



(10) **DE 10 2010 014 342 A1** 2011.10.13

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 014 342.1**

(22) Anmeldetag: **09.04.2010**

(43) Offenlegungstag: **13.10.2011**

(51) Int Cl.: **F03B 17/00 (2006.01)**

F03G 3/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

Rau, Werner, 75210, Keltern, DE

(72) Erfinder:

gleich Anmelder

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 10 2008 054229 A1

DE 40 11 966 A1

JP 57-0 28 880 A

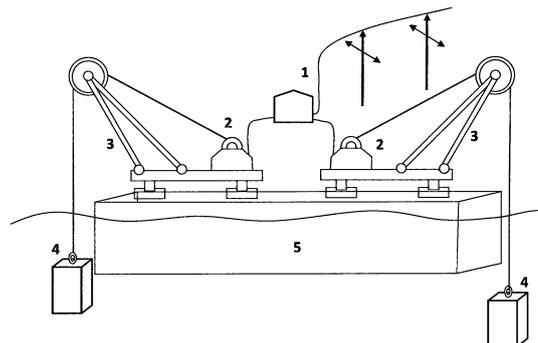
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Hubspeicherkraftwerk schwimmend**

(57) Zusammenfassung: Verfahren und Vorrichtung zur Speicherung und Rückgewinnung elektrischer Energie unter Ausnutzung der Schwerkraft mit der Hilfe mechanischer Hubvorrichtungen, die auf einem Schwimmkörper angebracht sind.

Mechanische Hubvorrichtungen auf Schwimmkörpern erzeugen potentielle Energie, indem Sie schwere Masseträger unter dem Einsatz elektrischer Energie anheben. Die potentielle Energie der Masseträger wird vermindert um die Verluste der Vorrichtungen durch Absenken der Masseträger über Generatoren in Strom zurück gewandelt. Die Masseträger werden in tiefen Gewässern angehoben und abgesenkt. Das Verfahren wird analog zu den bekannten Pumpspeicher Kraftwerken zur Speicherung elektrischer Energie und zur Stabilisierung der Stromnetze eingesetzt.



Beschreibung

[0001] Eine sichere Stromversorgung¹⁾²⁾ setzt voraus, dass das Stromangebot jederzeit exakt genau so groß ist wie die Stromnachfrage. Pumpspeicher Kraftwerke leisten dabei einen wichtigen Beitrag zur Stabilisierung der Stromnetze.

[0002] Die bekannten Pumpspeicher-Kraftwerke bestehen aus zwei Wasserbecken, die höhenmäßig möglichst weit auseinander liegen. Dazwischen ist das eigentliche Kraftwerk mit den Turbinen, Pumpen und Generatoren/Motoren angeordnet. Soll das Kraftwerk Strom liefern, wird das Wasser vom Oberbecken über die Turbinen in das Unterbecken geleitet. Soll das Oberbecken gefüllt werden, wird der Weg des Wassers umgekehrt. Die Generatoren werden dann als Motoren für den Antrieb der Pumpen genutzt, die das Wasser nach oben pumpen.

[0003] Den Strombedarf für den Pumpvorgang liefern heute meist Grundleistungskraftwerke in bedarfsarmen Zeiten. Zunehmend werden aber auch Angebotsspitzen z. B. aus der Windkraft zur Befüllung der oberen Becken genutzt. Der Wirkungsgrad von Pumpspeicherkraftwerken beträgt bis zu 80%. Der Energieverlust durch die Umwälzung des Wassers wird durch die Betriebsvorteile bei den Grundleistungs-Kraftwerken und Beiträge für die kurzfristige Versorgungssicherheit aufgewogen. Die Kosten für den Spitzenlaststrom aus Pumpspeicherkraftwerken können bei hoher Nachfrage mehrere EUR je kWh erreichen.

[0004] Die Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland³⁾ weist für das Jahr 2006 einen Verbrauch an Pumpspeicherstrom in Höhe von 9,1 TWh aus. Damit wurden ca 1,5% des Gesamtstromverbrauchs i. H. v. 614,6 TWh für die Stabilisierung der Netze und die Erhöhung der kurzfristigen Versorgungssicherheit eingesetzt.

[0005] Die Erzeugung erneuerbarer Energien wie Windenergie und oder Solarstrom ist mit plötzlichen Schwankungen (Minutenreserve) verbunden, die ausgeglichen werden müssen. Hinzu kommen die natürlichen Schwankungen des Stromangebots über den Tagesverlauf und die Jahreszeiten. Pumpspeicher Kraftwerke werden insbesondere eingesetzt um die kurzfristigen Nachfrage- bzw. Angebotsschwankungen (Regelenergie) nach Strom auszugleichen. Der Bedarf an Kraftwerken dieser Art ist tendenziell steigend.^{10),11)} Der Zubau an Pumpspeicherkraftwerken ist u. a. auch aufgrund von Naturschutzaspekten kaum noch möglich.

Physikalische Grundlagen⁴⁾

[0006] Mechanische Arbeit und elektrische Arbeit sind äquivalent. Es gilt: $1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$

[0007] Das Anheben bzw. Absenken einer Masse ist mit dem Einsatz bzw. dem Gewinn von Energie verbunden. Zum Anheben eines Körpers ist eine Arbeit zu verrichten, die eine potentielle Energie $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$ erzeugt. (m = Masse in Kg, g = Erdbeschleunigung $9,81 \text{ m/sec}^2$ und h = Hubhöhe in m)

[0008] Wird ein Masseträger von 1 kg um 1 m angehoben, so beträgt die potentielle Energie an der Erdoberfläche $9,81 \text{ Nm}$. In den nachfolgenden Beispielrechnungen wird die potentielle Energie bei einem Hub von 1 kg um 1 m vereinfachend mit 10 Nm bzw. 10 Ws angesetzt.

Stand der Technik

[0009] Es ist bekannt, dass die Schwerkraft gestauter Wassermassen zur Erzeugung elektrischer Energie und in Pumpspeicherseen zum Speichern elektrischer Energie genutzt wird. Dabei wird die Fließeigenschaft des Wassers genutzt, um große Massen bei geringen Energieverlusten anzuheben bzw. abzusenken. Zum Beispiel speichert das Pumpspeicher Kraftwerk Herdecke⁵⁾ pro Füllung ein Arbeitsvermögen von 590 MWh.

[0010] Es ist auch bekannt, dass Fahrzeuge (z. B. Lokomotiven, Autos) bei einer Talfahrt Bremsenergie mit der Hilfe von Vorrichtungen der Rekuperation^{6,7)} in elektrische Energie zurückverwandeln.

[0011] Es ist ferner bekannt, dass Großkräne für die Errichtung von Windmühlen bis zu 1.600 t ziehen.¹²⁾

Probleme beim Stand der Technik¹¹⁾

[0012] Die zunehmende Nutzung Erneuerbarer Energien verringert den Anteil an Grundlaststrom aus fossilen Großkraftwerken. Es gibt zunehmend Zeiten mit einem Überschussangebot an Strom. Zu anderen Zeiten ist die Nachfrage nach Strom höher als das Angebot. Spitzen im Stromangebot müssen in die Zeiten geringen Stromangebots oder hoher Stromnachfrage verschoben werden. Die Speicherkapazitäten für elektrische Energie sind knapp. Die Stromerzeugung aus Wasserkraft ist an das Vorkommen von Wasser bei geeigneten Höhenunterschieden gebunden. Der Zubau an Pumpspeicher Kraftwerken ist stark begrenzt.

[0013] Die Nutzung der Schwerkraft fester Masseträger zur Speicherung elektrischer Energie ist unerforscht und unerschlossen.

Lösung

[0014] Die Speicherung elektrischer Energie durch das „bergauf“ pumpen von Wasser beruht physikalisch gesehen auf dem Anheben der Masse des Wassers. Alternativen zu den Pumpspeicher Kraftwerken

ergeben sich, wenn das Speichermedium Wasser durch beliebige Masseträger z. B. Gestein, Beton, Eisen ersetzt wird.⁹⁾¹³⁾

[0015] Die Grundgleichung für die potentielle Energie beinhaltet bei gegebener Schwerkraft nur die Variablen: Masse und Hubhöhe. D. h. zum Speichern nennenswerter Mengen an Energie sind große Massen möglichst hoch anzuheben.

[0016] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Verfahren und Vorrichtungen zu entwickeln, die die Schwerkraft zur Speicherung und Rückgewinnung elektrischer Energie nutzen und die Kapazitäten zur Speicherung elektrischer Energie erhöhen.

Hubspeicherkraftwerk schwimmend

[0017] Zeichnung 1 verdeutlicht die Funktionsweise eines schwimmenden Hubspeicher Kraftwerks.

[0018] Auf einem Schwimmkörper **5** sind zwei Kräne **3** angebracht. Die Seilwinden **2** heben und senken die Gewichte **4**, die frei im Wasser hängen. Die Seilwinden werden über Elektromotoren/Generatoren angetrieben.

[0019] Für die Erzeugung potentieller Energie bezieht die Seilwinde **2** den Strom aus dem Netz **1**.

[0020] Die Rückwandlung der potentiellen Energie erfolgt bei hoher Stromnachfrage. Dazu treiben die Gewichte **4** die Seilwinde **2** in entgegengesetzter Drehrichtung an. Der Elektromotor/Generator der Seilwinde **2** erzeugt Strom und speist diesen in das Netz **1** ein.

[0021] Zeichnung 2 zeigt eine vorteilhafte Anordnung, bei der zwei Seilwinden **2** direkt auf dem Schwimmkörper **5** angebracht sind. Sie heben gemeinsam das Gewicht **5**. Die Trommeln der Seilwinden ragen über den Rand des Schwimmkörpers, so dass das Seil senkrecht in das Wasser läuft. Das Seil wird über die Umlenkrolle **6** nach oben geführt und an dem Schwimmkörper befestigt. Diese Anordnung halbiert die erforderliche Zugkraft der Seilwinde. Mit der Hilfe von Flaschenzügen kann die erforderliche Zugkraft weiter verringert werden.

[0022] Folgende Vorteile eines schwimmenden Hubspeicherkraftwerks werden erreicht:
Schwimmende Hubspeicherkraftwerke können auf tiefen Gewässern errichtet werden. Da der Wasserstand des Gewässers durch die Bewegung der Gewichte unverändert bleibt, ist der Eingriff in die Natur gering.

[0023] Schwimmende Hubspeicherkraftwerke erfordern keine Staumauern, oder andere Eingriffe um den natürlichen Abfluss des Wassers zu regulieren.

[0024] Schwimmende Hubspeicherkraftwerke können vorzugsweise in den gefluteten Gruben des Braunkohle Tagesbaus (z. B. Lausitz, Garzweiler) errichtet werden und diese einer zweiten Nutzung zuführen.

[0025] Schwimmende Hubspeicherkraftwerke können auf See zusammen mit offshore Windparks errichtet werden und einen Teil des erzeugten Stroms zunächst zwischenspeichern.

[0026] Die Schwimmkörper der Hubspeicherkraftwerke können zusätzlich als Wellenkraftwerke¹³⁾ ausgebildet werden und elektrische Energie erzeugen.

[0027] Schwimmende Hubspeicherkraftwerke können mit Fotovoltaik Anlagen überdacht werden, so dass dieser Strom zunächst gespeichert wird und auch nachts, wenn die Sonne nicht mehr scheint, genutzt wird.

[0028] Schwimmende Hubspeicherkraftwerke erzielen alle Vorteile, die auch von Pumpspeicher Kraftwerken erbracht werden. (z. B. Regelenergie, Schwarzstarfähigkeit, Verschieben des Stromangebots, Reduzierung von Reservekapazität etc.)¹¹⁾

[0029] Eine Beispielrechnung 1 veranschaulicht die erzielbaren Speicherkapazitäten:

Der Masseträger (Zeichnung 2) besteht aus einem Quader mit den Kantenlängen $H \times B \times L$ von $4 \times 3 \times 100$ m. Das ergibt ein Volumen von 1.200 m^3 . Die Dichte beträgt ca. 4 t pro m^3 . Das Gesamtgewicht des Masseträgers beträgt dann unter Wasser:

$$1.200 \text{ m}^3 \times 4 \text{ t/m}^3 - 1.200 \text{ t} = 3.600 \text{ t.}$$

[0030] Bei der Verwendung von zwei Seilwinden mit je einer Umlenkrolle am Gewicht ist eine Zugkraft von 900 t je Seilwinde erforderlich.

[0031] Die gefluteten Gruben des Braunkohleabbaus sind bis zu 400 m tief. Eine Absenktiefe von 300 m erscheint dort realistisch. Damit entsteht bei einem Hub eine potentielle Energie in Höhe von:

$$3.600.000 \text{ kg} \times 300 \text{ m} \times 10 \text{ Ws/kg} \cdot \text{m} = 10.800.000.000 \text{ Ws} = 3000 \text{ kWh} = 3 \text{ MWh}$$

[0032] Haben die beiden Seilwinden zusammen eine Leistung von 1 MW , so dauert der Hub oder Absenkvorgang eines Gewichts 3 Stunden.

[0033] Die Beispielrechnung 2 veranschaulicht den Flächenverbrauch:

Ein Schwimmkörper mit den Maßen $H \times B \times L = 10 \times 100 \times 500$ m hat eine Wasserverdrängung von 500.000 m^3 . Die Tragkraft des Schwimmkörpers reicht aus 100 der Anlagen mit einer Gesamtleistung von 100 MW und einem Speicherinhalt von 300 MWh

gemäß Beispielrechnung 1 zu tragen. Der Schwimmkörper bedeckt eine Fläche von 50.000 m² = 50 ha.

[0034] Der Braunkohle Tagebau Garzweiler II hat eine Fläche von knapp 50 km². Rechnerisch könnten auf dieser Fläche 100 schwimmende Hubspeicherkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 10 GW Leistung und einem Speicherinhalt von 30 GWh potentieller Energie errichtet werden. Das entspricht dem 1.5 Speichervermögen aller deutschen Pumpspeicherkraftwerke.

Bezugszeichenliste

- 1 Stromnetz
- 2 Seilwinde
- 3 Kranausleger
- 4 Gewicht (Masseträger)
- 5 Schwimmkörper (Ponton)
- 6 Umlenkrolle

Patentansprüche

1. Verfahren und Vorrichtung zur Speicherung elektrischer Energie, **dadurch gekennzeichnet**, dass beliebige Masseträger in tiefen Gewässern angehoben werden und deren potentielle Energie in Höhe von 9,81 WS/kg·m verringert um die spezifischen Verluste der Vorrichtung mit der Hilfe von Stromgeneratoren in elektrische Energie zurück gewandelt wird.

2. Verfahren und Vorrichtung zur Speicherung und Rückgewinnung elektrischer Energie nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass eine mechanische Hubvorrichtung (z. B.: Seilwinde) auf einem Schwimmkörper (z. B. Ponton) angebracht wird und einen Masseträger bestehend aus schweren Materialien (z. B. Gestein, Beton, Eisen) in tiefen Gewässern hebt und senkt. Der Antrieb der Hubvorrichtung erfolgt über einen Elektromotor/Stromgenerator. Der Strom zum Antrieb des Elektromotors wird dem Netz entnommen. Für die Rückgewinnung der elektrischen Energie treibt das Gewicht des Masseträgers die Hubvorrichtung in entgegen gesetzter Richtung an. Der Stromgenerator der Hubvorrichtung erzeugt Strom und speist diesen in das Netz ein.

3. Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung und Speicherung elektrischer Energie dadurch gekennzeichnet, dass auf einem Schwimmkörper Anlagen zur Stromerzeugung aus Fotovoltaik oder Wind angebracht werden und eine Hubvorrichtung gemäß Anspruch 2 antreiben. Die Rückwandlung der potentiellen Energie in elektrische Energie erfolgt zeitversetzt bei hoher Stromnachfrage oder zur Erzeugung von Regelenergie.

4. Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung und Speicherung elektrischer Energie nach Anspruch 2

dadurch gekennzeichnet, dass die Schwimmkörper gleichzeitig als Wellenkraftwerke ausgebildet sind.

5. Verfahren und Vorrichtung nach Anspruch 2 dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Hubvorrichtungen (z. B. Seilwinden) über einen gemeinsamen Antrieb von nur einem Elektromotor/Stromgenerator angetrieben werden bzw. diese den Stromgenerator antreiben.

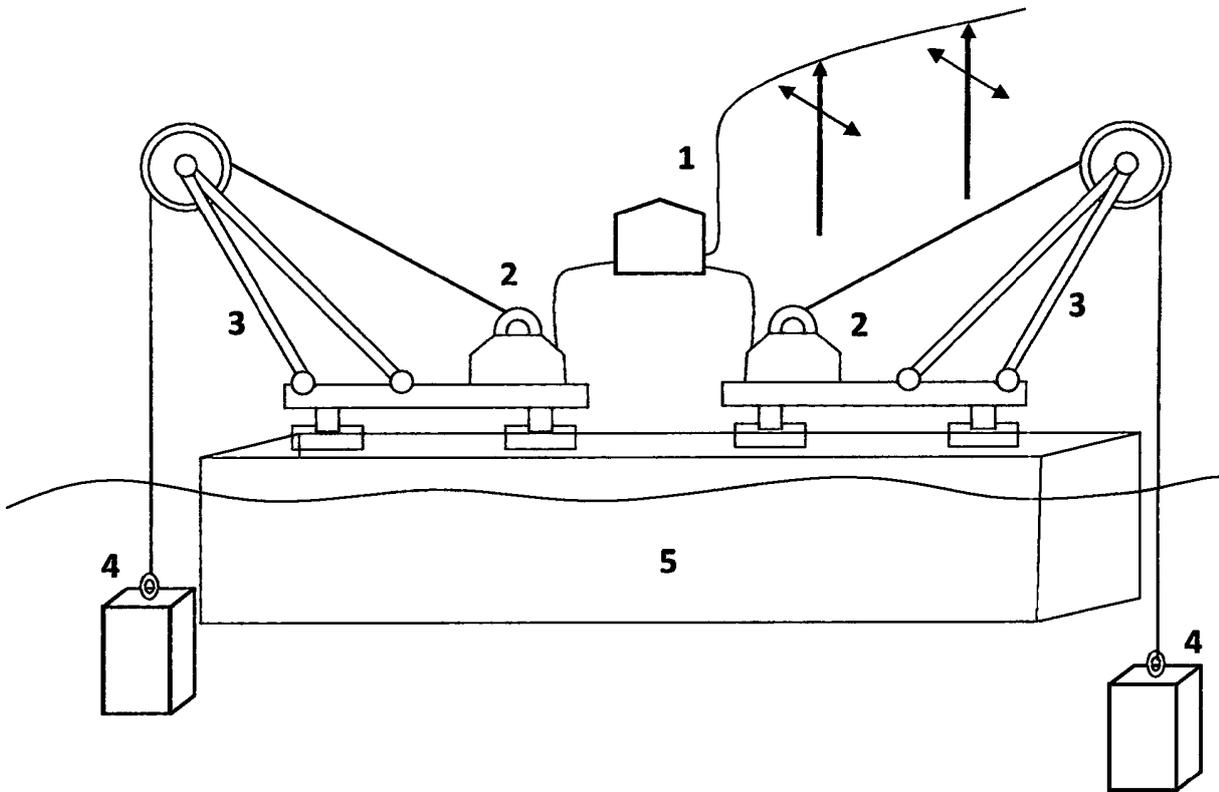
6. Verfahren und Vorrichtung nach Anspruch 2 dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuerung die Hubfrequenz der Hubvorrichtung und die Leistung des Elektromotors/Generators anstößt und auf das gewünschte Niveau einregelt.

7. Verfahren und Vorrichtung nach Anspruch 2 dadurch gekennzeichnet, dass ein EDV-System die Leistungsaufnahme sowie Leistungsabgabe des Gesamtsystems nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten anstößt und optimiert.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Zeichnung: 1



Zeichnung: 2

