

(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

20. Juni 2013 (20.06.2013)



W I P O I P C T



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/087676 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/075 189
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
12. Dezember 2012 (12.12.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 201 1 056 265.6
12. Dezember 2011 (12.12.2011) DE
- (71) **Anmelder:** WEIDMÜLLER INTERFACE GMBH &
CO. KG [DE/DE]; Klingenbergstr. 16, 32758 Detmold
(DE).
- (72) **Erfinder:** GRÜNBERG, Olaf; Residenzstr. 27, 32825
Blomberg (DE). STEINMETZ, Andreas; Wiesenstr. 20a,
32805 Horn-Bad Meinberg (DE).
- (74) **Anwälte:** KLEINE, Hubertus et al; Am Zwinger 2,
33602 Bielefeld (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) **Title:** PLUG DEVICE FOR CONTACT-FREE INDUCTIVE ENERGY TRANSFER AND OPERATING METHOD FOR
SUCH A PLUG DEVICE

(54) **Bezeichnung :** STECKVORRICHTUNG ZUR KONTAKTLOSEN INDUKTIVEN ENERGIEÜBERTRAGUNG UND
BETRIEBSVERFAHREN FÜR EINE SOLCHE STECKVORRICHTUNG

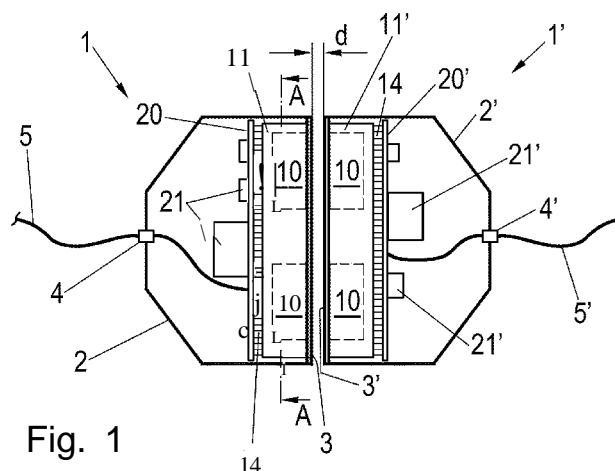


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a plug device for contact-free inductive energy transfer from a primary part (1) to a secondary part (1'), which each have at least one coil (10, 10') and are inductively connected to each other. The plug connection is characterised in that the at least one coil (10, 10') works together with at least one ferrite core (11, 11') in each case. The invention also relates to an operating method for a plug device for contact-free inductive energy transfer from a primary part (1) to a secondary part (1'). A measurement of operating factors of a primary coil (10) used for inductive energy transfer is taken at the primary part (1) and energy transfer is inhibited depending on the measured operating factors.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/087676 A2

Die Erfindung betrifft eine Steckvorrichtung zur kontaktlosen induktiven Energieübertragung von einem Primärteil (1) zu einem Sekundärteil (1'), die jeweils mindestens eine Spule (10, 10') aufweisen, die induktiv miteinander koppelbar sind. Die Steckverbindung zeichnet sich dadurch aus, dass die mindestens eine Spule (10, 10') mit jeweils mindestens einem Ferritkern (11, 11') zusammenwirkt. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Betriebsverfahren für eine Steckvorrichtung zur kontaktlosen induktiven Energieübertragung von einem Primärteil (1) zu einem Sekundärteil (1'). Bei dem Primärteil (1) wird eine Messung von Betriebsgrößen einer zur induktiven Energieübertragung eingesetzten Primärspule (10) vorgenommen und abhängig von den gemessenen Betriebsgrößen eine Energieübertragung unterbunden.

Steckvorrichtung zur kontaktlosen induktiven Energieübertragung und Betriebsverfahren für eine solche Steckvorrichtung

Die Erfindung betrifft eine Steckvorrichtung zur kontaktlosen Energieübertragung von einem Primärteil auf ein Sekundärteil, die jeweils mindestens eine
5 Spule aufweisen, die induktiv miteinander koppelbar sind. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Betriebsverfahren zum sicheren Betreiben einer solchen Steckvorrichtung.

Gegenüber Steckverbindern, bei denen eine Energieübertragung über mechanisch zu verbindende bzw. zu trennende Kontaktelemente erfolgt, besitzen kontaktlose Steckvorrichtungen Vorteile bezüglich eines Verschleißes durch eine
10 hohe Zahl von Steckzyklen oder starken Vibrationen. Zudem ist ein Kontaktabbrand bei einem Ein- oder Ausstecken unter elektrischer Last verhindert. Auch die Gefahr des Ausbildens von Lichtbögen beim Trennen von Steckverbindern mit einer hohen Strombelastung ist bei kontaktlosen Steckvorrichtungen
15 nicht gegeben. Schließlich liegt bei der kontaktlosen Übertragung von Energie eine galvanische Trennung zwischen dem Primärteil und dem Sekundärteil vor, die beispielsweise beim Einsatz im medizinischen Bereich gefordert sein kann. Das Fehlen der mechanisch aufwendig ineinander greifenden Kontakte ermöglicht zudem eine Gestaltung der Steckvorrichtung mit möglichst
20 glatten Oberflächen, was die kontaktlosen Steckvorrichtungen geeignet für Anwendungszwecke mit einer erhöhten Anforderung an Sauberkeit/Hygiene prädestiniert, beispielsweise im Lebensmittelbereich.

Die Druckschrift DE 2 75 27 83 beschreibt eine Steckvorrichtung zur Übertragung von elektrischen Messsignalen, insbesondere im Medizinbereich, bei der
25 in den Stecker eine ringförmige Empfangsspule integriert ist, die mit einer ebenfalls ringförmigen Sendespule in dem Gegenstecker im eingesteckten Zustand induktiv über einen Übertragungsspalt gekoppelt ist. Die Sendespule des
30 Gegensteckers wird mit einer Wechselspannung beaufschlagt, die in der Empfangsspule des Steckers eine Spannung induziert, die nach Gleichrichtung eingesetzt wird, um eine im Stecker vorgesehene Auswerteelektronik für die

Messsignale zu betreiben. Über die Auswerteelektronik werden die Messsignale auf eine Lichtquelle aufmoduliert, sodass die Messsignale in Form von Lichtsignalen galvanisch getrennt zum Gegenstecker übertragen werden können. Die angegebene induktive Energieübertragung ist dem Einsatzzweck angepasst nur zur Übertragung von kleinen Leistungen zur Versorgung der Mes-

5 selektronik und der Lichtquelle zur Signalübertragung geeignet.

Insbesondere die hohe Verschleißfestigkeit macht eine kontaktlose induktive Energieübertragung auch im Automatisierungsbereich interessant, beispielsweise zur Übertragung von Energie an ein Wechselwerkzeug eines Roboters. Hierfür würden jedoch Leistungen benötigt, die über eine Vorrichtung, wie sie in der zuvor genannten Druckschrift beschrieben ist, nicht übertragbar sind.

10

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Steckvorrichtung der Eingangs genannten Art bereitzustellen, über die auch höhere elektrische Leistungen, bevorzugt im Bereich von einigen zehn Watt bis einigen hundert Watt, kontaktlos effizient und sicher übertragen werden können.

15

Diese Aufgabe wird durch eine Steckvorrichtung bzw. ein Betriebsverfahren mit den jeweiligen Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Steckvorrichtungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

20

Eine erfindungsgemäße Steckvorrichtung zur kontaktlosen induktiven Energieübertragung von einem Primärteil zu einem Sekundärteil, die jeweils mindestens eine Spule aufweisen, die induktiv miteinander koppelbar sind, zeichnet sich dadurch aus, dass die mindestens eine Spule mit jeweils mindestens einem Ferritkern zusammenwirkt. Der Ferritkern erhöht den magnetischen Fluss durch seine Permeabilität derart, dass auch bei kleinen Baugrößen der Steck-

25

30

Vorrichtung und kleinen Übertragungsflächen höhere elektrische Leistungen übertragen werden können. Eine Energieübertragung ist durch den hohen magnetischen Fluss auch dann bereits möglich, wenn das Primär- und das Sekundärteil sich (noch) nicht in einer Position befinden, in der der Abstand zwischen ihnen minimal ist, sondern wenn ein Spalt zwischen ihnen besteht. Die

Energieübertragung ist dadurch robust und wenig fehleranfällig, auch bei Vibrationen oder dem Vorliegen anderer mechanischer Einflüsse, die zu einer Abstandsvergrößerung zwischen Primär- und Sekundärteil führen. Auch können z.B. sekundärseitig stromversorgte Führungs- oder Sicherheitsmechanismen bereits in einer Annäherungsphase der beiden Teile aktiviert werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Steckvorrichtung ist in dem Primärteil zumindest ein Wechselrichter mit elektronischen Komponenten integral mit der Spule und dem Ferritkern in einem Gehäuse angeordnet. Ebenfalls vorteilhaft ist in dem Sekundärteil zumindest ein Gleichrichter mit elektronischen Komponenten integral mit der Spule und dem Ferritkern in einem Gehäuse angeordnet. Auf diese Weise entsteht eine Steckvorrichtung, die ähnlich einfach wie eine kontaktbehaftete Steckvorrichtung beispielsweise in einem Kabel zur Energieübertragung angeordnet werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Steckvorrichtung stehen die jeweiligen elektronischen Komponenten in thermischen Kontakt mit dem jeweiligen Ferritkern. Bevorzugt sind die elektronischen Komponenten im Primär- bzw. Sekundärteil jeweils auf einer Platine angeordnet, die über ein wärmeübertragendes Medium mit dem Ferritkern thermisch gekoppelt ist. Durch die thermische Kopplung wird der jeweilige Ferritkern durch die in den elektronischen Komponenten umgesetzte Verlustleistung erwärmt. Innerhalb eines weiten Bereichs von Betriebsparametern von Ferritkernen sinken deren Leistungsverluste aufgrund von Ummagnetisierungsprozessen mit steigender Temperatur ab. Der durch die thermische Kopplung erreichte Temperaturanstieg am Ferritkern führt in der Folge zu geringeren Verlusten im Ferritkern, wodurch der Gesamtwirkungsgrad (Übertragungseffizienz) der Steckvorrichtung steigt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Steckvorrichtung ist das Innere des Gehäuses gegenüber einem umgebenden Medium, insbesondere gegenüber einer umgebenden Flüssigkeit, abgedichtet. So kann die Steckvorrichtung innerhalb von staubigen, sandigen oder feuchten Umgebungen eingesetzt werden. Auch ist beispielsweise ein Einsatz unter Wasser möglich.

Eine erfindungsgemäßes Betriebsverfahren für eine Steckvorrichtung zur kontaktlosen induktiven Energieübertragung von einem Primärteil zu einem Sekundärteil zeichnet sich dadurch aus, dass das Primärteil eine Messung von Betriebsgrößen einer zur induktiven Energieübertragung eingesetzten Primärspule vornimmt und abhängig von den gemessenen Betriebsgrößen eine Energieübertragung unterbindet. Auf diese Weise kann von dem Primärteil erkannt werden, wenn entweder gar kein Sekundärteil oder ein nicht passendes oder ein defektes Sekundärteil zur induktiven Kopplung dem Primärteil gegenübersteht. Gerade bei einer Steckvorrichtung mit dem Potential zu Übertragung höherer elektrischer Energie wird so verhindert, dass von dem Primärteil eine Gefährdung ausgeht.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Betriebsverfahrens betreffen die Betriebsgrößen eine Spannung an der Primärspule und/oder einen Strom durch die Primärspule, die bzw. der sich ergibt, wenn die Primärspule mit einem Wechselfrequenzsignal mit vorgegebenen Parametern beaufschlagt wird. Bevorzugt betreffen dabei die vorgegebenen Parameter Größen, insbesondere ein Tastverhältnis, eines PWM-Verfahrens, das zur Erzeugung des Wechselfrequenzsignals eingesetzt wird.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen mithilfe von vier Figuren näher erläutert. Die Figuren zeigen:

- Fig. 1 eine erste Schnittansicht einer Steckvorrichtung,
- Fig. 2 eine weitere Schnittansicht der in Fig. 1 dargestellten Steckvorrichtung,
- Fig. 3 ein Diagramm zur Darstellung einer spezifischen Verlustleistung in Abhängigkeit der Frequenz bei einem Ferritmaterial unter verschiedenen Betriebsbedingungen und
- Fig. 4 ein Ablaufdiagramm eines Betriebsverfahrens für eine kontaktlose Steckvorrichtung.

Figur 1 zeigt ein schematisches Schnittbild einer anmeldungsgemäßen Steckvorrichtung zur kontaktlosen Energieübertragung von einem Primärteil 1 zu einem Sekundärteil 1'. Elemente, die dem Primärteil 1 zugeordnet sind, im Folgenden auch primärseitige Elemente genannt, tragen in der Figur Bezugszeichen ohne Apostroph. Elemente, die dem Sekundärteil 1' zugeordnet sind, im Folgenden auch sekundärseitige Elemente genannt, tragen Bezugszeichen mit einem entsprechenden Apostroph. Dabei sind primärseitige und sekundärseitige Elemente, die die gleiche oder eine vergleichbare Funktion aufweisen, mit Bezugszeichen mit denselben Zahlen versehen. Wenn im Folgenden nicht explizit auf die Primär- oder Sekundärseite verwiesen wird, werden Bezugszeichen ohne Apostroph verwendet, die sich auf beide Seiten beziehen.

Primärteil 1 und Sekundärteil 1' weisen jeweils ein Gehäuse 2 auf, das aus einem für Steckergehäuse üblichen Material wie Kunststoff, Aluminium oder Edelstahl oder dergleichen gefertigt sein kann. Die Gehäuse 2 sind halbschalenförmig ausgeführt, wobei ihre vordere Seite mit einer Frontplatte 3 verschlossen ist. Im hinteren Bereich, wegweisend von der Frontplatte 3 ist in das Gehäuse 2 eine Kabeldurchführung 4 für ein Anschlusskabel 5 eingebracht.

Unmittelbar hinter der Frontplatte 3 ist jeweils eine Spule 10 angeordnet, die auf einen Ferritkern 11 gewickelt ist, bzw. auf einen Spulenkörper gewickelt ist, der in den Ferritkern 11 eingelegt ist. Die Spule 10 kann mit einem einzelnen Leiter gewickelt sein. Zur Verringerung des Skin-Effekts ist allerdings eine Verwendung von mehradriger Hochfrequenzlitze bevorzugt.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Ferritkern 11 primär- und sekundärseitig ein runder Topfkern mit einem äußeren Rand 12 und einem dazu konzentrischen inneren Dom 13. Ein solcher Kern wird auch als (zylindersymmetrischer) E-Kern bezeichnet. Dabei sind die Querschnitte des äußeren Rands 12 und des inneren Doms 13 bevorzugt näherungsweise gleich groß, um eine homogene magnetische Flussdichte unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Streufelder im Ferritkern 11 zu erzielen. Die Verwendung von Ferritkernen mit anderer Geometrie ist ebenfalls möglich. Beispielsweise können quadratische oder rechteckige Kerne mit runden oder quadratischen bzw. rechteckigen Fer-

ritkernen eingesetzt werden. Auch Spulen ohne Spulenkörper, z.B. mit miteinander verklebten Leitern können verwendet werden.

5 Zur jeweiligen Frontplatte 3 hin sind die Ferritkerne 11 offen, wohingegen auf der gegenüberliegenden Seite der äußere Rand 12 und der innere Dom 13 über einen Topfboden miteinander verbunden sind. Die Spule 10 ist jeweils in den hier ringförmigen Graben zwischen dem äußeren Rand 12 und dem inneren Dom 13 eingelegt. Ein eventuell noch vorhandener Spalt zwischen dem äußeren und inneren Rand der Spule 10 und dem Ferritkern 11 kann mit einem
10 wärmeleitenden Medium ausgefüllt sein.

Im Betrieb werden zur kontaktlosen induktiven Energieübertragung das Primärteil 1 und das Sekundärteil 1' mit ihren Frontplatten 3, 3' aufeinander zuweisend in geringem Abstand zu einander gebracht. In der Figur 1 ist dieser Abstand, der einen Übertragungsspalt bildet, als Übertragungsabstand d eingezeichnet. Der Übertragungsabstand d liegt im Bereich von 0 bis einigen Millimetern oder Zentimetern, abhängig von der Größe, insbesondere dem Durchmesser der Spulen 10 bzw. Ferritkerne 11. Im Betrieb wird die primärseitige Spule 10, nachfolgend auch als Primärspule 10 bezeichnet, mit einem Wechselstrom
15 beaufschlagt. Bevorzugt ist dabei aus der Primärspule 10 und einem Resonanzkondensator ein Resonanzkreis gebildet, dessen Frequenz im Bereich von einigen Kilohertz (kHz) bis einigen hundert kHz liegen, wobei eine Frequenz im Bereich von einigen zehn kHz besonders bevorzugt ist. Der Wechselstrom, mit der die Primärspule 10 beaufschlagt wird, wird von einem Wechselrichter bereitgestellt. Im Wechselrichter kann zur Erzeugung der Wechselspannung dabei beispielsweise ein Pulsweitenmodulationsverfahren (PWM) eingesetzt werden. Der Wechselrichter befindet sich zusammen mit Überwachungs- und
20 Steuereinrichtungen auf einer Platine 20 innerhalb des Gehäuses 2 des Primärteils 1. In der Figur sind beispielhaft auf der Platine 20 elektronische Komponenten 21 eingezeichnet. Zum Schutze des Wechselrichters vor einer Resonanzüberhöhung der Amplitude am Resonanzkreis, gebildet aus dem genannten Resonanzkondensator und der Primärspule 10, wird der Resonanzkreis leicht überresonant, also bei Frequenzen oberhalb der Resonanzfrequenz, betrieben.
25
30

Bei einer Energieübertragung bedingt die magnetische Kopplung zwischen der Primärspule 10 und sekundärseitigen Spule 10', nachfolgend Sekundärspule 10' genannt, die durch die vorhandenen Ferritkerne 11 und 11' besonders effizient ist. In der Sekundärspule 10' wird eine Spannung induziert, die nach
5 Gleichrichtung, Spannungswandlung - und ggf. Spannungsstabilisierung - als Ausgangsspannung am Anschlusskabel 5' zur Abgabe der übertragenen Energie bereitsteht. Die elektronischen Komponenten auf der Sekundärseite sind ebenfalls auf einer Platine 20' angeordnet, wobei hier wiederum beispielhaft einzelne elektronische Komponenten 21' eingezeichnet sind. Vorteilhaft kann
10 die Sekundärspule einen Mittelabgriff aufweisen, so dass ein Synchrongleichrichter verwendet werden kann.

Die Ferritkerne 11, 11' erlauben eine hohe magnetische Flussdichte, durch die eine effiziente Energieübertragung auch bei kleinem Spulenvolumen möglich
15 ist. Die Übertragung ist dabei relativ tolerant gegenüber einer lateralen Verschiebung des Primärteils 1 und des Sekundärteils 1' gegeneinander möglich. Dieses ist beispielsweise im Automatisierungsbereich von hohem Vorteil, da auf eine hohe Positioniergenauigkeit zur Etablierung einer konventionellen kontaktbehafteten Steckverbindung verzichtet werden kann.

20 Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel der Figur 1 sind keine ineinandergreifenden Führungs- oder Positionierungselemente vorgesehen, die das Primärteil 1 und das Sekundärteil 1' beim Ineinanderstecken lateral zueinander ausrichten würden. Durch das Fehlen solcher Elemente können das Primärteil
25 1 und das Sekundärteil 1' auch durch eine Lateralbewegung, das heißt eine Bewegung in Richtung der Ausdehnung der Frontplatten 3, 3' in die Betriebsposition gebracht werden bzw. von einander getrennt werden. Dieses erweist sich gerade im Automatisierungsbereich als besonders vorteilhaft, da eine zusätzliche axiale Bewegung von Primär- und Sekundärteil 1, 1' aufeinander zu
30 zum Etablieren oder Trennen einer Steckverbindung nicht erforderlich ist. Je nach geplantem Anwendungszweck können in alternativen Ausgestaltungen derartige Führungs- oder Positionierungselemente jedoch auch vorgesehen sein.

Sowohl beim Primärteil 1 als auch beim Sekundärteil 1' sind zwischen dem jeweiligen Ferritkern 11 und der Platine 20 Wärmeleitmatten 14 angeordnet. Insbesondere bei der Primärseite, aber auch bei der Sekundärseite stellen die auf der Platine 20 angeordneten elektronischen Bauteile 21 eine große Verlustquelle im Übertragungsweg dar. Die von diesen Bauelementen 21 erzeugte Verlustwärme wird über die Wärmeleitmatten 14 auf den Ferritkern 11 übertragen. Dadurch wärmt sich der Ferritkern 11 im Betrieb auf eine höhere Betriebstemperatur auf, als dieses ohne die thermische Kopplung an die Platine 20 der Fall wäre. Als Folge davon steigt die Effizienz der Energieübertragung, wie anhand der Figur 3 ersichtlich ist. Anstelle der Wärmeleitmatten 14 kann beispielsweise auch eine Vergussmasse eingesetzt werden, um die Platine 20 und den Ferritkern 11 thermisch zu koppeln.

Die Figur 3 zeigt Abhängigkeiten der spezifischen Verlustleistung P_v für ein beispielhaftes Ferritmaterial des Ferritkerns 11 in Abhängigkeit der Betriebsfrequenz f in doppelt logarithmischer Auftragung. Die Abhängigkeit ist in mehreren Kurvenpaaren für verschiedene Magnetisierungen, die zwischen 50 Milli-Tesla (mT) und 200 mT variieren, angegeben. Bei jedem Kurvenpaar gibt die obere, durchgezogene Kurve die spezifische Verlustleistung bei 25° Celsius, also ungefähr Raumtemperatur, und die untere, gestrichelte Kurve die spezifische Verlustleistung bei einer Temperatur von 100° Celsius des Ferritkerns 11 an. Es ist zu erkennen, dass über dem gesamten dargestellten Frequenzbereich für jede benutzte Magnetisierung die Verluste bei geringerer Temperatur im Ferritkern 11 größer sind als bei höherer Temperatur. Der zuvor beschriebene Eintrag der Verlustleistung der elektronischen Komponenten als Wärme in den Ferritkern 11 erhöht dessen Temperatur und senkt folglich die Verlustleistung im Ferritkern 11 aufgrund der Ummagnetisierung. Dadurch wird der Gesamtwirkungsgrad des Übertragungssystems verbessert. Dieser Effekt kann sowohl auf der Primärseite als auch auf der Sekundärseite genutzt werden. Gleichzeitig wird der vorhandene Ferritkern 11, 11' durch die thermische Kopplung als Kühlkörper für die Elektronikkomponenten 21, 21' eingesetzt, wodurch sich als zusätzlicher Effekt eine Material- und somit Kosteneinsparung ergibt.

Beim Betrieb der Steckvorrichtung besteht aufgrund der hohen übertragbaren Leistung ein Gefahrenpotential, wenn das Primärteil 1 betrieben wird, ohne dass ein passendes komplementäres Sekundärteil 1' diesem gegenüber angeordnet ist. Im harmlosesten Fall wird das Primärteil 1 „leer betrieben“, was jedoch einen unnötig hohen Leerlauf-Energieverbrauch für das Primärteil bedeuten würde und was im Hinblick auf eine unerwünschte Abstrahlung von elektromagnetischen Verunreinigungen ungewünscht ist. Weniger harmlos kann dagegen das Betreiben des Primärteils 1 sein, wenn dieses einer leitenden, z.B. einer metallischen Fläche gegenüber positioniert ist. Die in der metallischen Fläche induzierten Ströme können diese aufheizen. Auch sollte das Primärteil nicht mit einem nicht passenden oder defekten Sekundärteil betrieben werden.

In Figur 4 ist ein Betriebsverfahren für eine Steckverbindung zur kontaktlosen induktiven Energieübertragung beschrieben, die sowohl einen erhöhten Leerlauf-Energieverbrauch des Primärteils 1, als auch eine unkontrollierte Energieübertragung in ein anderes Element als ein geeignetes Sekundärteil 1' verhindert. Das dargestellte Betriebsverfahren kann beispielsweise mit der zuvor im Zusammenhang mit den Figuren 1 und 2 beschriebenen Steckvorrichtung ausgeführt werden. Es wird daher beispielhaft mit Verweis auf diese Steckverbindung beschrieben.

In einem ersten Schritt S1 wird ein Wechselspannungssignal mit vorgegebenen ersten Parametern an die Primärspule 10 ausgegeben. Im dargestellten Beispiel werden dazu vorgegebene erste Parameter für ein PWM-Verfahren eingestellt, beispielsweise ein Tastverhältnis.

Danach kann zunächst in einem Schritt S2 eine Verzögerungszeit von hier beispielhaft 15 Millisekunden vorgesehen sein, die dem Einschwingen des Systems auf die Einstellungen im Schritt S1 dient. Der Schritt S2 ist optional und kann entfallen, wenn das System nur eine vernachlässigbar kurze Zeit benötigt, um geänderte Einstellungen umzusetzen.

Nach dem Schritt S2 wird in einem Schritt S3 der Strom durch die Primärspule 1 als eine Betriebsgröße der Primärspule 10 gemessen. Nur wenn das Sekun-

därteil 1' gegenüber dem Primärteil 1 vorhanden ist, bleibt der gemessene Strom unterhalb eines vorgegebenen, mit dem ersten Parametern korrelierten Stromgrenzwerts. Zusätzlich oder alternativ kann vorgesehen sein, neben dem Strom durch die Primärspule 1 selbst, die zeitliche Änderungsrate dieses
5 Stroms zu betrachten. Sekundärseitig ist üblicherweise ein Zwischenkreiskon-
densator an der gleichgerichteten Spannung vorgesehen, dessen Aufladung
nach dem Einstellen eines Wechselspannungssignals mit den vorgegebenen
ersten Parametern zu einer Stromänderung des Stroms durch die Primärspule
1 mit einem charakteristischen Zeitverlauf führt. Es kann somit sowohl über den
10 Absolutwert des Stroms als auch über dessen Änderungsrate in dem Schritt S3
ermittelt werden, ob ein Sekundärteil 1' dem Primärteil 1 gegenübersteht.

Wenn kein Sekundärteil 1' vorhanden ist oder auch wenn eine leitende Fläche dem Primärteil 1 gegenübersteht, übersteigt der gemessene Strom den Grenz-
15 wert und/oder seine Änderungsrate zeigt nicht den erwarteten charakteristi-
schen Verlauf. In dem Fall verzweigt das Verfahren zu einem Schritt S10, in
dem die Primärspule 10 nicht mehr mit Spannung beaufschlagt wird, mit ande-
ren Worten keine Energieübertragung stattfindet. In diesem Zustand verharrt
das Verfahren in einem Schritt S11 für eine relativ lange Verzögerungszeit, die
20 hier beispielhaft bei 0,5 Sekunden liegt. Nach Ablauf dieser Verzögerungszeit
wird das Verfahren erneut mit dem Schritt S1 fortgesetzt, in dem wiederum eine
erste Amplitude an die Primärspule 10 angelegt wird. In einem Takt, dessen
Dauer in etwa der Verzögerungszeit des Schritts S11 entspricht, versucht das
System somit eine Energieübertragung zu etablieren (Polling-Verfahren). Es
25 kann vorgesehen sein, dass ein ev. sekundärseitig vorhandener Kondensator
über einen Entlademechanismus in der Zeit des Schritts S11 entladen wird, so
dass bei erneutem Start des Verfahrens mit dem Schritt S1 unter gleichen An-
fangsbedingungen startet. Dieses ist insbesondere für den Schritt S3 und die
dort erfolgende Überprüfung der Strom- oder Stromänderungswerte vorteilhaft.
30 Zur Entladung kann sekundärseitig eine Stromsenke vorhanden sein, die nach
erfolgter Kopplung von Primärteil 1 und Sekundärteil 1' (vgl. Schritt S9) abge-
schaltet wird, um den Stromverbrauch zu reduzieren.

Wenn im Schritt S3 festgestellt wird, dass der gemessene Strom unterhalb des Grenzwertes liegt und/oder die erwartete Zeitabhängigkeit zeigt, wird das Verfahren nach einer weiteren kurzen Verzögerungszeit im Schritt S4 mit einem Schritt S5 fortgesetzt, in dem die Höhe der Spannung an der Primärspule 10 als eine weitere Betriebsgröße bestimmt wird. Wird im Schritt S5 festgestellt, dass die Spannung bestimmte vorgegebene Voraussetzungen nicht erfüllt, verzweigt das Verfahren wiederum zum Schritt S10. Liegt die Spannung dagegen im vorgegebenen Bereich, wird das Verfahren mit einem Schritt S6 fortgeführt.

In dem Schritt S6 wird die Primärspule 10 mit einem Wechselspannungssignal mit vorgegebenen zweiten Parametern beaufschlagt. Im dargestellten Beispiel werden dazu analog zum Schritt S1 zweite Parameter des PWM-Verfahrens eingestellt, wiederum beispielsweise über das Tastverhältnis. Nach einer erneuten, optionalen Verzögerungszeit im Schritt S7, die dem Einschwingen des Systems auf die geänderten Betriebsbedingungen dient (vgl. Schritt S2), wird in einem nachfolgenden Schritt S8 wiederum die an der Spule anliegende Spannung gemessen. Erfüllt diese Spannung zweite vorgegebene Spannungskriterien, die mit den zweiten Parametern korreliert sind, nicht, verzweigt das System abermals zum Schritt S10. Nur wenn im Schritt S8 festgestellt wird, dass auch die zweiten Kriterien erfüllt sind, wird das Verfahren mit einem Schritt S9 fortgeführt, in dem die Primärspule 10 zur Energieübertragung betrieben wird.

Während des Betriebs des Primärteils 1 im Schritt S9 wird fortlaufend der Strom durch die Primärspule 1 und/oder durch Schaltelemente des Wechselrichters ermittelt. Übersteigt der Absolutwert des Stroms einen bestimmten Grenzwert, wird der Betrieb abgebrochen und das Verfahren verzweigt zu Schritt S10. So wird eine zu hohe Last an der Sekundärseite primärseitig erkannt. Weiterhin wird anhand der Ströme die Kurvenform am Ausgang des Wechselrichters überprüft. Zu große Abweichungen der Kurvenform von einer Sinuskurve deuten auf eine nicht korrekte Sekundärseite hin. Auch ein Entfernen eines ansonsten passenden Sekundärteils 1' kann so detektiert werden. In einem solchen Fall verzweigt das Verfahren ebenfalls zum Schritt S10.

Das dargestellte Verfahren hat den Vorteil, dass eine nicht korrekte Sekundärseite primärseitig erkannt wird. Es ist keine Rückmeldung von dem Sekundärteil 1' an das Primärteil 1 notwendig, um ein sicheres Betreiben des Primärteils 1 zu garantieren. In einer Betriebsumgebung kann das System durch die Umgebungsbedingungen und/oder auch durch eine eigne Verlustleistung Temperaturen in einem weiten Temperaturbereich, beispielsweise zwischen -20 °C und 100 °C, ausgesetzt sein. Die in dem Verfahren, beispielsweise in den Schritten S3 und S8, eingesetzten Parametern und/oder Grenzwerte können temperaturabhängig vorgegeben sein, um bei jeder möglichen Betriebstemperatur einen korrekten Verfahrensablauf mit sicherer Erkennung einer korrekt arbeitenden Sekundärseite sicherzustellen.

In einer alternativen Ausgestaltung des Steckverbinders ist ein auf einer Rückmeldung eines Sekundärteils an ein Primärteil basierender Sicherheitsmechanismus alternativ oder zusätzlich einsetzbar.

In einer weiteren alternativen Ausgestaltung des Steckverbinders kann vorgesehen sein, die Größe des Luftspaltes im Betrieb ständig zu ermitteln und zu überprüfen. Der Luftspalt kann anhand einer Verstimmung des Resonanzkreises über die Resonanzfrequenz ggf. in Verbindung mit dem in der Primärspule fließenden Strom ermittelt werden. Es kann vorgesehen sein, die Energieübertragung bei Überschreiten eines vorgegebenen Abstands d (vgl. Fig. 1) zu unterbinden.

Weiterhin ist es möglich, sekundärseitig eine Energiepufferung, z.B. durch einen Kondensator mit hoher Kapazität, vorzusehen, um in der Sekundärseite bei temporärem Spannungsausfall, z.B. innerhalb während eines Werkzeugwechsels, einen Betrieb oder Notbetrieb aufrechtzuerhalten.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Steckvorrichtung ist diese für den Betrieb in einem flüssigen Medium ausgelegt. Dazu ist zum Einen das Gehäuse 2 in Verbindung mit der Frontplatte 3 gegenüber diesem flüssigen Medium abgedichtet. Zum Anderen kann zusätzlich eine Wärmeisolierung, z. B. in Form eines dünnen Luftspaltes zwischen dem Ferritkern 11 und der Frontplatte 3 vorge-

sehen sein, um den zuvor beschriebenen Effekt der Effizienzverbesserung durch Erwärmung des Ferritkerns 11 auch innerhalb eines eher kühlenden flüssigen umgebenden Mediums zu erreichen. Zudem kann die Übertragung über den Übertragungsspalt d auf geänderte magnetische Suszeptibilitäten des flüssigen Mediums optimiert werden. Die Abdichtung zwischen dem Gehäuse 2 und der Frontplatte 3 bietet vorteilhafterweise auch einen Schutz vor Staub und Schmutz.

Bezugszeichenliste

	1	Primärteil
5	r	Sekundärteil
	2, 2'	Gehäuse
	3, 3'	Abdeckplatte
	4, 4'	Anschlusskabel
	5, 5'	Kabeldurchführung
10	10	Primärspule
	10'	Sekundärspule
	11, 11'	Ferritkern
	12, 12'	äußerer Rand
	13, 13'	innerer Dom
15	14, 14'	Wärmeleitmatte
	20, 20'	Platine
	21, 21'	elektronische Bauelemente

Ansprüche

1. Steckvorrichtung zur kontaktlosen induktiven Energieübertragung von einem Primärteil (1) zu einem Sekundärteil (1'), die jeweils mindestens eine Spule (10, 10') aufweisen, die induktiv miteinander koppelbar sind,
5 **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Spule (10, 10') mit jeweils mindestens einem Ferritkern (11, 11') zusammenwirkt.
2. Steckvorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Ferritkern (11, 11') ein Topfkern mit äußerem Rand (12, 12') und innerem Dom (13, 13') ist.
10
3. Steckvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der in dem Primärteil (1) zumindest ein Wechselrichter mit elektronischen Komponenten (21) integral mit der Spule (10) und dem Ferritkern (11) in einem Gehäuse (2) angeordnet ist.
15
4. Steckvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der in dem Sekundärteil (1') zumindest ein Gleichrichter mit elektronischen Komponenten (21') integral mit der Spule (10') und dem Ferritkern (11') in einem Gehäuse (2) angeordnet ist.
20
5. Steckvorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, bei der die jeweiligen elektronischen Komponenten (21, 21') in thermischen Kontakt mit dem jeweiligen Ferritkern (11, 11') stehen.
25
6. Steckvorrichtung nach Anspruch 5, bei der die elektronischen Komponenten (21, 21') im Primär- bzw. Sekundärteil (1, 1') jeweils auf einer Platine (20, 20') angeordnet sind, die über ein wärmeübertragendes Medium mit dem Ferritkern (11, 11') thermisch gekoppelt ist.
30
7. Steckvorrichtung nach Anspruch 6, bei der das wärmeübertragende Medium eine Wärmeleitmatte (14, 14') ist.

8. Steckvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der ein Wärmeübergang von der jeweiligen Spule (10, 10') auf den zugeordneten Ferritkern (11, 11') durch ein wärmeübertragendes Medium erhöht ist.
- 5 9. Steckvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der das Innere des Gehäuses (2, 2') gegenüber einem umgebenden Medium, insbesondere gegenüber einer umgebenden Flüssigkeit, abgedichtet ist.
- 10 10. Betriebsverfahren für eine Steckvorrichtung zur kontaktlosen induktiven Energieübertragung von einem Primärteil (1) zu einem Sekundärteil (1'), **dadurch gekennzeichnet, dass** das Primärteil (1) eine Messung von Betriebsgrößen einer zur induktiven Energieübertragung eingesetzten Primärspule (10) vornimmt und abhängig von den gemessenen Betriebsgrößen eine Energieübertragung unterbindet.
- 15 11. Betriebsverfahren nach Anspruch 10, bei dem die Betriebsgrößen eine Spannung an der Primärspule (10) und/oder einen Strom durch die Primärspule (10) betreffen, die bzw. der sich ergibt, wenn die Primärspule (10) mit einem Wechselspannungssignal mit vorgegebenen Parametern
- 20 beaufschlagt wird.
12. Betriebsverfahren nach Anspruch 11, bei dem die vorgegebenen Parameter Größen, insbesondere ein Tastverhältnis, eines PWM-Verfahrens sind, das zur Erzeugung des Wechselspannungssignals eingesetzt wird.
- 25

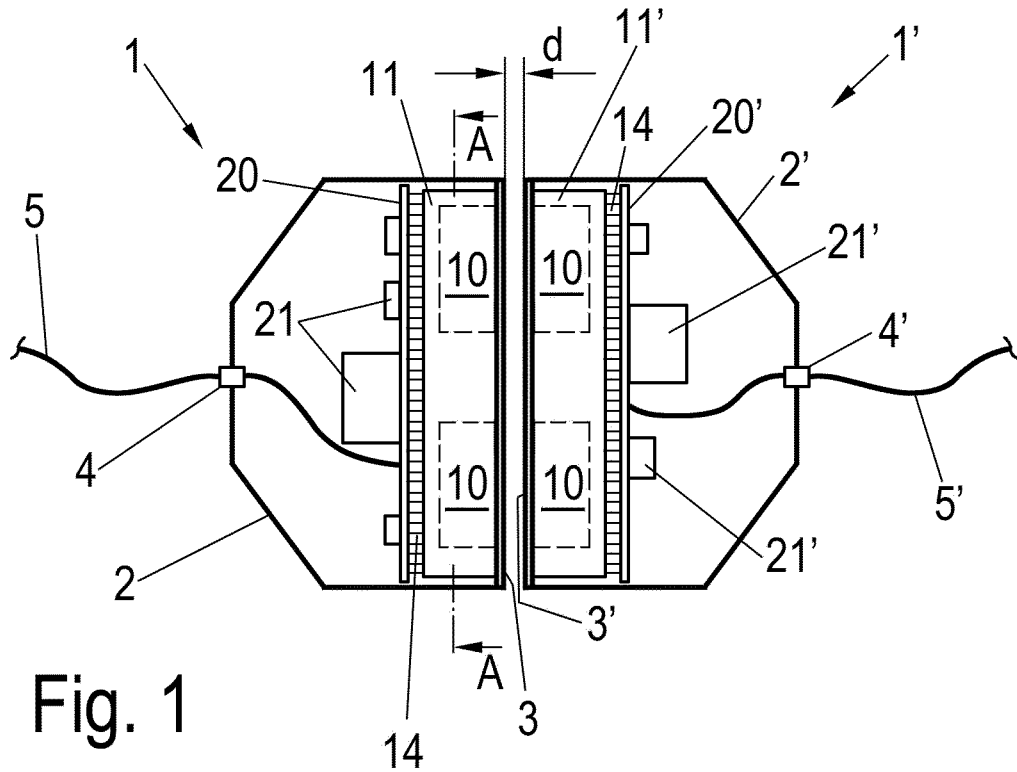


Fig. 1

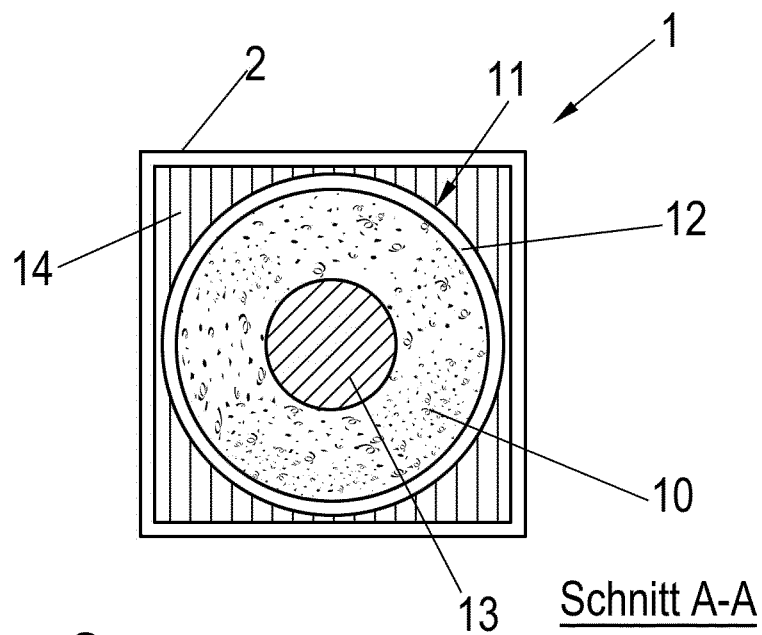


Fig. 2

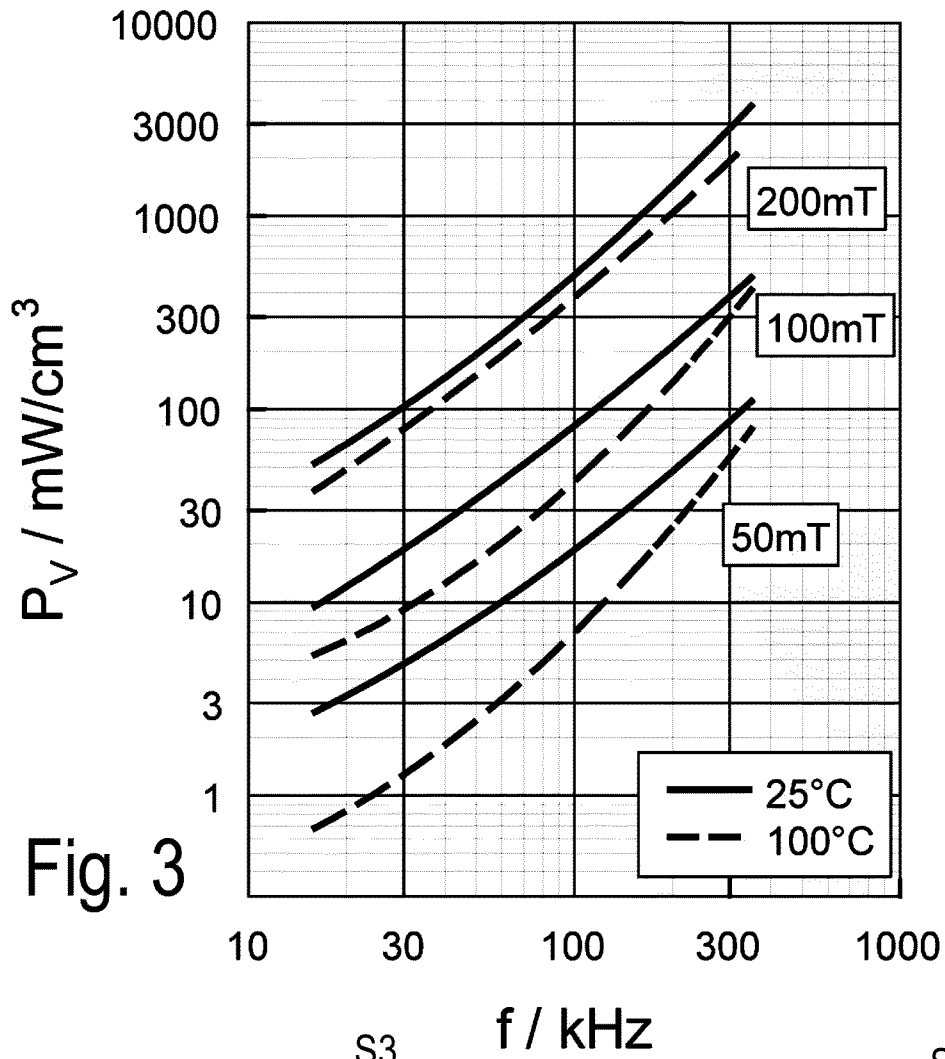


Fig. 3

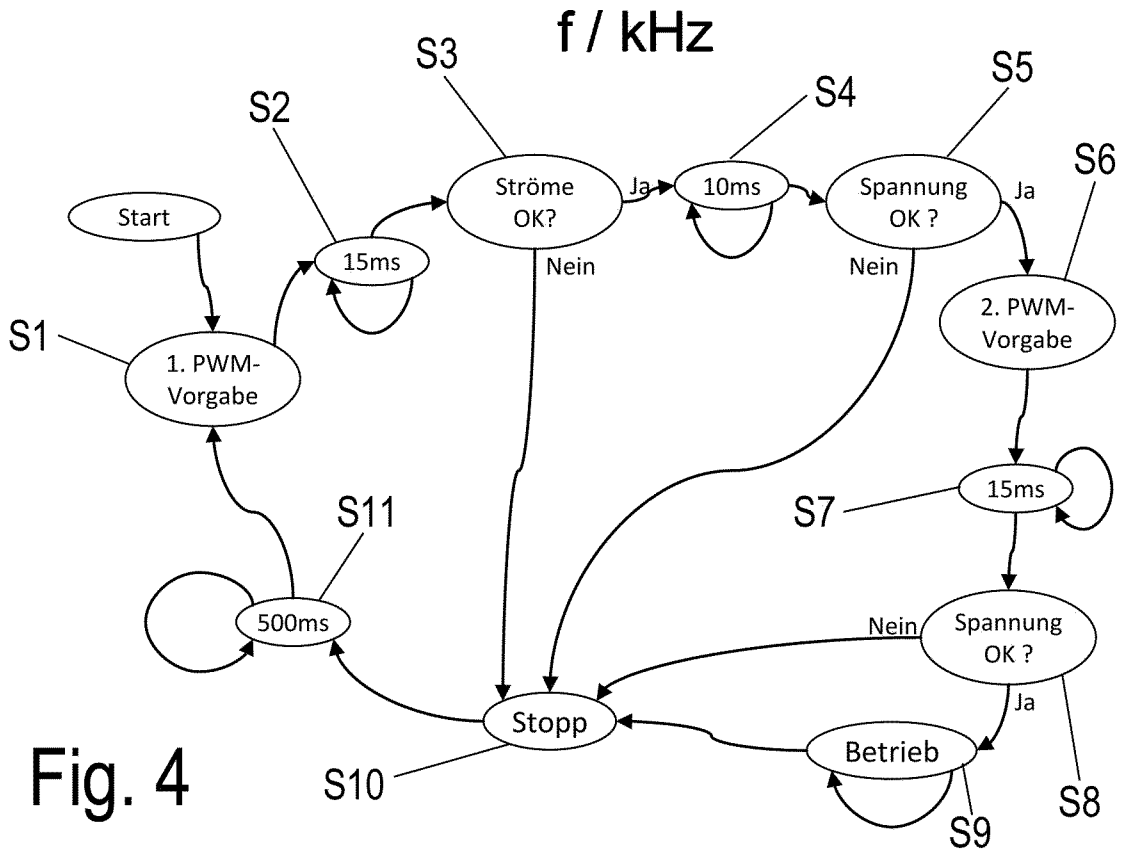


Fig. 4