

(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. September 2013 (12.09.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2013/132100 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/054864

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. März 2013 (11.03.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
12158786.9 9. März 2012 (09.03.2012) EP

(71) Anmelder: ABB TECHNOLOGY AG [CH/CH];
Affolternstrasse 44, CH-8050 Zürich (CH).

(72) Erfinder: STEPHAN, Carl-Ernst; Bahnhofstrasse 22,
CH-5242 Lupfig (CH). SCHAUB, Christoph;
Allmendstrasse 35b, CH-5400 Baden (CH). TRAXLER-
SAMEK, Georg; Maierenweg 13, CH-5703 Seon (CH).

(74) Anwalt: MEIER OBERTÜFER, Jürg; ABB Patent
Attorneys, c/o ABB Schweiz AG, Intellectual Property
CH-IP, Brown Boveri Strasse 6, CH-5400 Baden (CH).

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

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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTRIC UNIT FOR A PUMP-STORAGE POWER PLANT

(54) Bezeichnung : ELEKTRISCHE EINHEIT FÜR EIN PUMPSPEICHERKRAFTWERK

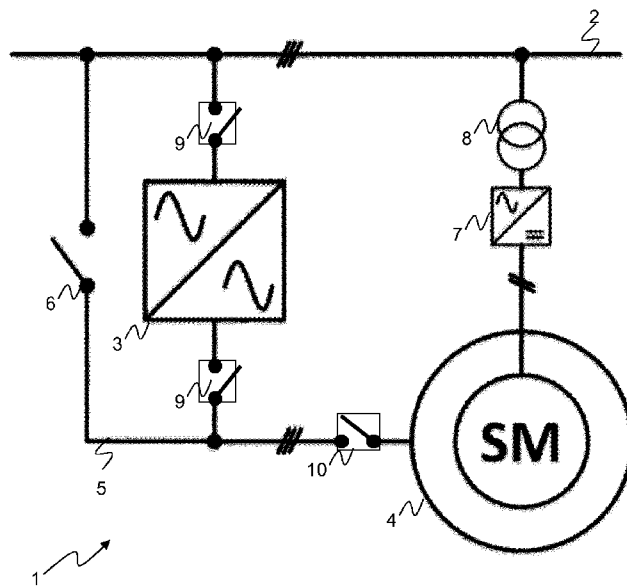


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a pump-storage
power plant, particularly an electric unit (1) comprising a
frequency converter (3) and a rotating electric
synchronous machine (4), wherein the machine (4) can be
connected directly to a current network (2) by means of
an auxiliary line (5). The invention further relates to a
method for using the electric unit (1) comprising the
following steps: determining the functionality of the
converter (3) to connect the electric machine (4) to the
current network (2); connecting the electric machine (4)
directly to the current network (2) by means of the
auxiliary line (5) in the event of non-functionality of the
converter (3). The invention likewise relates to a method
for using the electric unit (1) for a pump-storage power
plant comprising an efficiency analysis for determining
an optimum operation of the electric unit on the basis of a
plurality of system parameters and of an operating mode
of the electric machine (4); synchronising the electric
machine (4) with a frequency, voltage and phase position
of the current network (2) in the event of an optimum
operation of the electric unit (1) by means of the auxiliary
line (5) as a result of the efficiency analysis; and
connecting the electric machine (4) directly to the current
network (2) by means of the auxiliary line (5);
synchronising the frequency converter with a frequency,
voltage and phase position of the current network (2) in

the event of an optimum operation of the electric unit (1) by means of the frequency converter (3) as a result of the efficiency
analysis; and disconnecting the electric machine (4) from the current network (2) by opening the power circuit breaker (6) in the
auxiliary line (5). The invention further relates to a method for using an electric unit (1) for a pump-storage power plant, wherein the
frequency converter (3) supports the current network (2) by means of providing inductive or capacitive reactive power in the
operation of the electric machine (4) by means of the auxiliary line (5).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/132100 A2

**Veröffentlicht:**

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

Die Erfindung betrifft ein Pumpspeicherkraftwerk, insbesondere eine elektrische Einheit (1) umfassend einen Frequenzumrichter (3) und eine rotierende elektrische Synchronmaschine (4), wobei die Maschine (4) direkt über eine Nebenleitung (5) mit einem Stromnetz (2) verbindbar ist. Die Erfindung bezieht sich weiterhin auf ein Verfahren zur Verwendung der elektrischen Einheit (1) umfassend Feststellen der Funktionsfähigkeit des Umrichters (3) zum Verbinden der elektrischen Maschine (4) mit dem Stromnetz (2); Verbinden der elektrischen Maschine (4) über die Nebenleitung (5) direkt mit dem Stromnetz (2) bei Funktionsunfähigkeit des Umrichters (3); Weiterhin bezieht sich die Erfindung ebenfalls auf ein Verfahren zur Verwendung der elektrischen Einheit (1) für ein Pumpspeicherkraftwerk umfassend eine Effizienzanalyse zur Bestimmung eines optimalen Betriebs der elektrischen Einheit unter Einbeziehung von mehreren System Parametern und von einem Betriebsmodus der elektrischen Maschine (4); Synchronisieren der elektrischen Maschine (4) mit einer Frequenz, Spannung und Phasenlage des Stromnetzes (2) bei einem optimalen Betrieb der elektrischen Einheit (1) über die Nebenleitung (5) als Ergebnis der Effizienzanalyse; und Verbinden der elektrischen Maschine (4) über die Nebenleitung (5) direkt mit dem Stromnetz (2). Synchronisieren des Frequenzkonverters mit einer Frequenz, Spannung und Phasenlage des Stromnetzes (2) bei einem optimalen Betrieb der elektrischen Einheit (1) über den Frequenzkonverter (3) als Ergebnis der Effizienzanalyse; und Trennen der elektrischen Maschine (4) vom Stromnetz (2) durch Öffnen des Leistungsschalters (6) in der Nebenleitung (5). Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Verwendung einer elektrischen Einheit für ein Pumpspeicherkraftwerk, wobei der Frequenzumrichter (3) im Betrieb der elektrischen Maschine (4) über die Nebenleitung (5) das Stromnetz mittels Bereitstellen von (2) induktiver oder kapazitiver Blindleistung stützt.

BESCHREIBUNG

Elektrische Einheit für ein Pumpspeicherkraftwerk

5

TECHNISCHES GEBIET

Die Erfindung betrifft ein Pumpspeicherkraftwerk, insbesondere eine elektrische Einheit hierfür umfassend einen Frequenzumrichter und eine rotierende elektrische Synchronmaschine.

10

STAND DER TECHNIK

Regenerative Energiequellen wie beispielsweise Wind- und Solarenergie liefern einen stetig zunehmenden Anteil am Elektrizitätsbedarf. Diese Energiequellen weisen dabei allerdings unstetige Betriebszeiten auf. Somit kann eine direkte und dauerhafte Versorgung von Verbrauchern mit Elektrizität aus diesen Energiequellen nicht gewährleistet werden. Hierzu müssen Energiespeicher verwendet werden, welche schnelle Wechsel zwischen Elektrizitätsüberschuss und Elektrizitätsdefizit erlauben und deren Leistung und Energieflussrichtung rasch und kontinuierlich verändert werden können.

Als Energiespeicher stehen hierbei unterschiedliche Systeme zur Verfügung, welche sich jeweils für bestimmte Energiemengen und Anwendungsfälle besonders eignen. Für kleine Energiemengen bis etwa 20 MWh werden, je nach Anwendung, vorzugsweise kinetische Speicher (z.B. Schwungräder), elektrochemische Speicher (Batterien, Redox-Flusszellen), oder elektromagnetische Speicher (Kondensatoren, Superkondensatoren, supraleitende Spulen) verwendet. Für mittlere Energiemengen bis einige 100 MWh sind prinzipiell thermodynamische Speicher (Druckluftspeicher, elektrothermische Speicher) besonders gut geeignet. Für große Energiemengen typischerweise über 100 MWh und meist über 1 GWh werden Pumpspeicher eingesetzt.

Pumpspeicher oder Pumpspeicherkraftwerke sind auf Grund der großen speicherbaren Energiemenge besonders interessant. Dabei wird mit überschüssiger Elektrizität Wasser von einem ersten natürlichen oder künstlich hierfür angelegtem Speicherbecken in ein zweites, höher gelegenes Speicherbecken gepumpt. Die elektrische Energie wird dabei in potenzielle Energie umgewandelt. Zur Rückgewinnung von Elektrizität wird Wasser vom

höher gelegenen Speicherbecken über eine Turbine zurück ins niedrigere Speicherbecken geleitet. Für dieses System ist eine Minimierung der Verluste bei den Umwandlungsprozessen besonders wichtig.

Moderne Pumpspeicher weisen drehzahlvariable Antriebe auf. Durch eine
5 Entkoppelung der Drehzahl der Maschinen von einer Netzfrequenz können Pump- und Turbinendrehgeschwindigkeiten so eingestellt werden, dass diese nahe am optimalen Wirkungsgrades betrieben werden. Zusätzlich erlaubt es die Variation der Drehzahl im Pumpbetrieb, die Leistungsaufnahme frei einzustellen. Insbesondere können Systeme mit variabler Drehzahl schnell aus dem Stillstand mit dem Netz verbunden oder synchronisiert
10 werden.

Pumpspeicher gemäss dem Stand der Technik weisen doppelt gespeiste Asynchronmaschinen und leistungselektronische Umformer auf, womit eine Drehzahlregelung einer Pumpe und einer Turbine möglich ist. Damit wird zum Einen eine Pumpleistung geregelt und zum anderen kann bei Bedarf der Wirkungsgrad der Anlage
15 erhöht werden.

In einer Ausführungsform zur Drehzahlregelung der Pumpe oder der Turbine wird eine Synchronmaschine verwendet deren Stator mittels eines Drehstroms mit einstellbarer Frequenz gespeist wird. Die Frequenzumformung wird dabei mit Hilfe einer Kombination eines Gleichrichters und eines Wechselrichters erzeugt, welche über einen Spannungs-
20 oder Stromzwischenkreis miteinander verbunden sind.

Bei dem Einsatz einer solchen über einen Umrichter gespeisten Synchronmaschine ist ein Anlaufmoment der Maschine ausreichend um beispielsweise die Pumpe aus dem Stand ohne vorheriges Entwässern der Pumpe zu starten. Weiterhin kann der Stator kleiner ausgelegt werden als beispielsweise bei einer doppelt-gespeisten Asynchronmaschine, da
25 die Synchronmaschine zum Einen nur auf Wirkleistung ausgelegt wird und zum Anderen keine Energie innerhalb der Maschine zirkuliert. Aus einer vereinfachten Konstruktion des Rotors ergibt sich die Möglichkeit die Maschine mit einer höheren Drehzahl zu betreiben. Dies ist insbesondere bei Pumpspeicherkraftwerken mit hoher Leistung und grosser Fallhöhe des herabströmenden Wassers von Bedeutung.

Ein wesentlicher Nachteil der Anordnung gemäß dem Stand der Technik ist, dass der Frequenzumrichter Verluste von etwa 1-3% aufweist.
30

Davon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabenstellung zugrunde, Pumpspeicherkraftwerk effizienter zu gestalten und Verluste zu minimieren.

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

Diese Aufgabe wird durch eine elektrische Einheit für ein Pumpspeicherkraftwerk gemäss Anspruch 1 und Verfahren zu deren Anwendung gemäss den Ansprüchen 6, 8, 10 und 11 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, wobei die Rückbezüge der Ansprüche keine weiteren sinnvollen Anspruchskombinationen ausschliessen sollen.

Die Erfindung sieht dabei eine elektrische Einheit für ein Pumpspeicherkraftwerk vor, wobei diese mit einem Stromnetz verbindbar ist. Die elektrische Einheit umfasst dabei zumindest einen Umrichter oder Frequenzumrichter und eine rotierende elektrische Synchronmaschine, welche in Abhängigkeit einer Betriebsart der Maschine als Motor oder Generator dient. Die Maschine ist mit einer Wasserturbine und einer Wasserpumpe oder einer reversiblen Pumpturbine beispielsweise mechanisch verbindbar und ist unterhalb eines Speicherbeckens vorgesehen. Die elektrische Einheit weist weiterhin eine Nebenleitung oder einen Bypass auf. Die Nebenleitung weist zusätzlich einen Leistungsschalter auf. Die Maschine ist über die Nebenleitung direkt oder unmittelbar durch Schliessen des Leistungsschalters mit dem Stromnetz verbindbar. Die direkte Verbindung der Maschine mit dem Stromnetz über die Nebenleitung umfasst den Frequenzumrichter nicht, die Nebenleitung fungiert also als Bypass für den Umrichter.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung umfasst der Umrichter zumindest zwei elektrisch verbindbare Elemente, wobei in Abhängigkeit des Betriebs der Maschine jeweils ein Element als ein Gleichrichter und ein Element als ein Wechselrichter verwendbar ist. Ein maschinenseitiges Element ist eine Inverter Unit INU und ein netzseitiges Element ist eine Active Rectifier Unit ARU. Der Umrichter weist darüber hinaus an netzseitigen und maschinenseitigen Ausgängen der Elemente Trenner oder Trennschalter zur Potentialfreischaltung des Umrichters auf.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Nebenleitung zwischen dem maschinenseitigen Trenner und der Maschine angeschlossen und der Leistungsschalter zwischen dem maschinenseitigen Trenner und der Maschine vorgesehen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist zwischen dem INU-seitigen Trenner und der Maschine ein Generatorschalter vorgesehen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Umrichter als Modularer Multilevel Konverter ausgebildet ist.

Die Erfindung bezieht sich weiterhin auf ein Verfahren zur Verwendung einer elektrischen Einheit für ein Pumpspeicherkraftwerk umfassend eine rotierende elektrische Synchronmaschine und einen Umrichter, wobei die Maschine über den Umrichter und/oder über eine Nebenleitung direkt mit einem Stromnetz verbindbar ist, wobei das Verfahren

5 umfasst: ein Feststellen der Funktionsfähigkeit des Umrichters zum Verbinden der elektrischen Maschine mit dem Stromnetz, welche beispielsweise durch Ausfall oder Wartung des Umrichters beeinträchtigt sein könnte; ein Verbinden der elektrischen Maschine mit dem Stromnetzes über die Nebenleitung bei Funktionsunfähigkeit des Umrichters.

10 Weiterhin bezieht sich die Erfindung ebenfalls auf ein Verfahren zur Verwendung einer elektrischen Einheit für ein Pumpspeicherkraftwerk umfassend eine rotierende elektrische Synchronmaschine und einen Frequenzumrichter, wobei die Maschine über den Umrichter und/oder direkt über eine Nebenleitung mit einem Stromnetz verbindbar ist, wobei das Verfahren umfasst: eine Effizienzanalyse zur Bestimmung eines optimalen Betriebs der

15 elektrischen Einheit unter Einbeziehung von mehreren System Parametern wie beispielsweise Verluste des Umrichters, geforderte Leistung, Wasserdruck und eine bestimmte Fallhöhe des Wassers und von einem Betriebsmodus der elektrischen Maschine wie beispielsweise ein Pumpen- oder Generatorbetrieb; Synchronisieren der elektrischen Maschine mit einer Frequenz, der Spannung und der Phasenlage des Stromnetzes bei

20 einem optimalen Betrieb der elektrischen Einheit über die Nebenleitung als Ergebnis der Effizienzanalyse; und Verbinden der elektrischen Maschine über die Nebenleitung direkt mit dem Stromnetz.

Weiterhin bezieht sich die Erfindung ebenfalls auf ein Verfahren zur Verwendung einer elektrischen Einheit für ein Pumpspeicherkraftwerk umfassend eine rotierende elektrische

25 Synchronmaschine und einen Frequenzumrichter, wobei die Maschine über den Umrichter und/oder direkt über eine Nebenleitung mit einem Stromnetz verbindbar ist, wobei das Verfahren umfasst: eine Effizienzanalyse zur Bestimmung eines optimalen Betriebs der elektrischen Einheit unter Einbeziehung von mehreren System Parametern wie beispielsweise Verluste des Umrichters, geforderte Leistung, Wasserdruck und eine

30 bestimmte Fallhöhe des Wassers und von einem Betriebsmodus der elektrischen Maschine wie beispielsweise ein Pumpen- oder Generatorbetrieb; Synchronisieren des Frequenzumrichters mit einer Frequenz, der Spannung und der Phasenlage des Stromnetzes bei einem optimalen Betrieb der elektrischen Einheit über den

Frequenzkonverter als Ergebnis der Effizienzanalyse; und Trennen der elektrischen Maschine vom Stromnetz durch Öffnen des Leistungsschalters in der Nebenleitung.

Alle drei zuvor genannten Verfahren umfassen dabei in einer vorteilhaften Ausführungsform ein Trennen oder Zuschalten des Umrichters von der elektrischen Maschine mit Hilfe von netz- und maschinenseitigen Trennern.

Die Erfindung bezieht sich ebenfalls auf ein Verfahren zur Verwendung einer elektrischen Einheit für ein Pumpspeicherkraftwerk umfassend eine rotierende elektrische Synchronmaschine und einen Frequenzumrichter, wobei die Maschine über den Umrichter und/oder direkt über eine Nebenleitung mit einem Stromnetz verbindbar ist, wobei der Umrichter beispielsweise der netzseitige Gleich- oder Wechselrichter oder anders ausgedrückt die Active Rectifier Unit im Betrieb der elektrischen Maschine über die Nebenleitung zur Stützung des Stromnetzes zum Bereitstellen von induktiver oder kapazitiver Blindleistung eingesetzt wird.

Entsprechend erhöht die Erfindung die Effizienz eines Pumpspeichers. Durch das Umgehen des Umrichters in einem optimierten Betrieb der Maschine werden die Verluste des Umrichters eingespart und die Effizienz der elektrischen Einheit erhöht.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem Wortlaut der Ansprüche sowie aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figur.

Die Erfindung wird in weiteren Einzelheiten anhand des nachfolgenden Textes mit Bezug auf bevorzugte Ausführungsbeispiele anhand der Figur näher erläutert. Es zeigt Fig.1 eine schematische Darstellung einer elektrischen Einheit mit einem Umrichter, einer elektrischen Synchronmaschine und einer Nebenleitung.

Die Bezugszeichen und deren Bedeutung sind zusammengefasst in der Bezugszeichenliste. Im allgemeinen bezeichnen dieselben Bezugszeichen dieselben Teile.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEISPIELHAFTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

Fig.1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine elektrische Einheit 1 verbunden mit einem Stromnetz 2. Die elektrische Einheit 1 umfasst dabei einen Frequenzumrichter 3 und

eine rotierende elektrische Synchronmaschine 4. Die Maschine 4 kann dabei beispielsweise auf Grund von örtlichen Gegebenheiten oder zum Schutz in einer Kaverne untergebracht. Zum Umgehen oder Überbrücken des Umrichters 3 beispielsweise nach einer Effizienzanalyse oder zur Wartung des Umrichters weist die elektrische Einheit eine
5 Nebenleitung 5 oder einen Bypass auf, wobei dieser weiterhin einen Leistungsschalter 6 aufweist. In der dargestellten Ausführungsform wird zur Drehzahlregelung der Pumpe oder der Turbine der Stator der Maschine 4 mittels eines Drehstroms mit einstellbarer Frequenz gespeist. Der Rotor der Maschine 4 wird über einen Gleichrichter 7 und einen Transformator 8 aus dem Stromnetz 2 erregt.

10 Eine Frequenzumformung wird mittels einer Kombination eines Gleichrichters und eines Wechselrichters erzeugt, welche über einen konzentrierten oder verteilten Spannungszwischenkreis oder Stromzwischenkreis miteinander verbunden sind. Der Zwischenkreis weist dabei weiterhin Einheiten zur Energiespeicherung auf beispielsweise Kondensatoren bei einem Spannungszwischenkreis und Induktivitäten bei einem
15 Stromzwischenkreis.

In einem Notfall bei dem der Umrichter 3 funktionsunfähig wird kann mir Hilfe der Nebenleitung 5 die Maschine 4 weiterhin betrieben werden. Hierzu wird beispielsweise bei einer regelmäßigen oder dauerhaften Überprüfung die Funktionsfähigkeit des Umrichters 3 festgestellt. So kann bei plötzlichem Ausfall oder bei einer routinemäßigen Wartung des
20 Umrichters 3 der Betrieb der Maschine 4 mit einer Frequenz des Stromnetzes 2 synchronisiert werden. Bei Synchronlauf der Maschine 4 wird durch Schließen des Leistungsschalters 6 der Umrichter 3 umgangen oder überbrückt und die Maschine 4 ist direkt mit dem Stromnetz verbunden.

Weiterhin kann die Nebenleitung 5 zur Steigerung der Effizienz der elektrischen Einheit
25 1 und eines angeschlossenen Pumpspeicherkraftwerks verwendet werden. Hierzu wird zuerst eine Effizienzanalyse durchgeführt. Diese umfasst eine Vielzahl von Parameter wie beispielsweise Verluste des Umrichters, eine geforderter Leistung, Wasserdruck und eine bestimmte Fallhöhe des Wassers und bezieht auch einen Betriebsmodus der elektrischen Maschine 4 wie beispielsweise ein Pumpen- oder Generatorbetrieb mit ein. Dabei wird
30 abgewägt ob die Maschine 4 optimal bei einer variablen Drehzahl ungleich der Frequenz des Stromnetzes 2 oder bei Synchronisation der Drehzahlen betrieben wird. Die Effizienzanalyse erlaubt zwei Ergebnisse zum Einen, dass die elektrische Einheit über den Umrichter 3 betrieben wird, und zum Anderen, dass der Umrichter 3 über die Nebenleitung

5 umgangen werden soll. Ergibt die Effizienzanalyse einen optimalen Betrieb bei direktem Verbinden der Maschine 4 mit dem Stromnetz 2 wird die Maschine 4 durch den Umrichter 3 mit der Frequenz, der Spannung und der Phasenlage des Stromnetzes 2 synchronisiert. Bei Synchronlauf wird der Umrichter 3 überbrückt und die Maschine 4 direkt mit dem
5 Stromnetz 2 über die Nebenleitung 5 durch Schließen des Leistungsschalters 6 verbunden. Damit werden die Verluste des Umrichters 3 eingespart und die elektrische Einheit 1 arbeitet effizienter. Ergibt die Effizienzanalyse einen optimalen Betrieb über den Frequenzumrichter und ist die elektrische Maschine 4 derzeit jedoch über die Nebenleitung 5 direkt mit dem Netz 2 verbunden, wird der Frequenzumrichter 3 mit der Frequenz, der
10 Spannung und der Phasenlage des Stromnetzes 2 und der elektrischen Maschine 4 synchronisiert. Bei Synchronlauf wird der Leistungsschalter 6 geöffnet.

Weiterhin kann ein erster und zweiter Trenner vor dem vor netzseitigen Gleich- oder Wechselrichter des Umrichters 3 auch Active Rectifier Unit ARU genannt und dem maschinenseitigen Gleich oder Wechselrichter des Umrichters 3 auch Inverter Unit INU
15 genannt zur Potenzialfreischaltung des Umrichters 3 beispielsweise zur Wartung des Umrichters und zur Vermeidung von Leerlaufverlusten im Bypass-Betrieb vorgesehen sein.

Bei Netzbetrieb der Maschine 4 im Betrieb über die Nebenleitung 5 kann der netzseitige Umrichter 3 eine Blindleistung regeln, wobei der maschinenseitige Umrichter INU
20 abgeschaltet ist. Der Umrichter 3 kann damit zusätzlich 100% Blindleistung zur Verfügung stellen. Zur Netzstützung bei Störfällen stehen somit selbst ohne Blindleistungsregelung über die Erregung der Maschine 4 bis zu 140% Scheinleistung zur Verfügung. Unter Einbezug der zusätzlichen Regelung der Blindleistung durch die Maschine 4 steht je nach Betriebszustand der Maschine 4 noch deutlich mehr Blindleistung zur Verfügung.
25 Insbesondere steht durch diese Anordnung auch Blindleistung zur Verfügung, wenn die Maschine nicht in Betrieb ist. Dies erlaubt es, Blindleistung mit deutlich geringeren Wirkleistungs-Verlusten bereit zu stellen.

Der Betrieb der Maschine mit einer frei wählbaren Drehzahl weist erhebliche Vorteile auf, insbesondere kann bei der Ausführungsform mit einem Frequenzumrichter und einer
30 Synchronmaschine eine etablierte, zuverlässige und wartungsarme Generatortechnologie verwendet werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, eine Pumpe und eine Turbine unabhängig voneinander in deren optimalen Drehzahlbereich zu betreiben. Durch die Verwendung der Synchronmaschine 4 sind insbesondere auch bei hohen Leistungen hohe

Drehzahlen beispielsweise für hohe Gefälle realisierbar. Darüber hinaus reicht der betrieblich zugängliche Drehzahlbereich kontinuierlich von Null bis zur maximalen Drehzahl und ist nur beschränkt durch die betrieblichen Grenzen der Pumpe und der Turbine. Die Pumpe und die Turbine können prinzipiell in einer Einheit beispielsweise einer Pumpenturbine vereint werden. Insbesondere besteht die Möglichkeit einer Nachrüstung von älteren Anlagen auf variablen Frequenzbetrieb, ohne Austausch des bestehenden Generators. Ein weiterer Vorteil ist eine sehr rasche Netzkoppelung und die Möglichkeit positive und negative Blindleistung im Frequenzumrichter 3 zu erzeugen, damit kann der Generator ausschließlich mit Wirkleistung betrieben werden, wodurch dieser eine kompaktere Bauart aufweist. Weiterhin kann durch die Verwendung des Frequenzumrichters 3 schnell beispielsweise vom Pump- in Turbinenbetrieb umgeschaltet werden.

BEZUGSZEICHENLISTE

- | | | |
|----|----|---------------------|
| 15 | 1 | Elektrische Einheit |
| | 2 | Stromnetz |
| | 3 | Frequenzumrichter |
| | 4 | Maschine |
| | 5 | Nebenleitung |
| 20 | 6 | Leistungsschalter |
| | 7 | Gleichrichter |
| | 8 | Blocktransformator |
| | 9 | Trenner |
| | 10 | Generatorschalter |

PATENTANSPRÜCHE

1. Elektrische Einheit (1) für ein Pumpspeicherkraftwerk (2), umfassend einen
5 Frequenzumrichter (3) und eine rotierende elektrische Synchronmaschine (4), wobei
ein Stator der Maschine (4) über den Frequenzumrichter (3) mit einem Stromnetz (2)
verbindbar ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die elektrische Einheit (1) eine Nebenleitung (5) mit einem Leistungsschalter (6)
10 aufweist und die Maschine (4) durch Schliessen des Leistungsschalter (6) über die
Nebenleitung (5) direkt mit dem Stromnetz (2) verbindbar ist.

2. Elektrische Einheit (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der
Frequenzumrichter (3) ein maschinenseitiges Element und ein netzseitiges Element
umfasst und der Frequenzumrichter (3) an einem netzseitigen und an einem
15 maschinenseitigen Ausgang je einen Trenner (9) aufweist.

3. Elektrische Einheit (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der
Leistungsschalter (6) zwischen dem maschinenseitigen Trenner (9) und der Maschine
(4) vorgesehen ist.

4. Elektrische Einheit (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet,
20 dass zwischen dem Leistungsschalter (6) und der Maschine (4) ein Generatorschalter
(10) vorgesehen ist.

5. Elektrische Einheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,
dass der Umrichter (3) als Modularer Multilevel Konverter ausgebildet ist.

6. Verfahren zur Verwendung einer elektrischen Einheit (1) für ein
25 Pumpspeicherkraftwerk, wobei die elektrische Einheit einen Frequenzumrichter (3)
und eine rotierende elektrische Synchronmaschine (4) umfasst, wobei ein Stator der
Maschine (4) über den Umrichter (3) und direkt über eine Nebenleitung (5) mit einem
Stromnetz (2) verbindbar ist und wobei die Nebenleitung (5) einen Leistungsschalter
(6) aufweist, umfassend folgende Schritte:

- a. Synchronisieren der elektrischen Maschine (4) mit einer Frequenz, Spannung und Phasenlage des Stromnetzes (2) bei geöffnetem Leistungsschalter (6); und
 - b. Verbinden der elektrischen Maschine (4) über die Nebenleitung (5) direkt mit dem Stromnetz (2) durch Schliessen des Leistungsschalters (6).
- 5 7. Verfahren zur Verwendung einer elektrischen Einheit (1) nach Anspruch 6, wobei der Frequenzumrichter (3) ein maschinenseitiges Element und ein netzseitiges Element umfasst und der Frequenzumrichter (3) an netzseitigen und maschinenseitigen Ausgängen der Elemente Trenner (9) aufweist, zusätzlich umfassend folgenden Schritt:
 - c. Trennen des Frequenzumrichters (3) von der elektrischen Maschine (4) und
10 vom Netz (2) mit Hilfe der netz- und maschinenseitigen Trenner (9).
8. Verfahren zur Verwendung einer elektrischen Einheit (1) für ein Pumpspeicherkraftwerk, wobei die elektrische Einheit einen Frequenzumrichter (3) und eine rotierende elektrische Synchronmaschine (4) umfasst, wobei ein Stator der Maschine (4) über den Umrichter (3) und direkt über eine Nebenleitung (5) mit einem
15 Stromnetz (2) verbindbar ist und wobei die Nebenleitung (5) einen Leistungsschalter (6) aufweist, umfassend folgende Schritte:
 - a. Synchronisieren der Frequenzumrichters (3) zu einer Frequenz, Spannung sowie Phasenlage des Stromnetzes (2) und der elektrischen Maschine (4) bei geschlossenem Leistungsschalter (6); und
 - 20 b. Trennen der elektrischen Maschine (4) vom Stromnetz (2) durch Öffnen des Leistungsschalters (6) in der Nebenleitung (5).
9. Verfahren zur Verwendung einer elektrischen Einheit (1) nach Anspruch 8, wobei der Frequenzumrichter (3) ein maschinenseitiges Element und ein netzseitiges Element umfasst und der Frequenzumrichter (3) an netzseitigen und maschinenseitigen
25 Ausgängen der Elemente Trenner (9) aufweist, zusätzlich umfassend folgenden Schritt:
 - c. Zuschalten des Frequenzumrichters (3) zu der elektrischen Maschine (4) und zum Netz (2) mit Hilfe der netz- und maschinenseitigen Trenner (9).

10. Verfahren zur Verwendung einer elektrischen Einheit (1) für ein Pumpspeicherkraftwerk, wobei die elektrische Einheit einen Frequenzumrichter (3) und eine rotierende elektrische Synchronmaschine (4) umfasst, wobei ein Stator der Maschine (4) über den Frequenzumrichter (3) und direkt über eine Nebenleitung (5) mit einem Stromnetz (2) verbindbar ist, ist umfassend folgende Schritte:

- a. Bereitstellen von induktiver oder kapazitiver Blindleistung durch den Frequenzumrichter (3) im Betrieb der elektrischen Maschine (4) über die Nebenleitung (5) zur Stützung des Stromnetzes (2).

11. Verfahren zur Verwendung einer elektrischen Einheit (1) für ein Pumpspeicherkraftwerk, wobei die elektrische Einheit einen Frequenzumrichter (3) und eine rotierende elektrische Synchronmaschine (4) umfasst, wobei ein Stator der Maschine (4) über den Umrichter (3) und direkt über eine Nebenleitung (5) mit einem Stromnetz (2) verbindbar ist und wobei die Nebenleitung (5) einen Leistungsschalter (6) aufweist, umfassend folgende Schritte:

- a. Feststellen der Funktionsfähigkeit des Frequenzumrichters (3); und
- b. Verbinden der elektrischen Maschine (4) mit dem Netz (2) durch Schliessen des Leistungsschalters (6) bei Funktionsunfähigkeit des Frequenzumrichters (3).

12. Verfahren zur Verwendung einer elektrischen Einheit (1) nach Anspruch 11, wobei der Frequenzumrichter (3) ein maschinenseitiges Element und ein netzseitiges Element umfasst und der Frequenzumrichter (3) an netzseitigen und maschinenseitigen Ausgängen der Elemente Trenner (9) aufweist, zusätzlich umfassend folgenden Schritt:

- c. ein Trennen des Frequenzumrichters (3) von der elektrischen Maschine (4) und vom Netz (2) mit Hilfe der netz- und maschinenseitigen Trenner (9).

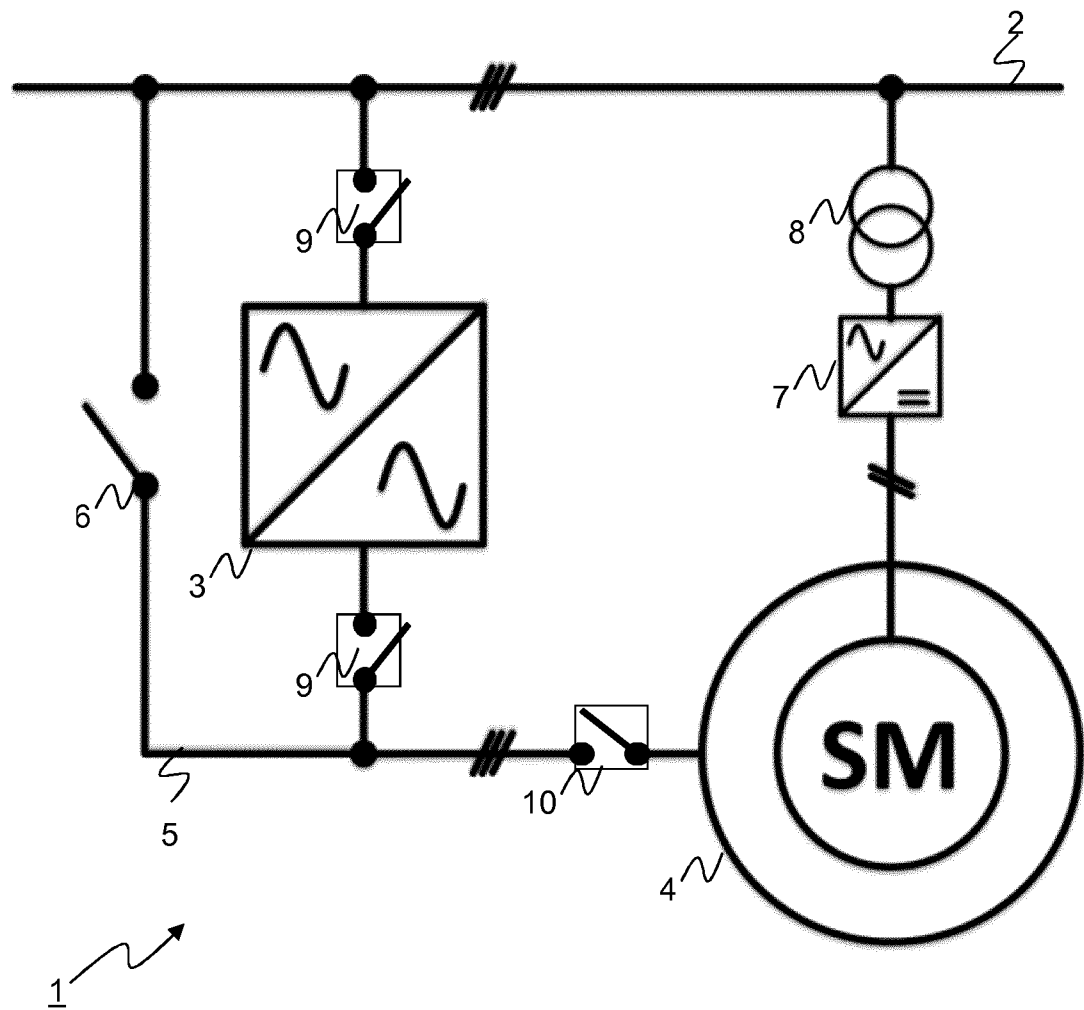


Fig. 1