

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 797/2015
(22) Anmeldetag: 17.12.2015
(43) Veröffentlicht am: 15.04.2017

(51) Int. Cl.: **G01R 31/36** (2006.01)
G01R 31/40 (2014.01)
H01M 8/04992 (2016.01)
H01M 8/24 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2010216043 A1
US 2009265121 A1

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

(72) Erfinder:
Fuchs Ernst
8062 Kumberg (AT)
Harms Klaus-Christoph Dr.
8051 Thal/Graz (AT)
Reiterer Josef
8521 Wettsmannstätten (AT)

(74) Vertreter:
Hartinger Mario, Kopetz Heinrich
8020 Graz (AT)

(54) **Schaltungsanordnung zur Signaleinprägung eines elektrischen Signals in eine elektrochemische Energieliefervorrichtung**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einprägung eines elektrischen Wechselsignals in eine elektrochemische Energieliefervorrichtung (1) mittels einer Regelungsvorrichtung (2), bei welchem zwischen der Regelungsvorrichtung (2) und der Energieliefervorrichtung (1) während der Zeitdauer der Signaleinprägung ein Koppelkondensator (C_k) in Serie geschaltet wird, aufweisend die folgenden durch die Regelungsvorrichtung (2) ausgeführten Schritte:

- Ausgabe eines zu dem einzuprägenden Wechselsignal korrespondierenden Ausgabesignals (S_{out}) zur Einprägung in die Energieliefervorrichtung (1), wobei das Ausgabesignal (S_{out}) auf Grundlage zumindest eines seitens der Regelungsvorrichtung (2) eingestellten Sollwerts (S_{soll}) des einzuprägenden Wechselsignals bestimmt wird,
- Erfassen eines zu dem Ausgabesignal korrespondierenden an der Energieliefervorrichtung anliegenden Ist-Signals (S_{ist}),
- Vergleich des Ist-Signals (S_{ist}) mit dem Sollwert (S_{soll}) des einzuprägenden Wechselsignals und
- Regelung des Ausgabesignals (S_{out}) zur Minimierung der Abweichung zwischen dem Ist-Signal (S_{ist}) und dem Sollwert (S_{soll}) des einzuprägenden Wechselsignals.

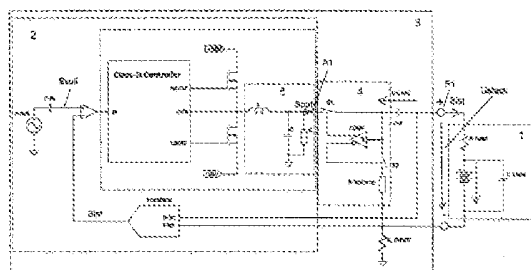
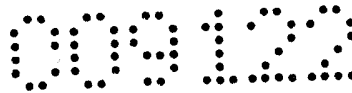


Fig. 3



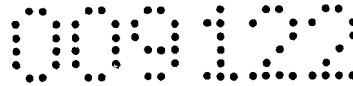
ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einprägung eines elektrischen Wechselsignals in eine elektrochemische Energieliefervorrichtung (1) mittels einer Regelungsvorrichtung (2), bei welchem zwischen der Regelungsvorrichtung (2) und der Energieliefervorrichtung (1) während der Zeitdauer der Signaleinprägung ein Koppelkondensator (C_k) in Serie geschaltet wird, aufweisend die folgenden durch die Regelungsvorrichtung (2) ausgeführten Schritte:

- a) Ausgabe eines zu dem einzuprägenden Wechselsignal korrespondierenden Ausgabesignals (S_{out}) zur Einprägung in die Energieliefervorrichtung (1), wobei das Ausgabesignal (S_{out}) auf Grundlage zumindest eines seitens der Regelungsvorrichtung (2) eingestellten Sollwerts (S_{soll}) des einzuprägenden Wechselsignals bestimmt wird,
- b) Erfassen eines zu dem Ausgabesignal korrespondierenden an der Energieliefervorrichtung anliegenden Ist-Signals (S_{ist}),
- c) Vergleich des Ist-Signals (S_{ist}) mit dem Sollwert (S_{soll}) des einzuprägenden Wechselsignals und
- d) Regelung des Ausgabesignals (S_{out}) zur Minimierung der Abweichung zwischen dem Ist-Signal (S_{ist}) und dem Sollwert (S_{soll}) des einzuprägenden Wechselsignals.

Fig. 3

PI30726AT

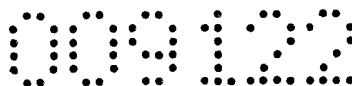


AVL List GmbH

SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR SIGNALEINPRÄGUNG EINES ELEKTRISCHEN SIGNALS IN EINE ELEKTROCHEMISCHE ENERGIELIEFERVORRICHTUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einprägung eines elektrischen Wechselsignals in eine elektrochemische Energieliefervorrichtung mittels einer Regelungsvorrichtung, bei welchem zwischen der Regelungsvorrichtung und der Energieliefervorrichtung während der Zeitdauer der Signaleinprägung ein Koppelkondensator in Serie geschaltet wird.

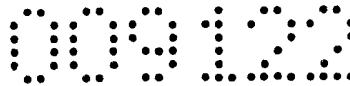
Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Schaltungsanordnung mit der das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhaft technisch realisiert werden kann. Dabei handelt es sich um eine Schaltungsanordnung zur Einprägung eines elektrischen Wechselsignals in eine elektrochemische Energieliefervorrichtung mittels einer Regelungsvorrichtung, aufweisend die Regelungsvorrichtung zur Ausgabe eines zu dem einzuprägenden Wechselsignal korrespondierenden Ausgabesignals zur Einprägung in die Energieliefervorrichtung, wobei das Ausgabesignal auf Grundlage zumindest eines seitens der Regelungsvorrichtung eingestellten Sollwerts des einzuprägenden Wechselsignals bestimmt ist, und zumindest einen der Regelungsvorrichtung nachgeschalteten, zumindest während der Zeitdauer der Signaleinprägung in Serie zur Energieliefervorrichtung geschalteten Koppelkondensator. Zudem betrifft die Erfindung ein Energiewandlungssystem aufweisend eine elektrochemische Energieliefervorrichtung sowie eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung. Unter dem Ausdruck „elektrochemische Energieliefervorrichtung“ werden im Folgenden elektrochemische Energiespeicher- sowie Energiewandlereinrichtungen verstanden, die eine elektrische Eigenspannung sowie die Fähigkeit zur Lieferung eines Laststromes aufweisen. Die Strom-Spannungs-Kennlinie solcher Energiewandler ist häufig zumindest abschnittsweise nichtlinear.



Die Einprägung von Signalen in elektrochemische Energieliefervorrichtungen kann beispielsweise bei der Anwendung von Verfahren notwendig sein, bei denen durch Messung von Spannungs- und/oder Stromsignalantworten auf den Betriebszustand der elektrochemischen Energieliefervorrichtung rückgeschlossen werden soll.

Ein solches Verfahren ist beispielsweise aus dem Dokument EP 1 646 101 B1 bekannt geworden, bei welchem beispielsweise ein vorgebbares niederfrequentes Stromsignal in einen Brennstoffzellenstapel eingeprägt wird und durch den Vergleich mit einem an dem Brennstoffzellenstapel gemessenen Antwortsignal, typischerweise einem Spannungssignal, insbesondere durch Vergleich der Oberwellenanteile der beiden Signale, auf den Betriebszustand der Einzelzellen des Brennstoffzellenstapels rückgeschlossen werden kann. Bei Brennstoffzellenstapel, die typischerweise eine nichtlineare Strom-Spannungs-Kennlinie aufweisen, kann durch den Vergleich der Oberwellenanteile des eingepprägten Signals mit den Oberwellenanteilen des Antwortsignals, das aufgrund des nichtlinearen Verhaltens des Brennstoffzellenstapels verzerrt wird, auf den Betriebszustand des Brennstoffzellenstapels rückgeschlossen werden.

Bei EP 1 646 101 B1 wird ein Ausgabesignal in Form eines Stromsignals $i(t)$ (siehe Fig. 1 der EP 1 646 101 B1) in einen Brennstoffzellenstapel eingeprägt. Da in der Anordnung gemäß Fig. 6 der EP 1 646 101 B1 die Übertragungsstrecke zwischen Signalquelle des einzupprägenden Signals $i(t)$ und der Brennstoffzelle weitgehend frei von Nichtlinearitäten ist, kann in EP 1 646 101 B1 das ausgegebene Signal $i(t)$ direkt mit dem in den Brennstoffzellenstapel eingepprägten Signal in Zusammenhang gebracht werden. Die Vorgabe des einzupprägenden Signals kann daher gemäß der EP 1 646 101 B1 als eine einfache Steuerung erfolgen. Eine Nichtlinearität der Übertragungsstrecke, die das Ausgabesignal hin zu dem Brennstoffzellenstapel zurücklegt, kann dabei nicht ausgeglichen werden.

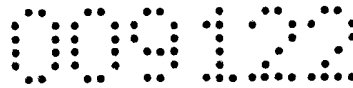


Eine Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, ein Verfahren zu schaffen, das den obig genannten Nachteil überwindet und bei dem sichergestellt ist, dass der Ist-Wert eines einzuprägenden Signals (Ist-Signal) weitgehend mit dem Sollwert des einzuprägenden Signals übereinstimmt, und zwar unabhängig davon, ob die Übertragungsstrecke eine nichtlineare Übertragungsverhalten aufweist.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren der eingangs genannten gelöst, bei welchem erfindungsgemäß die folgenden Schritte durch die Regelungsvorrichtung ausgeführt werden:

- a) Ausgabe eines zu dem einzuprägenden Wechselsignal korrespondierenden Ausgabesignals zur Einprägung in die Energieliefervorrichtung, wobei das Ausgabesignal auf Grundlage zumindest eines seitens der Regelungsvorrichtung eingestellten Sollwerts des einzuprägenden Wechselsignals bestimmt wird,
- b) Erfassen eines zu dem Ausgabesignal korrespondierenden an der Energieliefervorrichtung anliegenden Ist-Signals,
- c) Vergleich des Ist-Signals mit dem Sollwert des einzuprägenden Wechselsignals und
- d) Regelung des Ausgabesignals zur Minimierung der Abweichung zwischen dem Ist-Signal und dem Sollwert des einzuprägenden Wechselsignals.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es möglich, Abweichungen zwischen dem Ist-Signal und dem Sollwert des einzuprägenden Wechselsignals zu minimieren, und zwar auch dann, wenn die Übertragungsstrecke hin zu der Energieliefervorrichtung nichtlineares Verhalten aufweist. Das einzuprägende Signal ist vorzugsweise ein



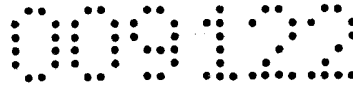
Wechselstromsignal mit Frequenzanteilen zwischen 0,1 Hz und 20 kHz, insbesondere zwischen 1 Hz und 2 kHz.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der Sollwert des in die Energieliefervorrichtung einzuprägenden Wechselstromsignals ein Stromsignal repräsentiert und das an der Energieliefervorrichtung anliegende Ist-Signal den Ist-Wert des eingepprägten Stromsignals repräsentiert. Auf diese Weise kann ein vorgebbbarer Stromverlauf in die Energieliefervorrichtung (Im Folgenden auch als „Prüfling“ bezeichnet) eingeppräggt werden. Die Regelung ist dabei als Stromregelung ausgebildet. Die Vorgabe des einzuprägenden Stromes in Form des Stromsignals bzw. das Vorsehen einer zugehörigen Regelung hat den Vorteil, dass Impedanzänderungen der Energieliefervorrichtung, insbesondere im Falle eines Kurzschlusses der Energieliefervorrichtung, nicht zu unzulässig hohen eingepprägten Strömen führen.

Alternativ dazu kann vorgesehen sein, dass der Sollwert des in die Energieliefervorrichtung einzuprägenden Wechselstromsignals ein Spannungssignal repräsentiert und das an der Energieliefervorrichtung anliegende Ist-Signal den Ist-Wert des eingepprägten Spannungssignals repräsentiert. Auf diese Weise ist eine Spannungsregelung bzw. eine Spannungseinprägung umgesetzt.

Außerdem kann vorgesehen sein, die Stromregelung mit der Spannungsregelung zu kombinieren, also Spannungs- und/oder Stromsignale bzw. Werte vorzugeben. Auf diese Weise lassen sich Impedanz-, Admittanz- oder Leistungsregelungen umsetzen.

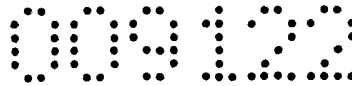
Zudem kann vorgesehen sein, dass die Ist-Spannung des Koppelkondensators mit der Ist-Spannung der Energieliefervorrichtung zur Feststellung einer Spannungsdifferenz verglichen wird, wobei



i) bei Überschreiten eines vorgebbaren ersten Wertes in einen Unterbrechungszustand geschaltet wird, in welchem die Einprägung des einzuprägenden Wechselsignales unterbrochen wird und der Koppelkondensator parallel zur Energieliefervorrichtung geschaltet wird, um die Spannungsdifferenz zu verringern, wobei vorzugsweise während der Zeitdauer der Parallelschaltung des Koppelkondensators ein Widerstand zu dem Koppelkondensator in Serie geschaltet ist, um den Ladestrom in den Koppelkondensator zu begrenzen und

ii) bei einem Punkt i) nachfolgendem Unterschreiten eines vorgebbaren zweiten Wertes in einen Signaleinprägezustand geschaltet wird, in welchem der Kondensators in Serie zur Energieliefervorrichtung geschaltet und die Signaleinprägung gemäß den Schritten a) bis d) fortgesetzt wird.

Die Messung der Spannungsdifferenz zwischen Koppelkondensator und der Energieliefervorrichtung und die ergebnisabhängige Ladung des Koppelkondensators gemäß Punkt i) sowie die nachfolgende Serienschaltung gemäß Punkt ii) erlaubt es, Spannungsschwankungen, die beispielsweise während des Betriebes der Energieliefervorrichtung auftreten können, zu erfassen und das Spannungsniveau des Kondensators entsprechend anzupassen, sodass die Signaleinprägung in Punkt ii) fortgesetzt werden kann. Wird der vorgebbare erste Wert nicht überschritten, so kann mit der Signaleinprägung fortgesetzt werden. Bei Überschreiten des ersten Wertes wird die Signaleinprägung unterbrochen und erst wieder frühestens nach Unterschreiten des zweiten Wertes fortgesetzt. Der erste Wert liegt üblicherweise geringfügig unterhalb der Versorgungsspannung der Signaleinprägung und kann beispielsweise für Versorgungsspannungen in Höhe von ca. 50 V zwischen 30 und 45 V, vorzugsweise $\leq 40V$ betragen. Der zweite Wert ist kleiner als der erste Wert und beträgt z.B. zwischen 20% und 70% des ersten Wertes. Bei einem ersten Wert von beispielsweise $\leq 40V$ kann dieser $\leq 15V$ betragen.



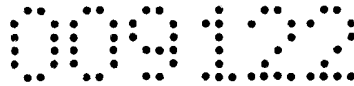
Um das Auftreten von unzulässig hohen Strömen seitens der Signaleinprägung zu vermeiden, kann vorgesehen sein, dass das Ausgabesignal auf einen maximalen Stromwert, vorzugsweise auf maximal 2 A, begrenzt ist.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der Verlauf der Spannung an der Energieliefervorrichtung sowie des Stromes durch die Energieliefervorrichtung gemessen wird und durch Vergleich der Oberwellenanteile von Spannung und Strom auf den Betriebszustand der Energieliefervorrichtung rückgeschlossen wird.

Ein Verfahren, bei welchem durch Vergleich der Oberwellenanteile von Spannung und Strom auf den Betriebszustand der Energieliefervorrichtung rückgeschlossen wird, ist beispielsweise aus der EP 1 646 101 B1 bekannt geworden und mit den Begriffen „Oberwellenanalyse“ sowie THDA („total harmonic distortion analysis“) bezeichnet worden. Die Oberwellenanalyse hat sich als eine Möglichkeit zur Erfassung des Betriebszustandes von elektrochemischen Energieliefervorrichtungen, die eine nichtlineare Spannungs-Stromkennlinie aufweisen, bewährt. Die Oberwellenanalyse zur Erfassung des Betriebszustandes eines elektrochemischen Energiespeichers/-wandlers ist allerdings nur ein beispielhaftes Anwendungsgebiet, in dem die Einprägung eines klirrfaktorarmen Signals in eine elektrochemische Energieliefervorrichtung erwünscht ist.

Die eingangs genannte Aufgabe wird in einem weiteren Aspekt der Erfindung durch eine Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art gelöst, bei welcher erfindungsgemäß die Regelungsvorrichtung als geregelter Leistungsverstärker ausgebildet ist, dem während der Zeitdauer der Signaleinprägung zumindest ein zu dem Ausgabesignal korrespondierendes an der Energieliefervorrichtung anliegendes Ist-Signals rückgeführt ist, wobei der geregelte Leistungsverstärker dazu eingerichtet ist, das an der

PI30726AT



AVL List GmbH

- 7 -

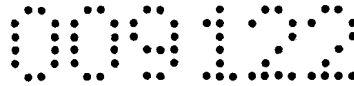
Energieliefervorrichtung anliegende Ist-Signal mit dem Sollwert des einzuprägenden Wechselsignals zu vergleichen und das Ausgabesignal zur Minimierung der Abweichung zwischen dem Ist-Signal und dem Sollwert des einzuprägenden Signals zu regeln. Der Sollwert des einzuprägenden Signals kann beispielsweise durch einen Signalgenerator vorgegeben werden. Die Ausbildung der Regelungsvorrichtung als geregelter Leistungsverstärker erlaubt eine besonders klirrfaktorarme Signaleinprägung.

Analog zu dem erfindungsgemäßen Verfahren kann vorgesehen sein, dass der Sollwert des in die Energieliefervorrichtung einzuprägenden Wechselsignals ein Stromsignal repräsentiert und das an der Energieliefervorrichtung anliegende Ist-Signal den Ist-Wert des eingepprägten Stromsignals repräsentiert. Auf diese Weise ist eine Stromregelung gegeben.

Alternativ dazu kann vorgesehen sein, dass der Sollwert des in die Energieliefervorrichtung einzuprägenden Wechselsignals ein Spannungssignal repräsentiert und das an der Energieliefervorrichtung anliegende Ist-Signal den Ist-Wert des eingepprägten Spannungssignals repräsentiert. Auf diese Weise ist eine Spannungsregelung gegeben.

Außerdem kann vorgesehen sein, dass Strom- und/oder Spannungssignale vorgegeben werden. Auf diese Weise lassen sich Impedanz-, Admittanz- oder Leistungsregelungen realisieren.

Zudem kann vorgesehen sein, dass der geregelte Leistungsverstärker einen Signalausgang zur Einspeisung des elektrischen Wechselsignals in die Energieliefervorrichtung aufweist, wobei die Schaltungsanordnung ferner eine Schalteinrichtung zum schaltbaren Verbinden des Signalausgangs des geregelten Leistungsverstärkers mit der Energieliefervorrichtung aufweist, wobei die Schalteinrichtung dazu eingerichtet ist, die Ist-Spannung des

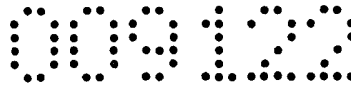


Koppelkondensators mit Ist-Spannung der Energieliefervorrichtung zur Feststellung einer Spannungsdifferenz zu vergleichen, und

- i) bei Überschreiten eines vorgebbaren ersten Wertes in einen Unterbrechungszustand zu schalten, in welchem die Einprägung des einzuprägenden Wechselsignales unterbrochen ist und der Koppelkondensator parallel zur Energieliefervorrichtung geschaltet ist, um die Spannungsdifferenz zu verringern, wobei vorzugsweise während der Zeitdauer der Parallelschaltung des Koppelkondensators ein Widerstand zu dem Koppelkondensator in Serie geschaltet ist, um den Ladestrom in den Koppelkondensator zu begrenzen, und
- ii) bei einem Punkt i) nachfolgendem Unterschreiten eines vorgebbaren zweiten Wertes in einen Signaleinprägezustand zu schalten, in welchem der Kondensator in Serie zur Energieliefervorrichtung geschaltet ist, um die Signaleinprägung fortzusetzen.

Der Koppelkondensator wird dabei so in Serie geschaltet, dass sich die Spannungen bei Serienschaltung mit der Energieliefervorrichtung bei vorzeichenrichtiger Addition subtrahieren, sodass für die Einkopplung von Wechselsignalen auch mit niedrigen Spannungspegeln der Wechselsignale erfolgen kann. In einer besonders günstigen Ausgestaltung dieses Aspekts kann vorgesehen sein, dass zwischen dem Signalausgang und dem Koppelkondensator zumindest ein erstes Schaltelement angeordnet ist, wobei ferner zumindest ein zweites Schaltelement zum Parallelschalten des Koppelkondensators, das vorzugsweise in Serie mit dem Widerstand zur Begrenzung des Ladestroms geschaltet ist, mit der Energieliefervorrichtung vorgesehen ist, wobei die Schalteinrichtung dazu eingerichtet ist, abhängig von der festgestellten Spannungsdifferenz das erste Schaltelement zu schließen und das zweite Schaltelement zu öffnen und umgekehrt. Der Widerstand zur Begrenzung des Ladestroms ist als ohmscher Widerstand ausgebildet und dem zweiten Schaltelement vor- oder nachgeschaltet.

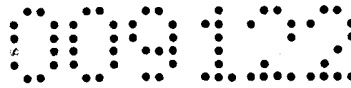
PI30726AT



AVL List GmbH

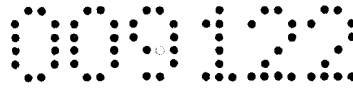
- 9 -

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass zwischen dem Koppelkondensator und dem Signalausgang ein Hilfskondensator angeordnet ist, wobei der Koppelkondensator und der Hilfskondensator als unipolare Kondensatoren, vorzugsweise als Elektrolytkondensatoren, ausgeführt sind und hin zu der Energieliefervorrichtung zueinander entgegengesetzt polarisiert in Serie geschaltet sind, wobei zu den beiden Kondensatoren jeweils zumindest eine Diode als Verpolschutz parallel geschaltet ist, wobei das zweite Schaltelement an einem zwischen den Kondensatoren liegenden Abzweigpunkt mit dem Koppelkondensator verbunden ist. Damit ist eine Einkopplung des einzuprägenden Signals mit einer besonders kompakten Kopplung möglich, insbesondere, da unipolare Kondensatoren bei vorgegebenen Bauvolumen im Allgemeinen deutlich höhere Kapazitätswerte als bipolare Kondensatoren aufweisen. Um zu verhindern, dass in Situationen, in denen die Kondensatoren niedrige Spannungswerte aufweisen (beispielsweise aufgrund einer niedrigen Spannung der Energieliefervorrichtung), die Spannung an den Kondensatoren das Vorzeichen wechselt und die Kondensatoren thermisch zerstört werden, ist vorgesehen, dass die Kondensatoren durch die parallel geschalteten Dioden, die insbesondere als Schottky-Dioden ausgeführt sein können, gegen Verpolung geschützt werden. Der Hilfskondensator ist zwischen dem Signalausgang der Regelungsvorrichtung und dem Abzweigpunkt und der Koppelkondensator zwischen dem Abzweigpunkt und der Energieliefervorrichtung angeordnet, wobei die Spannungsfestigkeit des Hilfskondensators zwischen $1/20$ und $1/5$, vorzugsweise zwischen $1/13$ und $1/8$ der Spannungsfestigkeit des Koppelkondensators beträgt, wobei die Spannungsfestigkeit des Hilfskondensators insbesondere zwischen 40 und 60 V und die Spannungsfestigkeit des Koppelkondensators insbesondere zwischen 400 und 600 V liegt. Im Prinzip könnte der Hilfskondensator auch weggelassen werden. Allerdings kann durch den Hilfskondensator sichergestellt werden, dass auch wenn die Spannung des Prüflings kleiner ist als die Versorgungsspannung der Signaleinprägung (zb 50V) Umpolung



des Koppelkondensators erfolgt. Um eine gleichmäßige Entladung des Hilfskondensators zu ermöglichen, ist zu diesem vorzugsweise ein ohmscher Widerstand parallel geschaltet. Zur Signaleinprägung muss die Verbindung des Signalausgangs zur Energieliefervorrichtung über das erste Schaltelement geschlossen werden, sodass das einzuprägende Wechsignale über die Serienschaltung aus Hilfskondensator und Koppelkondensator hin zu der Energieliefervorrichtung übertragen werden kann. Moderne elektrochemische Energieliefervorrichtungen, wie sie beispielsweise zur Energieversorgung von Elektrofahrzeugen eingesetzt werden, können Betriebsnennspannungen von 500 V und höher aufweisen. Die Betriebsspannung kann stark von dem Betriebszustand der Energieliefervorrichtung (also ein Energiespeicher oder ein Energiewandler) abhängen und durchaus Schwankungen von bis zu 50% der Nennspannung oder mehr aufweisen.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der geregelte Leistungsverstärker als Klasse-D Leistungsverstärker ausgebildet ist, der vorzugsweise dazu eingerichtet ist, PWM-modulierte Signale an den Signalausgang auszugeben. Die pulswidenmodulierten Signale weisen einen Signalpegel von beispielsweise maximal $\pm 50V$ bei einer Schaltfrequenz von beispielsweise 300 bis 400 kHz auf. Solche Klasse-D Leistungsverstärker weisen eine sehr hohe Signalqualität auf, wodurch sichergestellt werden kann, dass die Signaleinprägung mit einem geringen Klirrfaktor erfolgt. Der geregelte Leistungsverstärker ist vorzugsweise in getakteter Halbbrückentopologie (Klasse-D Verstärker) ausgeführt, um die Signaleinprägung verlustarm, kosten- und energieeffizient durchführen zu können. Die Spannungsversorgung der Signaleinprägung ist üblicherweise limitiert (auf zB: $\pm 25V$ bis $\pm 50V$). Solange die Spannung der Energieliefereinrichtung kleiner als die Versorgungsspannung der Signaleinprägung ist, ist theoretisch ebenso eine Signaleinprägung ohne Hinzunahme des Koppelkondensators möglich.



Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass der geregelte Leistungsverstärker hin zu dem Signalausgang, insbesondere ein Tiefpassfilter, besonders bevorzugt ein Klasse-D Verstärkerrekonstruktionsfilter, zur Glättung des über den Signalausgang einzuprägenden elektrischen Wechselsignals aufweist.

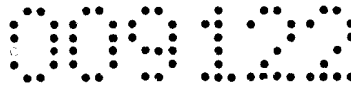
In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die eingangs genannte Aufgabe mit einem Energiewandlungssystem gelöst, welches eine elektrochemische Energieliefervorrichtung sowie eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zur Einprägung eines elektrischen Wechselsignals in die elektrochemische Energieliefervorrichtung aufweist.

Dabei kann vorgesehen sein, dass die elektrochemische Energieliefervorrichtung eine Brennstoffzelle oder eine Batterie, insbesondere eine NiMh- oder eine Lithium-Ionen-Batterie, ist. Die Brennstoffzelle kann z.B. als Elektrolyseur betreibbar sein. Unter dem Ausdruck „Brennstoffzelle“ wird sowohl eine Einzelzelle als auch ein Brennstoffzellenstapel, bestehend aus einer Serienschaltung einer Vielzahl von Einzelzellen, verstanden. Analog dazu kann eine Batterie ebenso aus einer Einzelzelle bestehen oder eine Serien- und/oder Parallelschaltung mehrere Zellen aufweisen. Die Eigenspannung der elektrochemischen Energieliefervorrichtung ist typischerweise eine Gleichspannung.

Die Erfindung ist im Folgenden anhand einer beispielhaften und nicht einschränkenden Ausführungsform näher erläutert, die in den Figuren 3 und 4 veranschaulicht ist. Darin zeigt

Figur 1 ein elektrisches Ersatzschaltbild einer Anordnung zur Einspeisung von einem elektrischen Wechselsignal in eine Energielieferung gemäß dem Stand der Technik,

PI30726AT



AVL List GmbH

- 12 -

Figur 2 eine Weiterbildung des elektrischen Ersatzschaltbildes gemäß Figur 1,

Figur 3 ein elektrisches Ersatzschaltbild einer Ausführungsform der Erfindung und

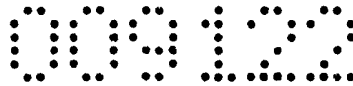
Figur 4 eine Detaildarstellung einer Weiterbildung der Ausführungsform gemäß Figur 3.

In den folgenden Figuren bezeichnen – sofern nicht anders angegeben – gleiche Bezugszeichen gleiche Merkmale.

Figur zeigt 1 ein elektrisches Ersatzschaltbild einer Anordnung zur Einspeisung von einem elektrischen Wechsignale in eine Energieliefervorrichtung gemäß dem Stand der Technik. Im einfachsten Fall reicht hierzu eine Spannungsquelle U_e aus, mittels der ein Wechsignale in eine elektrochemische Energieliefervorrichtung 1 eingeprägt werden kann. Die Energieliefervorrichtung 1 weist typischerweise einen Kapazität C_i sowie einen Innenwiderstand R_i auf.

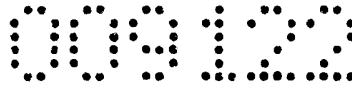
Bei bekannten Verfahren zum Prüfen und Diagnostizieren einer Energieliefervorrichtung 1 (z.B. EP 1646101 B1) wird die Energieliefervorrichtung 1 (im Folgenden auch als „Prüfling“ bezeichnet) mit einem Prüfsignal beaufschlagt (belastet) und ein zugehöriges Antwortsignal gemessen und analysiert. Da die Lastsignale (Eigenspannung und Laststrom) des Prüflings üblicherweise als zeitlich weitgehend konstant betrachtet werden können („DC“ = direct current = Gleichstromsignal), ist es möglich, diese von den periodischen Wechsignalen („AC“ = alternating current) des Prüf- und Antwortsignals zu unterscheiden und abzugrenzen.

Um in eine Energieliefervorrichtung 1 in einer Anordnung gemäß Figur 1 mit der DC-Eigenspannung U_{stack} von beispielsweise 500V und darüber und



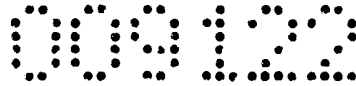
einem Innenwiderstand R_i von etwa 0.01 Ohm einen AC-Strom von zB 2 A einprägen zu können, ist es erforderlich, eine AC-Spannung von $U_e = I_{AC} * R_i$ (z.B. $2 \text{ A} * 0.01 \Omega = 0.02 \text{ V}_{AC}$) aufzubringen, die der DC Eigenspannung von 500 V überlagert werden muss. Die Erzeugung solcher Prüfsignale mit einer entsprechenden Einrichtung nach Figur 1 ist im Allgemeinen mit einem hohen gerätetechnischen Aufwand und mit entsprechenden Kosten verbunden, da relativ teure Schaltungskomponenten für höhere Spannungen, Ströme und Leistungen benötigt werden, die außerdem sorgfältig gegen diverse Störfälle (Überspannungen, Lastschwankungen, Lastabwurf bei Notaus, etc., ...) geschützt werden müssen.

Figur 2 zeigt eine Weiterbildung des elektrischen Ersatzschaltbildes gemäß Figur 1, bei welcher ein Koppelkondensator C_k vorgesehen ist. Diese Anordnung entspricht im Prinzip der Schaltung, die aus der EP 1646101 B1 bekannt geworden ist. In der besagten EP 1646101 B1 wird vorgeschlagen, zur Trennung der AC-Signale von den DC-Signalen einen Koppelkondensator C_k einzusetzen, der zwischen Einprägeschaltung und Energieliefervorrichtung 1 geschaltet wird. Allerdings muss der Koppelkondensator C_k , der sich auf die hohe DC-Stackspannung U_{stack} aufladen muss, eine sehr große Kapazität besitzen, z.B. 0.01 F , um ebenso die Einprägung von niederfrequenten Wechsignalen mit vertretbaren Spannungsniveaus zu ermöglichen. Beispielsweise sollte die Versorgungsspannung der Schaltungsanordnung zur Signaleinprägung größer als 32 V sein, um bei einer niedrigen Frequenz von z.B. 1 Hz ein Prüfstrom von z.B. 2 A einprägen zu können ($U = I * X_c = I * 1/(\omega C) = 2 * 1/(2\pi * 0.01) = 32 \text{ V}$). Der einzuprägende Prüfstrom wird in der Schaltung gemäß EP 1646101 B1 durch eine einfache Steuerung vorgegeben. Im Falle, dass die Übertragungsstrecke von der Einprägeschaltung hin zu Energieliefervorrichtung ein nichtlineares Verhalten aufweist, wird das einzuprägende Signal entsprechend beeinflusst und entlang der Übertragungsstrecke verfälscht.



Figur 3 zeigt ein elektrisches Ersatzschaltbild einer Ausführungsform der Erfindung, die erfindungsgemäß dazu in der Lage ist, ein nichtlineares Verhalten der Übertragungstrecke zu kompensieren und durch Regelung eines Ausgabesignals S_{out} die Abweichung zwischen einem Ist-Signal S_{ist} und dem Sollwert S_{soll} des einzuprägenden Wechselsignals zu minimieren. Figur 3 zeigt eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung 3 zur Einprägung eines elektrischen Wechselsignals in eine elektrochemische Energieliefervorrichtung 1 mittels einer Regelungsvorrichtung 2. Die Schaltungsanordnung 3 weist zu diesem Zweck die Regelungsvorrichtung 2 zur Ausgabe eines zu dem einzuprägenden Wechselsignal korrespondierenden Ausgabesignals S_{out} und zumindest einen der Regelungsvorrichtung 2 nachgeschalteten Koppelkondensator C_k auf. Das Ausgabesignal S_{out} wird auf Grundlage zumindest eines seitens der Regelungsvorrichtung 2 eingestellten Sollwerts S_{soll} (im vorliegenden Beispiel wird der Sollwert S_{soll} durch das Ausgabesignal U_{soll} eines Signalgenerators vorgegeben) des einzuprägenden Wechselsignals bestimmt. Der Koppelkondensator C_k ist während der Zeitdauer der Signaleinprägung in Serie zur Energieliefervorrichtung 1 geschaltet. Die Regelungsvorrichtung 2 ist als geregelter Leistungsverstärker ausgebildet, dem während der Zeitdauer der Signaleinprägung zumindest ein zu dem Ausgabesignal S_{out} korrespondierendes an der Energieliefervorrichtung 1 anliegendes Ist-Signals S_{ist} rückgeführt ist, wobei der geregelte Leistungsverstärker dazu eingerichtet ist, das an der Energieliefervorrichtung 1 anliegende Ist-Signal S_{ist} mit dem Sollwert S_{soll} des einzuprägenden Wechselsignals zu vergleichen und das Ausgabesignal S_{out} zur Minimierung der Abweichung zwischen dem Ist-Signal S_{act} und dem Sollwert S_{soll} des einzuprägenden Signals zu regeln.

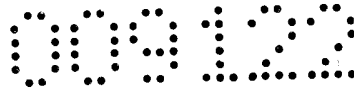
Insbesondere weist die Regelungsvorrichtung 2 bzw. der Leistungsverstärker einen Signalausgang A1 zur Einspeisung des elektrischen Wechselsignals in die Energieliefervorrichtung 1 auf, wobei die Schaltungsanordnung 3 ferner eine Schalteinrichtung 4 zum schaltbaren



Verbinden des Signalausgangs A1 des geregelten Leistungsverstärkers mit der Energieliefervorrichtung 1 aufweist, wobei die Schalteinrichtung 4 dazu eingerichtet ist, die Ist-Spannung U_{Load} des Koppelkondensators C_k mit Ist-Spannung U_{Stack} der Energieliefervorrichtung 1 zur Feststellung einer Spannungsdifferenz zu vergleichen, und i) bei Überschreiten eines vorgebbaren ersten Wertes in einen Unterbrechungszustand zu schalten, in welchem die Einprägung des einzuprägenden Wechselsignales unterbrochen ist und der Koppelkondensator C_k parallel zur Energieliefervorrichtung 1 geschaltet ist, um die Spannungsdifferenz zu verringern, wobei vorzugsweise während der Zeitdauer der Parallelschaltung des Koppelkondensators C_k ein Widerstand $R_{Balance}$ zu dem Koppelkondensator C_k in Serie geschaltet ist, um den Ladestrom in den Koppelkondensator C_k zu begrenzen, und ii) bei einem Punkt i) nachfolgendem Unterschreiten eines vorgebbaren zweiten Wertes in einen Signaleinprägezustand zu schalten, in welchem der Koppelkondensator C_k in Serie zur Energieliefervorrichtung 1 geschaltet ist, um die Signaleinprägung fortzusetzen.

In der vorliegenden Ausführungsform ist hierzu zwischen dem Signalausgang A1 und dem Koppelkondensator C_k zumindest ein erstes Schaltelement S1 angeordnet, wobei ferner zumindest ein zweites Schaltelement S2 zum Parallelschalten des Koppelkondensators C_k mit der Energieliefervorrichtung 1 vorgesehen ist, wobei die Schalteinrichtung 4 dazu eingerichtet ist, abhängig von der festgestellten Spannungsdifferenz das erste Schaltelement 1 zu schließen und das zweite Schaltelement 2 zu öffnen und umgekehrt. Die Feststellung der Spannungsdifferenz und die Steuerung der Schaltelemente 1 und 2 kann beispielsweise über einen Komparator COMP erfolgen, der als Bestandteil der Schalteinrichtung 4 ausgebildet sein kann.

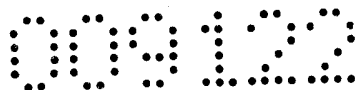
Zur Glättung des Ausgabesignals S_{out} ist vorzugsweise vorgesehen, dass der geregelte Leistungsverstärker hin zu dem Signalausgang A1 ein



Rekonstruktionsfilter 5, insbesondere ein Tiefpassfilter, besonders bevorzugt ein Klasse-D Verstärkerrekonstruktionsfilter, aufweist, über das das Ausgabesignal S_{out} zu dem Signalausgang A1 geleitet wird.

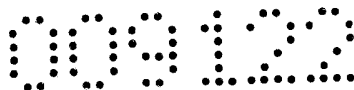
Wie bereits erwähnt, ist zur Einspeisung von niederfrequenten Signalen (z.B. 1 Hz) ein Koppelkondensator C_k mit großer Kapazität erforderlich, um bei Spannungen im Bereich von 30 bis 50 V Ströme in der Größenordnung von 2 A in die Energieliefervorrichtung 1 einprägen zu können. Große Koppelkondensatoren für hohe Betriebsspannungen von z.B. 500 V sind üblicherweise als unipolare Elektrolytkondensatoren erhältlich. Sie zeigen i.A. ein ausreichend lineares Verhalten, dürfen aber nur mit der richtigen Polarität betrieben werden: Es muss also das Vorzeichen der Differenzspannung am Koppelkondensator C_k immer gleich sein. Diese Betriebsbedingung ist erfüllt, wenn die Eigenspannung U_{stack} der elektrochemischen Energieliefervorrichtung 1 bzw. des Prüflings (z.B. 500 V) immer höher als die maximale Spannung des einzuprägenden Wechsignals (z.B. maximal 50 V) ist.

Wenn aber die Eigenspannung des Prüflings relativ gering ist, z.B. nur 5 V, und der Koppelkondensator mit einer Größe von 0.01 F für die Erzeugung der benötigten hohen Prüfströme (z.B. 2 A) bei niedrigen Prüffrequenzen (z.B. 1 Hz) mit einer entsprechend hohen Prüfspannung (z.B. 50 V) angesteuert werden muss, dann ist die Betriebsbedingung für einen Elektrolytkondensator als Koppelkondensator C_k nicht erfüllt. In weiterer Folge käme es zur Zerstörung des Kondensators, was mit einem erheblichen sicherheitstechnischen Risiko (Brandgefahr, etc.) verbunden wäre. Um auch dieser Anwendung zu genügen wird in einer Weiterbildung der Erfindung gemäß Figur 4 eine geeignet Schaltung vorgeschlagen, mit der ein als unipolarer Kondensator ausgeführter Kopplungskondensator C_k geschützt werden kann.



Figur 4 zeigt eine Detaildarstellung der besagten Weiterbildung der Ausführungsform gemäß Figur 3. Darin ist zwischen dem Koppelkondensator C_k und dem Signalausgang A1 ein Hilfskondensator C_h angeordnet, wobei der Koppelkondensator C_k und der Hilfskondensator C_h als unipolare Kondensatoren, vorzugsweise als Elektrolytkondensatoren, ausgeführt sind. Die beiden Kondensatoren C_h und C_k sind hin zu der Energieliefervorrichtung 1 zueinander entgegengesetzt polarisiert in Serie geschaltet, wobei zu den beiden Kondensatoren jeweils zumindest eine Diode, im vorliegenden Fall die Schottky-Dioden D3 und D4, als Verpolschutz parallel geschaltet sind. Das zweite Schaltelement S2 ist an einem zwischen den Kondensatoren liegenden Abzweigpunkt P2 mit dem Koppelkondensator C_k verbunden. Um eine langsame Entladung des Hilfskondensators C_h zu ermöglichen, ist ein Widerstand R-B50 (mit einer Spannungsfestigkeit von 50 V) mit einem Widerstandswert in einer Größenordnung von beispielsweise 600 bis 1000 Ohm parallel zur dem Hilfskondensator C_h geschaltet. Dieser Widerstand kann ständig parallel zu dem Hilfskondensator C_h geschaltet sein und entlädt diesen, wodurch das Vorsehen eines weiteren Schalters entfallen kann. Da der Hilfskondensator C_h nur maximal der Versorgungsspannung der Schaltungsanordnung 3 ausgesetzt ist (z.B. 50V) kann dieser eine im Vergleich zu dem Koppelkondensator C_k deutlich niedrigere Spannungsfestigkeit (z.B. 50V Spannungsfestigkeit für den Hilfskondensator und z.B. 500V Spannungsfestigkeit für den Koppelkondensator) aufweisen. Durch das Vorsehen eines Hilfskondensators C_h mit einer niedrigeren Spannungsfestigkeit können Kosten für Platzbedarf der Schaltungsanordnung 3 reduziert werden. Beispielsweise kann der Widerstand $R_{Balance}$ eine Spannungsfestigkeit von 500V und einen Wert von ca. 220-250 Ohm aufweisen, um den Ladestrom in den Koppelkondensator C_k bei Spannungssprüngen von 500V auf ebenfalls max. 2A zu begrenzen.

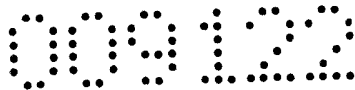
Bei dem Komparator COMP handelt es sich vorzugsweise um einen Fensterkomparator W-COMP1, der zur Überwachung der Spannung am



Punkt P3 eingerichtet ist. Die Schaltelemente S1 und S2 können von dem Komparator COMP angesteuert werden, sodass bei Überschreiten eines vorgebbaren ersten Wertes in einen Unterbrechungszustand geschaltet wird, indem das erste Schaltelement S1 geöffnet und das zweite Schaltelement S2 geschlossen wird, sodass der Koppelkondensator C_k durch den Prüfling geladen werden kann bis die Spannungsdifferenz einen vorgegebenen zweiten Wert unterschreitet, woraufhin das zweite Schaltelement 2 geöffnet und das erste Schaltelement 1 geschlossen wird und mit der Signaleinprägung fortgesetzt werden kann. Durch diese Vorgangsweise kann sichergestellt werden, dass die Spannung des Kopplungskondensators C_k einer veränderlichen Prüflingsspannung nachgeführt wird.

Es ist damit zu rechnen, dass die in Figur 4 gezeigte Weiterbildung ein nichtlineares Übertragungsverhalten zeigt und Verzerrungen der übertragenen Signale (Kurvenform, Klirrfaktor, Oberwellen) bewirkt. Insbesondere bei einer Analyse des vom Prüfling verursachten Oberwellenanteils, Klirrfaktors oder THD (= Total Harmonic Distortion) im Antwortsignal, relativ zum eingepprägten Prüfsignal (gemäß z.B. EP 1646101 B1), wäre es natürlich besonders störend, wenn bereits der Ist-Verlauf des Prüfsignals starke Abweichungen vom Soll-Verlauf des Prüfsignals aufweist, beispielsweise einen hohen Klirrfaktor. Ein solches nicht-ideales Verhalten der Übertragungsstrecke wird allerdings durch die bereits erwähnte erfindungsgemäße Regelung unwirksam gemacht, wodurch Verlaufsabweichungen, Klirrfaktor, Oberwellenanteil, etc., vernachlässigbar gering bleiben und das Antwortsignal des Prüflings relativ zum Sollverlauf des Prüfsignals analysiert und diagnostisch ausgewertet werden kann.

Als Leistungsverstärker kann vorteilhaft ein an sich für Audio-Anwendungen gedachter preisgünstiger Klasse-D-Verstärker (Schaltverstärker) verwendet werden, mit dessen Ausgangssignalen die FET-Leistungsschalter und des im Allgemeinen zum Blocken der relativ hohen Schaltfrequenz

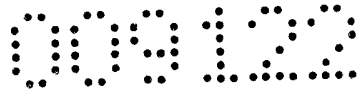


erforderlichen Rekonstruktionsfilters (L, C, R) angesteuert werden können. In diesem Fall und zum Erzeugen der Taktfrequenz (z.B. 300 kHz) für das Schalten der Leistungselektronik kann gegebenenfalls ein weiterer Regelkreis zum Einsatz kommen, der wie üblich als selbsterregter Oszillator ausgelegt wird und gegebenenfalls in Kombination mit dem Regelkreis zur Spannungsregelung arbeitet. Dabei erweisen sich die im Verstärkerbaustein bereits implementierten Sicherungsmaßnahmen zum Schutz der empfindlichen Leistungselektronik als besonders vorteilhaft. In Figur 3 symbolisiert der Kondensator C-IN eine AC-Kopplung, sodass AC-Signale durch den Signalgenerator eingepreßt werden können.

Die Erfindung betrifft zudem ein Verfahren zur Einprägung eines elektrischen Wechselsignals in eine elektrochemische Energieliefervorrichtung 1 mittels einer Regelungsvorrichtung 2, bei welchem zwischen der Regelungsvorrichtung 2 und der Energieliefervorrichtung 1 während der Zeitdauer der Signaleinprägung ein Koppelkondensator C_k in Serie geschaltet wird, aufweisend die folgenden durch die Regelungsvorrichtung 2 ausgeführten Schritte:

- a) Ausgabe eines zu dem einzuprägenden Wechselsignal korrespondierenden Ausgabesignals S_{out} zur Einprägung in die Energieliefervorrichtung 1, wobei das Ausgabesignal S_{out} auf Grundlage zumindest eines seitens der Regelungsvorrichtung 2 eingestellten Sollwerts S_{set} des einzuprägenden Wechselsignals bestimmt wird,
- b) Erfassen eines zu dem Ausgabesignal korrespondierenden an der Energieliefervorrichtung 1 anliegenden Ist-Signals S_{ist} ,
- c) Vergleich des Ist-Signals S_{ist} mit dem Sollwert S_{set} des einzuprägenden Wechselsignals und

PI30726AT



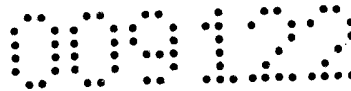
AVL List GmbH

- 20 -

d) Regelung des Ausgabesignals S_{out} zur Minimierung der Abweichung zwischen dem Ist-Signal S_{ist} und dem Sollwert S_{set} des einzuprägenden Wechselsignals.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Energiewandlungssystem, aufweisend eine elektrochemische Energieliefervorrichtung 1 sowie eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung 3.

In Anbetracht dieser Lehre ist der Fachmann in der Lage, ohne erfinderisches Zutun zu anderen, nicht gezeigten Ausführungsformen der Erfindung zu gelangen. Die Erfindung ist daher nicht auf die gezeigte Ausführungsform beschränkt. Auch können einzelne Aspekte der Erfindung bzw. der Ausführungsform aufgegriffen und miteinander kombiniert werden. Wesentlich sind die der Erfindung zugrunde liegenden Gedanken, die durch einen Fachmann in Kenntnis dieser Beschreibung in mannigfaltiger Weise ausgeführt werden können und trotzdem als solche aufrechterhalten bleiben.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Einprägung eines elektrischen Wechselsignals in eine elektrochemische Energieliefervorrichtung (1) mittels einer Regelungsvorrichtung (2), bei welchem zwischen der Regelungsvorrichtung (2) und der Energieliefervorrichtung (1) während der Zeitdauer der Signaleinprägung ein Koppelkondensator (C_k) in Serie geschaltet wird, aufweisend die folgenden durch die Regelungsvorrichtung (2) ausgeführten Schritte:

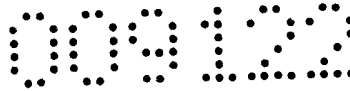
a) Ausgabe eines zu dem einzuprägenden Wechselsignal korrespondierenden Ausgabesignals (S_{out}) zur Einprägung in die Energieliefervorrichtung (1), wobei das Ausgabesignal (S_{out}) auf Grundlage zumindest eines seitens der Regelungsvorrichtung (2) eingestellten Sollwerts (S_{set}) des einzuprägenden Wechselsignals bestimmt wird,

b) Erfassen eines zu dem Ausgabesignal korrespondierenden an der Energieliefervorrichtung anliegenden Ist-Signals (S_{ist}),

c) Vergleich des Ist-Signals (S_{ist}) mit dem Sollwert (S_{set}) des einzuprägenden Wechselsignals und

d) Regelung des Ausgabesignals (S_{out}) zur Minimierung der Abweichung zwischen dem Ist-Signal (S_{ist}) und dem Sollwert (S_{set}) des einzuprägenden Wechselsignals.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sollwert (S_{soll}) des in die Energieliefervorrichtung einzuprägenden Wechselsignals ein Stromsignal repräsentiert und das an der Energieliefervorrichtung (1) anliegende Ist-Signal (S_{ist}) den Ist-Wert des eingepprägten Stromsignals (I_{ist}) repräsentiert.



3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sollwert (S_{soll}) des in die Energieliefervorrichtung einzuprägenden Wechselsignals (S_{soll}) ein Spannungssignal repräsentiert und das an der Energieliefervorrichtung anliegende Ist-Signal (S_{ist}) den Ist-Wert des eingepprägten Spannungssignals (U_{ist}) repräsentiert.

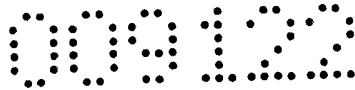
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ist-Spannung (U_{Load}) des Koppelkondensators (C_k) mit der Ist-Spannung (U_{stack}) der Energieliefervorrichtung (1) zur Feststellung einer Spannungsdifferenz verglichen wird, wobei

i) bei Überschreiten eines vorgebbaren ersten Wertes in einen Unterbrechungszustand geschaltet wird, in welchem die Einprägung des einzuprägenden Wechselsignales unterbrochen wird und der Koppelkondensator (C_k) parallel zur Energieliefervorrichtung (1) geschaltet wird, um die Spannungsdifferenz zu verringern, wobei vorzugsweise während der Zeitdauer der Parallelschaltung des Koppelkondensators (C_k) ein Widerstand (R_{Balance}) zu dem Koppelkondensator (C_k) in Serie geschaltet ist, um den Ladestrom in den Koppelkondensator (C_k) zu begrenzen und

ii) bei einem Punkt i) nachfolgendem Unterschreiten eines vorgebbaren zweiten Wertes in einen Signaleinprägungszustand geschaltet wird, in welchem der Koppelkondensators (C_k) in Serie zur Energieliefervorrichtung (1) geschaltet und die Signaleinprägung gemäß den Schritten a) bis d) fortgesetzt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ausgabesignal (S_{out}) auf einen maximalen Stromwert, vorzugsweise auf maximal 2 A, begrenzt ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verlauf der Spannung (U_{ist}) an der



Energieliefervorrichtung (1) sowie des Stromes (I_{ist}) durch die Energieliefervorrichtung (1) gemessen wird und durch Vergleich der Oberwellenanteile von Spannung und Strom auf den Betriebszustand der Energieliefervorrichtung (1) rückgeschlossen wird.

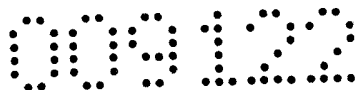
7. Schaltungsanordnung (3) zur Einprägung eines elektrischen Wechselsignals in eine elektrochemische Energieliefervorrichtung (1) mittels einer Regelungsvorrichtung (2), aufweisend

- die Regelungsvorrichtung (2) zur Ausgabe eines zu dem einzuprägenden Wechselsignal korrespondierenden Ausgabesignals (S_{out}) zur Einprägung in die Energieliefervorrichtung (1), wobei das Ausgabesignal (S_{out}) auf Grundlage zumindest eines seitens der Regelungsvorrichtung (2) eingestellten Sollwerts (S_{soll}) des einzuprägenden Wechselsignals bestimmt ist, und

- zumindest einen der Regelungsvorrichtung (2) nachgeschalteten, zumindest während der Zeitdauer der Signaleinprägung in Serie zur Energieliefervorrichtung (1) geschalteten Koppelkondensator (C-K),

dadurch gekennzeichnet, dass

die Regelungsvorrichtung (2) als geregelter Leistungsverstärker ausgebildet ist, dem während der Zeitdauer der Signaleinprägung zumindest ein zu dem Ausgabesignal (S_{out}) korrespondierendes an der Energieliefervorrichtung (1) anliegendes Ist-Signals (S_{ist}) rückgeführt ist, wobei der geregelte Leistungsverstärker dazu eingerichtet ist, das an der Energieliefervorrichtung (1) anliegende Ist-Signal (S_{ist}) mit dem Sollwert (S_{soll}) des einzuprägenden Wechselsignals zu vergleichen und das Ausgabesignal (S_{out}) zur Minimierung der Abweichung zwischen dem Ist-Signal (S_{act}) und dem Sollwert (S_{soll}) des einzuprägenden Signals zu regeln.

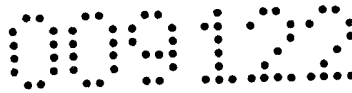


8. Schaltungsanordnung (3) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sollwert (S_{soll}) des in die Energieliefervorrichtung (1) einzuprägenden Wechselsignals ein Stromsignal repräsentiert und das an der Energieliefervorrichtung anliegende Ist-Signal (S_{ist}) den Ist-Wert (I_{ist}) des eingepprägten Stromsignals repräsentiert.

9. Schaltungsanordnung (3) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sollwert (S_{soll}) des in die Energieliefervorrichtung (1) einzuprägenden Wechselsignals ein Spannungssignal repräsentiert und das an der Energieliefervorrichtung anliegende Ist-Signal (S_{ist}) den Ist-Wert (U_{ist}) des eingepprägten Spannungssignals repräsentiert.

10. Schaltungsanordnung (3) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der geregelte Leistungsverstärker einen Signalausgang (A1) zur Einspeisung des elektrischen Wechselsignals in die Energieliefervorrichtung (1) aufweist, wobei die Schaltungsanordnung (3) ferner eine Schalteinrichtung (4) zum schaltbaren Verbinden des Signalausgangs (A1) des geregelten Leistungsverstärkers mit der Energieliefervorrichtung (1) aufweist, wobei die Schalteinrichtung (4) dazu eingerichtet ist, die Ist-Spannung (U_{Load}) des Koppelkondensators (C_k) mit Ist-Spannung der Energieliefervorrichtung (1) zur Feststellung einer Spannungsdifferenz zu vergleichen, und

i) bei Überschreiten eines vorgebbaren ersten Wertes in einen Unterbrechungszustand zu schalten, in welchem die Einprägung des einzuprägenden Wechselsignales unterbrochen ist und der Koppelkondensator (C_k) parallel zur Energieliefervorrichtung (1) geschaltet ist, um die Spannungsdifferenz zu verringern, wobei vorzugsweise während der Zeitdauer der Parallelschaltung des Koppelkondensators (C_k) ein Widerstand (R_{Balance}) zu dem Koppelkondensator (C_k) in Serie geschaltet ist, um den Ladestrom in den Koppelkondensator (C_k) zu begrenzen, und

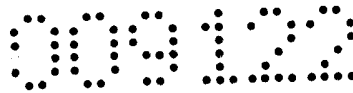


ii) bei einem Punkt i) nachfolgendem Unterschreiten eines vorgebbaren zweiten Wertes in einen Signaleinprägезustand zu schalten, in welchem der Koppelkondensator (C_k) in Serie zur Energieliefervorrichtung (1) geschaltet ist, um die Signaleinprägung fortzusetzen.

11. Schaltungsanordnung (3) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Signalausgang (A1) und dem Koppelkondensator (C_k) zumindest ein erstes Schaltelement (S1) angeordnet ist, wobei ferner zumindest ein zweites Schaltelement (S2) zum Parallelschalten des Koppelkondensators (C_k), das vorzugsweise in Serie mit dem Widerstand ($R_{Balance}$) zur Begrenzung des Ladestroms geschaltet ist, mit der Energieliefervorrichtung (1) vorgesehen ist, wobei die Schalteinrichtung (4) dazu eingerichtet ist, abhängig von der festgestellten Spannungsdifferenz das erste Schaltelement (S1) zu schließen und das zweite Schaltelement (S2) zu öffnen und umgekehrt.

12. Schaltungsanordnung (3) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Koppelkondensator (C_k) und dem Signalausgang (A1) ein Hilfskondensator (C_h) angeordnet ist, wobei der Koppelkondensator (C_k) und der Hilfskondensator (C_h) als unipolare Kondensatoren, vorzugsweise als Elektrolytkondensatoren, ausgeführt sind und hin zu der Energieliefervorrichtung (1) zueinander entgegengesetzt polarisiert in Serie geschaltet sind, wobei zu den beiden Kondensatoren jeweils zumindest eine Diode (D3, D4) als Verpolschutz parallel geschaltet ist, wobei das zweite Schaltelement (S2) an einem zwischen den Kondensatoren liegenden Abzweigpunkt (P2) mit dem Koppelkondensator (C_k) verbunden ist.

13. Schaltungsanordnung (3) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der geregelte Leistungsverstärker als Klasse-D Leistungsverstärker ausgebildet ist, der vorzugsweise dazu



eingerrichtet ist, PWM-modulierte Signale an den Signalausgang (A1) auszugeben.

14. Schaltungsanordnung (3) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der geregelte Leistungsverstärker hin zu dem Signalausgang (A1) ein Rekonstruktionsfilter (5), insbesondere ein Tiefpassfilter, besonders bevorzugt ein Klasse-D Verstärkerrekonstruktionsfilter, zur Glättung des über den Signalausgang (A1) einzuprägenden elektrischen Wechsignals aufweist.

15. Energiewandlungssystem, aufweisend eine elektrochemische Energieliefervorrichtung (1) sowie eine Schaltungsanordnung (3) nach einem der Ansprüche 7 bis 14 zur Einprägung eines elektrischen Wechsignals in die elektrochemische Energieliefervorrichtung (1).

16. Energiewandlungssystem nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrochemische Energieliefervorrichtung (1) eine Brennstoffzelle oder eine Batterie, insbesondere eine NiMh- oder eine Lithium-Ionen-Batterie, ist.

009122

PI30726AT
AVL List GmbH

1/3

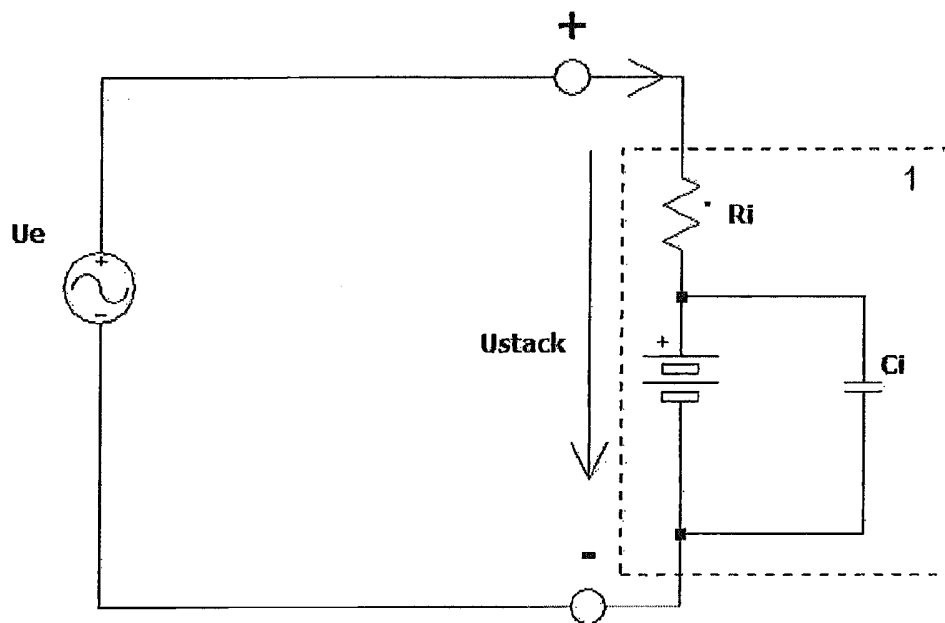


Fig. 1

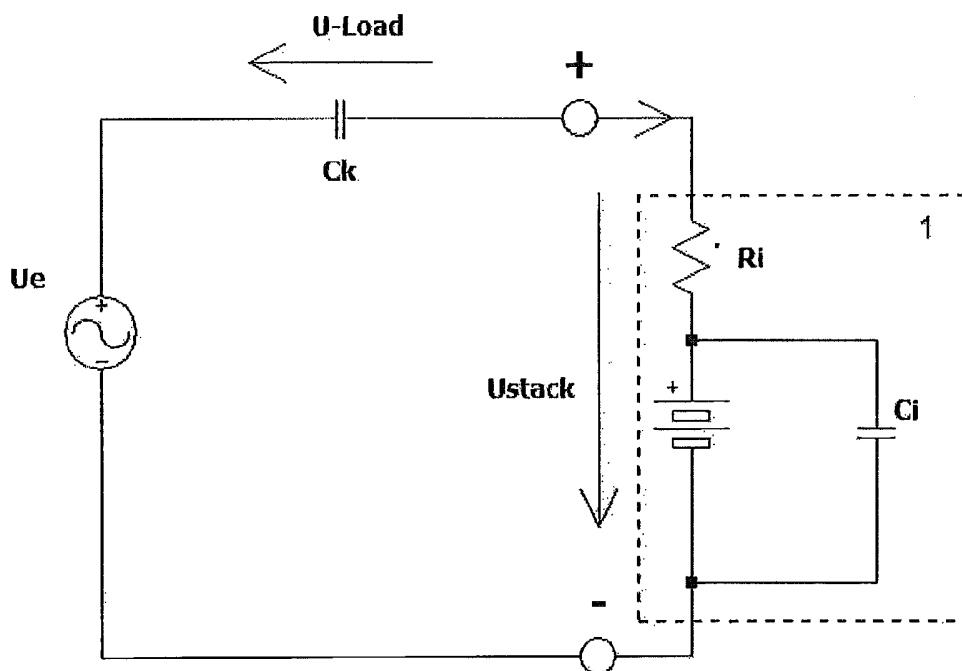


Fig. 2

009122

PI30726AT
AVL List GmbH

2/3

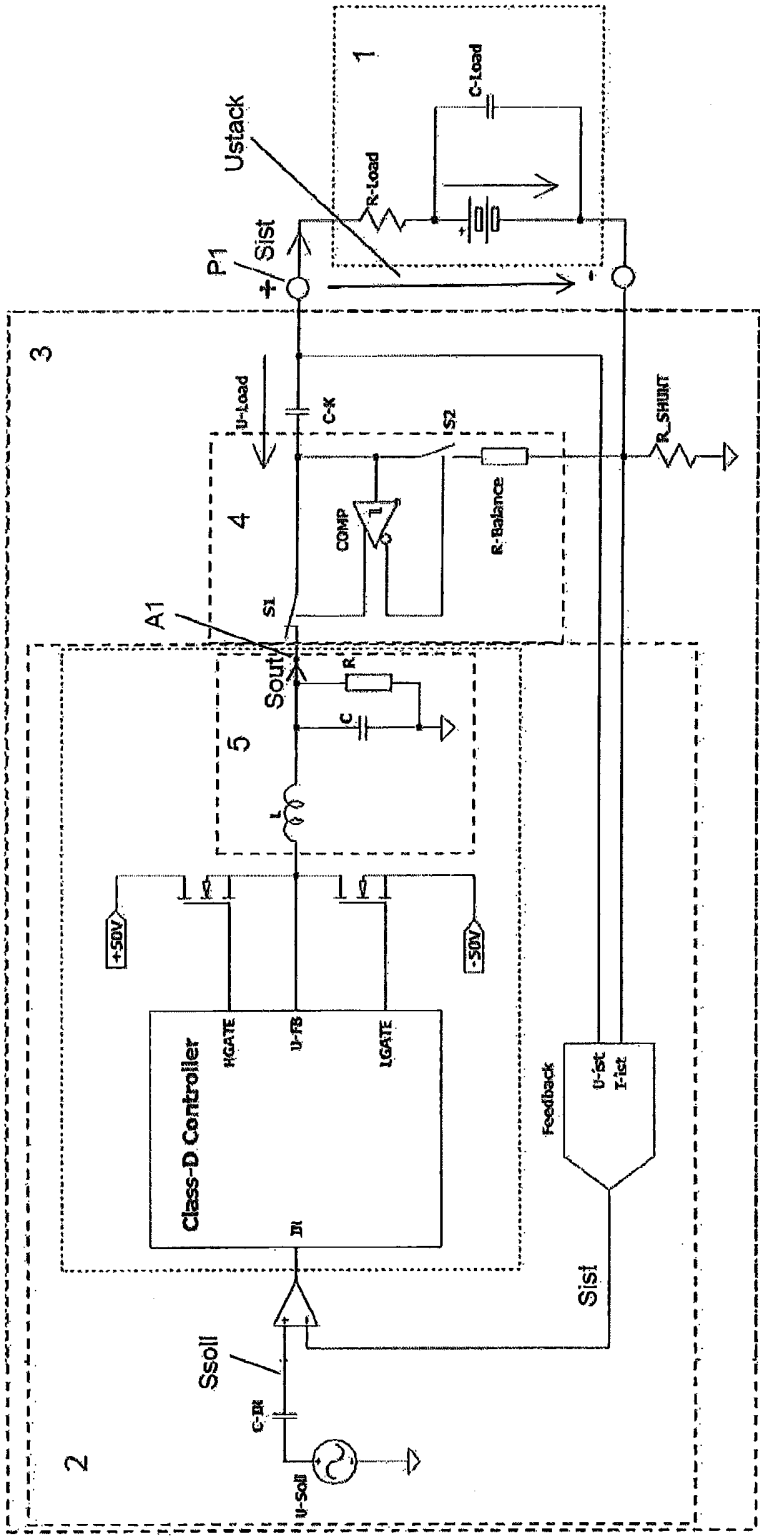


Fig. 3

009122

PI30726AT
AVL List GmbH

3/3

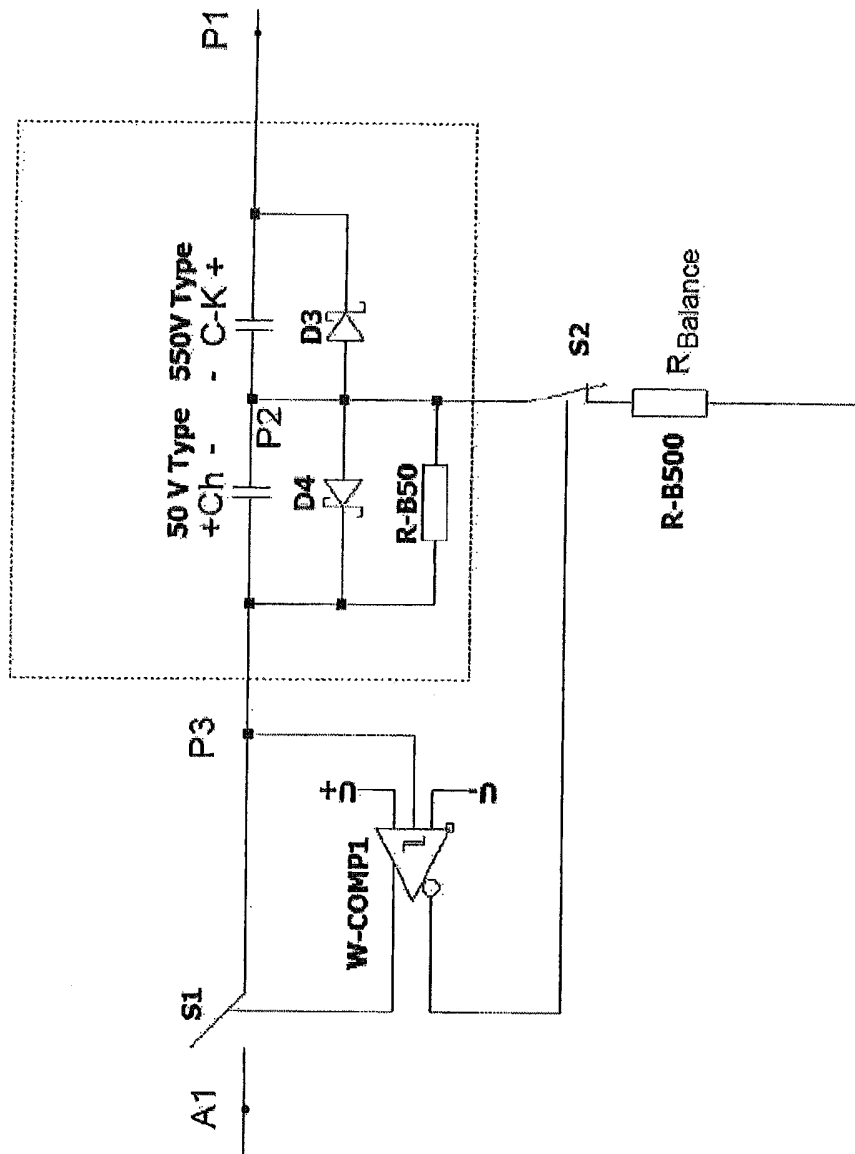


Fig. 4