

# Účinnost různých systémů ukládání elektrické energie

Veronika Šnajdrová, Tomáš Hlinčík, Karel Ciahotný

VŠCHT Praha, Ústav plyných a pevných paliv a ochrany ovzduší, Technická 5, 166  
28 Praha 6

*e-mail:snajdrov@vscht.cz*

## **Souhrn**

*Elektrická energie z obnovitelných zdrojů má velkou nevýhodu a tou je její nestabilní výroba a obtížná predikovatelnost, která je závislejší na aktuálním stavu počasí. V tomto případě může docházet buď k nedostatku energie, nebo v opačném případě k její nadvýrobě. Aby mohly být konvenční zdroje energie nahrazeny obnovitelnými, je třeba zařadit do elektrické sítě systémy pro akumulaci elektrické energie nebo ji přeměnit na energii chemickou.*

**Klíčová slova:** energie, obnovitelné zdroje, akumulace

## **Summary**

*The main disadvantages of electricity production from renewable energy sources are unstable production and difficulty to predict. Renewable electricity production depends on the current state of the weather. Therefore may be experienced either lack of energy, or overproduction. In order to substitute conventional energy sources by renewables, systems for storing electrical energy or convert it into chemical energy should be included in the electric network.*

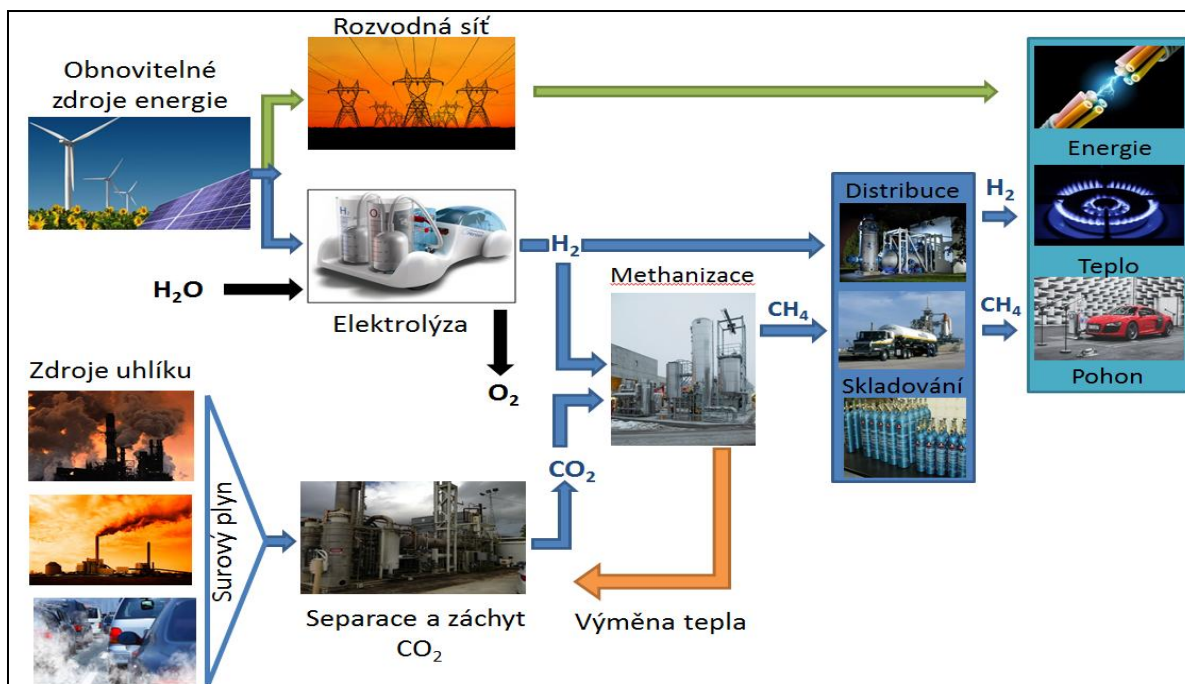
**Keywords:** energy, renewable sources, accumulation

## **Úvod**

Za účelem snížení závislosti na konvenčních zdrojích elektrické energie a snížení emisí oxidu uhličitého panuje v posledních letech snaha o rozvoj obnovitelných zdrojů energie. Mezi zdroje energie řadíme převážně tepelné a uhelné elektrárny a mezi obnovitelné zdroje řadíme převážně fotovoltaické, vodní nebo větrné elektrárny. Elektrická energie z obnovitelných zdrojů má velkou nevýhodu a tou je její nestabilní výroba, která závisí na aktuálním stavu počasí a tedy ji nelze nikdy přesně predikovat. V tomto případě může docházet buď k nedostatku elektrické energie, nebo v opačném případě k její nadbytečné výrobě. Aby bylo možné nahradit konvenční zdroje elektrické energie, je třeba zařadit do elektrické sítě systémy pro akumulaci elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Další možností ukládání elektrické energie je její přeměna na energii chemickou. Výroba chemické energie z přebytečné elektrické energie je známa pod pojmem „Power-to-Gas“.

## **Koncept „Power-to-Gas“**

Koncept „Power-to-Gas“ spojuje rozvodnou elektrickou síť s plynovodní sítí tak, že přeměňuje nadbytečnou elektrickou energii na chemickou pomocí dvoufázového procesu. V první fázi jde o produkci vodíku pomocí elektrolýzy vody a ve druhé fázi dochází k přeměně vodíku jeho reakcí s oxidem uhličitým na methan. Proces methanizace je možné vypustit a používat jako plyné palivo vodík. Jednotlivé kroky konceptu „Power-to-Gas“ jsou znázorněny na obr. 1.



**Obr. 1 Schéma konceptu „Power-to-Gas“**

## Technologie pro akumulaci elektrické energie

Akumulace elektrické energie je klíčovým aspektem nejen v konceptu „Power-to-Gas“, ale je důležitá i ve spojitosti s konvenčními zdroji energie. Nevýhodou konvenčních zdrojů energie, jako jsou elektrárny na fosilní paliva či jaderné elektrárny je jejich nárůst na plný výkon, který se pohybuje v rozmezí jednoho dne až několika týdnů. Obnovitelné zdroje energie (OZE) mají velkou nevýhodu v nestabilní výrobě energie, která závisí na aktuálním stavu počasí, který nelze nikdy s jistotou predikovat. Vzhledem k tomu, že elektrická síť musí být v neustálé rovnováze mezi výrobou a spotřebou elektrické energie činí nestabilní výkon OZE výrazné obtíže při řízení elektrické přenosové soustavy. Při nedostatečné výrobě elektrické energie z OZE musí být odběrové špičky kryty najížděním záložních zdrojů a naopak při nadměrné výrobě elektrické energie musí být některé zdroje odstavovány. Zároveň při nadměrné výrobě hrozí přetížení přenosové soustavy a následné výpadky dodávek elektrické energie. Řešením výkyvů z OZE je zařadit do elektrické sítě systémy akumulace elektrické energie [1].

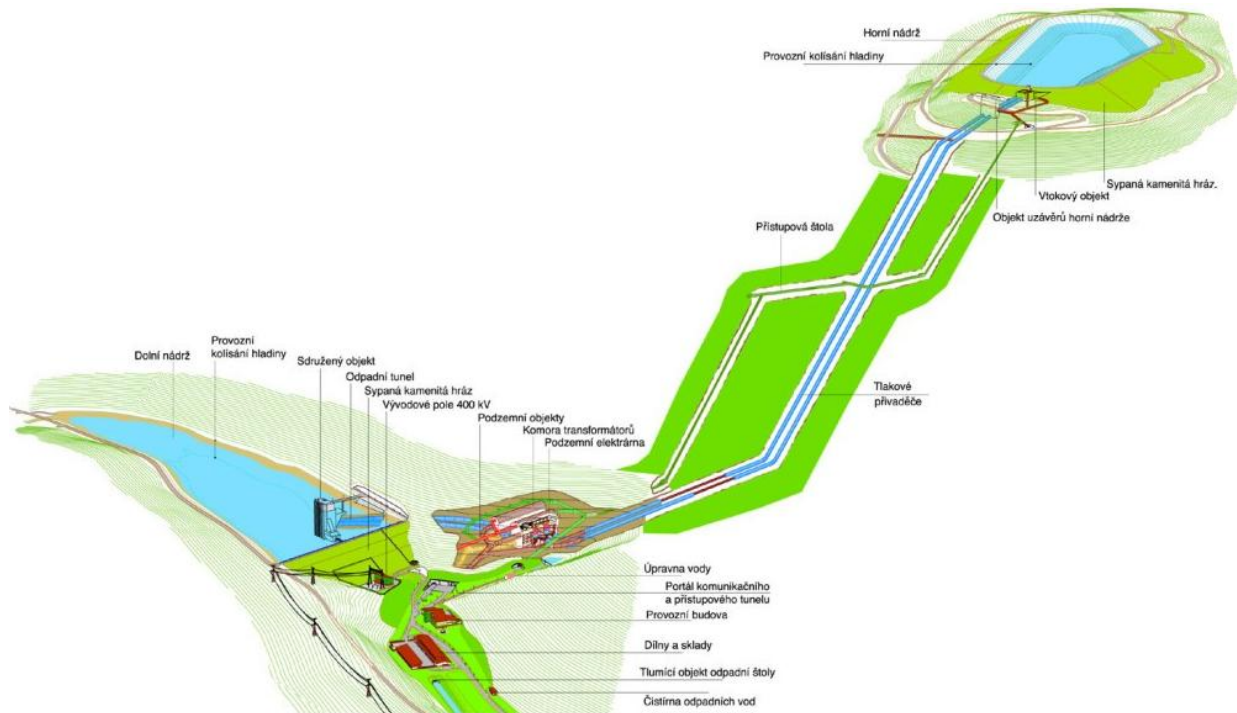
Existuje mnoho způsobů akumulace elektrické energie, kde se vždy jedná o přeměnu elektrické energie na jinou formu energie a v případě potřeby znovu zpět na elektrickou energii. V praxi se využívá mnoho technologií pro akumulaci elektrické energie, mezi ně patří přečerpávací vodní elektrárny, technologie akumulace stlačeným vzduchem, elektrochemické články, setrvačníky a další.

### **Přečerpávací vodní elektrárny (PVE)**

V dnešní době význam PVE stoupá především díky obtížně předvídatelnému výkonu obnovitelných zdrojů energie (OZE), jež jsou zdrojem výrazných výkyvů na výrobní straně výkonové bilance elektrizační soustavy. PVE dokáží díky velmi rychlému najetí elektrárny tyto výkyvy spolehlivě vyrovnávat.

Tato technologie využívá dvou zásobníků vody, které jsou umístěné v různém nadmořských výškách. Při ukládání energie je voda čerpána ze spodního do horního zásobníku. Naopak

při výrobě energie je voda z horního zásobníku vypouštěna dolů přes turbínu, která vyrábí elektrickou energii. Jako zásobníky vody slouží nádrže, jezera nebo řeky v horských oblastech, případně může být spodní zásobník uložen v zemi. Tento systém ukládání energie je v přenosových sítích nejběžnější. Účinnost PVE se pohybuje v rozmezí 50 – 85 %. V České republice máme tři PVE a to Štěchovice II, Dalešice a Dlouhé Stráně. Na obr. 2 je zobrazeno uspořádání PVE Dlouhé Stráně [2].

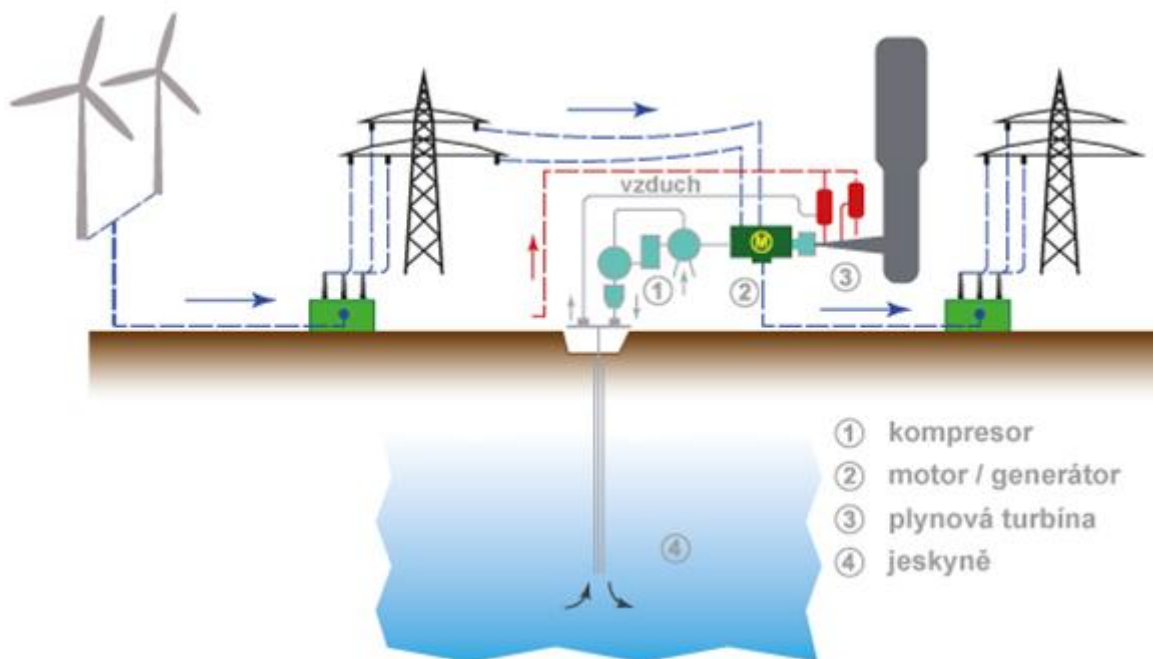


**Obr. 2 Uspořádání PVE Dlouhé Stráně**

### **Akumulace do stlačeného vzduchu**

Tato technologie akumulace energie, která je založená na využití stlačeného vzduchu (CAES = Compressed Air Energy Storage) by se měla v budoucnu využívat především u větrných elektráren, jelikož v současnosti dosahují největších výkonů z obnovitelných zdrojů energie.

Při akumulaci elektrické energie pomocí této technologie je vzduch vtlačěn kompresorem do zásobníku. Zpět je elektrická energie získávána expanzí vzduchu na turbíně. Zásobníkem zde mohou být přírodní jeskyně, nebo uměle vytvořené taverny. CAES může být použit pro akumulaci velkého množství elektrické energie. Účinnost CAES se pohybuje v rozmezí 27 – 70 %. Výhodou tohoto systému akumulace je vysoká doba skladování (více než jeden rok) a to hlavně z důvodu velmi malých ztrát vzduchu z kaveren. Hlavní nevýhodou je potřeba dostatečně velkých prostorů v podzemí, aby byla výstavba ekonomicky únosná [3]. Na obr. 3 je schématické znázornění technologie CAES [4].



**Obr. 3 Uspořádání technologie CAES**

### **Elektrochemické články**

Jedná se o chemický princip akumulace energie, kdy je energie uchovávána v chemických vazbách elektrodového materiálu a dochází k vratným reakcím elektrodového materiálu s ionty z elektrolytu. Do tohoto typu akumulace řadíme všechny akumulátory a superkondenzátory. Účinnost elektrochemických článků se pohybuje v rozmezí 75 – 95 %.

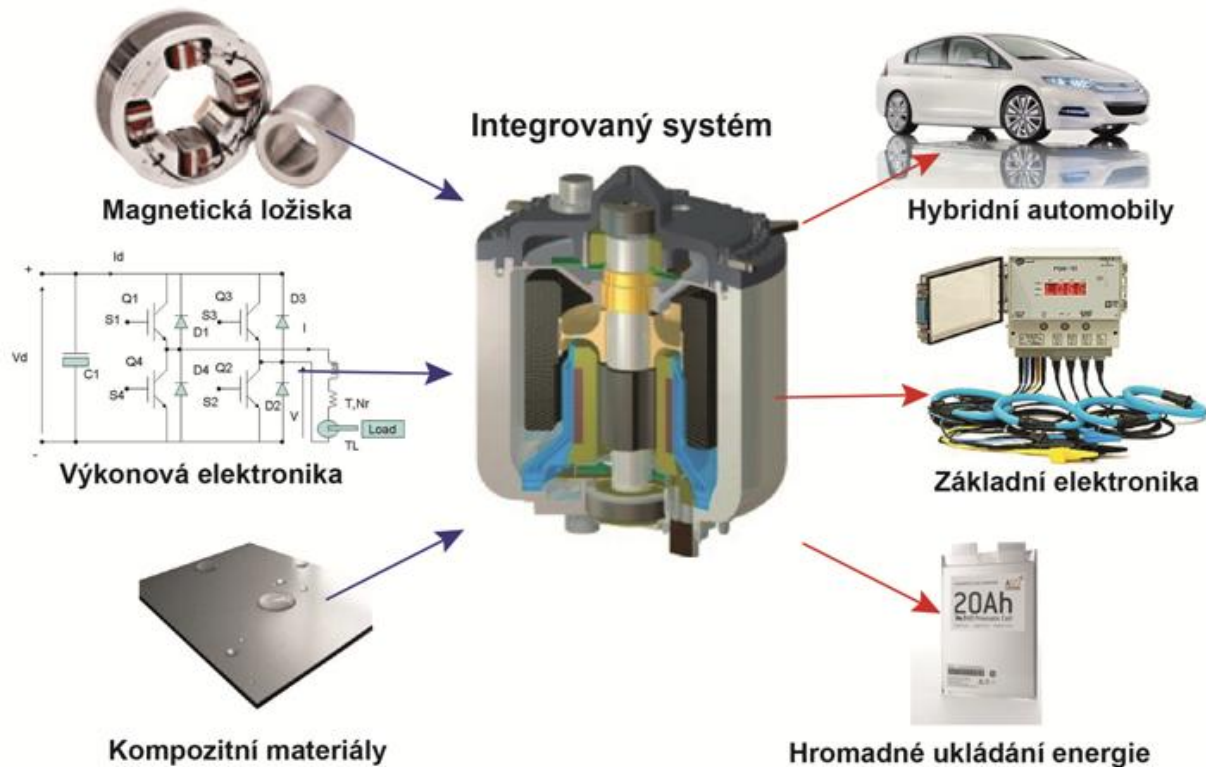
- **Pb akumulátory**  
Patří mezi nejstarší, nejznámější a nejvíce rozšířené akumulátory. Pb akumulátory vynikají zejména svoji odolností vůči nízkým teplotám, bezpečností a cenou. Velkou nevýhodou těchto akumulátorů je jejich ekologická zátěž [5].
- **Li-ion akumulátory**  
Tyto akumulátory mají velkou hustotu energie i účinnost. Jejich nedostatkem je vysoká cena a ztráta akumulační kapacity při hlubokém vybití, které se projevuje snižováním životnosti baterie. Díky jejich malé velikosti a hmotnosti jsou tyto akumulátory vhodné pro použití v přenosných zařízeních a pro krátkodobé zálohování energie [5].
- **Průtokové baterie**  
Skládají se ze dvou rezervoárů naplněných elektrolytem, který proudí elektrochemickým článkem. Hustota baterií je dána množstvím elektrolytu v rezervoárech, ale hustota výkonu je ovlivněna chemickými reakcemi probíhajícími na elektrodách. Svoji vysokou kapacitou jsou průtokové baterie vhodné na dlouhodobé zálohování energie. Průtokové baterie mají velkou kapacitu a nízké náklady, ale mají zároveň i nízkou hustotu energie [5].
- **Superkondenzátory**  
Vynikají svoji schopností přijmout velké množství náboje a to ve velmi krátkém časovém intervalu. Elektrický náboj zde není uchováván chemicky, ale fyzikálně, tedy elektrostatickou silou na povrchu elektrod. Nevýhodou je jejich samovybití, ale na druhou stranu se vyznačují vysokou cyklovatelností. Superkondenzátory se velice dobře hodí na krátkodobé pokrytí špičkových proudů [6].

## Setrvačníky

Setrvačníky fungují na principu uchování kinetické energie. Kinetická energie se získává pomocí elektrického příkonu, kterým se roztáčí rotor. Při ukládání elektrické energie je setrvačnick zrychlován elektrickým motorem. Elektrická energie je zpět získávána z generátoru, který je poháněn setrvačnickem. Moderní setrvačnick jsou vyrobeny z uhlíkových kompozitů, které jsou lehké a rotor tak dosáhne větší rychlosti. Setrvačnick se vyznačují vysokým výkonem, nízkou energií a velmi krátkou náběhovou prodlevou. Účinnost se pohybuje v rozmezí 90 – 95 %. Na obr. 4 je znázorněno využití setrvačnicku [7].

### Základní technologické součásti

### Aplikace



Obr. 4 Využití setrvačnicku

## Závěr

Aby bylo možné obnovitelné zdroje energie nahrazovat zdroji konvenčními, je třeba do elektrické sítě zařadit systémy pro akumulaci elektrické energie. V tab. 1 jsou znázorněny jednotlivé technologie s jejich účinnostmi [8]. V současnosti je vyvíjena řada technologií k ukládání elektrické energie. Lze předpokládat, že v budoucnu budou technologie pro akumulaci energie hojně používány a dále zdokonalovány.



<b>Systém</b>	<b>Účinnost [%]</b>
Přečerpávací vodní elektrárny (PVE)	50 – 85
Stlačený vzduch (CAES)	27 – 70
Elektrochemické články	75 – 95
Setrvačníky	90 – 95
Power-to-Gas: vodík*	48 – 62
Power-to-Gas: metan*	43 - 54

\* elektřina → plyn → elektřina + teplo (plynová turbína)

## Literatura

1. Schaaf, T.; Grünig, J.; Schuster, M. R.; Rothenfluh, T.; Orth, A. Methanation of CO<sub>2</sub> – storage of renewable energy in a gas distribution systém. Energy, Sustainability and Society, 2014, 4
2. <http://oenergetice.cz> (staženo 7. února 2017)
3. [www.tretpol.cz](http://www.tretpol.cz) (staženo 6. prosince 2016)
4. <http://oze.tzb-info.cz> (staženo 8. února 2017)
5. Hall, P.J. Energy-storage technologies and electricity generation, Energy Polyci 36, 2008, Pages 4353-4355.
6. Miller, J.R.; Simon, P. Fundamentals of electrochemical capacitor design and operation, Interface, Volume 17, Issue 1, Spring 2008, Pages 31-32, ISSN 1064-8208
7. Casey, Tina. Oil-Free Magnetic „Lubrication“ Drives New Flywheel Energy Storage Systems, Clean Technica, 2010
8. Fraunhofer – Energiewirtschaftliche und ökologische Bewertung eines Windgas-Angebotes, 2011, page 18