

(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
29. Dezember 2022 (29.12.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/268591 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B62D 5/04 (2006.01) H02H 7/122 (2006.01)
H02H 3/08 (2006.01) H02P 27/06 (2006.01)
H02H 3/093 (2006.01) H02P 29/024 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/066253

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. Juni 2022 (15.06.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2021 206 388.8
22. Juni 2021 (22.06.2021) 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: **HORVATH, Gergely**; Kinizsi Pal,8, 6085 Fül-
löpszállás (HU). **VARGA, Tamas**; Csurgói ut 22 A/I/22,
1119 Budapest (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,

(54) Title: CONTROL DEVICE FOR CONTROLLING AN ELECTRIC MOTOR OF A MOTOR VEHICLE STEERING SYSTEM

(54) Bezeichnung: STEUERVORRICHTUNG ZUR ANSTEUERUNG EINES ELEKTROMOTORS EINER
KRAFTFAHRZEUGLENKUNG

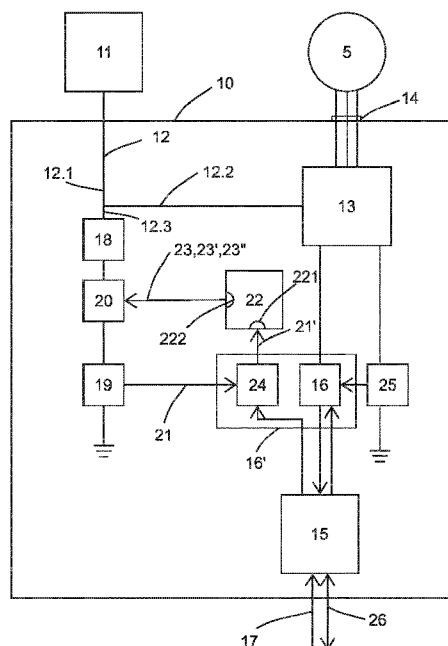


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a control device for controlling an electric motor (5) of a motor vehicle steering system (1), comprising a power supply path (12) for supplying the control device (10) with electric current from a voltage source (11), an inverter (13) connected to the power supply path (12) for the electronically commutated control of the electric motor (5) at an output (14) of the control device (10), a microcontroller (15) and a gate driver unit (16, 16') for controlling the inverter (13) on the basis of a driver's steering input (17), a capacitor (18), connected in parallel to the inverter (13), for stabilizing the supply voltage present in the power supply path (12) during operation of the control device (10), a current measuring device (19) series-connected to the capacitor (18) and a switching device (20) series-connected to the capacitor (18), wherein the control device (10) comprises a separate microcontroller (22) for controlling the switching device (20) and having at least one input (221) and one output (222), wherein a current measurement signal (21, 21') recorded by the current measuring device (19) can be supplied to the input (221) and the microcontroller (22) is designed to output a switching signal (23) at the output (222) on the basis of the current measurement signal (21, 21'), which switching signal can be supplied to the switching device (20).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Steuervorrichtung zur Ansteuerung eines Elektromotors (5) einer Kraftfahrzeuglenkung (1) umfassend einen Stromversorgungspfad (12) zur Versorgung der Steuervorrichtung (10) mit elektrischen Strom aus einer Spannungsquelle (11), einen an den Stromversorgungspfad (12) angeschlossenen Wechselrichter (13) zur elektronisch kommutierten Ansteuerung des Elektromotors (5) an

LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, 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)

einem Ausgang (14) der Steuervorrichtung (10), einen Motorcontroller (15) und eine Gate-Treiber-Einheit (16, 16') zur Ansteuerung des Wechselrichters (13) in Abhängigkeit von einem Fahrerlenkwunsch (17), einen zu dem Wechselrichter (13) parallel geschalteten Kondensator (18) zur Stabilisierung der in dem Stromversorgungspfad (12) im Betrieb der Steuervorrichtung (10) anliegenden Versorgungsspannung, eine zu dem Kondensator (18) in Reihe geschaltete Strommesseinrichtung (19) und eine zu dem Kondensator (19) in Reihe geschaltete Schalteinrichtung (20), wobei die Steuervorrichtung (10) einen separaten Mikrocontroller (22) zur Ansteuerung der Schalteinrichtung (20) mit zumindest einem Eingang (221) und einem Ausgang (222) umfasst, wobei dem Eingang (221) ein durch die Strommesseinrichtung (19) aufgenommenes Strommesssignal (21, 21') zuführbar ist und der Mikrocontroller (22) dazu ausgebildet ist, an dem Ausgang (222) in Abhängigkeit von dem Strommesssignal (21, 21') ein Schaltsignal (23) auszugeben, welches der Schalteinrichtung (20) zuführbar ist.

5

10

Steuervorrichtung zur Ansteuerung eines Elektromotors einer Kraftfahrzeuglenkung

15 Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Steuervorrichtung zur Ansteuerung eines Elektromotors einer Kraftfahrzeuglenkung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

20 Eine gattungsgemäße Steuervorrichtung ist aus DE 10 2019 200 091 A1 bekannt.

Die bekannte Steuervorrichtung weist einen Schutzmechanismus auf, um die Steuervorrichtung im Falle eines Kurzschlusses innerhalb der Steuervorrichtung von der angeschlossenen Spannungsquelle zu trennen. Ein solcher Schutzmechanismus ist insbesondere von Vorteil, wenn die Steuervorrichtung unabhängig vom Stromnetz durch eine mobile Spannungsquelle, wie beispielsweise eine Batterie, gespeist wird. So kann ein Kurzschluss in einem Steuergerät einer Kraftfahrzeuglenkung, zu einem Abfall der Spannung der Fahrzeugbatterie führen und diese innerhalb kurzer Zeit so weit entladen, dass auch die übrigen elektrischen Komponenten des Bordnetzes nicht mehr ordnungsgemäß betrieben werden können.

30

Steuervorrichtungen zur Ansteuerung des Elektromotors eines Lenkstellers einer Kraftfahrzeuglenkung weisen üblicherweise einen Wechselrichter zur phasenrichtigen, elektronischen Kommutierung der von der Spannungsquelle bereitgestellten Gleichspannung auf. Die Steuervorrichtungen umfassen ferner üblicherweise mindestens einen dazu parallel geschalteten Kondensator, um den schnell schwankenden Strombedarf des Wechselrichters zu decken.

35

Fehlerzustände dieser Kondensatoren können zu gravierenden Einschränkungen bei der Bedienbarkeit der Kraftfahrzeuglenkung führen und stellen daher ein nicht unerhebliches Risiko für die Insassen des Fahrzeugs dar. Grundsätzlich sind 3 Fehlerzustände der Kondensatoren denkbar: Kurzschluss, Unterbrechung des Stromkreises und veränderte Kapazität.

40

Während die letzteren beiden Fehlerzustände eine verbleibende Restfunktionalität des Elektromotors zulassen und auch durch die Software des Motorcontrollers leicht detektiert werden können, führt ein Kurzschluss des Kondensators zu einem Blockieren bzw. einem Bremsmoment des Elektromotors, da der Kondensator eine direkte Verbindung zwischen den Polen der Spannungsquelle herstellt und den Elektromotor kurzschließt. Um die Blockierung des Elektromotors aufzuheben und eine Entladung der Fahrzeugbatterie zu verhindern, wird ein Schutzmechanismus in der Steuervorrichtung benötigt, der diese Fehler zu detektieren darauf reagieren kann, indem der betroffene Kondensator durch Öffnen eines Schaltelementes von der Spannungsquelle getrennt wird.

Bei der Auswahl des Schaltelements und dessen Ansteuerung ist zu berücksichtigen, dass die entstehenden Kurzschlussströme innerhalb von einem Zeitraum von etwa 100 µs eine Größenordnung von 1000 A erreichen können. Es können daher entweder Schaltelemente Verwendung finden, die für derart große Ströme ausgelegt sind, oder es muss durch die Ansteuerung der Schaltelemente sichergestellt werden, dass das Schaltelement öffnet, bevor der Kurzschlussstrom den maximalen Schaltstrom des Schaltelements übersteigt. Beispielsweise können MOSFETs nicht mehr geöffnet werden sobald der Kurzschlussstrom den Lawinenstrompegel des MOSFETs übersteigt.

In DE 10 2019 200 091 A1 werden MOSFETs oder IGBTs als Schaltelement eingesetzt. Um eine ausreichend schnelle Ansteuerung der Schaltelemente zu gewährleisten, ist die Ansteuerung des Schaltelements als hartverdrahtete Schaltung aus Einzelbauelementen realisiert. Nachteilig sind die hohe Komplexität und der Platzbedarf dieser Schaltung bei der Herstellung, sowie die geringe Flexibilität im Betrieb hartverdrahteter Steuerschaltungen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Steuervorrichtung zur Ansteuerung eines Elektromotors einer Kraftfahrzeuglenkung anzugeben, die reaktionsschnell und flexibel den Stromfluss in einem zu dem Wechselrichter der Steuervorrichtung parallel geschalteten Kondensator überwachen kann und zugleich einfach und kompakt aufgebaut ist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Steuervorrichtung zur Ansteuerung eines Elektromotors einer Kraftfahrzeuglenkung mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

Hierdurch wird eine Steuervorrichtung zur Ansteuerung eines Elektromotors einer Kraftfahrzeuglenkung geschaffen, die einen Stromversorgungspfad zur Versorgung der Steuervorrichtung mit elektrischem Strom aus einer Spannungsquelle, einen an den Stromversorgungspfad angeschlossenen Wechselrichter zur elektronisch kommutierten Ansteuerung des

Elektromotors an einem Ausgangsanschluss der Steuervorrichtung und einen Motorcontroller sowie eine Gate-Treiber-Einheit zur Ansteuerung des Wechselrichters in Abhängigkeit von einem Fahrerlenkwunsch umfasst. Die Steuervorrichtung weist ferner einen zu dem Wechselrichter parallel geschalteten Kondensator zur Stabilisierung der in dem Stromversorgungs-
5 versorgungspfad im Betrieb der Steuervorrichtung anliegenden Versorgungsspannung, eine zu dem Kondensator in Reihe geschaltete Strommesseinrichtung und eine zu dem Kondensator in Reihe geschaltete Schalteinrichtung auf. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Steuervorrichtung ferner einen separaten Mikrocontroller zur Ansteuerung der Schalteinrichtung mit zumindest einem Eingang und einem Ausgang umfasst, wobei dem Eingang ein durch
10 die Strommesseinrichtung aufgenommenes Strommesssignal zuführbar ist. Der Mikrocontroller ist dazu ausgebildet, an dem Ausgang in Abhängigkeit von dem Strommesssignal ein Schaltsignal auszugeben, welches der Schalteinrichtung zuführbar ist.

Durch das Vorsehen eines dezidierten Mikrocontrollers für die Ansteuerung der Schalteinrichtung ist es möglich, eine ausreichend geringe Reaktionszeit der Steuervorrichtung sicherzustellen, um einen Kurzschlussstrom durch den Kondensator im Fehlerfall frühzeitig zu unterbrechen. Gleichzeitig wird die Anzahl zusätzlich erforderlicher Einzelbauelemente für die Ansteuerung der Schalteinrichtung deutlich reduziert. Die Verwendung des gesonderten Mikrocontrollers für die Ansteuerung der Schalteinrichtung weist gegenüber einer Implementierung derselben Funktionalität innerhalb des Motorcontrollers ferner den Vorteil auf, dass
20 eine Anpassung der Leistungsfähigkeit des Motorcontrollers zur Sicherstellung der für die zuverlässige Unterbrechung der Kurzschlussströme erforderlichen Reaktionszeit, entfällt. Durch die Möglichkeit einer softwareseitigen Modifikation der Signalverarbeitung im Mikrocontroller sind zudem flexible Betriebsszenarien für die Stromüberwachung im Kondensator, beispielsweise eine Strombegrenzung während eines Einschaltvorgangs realisierbar.
25

Vorzugsweise wird die Schalteinrichtung in der erfindungsgemäßen Steuervorrichtung durch ein Halbleiter-Schaltelement, wie beispielsweise ein MOSFET oder IGBT, gebildet.

30 In bevorzugten Ausführungsformen weist der Mikrocontroller eine geringere Verarbeitungsbreite und/oder eine geringere Taktzeit auf als der Motorcontroller. Zur Erfüllung der Aufgabe, den Stromfluss im Kondensator zu überwachen, kann bereits ein Mikrocontroller mit einer im Vergleich zum Motorcontroller geringeren Verarbeitungsbreite, von beispielsweise 8 Bit, eingesetzt werden. Die geringere Verarbeitungsbreite ermöglicht geringere Taktzeiten
35 bei vergleichsweise einfachem Chip-Design. Durch den Einsatz eines solchen Mikrocontrollers wird daher eine schnellere, einfachere und robustere Überwachung der Kondensatorströme in der Steuervorrichtung erreicht.

In bevorzugten Ausführungsformen ist der Mikrocontroller dazu ausgebildet, als Schaltsignal einen Öffnungsbefehl an die Schalteinrichtung auszugeben, wenn das Strommesssignal einen vorgebbaren Schwellenwert überschreitet. In diesen Ausführungsformen ist eine Überwachung auf Kurzschlussfehler des Kondensators in der Steuervorrichtung implementiert. Vorteilhaft ist, dass der Schwellenwert durch die Verwendung eines Mikrocontrollers, beispielsweise softwareseitig, anpassbar sein kann. So kann der Schwellenwert beispielsweise durch den Motorcontroller vorgebar sein. Durch Vorgabe eines sehr hohen bzw. unendlichen Schwellenwertes kann die Kurzschlussüberwachung beispielsweise auch temporär ausgeschaltet werden.

Insbesondere ist es bevorzugt, wenn der Mikrocontroller dazu ausgebildet ist, vor der Ausgabe des Öffnungsbefehls die Überschreitung des Schwellenwertes anhand von mindestens zwei aufeinander folgenden Auswertungen des Strommesssignals festzustellen. Beispielsweise kann eine Filterung von Störimpulsen vorgesehen sein, die bevorzugt auf Basis von zwei bis fünf Auswertungen des Strommesssignals erfolgt. Auf diese Weise können zufällige temporäre Überschreitungen des Schwellenwertes von echten Fehlerereignissen unterschieden werden, wodurch die Robustheit der Steuerung erhöht ist.

Vorzugsweise ist der Mikrocontroller mit einer Reaktionszeit für die Ausgabe des Öffnungsbefehls ausgebildet, die kleiner als 20 μ s, bevorzugt kleiner als 15 μ s, ist. Durch das Vorsehen einer Reaktionszeit in diesem Bereich wird sichergestellt, dass noch keine nennenswerte Entladung der Spannungsquelle und/oder Blockierung des Elektromotors erfolgt. Ferner ist eine solche Reaktionszeit in Verbindung mit MOSFETs als Schaltelementen vorteilhaft, da der Kurzschlussstrom in dieser Reaktionszeit regelmäßig noch nicht zum Eintritt eines Lawineneffekts im MOSFET ausreicht.

In bevorzugten Ausführungsformen ist der Strommessenrichtung und dem Mikrocontroller ein Signalverstärker zur Verstärkung des Strommesssignals zwischengeschaltet. Durch eine angepasste Verstärkung des Strommesssignals kann ein verstärktes Strommesssignal erzeugt werden, dass einem zulässigen Spannungsbereich am Eingang des Mikrocontrollers angepasst ist.

Besonders bevorzugt ist der Signalverstärker in der Gate-Treiber-Einheit angeordnet. Dadurch werden vorhandene Bauteil-Funktionalitäten der Gate-Treiber-Einheit vorteilhaft ausgenutzt und die Anzahl zusätzlicher Einzelbauteile verringert. Die Robustheit der Steuervorrichtung wird weiter erhöht.

Vorzugsweise ist ferner mindestens ein Verstärkungsparameter des Signalverstärkers durch den Motorcontroller einstellbar. Beispielsweise kann die Verstärkung des Signalverstärkers im Rahmen eines Funktionstests der Kurzschlussüberwachung erhöht werden, um zu erreichen, dass der Mikrocontroller schon bei gewöhnlichen Ladeströmen des Kondensators ein Schaltsignal an die Schalteinrichtung ausgibt. Ein solcher Funktionstest kann beispielsweise beim Einschalten der Steuervorrichtung durchgeführt werden.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich, wenn der Mikrocontroller dazu ausgebildet ist, als Schaltsignal ein pulsweitenmoduliertes Signal an die Schalteinrichtung auszugeben, um einen Stromfluss im Kondensator zu begrenzen. Auch bei normaler Funktion des Kondensators entstehen, insbesondere beim Einschalten der Kraftfahrzeuglenkung, hohe Ladeströme am Kondensator. Diese hohen Ströme können im Laufe der Zeit Schäden oder Alterungserscheinungen am Kondensator verursachen, die die Lebensdauer des Kondensators reduzieren. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, den Stromfluss im Kondensator mittels eines pulsweitenmodulierten Schaltsignals zu begrenzen. Beispielsweise kann der Mikrocontroller die Schalteinrichtung nach dem Einschalten der Kraftfahrzeuglenkung für einen vorbestimmten Zeitraum mit einem pulsweitenmodulierten Schaltsignal mit vorgegebenem Tastgrad beaufschlagen, um den Einschaltstrom zu begrenzen. Alternativ oder zusätzlich ist auch eine Regelung des Kondensatorstroms durch Anpassung des Tastgrads des pulsweitenmodulierten Signals abhängig von einer Abweichung des Strommesssignals von einem Sollwert denkbar.

In einigen Ausführungsformen liegen die Einschaltdauern des pulsweitenmodulierten Signals im Bereich von 5 μ s bis 75 μ s, bevorzugt im Bereich von 10 μ s bis 60 μ s, besonders bevorzugt im Bereich von 20 μ s bis 50 μ s.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung und den Unteransprüchen zu entnehmen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in den beigefügten Abbildungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Kraftfahrzeuglenkung mit einer erfindungsgemäßen elektronischen Steuervorrichtung zur Ansteuerung eines Elektromotors des Lenkstellers der Kraftfahrzeuglenkung,

Fig. 2 zeigt schematisch den Aufbau der Steuervorrichtung gemäß Fig. 1 in einer Detaildarstellung,

Fig. 3 zeigt schematisch Zeitverläufe von in der Steuervorrichtung während eines Kurzschlussfehlers des Kondensators auftretenden Strömen und Spannungen.

In **Fig. 1** ist schematisch der Aufbau einer Kraftfahrzeuglenkung 1 gezeigt. Die Kraftfahrzeuglenkung 1 weist ein als Lenkrad ausgebildetes Lenkeingabemittel 3 auf, welches über eine Lenkwelle 2 mit einem Lenkeingabesensor 4 verbunden ist. Der Lenkeingabesensor 4 ist zur Bestimmung eines vom Fahrer eingegebenen Fahrerlenkwunsches 17 ausgebildet. Der Fahrerlenkwunsch 17 wird beispielsweise anhand des Lenkradwinkels und/oder Lenkmoments bestimmt. Die Lenkwelle 2 erstreckt sich bis zu einem Lenkgetriebe 7, in welchem die Lenkeingabe in eine entsprechende Translation einer Zahnstange 6 umgesetzt wird. Die Translationen der Zahnstange 6 werden über Spurstangen 9 auf gelenkte Räder 8 übertragen, um den durch die Lenkeingabe vorgegebenen Radlenkwinkel der Räder 8 einzustellen. Zur Unterstützung bei der Einstellung des gewünschten Radlenkwinkels greift ein Elektromotor 5 als Lenksteller an der Lenkwelle 2 – oder in alternativen Ausführungsformen an der Zahnstange – an. Der Elektromotor 5 wird in Abhängigkeit von dem vom Lenkeingabesensor 4 aufgenommenen Fahrerlenkwunsch 17 durch eine erfindungsgemäße Steuervorrichtung 10 angesteuert.

Die Steuervorrichtung 10 ist mit einer Spannungsquelle 11 zur Stromversorgung verbunden. Die Spannungsquelle 11 ist in der Regel als eine Fahrzeugbatterie ausgebildet. Zur Kommunikation mit einer übergeordneten Fahrzeugsteuerung und/oder anderen Fahrzeugkomponenten kann eine weitere Eingangsleitung an der Steuervorrichtung 10 vorgesehen sein, die beispielsweise als ein Fahrzeugbus 26 ausgebildet sein kann. Auch die Übertragung des Fahrerlenkwunsches 17 an die Steuervorrichtung kann alternativ oder zusätzlich über einen Fahrzeugbus erfolgen.

In **Fig. 1** ist beispielhaft eine elektromechanische Kraftfahrzeuglenkung dargestellt. Es versteht sich, dass die Erfindung in gleicher Weise auch in anderen Fahrzeuglenkungen, beispielsweise einer Steer-by-Wire-Lenkung eingesetzt werden kann.

Fig. 2 zeigt schematisch den Aufbau der Steuervorrichtung 10 zur Ansteuerung des Elektromotors 5 der Kraftfahrzeuglenkung 1 (vgl. **Fig. 1**). Diese Steuervorrichtung 10 umfasst einen

Stromversorgungspfad 12 zur Versorgung der Steuervorrichtung 10 mit elektrischen Strom aus der Spannungsquelle 11.

Der Stromversorgungspfad 12 weist einen mit der Spannungsquelle 11 verbundenen Hauptzweig 12.1 auf, der sich in einen Wechselrichter-Zweig 12.2 zur Versorgung eines an den Stromversorgungspfad 12 angeschlossenen Wechselrichter 13 und einen Kondensator-Zweig 12.3 verzweigt, welcher einen zu dem Wechselrichter 13 parallel geschalteten Kondensator 18 versorgt.

Der Wechselrichter 13 ist vorgesehen zur elektronisch kommutierten Ansteuerung des Elektromotors 5, der an einem Ausgangsanschluss 14 der Steuervorrichtung 10 anschließbar ist. Zur Ansteuerung des Wechselrichters 13 in Abhängigkeit von dem Fahrerlenkwunsch 26 umfasst die Steuervorrichtung einen, üblicherweise als Mikrocontroller ausgebildeten, Motorcontroller 15 und eine Gate-Treiber-Einheit 16.

Die Gate-Treiber-Einheit 16 dient der Ansteuerung von Schaltelementen im Wechselrichter in Abhängigkeit von Vorgaben des Motorcontrollers 15. Die Schaltelemente im Wechselrichter sind typischerweise als MOSFETs ausgebildet, zu deren Schaltung die jeweilige Gate-Elektrode umgeladen werden muss. Die Gate-Treiber-Einheit 16 beaufschlagt die Schaltelemente hierfür zum vorgesehenen Schaltzeitpunkt mit den erforderlichen Spannungen/Strömen. Ferner umfasst die Gate-Treiber-Einheit 16 vorzugsweise zumindest eine Signalverarbeitungseinrichtung, um Strommesssignale einer Strommeseinrichtung 25 aufzunehmen, welche die durch die Phasen des Elektromotors fließenden Ströme erfasst. Die verarbeiteten Strommesssignale werden dem Motorcontroller 15 für die Motorsteuerung zur Verfügung gestellt.

Der Kondensator 18 dient zur Stabilisierung der in dem Stromversorgungspfad 12 im Betrieb der Steuervorrichtung 10 anliegenden Versorgungsspannung. Zu dem Kondensator 18 in Reihe geschaltet sind eine Strommeseinrichtung 19 und eine Schalteinrichtung 20. Die Schalteinrichtung 20 ist vorzugsweise durch ein MOSFET oder IGBT gebildet. Die Strommeseinrichtung ist beispielsweise als ein Shunt-Widerstand ausgebildet.

In Fig. 2 ist die Schalteinrichtung 20 im Kondensator-Zweig 12.3 dem Kondensator 18 nachgeordnet. Es versteht sich, dass die Schalteinrichtung 20 in anderen Ausführungsbeispielen der Erfindung an einer beliebigen anderen Stelle im Kondensator-Zweig 12.3 oder auch im Hauptzweig 12.1 angeordnet sein kann.

Zur Ansteuerung der Schalteinrichtung 20 weist die Steuervorrichtung 10 einen separaten, von dem Motorcontroller 15 unabhängigen Mikrocontroller 22 auf. Der Mikrocontroller 22 hat zumindest einen Eingang 221 und einen Ausgang 222. Dem Eingang 221 ist ein durch die Strommesseinrichtung 19 aufgenommenes Strommesssignal 21' zuführbar. Der Mikrocontroller 22 ist ferner dazu ausgebildet, an seinem Ausgang 222 in Abhängigkeit von dem Strommesssignal 21' ein Schaltsignal 23 auszugeben, welches der Schalteinrichtung 20 zuführbar ist.

In dem dargestellten Ausführungsführungsbeispiel ist der Strommesseinrichtung 19 und dem Mikrocontroller 22 ein Signalverstärker 24 zur Verstärkung des Strommesssignals 21 zwischengeschaltet. Das von dem Signalverstärker 24 verstärkte Strommesssignal 21' wird somit dem Mikrocontroller 22 zugeführt. In alternativen Ausführungsformen ist es aber auch denkbar, dass Strommesssignal 21 unmittelbar dem Mikrocontroller 22 zuzuführen. Auf einen Signalverstärker kann dann entweder verzichtet werden, oder dessen Funktionalität kann in die Strommesseinrichtung 19 bzw. in den Mikrocontroller 22 integriert sein.

Besonders bevorzugt ist die Anordnung gemäß Fig. 2, bei der der Signalverstärker 24 in der Gate-Treiber-Einheit 16' angeordnet ist. Übliche Gate-Treiber-Einheiten 16, 16' weisen zur Signalverarbeitung der Strommesssignale der Strommesseinheit 25 ohnehin mehrere Signalverstärker auf. Von diesen in der Gate-Treiber-Einheit 16' vorhandenen Signalverstärkern kann einer ausgewählter Signalverstärker 24 verwendet werden, um das Strommesssignal 21 zu verstärken. Auf diese Weise wird ein sehr robustes Design mit wenigen zusätzlichen Einzelbauteilen erreicht.

Mindestens ein Verstärkungsparameter des Signalverstärkers 24 kann durch den Motorcontroller 15 einstellbar sein. Beispielsweise kann der Verstärkungsfaktor und/oder der Offset des Signalverstärkers 24 einstellbar sein. Für die Bereitstellung der Verstärkungsparameter ist in Fig. 2 eine Signalleitung von dem Motorcontroller 15 zu dem Signalverstärker 24 vorgesehen.

Vorzugsweise weist der Mikrocontroller 22 eine geringere Verarbeitungsbreite, von beispielsweise 8- oder 16-Bit, und/oder eine geringere Taktzeit auf als der Motorcontroller 15. Für die Steuerung des Elektromotors 5 ist üblicherweise eine Taktzeit von 250 µs für den Motorcontroller 15 ausreichend, während eine solche Taktzeit keine ausreichend geringe Reaktionszeit bei der Überwachung des Kondensatorstroms gewährleisten kann. Durch die Verwendung eines separaten Mikrocontrollers 22 für die Überwachung des Kondensatorstroms kann demnach mit Hilfe von einfachen elektronischen Bauteilen auf eine aufwändige

Leistungssteigerung des Motorcontrollers 15 verzichtet werden. Der separate Mikrocontroller 22 reduziert die Belastung des Motorcontrollers 15, so dass dieser bei der Motorsteuerung engeren zeitlichen Toleranzbereichen genügt.

- 5 In **Fig. 3** sind verschiedene simulierte Messsignale im Betrieb der erfindungsgemäßen Steuervorrichtung 10 beim Auftreten eines Kurzschlussfehlers im Kondensator 18 dargestellt.

Fig. 3 bezieht sich auf ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Steuervorrichtung 10, bei der der Mikrocontroller 22 dazu ausgebildet ist, als Schaltsignal 23 einen Öffnungsbe-
10 fehl 23' an die Schalteinrichtung 20 auszugeben, wenn das Strommesssignal 21, 21' einen vorgebbaren Schwellenwert S überschreitet. In der obersten Zeile von Fig. 3 ist ein Kurzschlussignal SC dargestellt, welches durch einen Rechteckpuls die Dauer des simulierten Kurzschlusses im Kondensator 18 vom Zeitpunkt t1 bis zum Zeitpunkt t4 veranschaulicht. In der zweiten Zeile ist ein Gesamtstrom I1 gezeigt, der im Hauptzweig 12.1 des Stromversor-
15 gungspfad es fließt. Dieser Gesamtstrom I1 setzt sich zusammen aus einem im Wechselrichter-Zweig 12.2 fließenden Strom (nicht dargestellt) und einen im Kondensator-Zweig 12.3 fließenden Strom I2, welche in der dritten Zeile von Fig. 3 aufgetragen ist. In der untersten Zeile von Fig.3 ist schließlich die Source-Drain-Spannung am Schaltelement 19 aufgetragen.

20 Wie in Fig. 3 erkennbar wird durch den Kurzschluss zum Zeitpunkt t1 ein rasant ansteigender Strom I2 im Kondensator-Zweig 12.3 verursacht, der zum Zeitpunkt t2 erstmals den vorgegebenen Schwellenwert S übersteigt. Der Mikrocontroller 22 ist mit einer Reaktionszeit T ausgebildet, nach deren Ablauf im Zeitpunkt t3 ein Öffnungsbefehl 23' ausgegeben wird, der die Schalteinrichtung 20 öffnet. Nach dem Öffnen der Schalteinrichtung 20 im Zeitpunkt t3
25 fallen die Ströme I1 und I2 – aufgrund der im Schaltkreis vorhandenen (Rest-)Kapazitäten und Induktivitäten oszillierend – ab.

Die Reaktionszeit T ist vorzugsweise kleiner als 20 μ s, bevorzugt kleiner als 15 μ s. In einem solchen Zeitraum erreicht ein Kurzschlussstrom im Kondensator-Zweig 12.3 üblicherweise
30 eine Größenordnung von etwa 100 A. Derartige Ströme können noch mit Halbleiter-Schaltelementen 20 wie beispielsweise MOSFETs unterbrochen werden, ohne dass ein Lawinen-Effekt eintritt.

Der Mikrocontroller 22 ist vorzugsweise dazu ausgebildet, vor der Ausgabe des Öffnungsbefehls 23' die Überschreitung des Schwellenwertes S anhand von mindestens zwei aufeinander folgenden Auswertungen des Strommesssignals 21, 21' festzustellen. Der Mikrocontroller 22 nimmt daher in der Reaktionszeit T vorzugsweise zwei bis fünf Messwert-Abtastungen

35

des Strommesssignals 21' vor und stellt beispielsweise durch ein Glitch-Filter fest, ob die Überschreitung des Schwellenwertes S aufgrund eines wahren Fehlerereignisses eingetreten ist. Die Auswertung des Strommesssignals 21, 21' und/oder die Reaktionszeit T können über die Software des Mikrocontrollers 22 anpassbar sein. Sofern eine wahre Fehlerursache angenommen werden muss, wird der Öffnungsbefehl 23' ausgegeben.

Der Mikrocontroller 22 kann ferner dazu ausgebildet seine, als Schaltsignal 23 ein pulsweitenmoduliertes Signal 23'' an die Schalteinrichtung 20 auszugeben, um einen Stromfluss im Kondensator 18 zu begrenzen. Die Einschaltdauern des pulsweitenmodulierten Signals 23'' können im Bereich von 5 μ s bis 75 μ s, bevorzugt im Bereich von 10 μ s bis 60 μ s, besonders bevorzugt im Bereich von 20 μ s bis 50 μ s liegen. Die Ausschaltdauern können im Bereich von 100 μ s liegen. Das Einschaltmuster des pulsweitenmodulierten Signals 23'' kann über die Software des Mikrocontrollers 22 anpassbar sein.

Die Verwendung eines pulsweitenmodulierten Signals 23'' zur Begrenzung des Kondensatorstroms kann Fehlerzustände im Kondensator 18 verhindern und die von der Spannungsquelle 11 bereitgestellte Spannung insbesondere während eines Einschaltvorgangs der Steuervorrichtung 10 stabilisieren. Derartige Spannungsschwankungen können andernfalls zu Störungen, wie beispielsweise einem Neustart des Motorcontrollers führen.

Bezugszeichenliste

- 1 Kraftfahrzeuglenkung
- 2 Lenkwelle
- 3 Lenkeingabemittel
- 4 Lenkeingabesensor
- 5 Elektromotor
- 6 Zahnstange
- 7 Lenkgetriebe
- 8 Räder
- 9 Spurstangen
- 10 Steuervorrichtung
- 11 Spannungsquelle
- 12 Stromversorgungspfad
- 12.1 Hauptzweig
- 12.2 Wechselrichter-Zweig
- 12.3 Kondensator-Zweig
- 13 Wechselrichter
- 14 Ausgangsanschluss
- 15 Motorcontroller
- 16, 16' Gate-Treiber-Einheit
- 17 Fahrerlenkwunsch
- 18 Kondensator
- 19 Strommesseinrichtung
- 20 Schalteinrichtung
- 21 Strommesssignal
- 21' verstärktes Strommesssignal
- 22 Mikrocontroller
- 23 Schaltsignal
- 23' Öffnungsbefehl
- 23'' pulswidenmoduliertes Signal
- 24 Signalverstärker
- 25 Strommesseinrichtung
- 26 Fahrzeugbus
- 221 Eingang des Mikrocontrollers
- 222 Ausgang des Mikrocontrollers

SC	Kurzschlussignal
I1	Gesamtstrom im Hauptzweig
I2	Strom im Kondensator-Zweig
U	Spannung an der Schalteinrichtung
T	Reaktionszeit

Patentansprüche

1. Steuervorrichtung zur Ansteuerung eines Elektromotors (5) einer Kraftfahrzeuglenkung (1) umfassend
 - einen Stromversorgungspfad (12) zur Versorgung der Steuervorrichtung (10) mit elektrischen Strom aus einer Spannungsquelle (11),
 - einen an den Stromversorgungspfad (12) angeschlossenen Wechselrichter (13) zur elektronisch kommutierten Ansteuerung des Elektromotors (5) an einem Ausgangsanschluss (14) der Steuervorrichtung (10),
 - einen Motorcontroller (15) und eine Gate-Treiber-Einheit (16, 16') zur Ansteuerung des Wechselrichters (13) in Abhängigkeit von einem Fahrerlenkwunsch (17),
 - einen zu dem Wechselrichter (13) parallel geschalteten Kondensator (18) zur Stabilisierung der in dem Stromversorgungspfad (12) im Betrieb der Steuervorrichtung (10) anliegenden Versorgungsspannung,
 - eine zu dem Kondensator (18) in Reihe geschaltete Strommesseinrichtung (19) und
 - eine zu dem Kondensator (18) in Reihe geschaltete Schalteinrichtung (20),
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung (10) einen separaten Mikrocontroller (22) zur Ansteuerung der Schalteinrichtung (20) mit zumindest einem Eingang (221) und einem Ausgang (222) umfasst, wobei dem Eingang (221) ein durch die Strommesseinrichtung (19) aufgenommenes Strommesssignal (21, 21') zuführbar ist und der Mikrocontroller (22) dazu ausgebildet ist, an dem Ausgang (222) in Abhängigkeit von dem Strommesssignal (21, 21') ein Schaltsignal (23) auszugeben, welches der Schalteinrichtung (20) zuführbar ist.
2. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mikrocontroller (22) eine geringere Verarbeitungsbreite und/oder eine geringere Taktzeit aufweist als der Motorcontroller (15).
3. Steuervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mikrocontroller (22) dazu ausgebildet ist, als Schaltsignal (23) einen Öffnungsbefehl (23') an die Schalteinrichtung (20) auszugeben, wenn das Strommesssignal (21, 21') einen vorgebbaren Schwellenwert (S) überschreitet.
4. Steuervorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mikrocontroller (22) dazu ausgebildet ist, vor der Ausgabe des Öffnungsbefehls (23') die Über-

schreitung des Schwellenwertes (S) anhand von mindestens zwei aufeinander folgenden Auswertungen des Strommesssignals (21, 21') festzustellen.

5. Steuervorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mikrocontroller (22) mit einer Reaktionszeit (T) für die Ausgabe des Öffnungsbefehls (23') ausgebildet ist, die kleiner als 20 μ s, bevorzugt kleiner als 15 μ s, ist.
6. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strommesseinrichtung (19) und dem Mikrocontroller (22) ein Signalverstärker (24) zur Verstärkung des Strommesssignals (21) zwischengeschaltet ist.
7. Steuervorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Signalverstärker (24) in der Gate-Treiber-Einheit (16') angeordnet ist.
8. Steuervorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Verstärkungsparameter des Signalverstärkers (24) durch den Motorcontroller (15) einstellbar ist.
9. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mikrocontroller (22) dazu ausgebildet ist, als Schaltsignal (23) ein pulsweitenmoduliertes Signal (23'') an die Schalteinrichtung (20) auszugeben, um einen Stromfluss im Kondensator (18) zu begrenzen.
10. Steuervorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** Einschaltdauern des pulsweitenmodulierten Signals (23'') im Bereich von 5 μ s bis 75 μ s, bevorzugt im Bereich von 10 μ s bis 60 μ s, besonders bevorzugt im Bereich von 20 μ s bis 50 μ s liegen.

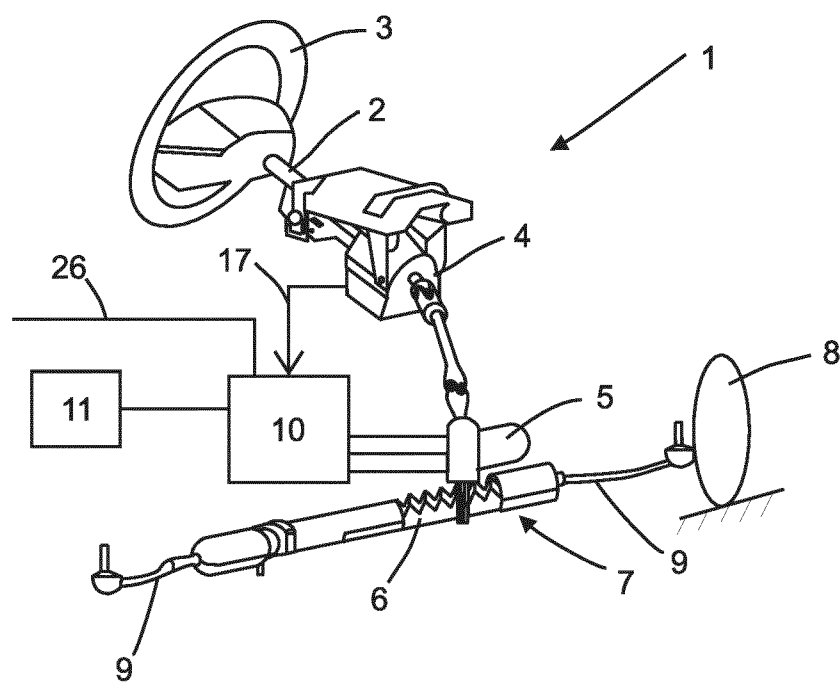


Fig. 1

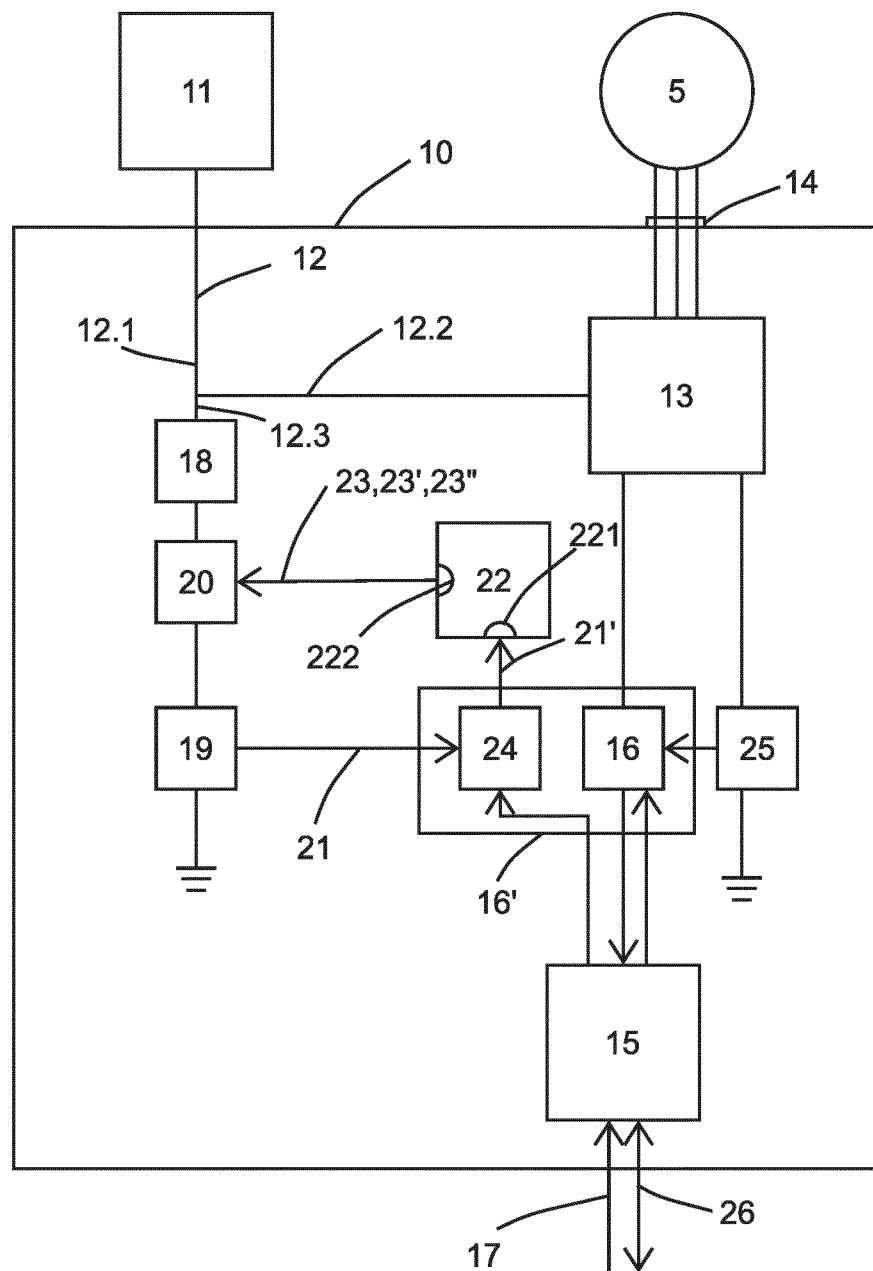


Fig. 2

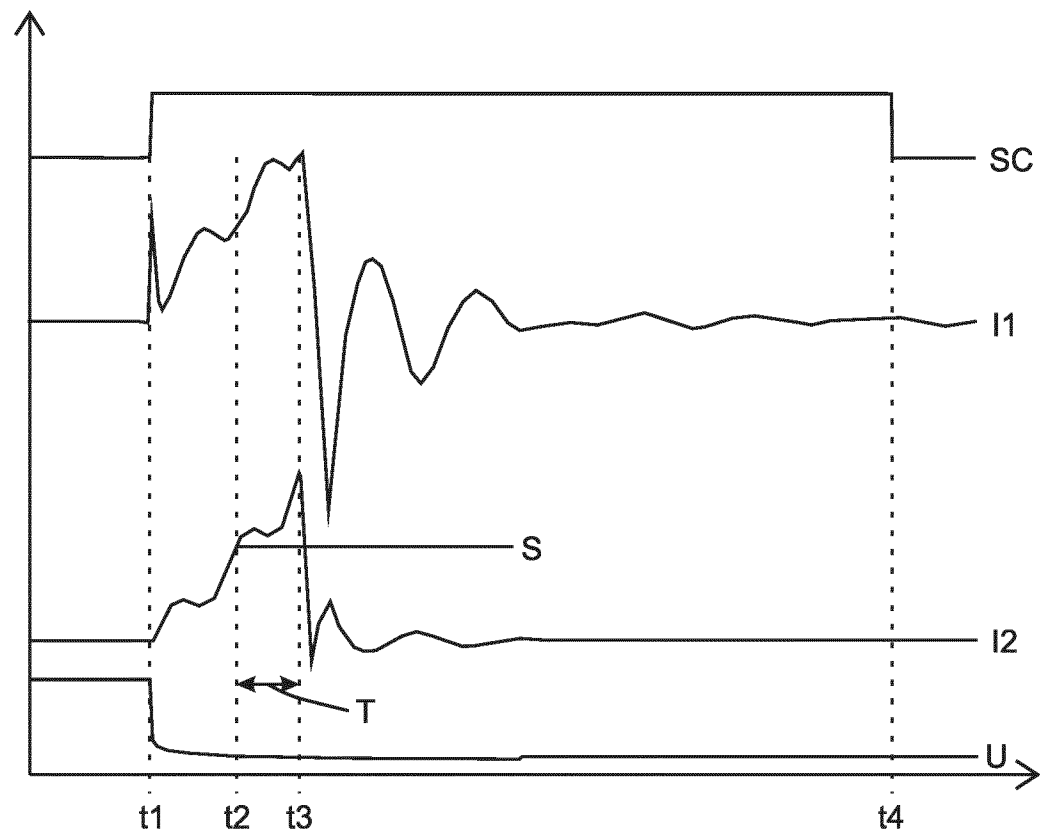


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/066253**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****B62D 5/04**(2006.01)i; **H02H 3/08**(2006.01)i; **H02H 3/093**(2006.01)i; **H02H 7/122**(2006.01)i; **H02P 27/06**(2006.01)i; **H02P 29/024**(2016.01)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; H02H; H02P

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102019200091 A1 (THYSSENKRUPP AG [DE]; THYSSENKRUPP PRESTA AG [LI]) 09 July 2020 (2020-07-09) cited in the application paragraphs [0001], [0018] - [0020]; figure 2	1,3
X	DE 102014114716 A1 (DENSO CORP) 23 April 2015 (2015-04-23)	1-7,9,10
A	paragraphs [0012], [0036], [0037], [0041], [0046], [0058]; figures 2,3	8



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

06 October 2022

Date of mailing of the international search report

17 October 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

Areal Calama, A

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2022/066253

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102019200091	A1	09 July 2020	CN	113273047	A	17 August 2021
				DE	102019200091	A1	09 July 2020
				EP	3909104	A1	17 November 2021
				US	2022073131	A1	10 March 2022
				WO	2020144119	A1	16 July 2020
DE	102014114716	A1	23 April 2015	DE	102014114716	A1	23 April 2015
				JP	5835301	B2	24 December 2015
				JP	2015082884	A	27 April 2015
				US	2015107934	A1	23 April 2015

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/066253

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B62D5/04 H02H3/08 H02H3/093 H02H7/122 H02P27/06 H02P29/024 ADD. Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B62D H02H H02P Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2019 200091 A1 (THYSSENKRUPP AG [DE]; THYSSENKRUPP PRESTA AG [LI]) 9. Juli 2020 (2020-07-09) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0001], [0018] - [0020]; Abbildung 2 -----	1, 3
X	DE 10 2014 114716 A1 (DENSO CORP) 23. April 2015 (2015-04-23) Absätze [0012], [0036], [0037], [0041], [0046], [0058]; Abbildungen 2, 3 -----	1-7, 9, 10
A		8
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
6. Oktober 2022		17/10/2022
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 Areal Calama, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/066253

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102019200091 A1	09-07-2020	CN 113273047 A	17-08-2021
		DE 102019200091 A1	09-07-2020
		EP 3909104 A1	17-11-2021
		US 2022073131 A1	10-03-2022
		WO 2020144119 A1	16-07-2020

DE 102014114716 A1	23-04-2015	DE 102014114716 A1	23-04-2015
		JP 5835301 B2	24-12-2015
		JP 2015082884 A	27-04-2015
		US 2015107934 A1	23-04-2015
