

(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
12. Juni 2025 (12.06.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/119545 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02M 1/36 (2007.01) *H02M 7/162* (2006.01)
H02M 7/12 (2006.01)

(71) Anmelder: **SIEMENS ENERGY GLOBAL GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Otto-Hahn-Ring 6, 81739 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/080364

(72) Erfinder: **BENDIG, Marvin**; Gustav-Adolf-Str. 25, 90513 Zirndorf (DE). **SCHUMANN, Sven**; Ulmenstraße 15, 91452 Wilhermsdorf (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Oktober 2024 (28.10.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

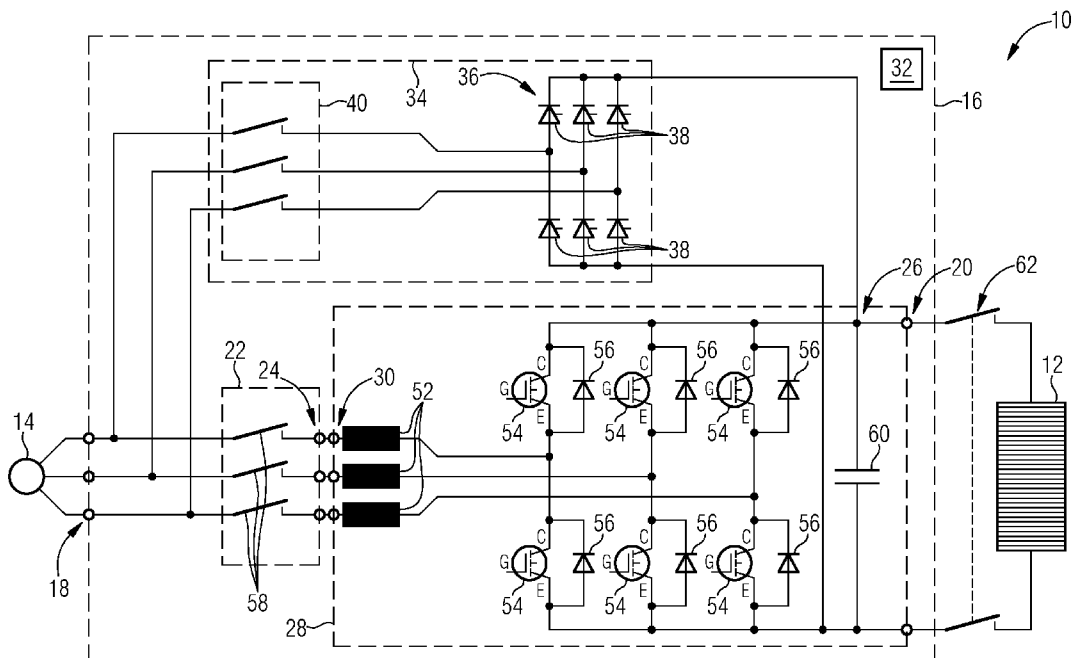
(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 212 377.0
07. Dezember 2023 (07.12.2023) DE

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,

(54) Title: ACTIVE RECTIFIER SYSTEM FOR H₂ ELECTROLYSIS WITH COMBINED PRECHARGE AND PROTECTIVE VOLTAGE AUXILIARY RECTIFIER

(54) Bezeichnung: AKTIVES GLEICHRICHTERSYSTEM FÜR H₂ ELEKTROLYSE MIT KOMBINIERTEM VORLADE- UND SCHUTZSPANNUNGSHILFSGLEICHRICHTER

FIG 2



(57) Abstract: The invention relates to a circuit arrangement (16) for electrically coupling an electrolysis device (12) to an energy supply network (14) which uses an alternating voltage, in order to supply the electrolysis device (12) with electrical energy during electrolysis operation as intended, said circuit arrangement comprising - an energy source connection (18), - an electrolysis device connection (20), - an isolation unit (22) which has at least one inverter connection (24), - an inverter (28) which has a DC link (26) and a AC voltage connection (30) electrically coupled to the inverter connection (24), - a control unit (32), and - an auxiliary circuit (34) which is designed to charge at least the DC link (26) at a time before the switching state of the isolation unit (22) is changed to a predefinable electric DC voltage as precharge voltage. According to the invention, the auxiliary circuit (34) is designed to apply

SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

a predefined, suitable protective voltage to the DC link (26) after the switching state of the isolation unit (22) has changed from the switched-on switching state to the switched-off switching state.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung (16) zum elektrischen Koppeln einer Elektrolysevorrichtung (12) mit einem eine Wechselspannung nutzenden Energieversorgungsnetz (14), um die Elektrolysevorrichtung (12) in einem bestimmungsgemäßen Elektrolysebetrieb mit elektrischer Energie zu versorgen, mit - einem Energiequellenanschluss (18), - einem Elektrolysevorrichtungsanschluss (20), - einer Trenneinheit (22), die wenigstens einen Wechselrichteranschluss (24) aufweist, - einem einen Gleichspannungszwischenkreis (26) und einen mit dem Wechselrichteranschluss (24) elektrisch gekoppelten Wechselspannungsanschluss (30) aufweisenden Wechselrichter (28), - einer Steuereinheit (32), und - einer Hilfsschaltung (34), die ausgebildet ist, zumindest den Gleichspannungszwischenkreis (26) zeitlich vor einem Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit (22) auf eine vorgebbare elektrische Gleichspannung als Vorladespannung aufzuladen. Erfindungsgemäß ist die Hilfsschaltung (34) ausgebildet, den Gleichspannungszwischenkreis (26) im Anschluss an einen Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit (22) vom eingeschalteten Schaltzustand in den ausgeschalteten Schaltzustand mit einer vorgegebenen, geeigneten Schutzspannung zu beaufschlagen.

Beschreibung

**AKTIVES GLEICHRICHTERSYSTEM FÜR H₂ ELEKTROLYSE MIT KOMBINIERTEM
VORLADE- UND SCHUTZSPANNUNGSHILFSGLEICHRICHTER**

5

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zum
elektrischen Koppeln einer Elektrolysevorrichtung mit einem
eine Wechselspannung nutzenden Energieversorgungsnetz, um die
10 Elektrolysevorrichtung in einem bestimmungsgemäßen
Elektrolysebetrieb mit elektrischer Energie zu versorgen, mit
einem Energiequellenanschluss zum elektrischen Anschließen an
das Energieversorgungsnetz, einem
Elektrolysevorrichtungsanschluss zum Anschließen an die
15 Elektrolysevorrichtung, einer mit dem Energiequellenanschluss
elektrisch gekoppelten Trenneinheit, die wenigstens einen
Wechselrichteranschluss aufweist, wobei die Trenneinheit
ausgebildet ist, in einem eingeschalteten Schaltzustand eine
elektrische Verbindung zwischen dem Energiequellenanschluss
20 und dem wenigstens einen Wechselrichteranschluss
herzustellen und in einem ausgeschalteten Schaltzustand die
elektrische Verbindung zwischen dem Energiequellenanschluss
und dem wenigstens einen Wechselrichteranschluss zu trennen,
einem einen Gleichspannungszwischenkreis aufweisenden
25 Wechselrichter, wobei der Wechselrichter wenigstens einen mit
dem wenigstens einen Wechselrichteranschluss elektrisch
gekoppelten Wechselspannungsanschluss aufweist, einer
Steuereinheit zumindest zum Steuern des Wechselrichters und
der Trenneinheit, wobei die Steuereinheit ausgebildet ist,
30 die Trenneinheit und den Wechselrichter zu steuern,
und einer mit dem Energiequellenanschluss und dem
Gleichspannungszwischenkreis elektrisch gekoppelten
Hilfsschaltung, die ausgebildet ist, zumindest den
Gleichspannungszwischenkreis zeitlich vor einem Wechsel des
35 Schaltzustands der Trenneinheit vom ausgeschalteten
Schaltzustand in den eingeschalteten Schaltzustand auf eine
vorgebbare elektrische Gleichspannung als Vorladespannung
aufzuladen. Die Erfindung betrifft ferner eine

Elektrolyseanlage mit einer Elektrolysevorrichtung und einer Schaltungsanordnung zum elektrischen Koppeln der Elektrolysevorrichtung mit einem eine Wechselspannung nutzenden Energieversorgungsnetz, um die

5 Elektrolysevorrichtung in einem bestimmungsgemäßen Elektrolysebetrieb mit elektrischer Energie zu versorgen. Schließlich betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zum elektrischen Koppeln einer Elektrolysevorrichtung mit einem eine Wechselspannung nutzenden Energieversorgungsnetz mittels
10 einer Schaltungsanordnung, um die Elektrolysevorrichtung in einem bestimmungsgemäßen Elektrolysebetrieb mit elektrischer Energie zu versorgen, wobei eine Trenneinheit der Schaltungsanordnung in einem eingeschalteten Schaltzustand eine elektrische Verbindung zwischen dem
15 Energieversorgungsnetz und einem Wechselrichter der Schaltungsanordnung herstellt und in einem ausgeschalteten Schaltzustand die elektrische Verbindung zwischen dem Energieversorgungsnetz und dem Wechselrichter trennt, wobei ein Gleichspannungszwischenkreis des Wechselrichters mit der
20 Elektrolysevorrichtung elektrisch gekoppelt ist, eine Steuereinheit zumindest die Trenneinheit und den Wechselrichter steuert, und eine mit dem Energieversorgungsnetz und dem Gleichspannungszwischenkreis elektrisch gekoppelte Hilfsschaltung zumindest den
25 Gleichspannungszwischenkreis zeitlich vor einem Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit vom ausgeschalteten Schaltzustand in den eingeschalteten Schaltzustand auf eine vorgegebene elektrische Gleichspannung als Vorladespannung auflädt.

30

Gattungsgemäße Schaltungsanordnungen, Elektrolyseanlagen mit derartigen Schaltungsanordnungen sowie gattungsgemäße Verfahren sind im Stand der Technik umfänglich bekannt, sodass es eines gesonderten druckschriftlichen Nachweises
35 hierzu nicht bedarf. Elektrolysevorrichtungen weisen in der Regel eine Vielzahl von Elektrolysezellen auf, die insbesondere der Elektrolyse von Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff dienen. Eine derartige Elektrolysezelle offenbart

zum Beispiel die DE19729529C1. Die grundlegende Funktion der Elektrolyse, insbesondere der Wasserelektrolyse, ist dem Fachmann bekannt, weshalb von detaillierten Erläuterungen hierzu vorliegend abgesehen wird.

5

Elektrolysevorrichtungen weisen in der Regel wenigstens eine Elektrolysezelle auf und üblicherweise weisen die Elektrolysevorrichtungen jedoch eine Vielzahl von zumindest teilweise in Reihe geschalteter Elektrolysezellen auf. Die Elektrolysevorrichtung dient unter anderem dazu, vorzugsweise im industriellen Umfang nutzbare Stoffe, beispielsweise Wasserstoff bei einer Wasserelektrolyse, Kohlenmonoxid bei einer Kohlenstoffdioxidelektrolyse oder dergleichen herzustellen. Zu diesem Zweck werden wenigstens zwei Elektroden einer jeweiligen Elektrolysezelle der Elektrolysevorrichtung mit einer geeigneten kleinen elektrischen Gleichspannung beaufschlagt, die im Bereich von einigen wenigen Volt oder eventuell sogar kleiner als ein Volt sein kann. Entsprechend der durch die Elektrolyse bereitzustellenden Stoffmenge wird von einer Elektrolyseenergiequelle ein entsprechender elektrischer Gleichstrom als Elektrolysestrom bereitgestellt. Bei in Reihe geschalteten Elektrolysezellen durchströmt dieser Gleichstrom sämtliche der in Reihe geschalteten Elektrolysezellen. Die Reihenschaltung ist elektrisch mit der Elektrolyseenergiequelle gekoppelt. Darüber hinaus ist es auch möglich, Elektrolysezellen nicht ausschließlich nur in Reihe, sondern zumindest teilweise auch parallelzuschalten.

Die Elektrolyseenergiequelle ist häufig mit einem Energieversorgungsnetz gekoppelt, welches die Elektrolysevorrichtung mit elektrischer Energie versorgt. Zum Zwecke der elektrischen Kopplung ist in der Regel eine Schaltungsanordnung vorgesehen, die dem Koppeln der Elektrolysevorrichtung mit dem Energieversorgungsnetz dient. Die Schaltungsanordnung ermöglicht es, einen Energiefluss vom Energieversorgungsnetz zur Elektrolysevorrichtung zu steuern, beispielsweise indem die elektrische Kopplung über die

Schaltungsanordnung bedarfsweise aktiviert beziehungsweise deaktiviert werden kann. Das Energieversorgungsnetz nutzt in der Regel eine Wechselspannung, die eine einphasige, vorzugsweise jedoch eine mehrphasige, insbesondere eine dreiphasige, Wechselspannung sein kann.

Wegen der hohen Leistungsanforderung von Elektrolysevorrichtungen, die mit einer entsprechend großen Strombeanspruchung einhergeht, war es bisher üblich, thyristorbasierte Gleichrichtereinheiten einzusetzen, um den erforderlichen Gleichstrom, zum Beispiel in einem Bereich von etwa 7kA bis etwa 10kA, zu erreichen. Thyristorbasierte Gleichrichtereinheiten erweisen sich jedoch besonders bei großen Leistungen in Bezug auf Rückwirkungen auf das Energieversorgungsnetz als nachteilig, weil besonders bei einer großen Strombeanspruchung starke Verzerrungen auftreten, die Harmonische im Energieversorgungsnetz bewirken. Es ist daher in aller Regel erforderlich, zusätzliche Komponenten, beispielsweise aktive und/oder passive Filter, Leistungsfaktorkompensationseinheiten, um Energieversorgungsnetzseitige Anforderungen, insbesondere in Bezug auf Harmonische, zu erfüllen, sowie Blindleistungskompensationen vorzusehen. Dies hat jedoch entsprechend große zusätzliche Kosten zur Folge.

Daher werden mittlerweile vermehrt Schaltungsanordnungen mit transistorbasierten Wechselrichtern eingesetzt, die es erlauben, durch geeignetes Steuern von durch Transistoren gebildete Wechselrichterschaltelementen des Wechselrichters im Schaltbetrieb die netzseitigen Anforderungen weitgehend zu erfüllen, sodass zusätzliche Filter und Kompensationsmaßnahmen erheblich reduziert werden können, wenn nicht sogar vollständig entfallen können.

Für die bestimmungsgemäße Funktion des Wechselrichters ist in der Regel vorgesehen, dass zu jedem Transistor eine Inversdiode parallelgeschaltet ist. Der Gleichspannungszwischenkreis des Wechselrichters weist

üblicherweise einen elektrischen Kondensator auf, der für die vorgesehene Nutzung zur Versorgung einer Elektrolysevorrichtung eine entsprechend große elektrische Kapazität aufweist. Bei einer Inbetriebnahme der durch die Elektrolysevorrichtung und in Verbindung mit der Schaltungsanordnung gebildeten Elektrolyseanlage ist es in der Regel erforderlich, den Gleichspannungszwischenkreis zunächst auf eine vorgegebene Zwischenkreisgleichspannung als Vorladespannung vorzuladen beziehungsweise aufzuladen, bevor der Wechselrichter mit dem Energieversorgungsnetz elektrisch gekoppelt wird. Würde nämlich der Wechselrichter mit dem Energieversorgungsnetz gekoppelt, wenn der Gleichspannungszwischenkreis im wesentlichen Entladen ist, kann ein sehr großer, nahezu unbegrenzter, Strom durch die Freilauf- beziehungsweise Inversdioden auftreten, die dadurch überlastet werden und ausfallen können. Ein Fehler des Wechselrichters wäre die Folge.

Um dieses Problem zu vermeiden, könnte eine am wenigstens einen Wechselspannungsanschluss des Wechselrichters angeschlossene Induktivität entsprechend groß gewählt werden. Die Größe der Induktivität ist jedoch bei dem vorgesehenen Funktionsbetrieb begrenzt, um die gewünschte Leistung mittels des Wechselrichters realisieren zu können. Daher kann eine große Induktivität einen etwaigen Einschaltstrom nicht hinreichend begrenzen, ohne den bestimmungsgemäßen Betrieb zu stören. Aus diesem Grund wird eine separate Vorladeschaltung vorgesehen, die einen Gleichrichter aufweist, der gleichspannungsseitig am Gleichspannungszwischenkreis angeschlossen ist. Wechselspannungsseitig ist der Gleichrichter über wenigstens einen elektrischen Widerstand mit dem Energieversorgungsnetz gekoppelt. Dadurch ist es möglich, den Spannungszwischenkreis auf die vorgegebene Zwischenkreisgleichspannung vorzuladen, bevor die elektrische Kopplung zwischen dem Energieversorgungsnetz und dem Wechselrichter über die Trenneinheit hergestellt wird. Ist nämlich der Gleichspannungszwischenkreis auf die vorgegebene

Gleichspannung vorgeladen, kann die zuvor beschriebene Problematik weitgehend vermieden werden.

Auch wenn sich die vorgenannte Schaltungsanordnung bewährt
5 hat, verbleibt dennoch Verbesserungsbedarf. Als zumindest teilweise kritisch für eine jeweilige Elektrolysezelle erweist sich unter anderem ein Übergang von oder zu einem vom bestimmungsgemäßen Elektrolysezustand verschiedenen Betriebszustand. Dies bezieht sich insbesondere zumindest auf
10 ein Anfahren der Elektrolyseanlage beziehungsweise der Elektrolysevorrichtung oder auch ein Herunterfahren der Elektrolyseanlage beziehungsweise der Elektrolysevorrichtung. Besonders beim Herunterfahren nach dem bestimmungsgemäßen Betrieb können noch Reststoffe, insbesondere Restgase, in den
15 Elektrolysezellen vorhanden sein, die unter Umständen dazu führen können, dass in den Elektrolysezellen eine Brennstoffzellenfunktionalität auftreten kann. Hierdurch können die Elektrolysezellen jedoch irreversibel geschädigt werden, weshalb die Brennstoffzellenfunktionalität unbedingt
20 vermieden werden soll.

Die Inbetriebnahme beziehungsweise das Herunterfahren der Elektrolyseanlage erfordert daher in der Regel weitere Maßnahmen, um eine zuverlässige Funktion zu gewährleisten.
25 Mit der bekannten Schaltungsanordnung in Verbindung mit der Vorladeschaltung kann dies nicht erreicht werden, weil diese sich für eine erforderliche Steuerungsfunktionalität nicht eignen.

30 Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine gattungsgemäße Schaltungsanordnung dahingehend weiterzubilden, dass die Zuverlässigkeit des Betriebs der Elektrolyseanlage beziehungsweise Elektrolysevorrichtung verbessert werden kann.

35

Als Lösung werden mit der Erfindung eine Schaltungsanordnung, eine Elektrolyseanlage sowie ein Verfahren gemäß den unabhängigen Ansprüchen vorgeschlagen.

Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich durch Merkmale der abhängigen Ansprüche.

- 5 In Bezug auf eine gattungsgemäße Schaltungsanordnung wird mit der Erfindung insbesondere vorgeschlagen, dass die Hilfsschaltung ausgebildet ist, den Gleichspannungszwischenkreis im Anschluss an einen Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit vom eingeschalteten
10 Schaltzustand in den ausgeschalteten Schaltzustand mit einer vorgegebenen, geeigneten Schutzspannung zu beaufschlagen.

- In Bezug auf eine gattungsgemäße Elektrolyseanlage wird vorgeschlagen, dass die Schaltungsanordnung gemäß der
15 Erfindung ausgebildet ist.

- In Bezug auf ein gattungsgemäßes Verfahren wird mit der Erfindung insbesondere vorgeschlagen, dass die Hilfsschaltung den Gleichspannungszwischenkreis im Anschluss an einen
20 Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit vom eingeschalteten Schaltzustand in den ausgeschalteten Schaltzustand mit einer vorgegebenen, geeigneten Schutzspannung beaufschlägt.

- 25 Die Erfindung basiert unter anderem auf dem Gedanken, dass die Zuverlässigkeit des Betriebs der Elektrolyseanlage beziehungsweise Elektrolysevorrichtung insbesondere dadurch verbessert werden kann, dass die Schaltungsanordnung nicht nur eine Vorladefunktionalität bereitzustellen vermag,
30 sondern bei Bedarf auch eine Schutzspannung bereitstellen kann. Diese Funktionalitäten können durch eine einzige gemeinsame Hilfsschaltung realisiert werden. Es ist also möglich, die Elektrolysezellen der Elektrolysevorrichtung außerhalb des bestimmungsgemäßen Elektrolysebetriebs mit
35 einer Schutzspannung, auch Polarisationsspannung genannt, zu beaufschlagen, die so gewählt ist, dass die unerwünschte Brennstoffzellenfunktionalität weitgehend vermieden werden kann. Bei einer einzelnen Elektrolysezelle zum

Elektrolysieren von Wasser kann die Schutzspannung zum Beispiel etwa 1,25 V betragen. Sobald die Elektrolysezelle entsprechend abgekühlt und Restgase entfernt sind, kann das Bereitstellen der Schutzspannung deaktiviert werden. Es
5 bedarf also bei der Erfindung keiner weiteren Schutzschaltung beziehungsweise Polarisationschaltung, weil diese Funktion gleichfalls mit der Hilfsschaltung der Erfindung realisiert werden kann. Dadurch können natürlich nicht nur schaltungstechnischer Aufwand sondern auch
10 steuerungstechnischer Aufwand reduziert werden.

Durch die Erfindung kann insbesondere erreicht werden, dass die im Stand der Technik übliche Vorladeschaltung weitgehend eingespart werden kann, weil diese Funktionalität durch die
15 Hilfsschaltung der Erfindung bereitgestellt werden kann. Darüber hinaus ermöglicht es die Hilfsschaltung der Erfindung, nicht nur den Gleichspannungszwischenkreis auf die vorgebbare Gleichspannung aufzuladen beziehungsweise vorzuladen, sondern die Hilfsschaltung ermöglicht es ferner,
20 die Elektrolysevorrichtung zumindest außerhalb des bestimmungsgemäßen Elektrolysebetriebs mit einer Schutzspannung zu beaufschlagen, sodass unerwünschte Prozesse in den Elektrolysezellen der Elektrolysevorrichtung, die zum Beispiel einen Brennstoffzellenbetrieb zur Folge haben
25 können, weitgehend vermieden werden können. Dadurch kann mittels einer einzigen Zusatzschaltung, nämlich der Hilfsschaltung, ein vollständiges Schutz- beziehungsweise Betriebskonzept erreicht werden, welches einen zuverlässigen Betrieb der Elektrolyseanlagen insgesamt auch bei häufig
30 variierenden Betriebszustandsänderungen beziehungsweise Lastwechseln, die zum Beispiel auch durch eine Bereitstellbarkeit von elektrischer Energie durch das Energieversorgungsnetz begründet sein können, realisieren kann. Zugleich ermöglicht es die Hilfsschaltung, hinsichtlich
35 der Zuverlässigkeit und des sicheren Betriebs der Elektrolysezellen der Elektrolysevorrichtung eine Redundanz zu schaffen, sodass nicht nur ein Kopplungsvorgang in Bezug auf den Wechselrichter mit dem Energieversorgungsnetz

realisiert werden kann, sondern zugleich auch eine parallele Hilfsenergieversorgung für die Elektrolysevorrichtung erreicht werden kann, wenn beispielsweise der Wechselrichter ausfällt oder dergleichen.

5

Ein Wechselrichter ist ein elektrischer Energiewandler beziehungsweise Energieumformer, der einen Gleichspannungs- oder Gleichstromzwischenkreis mit einer Wechselspannung elektrisch koppelt. Die Wechselspannung kann eine einphasige oder mehrphasige, insbesondere dreiphasige, Wechselspannung sein. Zum Energiewandeln beziehungsweise Energieumformen weist der Wechselrichter Schaltelemente auf.

Der transistorbasierte Wechselrichter kann zum Beispiel als Zwei-Pegel-Wechselrichter ausgebildet sein. Darüber hinaus kann der Wechselrichter natürlich auch mehr als lediglich zwei elektrische Potentiale für seine Wandlungsfunktion nutzen. Bei einem Wechselrichter, der lediglich zwei Pegel zur Spannungswandlung nutzt, entsprechen die beiden bereitstellbaren elektrischen Potentiale etwa den elektrischen Potentialen, die durch die Zwischenkreisgleichspannung am Gleichspannungszwischenkreis bereitgestellt sind.

Der Wechselrichter ist vorliegend als transistorbasierter Wechselrichter ausgebildet und weist als Schaltelemente entsprechende Transistoren auf. Die Transistoren des Wechselrichters werden mittels geeigneter Steuersignale in einem Schaltbetrieb betrieben. Die Steuersignale realisieren einen Pulsweitenmodulationsverfahren, wenn der Wechselrichter ausgebildet ist, lediglich zwei elektrische Potentiale zu nutzen, die im Wesentlichen den am Gleichspannungszwischenkreis zur Verfügung stehenden elektrischen Potentialen entsprechen. Bei anderen Wechselrichterkonstruktionen kann dies natürlich variieren, beispielsweise bei Einsatzes eines Mehr-Pegel-Wechselrichters (M2C) oder dergleichen. Der Wechselrichter weist wenigstens einen mit dem wenigstens einen Wechselrichteranschluss

elektrisch gekoppelten Wechselspannungsanschluss auf. Dadurch ist der Wechselrichter wechselfspannungsseitig über die Trenneinheit mit dem Energiequellenanschluss verbunden. Der Wechselrichter ist entsprechend der Anzahl der Phasen der
5 genutzten Wechselspannung ausgebildet.

Die Schaltelemente des Wechselrichters wirken mit einem elektrischen Energiespeicher des Wechselrichters zusammen, der häufig durch wechselfspannungsseitige angeordnete
10 Induktivitäten gebildet ist. Der Wechselrichter kann als 2-Pegel-Wechselrichter ausgebildet sein, zu welchem Zweck die Schaltelemente nach Art von Halbbrückenschaltungen für jede der Phasen der Wechselspannung angeordnet sind. Die Halbbrückenschaltungen sind parallelgeschaltet am
15 Gleichspannungszwischenkreis angeschlossen und weisen jeweilige Mittelanschlüsse auf, die mit den Induktivitäten verbunden sind. An den Mittelanschlüssen werden abhängig von jeweiligen Schaltzuständen der Schaltelemente die zwei elektrischen Potentiale des Gleichspannungszwischenkreises
20 bereitgestellt. Darüber hinaus sind Wechselrichter bekannt, die mehr als die zwei vorgenannten elektrischen Potentiale nutzen können.

Der Schaltbetrieb eines Transistors bedeutet, dass in einem
25 eingeschalteten Zustand zwischen jeweiligen die Schaltstrecke bildenden Anschlüssen ein sehr geringer elektrischer Widerstand bereitgestellt wird, sodass ein hoher Stromfluss bei sehr kleiner Restspannung möglich ist. Im ausgeschalteten Zustand ist die Schaltstrecke des Transistors hochohmig, das
30 heißt, sie stellt einen hohen elektrischen Widerstand bereit, sodass auch bei hoher an der Schaltstrecke anliegender elektrischer Spannung im Wesentlichen kein oder nur ein sehr geringer insbesondere vernachlässigbarer elektrischer Stromfluss vorliegt. Hiervon unterscheidet sich in
35 Linearbetrieb, der aber bei Wechselrichtern in der Regel nicht zum Einsatz kommt. Die Schaltzustände des Transistors werden durch ein entsprechendes Steuersignal an dessen Steuerelektrode erreicht.

Der Wechselrichter wird vorzugsweise als Netzwechselrichter betrieben, das heißt, dass sein wenigstens einer Wechselspannungsanschluss mit dem Energieversorgungsnetz
5 elektrisch gekoppelt ist.

Zum Zwecke des Koppelns des Wechselspannungsanschlusses des Wechselrichters mit dem Energieversorgungsnetz weist die Schaltungsanordnung in der Regel eine Trenneinheit auf, die
10 dem Herstellen der elektrischen Verbindung zwischen dem Energieversorgungsnetz und dem Wechselrichter dient. Der Gleichspannungszwischenkreis des Wechselrichters ist dagegen mit der Elektrolysevorrichtung koppelbar. Im Elektrolysebetrieb erfolgt ein Energiefluss somit vom
15 Energieversorgungsnetz über dem wenigstens einen Wechselspannungsanschluss des Wechselrichters und den Wechselrichter zum Gleichspannungszwischenkreis und von diesem zur Elektrolysevorrichtung.

Das Energieversorgungsnetz ist vorzugsweise ein öffentliches Energieversorgungsnetz, welches vorzugsweise eine dreiphasige Wechselspannung bei einer Frequenz von etwa 50 Hz oder etwa 60 Hz bereitstellt. Die Erfindung ist jedoch nicht auf die Nutzung derartiger Frequenzen begrenzt und kann unter anderem
25 auch bei Wechselspannungsnetzen zum Einsatz kommen, die eine abweichende Frequenz nutzen, beispielsweise etwa 16 Hz bis etwa 17 Hz, aber auch in einem Bereich von etwa 200 Hz bis etwa 500 Hz. Darüber hinaus kann das Energieversorgungsnetz beispielsweise auch ein Inselnetz sein. Das Inselnetz kann
30 sowohl ein stationäres Netz als auch ein mobiles Netz, beispielsweise ein Energieversorgungsnetz eines Fahrzeugs, insbesondere eines Wasserfahrzeugs, eines Luftfahrzeugs, eines Kraftfahrzeugs oder dergleichen, sein.

Im bestimmungsgemäßen Elektrolysebetrieb ist die Elektrolysevorrichtung über die Schaltungsanordnung mit einer geeigneten, für den bestimmungsgemäßen Elektrolysebetrieb erforderlichen Gleichspannung beaufschlagt. Die

Schaltungsanordnung stellt einen entsprechenden Elektrolysestrom bereit, sodass die Elektrolysezellen der Elektrolysevorrichtung in bestimmungsgemäßer Weise den zu elektrolysierenden Stoff, beispielsweise Wasser, in die
5 Elektrolysebestandteile, bei Wasser zum Beispiel Wasserstoff und Sauerstoff, elektrolysieren kann. Der Energiequellenanschluss der Schaltungsanordnung kann zum Beispiel ein lösbar ausgebildeter Anschluss sein, mit dem die Schaltungsanordnung beziehungsweise die Elektrolyseanlage
10 lösbar mit dem Energieversorgungsnetz elektrisch verbunden werden kann. Der Energiequellenanschluss kann vorzugsweise für eine jeweilige Phase einer mehrphasigen Wechselspannung des Energieversorgungsnetzes eine eigene elektrische Verbindung bereitstellen. Darüber hinaus können jedoch auch
15 weitere Anschlüsse vorgesehen sein, beispielsweise für einen Nullleiter, einen Erdanschluss und/oder dergleichen. Der Energiequellenanschluss kann jedoch auch fest, das heißt, nicht lösbar, ausgebildet sein, beispielsweise bei einer stationären Anlage, mittels der im großen industriellen
20 Umfang ein Elektrolysevorgang realisiert wird.

Das gleiche gilt im Grunde nach auch für den Elektrolysevorrichtungsanschluss, der die Schaltungsanordnung mit der Elektrolysevorrichtung elektrisch verbindet. Auch
25 dieser kann dem Grunde nach lösbar ausgebildet sein. In Anbetracht der in der Regel üblichen großen Leistung ist dieser Anschluss jedoch häufig nicht lösbar ausgebildet. Sowohl der Energiequellenanschluss als auch der Elektrolysevorrichtungsanschluss können zum Beispiel mittels
30 Schraubverbindungen, Schweißverbindungen, Klemmverbindungen und/oder dergleichen realisiert sein.

Die Schaltungsanordnung weist eine Trenneinheit auf, die elektrisch mit dem Energiequellenanschluss gekoppelt ist. Die
35 Trenneinheit kann wenigstens ein elektromechanisches oder elektronisches Schaltelement aufweisen, beispielsweise ein Schütz, einen oder mehrere Thyristoren, einen oder mehrere Transistoren, Kombinationsschaltungen hiervon und/oder

dergleichen. Vorzugsweise ist die Trenneinheit unmittelbar mit dem Energiequellenanschluss elektrisch verbunden. Die Trenneinheit weist darüber hinaus einen Wechseltrichteranschluss auf, der zum Anschluss des Wechselrichters dient. Der Wechselrichter ist vorzugsweise angepasst für die Anzahl der Phasen des Energieversorgungsnetzes ausgebildet, sodass auch der Wechselrichteranschluss und der Energiequellenanschluss entsprechend ausgebildet sind.

10

Die Trenneinheit ist ausgebildet, in einem eingeschalteten Schaltzustand eine elektrische Verbindung zwischen dem Energiequellenanschluss und dem wenigstens einen Wechselrichteranschluss herzustellen. In einem

15

ausgeschalteten Schaltzustand ist die Trenneinheit ausgebildet, die elektrische Verbindung zwischen dem Energiequellenanschluss und dem wenigstens einen Wechselrichteranschlusses zu trennen. Vorzugsweise ist bei einer mehrphasigen Wechselspannung für jede der Phasen der

20

Wechselspannung wenigstens ein eigenes individuelles Schaltelement vorgesehen. Die Schaltelemente der Trenneinheit sind mittels eines Schaltsignals steuerbar, zum Beispiel ein Einschaltsignal und/oder ein Ausschaltsignal. Dadurch kann die Trenneinheit den jeweiligen Schaltzustand abhängig vom Schaltsignal einnehmen.

25

Die Schaltungsanordnung weist ferner eine Steuereinheit auf, die dem Steuern des Wechselrichters und der Trenneinheit dient. Die Steuereinheit stellt für die Trenneinheit wenigstens ein Schaltsignal und für den Wechselrichter wenigstens die Steuersignale für die Transistoren bereit, sodass die gewünschte Funktionalität realisiert werden kann. Die Steuereinheit ist vorzugsweise als elektronische Steuereinheit ausgebildet und kann zum Beispiel durch eine Hardwareschaltung, eine programmgesteuerte Rechneinheit, Kombinationen hiervon oder dergleichen gebildet sein.

35

Die Schaltungsanordnung weist ferner eine Hilfsschaltung auf, die wechsellspannungsseitig mit dem Energiequellenanschluss und gleichspannungsseitig mit dem Gleichspannungszwischenkreis des Wechselrichters elektrisch gekoppelt ist. Die Hilfsschaltung ist ausgebildet, zumindest anhand der über den Energiequellenanschluss bereitgestellten Wechselspannung eine Gleichspannung bereitzustellen und zumindest den Gleichspannungszwischenkreis zeitlich vor einem Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit vom ausgeschalteten Schaltzustand in den eingeschalteten Schaltzustand auf die vorgebbare elektrische Gleichspannung als Vorladespannung aufzuladen. Die Vorladespannung ist vorzugsweise derart gewählt, dass die Trenneinheit gefahrlos in den eingeschalteten Schaltzustand wechseln kann, ohne dass der Wechselrichter, insbesondere seine Inversdioden beziehungsweise Freilaufdioden, Schaden nehmen.

Zu diesem Zweck kann die Schaltungsanordnung, insbesondere die Hilfsschaltung oder auch die Steuereinheit, einen geeigneten Spannungssensor zum Erfassen der Zwischenkreisgleichspannung aufweisen. Die Steuereinheit kann das entsprechende Sensorsignal des Spannungssensors auswerten und insbesondere zum Steuern der Trenneinheit nutzen. Darüber hinaus kann die Steuereinheit abhängig vom Sensorsignal auch die Hilfsschaltung steuern, beispielsweise indem die Hilfsschaltung deaktiviert wird, sobald die gewünschte Vorladespannung erreicht ist oder dergleichen. Es kann auch vorgesehen sein, dass die Steuereinheit die Hilfsschaltung erst dann aktiviert, wenn neben einem übergeordneten Aktivierungssignal zusätzlich mittels des Spannungssensors erfasst werden kann, dass die Vorladespannung am Gleichspannungszwischenkreis noch nicht erreicht ist.

Als zumindest teilweise kritisch für eine jeweilige Elektrolysezelle erweist sich unter anderem ein Übergang von oder zu einem vom bestimmungsgemäßen Betriebszustand verschiedenen Betriebszustand. Dies bezieht sich insbesondere auf ein Anfahren der Elektrolysezelle beziehungsweise der

Elektrolysevorrichtung sowie auch ein Herunterfahren der Elektrolysezelle beziehungsweise der Elektrolysevorrichtung. Besonders beim Herunterfahren im Anschluss an den bestimmungsgemäßen Betrieb können noch Reststoffe,

5 insbesondere Restgase, in der Elektrolysezelle vorhanden sein, die unter Umständen dazu führen können, dass die Elektrolysezelle eine Brennstoffzellenfunktionalität zeigen kann. Hierdurch kann jedoch die Elektrolysezelle irreversibel beschädigt werden, weshalb die Brennstoffzellenfunktionalität
10 unbedingt vermieden werden soll. Zu diesem Zweck wird die Elektrolysezelle außerhalb des bestimmungsgemäßen Betriebs mit der Schutzspannung, auch Polarisationsspannung genannt, beaufschlagt, die so gewählt ist, dass die Brennstoffzellenfunktionalität weitgehend vermieden werden
15 kann. Bei einer Elektrolysezelle zum Elektrolysieren von Wasser kann die Schutzspannung zum Beispiel etwa 1,25 V betragen. Sobald die Elektrolysezelle entsprechend abgekühlt und Restgase entfernt sind, kann das Bereitstellen der Schutzspannung deaktiviert werden.

20 Die Hilfsschaltung ist ausgebildet, den Gleichspannungszwischenkreis im Anschluss an einen Wechsel des Schaltzustandes der Trenneinheit vom eingeschalteten Schaltzustand in den ausgeschalteten Schaltzustand mit einer
25 vorgegebenen, geeigneten Schutzspannung zu beaufschlagen. Dadurch kann die Elektrolysevorrichtung auch nach einem Beenden des bestimmungsgemäßen Elektrolysebetriebs mit einer elektrischen Gleichspannung, und zwar der Schutzspannung, beaufschlagt werden, sodass unerwünschte gefährliche Zustände
30 von wenigstens einigen der Elektrolysezellen vermieden werden können, wenn beispielsweise in den Elektrolysezellen noch zu elektrolysierende Stoffe oder Elektrolyseprodukte vorhanden sind. Insbesondere kann beim Vorladeprozess vorgesehen sein, dass die Zwischenkreisspannung gemessen und eingestellt wird,
35 zum Beispiel mit einer vorgegebenen Rampe. Im Polarisationsbetrieb wird die Zwischenkreisspannung dagegen zum Beispiel so bereitgestellt, dass die Zellenspannungen der Elektrolysezellen, zum Beispiel bereitgestellt aus einer

Zellenspannungsmessung oder berechnet aus einer Stackspannungsmessung, ausgewertet und ein Zellenstrom so lange erhöht wird, bis alle Elektrolysezellen oberhalb der Schutzspannung liegen.

5

Mit der Erfindung ist es also möglich, eine Schutzfunktion für die Elektrolysevorrichtung, insbesondere für deren Elektrolysezellen zu realisieren, ohne dass eine separate zusätzliche Vorrichtung hierfür erforderlich ist. Vielmehr
10 kann die Hilfsschaltung, die unter anderem dem Vorladevorgang dient, dazu genutzt werden, auch die entsprechende Schutzfunktionalität für die Elektrolysevorrichtung beziehungsweise deren Elektrolysezellen außerhalb des bestimmungsgemäßen Elektrolysebetriebs zu realisieren. Zu
15 diesem Zweck kann die Steuereinheit einen entsprechenden Betriebszustand außerhalb des bestimmungsgemäßen Betriebszustands bestimmen, der eine Schutzfunktionalität erfordert und ein entsprechendes Steuersignal für die Hilfsschaltung bereitstellen, sodass die Hilfsschaltung die
20 Schutzspannung in geeigneter Weise bereitstellt. Die Schutzspannung ist in der Regel abweichend von der Vorladespannung, sodass die Hilfsschaltung hinsichtlich der bereitzustellenden Spannung einstellbar ausgebildet ist. Die Hilfsschaltung realisiert also nicht nur eine bloße
25 Gleichrichterfunktionalität, um elektrische Energie aus dem Energieversorgungsnetz zu nutzen, sondern sie ist in der Lage, diese Energie in Form einer Gleichspannung, die in geeigneter Weise einstellbar ist, bereitzustellen. Beispielsweise kann hierfür ein einstellbarer elektrischer
30 Widerstand genutzt werden, mit dem die gewünschte Einstellung realisiert werden kann.

Darüber hinaus wird jedoch vorgeschlagen, dass die Hilfsschaltung eine Gleichrichterschaltung mit wenigstens
35 einem steuerbaren elektronischen Schaltelement aufweist. Das elektronische Schaltelement kann beispielsweise ein Thyristor oder auch ein Transistor sein, der im Schaltbetrieb betrieben wird. Vorzugsweise ist die Gleichrichterschaltung als

Vollbrückenschaltung ausgebildet. In der Vollbrückenschaltung sind besonders bevorzugt sämtliche elektronische Schaltelemente als Thyristoren oder Transistoren ausgebildet. Dadurch ist es möglich, die Zwischenkreisspannung am

5 Gleichspannungszwischenkreis mittels der Hilfsschaltung nahezu kontinuierlich einzustellen, sodass sowohl die Vorladespannung als auch die Schutzspannung unabhängig voneinander realisierbar sind. Die Hilfsschaltung kann ausgebildet sein, zu einem gegebenen Zeitpunkt entweder nur

10 die Schutzspannung oder nur die Vorladespannung bereitzustellen. Darüber hinaus besteht natürlich auch die Möglichkeit, dass die Hilfsschaltung die Vorladespannung und die Schutzspannung zumindest teilweise zeitgleich bereitstellt und bedarfsgerecht zwischen den

15 bereitzustellenden Spannungen umschaltet. Zu diesem Zweck kann eine entsprechende Umschalteinheit vorgesehen sein, die ebenfalls von der Steuereinheit steuerbar sein kann.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Steuereinheit

20 ausgebildet ist, zumindest die Hilfsschaltung in einem Vorladebetrieb und einem Schutzbetrieb zu steuern. Dadurch kann auf einfache Weise eine geeignete Steuerfunktionalität realisiert werden.

25 Es wird ferner vorgeschlagen, dass zumindest die Trenneinheit und der Wechselrichter für einen Betrieb an einer mehrphasigen Wechselspannung des Energieversorgungsnetzes ausgebildet sind.

30 Weiterhin wird vorgeschlagen, dass die Hilfsschaltung einen elektrischen Energiespeicher aufweist. Mit dem Energiespeicher ist es möglich, die Hilfsschaltung zumindest zeitweise unabhängig von der Verfügbarkeit von elektrischer Energie des Energieversorgungsnetzes zu betreiben. Dies ist

35 insbesondere von dann Vorteil, wenn das Energieversorgungsnetz instabil ist und während des bestimmungsgemäßen Elektrolysebetriebs Störungen, insbesondere Versorgungsausfälle, auftreten können. Wie

bereits erläutert, kann dies für die Elektrolysevorrichtung nachteilig sein. Durch den Energiespeicher ist es mittels der Hilfsschaltung möglich, insbesondere die Schutzspannung unabhängig von der Verfügbarkeit des Energieversorgungsnetzes bereitzustellen, sodass die Schutzspannung auch bei einem plötzlichen Energieausfall mittels der Hilfsschaltung in zuverlässiger Weise bereitgestellt werden kann. Dies erweist sich als besonders vorteilhaft, wenn die Bereitstellung von elektrischer Energie über das Energieversorgungsnetz plötzlich schwankt und ausfällt. Die Hilfsschaltung kann in diesem Fall nahezu unverzüglich die erforderliche Schutzspannung bereitstellen. Der elektrische Energiespeicher kann beispielsweise ein Akkumulator oder dergleichen sein. Der Energiespeicher kann jedoch auch einen elektromechanischen Generator, der beispielsweise mittels einer Verbrennungskraftmaschine angetrieben ist, eine Brennstoffzellenvorrichtung, oder dergleichen umfassen.

Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass die Vorladespannung und die Schutzspannung voneinander unterschiedlich sind. Die Vorladespannung und die Schutzspannung können somit im Wesentlichen unabhängig voneinander vorgegeben und bereitgestellt werden. Vorzugsweise bedarf es wenigstens eines geeigneten Steuersignals, welches vorzugsweise von der Steuereinheit bereitgestellt sein kann, und anhand welchen die Hilfsschaltung entweder die Vorladespannung oder die Schutzspannung bereitstellt. Natürlich kann auch vorgesehen sein, dass die Schutzspannung und die Vorladespannung durch die Hilfsschaltung selbst bestimmt sind, beispielsweise fest eingestellt sein können, und mittels der Steuereinheit lediglich ein Steuersignal bereitgestellt wird, welches der Hilfsschaltung vorgibt, die Vorladespannung oder die Schutzspannung bereitzustellen. Dem Grunde nach besteht natürlich auch die Möglichkeit, dass die Hilfsschaltung außerhalb der bestimmungsgemäßen Funktion der Bereitstellung der Vorladespannung und der Schutzspannung deaktiviert werden kann. Hierzu kann die Steuereinheit zum Beispiel ein

geeignetes Deaktivierungssignal für die Hilfsschaltung bereitstellen.

Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass die Steuereinheit ein
5 Aktivierungssignal zum Aktivieren des Elektrolysebetriebs empfängt und abhängig vom Empfangen des Aktivierungssignals zunächst die Hilfsschaltung zum Bereitstellen der Vorladespannung aktiviert und anschließend einen Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit vom ausgeschalteten
10 Schaltzustand in den eingeschalteten Schaltzustand auslöst. Das Aktivierungssignal kann von einer übergeordneten Steuerung der Elektrolyseanlage oder dergleichen kommen. Das Aktivierungssignal kann zum Beispiel durch einen Leitstand bereitgestellt sein. Die Steuereinheit wertet das
15 Aktivierungssignal aus und bestimmt vorzugsweise einen Einschaltzeitpunkt beziehungsweise einen Einschaltzeitraum für den Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit vom ausgeschalteten Schaltzustand in den eingeschalteten Schaltzustand. Abhängig von diesem Zeitpunkt beziehungsweise
20 Zeitraum wird die Hilfsschaltung vorzugsweise zeitlich vorher so angesteuert, dass die Hilfsschaltung die Vorladespannung bis zum vorgegeben Zeitpunkt beziehungsweise Zeitraum bereitzustellen vermag. Dadurch kann ein zuverlässiger Betrieb insbesondere beim Wechseln der Trenneinheit vom
25 ausgeschalteten Schaltzustand in den eingeschalteten Schaltzustand erreicht werden. Ist der Gleichspannungszwischenkreis nicht vollständig entladen, kann vorgesehen sein, dass dies mittels des Spannungssensors erfasst und für die Bestimmung der Aktivierung der
30 Hilfsschaltung berücksichtigt wird. Dadurch kann – abhängig vom Ladungszustand des Gleichspannungszwischenkreises – ein angepasster Zeitversatz zwischen dem Aktivieren der Hilfsschaltung zum Bereitstellen der Vorladespannung und dem Auslösen des Wechselns des Schaltzustands der Trenneinheit
35 erreicht werden.

Weiterhin wird vorgeschlagen, dass die Schutzspannung durch die Hilfsschaltung für einen vorgegebenen Zeitraum

bereitgestellt wird und das Bereitstellen im Anschluss an den vorgegeben Zeitraum beendet wird. Es kann vorgesehen sein, dass die Hilfsschaltung die Vorladespannung für den vorgegebenen Zeitraum bereitstellt. Nach Ablauf des vorgegebenen Zeitraums kann die Hilfsschaltung dann deaktiviert werden, um das Bereitstellen der vorgegebenen Vorladespannung zu beenden. Die Hilfsschaltung braucht deshalb während des bestimmungsgemäßen Elektrolysebetriebs nicht dauerhaft in Betrieb zu sein. Vielmehr kann sie beispielsweise bereits mit dem Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit deaktiviert werden. Die Deaktivierung kann auch kurz nach dem Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit erfolgen, um zum Beispiel eine gewisse zeitliche Redundanz zur Verfügung zu haben.

Die für das erfindungsgemäße Verfahren angegebenen Vorteile und Wirkungen gelten natürlich gleichermaßen auch für die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung und die erfindungsgemäße Elektrolyseanlage und umgekehrt. Insofern können Verfahrensmerkmale auch als Vorrichtungsmerkmale und umgekehrt formuliert sein.

Für Anwendungsfälle oder Anwendungssituationen, die sich bei dem Verfahren ergeben können und die hier nicht explizit beschrieben sind, kann vorgesehen sein, dass gemäß dem Verfahren eine Fehlermeldung und/oder eine Aufforderung zur Eingabe einer Nutzerrückmeldung ausgegeben und/oder eine Standardeinstellung und/oder ein vorbestimmter Initialzustand eingestellt wird.

Unabhängig vom grammatikalischen Geschlecht eines bestimmten Begriffes sind Personen mit männlicher, weiblicher oder anderer Geschlechteridentität mit umfasst.

Bei den im Folgenden erläuterten Ausführungsbeispielen handelt es sich um bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung. Die vorhergehend in der Beschreibung angegebenen Merkmale, Merkmalskombinationen sowie auch die in der

folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen

5 Kombinationen verwendbar. Es sind somit auch Ausführungen von der Erfindung umfasst beziehungsweise als offenbart anzusehen, die in den Figuren nicht explizit gezeigt und erläutert sind, jedoch durch separierte Merkmalskombinationen aus den erläuterten Ausführungsformen hervorgehen und
10 erzeugbar sind. Die anhand der Ausführungsbeispiele dargestellten Merkmale, Funktionen und/oder Wirkungen können für sich genommen jeweils einzelne, unabhängig voneinander zu betrachtende Merkmale, Funktionen und/oder Wirkungen der Erfindung darstellen, welche die Erfindung jeweils auch
15 unabhängig voneinander weiterbilden. Daher sollen die Ausführungsbeispiele auch andere Kombinationen als die in den erläuterten Ausführungsformen umfassen. Darüber hinaus können die beschriebenen Ausführungsformen auch durch weitere der bereits beschriebenen Merkmale, Funktionen und/oder Wirkungen
20 der Erfindung ergänzt sein.

In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Merkmale und Funktionen.

25 Es zeigen:

FIG 1 eine schematische Schaltbilddarstellung einer an einem Energieversorgungsnetz angeschlossenen Elektrolyseanlage zum Elektrolysieren von Wasser; und

30

FIG 2 eine schematische Schaltbilddarstellung einer an einem Energieversorgungsnetz angeschlossenen Elektrolyseanlage zum Elektrolysieren von Wasser, die eine Hilfsschaltung aufweist.

35

FIG 1 zeigt in einer schematischen Schaltbilddarstellung eine Elektrolyseanlage 10, die über eine erste Schaltungsanordnung 50 an ein Energieversorgungsnetz 14 angeschlossen ist,

welches eine dreiphasige Wechselspannung bereitstellt. Im vorliegenden Fall ist die dreiphasige Wechselspannung eine Spannung mit einem Effektivwert von etwa 900 V bei einer Frequenz von etwa 50 Hz. Die erste Schaltungsanordnung 50 dient dazu, die Elektrolysevorrichtung 12 in einem bestimmungsgemäßen Elektrolysebetrieb mit elektrischer Energie zu versorgen. Die Elektrolysevorrichtung 12 dient vorliegend der Elektrolyse von Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff und weist eine Vielzahl von nicht weiter dargestellten Elektrolysezellen auf, die zumindest teilweise in Reihe geschaltet sind.

Das Energieversorgungsnetz 14 stellt vorliegend die dreiphasige Wechselspannung bereit. Die Schaltungsanordnung 50 weist einen Energiequellenanschluss 18 auf, an dem das Energieversorgungsnetz 14, das heißt, die vorliegend drei Phasen des Energieversorgungsnetzes 14, angeschlossen sind. Darüber hinaus weist die Schaltungsanordnung 50 einen Elektrolysevorrichtungsanschluss 20 auf, an dem die Elektrolysevorrichtung 12 angeschlossen ist.

Ferner weist die Schaltungsanordnung 50 eine Trenneinheit 22 auf, die am Energiequellenanschluss 18 angeschlossen ist. Die Trenneinheit 22 weist darüber hinaus einen Wechselrichteranschluss 24 auf. Die Trenneinheit 22 ist ausgebildet, in einem eingeschalteten Schaltzustand eine elektrische Verbindung zwischen dem Energiequellenanschluss 18 und dem Wechselrichteranschluss 24 herzustellen und in einem ausgeschalteten Schaltzustand die elektrische Verbindung zwischen dem Energiequellenanschluss 18 und dem Wechselrichteranschluss 24 zu trennen. Der Energiequellenanschluss 18 und der Wechselrichteranschluss 24 sind vorliegend für einen Betrieb an der dreiphasigen Wechselspannung angepasst ausgebildet. Zu diesem Zweck weist die Trenneinheit 22 im Übrigen für jede der Phasen der Wechselspannung ein jeweiliges elektromechanisches Schaltelement in Form eines Schützes auf.

Die Schaltungsanordnung 50 weist ferner einen transistorbasierten Wechselrichter 28 auf, der einen Gleichspannungszwischenkreis 26 und einen mit dem Wechselrichteranschluss 24 elektrisch verbundenen Wechselspannungsanschluss 30 aufweist. Der Wechselrichter 28 ist vorliegend ebenfalls für einen Betrieb an einer dreiphasigen Wechselspannung ausgelegt. Der Wechselrichter 28 weist zum Zwecke der Energieumformungsfunktionalität hierfür drei jeweilige Halbbrückenschaltungen aus jeweiligen Transistoren 54 auf, die am Gleichspannungszwischenkreis 26 parallelgeschaltet angeschlossen sind. Zu jedem Transistor 54 ist eine jeweilige Inversdiode 56 parallelgeschaltet. Mittelabgriffe der jeweiligen Halbbrückenschaltungen sind über jeweilige Induktivitäten 52 an jeweilige Phasenanschlüsse des Wechselspannungsanschlusses 30 angeschlossen. In der vorliegenden Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Transistoren 54 durch MOSFET gebildet sein können. In alternativen Ausgestaltungen können hier natürlich auch andere Transistoren zum Einsatz kommen, beispielsweise bipolare Transistoren, Feldeffekttransistoren oder dergleichen.

Sowohl die Schaltelemente 58 der Trenneinheit 22 als auch die Transistoren 54 des Wechselrichters 28 können durch geeignete Steuersignale einer Steuereinheit 32 betrieben werden. Im vorliegenden Fall ist der Wechselrichter 28 als 2-Pegel-Wechselrichter ausgebildet und die Steuersignale für die Transistoren 54 der Steuereinheit 32 dienen der Realisierung einer jeweiligen Pulsweitenmodulation für einen jeweiligen der Phasen der Wechselspannung. Das Funktionsprinzip der Pulsweitenmodulation bei einem Wechselrichter ist dem Fachmann bekannt, weshalb von weiteren Ausführungen hierzu vorliegend abgesehen wird. Die Steuereinheit 32 ist Bestandteil der Elektrolyseanlage 10, vorzugsweise der Schaltungsanordnung 50.

Der Wechselrichter 28 wird vorliegend als Netzwechselrichter betrieben. Mittels des Wechselrichters 28 kann eine

Gleichrichterfunktionalität realisiert werden, um den Gleichspannungszwischenkreis 26 auf eine vorgegebene Gleichspannung für den bestimmungsgemäßen Elektrolysebetrieb aufzuladen. Zu diesem Zweck weist der

5 Gleichspannungszwischenkreis 26 einen elektrischen Kondensator 60 auf.

Während des bestimmungsgemäßen Elektrolysebetriebs ist die Trenneinheit 22 im eingeschalteten Schaltzustand, sodass der
10 Wechselrichter 28 als Netzwechselrichter mit den jeweiligen Phasen der Wechselspannung des Energieversorgungsnetzes 14 elektrisch verbunden ist. Durch geeigneten Betrieb der Transistoren 54 wird am Gleichspannungszwischenkreis 26 eine Zwischenkreisgleichspannung bereitgestellt, die in einem
15 eingeschalteten Schaltzustand einer Schalteinheit 62 auf die Elektrolysevorrichtung 12 gegeben wird. Über die Schalteinheit 62, die ebenfalls elektromechanische Schaltelemente oder elektronische Schaltelemente aufweisen kann, kann die Elektrolysevorrichtung 12 elektrisch von der
20 Schaltungsanordnung 50 getrennt werden. Die Schaltelemente der Schalteinheit 62 können dem Grunde nach wie bei der Trenneinheit 22 ausgebildet sein.

Soll die Elektrolysevorrichtung 12 über die
25 Schaltungsanordnung 50 mit elektrischer Energie versorgt werden und ist der Gleichspannungszwischenkreis 26 beziehungsweise dessen Kondensator 60 entladen, würde ein Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit 22 vom ausgeschalteten Schaltzustand in den eingeschalteten
30 Schaltzustand dazu führen, dass die Phasen der Wechselspannung über die Inversdioden 56 unmittelbar auf den Kondensator 60 einwirken und einen großen Stromfluss, beispielsweise nach Art eines Kurzschlusses, verursachen können. Dadurch können die Inversdioden 56 überlastet werden,
35 und es besteht die Gefahr der Zerstörung.

Um diesen Missstand zu beheben, weist die Elektrolyseanlage
10 eine Vorladeschaltung 46 auf, die einerseits an die

Energiequellenanschlüsse 18 und andererseits an den Gleichspannungszwischenkreis 26 angeschlossen ist. Die Vorladeschaltung 46 weist eine weitere Trenneinheit 40 auf, die vorliegend ebenfalls elektromechanische Schaltelemente nach Art eines Schützes aufweist. Die Trenneinheit 40 ist über elektrische Widerstände 42 für eine jeweilige der Phasen an eine Wechselspannungsseite eines dreiphasigen Brückengleichrichters 48 angeschlossen. Der dreiphasige Brückengleichrichter 48 weist Dioden 44 auf.

Gleichspannungsseitig ist der Brückengleichrichter 48 an den Gleichspannungszwischenkreis 26 angeschlossen. Vorliegend ist vorgesehen, dass die Vorladeschaltung 46 an alle drei Phasen der Wechselspannung angeschlossen ist. In alternativen Ausgestaltungen kann dagegen vorgesehen sein, dass die Vorladeschaltung 46 an wenigstens eine der drei Phasen der Wechselspannung angeschlossen ist.

Zur Inbetriebnahme des Wechselrichters 28 ist nunmehr vorgesehen, dass zunächst die Trenneinheit 40 mittels eines entsprechenden Vorladeeinschaltsignals der Steuereinheit 32 in den eingeschalteten Schaltzustand geschaltet wird, bevor die Trenneinheit 22 in den geschalteten Schaltzustand wechselt. Dadurch kann die Wechselspannung des Energieversorgungsnetzes 14 über die elektrischen Widerstände 42 und den Brückengleichrichter 48 den Gleichspannungszwischenkreis 26 auf eine Vorladespannung aufladen. Die Vorladespannung ist vorzugsweise so gewählt, dass ein Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit 22 in den eingeschalteten Schaltzustand den vorgenannten Nachteil beim Einschalten des Wechselrichters 28 vermeidet. Vorzugsweise ist die Vorladespannung im Wesentlichen entsprechend etwa einer Amplitude der Wechselspannung des Energieversorgungsnetzes 14 gewählt.

Sobald die Vorladespannung am Gleichspannungszwischenkreis 26 erreicht ist, kann mittels der Steuereinheit die Trenneinheit 22 entsprechend angesteuert werden, sodass diese in den eingeschalteten Schaltzustand wechselt und somit den

Wechselrichter 28 mit dem Energieversorgungsnetz 14 elektrisch koppelt.

Nachdem die Kopplung zwischen dem Energieversorgungsnetz 14
5 und dem Wechselrichter 28 hergestellt ist, kann die
Steuereinheit 32 die Vorladeschaltung 46 bei Bedarf
deaktivieren, indem die Trenneinheit 40 entsprechend mit
einem Vorladeabschaltsignal angesteuert wird, sodass die
Trenneinheit 40 in den ausgeschalteten Schaltzustand
10 wechselt.

Die Vorladeschaltung 46 ermöglicht es zwar, eine
Vorladefunktionalität für den Gleichspannungszwischenkreis 26
zu realisieren, jedoch eignet sich diese Schaltung nicht
15 dazu, auch eine Schutzspannung für die Elektrolysevorrichtung
12 bereitzustellen, um beispielsweise ein Anfahren des
bestimmungsgemäßen Elektrolysebetriebs beziehungsweise ein
Herunterfahren nach beenden des bestimmungsgemäßen
Elektrolysebetriebs der Elektrolysevorrichtung 12 zu
20 ermöglichen. Hierzu bedürfte es einer von der Vorladespannung
abweichenden Schutzspannung.

FIG 2 zeigt in einer weiteren schematischen
Schaltbilddarstellung wie FIG 1 eine schematische
25 Schaltbilddarstellung einer Elektrolyseanlage 10 mit einer
Schaltungsanordnung 16 anstelle der Schaltungsanordnung 50,
bei der eine Hilfsschaltung 34 anstelle der Vorladeschaltung
46 installiert ist und mit deren Hilfe es möglich ist, sowohl
die Vorladefunktionalität als auch die Schutzfunktionalität
30 realisieren zu können. Auch die Hilfsschaltung 34 ist
vorliegend hierzu an die Steuereinheit 32 angeschlossen, um
entsprechend gesteuert werden zu können. Die Hilfsschaltung
34 ist vorzugsweise Bestandteil der Schaltungsanordnung 16.

35 Die Ausgestaltung gemäß FIG 2 basiert auf der Ausgestaltung
gemäß FIG 1, weshalb im Folgenden lediglich die Unterschiede
zur Ausgestaltung gemäß FIG 1 erläutert werden.

Die Schaltungsanordnung 16 gemäß FIG 2 unterscheidet sich von der Schaltungsanordnung 50 gemäß FIG 1 dadurch, dass die Vorladeschaltung 46 durch die Hilfsschaltung 34 ersetzt ist. Darüber hinaus unterscheidet sich die Hilfsschaltung 34 von
5 der Vorladeschaltung 46 dadurch, dass die Widerstände 42 und der Brückengleichrichter 48 durch eine Gleichrichterschaltung 36 ersetzt ist, die im Wesentlichen ebenfalls einer Schaltungsstruktur einer dreiphasigen Brückenschaltung basiert, bei der jedoch die Dioden des Brückengleichrichters
10 48 durch Thyristoren 38 ersetzt sind. Die Thyristoren 38 werden durch geeignete Steuersignale der Steuereinheit 32 gesteuert.

Durch die Nutzung von Thyristoren und die Weglassung der
15 elektrischen Widerstände 42 ist es möglich, nicht nur die Vorladespannung mit der Hilfsschaltung 34 bereitzustellen, sondern darüber hinaus auch eine entsprechende Schutzspannung für eine Schutzfunktionalität der Elektrolysevorrichtung 12 außerhalb des bestimmungsgemäßen Elektrolysebetriebs zu
20 realisieren. Zu diesem Zweck können die Thyristoren 38 entsprechend angesteuert werden, sodass der Kondensator 60 des Gleichspannungszwischenkreises 26 sukzessive mit möglichst kleinen Spannungsdifferenzen zwischen jeweiligen Zündzeitpunkten anliegenden Spannungswerten und einer
25 aktuellen Zwischenkreisgleichspannung aufgeladen werden kann. Dadurch ist es möglich, die Vorladespannung am Gleichspannungszwischenkreis 26 auf einfache Weise zu erreichen. Durch die Nutzung der Thyristoren 38 ist es darüber hinaus möglich, den Aufladevorgang zu verkürzen und
30 so einen möglichst effizienten kurzen Aufladevorgang zu realisieren. Dies kann mit vergleichsweise geringem Hardware-Aufwand erreicht werden.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dass nach einem
35 Deaktivieren des Wechselrichters 28 und einem Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit 22 vom eingeschalteten Schaltzustand in den ausgeschalteten Schaltzustand mittels geeigneter Steuersignale für die Thyristoren 38 eine

geeignete Schutzspannung für die Elektrolysevorrichtung 12 bereitgestellt werden kann, sodass die eingangs erwähnten Probleme beim Herunterfahren der Elektrolyseanlage 10 nach Beenden des bestimmungsgemäßen Elektrolysevorgangs vermieden werden können.

Darüber hinaus kann mit der Hilfsschaltung 34 zum Beispiel auch ein Anfahren der Elektrolysevorrichtung 12 realisiert werden, in dem eine geeignete Schutzspannung bereitgestellt wird, bevor die Trenneinheit 22 vom ausgeschalteten Schaltzustand in den eingeschalteten Schaltzustand wechselt.

Hierzu kann vorgesehen sein, dass, sobald die Steuereinheit 32 einen Zeitpunkt für den Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit 22 vom ausgeschalteten Schaltzustand in den eingeschalteten Schaltzustand bestimmt hat, kurzzeitig vor diesem Zeitpunkt mittels der Hilfsschaltung 34 ein Vorladen des Gleichspannungszwischenkreises auf die Vorladespannung realisiert werden kann. Mit der Hilfsschaltung 34 kann dies zeitlich sehr schnell erfolgen, sodass negative Auswirkungen auf die Elektrolysevorrichtung 12 weitgehend vermieden werden können. Sobald die Vorladespannung erreicht ist, wird mittels eines geeigneten Einschaltsignals der Steuereinheit 32 der Schaltzustand der Trenneinheit 22 gewechselt, sodass der eingeschaltete Schaltzustand eingenommen wird. Durch

Aktivieren des Wechselrichters 28 kann dann die gewünschte Energieversorgungsfunktionalität für den bestimmungsgemäßen Elektrolysebetrieb aufgenommen werden, sodass der bestimmungsgemäße Elektrolysebetrieb durch die Elektrolysevorrichtung 12 realisiert werden kann.

Mittels der erfindungsgemäßen Hilfsschaltung 34 ist es somit möglich, eine Schutzspannung nicht nur nach einem Beenden des bestimmungsgemäßen Elektrolysebetriebs bereitzustellen, sondern dies auch bereits für ein Anfahren der Elektrolysevorrichtung 12 zur Aufnahme des bestimmungsgemäßen Elektrolysebetriebs zu realisieren. Dabei kann dies mit einem begrenzten Aufwand kostengünstig realisiert werden.

Die Ausführungsbeispiele dienen ausschließlich der Erläuterung der Erfindung und sollen diese nicht beschränken.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung (16) zum elektrischen Koppeln einer Elektrolysevorrichtung (12) mit einem eine Wechselspannung nutzenden Energieversorgungsnetz (14), um die Elektrolysevorrichtung (12) in einem bestimmungsgemäßen Elektrolysebetrieb mit elektrischer Energie zu versorgen, mit
- einem Energiequellenanschluss (18) zum elektrischen Anschließen an das Energieversorgungsnetz (14),
 - 10 - einem Elektrolysevorrichtungsanschluss (20) zum Anschließen an die Elektrolysevorrichtung (12),
 - einer mit dem Energiequellenanschluss (18) elektrisch gekoppelten Trenneinheit (22), die wenigstens einen Wechselrichteranschluss (24) aufweist, wobei die Trenneinheit
 - 15 (22) ausgebildet ist, in einem eingeschalteten Schaltzustand eine elektrische Verbindung zwischen dem Energiequellenanschluss (18) und dem wenigstens einen Wechselrichteranschluss (24) herzustellen und in einem ausgeschalteten Schaltzustand die elektrische Verbindung
 - 20 zwischen dem Energiequellenanschluss (18) und dem wenigstens einen Wechselrichteranschluss (24) zu trennen,
 - einem einen Gleichspannungszwischenkreis (26) aufweisenden Wechselrichter (28), wobei der Wechselrichter (28) wenigstens einen mit dem wenigstens einen Wechselrichteranschluss (24)
 - 25 elektrisch gekoppelten Wechselspannungsanschluss (30) aufweist,
 - einer Steuereinheit (32) zumindest zum Steuern des Wechselrichters (28) und der Trenneinheit (22), wobei die Steuereinheit ausgebildet ist, die Trenneinheit (22) und den
 - 30 Wechselrichter (28) zu steuern,
 - und
 - einer mit dem Energiequellenanschluss (18) und dem Gleichspannungszwischenkreis (26) elektrisch gekoppelten Hilfsschaltung (34), die ausgebildet ist, zumindest den
 - 35 Gleichspannungszwischenkreis (26) zeitlich vor einem Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit (22) vom ausgeschalteten Schaltzustand in den eingeschalteten Schaltzustand auf eine

vorgebbare elektrische Gleichspannung als Vorladespannung aufzuladen,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Hilfsschaltung (34) ausgebildet ist, den

- 5 Gleichspannungszwischenkreis (26) im Anschluss an einen Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit (22) vom eingeschalteten Schaltzustand in den ausgeschalteten Schaltzustand mit einer vorgegebenen, geeigneten Schutzspannung zu beaufschlagen.

10

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch

gekennzeichnet, dass die Hilfsschaltung (34) eine

Gleichrichterschaltung (36) mit wenigstens einem steuerbaren elektronischen Schaltelement (38) aufweist.

15

3. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit

(32) ausgebildet ist, zumindest die Hilfsschaltung (34) in einem Vorladebetrieb und einem Schutzbetrieb zu steuern.

20

4. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die

Trenneinheit (22) und der Wechselrichter (28) für einen

Betrieb an einer mehrphasigen Wechselspannung des

- 25 Energieversorgungsnetzes (14) ausgebildet sind.

5. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Hilfsschaltung

(34) einen elektrischen Energiespeicher aufweist.

30

6. Elektrolyseanlage (10) mit einer Elektrolysevorrichtung

(12) und einer Schaltungsanordnung (16) zum elektrischen

Koppeln der Elektrolysevorrichtung (12) mit einem eine

Wechselspannung nutzenden Energieversorgungsnetz (14), um die

- 35 Elektrolysevorrichtung (12) in einem bestimmungsgemäßen

Elektrolysebetrieb mit elektrischer Energie zu versorgen,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Schaltungsanordnung (16) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.

7. Verfahren zum elektrischen Koppeln einer

- 5 Elektrolysevorrichtung (12) mit einem eine Wechselspannung nutzenden Energieversorgungsnetz (14) mittels einer Schaltungsanordnung (16), um die Elektrolysevorrichtung (12) in einem bestimmungsgemäßen Elektrolysebetrieb mit elektrischer Energie zu versorgen, wobei
- 10 - eine Trenneinheit (22) der Schaltungsanordnung (16) in einem eingeschalteten Schaltzustand eine elektrische Verbindung zwischen dem Energieversorgungsnetz (14) und einem Wechselrichter (28) der Schaltungsanordnung (16) herstellt und in einem ausgeschalteten Schaltzustand die elektrische
- 15 Verbindung zwischen dem Energieversorgungsnetz (14) und dem Wechselrichter (28) trennt, wobei ein Gleichspannungszwischenkreis (26) des Wechselrichters (28) mit der Elektrolysevorrichtung (12) elektrisch gekoppelt ist,
- 20 - eine Steuereinheit (32) zumindest die Trenneinheit (22) und den Wechselrichter (28) steuert, und
- eine mit dem Energieversorgungsnetz (14) und dem Gleichspannungszwischenkreis (26) elektrisch gekoppelte Hilfsschaltung (34) zumindest den
- 25 Gleichspannungszwischenkreis (12) zeitlich vor einem Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit (22) vom ausgeschalteten Schaltzustand in den eingeschalteten Schaltzustand auf eine vorgegebene elektrische Gleichspannung als Vorladespannung auflädt,
- dadurch gekennzeichnet, dass
- 30 die Hilfsschaltung (34) den Gleichspannungszwischenkreis (26) im Anschluss an einen Wechsel des Schaltzustands der Trenneinheit (22) vom eingeschalteten Schaltzustand in den ausgeschalteten Schaltzustand mit einer vorgegebenen, geeigneten Schutzspannung beaufschlagt.

35

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorladespannung und die Schutzspannung voneinander unterschiedlich sind.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinheit (32) ein Aktivierungssignal zum
Aktivieren des Elektrolysebetriebs empfängt und abhängig vom
5 Empfangen des Aktivierungssignals zunächst die Hilfsschaltung
(34) zum Bereitstellen der Vorladespannung aktiviert und
anschließend einen Wechsel des Schaltzustands der
Trenneinheit (22) vom ausgeschalteten Schaltzustand in den
eingeschalteten Schaltzustand auslöst.

10

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch
gekennzeichnet, dass die Schutzspannung durch die
Hilfsschaltung (34) für einen vorgegebenen Zeitraum
bereitgestellt wird und das Bereitstellen im Anschluss an den
15 vorgegebenen Zeitraum beendet wird.

FIG 1

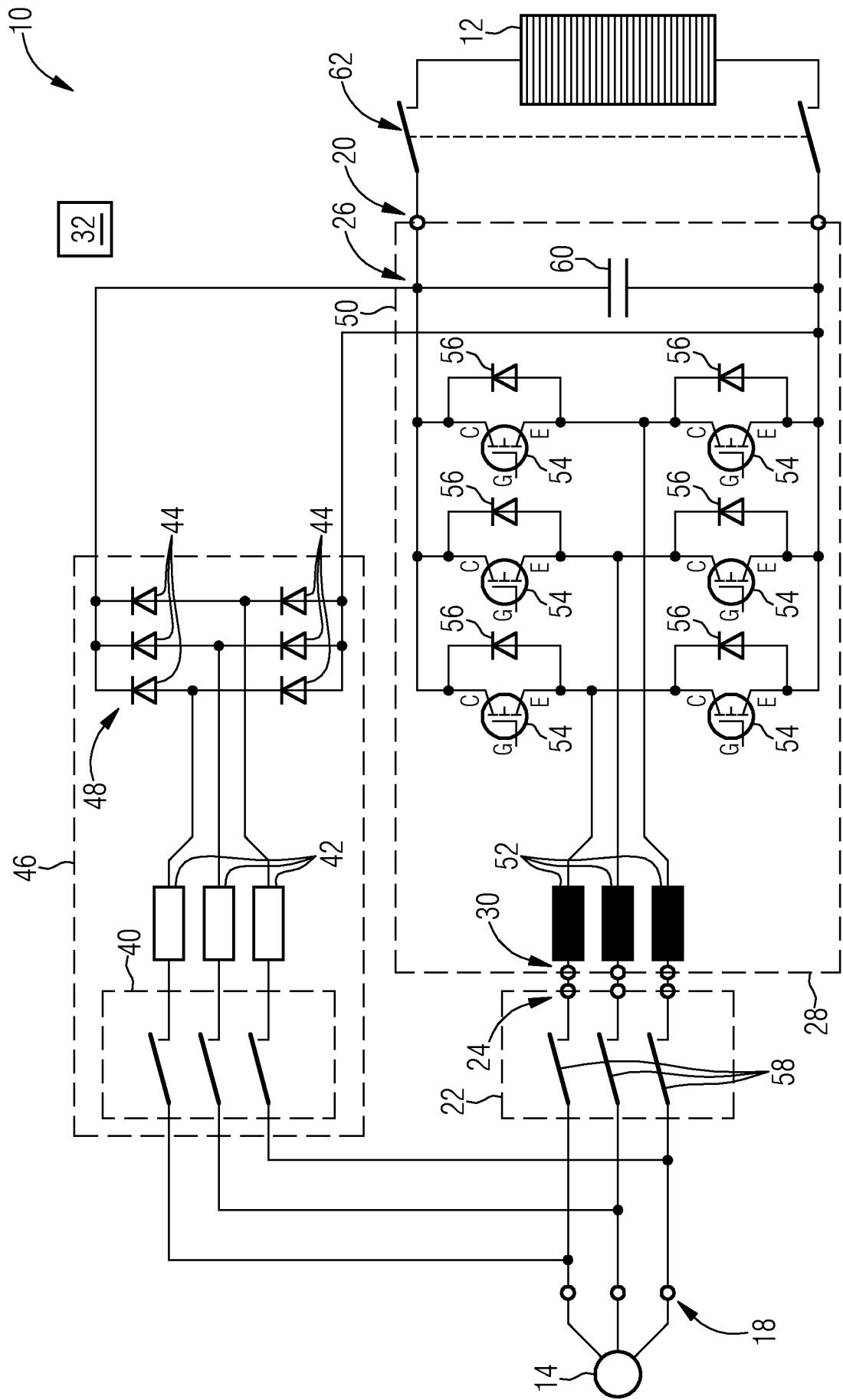
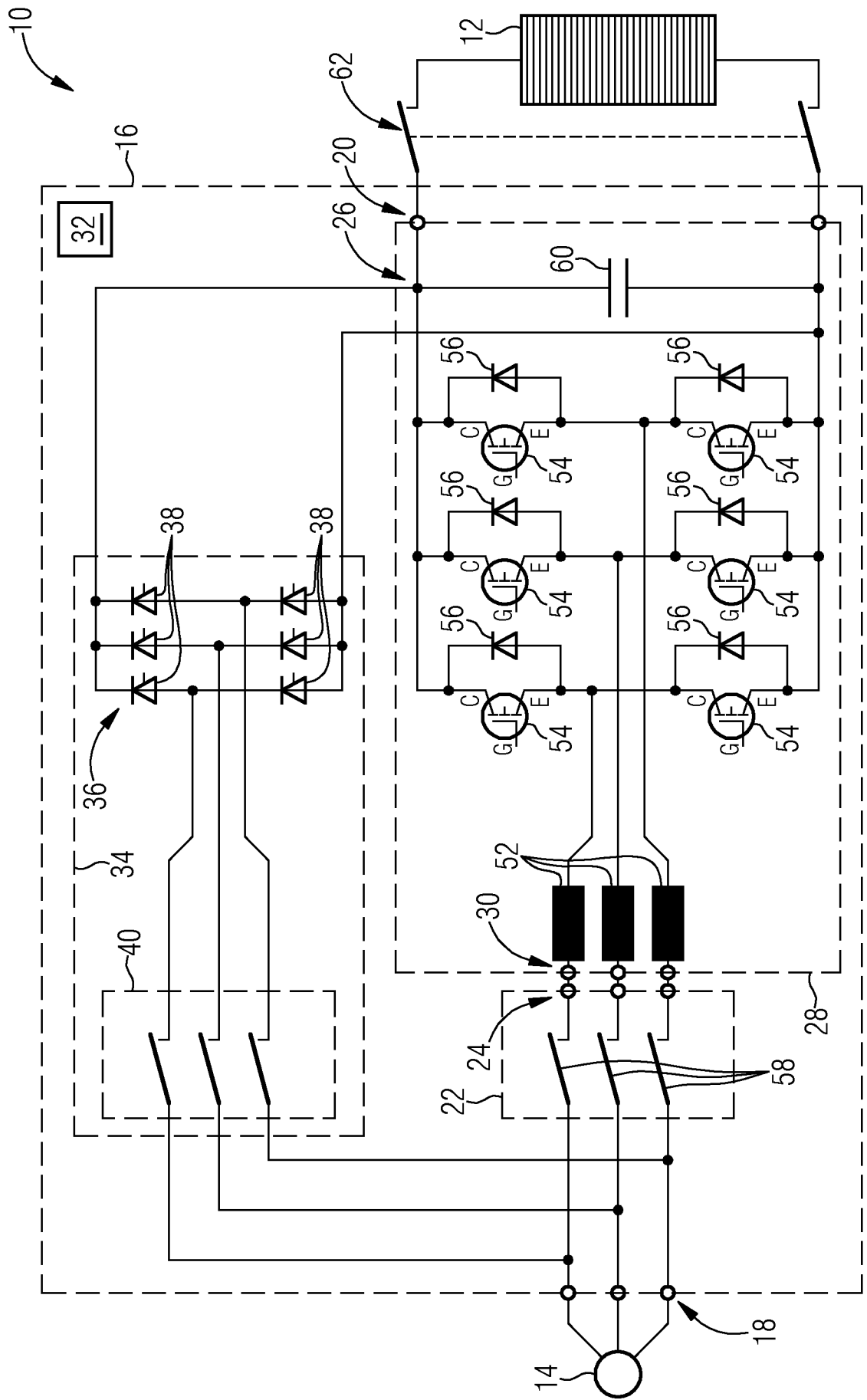


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/080364

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H02M 1/36 (2007.01)i; H02M 7/12 (2006.01)i; H02M 7/162 (2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02M Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2023057683 A1 (NEOVOLT OY [FI]) 13 April 2023 (2023-04-13) figure 1 page 2, line 23 - page 3, line 2 page 7, line 13 - page 8, line 26 page 11, line 22 - page 13, line 7	1-10
A	CN 217789379 U (BYD CO LTD) 11 November 2022 (2022-11-11) machine translation; paragraph [0041]	1-10
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 17 January 2025		Date of mailing of the international search report 31 January 2025
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Kail, Maximilian Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/080364

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2023057683	A1	13 April 2023	AU	2022360746	A1	18 April 2024
				CA	3233817	A1	13 April 2023
				EP	4413178	A1	14 August 2024
				FI	20216033	A1	07 April 2023
				JP	2024533855	A	12 September 2024
				KR	20240087793	A	19 June 2024
				US	2024401218	A1	05 December 2024
				WO	2023057683	A1	13 April 2023
CN	217789379	U	11 November 2022	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02M1/36 H02M7/12 H02M7/162 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H02M		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2023/057683 A1 (NEOVOLT OY [FI]) 13. April 2023 (2023-04-13) Abbildung 1 Seite 2, Zeile 23 - Seite 3, Zeile 2 Seite 7, Zeile 13 - Seite 8, Zeile 26 Seite 11, Zeile 22 - Seite 13, Zeile 7 -----	1 - 10
A	CN 217 789 379 U (BYD CO LTD) 11. November 2022 (2022-11-11) Maschinenübersetzung; Absatz [0041] -----	1 - 10
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 17. Januar 2025		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 31/01/2025
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Kail, Maximilian

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/080364

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2023057683 A1	13-04-2023	AU 2022360746 A1	18-04-2024
		CA 3233817 A1	13-04-2023
		EP 4413178 A1	14-08-2024
		FI 20216033 A1	07-04-2023
		JP 2024533855 A	12-09-2024
		KR 20240087793 A	19-06-2024
		US 2024401218 A1	05-12-2024
		WO 2023057683 A1	13-04-2023

CN 217789379 U	11-11-2022	KEINE	
