

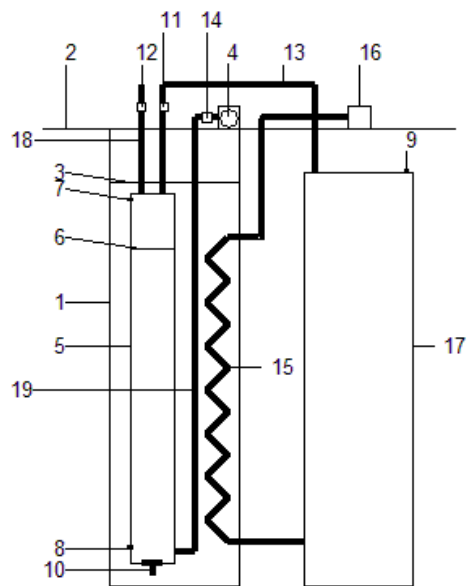
Využití podzemních prostor pro skladování energie pomocí stlačeného vzduchu

Jednou z možností uchování energie je použití stlačeného vzduchu, kdy stlačený vzduch je uchován v podzemních prostorách. Uvolnění energie je realizováno průchodem stlačeného vzduchu přes turbínu, na kterou je připojen generátor elektrické energie. Při průchodu stlačeného vzduchu turbínou dochází k adiabatickému rozpínání a následnému ochlazení, což v konečném důsledku vede k zamrznutí turbíny. Aby bylo možné se vyhnout tomuto nežádoucímu jevu, stlačený vzduch, který přichází do turbíny, je přehříván v tepelném výměníku s použitím fosilního paliva. Podíl z celkové vyprodukované energie, která odpovídá podílu fosilní složky, je okolo 20%. Nejedná se tedy o zcela čistý způsob uchování energie bez produkce kysličníku uhličitého. Při průchodu vzduchu kompresorem dochází rovněž zahřívání vzduchu a toto teplo je možné akumulovat a použít při přehřívání vzduchu, který proudí z komory na stlačený vzduch do turbíny a tím zvýšit celkovou efektivitu zařízení na uchování energie, nicméně není možné zcela se vyhnout použití fosilního paliva. Stlačený vzduch vstupující do turbíny mění výrazně svou teplotu při průchodu turbínou, což vyvolává pnutí a klade nároky na konstrukci turbíny. V současné době jsou v provozu dvě takováto zařízení na stlačený vzduch. První je Huntorf v Německu spuštěný v roce 1978 a druhé je McIntosh v USA spuštěný v roce 1991. Popis těchto zařízení je možné nalézt v *Rafid Al-Khoury, Jochen Bundschuh: Computational Models for CO2 Geo-sequestration & Compressed Air Energy Storage, 2014 Taylor & Francis Group, London, UK*. Použití stlačeného vzduchu je velmi efektivní způsob k uchování energie. Podrobný rozbor a srovnání různých způsobů uchování energie je analyzován v článku *Barnhard, Benson: On the importance of reducing the energetic and material demands of electrical energy storage, Energy and Environmental Science, 2013,6, 1083-1092*. Z analýzy provedené v této práci vyplývá, že uchování energie ve formě stlačeného vzduchu má větší potenciál než přečerpávací elektrárny, které se v současné době používají pro uchování energie v 99% případech. Jiný způsob uchování energie pomocí stlačeného vzduchu je popsán v patentové přihlášce UV34060 z roku 2022 s názvem *Zařízení pro opakované uskladnění energie ve formě stlačeného vzduchu a její opětovné řízené uvolnění a způsob opakovaného uskladnění energie ve formě stlačeného vzduchu a jejího opětovného řízeného uvolnění pomocí tohoto zařízení*, kde je představen nový způsob skladování a uvolňování energie pomocí stlačeného vzduchu. Tento způsob nevyžaduje použití fosilního paliva a je zcela ekologický. Toto zařízení se znázorněno na Obr. 1 a Obr. 2.

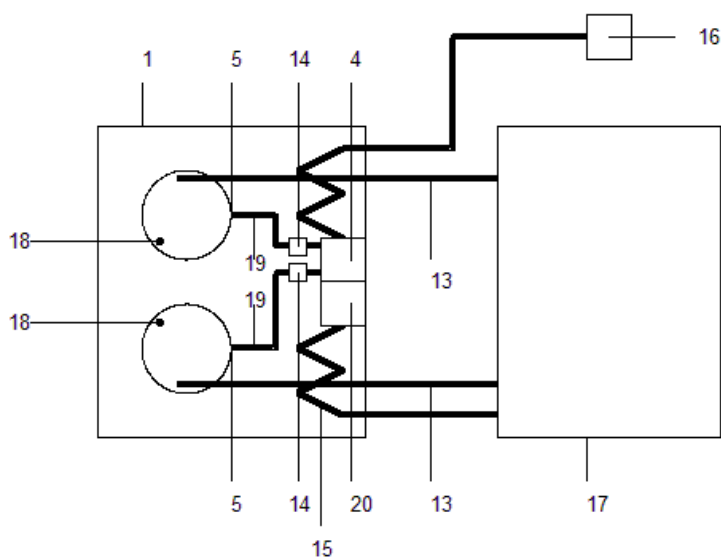
Seznam vztahových značek

- 1 poháněcí komora
- 2 povrch pod, kterým je zapuštěna poháněcí komora
- 3 hladina vody v poháněcí komoře
- 4 vodní turbína
- 5 poháněcí válec naplněný vodou a stlačeným vzduchem
- 6 hladina vody v poháněcím válci
- 7 tlakové čidlo ukazující tlak vzduchu v poháněcím válci
- 8 tlakové čidlo ukazující tlak vody v poháněcím válci
- 9 tlakové čidlo ukazující tlak vzduchu v komoře na stlačený vzduch
- 10 jednosměrný ventil propouštějící vodu z poháněcí komory do poháněcího válce
- 11 ventil pro vstup stlačeného vzduchu do poháněcího válce
- 12 ventil pro výstup vzduchu z poháněcího válce
- 13 trubka pro přívod stlačeného vzduchu
- 14 ventil pro přívod vody do vodní turbíny

- 15 tepelný výměník pro přestup tepla z ohřátého stlačeného vzduchu do vody v poháněcí komoře
- 16 kompresor
- 17 komora na stlačený vzduch
- 18 trubka pro vypouštění vzduchu z poháněcího válce
- 19 trubka pro přívod vody do vodní turbíny
- 20 elektrický generátor



Obr. 1: Boční pohled na zařízení pro ukládání energie



Obr. 2: Půdorys zařízení pro ukládání energie

Podstata vynálezu

Zařízení pro opakované uskladnění energie ve formě stlačeného vzduchu a její opětovné řízené uvolnění obsahuje vodní nádrž, ve které je usazena alespoň jedna sada dvou poháněcích komor opatřených napouštěcím ventilem ve svém dně, odvzdušňovacím ventilem u svého víka, potrubím pro přívod stlačeného vzduchu a potrubím pro odvod vody z poháněcí komory na vodní turbínu napojenou na elektrický generátor. Přenos energie stlačeného vzduchu na turbínu, nepřímo pomocí vody je zcela unikátní přístup, který překonává nevýhody expandujícího vzduchu proudícího na turbínu, způsobující její zamrzání, které řada technologií řeší různými krkolomnými ohřevy proudícího vzduchu.

Turbína je chráněna od přímého kontaktu s rozpínajícím se chladným vzduchem, jelikož je použito tlačené medium – voda. Ochlazování vzduchu a potažmo tlačené vody může být kompenzováno předeřátím tlačené vody během procesu stlačování vzduchu.

Způsob opakovaného uskladnění energie ve formě stlačeného vzduchu a jejího opětovného řízeného uvolnění pomocí tohoto zařízení pak spočívá v postupném přečerpávání stlačeného vzduchu do poháněcích komor částečně naplněných vodou. Voda je hnána tlakem rozpínajícího se vzduchu na vodní turbínu, která pohání generátor, zatímco druhá poháněcí komora se po odvzdušnění opět plní vodou. Poháněcí komory pracují v soustavě, díky čemuž voda na turbínu neustále proudí, jelikož voda z jedné komory je vypouštěna tlakem stlačeného vzduchu a hnána na turbínu a voda do druhé komory napouštěna poklesem tlaku vzduchu.

Komory se ve vypouštění a napouštění vody střídají, což je řízeno tlakem plynu. Během procesu dochází postupně k poklesu tlaku v zásobní nádrži na stlačený vzduch, což se projeví na aktuálních načerpaných výškách hladin vody v napouštěcích komorách. Komora na stlačený vzduch se pro uskladnění energie opět vzduchem doplňuje.

Celý systém je souhra objemů, výšek hladin vody, tlaků a průtoků, kdy lze jednotlivé parametry měnit a dopočítávat optimální podmínky řízení celého procesu, díky čemuž lze dimenzovat velikost zařízení, jeho skladovací kapacitu, rychlost generování energie atp.

Příklad provedení vynálezu

Několik příkladů průmyslového vynálezu je popsáno v patentové přihlášce. Zde bude popsáno jedno možné využití, které je spojeno s využitím těžebních jam na dole Frenštát, které byly vyraženy před více než třiceti lety, ale těžba na tomto dole nebyla nikdy zahájena a ani se v budoucnu neplánuje. V současné době jsou těžební jámy určeny k zasypání. Objem těchto jam $100\,000\text{ m}^3$ a jsou zcela stabilní. Potenciální investor položil otázku, zda by bylo možné využít tyto jámy v denním režimu následujícím způsobem:

V době, kdy je přebytek energie a je levná, stlačovat vzduch po dobu čtyř hodin.

V době, kdy je nedostatek energie a je drahá, energii uvolňovat do rozvodné sítě po dobu dvou hodin.

Byl spočítán výkon navrženého zařízení pro případ, že tlak v jámách kolísá v intervalu 50 a 70 at.

Při tomto rozmezí tlaků je možné uložit a zpětně uvolnit $480 \cdot 10^9\text{ J}$, což odpovídá $135 \cdot 10^3\text{ kWh}$. Při rozdílu 10 korun v cenách energie za 1 kWh ve výše zmíněných časových intervalech, by byl denní zisk 1,35 mil. korun. Z matematického modelu předloženého v patentové přihlášce vyplývá, že pro uvolnění energie ze stačeného vzduchu by bylo třeba 100 modulů sestávajících ze dvou válců o průměru 1 m a výšce 7 m, které by byly ponořeny do bazénu o hloubce 8 m. Tento bazén by měl rozměry $25 \times 25\text{ m}$. Jeden takovýto modul je znázorněn na Obr. 1 a Obr. 2.

Na zasypání jam je uvolněno 600 mil.

Byla oslovena firma OSPOL TECH v Ostravě, která by kompresor potřebných parametrů byla schopna dodat za 150 mil. Prozatím není známa cena jednoho modu, aby bylo možné vyčíslit náklady na celé zařízení. Do nákladu je třeba rovněž započítat cenu bazénu a ucpání dvojice jam.

Tato zařízení by mohlo být užitečné s rozvojem zelené energetiky.