



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

**Europäische
Eignungsprüfung**

**European
qualifying examination**

**Examen européen de
qualification**

Prüfungssekretariat

Examination Secretariat

Secrétariat d'examen

EUROPÄISCHE EIGNUNGSPRÜFUNG 2000

PRÜFUNGSAUFGABE A ELEKTROTECHNIK / MECHANIK

DIESE PRÜFUNGSAUFGABE ENTHÄLT:

- * SCHREIBEN DES MANDANTEN 2000/A(E/M)/D/1-6
- * ZEICHNUNGEN DES MANDANTEN 2000/A(E/M)/D/7-9
- * DOKUMENT D1 (STAND DER TECHNIK) 2000/A(E/M)/D/10-12
- * ZEICHNUNG VON DOKUMENT D1
(STAND DER TECHNIK) 2000/A(E/M)/D/13

SCHREIBEN DES MANDANTEN

Unsere Firma ist ein Erdgasversorgungsunternehmen, das Gasfelder sowohl an Land als auch im Meer ausbeutet und das gewonnene Erdgas speichert, bevor es an die Endverbraucher geliefert wird. Wir liefern das Gas an die Endverbraucher auch über ein Gasverteilungsnetz.

Da die Gasmenge auf dem Festland abnimmt, werden wir immer stärker von den Offshore-Lieferungen abhängig. Dies schafft eine Reihe von Problemen, da die meisten Offshore-Produktionsstätten nicht direkt mit unseren Gasaufbereitungs- und -verteilungsanlagen verbunden sind. Üblicherweise wird das Gas mit Spezialtankern zum Festland befördert, was uns zwingt, Lager mit großer Kapazität an Land zu unterhalten.

Einer unserer Mitarbeiter aus der Forschungsabteilung, Herr I. N. Ventor, hat untersucht, inwiefern Kavernen in Salzformationen zu diesem Zweck genutzt werden können. Wir fügen eine Kopie seines internen Berichts bei. Wie Herr Ventor in diesem Bericht erwähnt, ist es bekannt, Salzformationen für die Lagerung von Erdgas zu nutzen. Es ist auch allgemein bekannt, daß man in Salzformationen oft auf Erdgasvorkommen stößt. Das Dokument DI, das vor einigen Jahren veröffentlicht wurde, beschreibt auch ein Beispiel, bei dem solche Kavernen für die Speicherung von Energie genutzt werden.

Wir sind der Meinung, daß Herr Ventor in seinem Bericht einige wertvolle Vorschläge macht. Bitte arbeiten Sie eine Patentanmeldung aus, die sich auf Herrn Ventors Vorschläge bezieht.

Nationale Gasgesellschaft

Interner Bericht Nr. 20000405

Datum: 5. April 2000

Verfasser: I. N. Ventor

Betrifft: Energiespeichersysteme

Ich habe Energiespeichersysteme untersucht, insbesondere die Speicherung von Erdgas in unterirdischen Kavernen in Salzformationen. Es ist bereits bekannt, solche Kavernen für die Speicherung von Erdgas zu nutzen. Kavernen lassen sich in Salzformationen herstellen, indem man das Salz mit Wasser auflöst und dann die entstandene Sole entfernt. Da die Salzformationen erdgasundurchlässig sind und dem Innendruck gut standhalten, kann Erdgas unter Druck in diesen Kavernen gespeichert werden.

Bei einem bekannten System wird Gas unter Druck in die unterirdischen Kavernen gepumpt. Beim Füllen der Kaverne kann zum Verdichten des Gases eine Pumpe verwendet werden. Ein Teil der bei diesem Verfahren eingesetzten Energie läßt sich mit einer Turbine zurückgewinnen, wenn das Gas anschließend aus der Kaverne freigesetzt wird. Der Strom, der von einem an die Turbine gekoppelten Generator erzeugt wird, kann in das Stromnetz eingespeist werden.

In der Regel sind große Kavernen notwendig, damit erhebliche Mengen Erdgas gespeichert werden können. Bei sehr großen Kavernen baut sich allerdings kein bedeutender Druck innerhalb einer Kaverne auf, wenn diese nur eine relativ kleine Menge Gas enthält. In einem solchen Fall wird die Rückgewinnung des Erdgases kostspielig, da es aus der Kaverne herausgesaugt werden muß.

Ich schlage vor, die Speicherung und Rückgewinnung von Erdgas und Energie wie nachstehend beschrieben zu verbessern.

Die Figuren 1 und 2 veranschaulichen Beispiele für Systeme zur Speicherung und Rückgewinnung von Energie in Form von komprimiertem Erdgas.

Die Figur 3 veranschaulicht ein weiteres Beispiel für ein System zur Energiespeicherung.

Ein erster Speicher 1 ist als obere Kaverne in einer unterirdischen Salzformation 2 ausgebildet, die sich unter einer Erdschicht 3 befindet. Ein zweiter Speicher 5 ist als untere Kaverne in der Salzformation 2 unter dem ersten Speicher 1 ausgebildet. Ein Verbindungskanal 6 erstreckt sich zwischen dem unteren Teil des ersten Speichers 1 und dem unteren Teil des zweiten Speichers 5.

Oberirdisch umfaßt ein Rohrsystem 50 eine Zuleitung 54 von einem Erdgasvorrat 55, ein Einlaßventil 51, eine Zwischenleitung 52, ein Auslaßventil 53 und eine Austrittsleitung 56 zu einem Gasverteilungsnetz 11, das zu Endverbrauchern führt. Die Zwischenleitung 52 ist an einen oberen Teil des zweiten Speichers 5 über eine Leitung 18 angeschlossen, die als Bohrloch mit einer Auskleidung 20 ausgebildet ist. Die obere Kaverne ist über eine weitere Leitung 17, die als Bohrloch mit einer Auskleidung 19 ausgebildet ist, zur Atmosphäre 15 hin offen.

Wie aus Figur 1 ersichtlich, ist jeweils im unteren Teil der Speicher 1 bzw. 5 sowie im Verbindungskanal 6 ein Fluid 23 vorhanden, die dichter als das zu speichernde Gas 21 und mit diesem im wesentlichen nicht mischbar ist. Der Unterschied zwischen dem Niveau 24 und 25 des dichteren Fluids 23 im ersten und zweiten Speicher 1 bzw. 5 stellt die in dem System gespeicherte potentielle Energie dar, die aus dem Druckunterschied zwischen dem Gas 21 in den Leitungen 52 und 18 und dem Druck der Luft 15 in der Leitung 17 resultiert.

Das System nach der Figur 1 wird wie folgt betrieben: Im statischen Zustand, wie in der Figur 1 gezeigt, sind die Ventile 51 und 53 geschlossen. Steht am Einlaß der Leitung 54 ein Gasvorrat 55 zur Verfügung (z. B. weil ein Gastanker angekommen ist), wird das Einlaßventil 51 geöffnet. Das Gas, das für den Transport komprimiert worden ist, strömt durch die Leitungen 54, 52 und 18 in den zweiten Speicher 5. Das Gas, das unter Druck in den oberen Teil des zweiten Speichers 5 gepreßt wird, verdrängt zumindest einen Teil des dichteren Fluids 23 aus dem zweiten Speicher 5 über den Verbindungskanal 6 in den ersten Speicher 1. Dadurch steigt das Niveau 24 des dichteren Fluids 23, wodurch sich die in dem System gespeicherte potentielle Energie erhöht. Nach dem Entladen des Gastankers wird das Einlaßventil 51 geschlossen.

Soll das gespeicherte Erdgas zurückgewonnen und in das Gasverteilungsnetz 11 eingespeist werden, wird das Auslaßventil 53 geöffnet. Das dichtere Fluid 23 fließt dann infolge der Schwerkraft zurück vom ersten Speicher 1 zum zweiten Speicher 5. Dadurch strömt das Gas 21 vom oberen Teil des zweiten Speichers 5 über die Leitungen 18, 52 und 56 zum Gasverteilungsnetz 11.

Ist dem zweiten Speicher 5 ausreichend Erdgas entnommen worden, wird der Rückstrom des Erdgases durch Schließen des Auslaßventils 53 unterbrochen. Das System befindet sich dann wieder im statischen Zustand.

Die Figur 2 veranschaulicht ein anderes Beispiel für ein System zur Speicherung und Rückgewinnung von Erdgas. Das in der Figur 2 gezeigte System ähnelt im großen und ganzen dem in der Figur 1 gezeigten. Allerdings befindet sich in diesem Beispiel eine Pumpen-Turbinen-Einheit 8 auf der Bodenoberfläche 7 über dem ersten Speicher 1. Die Pumpen-Turbinen-Einheit 8 ist über eine Welle 10 mit einer Generator-Motor-Einheit 13 verbunden.

Die Generator-Motor-Einheit 13 ist mit einem Stromnetz (nicht gezeigt) verbunden und arbeitet entweder

- a) als Elektromotor, um die Turbine anzutreiben, wenn dieser mit Strom aus dem Netz versorgt wird, oder
- b) als elektrischer Generator, wenn dieser durch die Turbine angetrieben wird.

Die Pumpen-Turbinen-Einheit 8 arbeitet entweder

- a) als Pumpe zum Komprimieren von Gas, wenn diese durch den Elektromotor der Einheit 13 angetrieben wird, oder
- b) als Turbine, der komprimiertes Gas zugeführt wird und die dadurch rotiert, wobei der Generator der Einheit 13 in Rotation versetzt wird, um elektrische Energie zu liefern.

Das niederdruckseitige Ende der Pumpen-Turbinen-Einheit 8 kann entweder mittels einer Leitung 26, die mit einem Ventil 27 versehen ist, an das Gasverteilungsnetz 11 oder über eine Leitung 58, die mit einem Ventil 59 versehen ist, an die Zuleitung 54 angeschlossen werden. Das hochdruckseitige Ende der Pumpen-Turbinen-Einheit 8 kann über eine Leitung 28, die mit einem Ventil 29 versehen ist, an die Zwischenleitung 52 und die Leitung 18 angeschlossen werden.

In dem in Figur 2 gezeigten statischen Zustand sind die Ventile 27, 29, 51 und 53 geschlossen. Steht in der Gaszuleitung 54 überschüssiges Erdgas zur Verfügung, beispielsweise weil von einem Gas-tanker eine neue Ladung Erdgas in das System eingespeist wird, so kann das System auf zweierlei Weise betrieben werden.

Bei einer ersten Betriebsweise wird das Einlaßventil 51 geöffnet, und der weitere Betrieb erfolgt wie anhand der Figur 1 beschrieben. Das so im zweiten Speicher 5 gespeicherte Gas kann anschließend auf zweifache Weise zurückgewonnen werden. Wie in bezug auf Figur 1 erläutert, läßt sich das Gas einfach durch Öffnen des Auslaßventils 53 zurückgewinnen. Zweitens läßt sich das Gas durch Öffnen der Ventile 27 und 29 zurückgewinnen, wobei das komprimierte Gas auf seinem Weg zum Gas-verteilungsnetz 11 durch die Leitungen 18, 52 und 28, die Pumpen-Turbinen-Einheit 8 und die Leitungen 26 und 56 strömt. In dem letzten Fall kann die Turbine der Pumpen-Turbinen-Einheit 8 angetrieben werden, um einen Teil der in dem Gas enthaltenen Druckenergie zurückzugewinnen. Die zurückgewonnene Energie kann über den Generator der Generator-Motor-Einheit 13 in das Stromnetz eingespeist werden.

Bei einer zweiten Betriebsweise wird das Einlaßventil 51 nicht geöffnet. Statt dessen werden die Ventile 29 und 59 geöffnet. Das überschüssige Gas in der Leitung 54 wird so durch die Leitung 58, die Pumpen-Turbinen-Einheit 8 und die Leitungen 28, 52 und 18 in den zweiten Speicher 5 eingespeist. Bei dieser zweiten Betriebsweise arbeitet die Pumpen-Turbinen-Einheit 8 als Pumpe, und das Gas 21 kann dem zweiten Speicher 5 unter erhöhtem Druck zugeführt werden, wodurch sich die Kapazität des Speichers 5 erhöht. Die Rückgewinnung des Gases vom Speicher 5 kann auf zweierlei Weise erfolgen, wie in bezug auf die erste Betriebsweise des Systems nach Figur 2 beschrieben ist.

Ein System, ähnlich wie das in Figur 2 gezeigte, kann ganz allgemein für die Speicherung und Rückgewinnung von Energie verwendet werden. Ein Beispiel für ein solches System ist in bezug auf die Figur 3 beschrieben.

Der unterirdische Teil des in Figur 3 gezeigten Systems ist mit dem unterirdischen Teil des in Figur 2 gezeigten Systems identisch, abgesehen davon, daß der erste Speicher 1 zur Atmosphäre hin nicht offen ist. Wie in Figur 2 ist überirdisch eine Pumpen-Turbinen-Einheit 8 vorgesehen. Eine Leitung 26 ist an die Leitung 17 angeschlossen, und eine Leitung 28 ist an die Leitung 18 angeschlossen. Bei den in dem System verwendeten Fluiden handelt es sich um ein erstes Fluid 23 mit höherer Dichte und ein zweites Fluid 22 mit einer geringeren Dichte. Es ist möglich, eine Flüssigkeit als das dichtere bzw. schwerere Fluid und ein Gas als das weniger dichte bzw. leichtere Fluid oder zwei Flüssigkeiten mit unterschiedlicher Dichte zu verwenden.

Dieses System kann für die Speicherung von Energie benutzt werden, beispielsweise wenn der Bedarf an elektrischer Energie gering ist. Die gespeicherte Energie kann später zurückgewonnen werden, wenn der Bedarf an elektrischer Energie groß ist.

Zur Speicherung von Energie werden die Ventile 27 und 29 geöffnet, wobei die Pumpen-Turbinen-Einheit 8 als Pumpe arbeitet und Energie von einem Stromversorgungsnetz bezieht. In diesem Fall wird leichteres Fluid 22 von der Pumpen-Turbinen-Einheit 8 über die Leitungen 17, 26, 28 und 18 aus dem oberen Speicher 1 in den unteren Speicher 5 gepreßt. Dadurch fällt das Niveau 25 des dichteren Fluids 23 in dem unteren Speicher 5, und das Niveau 24 des dichteren Fluids 23 in dem oberen Speicher 1 steigt. Auf diese Weise wird die der Pumpen-Turbinen-Einheit 8 zugeführte elektrische Energie in potentielle Energie innerhalb des Systems umgewandelt, wobei diese Energie der vergrößerten Differenz zwischen dem Niveau 24 und 25 des dichteren Fluids 23 entspricht.

Zur Rückgewinnung der gespeicherten Energie werden die Ventile 27 und 29 geöffnet, wobei die Pumpen-Turbinen-Einheit 8 als Turbine arbeitet, und infolge der Schwerkraft fließt das in dem unteren Speicher 5 vorhandene leichtere Fluid 22 durch die Leitungen 18 und 28, die Pumpen-Turbinen-Einheit 8 und die Leitungen 26 und 17 zum oberen Speicher 1. Dadurch fällt das Niveau 24 des dichteren Fluids 23 in dem oberen Speicher 1, und das Niveau 25 des dichteren Fluids 23 in dem unteren Speicher 5 steigt. Auf diese Weise kann die innerhalb des Systems gespeicherte potentielle Energie zurückgewonnen werden, wobei diese Energie der verringerten Differenz zwischen dem Niveau 24 und 25 des dichteren Fluids 23 entspricht. Die zurückgewonnene potentielle Energie wird von der Pumpen-Turbinen-Einheit 8 und dem Generator der Generator-Motor-Einheit 13 in elektrische Energie umgewandelt und in das Stromnetz eingespeist.



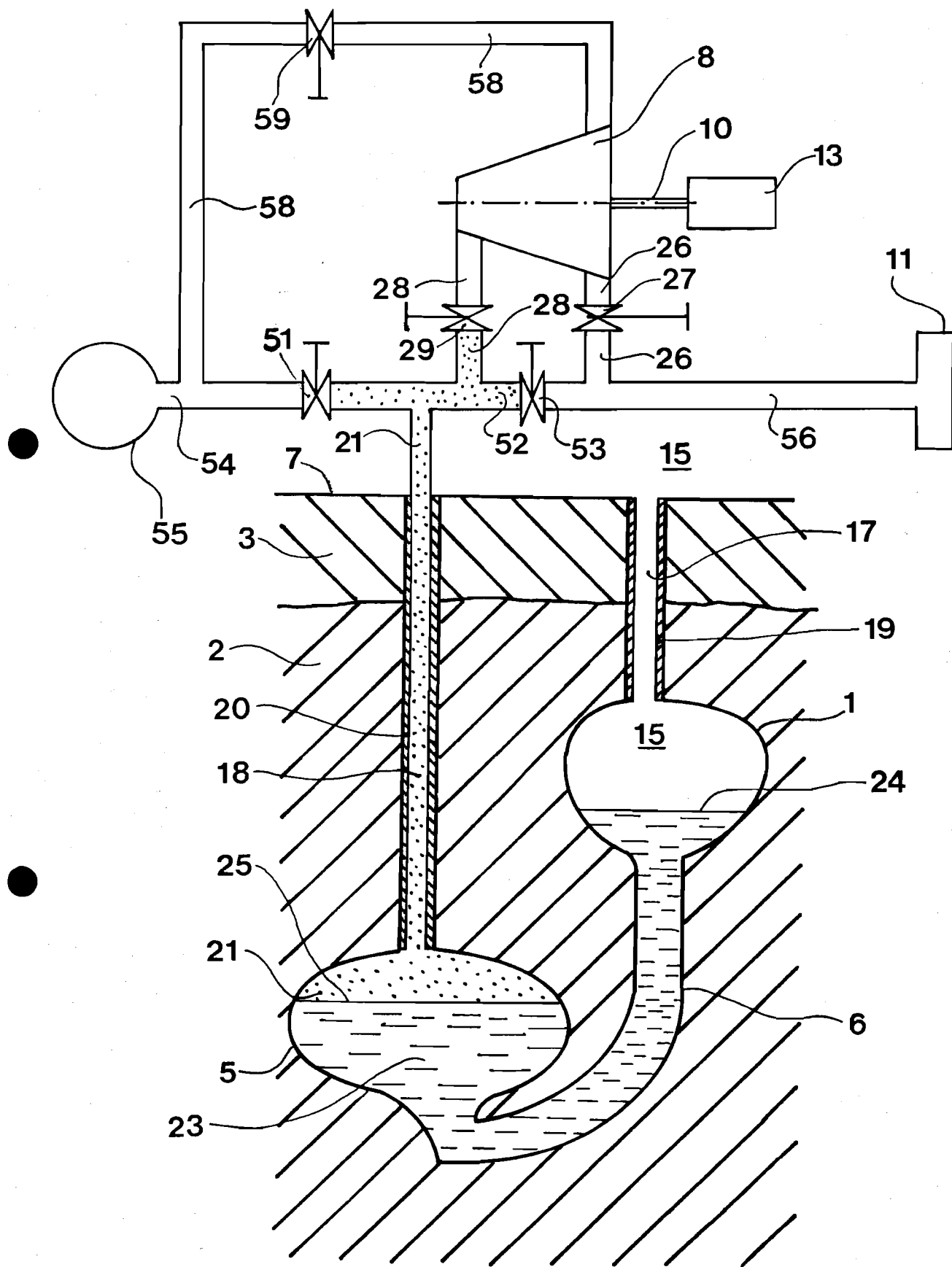


Fig. 2

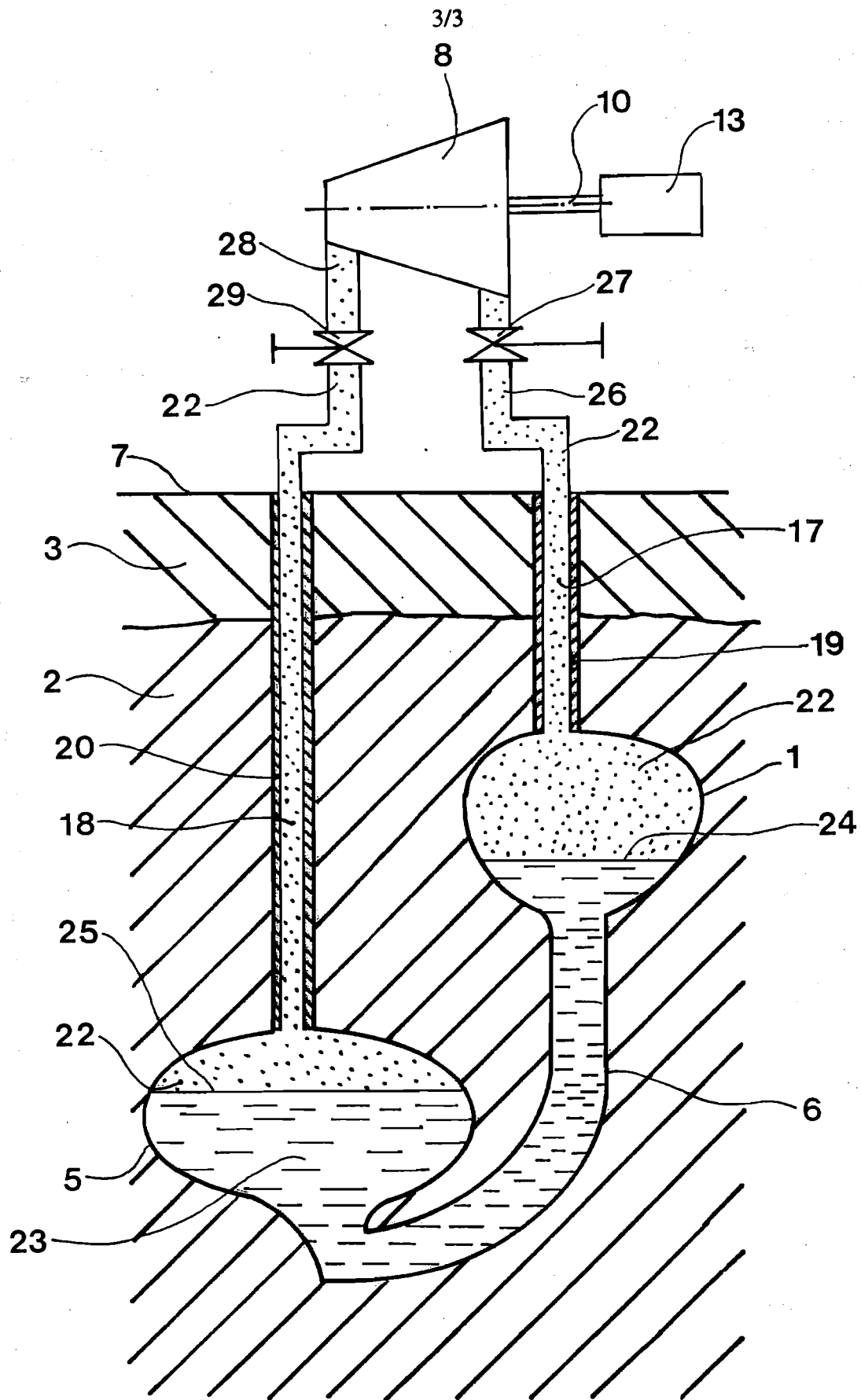


Fig. 3

DOKUMENT DI (Stand der Technik)

Die Erfindung bezieht sich auf Pumpspeichersysteme.

- Solche Pumpspeichersysteme sollen überschüssige Energie aus Stromerzeugungssystemen bei geringer Stromnachfrage oder außerhalb der Spitzenlastzeiten entnehmen, sie speichern und dann zur
- 5 Verwendung in Zeiten der Spitzennachfrage zurückgewinnen.

- Bekannte Pumpspeichersysteme liegen normalerweise an der Oberfläche und umfassen einen oberen und einen unteren Speicher. Rohre verbinden den oberen Speicher mit einem Kraftwerk und das Kraftwerk mit dem unteren Speicher. Zum Kraftwerk gehören eine Stromerzeugungs- und eine
- 10 Pumpeneinheit. In Starklastzeiten, wenn zusätzliche elektrische Energie benötigt wird, wird Wasser aus dem oberen Speicher zum Antrieb der Stromerzeugungseinheit zum Kraftwerk geleitet, wobei das abfließende Wasser zum unteren Speicher geleitet wird. In Schwachlastzeiten, wenn überschüssige elektrische Energie zur Verfügung steht, wird Wasser aus dem unteren Speicher in den oberen Speicher zurückgepumpt, bis in einer Starklastzeit wieder zusätzliche Energie benötigt wird.
- 15 Dieses System ist besonders nützlich im Gebirge, wo es praktisch überall Höhenunterschiede gibt und der Bau von Wasserspeichern keine allzu großen Schwierigkeiten bereitet.

- Im Flachland hingegen gibt es keine solchen Höhenunterschiede, oder die Höhenunterschiede reichen für eine effiziente Energierückgewinnung nicht aus. Ein Ziel der Erfindung besteht deshalb darin, ein
- 20 neues, preisgünstiges Pumpspeichersystem bereitzustellen, das nicht vom Vorhandensein von Oberflächen-Höhenunterschieden abhängig ist, sondern in den meisten Flachlandgebieten angewandt werden kann.

- Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung gehen aus der folgenden Beschreibung hervor, wobei
- 25 auf die beigelegte Zeichnung verwiesen wird.

In der Zeichnung ist ein erster Speicher 4 und ein zweiter Speicher 8 gezeigt. Wie in der Abbildung gezeigt, werden sowohl der erste Speicher 4 als auch der zweite Speicher 8 jeweils von Kavernen in einer Salzformation 12 unter der Erdoberfläche gebildet. Solche Kavernen können hergestellt werden, indem man Wasser zu gewünschten Stellen in der Salzformation leitet, das Salz auflöst, so daß Salzsole entsteht, und dann die Sole aus den Kavernen an die Oberfläche pumpt, was zur Kavernenbildung führt. Für diesen Zweck geeignete große Salzablagerungen sind in einer Reihe von Gegenden ohne Berge recht weit verbreitet. Man hat festgestellt, daß Salzformationen für Flüssigkeiten ziemlich undurchlässig und im wesentlichen druckbeständig sind.

- 10 Die Speicher 4 und 8 sind über Leitungen 20 bzw. 24 mit der Atmosphäre 22 verbunden. Wie in der Zeichnung dargestellt, befindet sich der Speicher 4 auf einer höheren Ebene als der Speicher 8. Der Speicher 4 könnte anstelle einer unterirdischen Kaverne wie im Beispiel der Zeichnung auch ein Speicher an der Oberfläche sein. Der Speicher 4 enthält eine geeignete Flüssigkeit 16. Es kann sich hierbei um jede beliebige Flüssigkeit handeln, in der Salz unlöslich ist, beispielsweise gesättigte Salzsole oder eine ölarartige Flüssigkeit.

- In der Salzformation 12 wird eine Kammer 28 an einer Stelle gebildet, die sich im allgemeinen zwischen dem Speicher 4 und dem Speicher 8 und nahe der Ebene des Speichers 8 befindet. Ein Schacht 48 erstreckt sich von der Kammer 28 zur Bodenoberfläche, um die Kammer 28 zugänglich zu machen. Eine in der Kammer 28 befindliche reversible Pumpen-Turbinen-Einheit 32 ist durch eine mechanische Kupplung 36 an eine Generator-Motor-Einheit 40 angekuppelt. Eine Leitung 44 erstreckt sich vom Bodenbereich des Speichers 4 zum Schacht 48 und von dort nach unten zur Pumpen-Turbinen-Einheit 32. Ein Ventil 52 steuert den Fluß der Flüssigkeit durch die Leitung 44. Eine weitere Leitung 56 erstreckt sich von der Pumpen-Turbinen-Einheit 32 zum unteren Teil des Speichers 8. Ein Ventil 60 steuert den Fluß der Flüssigkeit zwischen der Pumpen-Turbinen-Einheit 32 und dem Speicher 8. Die Pumpen-Turbinen-Einheit 32 kann eine herkömmliche Pumpenturbine zur Energierückgewinnung sein. Die Generator-Motor-Einheit 40 kann eine herkömmliche Maschine sein, die als Generator zur Erzeugung von elektrischer Energie arbeiten kann, wenn sie von einer externen Energiequelle angetrieben wird, oder als Motor, wenn der Einheit elektrische Energie zugeführt wird. Die Generator-Motor-Einheit 40 ist durch eine Leitung 64 an ein Stromnetz angeschlossen (nicht gezeigt).

- Im Betrieb wird gesättigte Sole 16 dem Speicher 4 in so ausreichender Menge zugeführt, daß das System ordnungsgemäß arbeiten kann. Wird elektrische Energie benötigt, werden die Ventile 52 und 60 geöffnet, so daß die Sole 16 durch die Leitung 44 zur Pumpen-Turbinen-Einheit 32 fließt, um sie anzutreiben. Die abfließende Sole fließt durch die Leitung 56 in den Speicher 8. Die Pumpen-
- 5 Turbinen-Einheit 32 ihrerseits treibt die Generator-Motor-Einheit 40 an, die elektrische Energie erzeugt, die durch die Leitung 64 in das Stromnetz eingespeist wird (nicht gezeigt). Die Sole 16 wird so lange zur Pumpen-Turbinen-Einheit 32 geleitet, bis entweder die Nachfrage nach elektrischer Energie zurückgeht oder die gesamte Flüssigkeit im Speicher 4 der Pumpen-Turbinen-Einheit 32 zugeführt worden ist. Da Sole in den Speicher 8 abgelassen wird, kann die Luft im Speicher durch die
- 10 Leitung 24 in die Atmosphäre hinausgedrückt werden.
- Wird keine elektrische Energie benötigt, vorzugsweise bei geringer Stromnachfrage, wird die Sole 16 im Speicher 8 in den Speicher 4 zurückgepumpt. Dies erfolgt dadurch, daß elektrische Energie über die Leitung 64 der Generator-Motor-Einheit 40 zugeführt wird, um den Motor und damit die
- 15 Pumpen-Turbinen-Einheit 32 anzutreiben. Die Einheit 32 pumpt dann Sole 16 aus dem Speicher 8 durch die Rohre 56 und 44 zurück in den Speicher 4, wo die Sole verbleibt, bis erneut elektrische Energie vom System benötigt wird.

ZEICHNUNG VON DOKUMENT DI (Stand der Technik)

1/1

22

