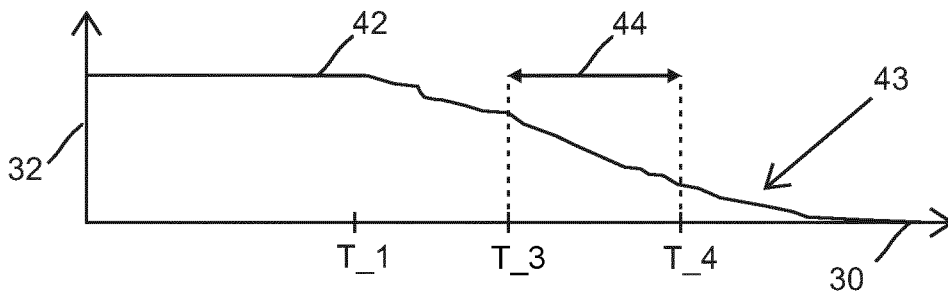


Fig. 6b

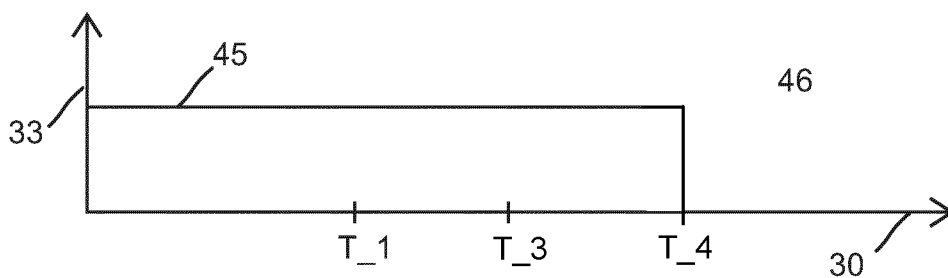


Fig. 6c

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/063025

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B62D 5/04**(2006.01)i

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)

B62D

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 3190698 B1 (NSK LTD [JP]) 19 December 2018 (2018-12-19) paragraph [0011] - paragraph [0012]; figure 1 paragraph [0027] - paragraph [0042]; figure 4	1-12
A	JP 2013224097 A (OMRON AUTOMOTIVE ELECTRONICS) 31 October 2013 (2013-10-31) figure 1	1,7
A	WO 2017045729 A1 (THYSSENKRUPP PRESTA AG [LI]; THYSSENKRUPP AG [DE]) 23 March 2017 (2017-03-23) cited in the application figure 2	1,7

☐ 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

26 August 2022

Date of mailing of the international search report

09 September 2022

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Van Prooijen, Tom

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2022/063025

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	3190698	B1	19 December 2018	CN	107078682	A	18 August 2017
				EP	3190698	A1	12 July 2017
				JP	6137414	B2	31 May 2017
				JP	6308320	B2	11 April 2018
				JP	2017139955	A	10 August 2017
				JP	WO2016035826	A1	27 April 2017
				US	2017297612	A1	19 October 2017
				WO	2016035826	A1	10 March 2016
JP	2013224097	A	31 October 2013	NONE			
WO	2017045729	A1	23 March 2017	CN	107010099	A	04 August 2017
				EP	3144205	A1	22 March 2017
				ES	2672049	T3	12 June 2018
				PL	3144205	T3	28 September 2018
				US	2017080971	A1	23 March 2017
				WO	2017045729	A1	23 March 2017

A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**INV. B62D5/04****ADD.**

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

B62D

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**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 3 190 698 B1 (NSK LTD [JP]) 19. Dezember 2018 (2018-12-19) Absatz [0011] – Absatz [0012]; Abbildung 1 Absatz [0027] – Absatz [0042]; Abbildung 4 -----	1-12
A	JP 2013 224097 A (OMRON AUTOMOTIVE ELECTRONICS) 31. Oktober 2013 (2013-10-31) Abbildung 1 -----	1, 7
A	WO 2017/045729 A1 (THYSSENKRUPP PRESTA AG [LI]; THYSSENKRUPP AG [DE]) 23. März 2017 (2017-03-23) in der Anmeldung erwähnt Abbildung 2 -----	1, 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

26. August 2022

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

09/09/2022

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2

NL - 2280 HV Rijswijk

Tel. (+31-70) 340-2040,

Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Van Prooijen, Tom

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/063025

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 3190698	B1	19-12-2018	CN 107078682 A	18-08-2017
			EP 3190698 A1	12-07-2017
			JP 6137414 B2	31-05-2017
			JP 6308320 B2	11-04-2018
			JP 2017139955 A	10-08-2017
			JP WO2016035826 A1	27-04-2017
			US 2017297612 A1	19-10-2017
			WO 2016035826 A1	10-03-2016

JP 2013224097	A	31-10-2013	KEINE	

WO 2017045729	A1	23-03-2017	CN 107010099 A	04-08-2017
			EP 3144205 A1	22-03-2017
			ES 2672049 T3	12-06-2018
			PL 3144205 T3	28-09-2018
			US 2017080971 A1	23-03-2017
			WO 2017045729 A1	23-03-2017
