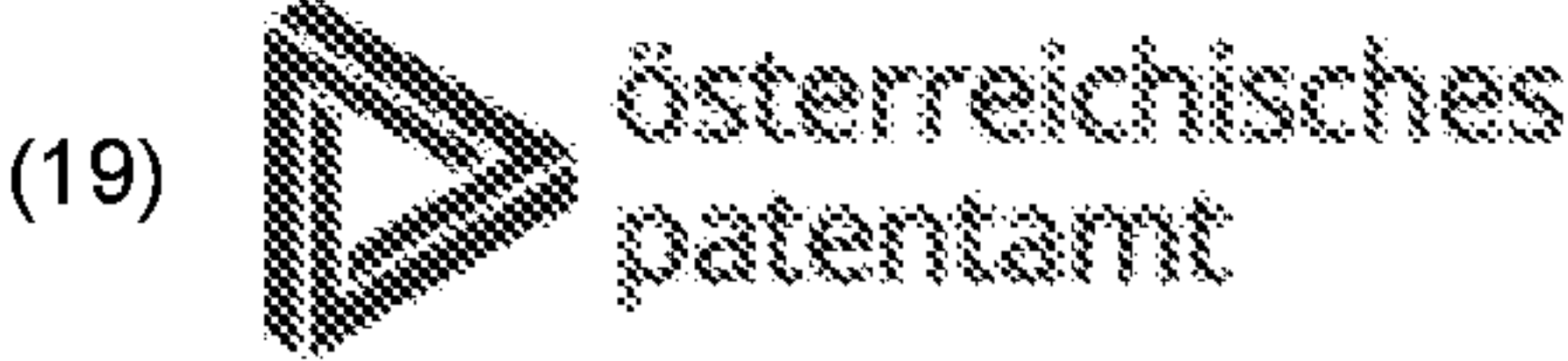




(10) **AT 523095 A1 2021-05-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

|      |                    |              |      |           |                   |           |
|------|--------------------|--------------|------|-----------|-------------------|-----------|
| (21) | Anmeldenummer:     | A 50955/2019 | (51) | Int. Cl.: | <b>G01R 31/36</b> | (2020.01) |
| (22) | Anmeldetag:        | 08.11.2019   |      |           | <b>H01M 10/48</b> | (2006.01) |
| (43) | Veröffentlicht am: | 15.05.2021   |      |           | <b>H02J 7/00</b>  | (2006.01) |

(56) Entgegenhaltungen:  
JP 2009128274 A  
CN 105242737 A  
JP 2018120987 A  
US 2014055123 A1  
CN 107450024 A

(71) Patentanmelder:  
AVL List GmbH  
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:  
Greul Roland Dr.  
8020 Graz (AT)  
MAST Jochen Ing.  
68723 Oftersheim (DE)  
KÖNIG Oliver Dr.  
8042 Graz (AT)  
HELFRICH Jens  
67346 Speyer (DE)  
LANG Alois Ing.  
8010 Graz (AT)  
SEIDL Manfred Ing.  
8330 Mühldorf (AT)  
ROCNIK Jan Dipl.Ing.  
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:  
Hartinger Mario Dipl.Ing.  
8020 Graz (AT)

(54) **Einkoppelvorrichtung zum Einkoppeln eines Rippelstromes, Testsystem, sowie Einkoppelverfahren**

(57) Die Erfindung betrifft eine Einkoppelvorrichtung (5) zum Einkoppeln eines Rippelstromes in eine Zieleinheit (2) aufweisend eine Verbindungseinheit (10) mit einem Verbindungsmittel (11) zum elektrischen Anschluss an eine mit der Zieleinheit (2) elektrisch verbundene Anschlussvorrichtung (3) und eine Rippelstromeinheit (20) zum Erzeugen des Rippelstromes an dem Verbindungsmittel (11). Ferner betrifft die Erfindung ein Testsystem (1), sowie ein Einkoppelverfahren (100).

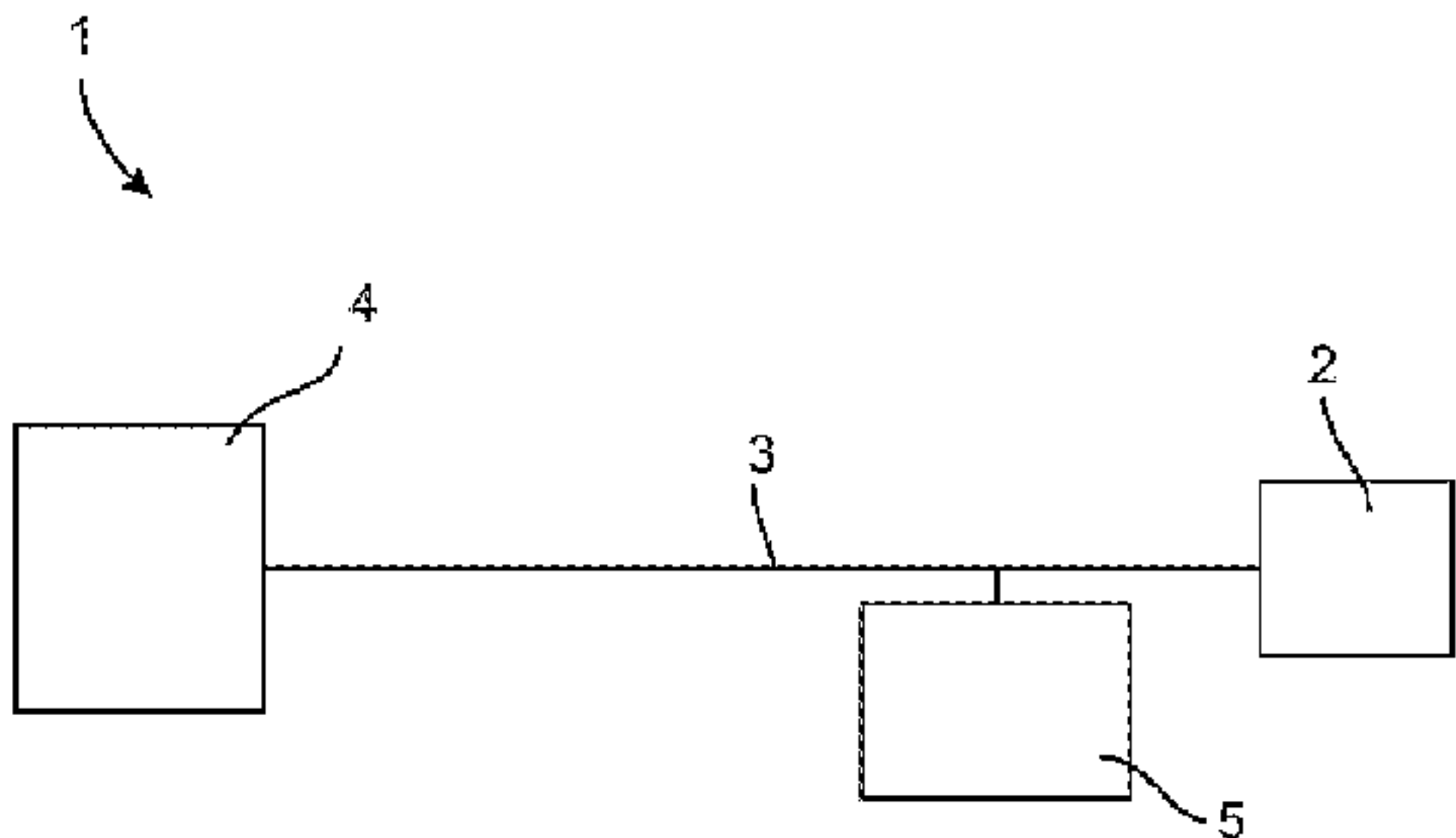


Fig. 1

## **Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft eine Einkoppelvorrichtung (5) zum Einkoppeln eines Rippelstromes in eine Zieleinheit (2) aufweisend eine Verbindungseinheit (10) mit einem Verbindungsmittel (11) zum elektrischen Anschluss an eine mit der Zieleinheit (2) elektrisch verbundene Anschlussvorrichtung (3) und eine Rippelstromeinheit (20) zum Erzeugen des Rippelstromes an dem Verbindungsmittel (11). Ferner betrifft die Erfindung ein Testsystem (1), sowie ein Einkoppelverfahren (100).

(Fig. 1)

## **Einkoppelvorrichtung zum Einkoppeln eines Rippelstromes, Testsystem, sowie Einkoppelverfahren**

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Einkoppelvorrichtung zum Einkoppeln eines Rippelstromes gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, ein Testsystem sowie ein Einkoppelverfahren zum Einkoppeln eines Rippelstromes in eine Zieleinheit.

Es ist aus dem Stand der Technik bekannt, einen Rippelstrom in ein elektrisches System mit einer Batterie einzukoppeln, um ein Verhalten der Batterie zu beeinflussen. So ist es beispielsweise aus der EP 2 571 095 A1 bekannt, einen Rippelgenerator an einen HV-Bus anzuschließen, um über den Rippelstrom ein Temperaturverhalten der Batterie zu beeinflussen. Dementsprechend wird der Rippelstrom dabei in Abhängigkeit von einer Temperatur der Batterie eingekoppelt.

Insbesondere wenn der Rippelstromgenerator zum Testen der Batterie in Bezug auf unterschiedliche Betriebssituationen getestet werden soll, ist es jedoch wünschenswert, eine Regelung des Rippelstroms zu verbessern. Auch hier wird üblicherweise der Rippelstromgenerator an einen HV-Bus angeschlossen, der die Batterie mit einer Einheit zum Laden und Entladen der Batterie verbindet. Dabei ist die Regelung des Rippelstroms bei bekannten Testsystem u.a. von einem DC-Strom auf dem HV-Bus abhängig. Insbesondere können bestimmte Impedanzverhältnisse des HV-Busses und/oder der Batterie Einfluss auf die Stromaufteilung haben und damit den tatsächlich die Batterie erreichenden Rippelstrom beeinflussen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es einen Rippelstrom möglichst einfach und für einen breiten Anwendungsbereich in eine Zieleinheit einzukoppeln.

Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch eine Einkoppelvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Testsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 12, sowie ein Einkoppelverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 16. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den jeweiligen Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Einkoppelvorrichtung beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Testsystem und/oder dem erfindungsgemäßen Einkoppelverfahren und jeweils umgekehrt, so dass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung ist eine Einkoppelvorrichtung zum Einkoppeln eines Rippelstromes in eine, insbesondere zu prüfende Zieleinheit vorgesehen. Die Einkoppelvorrichtung weist eine Verbindungseinheit mit einem Verbindungsmittel zum elektrischen Anschluss an eine mit der Zieleinheit elektrisch verbundene Anschlussvorrichtung, eine Rippelstromeinheit zum Erzeugen des Rippelstromes an dem Verbindungsmittel und eine Stromsensoreinheit mit einem Primärsensor auf. Durch den Primärsensor ist ein erster Stromparameter der Anschlussvorrichtung zwischen dem Verbindungsmittel und der Zieleinheit bestimmbar. Ferner weist die Einkoppelvorrichtung eine Kontrolleinheit mit einem Betriebsmodul zum Regeln des, insbesondere eingekoppelten, Rippelstroms in Abhängigkeit von dem ersten Stromparameter auf. Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Verbindungseinheit eine Koppelschaltung zum Entkoppeln der Rippelstromeinheit von einer externen Anschlussspannung der Anschlussvorrichtung, insbesondere am Verbindungsmittel, aufweist.

Bei der Anschlussvorrichtung kann es sich insbesondere um einen Hochvolt-Bus oder HV-Bus zum Verbinden der Zieleinheit mit einer Gleichspannungseinheit handeln. Es ist jedoch ebenfalls denkbar, dass es sich bei der Anschlussvorrichtung um einen Niederspannungs-Bus oder LV-Bus handelt. Das Verbindungsmittel zum elektrischen Anschluss an die Anschlussvorrichtung kann eine oder mehrere Klemmen aufweisen, durch welche ein elektrischer Kontakt zwischen der Einkoppelvorrichtung und der Anschlussvorrichtung herstellbar ist. Insbesondere kann das Verbindungsmittel an einer Art Nebenanschluss und/oder Seiteneingang der Anschlussvorrichtung anschließbar sein. Ferner kann die Anschlussvorrichtung der Zieleinheit zugeordnet sein oder auch Teil der Zieleinheit sein. Insbesondere kann die Anschlussvorrichtung an die Zieleinheit elektrisch leitend angeschlossen sein. Vorzugsweise kann das Verbindungsmittel zweipolig ausgeführt sein. Dadurch kann die Einkoppelvorrichtung zwischen der Gleichspannungseinheit und der

Zieleinheit an der Anschlussvorrichtung anschließbar sein, so dass der Rippelstrom, insbesondere unabhängig von der Gleichspannungseinheit, in die Zieleinheit eingebracht werden kann. Bei der Zieleinheit kann es sich vorzugsweise um eine Energiespeichereinheit, beispielsweise in Form einer Batterie, eines Batteriepacks, eines Batteriemoduls, einer Batteriezelle, eines Superkondensators handeln. Zusätzlich oder alternativ kann die Zieleinheit beispielsweise eine Komponente, insbesondere eine elektronische Komponente, eines Bordnetzes eines Fahrzeuges umfassen. Vorzugsweise handelt es sich bei der Zieleinheit um eine Traktionsbatterie für ein Fahrzeug oder einen Teil einer Traktionsbatterie für ein Fahrzeug.

Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass die Rippelstromeinheit einen Leistungsverstärker, insbesondere in Form eines PWM-Verstärkers, aufweist. Der Leistungsverstärker kann eine Wechselstromquelle bilden oder zwischen eine Wechselstromquelle und die Koppelschaltung schaltbar sein. Insbesondere kann die Rippelstromeinheit eine Wechselstromquelle zum Erzeugen des Rippelstroms aufweisen oder mit der Wechselstromquelle verbindbar sein. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Rippelstromeinheit an ein Stromnetz anschließbar ist, um den Rippelstrom zu erzeugen. Um den Rippelstrom am Anschlussmittel zu erzeugen, kann die Rippelstromeinheit mit dem Anschlussmittel über eine kabellose oder eine kabelgebundene Verbindung elektrisch verbunden sein. Unter dem Rippelstrom kann ein Wechselstrom mit einer vorzugsweise vorbestimmten Frequenz und/oder Kurvenform verstanden werden. Ferner kann der Rippelstrom auf einen Gleichstrom der Anschlussvorrichtung einkoppelbar sein. Dazu kann der Rippelstrom gleichanteilfrei sein. Durch das Einkoppeln des Rippelstroms in die Zieleinheit kann an der Anschlussvorrichtung insbesondere eine Rippelspannung über das Verbindungsmittel erzeugt werden.

Bei dem ersten Stromparameter kann es sich um eine Spannung und/oder eine Stromstärke, vorzugsweise eine Wechsellspannung und/oder einen Wechselstrom, an der Anschlussvorrichtung handeln. Der Primärsensor ist insbesondere zwischen dem Verbindungsmittel und der Zieleinheit an der Anschlussvorrichtung anordbar, um den ersten Stromparameter zwischen dem Verbindungsmittel und der Zieleinheit zu bestimmen. Insbesondere wird der erste Stromparameter damit nicht oder nicht unmittelbar am Verbindungsmittel bestimmt, sondern an der Anschlussvorrichtung,

d.h. beispielsweise in der Nähe der Zieleinheit oder auch entfernt von der Zieleinheit. Um das Regeln des eingekoppelten Rippelstroms in Abhängigkeit von dem ersten Stromparameter zu ermöglichen, steht die Kontrolleinheit insbesondere in Datenkommunikationsverbindung mit der Stromsensoreinheit und/oder dem Primärsensor. Dadurch kann der erste Stromparameter der Kontrolleinheit zur Verfügung gestellt werden. Die Kontrolleinheit kann beispielsweise einen Prozessor und/oder einen Mikroprozessor umfassen. Durch die Kontrolleinheit kann insbesondere eine geschlossene Regelschleife zwischen der Stromsensoreinheit und der Rippelstromeinheit zum Regeln des Rippelstroms gebildet sein.

Unter dem Entkoppeln der Rippelstromeinheit von der externen Anschlussspannung kann insbesondere verstanden werden, dass ein Einfluss der externen Anschlussspannung auf den Rippelstrom reduziert oder eliminiert ist. Insbesondere erfolgt durch die Koppelschaltung eine Potentialtrennung zwischen der Anschlussvorrichtung und der Rippelstromeinheit. Weiterhin kann ein Einfluss der Impedanzverhältnisse an der Zieleinheit und/oder an der Anschlussvorrichtung durch das Entkoppeln reduziert oder eliminiert sein. Somit kann insbesondere eine verbesserte Regelung des Rippelstromes erzielt werden. Bei der externen Anschlussspannung kann es sich insbesondere um eine Gleichspannung an der Anschlussvorrichtung handeln. Vorzugsweise ist die externe Anschlussspannung somit eine DC-Spannung an einem LV-Bus oder HV-Bus. Die externe Anschlussspannung kann insbesondere am Verbindungsmittel der Verbindungseinheit anliegen. Durch das Entkoppeln kann somit insbesondere eine Unabhängigkeit von einer DC-Quelleleistung der Gleichspannungseinheit erzielt werden und damit durch die Entkopplung ein breites Anwendungsgebiet für die Einkoppelvorrichtung ermöglicht sein. Insbesondere ist es dadurch nicht notwendig, die Einkoppelvorrichtung für eine bestimmte externe Anschlussspannung auszulegen. Vorzugsweise kann die Einkoppelvorrichtung damit zur Anwendung bei einer externen Anschlussspannung von über 450V, vorzugsweise von über 650 V, besonders bevorzugt zwischen von 0 bis 1200V betreibbar sein.

Weiterhin ist es bei einer erfindungsgemäßen Einkoppelvorrichtung denkbar, dass die Koppelschaltung ein Trennelement zur galvanischen Trennung des Verbindungsmittels von der Rippelstromeinheit aufweist, insbesondere wobei das Trennelement einen Transformator aufweist. Dabei kann die Koppelschaltung

zumindest ein oder genau ein Trennelement zur galvanischen Trennung des Verbindungsmittels von der Rippelstromeinheit aufweisen. Durch das Trennelement kann ein Stromkreis der Rippelstromeinheit von einem Stromkreis der Anschlusseinheit getrennt sein und dadurch eine zumindest teilweise Entkopplung der Rippelstromeinheit von der externen Anschlussspannung am Verbindungsmittel ermöglicht sein. Vorzugweise handelt es sich bei dem Trennelement um die einzige elektrische Verbindung zwischen dem Anschlussmittel und der Rippelstromeinheit zum Einkoppeln des Rippelstromes in die Zieleinheit.

Ferner kann bei einer erfindungsgemäßen Einkoppelvorrichtung vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass die Koppelschaltung zumindest ein Kapazitätselement zur Anpassung des Rippelstromes an die externe Anschlussspannung aufweist. Es kann vorgesehen sein, dass die Koppelschaltung genau ein Kapazitätselement oder mehrere Kapazitätselemente zur Anpassung des Rippelstroms an die externe Anschlussspannung aufweist. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Kapazitätselement um einen Kondensator. Das Kapazitätselement kann mit dem Trennelement in Reihe geschaltet sein, um die Koppelschaltung auszubilden. Vorzugsweise ist das Anschlussmittel mit dem Kapazitätselement und dem Trennelement in Reihe geschaltet. Somit kann insbesondere eine zumindest teilweise Entkopplung der Rippelstromeinheit von der externen Anschlussspannung durch das Kapazitätselement ermöglicht sein. Unter der Anpassung des Rippelstroms an die externe Anschlussspannung kann beispielsweise eine Abtrennung des DC- und/oder des niederfrequenten AC-Anteiles auf einer Busspannung verstanden werden.

Weiterhin kann bei einer erfindungsgemäßen Einkoppelvorrichtung vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass das Verbindungsmittel zumindest zwei Teilverbindungsmittel zur Parallelschaltung der Zieleinheit zur Rippelstromeinheit aufweist. Dazu können die Teilverbindungsmittel getrennt voneinander an jeweils einer Anschlussleitung der Anschlussvorrichtung anschließbar sein. Vorzugsweise können die Teilverbindungsmittel mit dem Kapazitätselement und/oder dem Trennelement in Reihe geschaltet sein. Insbesondere kann der Rippelstrom somit in einer Parallelschaltung mit der Zieleinheit an der Anschlussvorrichtung parallel einkoppelbar sein. Insbesondere durch eine Kombination aus dem Trennelement, dem Kapazitätselement und den beiden Teilverbindungsmitteln zur Parallelschaltung

der Zieleinheit zur Rippelstromeinheit kann ein vollständiges Entkoppeln der Rippelstromeinheit von der externen Anschlussspannung ermöglicht sein.

Weiterhin kann bei einer erfindungsgemäßen Einkoppelvorrichtung vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass die Koppelschaltung zumindest ein Schaltelement zum elektrischen Trennen des Verbindungsmittels von der Rippelstromeinheit aufweist. Vorzugsweise können zwei Schaltelemente vorgesehen sein, um eine zweipolige elektrische Trennung des Verbindungsmittels von der Rippelstromeinheit zu ermöglichen. Das Schaltelement kann als Relais oder Ausgangsrelais ausgebildet sein. Insbesondere kann das Schaltelement eine Baueinheit mit dem Verbindungsmittel bilden. Dadurch kann ein Betrieb der Zieleinheit unter der externen Anschlussspannung ohne Einfluss der Rippelstromeinheit ermöglicht werden. Das Schaltelement kann ferner mit der Kontrolleinheit in Datenkommunikationsverbindung stehen, um durch die Kontrolleinheit angesteuert zu werden. Je nach Betriebssituation kann somit automatisch ein elektrisches Trennen des Verbindungsmittels von der Rippelstromeinheit durchgeführt werden. Insbesondere kann die Kontrolleinheit ein Deaktivierungsmodul aufweisen, durch welches das Schaltelement in Abhängigkeit von einer Betriebssituation und/oder vom ersten Stromparameter ansteuern kann.

Vorzugsweise kann bei einer erfindungsgemäßen Einkoppelvorrichtung vorgesehen sein, dass der Primärsensor zumindest ein Sensorelement, insbesondere in Form einer Rogowski-Spule, zur kontaktlosen Strommessung an einer Anschlussleitung der Anschlussvorrichtung aufweist. Bei der kontaktlosen Strommessung kann es sich insbesondere um eine induktive Strommessung handeln. Zur kontaktlosen Strommessung kann der Primärsensor einen Führungsabschnitt zum Führen einer Anschlussleitung der Anschlussvorrichtung aufweisen. Insbesondere kann der Führungsabschnitt rohrartig ausgeführt sein, um ein Durchführen der Anschlussleitung zu ermöglichen. Weiterhin kann das Sensorelement eine, insbesondere toroide Luftspule aufweisen, um die kontaktlose Strommessung zu ermöglichen. Anstelle einer toroiden Form ist ferner eine rechteckige oder eine andere Form denkbar. Vorzugsweise kann das Sensorelement zum Messen eines Wechselstroms ausgebildet sein. Insbesondere kann dadurch ein Gleichspannungsanteil an der Anschlussleitung bereits bei der Strommessung unberücksichtigt bleiben. Dadurch kann der Rippelstrom vorteilhaft an der

Anschlussleitung gemessen werden. Durch eine Rogowski-Spule kann insbesondere ein breiter Anwendungsbereich für den Primärsensor bereitgestellt sein.

Weiterhin kann bei einer erfindungsgemäßen Einkoppelvorrichtung vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass der Primärsensor zwei Sensorelemente zur, insbesondere kontaktlosen, Strommessung an jeweils einer Anschlussleitung der Anschlussvorrichtung aufweist. Insbesondere können beide Sensorelemente gemäß dem zuvor beschriebenen Sensorelement ausgebildet sein. Vorzugsweise kann jedes der Sensorelemente eine Rogowski-Spule aufweisen oder als Rogowski-Spule ausgebildet sein. Insbesondere kann eines der Sensorelemente an einer Anschlussleitung in Form einer positiven Leitung und eines der Sensorelemente an einer Anschlussleitung in Form einer negativen Leitung anordbar sein. Dadurch kann die Stromsensoreinheit eine höhere Resistenz gegenüber Gleichtaktstörungen aufweisen. Insbesondere kann durch die Verwendung von zwei Sensorelementen eine Messung eines Gleichtaktstromes an der Anschlussvorrichtung ermöglicht sein. Gleichzeitig kann dadurch eine Einkopplung von Gleichtakt-Signalen oder Common-Mode-Signalen, insbesondere durch ein Gleichtaktmodul der Kontrolleinheit, ermöglicht sein. Insbesondere können die Gleichtakt-Signale oder Common-Mode-Signale in einem geschlossenen Regelkreis regelbar sein.

Es ist ferner bei einer erfindungsgemäßen Einkoppelvorrichtung denkbar, dass die Stromsensoreinheit einen Sekundärsensor zum Ermitteln eines zweiten Stromparameters aufweist, insbesondere wobei die Stromsensoreinheit ein Umschaltmittel zum Umschalten zwischen dem Primärsensor und dem Sekundärsensor aufweist. Bei dem zweiten Stromparameter kann es sich um eine Spannung und/oder eine Stromstärke handeln. Vorzugsweise ist der Primärsensor zur Messung einer Stromstärke und der Sekundärsensor zur Messung einer Spannung ausgebildet. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Sekundärsensor um einen Differenzspannungssensor. Dadurch kann die Regelung des Rippelstroms durch die Kontrolleinheit zusätzlich in Abhängigkeit von dem zweiten Stromparameter erfolgen. Ist ferner das Umschaltmittel vorgesehen, kann vorgesehen sein, dass der Rippelstrom durch die Kontrolleinheit in einem ersten Regelmodus in Abhängigkeit von dem ersten Stromparameter und in einem zweiten Regelmodus in Abhängigkeit von dem zweiten Stromparameter regelbar und/oder ansteuerbar ist. So ist es denkbar, dass im ersten Regelmodus ein Stromrippel und

im zweiten Regelmodus ein Spannungsrippel durch den Ripplestrom in die Zieleinheit einkoppelbar ist.

Weiterhin kann bei einer erfindungsgemäßen Einkoppelvorrichtung vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass die Koppelschaltung eine Gleichtaktschaltung zum Einkoppeln von Gleichtakt-Ripple-Signalen an der Anschlussvorrichtung durch ein Gleichtaktmodul der Kontrolleinheit aufweist. Die Gleichtaktschaltung kann separat zu dem Anschlussmittel mit der Anschlussvorrichtung verbindbar sein. Dadurch kann insbesondere in einem Testsystem ein vorteilhafter Testbetrieb ermöglicht sein. Vorzugsweise können durch das Gleichtaktmodul Gleichtakt-Ripple-Signale mit einer hohen Amplitude erzeugbar sein. Dadurch können insbesondere Gleichtaktstörungen, die im Betrieb der Zieleinheit z.B. durch Traktionsumrichter im HV-Bordnetz hervorgerufen werden können, simuliert werden. Durch das Einkoppeln der Gleichtakt-Ripple-Signale kann beispielsweise eine Vorhersage eines Ausfalls eines Batteriemanagementsystems in Abhängigkeit von den Gleichtakt-Ripple-Signalen ermöglicht sein. Vorzugsweise weist die Gleichtaktschaltung eine Kapazitätseinheit auf, welche zwischen zwei Anschlussleitungen der Anschlussvorrichtung schaltbar ist, insbesondere wobei die Kapazitätseinheit zwei Kapazitätselemente aufweist, zwischen denen ein elektrisches Potential anlegbar ist. Bei den Kapazitätselementen kann es sich insbesondere um Kondensatoren handeln. Durch die Kapazitätseinheit kann in vorteilhafter Weise das Einkoppeln der Gleichtakt-Ripple-Signale ermöglicht sein.

Ferner kann bei einer erfindungsgemäßen Einkoppelvorrichtung vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass die Kontrolleinheit ein Filtermodul zum Herausfiltern eines Wechselstromanteils an der Anschlussvorrichtung aufweist. Dadurch kann z.B. eine parasitäre Restwelligkeit der externen Anschlussspannung aus einem Strom einer Gleichspannungseinheit entfernt werden. Somit kann die Einkoppelvorrichtung als Filter betreibbar sein. Weiterhin kann dadurch eine erste Frequenz oder ein erstes Frequenzspektrum, die oder das z.B. von der Gleichspannungseinheit erzeugt wird, gedämpft werden, um der Zieleinheit den Ripplestrom mit einer zweiten Frequenz oder einem zweites Frequenzspektrum aufzuprägen.

Weiterhin kann bei einer erfindungsgemäßen Einkoppelvorrichtung vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass die Kontrolleinheit ein Kurvenmodul zum Vorgeben einer

Kurvenform als Referenzsignal für den Rippelstrom aufweist. Durch das Kurvenmodul kann es, insbesondere neben einer Amplitudenregelung des Rippelstroms, ermöglicht sein, eine, insbesondere mittelwertfreie, Kurvenform als Referenzsignal vorzugeben. Dadurch kann es ermöglicht sein, in einem realen Betrieb der Zieleinheit und/oder in einem Feldversuch Betriebsdaten der Zieleinheit, insbesondere in Form von Störstromkurven und/oder Störspannungskurven, aufzuzeichnen und als Referenzsignal für den Rippelstrom zu nutzen. Insbesondere können durch das Kurvenmodul Referenzdaten, z.B. in Form von WAV-Dateien, abrufbar und anhand der Referenzdaten der Rippelstrom regelbar sein. Dazu kann die Rippelstromeinheit, insbesondere der PWM-Verstärker der Rippelstromeinheit, durch das Kurvenmodul derart ansteuerbar sein, dass die Rippelstromeinheit mit dem Primärsensor und/oder dem Sekundärsensor eine geschlossene Regelschleife bildet.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein Testsystem vorgesehen. Das Testsystem weist eine, insbesondere zu prüfende, Zieleinheit, vorzugsweise zum Bereitstellen elektrischer Energie, und eine Einkoppelvorrichtung, insbesondere eine erfindungsgemäße Einkoppelvorrichtung, zum Einkoppeln eines Rippelstromes in die Zieleinheit auf. Die Einkoppelvorrichtung umfasst eine Verbindungseinheit mit einem Verbindungsmittel zum elektrischen Anschluss an eine mit der Zieleinheit elektrisch verbundene Anschlussvorrichtung und eine Rippelstromeinheit zum Erzeugen des Rippelstromes an der Verbindungseinheit. Ferner umfasst die Einkoppelvorrichtung eine Stromsensoreinheit mit einem Primärsensor, durch welchen ein erster Stromparameter der Anschlussvorrichtung zwischen dem Verbindungsmittel und der Zieleinheit bestimmbar ist. Weiterhin weist die Einkoppelvorrichtung eine Kontrolleinheit mit einem Betriebsmodul zum Regeln des, insbesondere eingekoppelten, Rippelstroms in Abhängigkeit von dem ersten Stromparameter auf. Ferner ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Verbindungseinheit eine Koppelschaltung zum Entkoppeln der Rippelstromeinheit von einer externen Anschlussspannung der Anschlussvorrichtung, insbesondere am Verbindungsmittel, aufweist.

Somit bringt ein erfindungsgemäßes Testsystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie bereits ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Einkoppelvorrichtung beschrieben worden sind. Vorzugsweise kann die Anschlussvorrichtung einen

Zwischenkreis aufweisen, der zwischen das Verbindungsmittel und die Gleichspannungseinheit geschaltet ist. Durch die erfindungsgemäße Einkoppelvorrichtung kann bei dem Testsystem ein effizienter Testbetrieb der Zieleinheit ermöglicht sein. Insbesondere kann dabei eine vorteilhafte Regelung des Rippelstroms unter Berücksichtigung der vorliegenden Impedanzverhältnisse, insbesondere der Anschlussvorrichtung und/oder der Zieleinheit ermöglicht sein.

Weiterhin kann bei einem erfindungsgemäßen Testsystem die Anschlussvorrichtung mit einer Gleichspannungseinheit zum Betreiben der Zieleinheit in einem Lademodus und/oder in einem Entlademodus verbunden sein, insbesondere wobei die Gleichspannungseinheit einen internen Rippelgenerator zum Einkoppeln eines weiteren Rippelstroms in die Zieleinheit aufweist. Der interne Rippelgenerator kann insbesondere zum Erzeugen eines niederfrequenten Rippelstroms ausgebildet sein. Die Rippelstromeinheit der Einkoppelvorrichtung kann vorzugsweise zum Erzeugen eines hochfrequenten Rippelstroms ausgebildet sein. Beispielsweise kann der niederfrequente Rippelstrom eine Frequenz von 0,1 bis 2 kHz und/oder der hochfrequente Rippelstrom eine Frequenz von 300 bis 200000 Hz aufweisen. Durch den Lademodus und den Entlademodus kann ein bidirektionaler Betrieb der Zieleinheit und/oder der Anschlussvorrichtung ermöglicht sein. Dadurch können unterschiedliche, insbesondere reale, Betriebsbedingungen für die Zieleinheit simuliert werden. Die Einkoppelvorrichtung ist insbesondere zwischen die Gleichspannungseinheit und die Zieleinheit zwischengeschaltet. Vorzugsweise kann der interne Rippelgenerator durch die Kontrolleinheit oder eine der Kontrolleinheit übergeordnete Kontrollvorrichtung des Testsystems ansteuerbar sein. Vorzugsweise kann die Kontrollvorrichtung dabei mit der Gleichspannungseinheit, der Kontrolleinheit der Einkoppelvorrichtung und/oder der Zieleinheit in Kommunikationsverbindung stehen. Dadurch kann eine Automatisierung des Testsystems verbessert sein. Vorzugsweise kann die Gleichspannungseinheit einen Inverter und/oder eine elektrische Maschine für einen Antrieb eines Fahrzeuges umfassen.

Ferner kann bei einem erfindungsgemäßen Testsystem vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass eine Prüfeinheit zum Prüfen eines Verhaltens der Zieleinheit in Abhängigkeit von dem eingekoppelten Rippelstrom vorgesehen ist. Durch die Prüfeinheit kann eine zumindest teilweise Automatisierung einer Auswertung

und/oder Erhebung von Testdaten einer Systemreaktion der Zieleinheit ermöglicht sein. Insbesondere kann die Prüfeinheit mit der Kontrolleinheit und/oder der Zieleinheit, insbesondere einem Batteriemanagementsystem der Zieleinheit, in Datenkommunikationsverbindung stehen. Ferner ist es denkbar, dass die Prüfeinheit in die Kontrolleinheit integriert ist. Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Prüfeinheit ein Impedanzmodul zum Durchführen einer Impedanzspektroskopie für die Zieleinheit aufweist. Dadurch können die Impedanzverhältnisse der Zieleinheit und/oder der Anschlussvorrichtung, insbesondere in Abhängigkeit von dem Rippelstrom, analysierbar sein.

Weiterhin kann bei einem erfindungsgemäßen Testsystem vorgesehen sein, dass mehrere Einkoppelvorrichtungen zum parallelen Einkoppeln eines Rippelstromes in die Zieleinheit vorgesehen sind, wobei durch Kontrolleinheiten der Einkoppelvorrichtungen und eine zentrale Kontrollvorrichtung ein Kontrollsystem gebildet ist, durch welches die Rippelströme der Einkoppelvorrichtungen koordinierbar und/oder regelbar sind. Somit können insbesondere mehrere Einkoppelvorrichtungen mit der Anschlussvorrichtung parallel verbindbar oder verbunden sein. Vorzugsweise können die Einkoppelvorrichtungen einen oder mehrere gemeinsame Einkoppelstellen und/oder Einkoppelpunkte zum Einkoppeln des Rippelstroms in die Anschlussvorrichtung aufweisen, vorzugsweise wobei Verbindungsmittel der Einkoppelvorrichtungen miteinander verbunden oder verbindbar sind. Dadurch können mehrere Rippelströme parallel eingekoppelt werden, insbesondere wodurch beliebig hohe Stromstärken und/oder Stromspannungen eines in der Anschlussvorrichtung überlagerten Rippelstromes erzeugbar sind. Die Einkoppelvorrichtungen können sich eine Stromsensoreinheit teilen oder jeweils eine Stromsensoreinheit aufweisen. Bei der zentralen Kontrollvorrichtung kann es sich vorzugsweise um einen insbesondere den Kontrolleinheiten übergeordneten Spannungsregler, beispielsweise in Form eines Kurvenform-, RMS-Wert- und/oder Amplitudenreglers, handeln. Vorzugsweise kann an der Anschlussvorrichtung und/oder an der Zieleinheit ein Sekundärsensor zum Messen eines Spannungsrippels anschließbar sein, der mit der Kontrollvorrichtung in Kommunikationsverbindung steht. Insbesondere kann dadurch ein zweischleifiges Regelsystem mit einer äußeren Spannungsschleife und einer äußeren Stromregelschleife geschaffen sein. Ferner ist es denkbar, dass es sich bei der Kontrollvorrichtung um einen Summenstromregler handelt. Ein Ausgangssignal der

Kontrollvorrichtung kann gleich einem Stromsollwert der Einkoppelvorrichtungen sein.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein Einkoppelverfahren zum Einkoppeln eines Rippelstromes in eine, insbesondere zu prüfende, Zieleinheit vorgesehen. Das Einkoppeln des Rippelstroms erfolgt dabei durch eine Einkoppelvorrichtung, insbesondere eine erfindungsgemäße Einkoppelvorrichtung, an einer Anschlussvorrichtung, die mit der Zieleinheit elektrisch verbunden ist. Ferner umfasst das Einkoppelverfahren folgende Schritte:

- Bestimmen eines Ist- Parameters eines ersten Stromparameters an der Anschlussvorrichtung,
- Bestimmen eines Soll-Parameters des ersten Stromparameters,
- Erzeugen eines Rippelstromes in Abhängigkeit von dem Ist-Parameter des ersten Stromparameters und von dem Soll-Parameter des ersten Stromparameters durch eine Rippelstromeinheit der Einkoppelvorrichtung,
- Einkoppeln des Rippelstromes unter einem Entkoppeln der Rippelstromeinheit von einer externen Anschlussspannung der Anschlussvorrichtung, insbesondere am Verbindungsmittel.

Vorzugsweise wird das Verfahren bei einem erfindungsgemäßen Testsystem durchgeführt. Somit bringt ein erfindungsgemäßes Einkoppelverfahren die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich bereits mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Einkoppelvorrichtung und/oder ein erfindungsgemäßes Testsystem beschrieben worden sind. Der Ist-Parameter des ersten Stromparameters kann insbesondere durch eine Stromsensoreinheit der Einkoppelvorrichtung ermittelt werden. Der Soll-Parameter des ersten Stromparameters kann durch einen beabsichtigten Betriebsmodus der Zieleinheit bestimmbar sein. Insbesondere kann dadurch ein realer Betrieb der Zieleinheit im Testsystem simuliert werden. Weiterhin der Soll-Parameter durch ein Kurvenmodul der Kontrolleinheit anhand einer Kurvenform vorgegeben werden. Das Einkoppeln des Rippelstromes erfolgt insbesondere im Rahmen einer Regelung, vorzugsweise in Form einer geschlossenen Regelschleife, in Abhängigkeit von dem Ist-Parameter und dem Soll-Parameter des ersten Stromparameters.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein. Es zeigen schematisch:

- Figur 1                    ein erfindungsgemäßes Testsystem mit einer erfindungsgemäßen Einkoppelvorrichtung in schematischer Ansicht,
- Figur 2                    das Testsystem in einer detaillierteren Darstellung,
- Figur 3                    einen Stromsensor der Einkoppelvorrichtung in schematischer Ansicht,
- Figur 4                    das erfindungsgemäßes Testsystem in einer detaillierteren Darstellung,
- Figur 5                    ein erfindungsgemäßes Einkoppelverfahren in schematischer Darstellung der Verfahrensschritte,
- Figur 6                    das erfindungsgemäßes Testsystem mit mehreren Einkoppelvorrichtungen.

Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 bis 5 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

Figur 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Testsystem 1 in einer schematischen Darstellung. Das Testsystem 1 weist eine Gleichspannungseinheit 4 und eine Zieleinheit 2 auf. Die Gleichspannungseinheit 4 ist über eine Anschlussvorrichtung 3 mit der Zieleinheit 2 verbunden. Insbesondere handelt es sich bei der Anschlussvorrichtung 3 um einen HV-Bus. Die Gleichspannungseinheit 4 kann zum Betreiben der Zieleinheit 2 in einem Lademodus und/oder in einem Entlademodus ausgebildet sein. Dadurch kann die Zieleinheit 2 unter unterschiedlichen

Betriebsbedingungen, z.B. hinsichtlich einer Lebensdauer der Zieleinheit 2, getestet werden. An die Anschlussvorrichtung 3 ist eine erfindungsgemäße Einkoppelvorrichtung 5 zum Einkoppeln eines Rippelstromes in die Energiespeicherreinheit 2, insbesondere an einer Art Nebenanschluss und/oder Seiteneingang der Anschlussvorrichtung 3, angeschlossen. Dadurch kann der Rippelstrom zwischen der Gleichstromeinheit 4 und der Zieleinheit 2 in die Anschlussvorrichtung 3 eingekoppelt werden. Durch den Rippelstrom können daher zusätzliche Betriebssituationen der Zieleinheit 2 simuliert werden. Beispielsweise können dadurch Störgrößen eines HV-Bordnetzes eines Fahrzeuges simuliert werden. Bei der Zieleinheit 2 kann es sich beispielsweise um eine Batterie, insbesondere eine Traktionsbatterie für ein Fahrzeug, handeln. Es sind jedoch ebenso Energiespeicher, wie z.B. ein Teil einer Batterie, ein Superkondensator, ein DC-Zwischenkreis eines Leistungsumrichters, als Zieleinheit 2 bei dem Testsystem 1 denkbar.

Figur 2 zeigt eine detailliertere Darstellung des Testsystems 1 mit der Einkoppelvorrichtung 5. Die Anschlussvorrichtung 3 weist zwei Anschlussleitungen 3.1, 3.2 auf, wobei eine der Anschlussleitungen 3.1 als positive Leitung und die andere der beiden Anschlussleitungen 3.2 als negative Leitung ausgebildet ist. Zwischen der Einkoppelvorrichtung 5 und der Gleichspannungseinheit 4 weist die Anschlussvorrichtung 3 ferner einen Zwischenkreis 3.3 auf. Die Einkoppelvorrichtung 5 umfasst eine Rippelstromeinheit 20 mit einem Leistungsverstärker 21, insbesondere in Form eines PWM-Verstärkers, zum Erzeugen des Rippelstromes. Weiterhin ist ein Signalgenerator 22 zum Erzeugen von Soll-Kurvenformen vorgesehen, der in die Rippelstromeinheit 20 integriert sein kann oder mit welchem die Rippelstromeinheit 20 verbindbar oder verbunden ist. Insbesondere kann die Rippelstromeinheit 20 zum Erzeugen des Rippelstromes an ein Stromnetz anschließbar sein. Die Rippelstromeinheit 20 ist ferner mit einer Verbindungseinheit 10 der Einkoppelvorrichtung 5 verbunden und durch ein Verbindungsmittel 11 der Verbindungseinheit 10 elektrisch an die Anschlussvorrichtung 3 angeschlossen. Dabei liegt an dem Verbindungsmittel 11 eine externe Anschlussspannung 210 vor, die durch die Gleichspannungseinheit 4 in die Anschlussvorrichtung 3 eingebracht wird.

Die Verbindungseinheit 10 weist eine Koppelschaltung 12 zum Entkoppeln der Rippelstromeinheit 20 von der externen Anschlussspannung 210 auf, die im Betrieb des Testsystems 1 am Verbindungsmittel 11 und/oder an der Anschlussvorrichtung 3 anliegt. Durch die Koppelschaltung 12 wird insbesondere eine Entkopplung und eine Potentialtrennung der Rippelstromeinheit 20 von der externen Anschlussspannung 210 ermöglicht. Dazu weist die Koppelschaltung 12 ein Trennelement 13 zur galvanischen Trennung des Verbindungsmittels 11 von der Rippelstromeinheit 20 auf. Ferner weist die Koppelschaltung 12 zumindest ein Kapazitätselement 14 zur Anpassung des Rippelstromes an die externe Anschlussspannung 210 auf. Insbesondere können mehrere Kapazitätselemente 14 zur Anpassung des Rippelstromes an die externe Anschlussspannung 210 vorgesehen sein. Vorzugsweise umfasst das Trennelement 13 einen Transformator. Das Kapazitätselement 14 ist insbesondere als Kondensator ausgestaltet. Das Trennelement 13 und das Kapazitätselement 14 sind zueinander und zu dem Verbindungsmittel 11 in Reihe geschaltet. Das Verbindungsmittel 11 weist ferner zwei Teilverbindungsmittel 11.1 zur Parallelschaltung der Zieleinheit 2 zur Rippelstromeinheit 20 auf. Dazu ist jedes der Teilverbindungsmittel 11.1 an jeweils eine der Anschlussleitungen 3.1, 3.2 der Anschlussvorrichtung 3 elektrisch angeschlossen.

Weiterhin weist die Einkoppelvorrichtung 5 eine Stromsensoreinheit 30 mit einem Primärsensor 31 auf, der zwischen dem Verbindungsmittel 11 und der Zieleinheit 2 angeordnet ist. Dadurch kann zumindest ein erster Stromparameter 201 an der Anschlussvorrichtung 3 durch den Primärsensor 31 zwischen dem Verbindungsmittel 11 und der Zieleinheit 2 bestimmt werden. Der Primärsensor 31 weist zwei Sensorelemente 33 auf, wobei jeweils ein Sensorelement 33 an einer der Anschlussleitungen 3.1, 3.2 angeordnet ist. Es ist ebenfalls denkbar, dass der Primärsensor 31 lediglich ein Sensorelement 33 zum Bestimmen des ersten Stromparameters 201 aufweist. Zwei Sensorelemente 33 haben den Vorteil, dass dadurch eine Resistenz gegenüber Gleichtakt-Signalen auf der Anschlussvorrichtung 3 erzielt werden kann.

Vorzugsweise sind die Sensorelemente 33 zur kontaktlosen Strommessung an den Anschlussleitungen 3.1, 3.2 ausgebildet. Dazu können die Stromsensoren 33 beispielsweise gemäß Figur 3 ausgebildet sein. Dabei weist jeder Stromsensor 33

einen Führungsabschnitt 33.1 auf, in welchem die jeweilige Anschlussleitung 3.1, 3.2 verläuft. Der Führungsabschnitt 33.1 ist von einer, insbesondere toroiden oder anders geformten Luftspule 33.2 umgeben, durch welche eine Veränderung eines magnetischen Feldes der Anschlussleitung 3.1, 3.2 ermittelbar ist. Dadurch kann insbesondere ein Wechselstrom der Anschlussleitung 3.1, 3.2 ermittelbar sein. Vorzugsweise weisen die Stromsensoren 33 zur kontaktlosen Strommessung Rogowski-Spulen auf.

Die Einkoppelvorrichtung 5 gemäß Figur 2 weist ferner eine Kontrolleinheit 40 zum Regeln des eingekoppelten Rippelstromes in Abhängigkeit von dem ersten Stromparameter 201 auf. Die Kontrolleinheit 40 ist mit der Rippelstromeinheit 20 und der Stromsensoreinheit 30 verbunden. Insbesondere wird durch die Kontrolleinheit 40 eine geschlossene Regelschleife zwischen der Stromsensoreinheit 30 und der Rippelstromeinheit 20 ausgebildet. Dadurch wird eine vorteilhafte Regelung des Rippelstroms, insbesondere unabhängig von der externen Anschlussspannung 210, ermöglicht. Die Kontrolleinheit 40 weist dazu ein Betriebsmodul 41 zum Regeln des Rippelstroms auf. Ferner umfasst die Kontrolleinheit 40 ein Filtermodul 43 zum Herausfiltern eines Wechselstromanteils an der Anschlussvorrichtung 3. Durch das Filtermodul 43 kann dadurch eine parasitäre Restwelligkeit der externen Anschlussspannung 210 aus dem Strom der Gleichspannungseinheit 4 entfernt werden. Insbesondere kann der Rippelstrom durch das Filtermodul 43 derart geregelt werden, dass dieser die Restwelligkeit überlagert, so dass an der Zieleinheit 2 lediglich eine Gleichspannung anliegt. Ferner kann eine erste Frequenz der externen Anschlussspannung 210 durch das Filtermodul 43 unterdrückbar sein, um der Zieleinheit 2 eine zweite, von der ersten Frequenz unterschiedliche Frequenz durch den Rippelstrom aufzuprägen. Die erste Frequenz kann dabei insbesondere durch eine Regelung des Rippelstroms gedämpft werden. Es kann vorgesehen sein, dass die Gleichstromeinheit 4 einen internen Rippelgenerator 4.1 aufweist, durch den ein Einkoppeln eines weiteren Rippelstroms möglich ist. Beispielsweise kann der interne Rippelgenerator 4.1 zum Einkoppeln eines niederfrequenten Rippelstroms und die Rippelstromeinheit 20 zum Einkoppeln eines hochfrequenten Rippelstroms ausgebildet sein. Vorzugsweise kann auch der Rippelgenerator 4.1 durch die Kontrolleinheit 40 oder eine übergeordnete Kontrollvorrichtung 6 des Testsystems 1 ansteuerbar sein. Ferner weist die Kontrolleinheit 40 ein Kurvenmodul 44 zum Vorgeben einer Kurvenform als Referenzsignal für den Rippelstrom auf. Das

Referenzsignal kann durch das Kurvenmodul 44 basierend auf Betriebsdaten eines exemplarischen Feldbetriebes der Zieleinheit 2 oder einer ähnlichen oder baugleichen Zieleinheit zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere kann die Kurvenform als WAV-Datei vorliegen. Vorzugsweise ist durch das Kurvenmodul 44 eine mittelwertfreie Kurvenform als Referenzsignal vorgebbar. Insbesondere können das Kurvenmodul 44 und/oder das Filtermodul 43 zum Ausführen der jeweiligen Regelung mit dem Betriebsmodul 41 in Kommunikationsverbindung stehen oder Teil des Betriebsmoduls 41 sein. Die Verbindungseinheit 10 weist ferner Schaltelemente 15 zum elektrischen Trennen des Verbindungsmittels 11 von der Rippelstromeinheit 20 auf. Insbesondere kann ein Öffnen der Schaltelemente 15 durch das Betriebsmodul 41 der Kontrolleinheit 40 initiiert werden, wenn lediglich ein Strom von der Gleichspannungseinheit 4 die Zieleinheit 2 erreichen soll oder von der Zieleinheit 2 zur Gleichspannungseinheit 4 fließen soll.

Um das Verhalten der Zieleinheit 2 in Abhängigkeit von dem eingekoppelten Rippelstrom untersuchen zu können, weist das Testsystem 1 ferner eine Prüfeinheit 50 auf, die mit der Zieleinheit 2 verbunden ist. Insbesondere kann die Prüfeinheit 50 mit einem Batteriemanagementsystem der Zieleinheit 2 in Datenkommunikationsverbindung stehen. Ferner kann die Prüfeinheit 50 mit der Kontrolleinheit 40 in Kommunikationsverbindung stehen oder in die Kontrolleinheit 40 integriert sein. Dadurch kann in Abhängigkeit von der Prüfeinheit 50 z.B. die Regelung angesteuert werden. So ist es denkbar, dass nach einer simulierten Betriebssituation durch die Prüfeinheit 50 und/oder die Kontrolleinheit 40 automatisch eine weitere Betriebssituation durch den Rippelstrom simuliert wird. Dadurch kann das Verhalten der Zieleinheit 2 automatisiert über unterschiedliche Leistungsbereiche der Rippelstromeinheit 20 untersucht werden. Zusätzlich kann die Prüfeinheit ein Impedanzmodul 51 zum Durchführen einer Impedanzspektroskopie für die Zieleinheit 2 aufweisen. Dadurch können die Impedanzverhältnisse der Zieleinheit 2 und/oder der Anschlussvorrichtung 3 in Abhängigkeit von dem Rippelstrom analysierbar sein.

Das Regeln des Rippelstroms durch die Kontrolleinheit 40 kann vorzugsweise gemäß Figur 5 durchgeführt werden. Figur 5 zeigt ein erfindungsgemäßes Einkoppelverfahren 100 in schematischer Darstellung der Verfahrensschritte. Dabei erfolgt ein Bestimmen 101 eines Ist- Parameters des ersten Stromparameters 201 an der Anschlussvorrichtung 3 durch die Stromsensoreinheit 30. Weiterhin erfolgt ein

Bestimmen 102 eines Soll-Parameters des ersten Stromparameters 201 durch die Kontrolleinheit 40. Durch die Rippelstromeinheit 20, die von der Kontrolleinheit 40 angesteuert wird, wird ein Erzeugen 103 des Rippelstromes in Abhängigkeit von dem Ist-Parameter und dem Soll-Parameter des ersten Stromparameters 201 ausgeführt, so dass ein Einkoppeln 104 des Rippelstromes unter einem Entkoppeln der Rippelstromeinheit 20 von der externen Anschlussspannung 210 am Verbindungsmittel 11 erfolgt.

Figur 4 zeigt ferner ein weiteres Testsystem 1, das schematisch dem Aufbau des Testsystems 1 gemäß Figur 1 entspricht. Zusätzlich zu den zu Figur 2 beschriebenen Merkmalen weist die Verbindungseinheit 10 der Einkoppelvorrichtung 5 des Testsystems 1 gemäß Figur 4 jedoch eine Gleichtaktschaltung 16 zum Einkoppeln von Gleichtakt-Rippel-Signalen, insbesondere Common-Mode-Signalen, an der Anschlussvorrichtung 3 auf. Dazu weist die Kontrolleinheit 40 ferner ein Gleichtaktmodul 42 auf, durch welches die Gleichtakt-Rippel-Signale geregelt werden können. Um die Gleichtakt-Rippel-Signale in die Anschlussvorrichtung 3 einkoppeln zu können, weist die Gleichtaktschaltung 16 eine Kapazitätseinheit 17 mit zwei Kapazitätselementen 17.1 auf, zwischen denen ein elektrisches Potential anlegbar ist. Die Gleichtaktschaltung 16 ist insbesondere parallel zu dem Verbindungsmittel 11 und/oder in Reihe zu dem Trennelement 13 geschaltet. Weiterhin weist die Stromsensoreinheit 30 einen Sekundärsensor 32 zum Bestimmen eines zweiten Stromparameters 202, insbesondere in Form eines Differenz-Spannungssensors, auf. Um zwischen dem Primärsensor 31 und dem Sekundärsensor 32 umschalten zu können, weist die Stromsensoreinheit 30 ferner ein Umschaltmittel 34 auf. Vorzugsweise ist der Primärsensor 31 zur Messung einer Stromstärke und der Sekundärsensor 32 zur Messung einer Spannung an der Anschlussvorrichtung 3 ausgebildet. Weiterhin ist vorzugsweise vorgesehen, dass der Rippelstrom durch das Betriebsmodul 41 der Kontrolleinheit 40 in einem ersten Regelmodus in Abhängigkeit von dem ersten Stromparameter 201 und durch das Gleichtaktmodul 42 in einem zweiten Regelmodus in Abhängigkeit von dem zweiten Stromparameter 202 regelbar und/oder ansteuerbar ist. Beispielsweise kann im ersten Regelmodus ein Stromrippel und im zweiten Regelmodus ein Spannungsrippel durch den Rippelstrom in die Zieleinheit 2 einkoppelbar sein. Somit kann insbesondere eine Simulation von Gleichtaktstörungen, die im Betrieb der

Zieleinheit 2 z.B. durch Traktionsumrichter in einem HV-Bordnetz eines Fahrzeuges hervorgerufen werden können, ermöglicht sein.

Figur 6 zeigt ein erfindungsgemäßes Testsystem 1, bei dem mehrere Einkoppelvorrichtungen 5 zum parallelen Einkoppeln eines Rippelstromes in eine Zieleinheit 2 vorgesehen sind. Die Einkoppelvorrichtungen 5 sind dazu parallel an eine Anschlussvorrichtung 3 des Testsystems 1 angeschlossen. Dabei weist jede der Einkoppelvorrichtungen 5 eine Kontrolleinheit 40 auf. Durch die Kontrolleinheiten 40 und eine zentrale Kontrollvorrichtung 61 ist ein Kontrollsystem 60 gebildet, durch welches die Rippelströme der Einkoppelvorrichtungen 5 koordinierbar sind. Durch die Kontrollvorrichtung 61 sind vorzugsweise die Kontrolleinheiten 40 in Abhängigkeit von einem Sekundärsensor 32 in Form eines Spannungssensors ansteuerbar, um die eingekoppelten Rippelströme der Einkoppelvorrichtungen 5 zu regeln. Weiterhin kann jede der Einkoppelvorrichtungen 5 einen Primärsensor 31, insbesondere in Form eines Stromsensors, aufweisen, um eine Regelschleife auszubilden.

Die Erfindung lässt neben den dargestellten Ausführungsformen weitere Gestaltungsgrundsätze zu. D. h. die Erfindung soll nicht auf die mit Bezug auf die Figuren erläuterten Ausführungsbeispiele beschränkt betrachtet werden.

**Bezugszeichenliste**

|      |                          |
|------|--------------------------|
| 1    | Testsystem               |
| 2    | Zieleinheit              |
| 3    | Anschlussvorrichtung     |
| 3.1  | Anschlussleitung         |
| 3.2  | Anschlussleitung         |
| 3.3  | Zwischenkreis            |
| 4    | Gleichspannungseinheit   |
| 4.1  | interner Rippelgenerator |
| 5    | Einkoppelvorrichtung     |
| 6    | Kontrollvorrichtung      |
| 10   | Verbindungseinheit       |
| 11   | Verbindungsmittel        |
| 12   | Koppelschaltung          |
| 13   | Trennelement             |
| 14   | Kapazitätselement        |
| 15   | Schaltelement            |
| 16   | Gleichtaktschaltung      |
| 17   | Kapazitätseinheit        |
| 17.1 | Kapazitätselement        |
| 20   | Rippelstromeinheit       |
| 21   | Leistungsverstärker      |
| 22   | Signalgenerator          |
| 30   | Stromsensoreinheit       |
| 31   | Primärsensor             |
| 31.1 | Führungsabschnitt        |
| 31.2 | Luftspule                |
| 32   | Sekundärsensor           |
| 33   | Sensorelement            |

|     |                                 |
|-----|---------------------------------|
| 34  | Umschaltmittel                  |
| 40  | Kontrolleinheit                 |
| 41  | Betriebsmodul                   |
| 42  | Gleichtaktmodul                 |
| 43  | Filtermodul                     |
| 44  | Kurvenmodul                     |
| 50  | Prüfeinheit                     |
| 51  | Impedanzmodul                   |
| 60  | Kontrollsystem                  |
| 61  | Kontrollvorrichtung             |
| 100 | Einkoppelverfahren              |
| 101 | Bestimmen eines Ist-Parameters  |
| 102 | Bestimmen eines Soll-Parameters |
| 103 | Erzeugen eines Rippelstroms     |
| 104 | Einkoppeln des Rippelstroms     |
| 201 | erster Stromparameter           |
| 202 | zweite Stromparameter           |
| 210 | externe Anschlussspannung       |

### Patentansprüche

1. Einkoppelvorrichtung (5) zum Einkoppeln eines Rippelstromes in eine Zieleinheit (2) aufweisend  
eine Verbindungseinheit (10) mit einem Verbindungsmittel (11) zum elektrischen Anschluss an eine mit der Zieleinheit (2) elektrisch verbundene Anschlussvorrichtung (3),  
eine Rippelstromeinheit (20) zum Erzeugen des Rippelstromes an dem Verbindungsmittel (11),  
eine Stromsensoreinheit (30) mit einem Primärsensor (31), durch welchen ein erster Stromparameter (201) der Anschlussvorrichtung (3) zwischen dem Verbindungsmittel (11) und der Zieleinheit (2) bestimmbar ist, und  
eine Kontrolleinheit (40) mit einem Betriebsmodul (41) zum Regeln des Rippelstroms in Abhängigkeit von dem ersten Stromparameter (201),  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Verbindungseinheit (10) eine Koppelschaltung (12) zum Entkoppeln der Rippelstromeinheit (20) von einer externen Anschlussspannung (210) der Anschlussvorrichtung (3) aufweist.
2. Einkoppelvorrichtung (5) nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Koppelschaltung (12) ein Trennelement (13) zur galvanischen Trennung des Verbindungsmittels (11) von der Rippelstromeinheit (20) aufweist, insbesondere wobei das Trennelement (13) einen Transformator aufweist.
3. Einkoppelvorrichtung (5) nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Koppelschaltung (12) zumindest ein Kapazitätselement (14) zur Anpassung des Rippelstromes an die externe Anschlussspannung (210) aufweist.

4. Einkoppelvorrichtung (5) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Verbindungsmittel (11) zumindest zwei Teilverbindungsmittel (11.1) zur Parallelschaltung der Zieleinheit (2) zur Rippelstromeinheit (20) aufweist.
5. Einkoppelvorrichtung (5) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Koppelschaltung (12) zumindest ein Schaltelement (15) zum elektrischen Trennen des Verbindungsmittels (11) von der Rippelstromeinheit (20) aufweist.
6. Einkoppelvorrichtung (5) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der Primärsensor (31) zumindest ein Sensorelement (33), insbesondere in Form einer Rogowski-Spule, zur kontaktlosen Strommessung an einer Anschlussleitung (3.1, 3.2) der Anschlussvorrichtung (3) aufweist.
7. Einkoppelvorrichtung (5) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der Primärsensor (31) zwei Sensorelemente (33) zur, insbesondere kontaktlosen, Strommessung an jeweils einer Anschlussleitung (3.1, 3.2) der Anschlussvorrichtung (3) aufweist.
8. Einkoppelvorrichtung (5) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Stromsensoreinheit (30) einen Sekundärsensor (32) zum Ermitteln eines zweiten Stromparameters (211) aufweist, insbesondere wobei die Stromsensoreinheit (30) ein Umschaltmittel (34) zum Umschalten zwischen dem Primärsensor (31) und dem Sekundärsensor (32) aufweist.

9. Einkoppelvorrichtung (5) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Koppelschaltung (12) eine Gleichtaktschaltung (16) zum Einkoppeln von Gleichtakt-Rippel-Signalen an der Anschlussvorrichtung (3) durch ein Gleichtaktmodul (42) der Kontrolleinheit (40) aufweist.
10. Einkoppelvorrichtung (5) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Kontrolleinheit (20) ein Filtermodul (43) zum Herausfiltern eines Wechselstromanteils an der Anschlussvorrichtung (3) aufweist.
11. Einkoppelvorrichtung (5) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Kontrolleinheit (40) ein Kurvenmodul (44) zum Vorgeben einer Kurvenform als Referenzsignal für den Rippelstrom aufweist.
12. Testsystem (1) aufweisend  
eine Zieleinheit (2),  
eine Einkoppelvorrichtung (5), insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, zum Einkoppeln eines Rippelstromes in die Zieleinheit (2), wobei die Einkoppelvorrichtung (5) eine Verbindungseinheit (10) mit einem Verbindungsmittel (11) zum elektrischen Anschluss an eine mit der Zieleinheit (2) elektrisch verbundene Anschlussvorrichtung (3),  
eine Rippelstromeinheit (20) zum Erzeugen des Rippelstromes an der Verbindungseinheit (10),  
eine Stromsensoreinheit (30) mit einem Primärsensor (31), durch welchen ein erster Stromparameter (210) der Anschlussvorrichtung (3) zwischen dem Verbindungsmittel (11) und der Zieleinheit (2) bestimmbar ist, und  
eine Kontrolleinheit (40) mit einem Betriebsmodul (41) zum Regeln des Rippelstroms in Abhängigkeit von dem ersten Stromparameter (210), aufweist, wobei die Verbindungseinheit (10) eine Koppelschaltung (12) zum Entkoppeln der Rippelstromeinheit (20) von einer externen Anschlussspannung (210) der Anschlussvorrichtung (3) aufweist.

13. Testsystem (1) nach Anspruch 12,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Anschlussvorrichtung mit einer Gleichspannungseinheit (4) zum Betreiben der Zieleinheit (2) in einem Lademodus und/oder in einem Entlademodus verbunden ist, insbesondere wobei die Gleichspannungseinheit (4) einen internen Rippelgenerator (4.1) zum Einkoppeln eines weiteren Rippelstroms in die Zieleinheit (2) aufweist.

14. Testsystem (1) nach einem der Ansprüche 12 oder 13,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass eine Prüfeinheit (50) zum Prüfen eines Verhaltens der Zieleinheit (2) in Abhängigkeit von dem eingekoppelten Rippelstrom vorgesehen ist.

15. Testsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

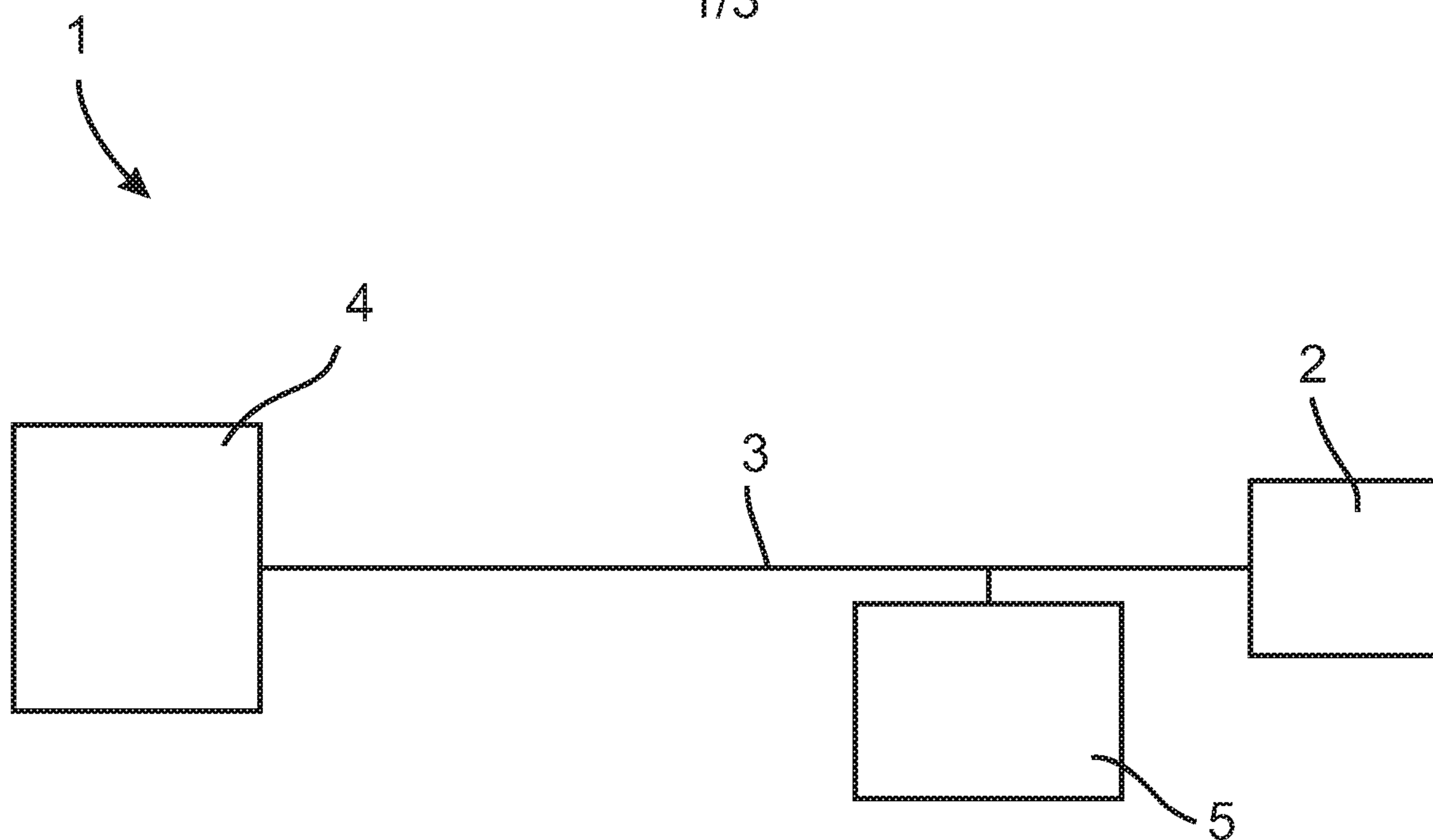
**dadurch gekennzeichnet,**

dass mehrere Einkoppelvorrichtungen (5) zum parallelen Einkoppeln eines Rippelstromes in die Zieleinheit (2) vorgesehen sind, wobei durch Kontrolleinheiten (40) der Einkoppelvorrichtungen (5) und eine zentrale Kontrollvorrichtung (61) ein Kontrollsystem (60) gebildet ist, durch welches die Rippelströme der Einkoppelvorrichtungen (5) koordinierbar und/oder regelbar sind.

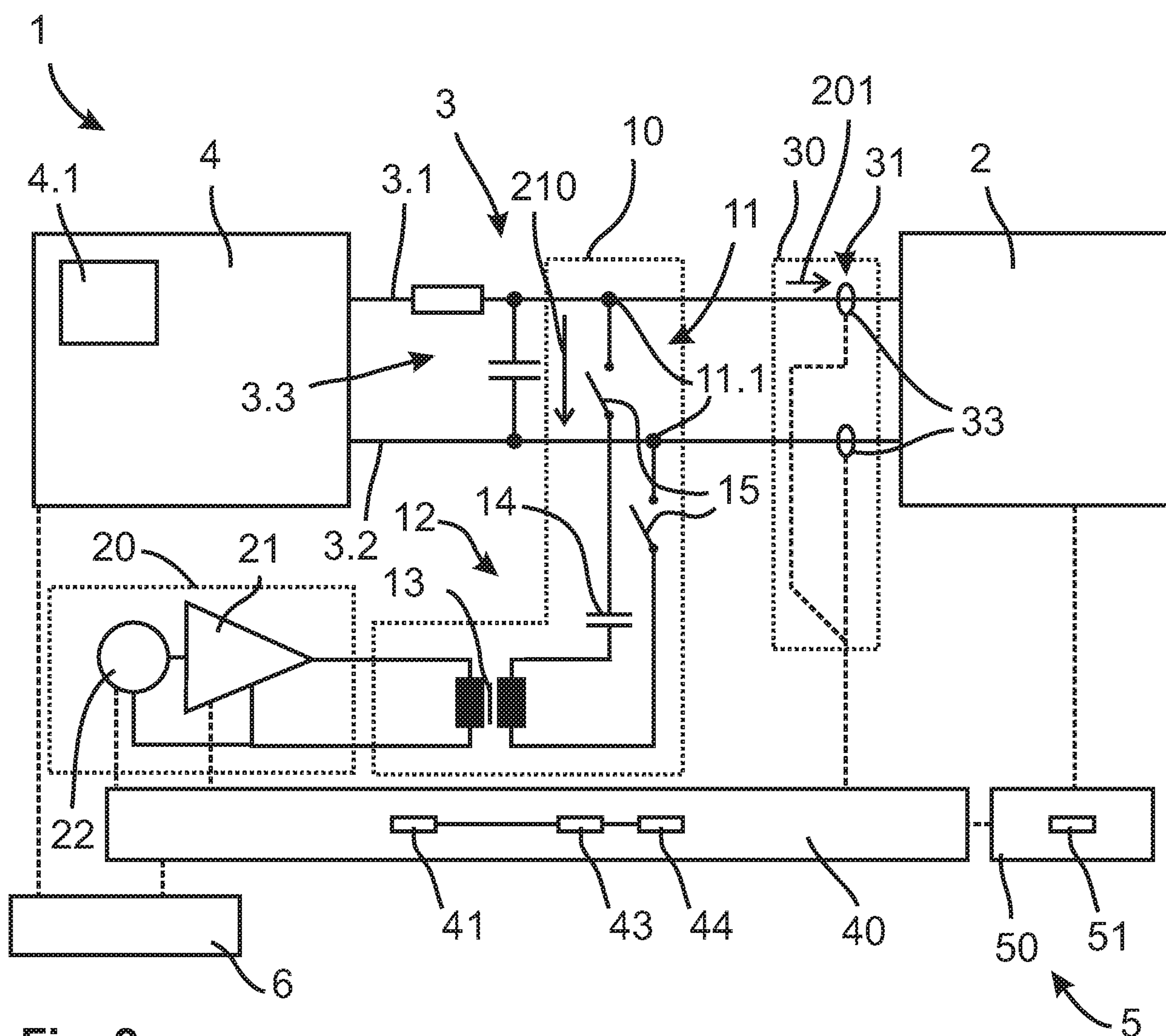
16. Einkoppelverfahren (100) zum Einkoppeln eines Rippelstromes in eine Zieleinheit (2) durch eine Einkoppelvorrichtung (5), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 11, an einer Anschlussvorrichtung (3), die mit der Zieleinheit (2) elektrisch verbunden ist, umfassend folgende Schritte:

- Bestimmen (101) eines Ist-Parameters eines ersten Stromparameters (201) an der Anschlussvorrichtung (3),
- Bestimmen (102) eines Soll-Parameters des ersten Stromparameters (201),
- Erzeugen (103) eines Rippelstromes in Abhängigkeit von dem Ist-Parameter des ersten Stromparameters (201) und von dem Soll-Parameter

- des ersten Stromparameters (201) durch eine Rippelstromeinheit (20) der Einkoppelvorrichtung (5),
- Einkoppeln (104) des Rippelstromes unter einem Entkoppeln der Rippelstromeinheit (20) von einer externen Anschlussspannung (210) der Anschlussvorrichtung (3).

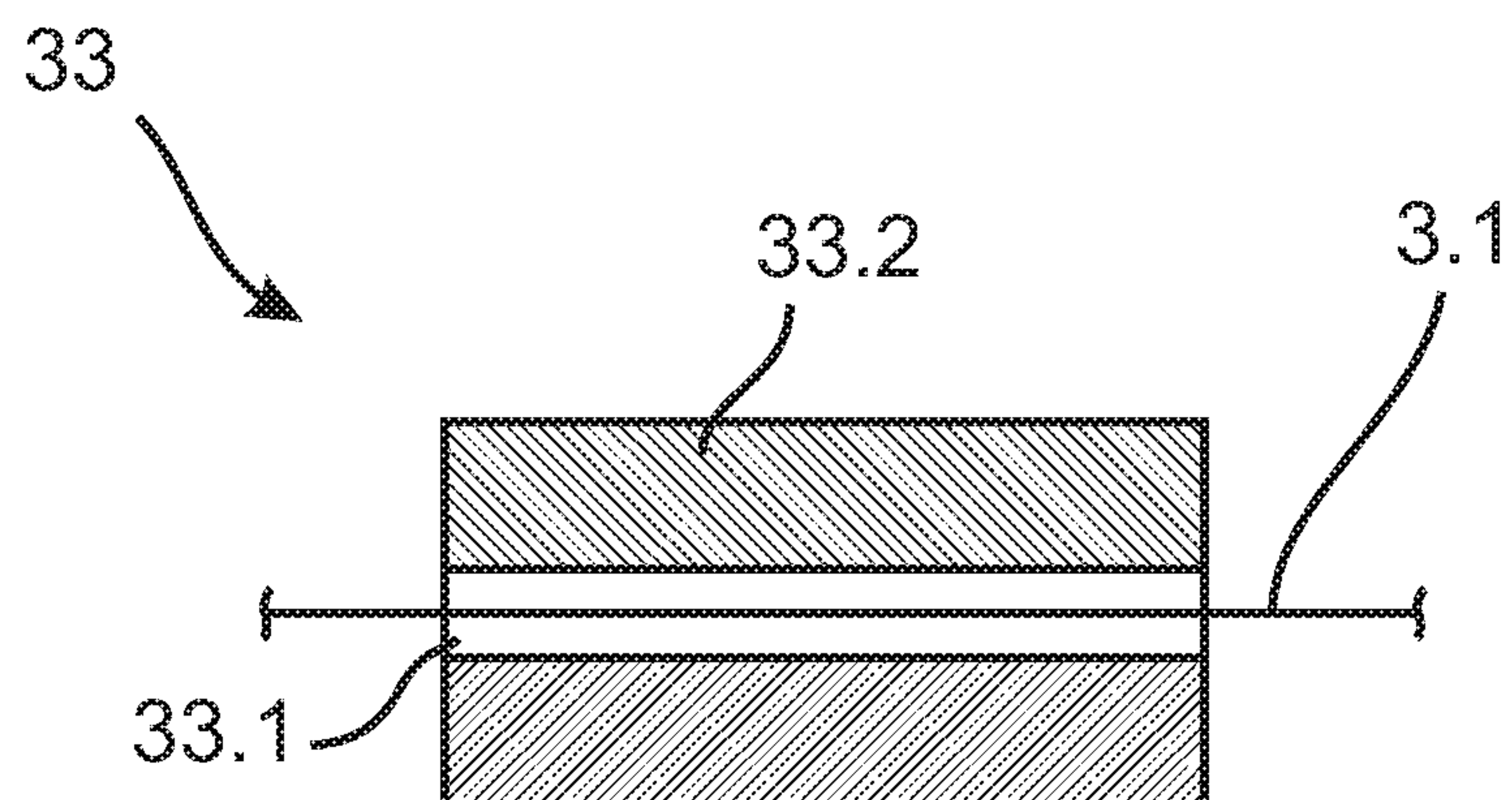


**Fig. 1**

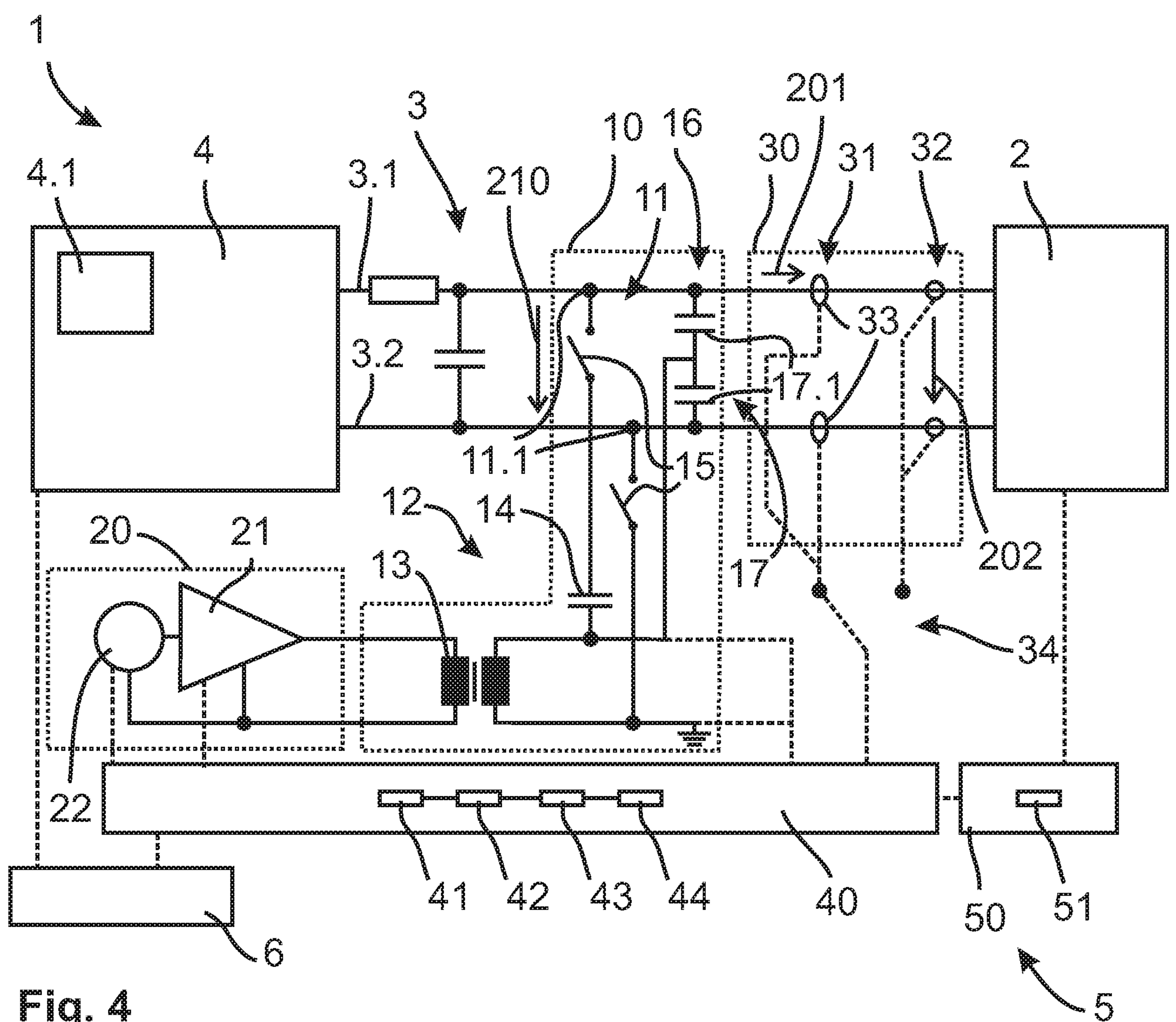


**Fig. 2**

2/3



**Fig. 3**



**Fig. 4**

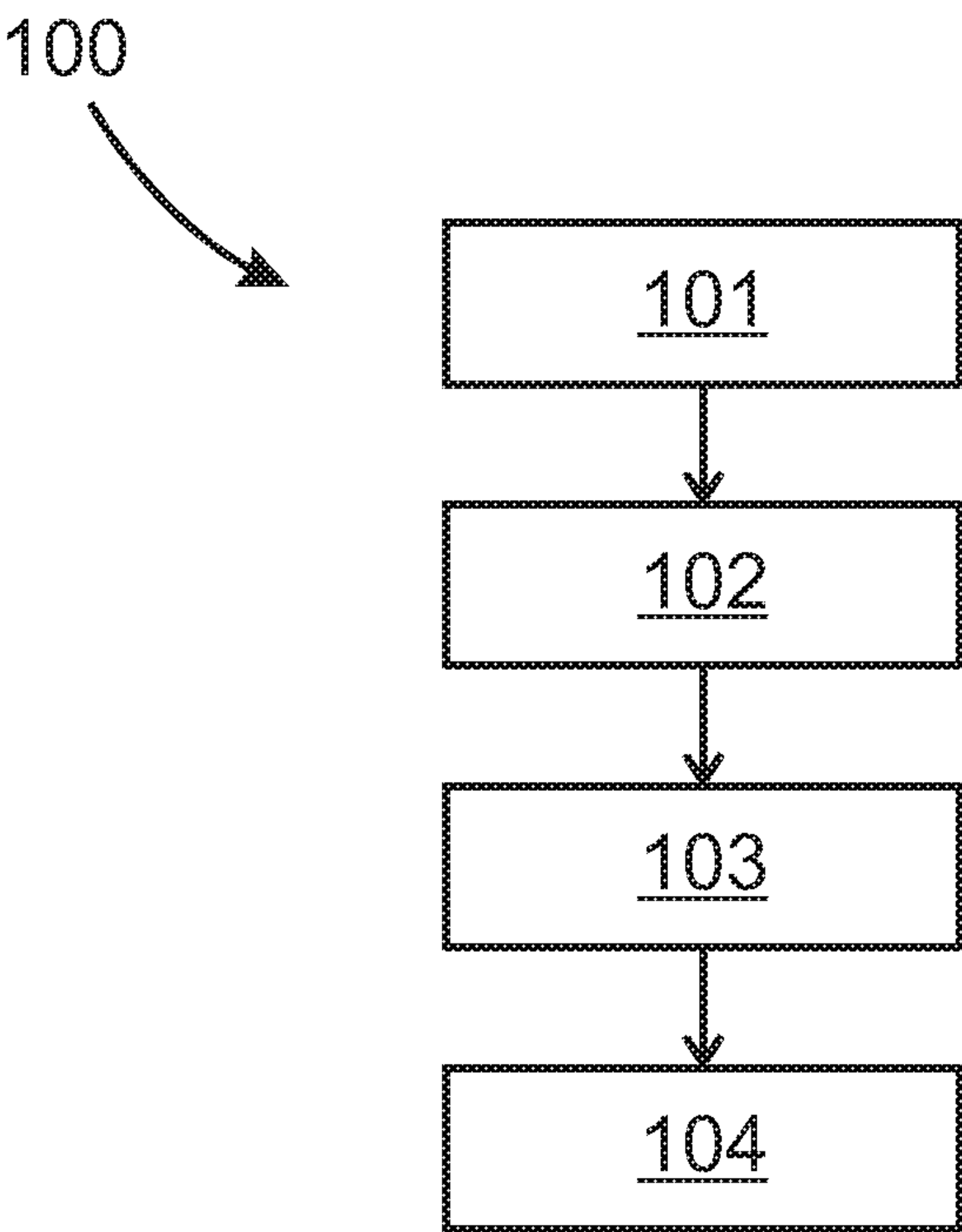


Fig. 5

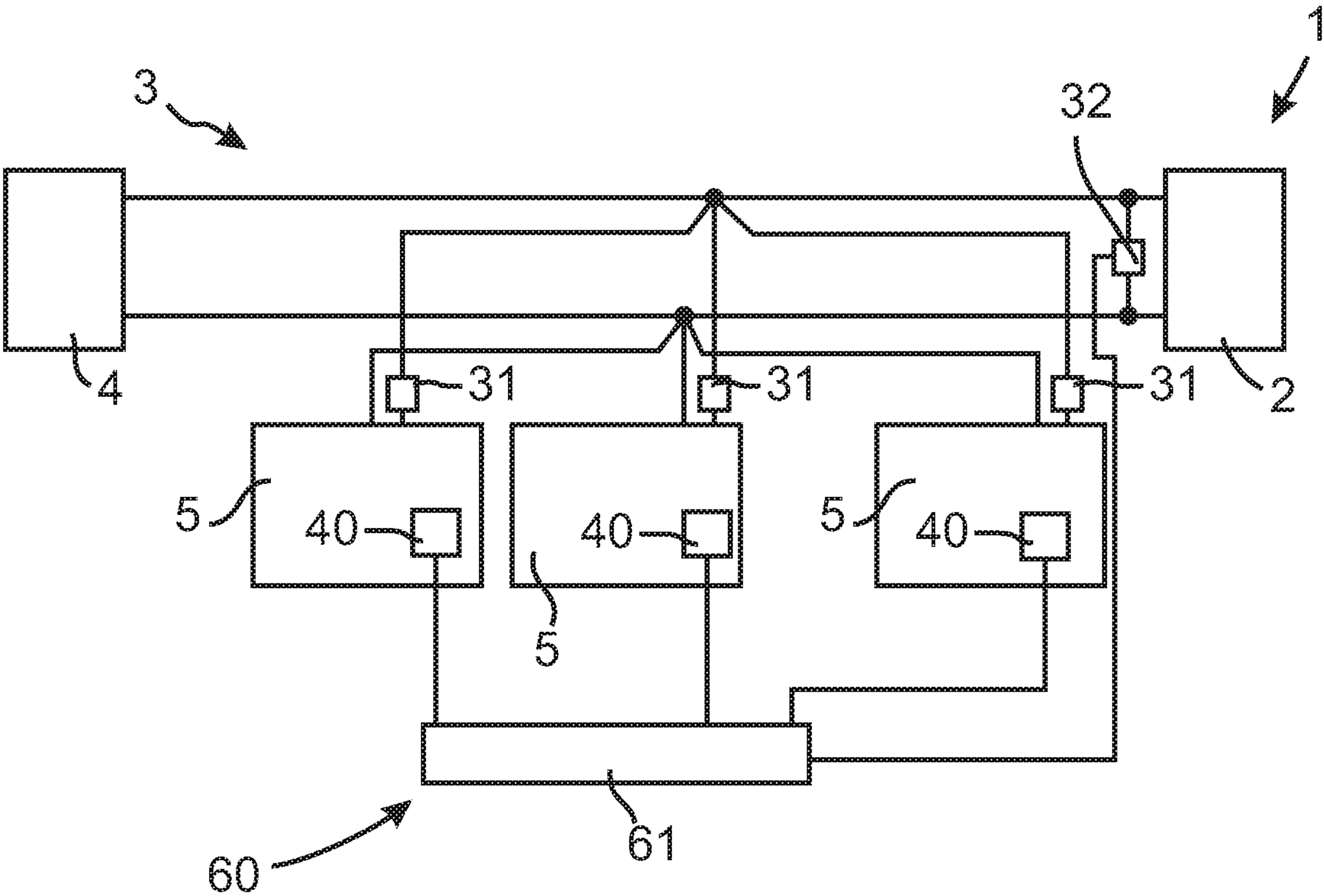


Fig. 6

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:  
**G01R 31/36** (2020.01); **H01M 10/48** (2006.01); **H02J 7/00** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:  
**G01R 31/36** (2019.01); **H01M 10/48** (2019.01); **H02J 7/00** (2020.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):  
 G01R, H01M, H02J

Konsultierte Online-Datenbank:  
 WPI, EPODOC, IEEE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 08.11.2019 eingereichten Ansprüchen 1-16 erstellt.

| Kategorie <sup>*)</sup> | Bezeichnung der Veröffentlichung:<br>Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder),<br>Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich | Betreffend<br>Anspruch       |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| X                       | JP 2009128274 A (FUJITSU TELECOM NETWORKS LTD) 11. Juni 2009<br>(11.06.2009)                                                                                           | 1, 3, 4,<br>10, 12-14,<br>16 |
| A                       | Absätze [0012-0014]; Fig. 1, 2.                                                                                                                                        | 2, 5-9,<br>11, 15            |
| X                       | CN 105242737 A (GUANGZHOU MORNSUN SCI & TECH) 13. Januar 2016<br>(13.01.2016)                                                                                          | 1, 2, 4                      |
| A                       | Zusammenfassung; Ansprüche 1, 2; Fig. 1, 2.                                                                                                                            | 3, 5-16                      |
| A                       | JP 2018120987 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 02. August 2018<br>(02.08.2018)                                                                                             | 1-16                         |
| A                       | Absätze [0013-0023]; Fig. 1.                                                                                                                                           |                              |
| A                       | US 2014055123 A1 (CHOI SUNG BUM, CHO IL HEE) 27. Februar 2014<br>(27.02.2014)                                                                                          | 1-16                         |
| A                       | Das ganze Dokument.                                                                                                                                                    |                              |
| A                       | CN 107450024 A (BEIJING SOARING ELECTRIC TECH CO LTD)<br>08. Dezember 2017 (08.12.2017)                                                                                | 1-16                         |
| A                       | Das ganze Dokument.                                                                                                                                                    |                              |

Datum der Beendigung der Recherche:  
 15.05.2020

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

MEHLMAUER Adolf

<sup>\*)</sup> **Kategorien** der angeführten Dokumente:

**X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.

**Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

**A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.

**P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.

**E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).

**&** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.