

(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  
25. Juli 2024 (25.07.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2024/153288 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02M 1/12 (2006.01) H02M 7/00 (2006.01)  
H02M 1/44 (2007.01) H02M 7/5387 (2007.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2024/100003

(22) Internationales Anmeldedatum:  
04. Januar 2024 (04.01.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2023 101 435.8  
20. Januar 2023 (20.01.2023) DE

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

(72) Erfinder: **HUMBERT, Andreas**; Blumenstraße 4, 77833 Ottersweier (DE). **AN, Bao Ngoc**; Theodor-Rehbock-Str. 3, 76131 Karlsruhe (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, CV, 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, MG, MK, MN, MU, 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,

(54) Title: ELECTRICAL SYSTEM

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHES SYSTEM

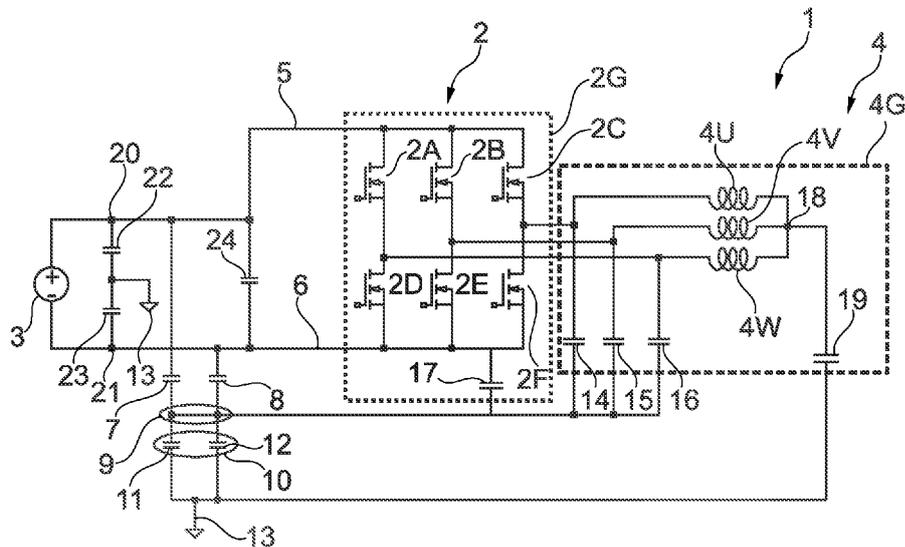


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to an electrical system (1, 1A) comprising a power electronics unit (2) which is designed to convert a high-voltage direct current energy from a high-voltage direct current energy source (3) into an alternating voltage energy or a direct current energy with a different voltage level for a load (4). A positive input voltage terminal (5) and a negative input voltage terminal (6) of the power electronics unit (2), which are connected or can be connected to the high-voltage direct current energy source (3), are connected via capacitors (7, 8) to a common node (9) acting as a secondary earthing point. The secondary earthing point is connected via a further capacitor (10, 11, 12) to an earth (13) of the electrical system (1) acting as a primary earthing point.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein elektrisches System (1, 1A) mit einer Leistungselektronikeinheit (2), die ausgebildet ist, um eine Hochspannungsgleichstromenergie von einer Hochspannungsgleichstromenergiequelle (3) in eine Wechselspannungs-



WO 2024/153288 A1

CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- *hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)*
- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

**Veröffentlicht:**

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

---

energie oder eine Gleichstromenergie mit einem anderen Spannungsniveau für eine Last (4) zu wandeln. Ein positiver Eingangsspannungsanschluss (5) und ein negativer Eingangsspannungsanschluss (6) der Leistungselektronikeinheit (2), die mit der Hochspannungsgleichstromenergiequelle (3) verbunden oder verbindbar sind, sind über jeweilige Kapazitäten (7, 8) mit einem gemeinsamen Knoten (9) als sekundären Erdungspunkt verbunden. Der sekundäre Erdungspunkt ist über eine weitere Kapazität (10, 11, 12) mit einer Masse (13) des elektrischen Systems (1) als primärem Erdungspunkt verbunden.

## Elektrisches System

Die Erfindung betrifft ein elektrisches System mit einer Leistungselektronikeinheit zum  
5 Versorgen einer Last, insbesondere einer elektrischen Maschine zum Antreiben eines  
Elektrofahrzeugs.

Um unerwünschte Einflüsse aufgrund elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV) in  
elektrischen Systemen von Elektrofahrzeugen, z.B. hochfrequente Spannungen und  
10 Ströme, zu dämpfen bzw. zu reduzieren, werden derzeit Ferritringe oder X- und Y-  
Kondensatoren verwendet.

Im Bereich von elektrischen Systemen für Elektrofahrzeuge vollzieht sich derzeit je-  
doch ein Wechsel von 400-V-Systemen hin zu 800-V-Systemen, um den Strom in dem  
15 elektrischen System zu senken und die Dauer eines Ladevorgangs zu verkürzen. Da-  
bei ist es erforderlich, die Kapazität der verwendeten Y-Kondensatoren zu verringern,  
um vorgegebenen Hochvolt-Sicherheits-Anforderungen zu entsprechen. Die in den Y-  
Kondensatoren speicherbare Energie ist dabei auf eine Menge  $E$  begrenzt, damit im  
Fehlerfall bei Berührung durch eine Person keine Verletzungen verursacht werden.  
20 Die gespeicherte Energie in den Kondensatoren hängt jedoch quadratisch von der  
Spannung in dem elektrischen System ab, so dass eine Verdopplung der Spannung  
von 400 V auf 800 V zu einer Reduzierung der Kapazität der Kondensatoren auf ein  
Viertel führt, um weiterhin die Begrenzung der speicherbaren Energie auf die Menge  $E$   
zu gewährleisten. Um die EMV-Einflüsse trotzdem ausreichend zu dämpfen bzw. zu  
25 reduzieren, ist eine Erhöhung der Ferritmasse in dem elektrischen System erforder-  
lich. Dies führt zu deutlich höheren Kosten und einem deutlich gesteigerten Platzbe-  
darf.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein elektrisches System bereitzustel-  
30 len, das Einflüsse aufgrund elektromagnetischer Verträglichkeit ausreichend dämpft  
bzw. reduziert. Insbesondere soll die Dämpfung bzw. Reduzierung in elektrischen  
Systemen mit hoher Spannung ermöglicht sein, ohne die Ferritmasse in dem elektri-  
schen System zu erhöhen. Diese Aufgabe wird durch das elektrische System mit den

Merkmale gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

5 Ein erfindungsgemäßes elektrisches System weist eine Leistungselektronikeinheit auf, die ausgebildet ist, um eine Hochspannungsgleichstromenergie von einer Hochspannungsgleichstromenergiequelle in eine Wechselspannungsenergie, insbesondere eine Drehstromenergie, oder eine Gleichstromenergie mit einem anderen Spannungsniveau für eine Last, insbesondere eine elektrische Maschine, bevorzugt bidirektional zu wandeln. Die Hochspannungsgleichstromenergiequelle kann insbesondere eine Spannung zwischen 600 V und 1000 V und bevorzugt eine Spannung von 800 V aufweisen. Die Hochspannungsgleichstromenergiequelle kann eine Batterie, bevorzugt eine Sekundärbatterie, oder ein Gleichrichter, der eine Wechselspannung auf eine Gleichspannung wandelt, sein.

15 Ein positiver Eingangsspannungsanschluss und ein negativer Eingangsspannungsanschluss der Leistungselektronikeinheit, die mit der Hochspannungsgleichstromenergiequelle verbunden oder verbindbar sind, sind über jeweilige Kapazitäten mit einem gemeinsamen Knoten als sekundären Erdungspunkt verbunden. Es ist zu erwähnen, dass die Kapazitäten in der vorliegenden Anmeldung durch einen oder mehrere Kondensatoren, die seriell oder parallel verbunden sind, gebildet werden können. Die Kapazitäten können dabei bevorzugt durch Y-Kondensatoren gebildet sein. Das heißt, der positive Eingangsspannungsanschluss ist über eine Kapazität mit dem gemeinsamen Knoten verbunden und der negative Eingangsspannungsanschluss ist über eine andere Kapazität mit dem gemeinsamen Knoten verbunden.

25

Der sekundäre Erdungspunkt ist über eine weitere Kapazität, die insbesondere aus einer Parallelschaltung von zwei Kondensatoren gebildet sein kann, mit einer Masse des elektrischen Systems als primärem Erdungspunkt verbunden.

30 Durch das elektrische System kann folglich eine Kapazität gegenüber der Fahrzeugmasse reduziert werden. Zudem wird der gemeinsame Knoten als sekundärer Erdungspunkt verwendet, so dass ein Common Mode (CM)-Strom nicht mehr nur über

die Fahrzeugmasse geleitet werden muss, wodurch die Begrenzung der speicherbaren Energie der Y-Kondensatoren nicht mehr gültig ist. Darüber hinaus kann die Ferritmasse in dem System reduziert werden.

- 5 Gemäß einem Aspekt der Erfindung können Hauptstörquellen für elektromagnetische Verträglichkeit mit dem sekundären Erdungspunkt verbunden sein. Die Hauptstörquellen können insbesondere parasitäre Kapazitäten gegen ein Gehäuse der Last, parasitäre Kapazitäten von Leistungsschaltern der Leistungselektronikeinheit gegen einen Kühlkörper und parasitäre Kapazitäten einer Platine der Leistungselektronikeinheit gegen den Kühlkörper sein. Demzufolge können die Hauptstörquellen für EMV von der Fahrzeugmasse isoliert werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung kann die Leistungselektronikeinheit die Hochspannungsgleichstromenergie in Drehstromenergie wandeln. Die Last, insbesondere eine elektrische Maschine, kann in diesem Fall einen Sternpunkt bilden und der Sternpunkt kann bevorzugt über eine Sternpunktkapazität mit dem primären Erdungspunkt verbunden sein. Demzufolge kann das System eine zuverlässige Erdung des Sternpunkts der Last ermöglichen.

- 20 Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung können ein positiver Spannungsanschluss und ein negativer Spannungsanschluss der Hochspannungsgleichstromenergiequelle über jeweilige weitere Kapazitäten mit einem weiteren gemeinsamen Knoten verbunden sein. Das heißt, der positive Spannungsanschluss ist über eine Kapazität mit dem weiteren gemeinsamen Knoten verbunden und der negative Spannungsanschluss ist über eine Kapazität mit dem weiteren gemeinsamen Knoten verbunden. Der weitere gemeinsame Knoten kann mit dem sekundären Erdungspunkt, d.h. mit dem gemeinsamen Knoten verbunden sein, mit dem der positive Eingangsspannungsanschluss und der negative Eingangsspannungsanschluss über jeweilige Kapazitäten verbunden sind. Der weitere gemeinsame Knoten kann über eine weitere Kapazität mit dem primären Erdungspunkt verbunden sein. Demzufolge kann die Hochspannungsgleichstromenergiequelle auch über den sekundären Erdungspunkt mit dem elektrischen System verbunden sein.

Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung kann die Leistungselektronikeinheit ein Gehäuse aufweisen, das aus einer elektrisch leitfähigen inneren Wandung, einer elektrisch leitfähigen äußeren Wandung und einer zwischen den Wandungen angeordneten Isolationsschicht gebildet ist. Die innere Wandung kann als sekundärer Erdungspunkt fungieren und die äußere Wandung kann als primärer Erdungspunkt fungieren. Demzufolge können der positive und der negative Eingangsspannungsanschluss über die jeweiligen Kapazitäten mit der inneren Wandung verbunden sein. Zwischen der inneren Wandung und der äußeren Wandung kann die weitere Kapazität verbunden sein. Die äußere Wandung ist dann direkt mit der Masse des elektrischen Systems, z.B. über eine Leitung, verbunden. Demzufolge kann das elektrische System auf einfache Weise gebildet sein.

Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung kann die Leistungselektronikeinheit ein Gehäuse mit einer elektrisch leitfähigen Wandung aufweisen. In dem Gehäuse kann eine Metallplatte, insbesondere eine Aluminiumplatte, die von der Wandung durch eine Isolationsschicht elektrisch isoliert ist, angeordnet sein. Die Metallplatte kann als sekundärer Erdungspunkt fungieren und die Wandung kann als primärer Erdungspunkt fungieren. Demzufolge ist ein Aufbau des elektrischen Systems ähnlich dem des vorherigen Aspekts. Durch das Vorsehen der Metallplatte kann der sekundäre Erdungspunkt jedoch auf einfache Weise in bestehenden Gehäuse für die Leistungselektronikeinheit nachgerüstet werden.

Gemäß einem zusätzlichen Aspekt der Erfindung kann die Last eine elektrische Maschine, insbesondere eine Synchronmaschine, sein. Die Last kann dann über die Metallplatte bevorzugt durch eine Kabelschirmung geerdet sein. Demzufolge kann eine einfache und zuverlässige Erdung der Last sichergestellt werden.

Gemäß einem zusätzlichen Aspekt der Erfindung kann die Last eine elektrische Maschine, insbesondere eine Synchronmaschine, sein. Die Leistungselektronikeinheit und die elektrische Maschine können in einem selben Gehäuse angeordnet sein. Das Gehäuse kann als sekundärer Arbeitspunkt fungieren und mit dem primären Erdungs-

punkt, insbesondere einer Fahrzeugkarosserie eines Elektrofahrzeugs, über die weitere Kapazität verbunden sein. Demzufolge kann das elektrische System auf einfache Weise gebildet sein.

- 5 Gemäß einem Aspekt der Erfindung kann die Leistungselektronikeinheit ein Element aus der Gruppe von B6-Brücke, Multiphase-Inverter, Multilevel-Inverter, Multiphase-Multilevel-Inverter, DC/DC-Wandler oder Multioutput-Inverter, sein. Das elektrische System ist somit für unterschiedliche Anwendungen einsetzbar.
- 10 Gemäß einem vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann eine weitere Einheit zum Verringern von Störungen aufgrund elektromagnetischer Verträglichkeit zu mindestens einer der Kapazitäten des elektrischen Systems hinzugefügt sein. Die weitere Einheit kann ein X-Kondensator oder ein Ferritring sein. Demzufolge können EMV-Einflüsse auf das System bei Bedarf noch weiter gedämpft bzw. reduziert werden.

15

Nachfolgend werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 ein Schaltkreisdiagramm eines elektrischen Systems gemäß einer ersten  
20 Ausführungsform;
- Fig. 2 ein Schaltkreisdiagramm eines elektrischen Systems gemäß einer zweiten  
Ausführungsform;
- 25 Fig. 3 ein Gehäuse einer Leistungselektronikeinheit in einem elektrischen System gemäß einer dritten Ausführungsform; und
- Fig. 4 ein Fahrzeug, in dem ein elektrisches System gemäß einer vierten Ausführungsform installiert ist.

30

Die Figuren sind lediglich schematischer Natur und dienen ausschließlich dem Verständnis der Erfindung. Die gleichen Elemente sind mit denselben Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt ein elektrisches System 1 gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, das in einem Elektrofahrzeug einsetzbar ist. Das elektrische System 1 weist eine Leistungselektronikeinheit 2, eine Batterie 3, insbesondere eine Hochvoltbatterie, mit einer Nennspannung von 800 V, als Hochspannungsgleichstromenergiequelle und eine Synchronmaschine 4, die drei Statorwicklungen 4U, 4V, 4W aufweist, zum Antreiben des Elektrofahrzeugs als Last auf.

Die Leistungselektronikeinheit 2 ist ausgebildet, um eine Hochspannungsgleichstromenergie von der Batterie 3 in eine Drehstromenergie zum Antreiben der Synchronmaschine 4 zu wandeln. Die Leistungselektronikeinheit 2 weist dazu die Leistungsschalter 2A bis 2F, die durch Transistoren, insbesondere MOSFET, gebildet sind, auf. Die Leistungselektronikeinheit 2 ist in einem Gehäuse 2G untergebracht, in dem ein Kühlkörper (nicht gezeigt) zum Kühlen der Leistungselektronikeinheit 2, insbesondere der Leistungsschalter 2A bis 2F, angeordnet ist. Die Leistungselektronikeinheit 2 kann die Hochspannungsgleichstromenergie aber auch in eine Gleichstromenergie mit einem anderen Spannungsniveau oder eine Wechselspannungsenergie eines anderen Typs wandeln. Die Leistungselektronikeinheit 2 kann bevorzugt für eine bidirektionale Wandlung ausgebildet sein, so dass eine von der Synchronmaschine 4 erzeugte Rekuperationsenergie zu der Batterie 3 übertragbar und in dieser speicherbar ist. Es ist anzumerken, dass die Hochspannungsgleichstromenergie auch durch einen Umrichter, der eine Wechselstromenergie in eine Gleichstromenergie wandelt, gebildet sein kann.

Ein positiver Eingangsspannungsanschluss 5 und ein negativer Eingangsspannungsanschluss 6 der Leistungselektronikeinheit 2 sind mit der Batterie 3 verbunden und jeweils über Kapazitäten 7 bzw. 8 mit einem gemeinsamen Knoten 9 verbunden. Der gemeinsame Knoten 9 wird nachfolgend auch als sekundärer Erdungspunkt bezeichnet. Der sekundäre Erdungspunkt ist wiederum über eine weitere Kapazität 10, die vorliegend aus einer Parallelschaltung von Kapazitäten 11 und 12 gebildet ist, mit einer Masse 13 des elektrischen Systems 1, insbesondere einer Masse des Elektrofahrzeugs, verbunden. Die Masse 13 wird nachfolgend auch als primärer Erdungspunkt bezeichnet.

Um Störungen durch elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), insbesondere hochfrequente Ströme und Spannungen, effektiv zu dämpfen oder zu reduzieren, sollten Hauptstörquellen für EMV mit dem sekundären Erdungspunkt verbunden sein. Die Hauptstörquellen sind dabei vorliegend parasitäre Kapazitäten 14, 15, 16 der einzelnen Statorwicklungen 4U, 4V, 4W gegen ein Gehäuse 4G der Synchronmaschine 4, parasitäre Kapazitäten der Leistungsschalter 2A bis 2F der Leistungselektronikeinheit 2 gegen den Kühlkörper und parasitäre Kapazitäten einer Platine der Leistungselektronikeinheit 2 gegen den Kühlkörper. Es ist anzumerken, dass die parasitären Kapazitäten gegenüber dem Kühlkörper, wie in Fig. 1 gezeigt, zu einer Kapazität 17 zusammengefasst sind.

Wie bereits erwähnt, ist die Last des elektrischen Systems 1 eine Synchronmaschine 4 und die drei Statorwicklungen 4U, 4V, 4W der Synchronmaschine 4 bilden einen Sternpunkt 18, der über eine Sternpunkt kapazität 19 mit dem primären Erdungspunkt verbunden ist.

Die Leistungselektronikeinheit 2 ist über den positiven Eingangsspannungsanschluss 5 und den negativen Eingangsspannungsanschluss 6 mit der Batterie 3 verbunden. Das heißt, der positive Eingangsspannungsanschluss 5 ist mit einem positiven Spannungsanschluss 20 der Batterie 3 und der negative Eingangsspannungsanschluss 6 ist mit einem negativen Spannungsanschluss 21 der Batterie 3 verbunden. Der positive Spannungsanschluss 20 ist dabei über eine Kapazität 22 mit der Masse 13, d.h. mit dem primären Erdungspunkt verbunden. In ähnlicher Weise ist der negative Spannungsanschluss 21 über die Kapazität 23 mit der Masse 13 verbunden. Darüber hinaus kann zwischen der Batterie 3 und der Leistungselektronikeinheit 2 ein Zwischenkreiskondensator 24, der an seinem Ende mit einer Leitung zwischen dem positiven Spannungsanschluss 20 und dem positiven Eingangsspannungsanschluss 5 und an seinem anderen Ende mit einer Leitung zwischen dem negativen Spannungsanschluss 21 und dem negativen Eingangsspannungsanschluss 6 verbunden ist, zum Glätten der Hochspannungsgleichstromenergie vorgesehen sein.

Demzufolge ermöglicht das Vorsehen des sekundären Erdungspunkt in dem elektrischen System eine Verringerung einer Kapazität des elektrischen Systems 1 gegenüber der Masse 13, so dass die Anforderung hinsichtlich einer reduzierten Kapazität aufgrund einer erhöhten Nennspannung in dem elektrischen System 1 eingehalten werden kann. Folglich ist in dem elektrischen System 1 auch weniger Ferritmasse vorzusehen, so dass ein Platzbedarf sowie die Kosten für das elektrische System 1 reduziert werden können.

Nachfolgend wird ein elektrisches System 1A gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben. Eine Konfiguration des elektrischen Systems 1A gemäß der zweiten Ausführungsform ist ähnlich zu der des elektrischen Systems 1 gemäß der ersten Ausführungsform, so dass nachfolgend nur Unterschiede zwischen den Konfigurationen beschrieben werden.

In dem elektrischen System 1A sind der positive Spannungsanschluss 20 und der negative Spannungsanschluss 21 der Batterie 3 über die Kapazitäten 25 bzw. 26 mit dem weiteren gemeinsamen Knoten 27 verbunden. Der weitere gemeinsame Knoten 27 ist wiederum über eine Leitung mit dem gemeinsamen Knoten 9, d.h. dem sekundären Erdungspunkt, verbunden. Außerdem ist der weitere gemeinsame Knoten 27 über eine Kapazität 28, die vorliegend aus einer Parallelschaltung der Kapazitäten 29 und 30 gebildet ist, mit der Masse 13 als primären Erdungspunkt verbunden. Demzufolge kann die Batterie auch über den sekundären Erdungspunkt mit dem elektrischen System 1A verbunden sein, so dass eine Kapazität gegen die Masse 13 des elektrischen Systems weiter verringert werden kann.

25

Es ist anzumerken, dass die Kapazität 17 in der Darstellung in Fig. 2 weggelassen wurde, aber die Kapazität 17 trotzdem mit dem sekundären Erdungspunkt verbunden sein kann.

30 Fig. 3 zeigt das Gehäuse 2G der Leistungselektronikeinheit 2 eines elektrischen Systems gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Gehäuse 2G kann dabei in dem elektrischen System 1 gemäß der ersten Ausführungsform und

in dem elektrischen System 1A gemäß der zweiten Ausführungsform verwendet werden.

Das Gehäuse 2G weist, wie in Fig. 3 dargestellt, eine elektrisch leitfähige innere Wandung 31, eine elektrisch leitfähige äußere Wandung 32 und eine zwischen den Wandungen 31 und 32 angeordnete Isolationsschicht 33 auf. Dabei ist der positive Eingangsspannungsanschluss 5 über die Kapazität 7 und der negative Eingangsspannungsanschluss 6 über die Kapazität 8 mit der inneren Wandung 31 verbunden. Demnach fungiert die innere Wandung 31 als gemeinsamer Knoten 9, d.h. als sekundärer Erdungspunkt. Zwischen der inneren Wandung 31 und der äußeren Wandung 32 ist die in der Isolationsschicht 33 angeordnete Kapazität 10 verbunden. Die äußere Wandung 32 kann über eine Leitung mit der Masse 13 des elektrischen System 1 bzw. 1A verbunden sein, so dass sie als primärer Erdungspunkt fungiert. Demzufolge können der primäre und der sekundäre Erdungspunkt auf einfache Weise gebildet sein.

15

Gemäß einer Modifikation der dritten Ausführungsform ist es nicht erforderlich, das Gehäuse 2G vollumfänglich mit einer doppelten Wandung auszubilden. Es reicht aus, wenn in einem Abschnitt des Gehäuses 2G eine Metallplatte, insbesondere eine Aluminiumplatte, über eine Isolationsschicht von der Wandung des Gehäuses 2G elektrisch isoliert angeordnet ist. Demzufolge können der sekundäre Erdungspunkt durch die Metallplatte und der primäre Erdungspunkt durch die Wandung des Gehäuses 2G gebildet sein.

20

Fig. 4 zeigt ein elektrisches System gemäß einer vierten Ausführungsform. Das elektrische System ist dabei in einem Fahrzeug 34 installiert und die Leistungselektronikeinheit 2 und die Synchronmaschine 4 sind in einem selben Gehäuse 34 angeordnet. Das Gehäuse 34 kann in diesen Fall als gemeinsamer Knoten 9, d.h. als sekundärer Erdungspunkt, fungieren und kann wiederum über die Kapazität 12 mit der Masse 13, die durch eine Fahrzeugkarosserie 36 gebildet ist, als primären Erdungspunkt verbunden sein.

30

**Bezugszeichenliste**

	1	Elektrisches System
	2	Leistungselektronikeinheit
5	2A	Leistungsschalter
	2B	Leistungsschalter
	2C	Leistungsschalter
	2D	Leistungsschalter
	2E	Leistungsschalter
10	2F	Leistungsschalter
	2G	Gehäuse der Leistungselektronikeinheit
	3	Batterie
	4	Synchronmaschine
	4G	Gehäuse der Synchronmaschine
15	4U	Statorwicklung
	4V	Statorwicklung
	4W	Statorwicklung
	5	positiver Eingangsspannungsanschluss
	6	negativer Eingangsspannungsanschluss
20	7	Kapazität
	8	Kapazität
	9	gemeinsamer Knoten
	10	Kapazität
	11	Kapazität
25	12	Kapazität
	13	Masse
	14	parasitäre Kapazität
	15	parasitäre Kapazität
	16	parasitäre Kapazität
30	17	parasitäre Kapazität
	18	Sternpunkt
	19	Sternpunktkapazität
	20	positiver Spannungsanschluss

	21	negativer Spannungsanschluss
	22	Kapazität
	23	Kapazität
	24	Zwischenkreiskondensator
5	25	Kapazität
	26	Kapazität
	27	weiterer gemeinsamer Knoten
	28	Kapazität
	29	Kapazität
10	30	Kapazität
	31	innere Wandung
	32	äußere Wandung
	33	Isolationsschicht
	34	Gehäuse
15	35	Fahrzeug
	36	Fahrzeugkarosserie

**Patentansprüche**

1. Elektrisches System (1, 1A) mit einer Leistungselektronikeinheit (2), die ausgebildet ist, um eine Hochspannungsgleichstromenergie von einer Hochspannungsgleichstromenergiequelle (3) in eine Wechselspannungsenergie, insbesondere eine Drehstromenergie, oder eine Gleichstromenergie mit einem anderen Spannungsniveau für eine Last (4) bevorzugt bidirektional zu wandeln, wobei ein positiver Eingangsspannungsanschluss (5) und ein negativer Eingangsspannungsanschluss (6) der Leistungselektronikeinheit (2), die mit der Hochspannungsgleichstromenergiequelle (3) verbunden oder verbindbar sind, über jeweilige Kapazitäten (7, 8) mit einem gemeinsamen Knoten (9) als sekundären Erdungspunkt verbunden sind, und wobei der sekundäre Erdungspunkt über eine weitere Kapazität (10, 11, 12) mit einer Masse (13) des elektrischen Systems (1) als primärem Erdungspunkt verbunden ist.
2. Elektrisches System (1, 1A) gemäß Anspruch 1, wobei Hauptstörquellen für elektromagnetische Verträglichkeit, insbesondere parasitäre Kapazitäten (14, 15, 16) gegen ein Gehäuse der Last (4), parasitäre Kapazitäten (17) von Leistungsschaltern (2A bis 2F) der Leistungselektronikeinheit (2) gegen einen Kühlkörper und parasitäre Kapazitäten (17) einer Platine der Leistungselektronikeinheit (2) gegen den Kühlkörper, mit dem sekundären Erdungspunkt verbunden sind.
3. Elektrisches System (1, 1A) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Leistungselektronikeinheit (2) die Hochspannungsgleichstromenergie in Drehstromenergie wandelt, wobei die Last (4) einen Sternpunkt (18) bildet und der Sternpunkt (18) bevorzugt über eine Sternpunktkapazität (19) mit dem primären Erdungspunkt verbunden ist.
4. Elektrisches System (1A) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, wobei ein positiver Spannungsanschluss (20) und ein negativer Spannungsanschluss (21) der Hochspannungsgleichstromenergiequelle (3) über jeweilige weitere Kapazitäten (25, 26) mit einem weiteren gemeinsamen Knoten (27) verbunden sind und wobei der weitere gemeinsame Knoten (27) mit dem sekundären

Erdungspunkt verbunden und über eine weitere Kapazität (28, 29, 30) mit dem primären Erdungspunkt verbunden ist.

5. Elektrisches System (1, 1A) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, wobei die Leistungselektronikeinheit (2) ein Gehäuse (2G) aufweist, das aus einer elektrisch leitfähigen inneren Wandung (31), einer elektrisch leitfähigen äußeren Wandung (32) und einer zwischen den Wandungen (31, 32) angeordneten Isolationsschicht (33) gebildet ist, wobei die innere Wandung (31) als sekundärer Erdungspunkt fungiert und die äußere Wandung (32) als primärer Erdungspunkt fungiert.
6. Elektrisches System (1, 1A) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, wobei die Leistungselektronikeinheit (2) ein Gehäuse (2G) mit einer elektrisch leitfähigen Wandung aufweist, wobei in dem Gehäuse eine Metallplatte, insbesondere eine Aluminiumplatte, die von der Wandung durch eine Isolationsschicht elektrisch isoliert ist, angeordnet ist, und wobei die Metallplatte als sekundärer Erdungspunkt und die Wandung als primärer Erdungspunkt fungiert.
7. Elektrisches System (1, 1A) gemäß Anspruch 6, wobei die Last (4) eine elektrische Maschine, insbesondere eine Synchronmaschine, ist und über die Metallplatte bevorzugt durch eine Kabelschirmung geerdet ist.
8. Elektrisches System (1, 1A) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Last (4) eine elektrische Maschine, insbesondere eine Synchronmaschine, ist, wobei die Leistungselektronikeinheit (2) und die elektrische Maschine in einem selben Gehäuse (34) angeordnet sind, wobei das Gehäuse (34) als sekundärer Arbeitspunkt fungiert und mit dem primären Erdungspunkt über die weitere Kapazität (12) verbunden ist.
9. Elektrisches System (1, 1A) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Leistungselektronikeinheit (2) ein Element aus der Gruppe von B6-Brücke, Multiphase-Inverter, Multilevel-Inverter, Multiphase-Multilevel-Inverter, DC/DC-Wandler oder Multioutput-Inverter, ist.

10. Elektrisches System (1, 1A) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, wobei eine weitere Einheit zum Verringern von Störungen aufgrund elektromagnetischer Verträglichkeit, insbesondere ein X-Kondensator oder ein Ferritring, zu mindestens einer der Kapazitäten des elektrischen Systems (1, 1A) hinzugefügt ist.





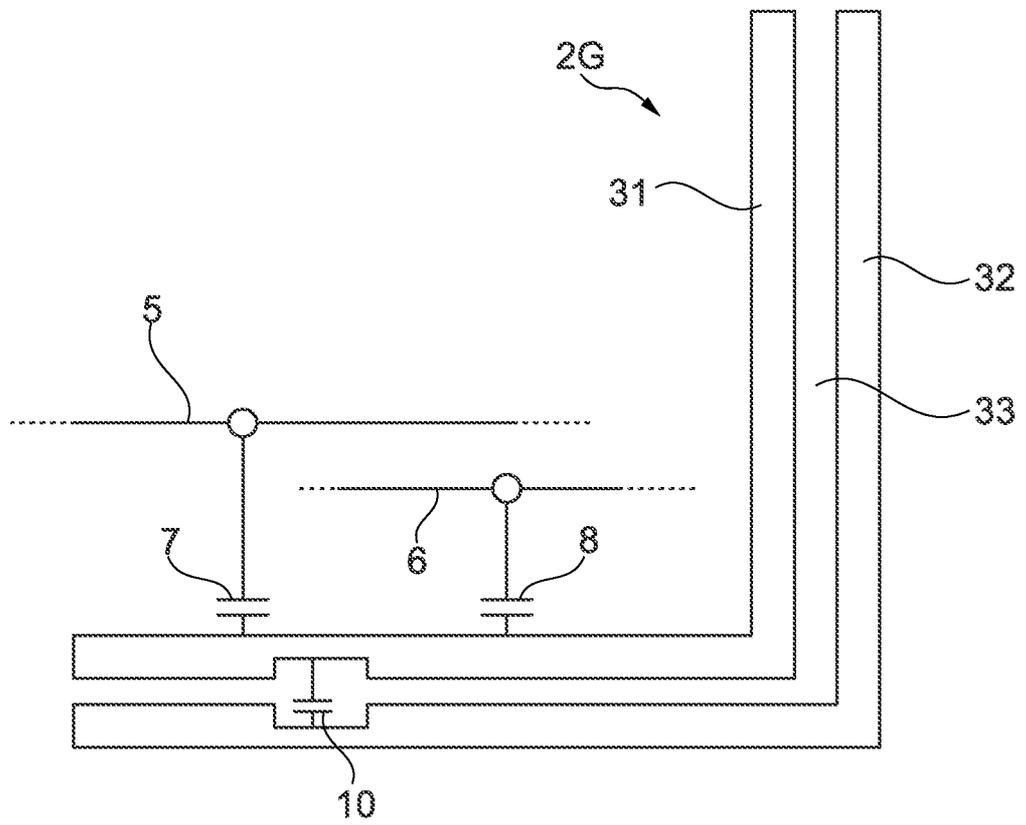


Fig. 3

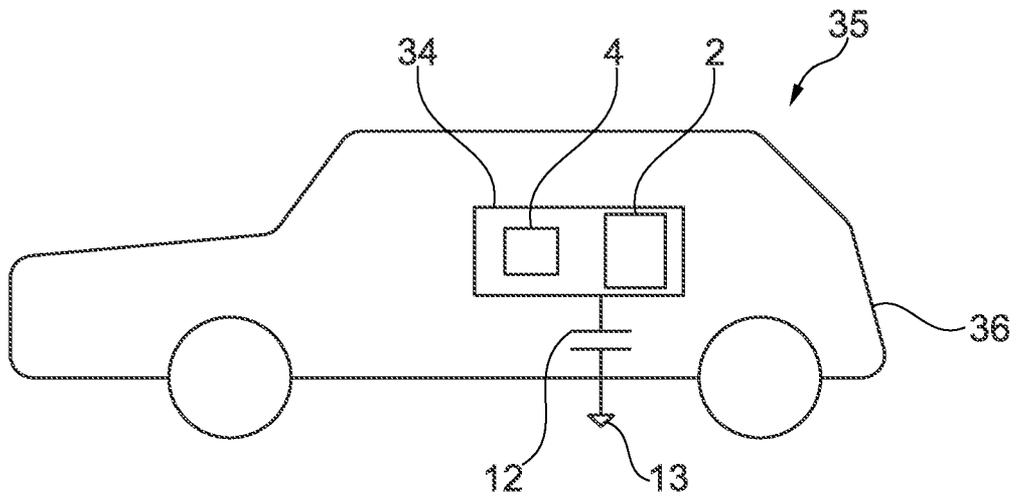


Fig. 4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/DE2024/100003**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>H02M 1/12</b> (2006.01)i; <b>H02M 1/44</b> (2007.01)i; <b>H02M 7/00</b> (2006.01)i; <b>H02M 7/5387</b> (2007.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02M		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2018278141 A1 (HASEGAWA KOHEI [JP] ET AL) 27 September 2018 (2018-09-27) paragraph [0024] - paragraph [0026]; figure 3 paragraphs [0002], [0021], [0032]	1-10
A	DE 102012005622 A1 (SEW EURODRIVE GMBH & CO [DE]) 26 September 2013 (2013-09-26) paragraphs [0011], [0042], [0064], [0102], [0114]; figures 1, 2	4-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>22 March 2024</b>		Date of mailing of the international search report <b>02 April 2024</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the)</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Zeljko, Sandra</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/DE2024/100003**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2018278141	A1	27 September 2018	CN	108631630	A	09 October 2018
				DE	102018204222	A1	27 September 2018
				US	2018278141	A1	27 September 2018
-----							
DE	102012005622	A1	26 September 2013	CN	104205601	A	10 December 2014
				DE	102012005622	A1	26 September 2013
				DK	2828966	T3	17 May 2016
				EP	2828966	A1	28 January 2015
				US	2015103570	A1	16 April 2015
				WO	2013139433	A1	26 September 2013
-----							

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
**PCT/DE2024/100003**

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> <b>INV. H02M1/12 H02M1/44 H02M7/00 H02M7/5387</b> <b>ADD.</b>		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) <b>H02M</b>		
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) <b>EPO-Internal</b>		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
<b>X</b>	<b>US 2018/278141 A1 (HASEGAWA KOHEI [JP] ET AL) 27. September 2018 (2018-09-27)</b> <b>Absatz [0024] – Absatz [0026]; Abbildung 3</b> <b>Absätze [0002], [0021], [0032]</b> -----	<b>1–10</b>
<b>A</b>	<b>DE 10 2012 005622 A1 (SEW EURODRIVE GMBH &amp; CO [DE]) 26. September 2013 (2013-09-26)</b> <b>Absätze [0011], [0042], [0064], [0102], [0114]; Abbildungen 1, 2</b> -----	<b>4–8</b>
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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	Absdtedatum des internationalen Recherchenberichts	
<b>22. März 2024</b>	<b>02/04/2024</b>	
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  <b>Zeljkojvic, Sandra</b>	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/DE2024/100003**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<b>US 2018278141 A1</b>	<b>27-09-2018</b>	<b>CN 108631630 A</b>	<b>09-10-2018</b>
		<b>DE 102018204222 A1</b>	<b>27-09-2018</b>
		<b>US 2018278141 A1</b>	<b>27-09-2018</b>
-----			
<b>DE 102012005622 A1</b>	<b>26-09-2013</b>	<b>CN 104205601 A</b>	<b>10-12-2014</b>
		<b>DE 102012005622 A1</b>	<b>26-09-2013</b>
		<b>DK 2828966 T3</b>	<b>17-05-2016</b>
		<b>EP 2828966 A1</b>	<b>28-01-2015</b>
		<b>US 2015103570 A1</b>	<b>16-04-2015</b>
		<b>WO 2013139433 A1</b>	<b>26-09-2013</b>
-----			