

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. April 2019 (25.04.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/076810 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B60L 9/30 (2006.01) B60L 50/53 (2019.01)
B60L 53/22 (2019.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/078071

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. Oktober 2018 (15.10.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 218 455.8
16. Oktober 2017 (16.10.2017) DE

(71) Anmelder: SIEMENS MOBILITY GMBH [DE/DE]; Otto-Hahn-Ring 6, 81739 München (DE).

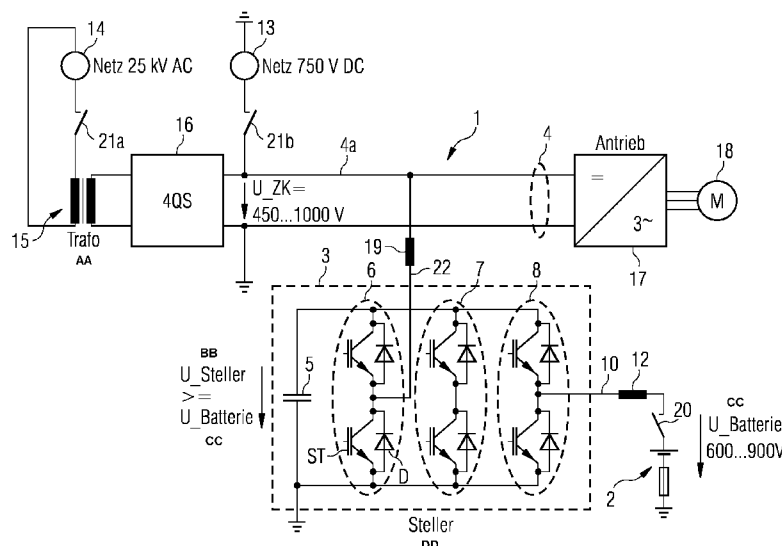
(72) Erfinder: FISCHPERER, Rolf; Ermreuther Str. 10c, 91338 Igensdorf (DE). HASSLER, Stefan; Neuzirkendorf 30, 91281 Kirchenthumbach (DE). WIRTH, Heiko; An der Lauter 1, 96231 Bad Staffelstein (DE).

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

(54) Title: ENERGY ACCUMULATOR ARRANGEMENT AND METHOD FOR OPERATING AN ENERGY ACCUMULATOR ARRANGEMENT OF THIS TYPE

(54) Bezeichnung: ENERGIESPEICHERANORDNUNG UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER SOLCHEN ENERGIESPEICHERANORDNUNG

FIG 2



(57) Abstract: The invention relates to an energy accumulator arrangement (1) comprising an energy accumulator (2), a regulator (3) and an intermediate circuit (4) of an energy supply (13, 14). The energy accumulator (2) can be connected to the intermediate circuit (4) by means of the regulator (3). The regulator (3) has a back-up capacitor (5) and one or more controllable regulator path(s) (6, 7, 8) which is/are connected in parallel with the back-up capacitor (5). A tap from a regulator phase (9, 10, 22) is positioned in each case on each regulator path (6, 7, 8). The energy accumulator (2) is connected to at least one first regulator phase (10) and the intermediate circuit (4) is connected to a second regulator phase (22), which is different from the first regulator phase.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Energiespeicheranordnung (1) mit einem Energiespeicher (2), einem Steller (3) und einem Zwischenkreis (4) einer Energieversorgung (13, 14). Der Energiespeicher (2) ist über den Steller (3) an den Zwischenkreis (4) anschließbar. Der Steller (3) weist eine Stützkapazität (5) und eine oder mehrere, parallel zur Stützkapazität (5) geschaltete, steuerbare Steller-Pfade (6, 7, 8) auf. An jedem Steller-Pfad (6, 7, 8) ist jeweils ein Abgriff einer Steller-Phase (9, 10, 22) eingerichtet. Der Energiespeicher (2) ist mit wenigstens einer ersten Steller-Phase (10) verschaltet und der Zwischenkreis (4) ist mit einer zweiten Steller-Phase (22) verschaltet ist, die sich von der ersten Steller-Phase (10) unterscheidet.

Beschreibung

Energiespeicheranordnung und Verfahren zum Betreiben einer solchen Energiespeicheranordnung

Die Erfindung betrifft eine Energiespeicheranordnung mit einem Energiespeicher, einem Steller und einem Zwischenkreis einer Energieversorgung, wobei der Energiespeicher über den Steller an den Zwischenkreis anschließbar ist, wobei der Steller eine Stützkapazität und eine oder mehrere, parallel zur Stützkapazität geschaltete, steuerbare Steller-Pfade aufweist, und wobei an jedem Steller-Pfad jeweils ein Abgriff einer Steller-Phase eingerichtet ist. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Energiespeicheranordnung.

Ein elektrisch antreibbares Fahrzeug, wie z.B. ein Zug, eine Straßenbahn oder ein Bus, ist permanent oder zeitweise mit einer Energieversorgung, wie einem Energieversorgungsnetz, verbunden. Das Fahrzeug kann ferner über einen mobilen Energiespeicher verfügen, der aus dem Energieversorgungsnetz aufladbar ist und der elektrische Energie zwischenspeichert. Diese gespeicherte Energie kann wiederum zum Antreiben des Fahrzeugs (Traktion) verwendet werden kann. In diesem Falle bildet der Energiespeicher eine sogenannte Traktionsbatterie.

Oftmals besteht die Anforderung, dass ein derartiges Fahrzeug als sogenanntes Mehrsystemfahrzeug, d.h. für Betrieb an unterschiedlichen Energieversorgungen ausgelegt wird. Hier kommen zum Beispiel wahlweise ein 25 kV AC Netz und ein 750 V DC Netz in Betracht. Für den Betrieb im 25 kV AC Netz kann vorgesehen sein, den Energiespeicher über einen DC-/DC-Steller zu betreiben. Dieser wird an den fahrzeuginternen Zwischenkreis angeschlossen, welcher von einer Gleichrichter-Einrichtung (z.B. Vierquadrantensteller, 4QS) gespeist wird.

Im Falle des Betriebs im 750 V DC Netz ist das Laden des Energiespeichers nicht ohne zusätzlichen Aufwand möglich. Das 750 V DC Netz weist grundsätzlich eine große Spannungsvariation auf. Ein direktes Anbinden des Energiespeichers an den Zwischenkreis ist somit quasi unmöglich. Bei diesem Betrieb muss somit ein Steller eingesetzt werden, um die DC-Spannungsebene des Fahrzeugs (750 V DC Netz) auf das Spannungsniveau des Energiespeichers zu stellen.

Aus Gründen des Energieinhaltes und der Strombelastung ist es auch vorteilhaft, wenn die Spannung am Energiespeicher über der üblichen Netzspannung liegt. Damit lässt sich jedoch ein kombinierter Betrieb am 25 kV AC Netz und am 750 V DC Netz nicht ohne weiteres lösen.

Der Einsatz eines Stellers, insbesondere für den Betrieb am 750 V DC Netz, hat zudem den Nachteil, dass die Spannung am Energiespeicher bei Tiefstellen unterhalb der kleinsten Netzspannung bzw. Spannung am Zwischenkreis sein muss und bei Hochstellen oberhalb der größten Netzspannung bzw. Spannung am Zwischenkreis sein muss, damit eine Anbindung des Energiespeichers zuverlässig ermöglicht ist. Es gibt auch Lösungen mit mehreren Hoch- bzw. Tiefsetzstellern, die die Spannung am Energiespeicher je nach Anforderung hoch bzw. tiefstellen. Allerdings erfordern diese Lösungen einen vergleichsweise hohen Hardwareaufwand, sind kostenintensiv bzw. benötigen großen Bauraum.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Energiespeicheranordnung flexibel in Netzen beliebiger bzw. variabler Spannungen bei möglichst geringem zusätzlichem Hardwareaufwand zu betreiben.

Diese Aufgabe wird in einem ersten Aspekt durch eine Energiespeicheranordnung gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Weiterbildungen sind in den zugehörigen Unteransprüchen offenbart.

Die Energiespeicheranordnung hat einen Energiespeicher, einen Steller und einem Zwischenkreis einer Energieversorgung. Der Energiespeicher ist über den Steller an den Zwischenkreis anschließbar, wobei der Steller eine Stützkapazität und eine oder mehrere, parallel zur Stützkapazität geschaltete, steuerbare Steller-Pfade aufweist. An jedem Steller-Pfad ist jeweils ein Abgriff einer Steller-Phase eingerichtet. Der Energiespeicher ist mit wenigstens einer ersten Steller-Phase verschaltet. Der Zwischenkreis ist mit einer zweiten Steller-Phase verschaltet, die sich von der ersten Steller-Phase unterscheidet.

Bei einer solchen Energiespeicheranordnung erfolgt ein Anschluss des Zwischenkreises an eine Steller-Phase anstatt einer Eingangsseite des Stellers, d.h. anstelle einer Schaltung parallel zur Stützkapazität (z.B. Stützkondensator) des Stellers. Auf diese Weise kann die Spannung an der Stützkapazität des Stellers von einer Spannung am Zwischenkreis entkoppelt werden. Das bedeutet, dass die Spannung an der Stützkapazität nicht mehr zwangsläufig der Spannung am Zwischenkreis entspricht, sondern andere Werte annehmen kann. Die Stützkapazität des Stellers kann z.B. mittels der zweiten Steller-Phase, an der der Zwischenkreis angebunden ist, auf eine Spannung hochgestellt werden, die oberhalb der Spannung am Zwischenkreis liegt. Die Spannung der Stützkapazität des Stellers kann vorteilhaft auch oberhalb einer Spannung am Energiespeicher liegen. So kann der Energiespeicher auf eine vergleichsweise hohe Spannung geladen werden, die oberhalb der niedrigsten Spannung am Zwischenkreis liegt und dennoch auf einfache

Weise verhindert werden, dass sich der Energiespeicher ungewollt in den Zwischenkreis entladen kann.

Die hier beschriebene Energiespeicheranordnung ermöglicht zudem eine Regelung der Spannung an der Stützkapazität des Stellers je nach Erfordernis des Energiespeichers unabhängig vom Verhalten des Zwischenkreises. Somit ist die Energiespeicheranordnung unabhängig und entkoppelt von einer Spannungsvariation des Zwischenkreises betreibbar. Ferner ist die Spannung am Energiespeicher flexibel einstellbar. Die Spannung am Energiespeicher kann insbesondere in einem Wertebereich oberhalb der kleinsten Spannung am Zwischenkreis und unterhalb der höchsten Spannung am Zwischenkreis flexibel eingestellt werden. Dies ermöglicht das Einrichten eines Energiespeichers mit hoher Spannung bzw. Ladung (hohem Energieinhalt) und gleichzeitig kleiner Strombelastung.

Auf diese Weise ermöglicht die Energiespeicheranordnung eine flexible Anpassung/Regelung der Spannung an der Stützkapazität des Stellers je nach Erfordernis der einzustellenden Spannung am Energiespeicher zum Laden/Entladen des Energiespeichers, wobei lediglich ein Steller mit zumindest zwei Steller-Phasen erforderlich ist. Somit ist der Hardware-Aufwand dieser Lösung minimal. Dennoch kann die Energiespeicheranordnung flexibel in Netzen beliebiger bzw. variabler Spannungen betrieben werden. Eine Anwendungsmöglichkeit ist z.B. der Einsatz in einem Mehrsystemfahrzeug, das für den Betrieb an unterschiedlichen Energieversorgungen, z.B. an einem 25 kV AC Netz mit >750 V Zwischenkreisspannung und an einem 750 V DC Netz, ausgelegt ist.

In diversen Ausführungsformen der Energiespeicheranordnung ist dem Energiespeicher und der ersten Steller-Phase eine erste Steller-Drossel zwischengeschaltet, wobei dem Zwischenkreis und der zweiten Steller-Phase eine zweite Steller-Drossel zwi-

schengeschaltet ist. Die Steller-Drosseln dienen zur Realisierung einer Hoch-/Tiefsetzsteller-Funktion an den jeweiligen Steller-Phasen des Stellers. Die zweite Steller-Drossel kann z.B. über eine Drossel eines ohnehin erforderlichen Netzfilters realisiert werden, die zwischen dem Zwischenkreis und dem Steller eingerichtet ist. Auf diese Weise muss keine separate Steller-Drossel vorgesehen werden, was den Hardware-Aufwand weiter verringert.

In diversen Ausführungsformen der Energiespeicheranordnung ist der über die erste Steller-Phase mit dem Energiespeicher gekoppelte Steller-Pfad als Tiefsetzsteller-Einheit zwischen dem Steller und dem Energiespeicher steuerbar. Somit kann eine vergleichsweise höhere Spannung an der Stützkapazität des Stellers auf eine niedrigere Spannung am Energiespeicher tiefgestellt werden (z.B. zum Laden des Energiespeichers). Der über die erste Steller-Phase mit dem Energiespeicher gekoppelte Steller-Pfad kann auch in entgegengesetzter Energieflussrichtung als Hochsetzsteller-Einheit zwischen dem Energiespeicher und dem Steller gesteuert werden (z.B. zum Entladen des Energiespeichers bei einer niedrigeren Spannung am Energiespeicher im Vergleich zu einer höheren Spannung an der Stützkapazität des Stellers).

In diversen Ausführungsformen der Energiespeicheranordnung ist der über die zweite Steller-Phase mit dem Zwischenkreis gekoppelte Steller-Pfad als Hochsetzsteller-Einheit zwischen dem Zwischenkreis und dem Steller steuerbar (z.B. während eines Lade-Vorgangs des Energiespeichers). Somit kann die Stützkapazität des Stellers auf eine vergleichsweise höhere Spannung hochgestellt werden, die oberhalb der Spannung am Zwischenkreis liegt. Der über die zweite Steller-Phase mit dem Zwischenkreis gekoppelte Steller-Pfad kann auch in entgegengesetzter Energieflussrichtung als Tiefsetzsteller-Einheit zwi-

schen dem Steller und dem Zwischenkreis gesteuert werden (z.B. während eines Entlade-Vorgangs des Energiespeichers).

Durch eine kombinierte Implementierung des über die erste Steller-Phase mit dem Energiespeicher gekoppelten Steller-Pfads als Tiefsetzsteller-Einheit in Richtung Energiespeicher und des über die zweite Steller-Phase mit dem Zwischenkreis gekoppelten Steller-Pfads als Hochsetzsteller-Einheit in Richtung Stützkapazität kann eine Spannung an der Stützkapazität eingestellt werden, die je nach Anforderung (Laden/Entladen des Energiespeichers) gleich oder höher ist als eine Spannung am Zwischenkreis bzw. die gleich oder höher ist als eine Spannung am Energiespeicher. Somit kann die Spannung am Energiespeicher höher eingestellt werden als eine niedrigste Spannung am Zwischenkreis und niedriger eingestellt werden als eine höchste Spannung am Zwischenkreis. In diesem Wertebereich kann die Spannung am Energiespeicher je nach Ansteuern der Steller-Phasen flexibel eingestellt werden.

In diversen Ausführungsformen der Energiespeicheranordnung ist der Steller durch eine Gleichrichter-Einheit zum Gleichrichten einer Wechselspannung in eine Gleichspannung am Zwischenkreis realisiert. Ein separater Steller ist dann nicht erforderlich. Die Gleichrichter-Einheit ist z.B. ein Vierquadrantensteller (4QS) am Eingang des Zwischenkreises. Auf diese Weise können Schaltelemente (z.B. Leistungstransistoren) und Gleichrichterelemente (z.B. Dioden), die als Paare (Parallelschaltung) in diversen Schaltpfaden innerhalb der Gleichrichter-Einheit eingerichtet sind, auf einfache Weise als Steller-Einheiten des Stellers verwendet werden. Dies kann erfolgen, wenn die Gleichrichter-Einheit gerade nicht zum Gleichrichten einer Wechselspannung in eine Gleichspannung am Zwischenkreis eingesetzt wird. Insbesondere bei Einsatz eines 4QS entspricht die Topologie der Verschaltung der Schaltelemente und Gleichrich-

ter-Elemente der Topologie der einzelnen Steller-Pfade, sodass der 4QS sehr einfach als Steller der hier erläuterten Art und Funktion eingesetzt werden kann. Der 4QS wird beim Betrieb am 750 V DC Netz nicht benutzt. Somit kann der 4QS, ggf. unter Nutzung einer speziellen Software, für den Betrieb mit 750 V DC als Steller der hier erläuterten Art genutzt werden. Es kann z.B. eine Umschaltung einer Steuersoftware des 4QS für wahlweise den 4QS-Betrieb während eines Betriebes am 25 kV AC Netz und den Steller-Betrieb am 750 V DC Netz erfolgen. Auf diese Weise kann der Hardware-Aufwand für die Implementierung der hier erläuterten Energiespeicheranordnung drastisch reduziert werden, wenn der 4QS als Steller eingesetzt wird. Ein separater Steller ist dann nicht erforderlich.

In den Ausführungsformen, in denen die Gleichrichter-Einheit als Steller der hier erläuterten Art eingesetzt wird, kann der Hardware-Aufwand weiter reduziert werden, wenn der Gleichrichter-Einheit ein Transformator vorgeschaltet ist zum Transformieren einer primärseitigen Wechselspannung in eine sekundärseitige Wechselspannung. In diesem Fall kann eine Sekundärwicklung des Transformators als Steller-Drossel eingesetzt werden. Insbesondere bei Einsatz eines 4QS ist die Ausnutzung der Sekundärwicklung des Transformators als Steller-Drossel einfach realisierbar. Die Sekundärwicklung des Transformators ist mit ihren Anschlüssen am Brückenweig des 4QS verschaltet, so dass sich verschiedene Schaltpfade am 4QS einstellen lassen, um in Zusammenspiel mit der Sekundärwicklung des Transformators eine Hochsetzsteller-Funktionalität bzw. eine Tiefsetzsteller-Funktionalität zu realisieren.

In diversen Ausführungsformen weist die Energiespeicheranordnung einen Laderegler auf, der für eine Regelung eines Stromwerts des Energiespeichers auf einen Stromsollwert des Energiespeichers implementiert ist. Durch den Laderegler ist

ein Spannungssollwert, insbesondere ein Spannungssollwert an der Stützkapazität des Stellers, vorgebbar. Durch den Laderegler kann der Steller zum Laden/Entladen des Energiespeichers geregelt werden.

Der Steller verursacht bekanntermaßen durch die Schaltperioden der gesteuerten Schaltmittel einen periodisch an- und absteigenden Strom. D.h. der Lade-/Entladestrom des Energiespeichers enthält neben dem gewünschten DC-Anteil einen ungewünschten AC-Anteil, der den Energiespeicher belastet. Es ist weiterhin bekannt, dass der AC-Anteil vom Aussteuergrad des Stellers abhängt, d.h. von der Spannungsdifferenz zwischen dem Energiespeicher und dem Zwischenkreis. Durch eine geschickte Wahl und Regelung der Spannungen mittels des hier erläuterten Regelungskonzepts kann die Belastung des Stellers bzw. des Energiespeichers durch AC-Anteile des Lade-/Entladestroms minimiert werden.

In einer Implementierung des Regelungskonzepts kann z.B. der über die erste Steller-Phase mit dem Energiespeicher gekoppelte Steller-Pfad (d.h. steuerbare Schaltmittel im Steller-Pfad) mittels des Ladereglers gesteuert werden, um einen gewünschten Lade- oder Entladestrom am Energiespeicher einzustellen. Um den AC-Anteil im Lade-/Entladestrom zu minimieren, wird dabei die Spannung an der Stützkapazität des Stellers mittels des über die zweite Steller-Phase mit dem Zwischenkreis gekoppelten Steller-Pfads abweichend von den üblichen Nominalwerten auf eine Spannung eingestellt, welche nur geringfügig (z.B. 20%, vorzugsweise 10%, vorzugsweise 5%, vorzugsweise 2%) über der Spannung am Energiespeicher liegt. Die Regelung des Lade-/Entladestroms an der ersten Steller-Phase führt dann dazu, dass sehr hohe Aussteuergrade (z.B. größer 95 %) eingestellt werden müssen, was den AC-Stromanteil deutlich reduziert bzw. minimiert.

In einer alternativen Implementierung des Regelungskonzepts, quasi als Sonderfall (Grenzfall), wird das Regelprinzip invertiert. Das bedeutet, dass die Aussteuerung des über die erste Steller-Phase mit dem Energiespeicher gekoppelten Steller-Pfads fest auf 100% eingestellt wird. Damit fließt kein AC-Anteil mehr im Lade-/Entladestrom in bzw. aus dem Energiespeicher. Welligkeiten eines Stroms durch Schalten von Schaltmitteln innerhalb des über die zweite Steller-Phase mit dem Zwischenkreis gekoppelten Steller-Pfads werden mittels der Stützkapazität vom Energiespeicher entkoppelt bzw. geglättet. Letzterer kann somit sehr schonend betrieben werden. Damit sich bei dieser Regelung dennoch der gewünschte Lade-/Entladestrom einstellt, wird hier ein neuartiges Regelungskonzept für die zweite Steller-Phase beschrieben, die mit dem Zwischenkreis verbunden ist.

Der Laderegler (z.B. ein üblicher PI-Regler) misst die Abweichung zwischen Soll- und Iststrom am Energiespeicher und stellt demgemäß die Spannung an der Stützkapazität des Stellers durch Ansteuern von Schaltmitteln im Steller-Pfad der zweiten Steller-Phase (die mit dem Zwischenkreis gekoppelt ist) nach. Höhere Spannungen führen zu (größeren) Ladeströmen, kleinere Spannungen zu (größeren) Entladeströmen, jeweils ohne AC-Anteil des Lade-/Entladestroms. Optional erhält die Regelung die Batteriespannung als Vorsteuergröße.

Der Laderegler sollte sein Spannungssollwert-Signal so übersetzen, dass derjenige Steller-Pfad, an dem der Zwischenkreis angeschlossen ist, entsprechend angesteuert wird. Hierzu kann die Energiespeicheranordnung einen zusätzlichen Spannungsregler aufweisen, der für eine Regelung eines Spannungswerts an der Stützkapazität auf den vom Laderegler vorgegebenen Spannungssollwert an der Stützkapazität implementiert ist.

Durch den Spannungsregler kann ein Stromsollwert an der zweiten Steller-Phase vorgegeben werden. Weiter kann die Energiespeicheranordnung einen Stromregler aufweisen, der für eine Regelung eines Stromistwerts an der zweiten Steller-Phase auf den vom Spannungsregler vorgegebenen Stromsollwert an der zweiten Steller-Phase implementiert ist. Durch den Stromregler kann ein Steuersignal zum Steuern des über die zweite Steller-Phase mit dem Zwischenkreis gekoppelten Steller-Pfads vorgegeben werden.

In dieser Implementierung des Regelungskonzepts kann statt der Regelung des Steller-Pfades des Energiespeichers eine Vollaussteuerung des Steller-Pfades des Energiespeichers erfolgen. Eine Regelung des Lade-/Entladestroms erfolgt dabei nicht durch Regelung des Steller-Pfades des Energiespeichers, sondern über die Regelung der Spannung an der Stützkapazität mittels des Steller-Pfades des Zwischenkreises. Durch Einstellen der Spannung an der Stützkapazität kann ein bestimmter Lade-/Entladestrom eingestellt werden.

Durch die hier erläuterten Implementierungen eines Regelungskonzepts kann eine ungewünschte AC-Strombelastung des Energiespeichers minimal gehalten werden (wenn die Spannung am Stützkondensator etwas über die Spannung am Energiespeicher geregelt wird) bzw. ganz auf null abgesenkt werden (wenn die Spannung am Stützkondensator direkt auf die Spannung am Energiespeicher angeglichen wird).

Die obige Aufgabe wird in einem weiteren Aspekt durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 9 zum Betreiben einer Energiespeicheranordnung der oben erläuterten Art gelöst. Implementierungen sind in den zugehörigen Unteransprüchen offenbart. Bei diesem Verfahren ist der Energiespeicher über den Steller an den Zwischenkreis der Energieversorgung angeschlossen. Der

über die zweite Steller-Phase mit dem Zwischenkreis gekoppelte Steller-Pfad wird als Hochsetzsteller gesteuert, so dass an der Stützkapazität eine Spannung abfällt, die gleich oder größer als eine Spannung am Zwischenkreis ist. Der über die zweite Steller-Phase mit dem Zwischenkreis gekoppelte Steller-Pfad kann dabei derart gesteuert werden, dass an der Stützkapazität eine Spannung abfällt, die gleich oder größer als eine Spannung am Energiespeicher ist.

In diversen Implementierungen des Verfahrens wird der über die erste Steller-Phase mit dem Energiespeicher gekoppelte Steller-Pfad vollausgesteuert (Aussteuerung 100%).

Auch durch ein derartiges Verfahren werden die oben im Zusammenhang mit der Energiespeicheranordnung erläuterten Vorteile erzielt.

Die Erfindung wird anhand mehrerer Zeichnungen nachfolgend näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 eine Ausführungsform einer Energiespeicheranordnung nach dem Stand der Technik, die an unterschiedliche Energieversorgungen angeschlossen ist,

Figur 2 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Energiespeicheranordnung, die an unterschiedliche Energieversorgungen angeschlossen ist,

Figur 3 einen ersten Teil eines Regelungskonzept zur Regelung der Energiespeicheranordnung gemäß Figur 2,

Figur 4 einen zweiten Teil eines Regelungskonzept zur Regelung der Energiespeicheranordnung gemäß Figur 2,

Figur 5 einen dritten Teil eines Regelungskonzept zur Regelung der Energiespeicheranordnung gemäß Figur 2 und

Figur 6 einen vierten Teil eines Regelungskonzept zur Regelung der Energiespeicheranordnung gemäß Figur 2.

Figur 1 zeigt eine Ausführungsform einer Energiespeicheranordnung 1 nach dem Stand der Technik, die an unterschiedliche Energieversorgungen 13, 14 angeschlossen ist. Die Energiespeicheranordnung 1 weist einen Energiespeicher 2, einen Steller 3, und einen Zwischenkreis 4 auf. Der Zwischenkreis 4 kann sowohl aus einem DC-Netz 13 als auch aus einem AC-Netz 14 versorgt werden. Das DC-Netz 13 ist in dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ein 750 V DC Netz. Das AC-Netz 14 ist im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ein 25 kV AC Netz. Die Wechselspannung aus dem AC-Netz 14 kann über einen Transformator 15 transformiert und über eine Gleichrichter-Einheit 16 an einer Eingangsseite des Zwischenkreises 4 in eine Gleichspannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4 gewandelt werden. Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist die Gleichrichter-Einheit 16 ein Vierquadrantensteller (4QS). Im Falle einer Versorgung des Zwischenkreises 4 über das DC-Netz 13 kann Letzteres direkt mit dem Zwischenkreis 4 gekoppelt werden. Die beiden Netze 13 und 14 sind über Schutzschalter 21a, 21b entsprechend zu- oder abschaltbar. An einer Ausgangsseite des Zwischenkreises 4 ist eine Wechselrichter-Einheit 17 zum Wechselrichten der Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4 in eine Wechselspannung (hier Dreiphasen-Wechselspannung) eingerichtet. Über die Wechselspannung kann ein Motor 18 versorgt werden.

Der Steller 3 ist über eine Netzfilter-Drossel 19 mit dem Zwischenkreis 4 gekoppelt, genauer mit einer Anschlussleitung 4a des Zwischenkreises 4. Der Steller 3 umfasst eine Stützkapazität 5 an einer Eingangsseite des Stellers 3, wobei die Stützkapazität 5 in Serie zur Netzfilter-Drossel 19 geschaltet ist. Des Weiteren umfasst der Steller 3 insgesamt drei Steller-Pfade 6, 7 und 8. Die Steller-Pfade umfassen jeweils eine Serienschaltung zweier Paare, jeweils umfassend einen Schalter ST und eine Diode D. Das heißt, jeder Steller-Pfad hat ein oberes Paar und ein unteres Paar eines Schalters ST und einer Diode D. Ein jeder Schalter ST kann beispielsweise ein Leistungs-Halbleiter-Schalter sein. An den beiden Steller-Pfaden 7 und 8 zweigen jeweils eine Steller-Phase 9 und 10 ab. Über die Steller-Phasen 9 und 10 ist der Energiespeicher 2 an den Steller 3 angeschlossen. In die Steller-Phasen 9 und 10 sind jeweils eine Steller-Drossel 11 bzw. 12 geschaltet. Über Schutzschalter 20 ist der Energiespeicher 2 von den Steller-Phasen 9 bzw. 10 trennbar bzw. an diese anschließbar.

Durch die Verschaltung des Stellers 3 in der Energiespeicheranordnung 1 gemäß Figur 1 stellt sich an der Stützkapazität 5 eine Spannung U_{Steller} ein, die (im Wesentlichen) gleich der Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4 ist. Die beiden Steller-Phasen 9 und 10 fungieren vermittels der Steller-Drosseln 11 und 12 als Tiefsetzsteller zwischen dem Steller 3 und dem Energiespeicher 2. Auf diese Weise wird die Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4 (gepuffert über die Stützkapazität 5) in eine niedrigere Spannung U_{Batterie} am Energiespeicher 2 gestellt. Gemäß dem Ausführungsbeispiel in Figur 1 umfasst die Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4 Werte in einem Bereich von 450 V bis 1000 V, während die gestellte Spannung U_{Batterie} am Energiespeicher 2 Werte in einem Bereich von 300 V bis 450 V aufweist.

Die Anordnung gemäß Figur 1 findet beispielsweise Anwendung in einem elektrisch antreibbaren Fahrzeug, wie zum Beispiel einem Zug, einer Straßenbahn oder einem Bus. Das Fahrzeug ist dabei als Mehrsystemfahrzeug eingerichtet, das heißt für einen Betrieb an den verschiedenen Energieversorgungen 13 und 14. Der Energiespeicher 2 kann hierbei eine Traktionsbatterie darstellen. Diese dient zum Antrieb des Motors 18, falls das Fahrzeug ohne direkte Netzanbindung an eines der Netze 13 und 14 betrieben werden soll.

Der Steller 3 dient zum Laden bzw. Entladen des Energiespeichers 2 aus dem bzw. in den Zwischenkreis 4. Die Anordnung gemäß Figur 1 hat den Nachteil, dass der Energiespeicher 2 lediglich Spannungswerte annehmen kann, die entweder unterhalb der niedrigsten Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4 liegt (wie in Figur 1 dargestellt) oder oberhalb der höchsten Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4 liegt. Auf diese Weise ist die Anordnung gemäß Figur 1 unflexibel bei einem Betrieb in Netzen variabler Spannung, wie sie durch die Netze 13 bzw. 14 dargestellt sind. Insbesondere das Netz 13 unterliegt starken Spannungsvariationen.

Figur 2 zeigt eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Energiespeicheranordnung 1, die gegenüber der Anordnung aus Figur 1 diverse Vorteile aufweist. Sämtliche Komponenten aus Figur 2 entsprechen Komponenten aus Figur 1, soweit sie nicht anderweitig ausgeführt oder implementiert sind. An dieser Stelle bedarf es keiner redundanten Erläuterung der Komponenten.

Im Unterschied zur Konfiguration gemäß Figur 1 ist der Zwischenkreis 4 gemäß Figur 2, genauer gesagt die Anschlussleitung 4a des Zwischenkreises 4 auf andere Weise an den Steller 3 angeschlossen als in Figur 1. In Figur 2 ist die Anschluss-

leitung 4a über die Netzfilter-Drossel 19 direkt mit der Steller-Phase 22 des Steller-Pfades 6 verbunden (anstelle einer Serienschaltung mit der Stützkapazität 5 gemäß Figur 1). Gemäß Figur 2 bedeutet dies, dass zwischen einem Anschluss des Zwischenkreises 4 und der Stützkapazität 5 neben der Netzfilter-Drossel 19 noch ein Paar, umfassend einen Schalter ST und eine Diode D, des Steller-Pfades 6 verschaltet ist. Die Netzfilter-Drossel 19 arbeitet in dieser Konfiguration als Steller-Drossel der Steller-Phase 22. Auf diese Weise kann die Steller-Phase 22 als Hochsetzsteller arbeiten, so dass die Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4 auf eine Spannung $U_{Steller}$ an der Stützkapazität 5 hochgestellt wird, die gleich oder größer als die Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4 ist. Umgekehrt kann die Steller-Phase 22 als Tiefsetzsteller arbeiten, so dass die Spannung $U_{Steller}$ an der Stützkapazität 5 auf die Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4 tiefgestellt werden kann.

Gleichzeitig ist der Energiespeicher 2 über die Steller-Phase 10 des Steller-Pfades 8 und über die Steller-Drossel 12 an den Steller 3 angeschlossen. Auf diese Weise arbeitet die Steller-Phase 10 als Tiefsetzsteller zwischen dem Steller 3 und dem Energiespeicher 2 bzw. als Hochsetzsteller in umgekehrter Richtung zwischen dem Energiespeicher 2 und dem Steller 3. Durch die Konfiguration gemäß Figur 2 ist somit an der Stützkapazität 5 eine Spannung $U_{Steller}$ einstellbar, die gleich oder größer als eine Spannung $U_{Batterie}$ am Energiespeicher 2 ist.

Durch die Beschaltung des Zwischenkreises 4 am Steller 3, genauer gesagt an der Steller-Phase 22, kann die Spannung $U_{Steller}$ an der Stützkapazität 5 des Stellers 3 auf einen anderen Wert gestellt werden als die Spannung U_{ZK} des Zwischenkreises 4. Die Spannung $U_{Steller}$ ist damit variabel gleich oder höher als die Spannung U_{ZK} einstellbar. Durch Hochstel-

len der Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4 auf die Spannung $U_{Steller}$ an der Stützkapazität 5 wird dadurch eine Regelung der Spannung $U_{Batterie}$ des Energiespeichers 2 unabhängig von der Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4 ermöglicht. Auf diese Weise ist die Spannung $U_{Batterie}$ am Energiespeicher 2 flexibel in einem Wertebereich einstellbar, der größer ist als die niedrigste Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4 und der kleiner ist als die höchste Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4. In der Ausführungsform gemäß Figur 2 beträgt die Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4 beispielsweise 450 V bis 1000 V, während die Spannung $U_{Batterie}$ am Energiespeicher 2 600 V bis 900 V beträgt. Die Spannung $U_{Batterie}$ ist damit sehr flexibel und variabel, vor allen Dingen unabhängig von der Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4, einstellbar. Die Energiespeicheranordnung 1 kann dabei sehr vorteilhaft in verschiedenen Netzen 13 und 14 betrieben werden, trotz zum Teil starker Spannungsvariationen in diesen Netzen. Insbesondere kann die Spannung $U_{Batterie}$ am Energiespeicher 2 auf einen Wert über der üblichen Netzspannung des Netzes 13 festgesetzt werden, was aus Gründen des Energieinhaltes und der Strombelastung des Energiespeichers 2 vorteilhaft ist. Weiterhin realisiert die Anordnung gemäß Figur 2 eine sehr flexible Einstellung der Spannung am Energiespeicher 2 mit sehr geringem Hardwareaufwand.

Durch Steuern der jeweiligen Schaltelemente ST und Dioden D der jeweiligen beteiligten Steller-Pfade 6 und 8 können die Steller-Phasen 22 und 10 entsprechend als Hochsetzsteller bzw. Tiefsetzsteller betrieben werden (entsprechend vorstehenden Erläuterungen), um die Spannungen $U_{Steller}$ bzw. $U_{Batterie}$ einzustellen und zu regeln. Durch Einstellen der Spannung $U_{Steller}$ an der Stützkapazität 5 größer als die Spannung $U_{Batterie}$ am Energiespeicher 2 kann z.B. verhindert werden, dass sich der Energiespeicher 2 ungewollt in den Zwischenkreis 4 entlädt. Dennoch kann die Spannung am Energiespeicher 2 hö-

her gewählt werden als der niedrigste Wert der Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4.

Zum Regeln eines Lade-/Entladestromes am Energiespeicher 2 kann gemäß einem Regelungskonzept die Spannung $U_{Steller}$ an der Stützkapazität 5 etwas oberhalb der Spannung $U_{Batterie}$ am Energiespeicher 2 eingestellt werden, beispielsweise 20%, 10%, 5% oder 2% oberhalb der Spannung $U_{Batterie}$). Diese Einstellung erfolgt durch Steuern des Steller-Pfades 6 zum Stellen der Spannungen $U_{Steller}$ und U_{ZK} . Anschließend erfolgt eine Regelung des Lade-/Entladestromes am Energiespeicher 2 durch Steuern des Steller-Pfades 8, mit dem der Energiespeicher 2 über die Steller-Drossel 12 verbunden ist (kontrolliertes/geregeltes Hochsetzen der Spannung $U_{Batterie}$ auf die Spannung $U_{Steller}$). Dadurch, dass die Spannung $U_{Steller}$ an der Stützkapazität 5 nur leicht oberhalb der Spannung $U_{Batterie}$ gestellt ist (vergleichsweise geringe Spannungsdivergenz), muss ein sehr hoher Aussteuergrad (z.B. größer 95 %) eingestellt werden, was den AC-Stromanteil des Lade-/Entladestromes am Energiespeicher 2 deutlich reduziert bzw. minimiert. Auf diese Weise wird eine Belastung des Energiespeichers 2 durch Stromschwankungen (Welligkeiten) reduziert und der Energiespeicher 2 geschont.

Unter Heranziehen der Figuren 3 bis 6 wird nachfolgend ein weiteres Regelungskonzept zur Regelung der Anordnung gemäß Figur 2 erläutert.

Gemäß Figur 3 erfolgt zunächst eine Abfrage, ob ein Laden des Energiespeichers 2 gewünscht ist und die Spannung U_{ZK} des Zwischenkreises 4 in dem gültigen Bereich liegt. Ist dies nicht der Fall, wird die Steller-Phase 10 zu 0 % angesteuert, das heißt es erfolgt kein Laden bzw. Entladen des Energiespeichers 2, weil keine Stellung der Spannung erfolgt. Sind jedoch

die Anforderungen gemäß Figur 3 gegeben, so wird die Steller-Phase 10 zu 100 % angesteuert (Vollauststeuerung). Das bedeutet, dass die Spannung U_{Batterie} des Energiespeichers 2 auf die Spannung U_{Steller} an der Stützkapazität 5 eingestellt bzw. angeglichen wird. Durch Regelung der Spannung U_{Steller} an der Stützkapazität 5 mittels einer Regelung des Steller-Pfades 6 (Steuern der Schalter ST des Steller-Pfades 6 als Hochsetzsteller bzw. Tiefsetzsteller) kann ein gewünschter Strom zum Laden bzw. Entladen des Energiespeichers 2 geregelt werden. Die Steller-Phase 10 bleibt dabei zu 100 % vollausgesteuert.

Hierzu regelt ein Laderegler 23 gemäß Figur 4 einen Ladestromistwert (bzw. Entladestromistwert) auf einen Ladestromsollwert (bzw. Entladestromsollwert) und gibt dabei einen Spannungssollwert unter Berücksichtigung der Batteriespannung U_{Batterie} am Energiespeicher 2 vor. Die Batteriespannung U_{Batterie} wird dabei als Offset beaufschlagt. Der Spannungssollwert, der über den Laderegler 23 vorgegeben wird, wird nachfolgend über eine Übersetzung 1 in einen weiteren Regelungsparameter übersetzt.

Hierzu regelt ein Spannungsregler 24 gemäß Figur 5 einen Spannungsiswert an der Stützkapazität 5 auf den durch den Laderegler 23 vorgegebenen Spannungssollwert und gibt dabei einen Stromsollwert unter Berücksichtigung eines Sollwerts des Batteriestroms (ggf. unter Abzug der Istwerte anderer angeschlossener Stromverbraucher) vor. Der Stromsollwert entspricht dabei den Sollwert eines Stroms an der Steller-Phase 22, die an den Zwischenkreis 4 angeschlossen ist. Der Stromsollwert wird im Weiteren über eine Übersetzung 2 in einen weiteren Regelungsparameter übersetzt.

Hierzu wird gemäß Figur 6 ein Stromistwert an der Steller-Phase 22 auf den durch den Spannungsregler 24 vorgegebenen Stromsollwert mittels eines Stromreglers 25 geregelt. Der Stromregler 25 gibt dabei ein Steuersignal zur Steuerung der Steller-Phase 22 vor. Im Falle eines Ladebetriebes (Fall >0 in Figur 6) wird der Steller-Pfad 6 (vergleiche Figur 2) als Hochsetzsteller zwischen dem Zwischenkreis 4 und der Stützkapazität 5 betrieben. Dabei wird der unten liegende Schalter ST im Steller-Pfad 6 über ein pulswidenmoduliertes Steuersignal (PWM) angesteuert. Durch Einstellen einer bestimmten Spannung U_{Steller} an der Stützkapazität 5 wird dabei ein mehr oder weniger hoher Ladestrom aus dem Zwischenkreis 4 in Richtung des Energiespeichers 2 vorgegeben. Eine hohe Spannung U_{Steller} ergibt einen hohen Ladestrom in Richtung Energiespeicher 2.

Im Falle eines Entladebetriebes (Fall <0 in Figur 6) wird der Steller-Pfad 6 (vergleiche Figur 2) als Tiefsetzsteller zwischen der Stützkapazität 5 und dem Zwischenkreis 4 betrieben. Hierbei wird der oben liegende Schalter ST im Steller-Pfad 6 über ein pulswidenmoduliertes Steuersignal (PWM) angesteuert. Durch Einstellen einer bestimmten Spannung U_{Steller} an der Stützkapazität 5 bzw. einer bestimmten Spannung U_{ZK} am Zwischenkreis 4 wird dabei ein mehr oder weniger hoher Entladestrom aus dem Energiespeicher 2 in Richtung Zwischenkreis 4 vorgegeben. Eine niedrige Spannung U_{Steller} bzw. U_{ZK} ergibt einen hohen Entladestrom aus dem Energiespeicher 2.

Auf diese Weise kann ein Strom am Energiespeicher 2 durch Ansteuerung des Steller-Pfades 6 geregelt werden, wobei die Steller-Phase 10 voll angesteuert bleibt. Somit werden AC-Anteile des Stroms am Energiespeicher 2 minimiert bzw. vollständig unterdrückt. Der Energiespeicher 2 kann somit sehr schonend betrieben werden.

Die dargestellten Ausführungsformen sind lediglich beispielhaft gewählt. Sämtliche Regler 23 bis 25 können beispielsweise PI-Regler sein. Andere Regler (P, PID, PT1, usw.) können je nach Anforderung an die Regelung eingesetzt oder hinzugezogen werden.

In nicht dargestellten Ausführungsformen kann eine Energiespeicheranordnung 1 anstelle eines separaten Stellers 3 einen entsprechenden Steller über den Vierquadrantensteller (4QS) 16 realisieren. Hierbei kann die Sekundärwicklung des Transformators 15 als Steller-Drossel eingesetzt werden. Auf diese Weise kann ein separater Steller 3 gemäß Figur 2 eingespart werden, was den Hardwareaufwand der Anordnung reduziert. Ferner kann der Energiespeicher 2 in Figur 2 anstelle einer einzelnen Steller-Phase 10 auch an mehrere Steller-Phasen (vgl. Figur 1) angeschlossen sein. Dies kann je nach Leistungsvorgaben bzgl. des Energiespeichers 2 variieren.

Patentansprüche

1. Energiespeicheranordnung (1) mit einem Energiespeicher (2), einem Steller (3) und einem Zwischenkreis (4) einer Energieversorgung (13, 14), wobei der Energiespeicher (2) über den Steller (3) an den Zwischenkreis (4) anschließbar ist, wobei der Steller (3) eine Stützkapazität (5) und eine oder mehrere, parallel zur Stützkapazität (5) geschaltete, steuerbare Steller-Pfade (6, 7, 8) aufweist, und wobei an jedem Steller-Pfad (6, 7, 8) jeweils ein Abgriff einer Steller-Phase (9, 10, 22) eingerichtet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Energiespeicher (2) mit wenigstens einer ersten Steller-Phase (10) verschaltet ist und der Zwischenkreis (4) mit einer zweiten Steller-Phase (22) verschaltet ist, die sich von der ersten Steller-Phase (10) unterscheidet.

2. Energiespeicheranordnung (1) nach Anspruch 1, wobei dem Energiespeicher (2) und der ersten Steller-Phase (10) eine erste Steller-Drossel (12) zwischengeschaltet ist und dem Zwischenkreis (4) und der zweiten Steller-Phase (22) eine zweite Steller-Drossel (19) zwischengeschaltet ist.

3. Energiespeicheranordnung (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der über die erste Steller-Phase (10) mit dem Energiespeicher (2) gekoppelte Steller-Pfad (8) als Hoch- oder Tiefsetzsteller-Einheit zwischen dem Steller (3) und dem Energiespeicher (2) steuerbar ist und wobei der über die zweite Steller-Phase (22) mit dem Zwischenkreis (4) gekoppelte Steller-Pfad (6) als Tief- oder Hochsetzsteller-Einheit zwischen dem Zwischenkreis (4) und dem Steller (3) steuerbar ist.

4. Energiespeicheranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Steller (3) durch eine aktiv gesteuerte Gleichrichter-Einheit (16) zum Gleichrichten einer Wechselspannung in eine Gleichspannung (U_{ZK}) am Zwischenkreis (4) realisiert ist.

5. Energiespeicheranordnung (1) nach Anspruch 4, wobei der Gleichrichter-Einheit (16) ein Transformator (15) vorgeschaltet ist zum Transformieren einer primärseitigen Wechselspannung in eine sekundärseitige Wechselspannung, wobei eine Sekundärwicklung des Transformators (15) als Steller-Drossel fungiert.

6. Energiespeicheranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, aufweisend einen Laderegler (23), der für eine Regelung eines Stromistwerts des Energiespeichers (2) auf einen Stromsollwert des Energiespeichers (2) implementiert ist, wobei durch den Laderegler (23) ein Spannungssollwert vorgebbar ist.

7. Energiespeicheranordnung (1) nach Anspruch 6, weiter aufweisend einen Spannungsregler (24), der für eine Regelung eines Spannungsiswerts an der Stützkapazität (5) auf den vom Laderegler (23) vorgegebenen Spannungssollwert an der Stützkapazität (5) implementiert ist, wobei durch den Spannungsregler (24) ein Stromsollwert an der zweiten Steller-Phase (22) vorgebbar ist.

8. Energiespeicheranordnung (1) nach Anspruch 7, weiter aufweisend einen Stromregler (25), der für eine Regelung eines Stromistwerts an der zweiten Steller-Phase (22) auf den vom Spannungsregler (24) vorgegebenen Stromsollwert an der zweiten Steller-Phase (22) implementiert ist, wobei durch den Stromregler (25) ein Steuersignal zum Steuern des über die zweite

Steller-Phase (22) mit dem Zwischenkreis (4) gekoppelten Steller-Pfads (6) vorgebbar ist.

9. Verfahren zum Betreiben einer Energiespeicheranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Energiespeicher (2) über den Steller (3) an den Zwischenkreis (4) der Energieversorgung (13, 14) angeschlossen ist, und wobei der über die zweite Steller-Phase (22) mit dem Zwischenkreis (4) gekoppelte Steller-Pfad (6) als Hochsetzsteller gesteuert wird, so dass an der Stützkapazität (5) eine Spannung (U_{Steller}) abfällt, die gleich oder größer als eine Spannung (U_{ZK}) am Zwischenkreis (4) ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der über die erste Steller-Phase (10) mit dem Energiespeicher (2) gekoppelte Steller-Pfad (8) vollausgesteuert wird.

FIG 2

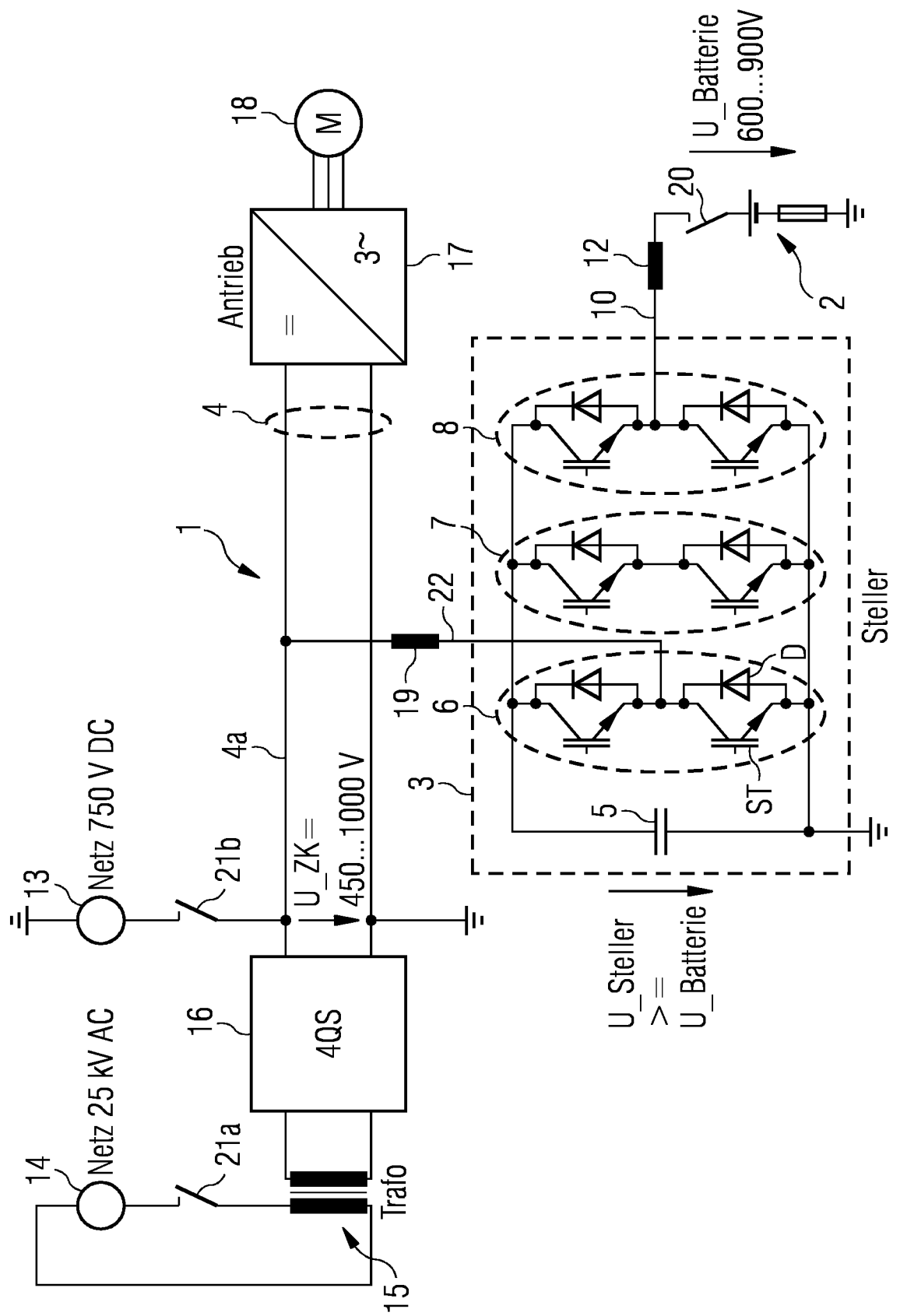


FIG 3

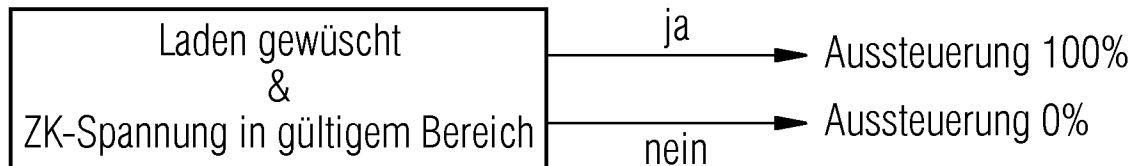


FIG 4

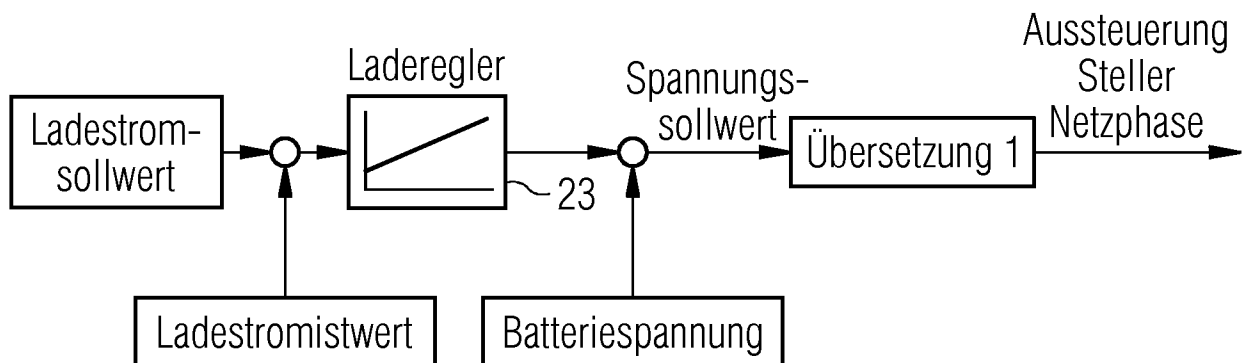


FIG 5

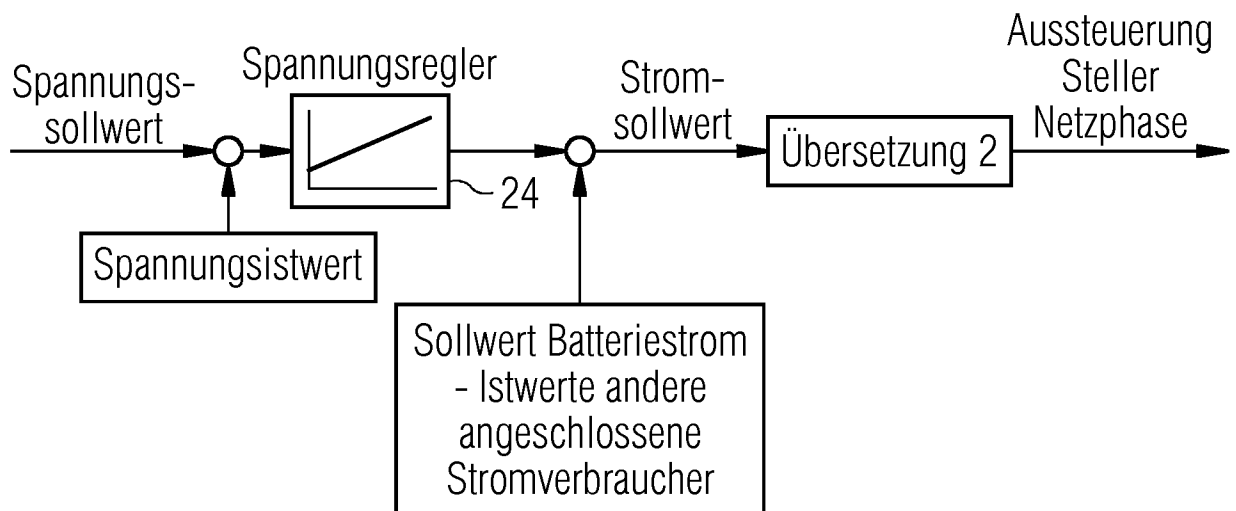
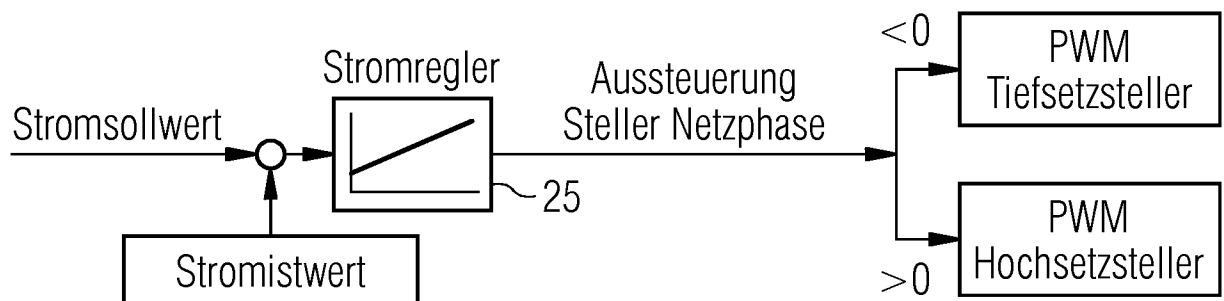


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/078071

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B60L 9/30**(2006.01)i; **B60L 53/22**(2019.01)i; **B60L 50/53**(2019.01)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)

B60L; 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.
Y	EP 2639097 A2 (TOSHIBA KK [JP]) 18 September 2013 (2013-09-18) abstract; claims 1-15; figures 1-4 column 2 - column 10	1-10
Y	DE 102012205095 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 02 October 2013 (2013-10-02) abstract; claims 1-11; figures 1-4 paragraph [0023] - paragraph [0046]	1-10
A	US 2016211749 A1 (OKADA YURUKI [JP] ET AL) 21 July 2016 (2016-07-21) abstract; claims 1-21; figures 1-22 paragraph [0035] - paragraph [0120]	1-10
A	DE 102010044322 A1 (BOMBARDIER TRANSP GMBH [DE]; UNIV DRESDEN TECH [DE]) 08 March 2012 (2012-03-08) the whole document	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

05 February 2019

Date of mailing of the international search report

18 February 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Koutsorodis, Dafni

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/078071

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	2639097	A2	18 September 2013	CN	103303155	A	18 September 2013
				EP	2639097	A2	18 September 2013
				JP	5766640	B2	19 August 2015
				JP	2013198195	A	30 September 2013
				US	2013245868	A1	19 September 2013
DE	102012205095	A1	02 October 2013	CN	104335412	A	04 February 2015
				DE	102012205095	A1	02 October 2013
				WO	2013143771	A1	03 October 2013
US	2016211749	A1	21 July 2016	CA	2928611	A1	07 May 2015
				EP	3065278	A1	07 September 2016
				JP	5955470	B2	20 July 2016
				JP	WO2015063898	A1	09 March 2017
				US	2016211749	A1	21 July 2016
				WO	2015063898	A1	07 May 2015
DE	102010044322	A1	08 March 2012	DE	102010044322	A1	08 March 2012
				EP	2611643	A2	10 July 2013
				RU	2013114728	A	10 October 2014
				WO	2012028640	A2	08 March 2012

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B60L9/30 B60L53/22 B60L50/53
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B60L 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.
Y	EP 2 639 097 A2 (TOSHIBA KK [JP]) 18. September 2013 (2013-09-18) Zusammenfassung; Ansprüche 1-15; Abbildungen 1-4 Spalte 2 - Spalte 10	1-10
Y	DE 10 2012 205095 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 2. Oktober 2013 (2013-10-02) Zusammenfassung; Ansprüche 1-11; Abbildungen 1-4 Absatz [0023] - Absatz [0046]	1-10
A	US 2016/211749 A1 (OKADA YURUKI [JP] ET AL) 21. Juli 2016 (2016-07-21) Zusammenfassung; Ansprüche 1-21; Abbildungen 1-22 Absatz [0035] - Absatz [0120]	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

5. Februar 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/02/2019

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

Koutsorodis, Dafni

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2010 044322 A1 (BOMBARDIER TRANSP GMBH [DE]; UNIV DRESDEN TECH [DE]) 8. März 2012 (2012-03-08) das ganze Dokument -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/078071

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2639097 A2	18-09-2013	CN 103303155 A	18-09-2013
		EP 2639097 A2	18-09-2013
		JP 5766640 B2	19-08-2015
		JP 2013198195 A	30-09-2013
		US 2013245868 A1	19-09-2013

DE 102012205095 A1	02-10-2013	CN 104335412 A	04-02-2015
		DE 102012205095 A1	02-10-2013
		WO 2013143771 A1	03-10-2013

US 2016211749 A1	21-07-2016	CA 2928611 A1	07-05-2015
		EP 3065278 A1	07-09-2016
		JP 5955470 B2	20-07-2016
		JP WO2015063898 A1	09-03-2017
		US 2016211749 A1	21-07-2016
		WO 2015063898 A1	07-05-2015

DE 102010044322 A1	08-03-2012	DE 102010044322 A1	08-03-2012
		EP 2611643 A2	10-07-2013
		RU 2013114728 A	10-10-2014
		WO 2012028640 A2	08-03-2012
