



STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA SDĚLOVACÍ TECHNIKY

110 00 Praha 1, Panská 856/3,

☎ 221 002 111, 📠 221 002 666, www.panska.cz, e-mail: sekretariat@panska.cz



ABSOLVENSTKÝ PROJEKT

VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE

Autor: **Dvořáček Tomáš, Skala Pavel, Spilka Vojtěch**

Studijní obor: **78-42-M/001
Technické lyceum**

Školní rok: **2012/2013**

Třída: **4.L**

Anotace

Práce popisuje základní principy výroby elektrické energie pomocí mechanické energie proudící vody nebo proudícího vzduchu, jaderné energie, solární energie a tepelné energie. Každý uvedený způsob výroby je fyzikálně popsán a jsou uvedeny jeho výhody a nevýhody. Princip výroby elektrické energie přeměnou energie proudícího vzduchu ilustruje vyrobený model Windbeltu.

Annotation

This work describes basic principles of electric power generation based on mechanical energy of water or air flow, nuclear energy, solar energy and thermal energy. Each of principle is describe using physical law and there are written advantages and disadvantages in this work. Electric power generation based on mechanical energy of air flow is shown by Windbelt.

Úvod

Vzhledem k našemu zájmu v budoucnu studovat na FEL či FS ČVUT jsme se rozhodli naši práci zaměřit technickým směrem. V posledních letech velice stoupá poptávka po energii a pokud možno po levné energii. Honba za uspokojením lidstva způsobila dramatický nárůst oxidu uhličitého v atmosféře. Zásoby uhlí, ropy a zemního plynu budou za několik let vyčerpané a jejich cena tak postupně roste. Proto je třeba hledat alternativní zdroje a to je jeden z důvodů výběru této práce.

Získávání energie je téma, které se bude řešit i za mnoho let. Myslíme si, že by nebylo špatné zasáhnout do jeho vývoje. Zároveň se chceme naučit něco nového a v budoucnu použít k dalšímu studiu. Cílem této práce je tedy popsat principy fungování jednotlivých typů elektráren. Napsat jejich výhody a nevýhody, z jakých součástí se skládají, jejich účinnost, cenu výroby elektrické energie a zastoupení různých typů elektráren ve světě. Pokusíme se také popsat historii jejich vývoje a zmínit základní informace o vynálezci, kteří se rozvoji nebo zdokonalení technologií elektráren podíleli. Výčet jednotlivých typů elektráren by nebyl úplný bez pohledu na alternativní zdroje energie a výhledů do budoucnosti.

Součástí práce je také výroba funkčního modelu jednoho z vybraných typů elektráren a proměření jeho základních fyzikálních parametrů.

Vodní elektrárny

HISTORIE

První zmínky o získávání energie z vodních toků pocházejí již ze starověku. Tehdy lidé používali vodní kolo. V Indii a Číně se vodní kola používala ke zdvihání vody již 3000 let př. n. l. Okolo roku 2500 př. n. l. se v Egyptě a Mezopotámii používali vodní mlýny. Odtud se jejich používání rozšířilo do Evropy. První zmínka o vodním mlýnu v Českých zemích je z roku 718. Největší rozvoj vodních mlýnů nastal za vlády Karla IV. Ve čtrnáctém století se začínají konstruovat první vodní kola se svrchním náhonem, což zvyšovalo jejich účinnost. V naší zemi se začala vodní kola vyrábět v roce 1698. Kola pro čerpání vody se řadila do celých soustav vedle sebe. V 18. století byla výstavba vodních kol podložena teoretickými pracemi. Jedním z teoretiků byl např. švýcarský matematik Leonard Euler. Jeho práce byla podkladem pro výstavbu Eulerova stroje, jehož účinnost dosahovala až 70 %. V průběhu 19. století se vodní energie začala využívat k přeměně na elektrickou energii. První vodní elektrárna je dokumentována v USA ve Wisconsinu v roce 1882. Postavil ji americký vynálezce Thomas Alva Edison. V Českých zemích se začalo nejdříve s výstavbou jezových vodních elektráren. V roce 1913 se zde nacházelo přes 4000 vodních elektráren. Velký rozvoj nastal po 1. světové válce. Jednou z firem, která zde vyráběla turbíny, byla firma Ignác Storek. Ta zakoupila všechny patenty českého vynálezce Viktora Kaplana (1876 - 1934). Po 2. světové válce byl rozvoj vodních elektráren utlumen. Jedním z důvodů bylo také jejich znárodnění.

PROČ PŘÁVĚ VODNÍ ELEKTRÁRNA

Voda patří mezi obnovitelné zdroje energie. Často se využívá vodních toků. Jejich výhodou je především možnost akumulace ve vodních nádržích a následné využívání podle potřeb přenosové soustavy. Vodní elektrárna má tyto výhody: možnost úplné automatizace bez rizik katastrofy, vzhledem k jednoduchému a bezpečnému technologickému provozu; nízká poruchovost; vysoká účinnost. Dále neznečišťuje ovzduší kouřem, uhlikatými oxidy a oxidy síry jako tepelné elektrárny. Neznečišťuje povrchovou ani podzemní vodu jako tomu bývá při těžbě uranu, nemusíme řešit ukládání odpadu jako u jaderné elektrárny. Výhoda, která se na první pohled nezdá důležitá, je nezávislost na ostatních státech. Z hlediska dovozu paliv jsme již v dnešní době závislí na dovozu ropy, zemního plynu a uranu.

ZDROJE VODNÍ ENERGIE

Voda je v přírodě nositelem třech druhů energie. Chemické, tepelné a pro účely naší práce hlavně energie mechanické. Energie vody je dána koloběhem vody na zemské kouli a jejím celkovým objemem. Vodu v oběhu udržuje energie Slunce, jedná se tedy o obnovitelný zdroj energie. Mechanická energie vod v přírodě zahrnuje mechanickou energii atmosférických srážek, mechanickou energii ledovců, mechanickou energii moří a oceánů a mechanickou energii vodních toků.

Mechanickou energii atmosférických srážek reprezentuje energie téměř 100 000 km³ vody. Přímé využití této energie je kvůli malé koncentraci srážek a jejich nepravidelnému výskytu prakticky nemožné. Využití mechanické energie ledovců je také problémové. Nenašel se zatím žádný způsob, jak ji využít, navíc případné využívání by ohrožovalo klima země. Mechanická energie moří a oceánů se projevuje jako odliv, příliv a také vlnění. Odliv a příliv je způsoben gravitační silou, kterou na Zemi (a hlavně na masy vod v oceánech) působí Měsíc a Slunce. Zvyšování a snižování vodní hladiny

přichází pravidelně a rozdíl výšky hladin se pohybuje v rámci jednotek metrů. Nastává zde ale problém s nerovnoměrnou výtěžností. Ten lze vyřešit pomocí přečerpávání. Hydroenergetický potenciál přílivu a odlivu je přibližně stejný jako potenciál říčních toků. Energie mořských vln je velmi problematická záležitost. Vlny jsou vytvářeny větrem a jsou tedy nepravidelné. Získávat energii v celé ploše oceánů je naprosto nemožné a při stavbě elektráren na určitých místech by bylo možné využít pouze zlomek této energie. Mechanická energie vodních toků je v současné době využívána nejvíce. Její poměrné zastoupení vůči ostatním zdrojům je však minimální.

ŘÍČNÍ ELEKTRÁRNY

Vodní elektrárny můžeme rozdělit podle několika hledisek. První z nich je podle řešení využití vodní energie toku.

- Říční: Elektrárna je postavena přímo na řece a proud vody směřující k turbínám není odváděn mimo hlavní tok řeky.
- Derivační: V tomto případě je voda odváděna kanálem či potrubím mimo hlavní tok k turbínám. Od turbín teče zpět do koryta řeky.



Obrázek 1: Schéma říčního a derivačního řešení vodní elektrárny. Vlevo říční, vpravo derivační

Další dělení vodních elektráren můžeme provést dle výšky spádu:

- Nízkotlaké: Tyto elektrárny jsou povětšinou postaveny na jezích a to kvůli malému spádu. U těchto elektráren je spád maximálně 20 m. Dále není třeba stavět kanál, který by přiváděl či odváděl vodu, protože strojovna je součástí vzdouvacího tělesa. V tomto typu elektrárny se často používá Kaplanova turbína.
- Středotlaké: Spád je v rozmezí 20 m až 100 m. Jedná se o nejčastější typ vodní elektrárny. V této elektrárně se používají Kaplanovy a Francisovy turbíny.
- Vysokotlaké: Nejčastěji se s těmito elektrárnami setkáme v údolních přehradách, kvůli velikému spádu, ten činí přes 100 m. Umístěna je buď na okraji přehrady nebo až ve větší vzdálenosti od ní. Jedná se tedy buď o říční nebo derivační řešení. Mezi nejčastěji používané turbíny v tomto typu zařízení se řadí turbína Francisova nebo Peltonova.

Dělení elektráren podle způsobu akumulace vody:

- Průtočné: Tyto elektrárny nemají žádný akumulací prostor a jsou tak závislé na okamžitém průtoku vody. Je dobré je proto stavět na tocích, kde voda teče celý rok rovnoměrně. Často se stavějí u jezů, kde má voda poměrně malý spád.
- Akumulační s přirozenou akumulací: Tyto elektrárny mají k dispozici zadržovací nádrž, do které přitéká voda přirozenou cestou. Jsou tedy stavěny na přehradách. Plné zatížení je zde pouze v době nejvyšší spotřeby energie v rozvodné síti tedy při tzv. špičce. Pod těmito elektrárnami se stavějí vyrovnávací nádrže, které vodu prošlou turbínami vypouštějí rovnoměrně po celý den. Spád je zde obvykle střední či vysoký tedy 20 metrů a větší.

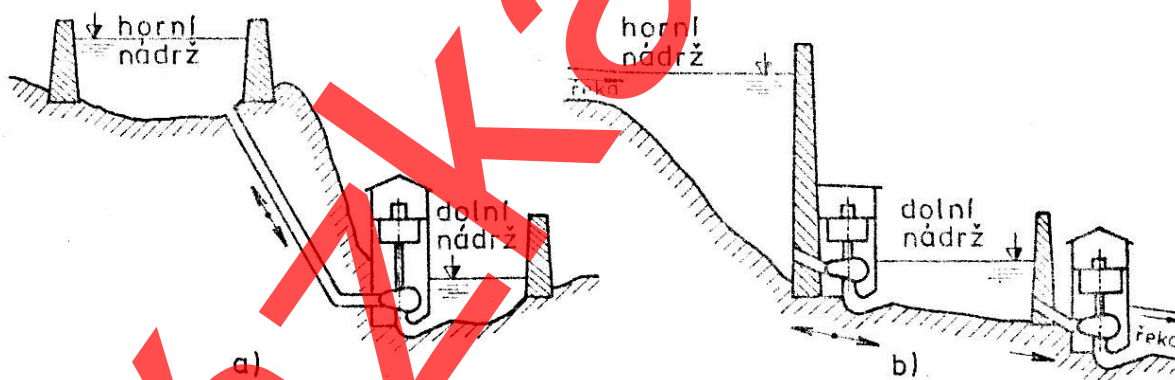
PŘEČERPÁVACÍ ELEKTRÁRNY

Přečerpávací vodní elektrárny jsou pak zařízením poněkud zvláštním, avšak jejich využití se stále zvyšuje. V případě, že je v přenosové síti velký přebytek energie, v praxi například při velkém výkonu množství větrných elektráren při silném větru, tato elektrárna přečerpá vodu ze spodní akumulární nádrže do horní akumulární nádrže. Tímto krokem přemění energii elektrickou na potenciální energii vody. Tato energie se pak využije ve špičce, kdy voda proteče z horní nádrže do dolní přes turbíny a potenciální energie vody se změní opět na energii elektrickou.

Přečerpávací vodní elektrárny mají určité požadavky na umístění a stavbu, zvláště pokud chceme dosáhnout vysoké účinnosti. Mezi tyto požadavky řadíme:

- veliký objem akumulární nádrže;
- co největší spád;
- co nejlepší průtok, výkon a spotřebu;
- blízkost k místu největší spotřeby elektrické energie.

Dále můžeme zkonstruovat dva typy přečerpávacích vodních elektráren a to s umělou či smíšenou akumulací. Ty s umělou akumulací nemají přirozený přítok do horní akumulární nádrže. Dolní nádrž je často postavena na toku a odtud se čerpá voda. To samozřejmě zamezuje ztrátám vody vlivem vypařování či prosakování. U elektráren se smíšenou akumulací je pak horní nádrž nejčastěji přehrada. Dolní nádrž je také postavena na toku a slouží také jako nádrž vyrovnávací. U smíšených je spád menší než u elektráren s umělou akumulací. Jedním z důvodů je také malá průtoková elektrárna umístěná pod spodní nádrž elektrárny se smíšenou akumulací.



Obrázek 4: Schéma elektrárny a) s umělou, b) se smíšenou akumulací

Existují celkem tři způsoby uspořádání soustrojí v přečerpávací vodní elektrárně.

- čtyřstrojové uspořádání: turbína-generátor a motor-čerpadlo (viz Obrázek 5a));
- třístrojové uspořádání: čerpadlo-turbína- motorgenerátor (viz Obrázek 5 b));
- dvoustrojové: reversní turbína- motorgenerátor (viz Obrázek 5 c)).

ENERGETICKÝ POTENCIÁL TOKU

Energie vody se vyskytuje v těchto formách:

- potenciální polohová energie

$$E_p = m \cdot g \cdot H;$$

- potenciální tlaková energie

$$E_{tl} = m \cdot \frac{p}{\rho};$$

- kinetická energie

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2};$$

V těchto vztazích m značí hmotnost, g velikost tíhového zrychlení, H spád, p tlak, ρ hustotu vody a v velikost rychlosti proudící vody.

Celkový teoretický výkon elektrárny se následně počítá ze vztahu:

$$P = g \cdot \rho \cdot H;$$

kde Q značí průtok turbínou.

Pomocí tohoto vzorce však spočítáme pouze teoretickou hodnotu výkonu elektrárny. Skutečný výkon bude nižší vlivem ztrát na vtokovém objektu, přivaděči, turbíně, generátoru atd. Pro výpočet reálného výkonu elektrárny proto použijeme vztah:

$$P = g \cdot \rho \cdot H \cdot Q;$$

kde η je celková účinnost přeměny elektrické energie soustavy. Pro předběžné orientační určení výkonu elektrárny se používá hodnota $\eta = 0,75$.

Parametry elektrárny

Mezi základní parametry popisující činnost elektrárny patří spád, průtok turbínou a hltnost turbíny.

Spád je rozdíl hladin mezi dvěma úseky toku. Rozlišujeme ho na dva typy:

- Hrubý spád (*brutto*) je celkový spád mezi dvěma úseky řeky. Počítá se jako výškový rozdíl hladin vody.
- Užitný spád (*netto*) je spád měřený těsně před turbínou a za ní. Maximální užitný spád je největší spád, na kterém lze danou turbínu použít. Při jmenovitém spádu má turbína nejlepší hydraulické vlastnosti. V tomto případě dosahuje tzv. jmenovitých otáček a její účinnost dosahuje nejvyšších hodnot.

Průtok turbínou je množství vody, které turbínou proteče za jednu sekundu.

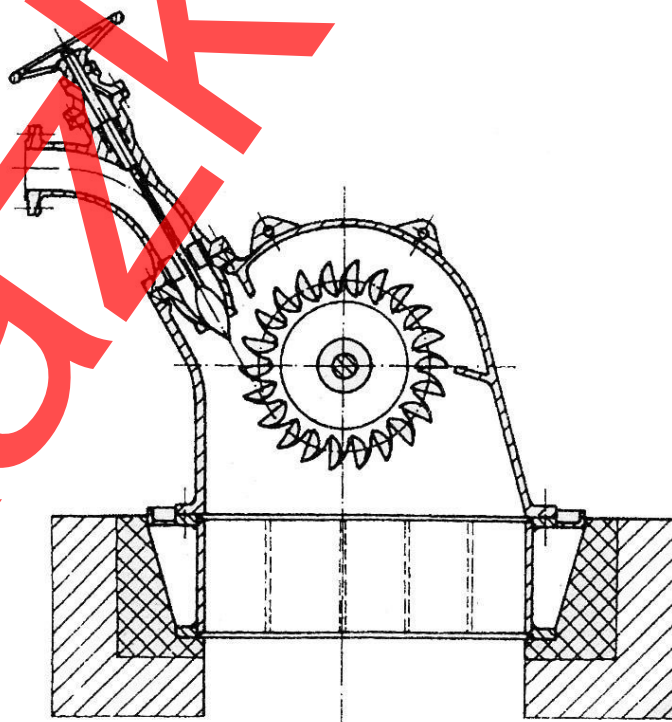
Hltnost turbíny je maximální průtok vody při daném spádu. Turbína dosahuje tzv. jmenovité hltnosti při jmenovitém spádu.



Obrázek 9: Kaplanova turbína z Orlické přehrady

Peltonova turbína

Peltonova turbína byla vynalezena Lesterem Allanem Peltonem (1829–1908) v roce 1880. Peltonova turbína je tangenciální a nejčastěji používaná rovnotlaká turbína. Proud vody je přiváděn potrubím, na jehož konci je zúžená tryska. Zde se zvyšuje velikost rychlosti tryskající vody. Tím se zvyšuje i její kinetická energie. K regulaci proudu vody slouží tzv. jehla, která se dokáže do trysky zasunout a omezit tak průtok vody. Lopatky připevněné ke hřídeli mají miskovitý tvar.



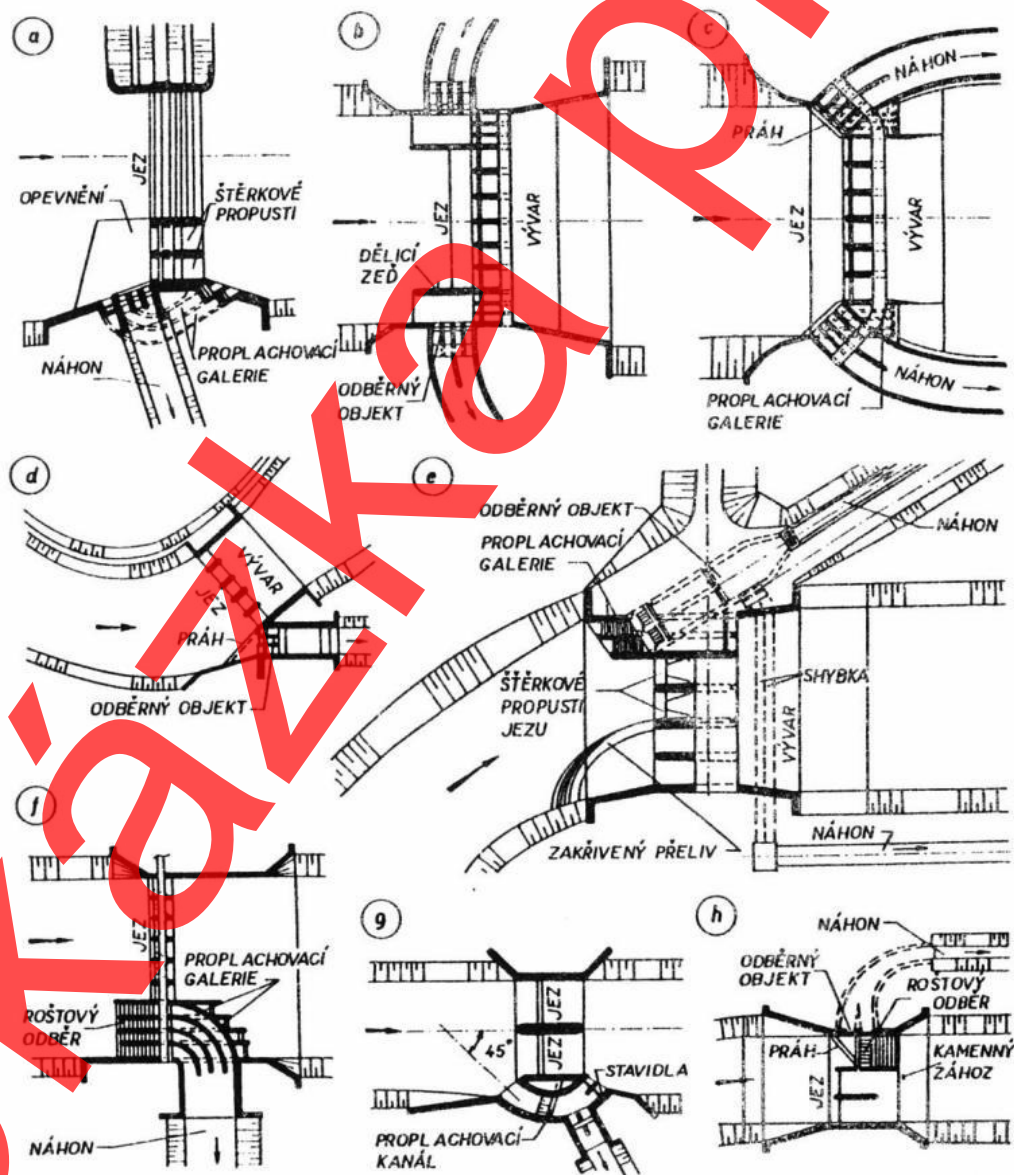
Obrázek 10: Peltonova turbína

Pro bezproblémové fungování dnového odběru platí několik zásad:

1. odběrný kanál se musí umístit do oblasti přímého toku vody;
2. sklon dna by měl být přibližně 20° ;
3. česle by měly mít kruhový nebo kapkový profil;
4. česle by měly být odnímatelné.

Typy odběrů vody u beztlakových vtokových objektů

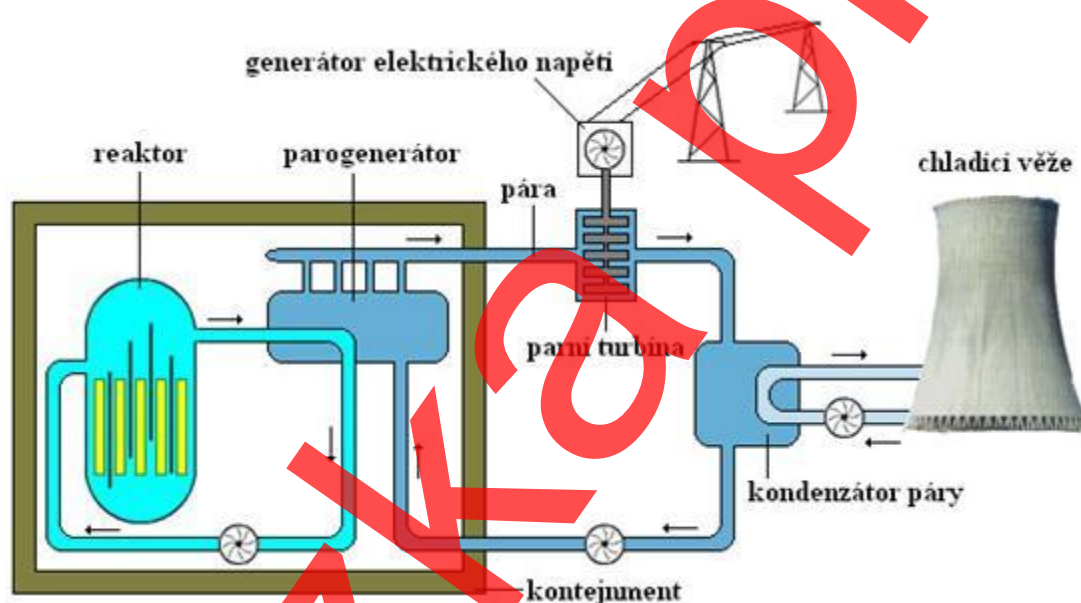
- jednostranný boční odběr (viz Obrázek 17 a));
- boční odběr oboustranný (viz Obrázek 17 b), c));
- odběry využívající příčné cirkulace proudění v řece (viz Obrázek 17 d), e));
- jednostranný čelní odběr (viz Obrázek 17 f));
- odběry ze zakřiveného koryta vedle jezu (viz Obrázek 17 g));
- dnové odběry (viz Obrázek 17 h)).



Obrázek 17: Typy odběrných objektů

Jaderná elektrárna

Jaderná elektrárna je zařízení sloužící k výrobě elektrické energie na základě přeměny vazebné energie jader těžkých prvků na elektrickou energii. Jaderná elektrárna se obvykle skládá z jaderného reaktoru, parní turbíny s alternátorem a z velkého množství dalších pomocných, ale pro provoz a bezpečnost elektrárny nezbytných prvků. V principu se jedná o parní elektrárnu, ve které se energie získaná rozpadem jader v jaderném reaktoru používá k výrobě páry v parogenerátoru. Tato pára pohání parní turbíny, které pohánějí alternátory pro výrobu elektrické energie. Někdy používaný pojem atomová elektrárna je chybný, neboť z atomu se energie vyrábí i v elektrárnách na fosilní paliva. Současné jaderné elektrárny využívají jako palivo především obohacený uran, což je přírodní uran, v němž byl zvýšen obsah izotopu ^{235}U z původních zhruba 0,5 % na 2 – 5 %. Podle odhadů geologů vydrží známé a předpokládané zásoby uranu nejméně 270 let. Jaderné elektrárny jsou z energetického hlediska vhodné zejména pro výrobu energie v režimu základního zatížení (je snaha, aby vyráběly energii pokud možno nepřetržitě).



Obrázek 19: Schéma jaderné elektrárny

Úplně první reaktor byl spuštěn v USA a sloužil prvotně k výrobě plutonia. První jaderná elektrárna byla postavena ve Velké Británii, i ta však nedodávala elektrický proud do sítě. První elektrárna, která dodávala elektrický proud do sítě (výkon 5000 kW), byla spuštěna až v roce 1954 v bývalém SSSR. Za první skutečnou jadernou elektrárnu je považována elektrárna CalderHall v Británii, která byla spuštěna v roce 1956. Část obyvatelstva v některých vyspělých zemích protestuje proti jaderné energetice a tyto protesty nabývaly na intenzitě v poslední čtvrtině 20. století, obzvláště po havárii v sovětském Černobylu v roce 1987 a havárii v japonské Fukušimě v roce 2011. Podstatou protestů jsou zejména poukazy na rizika spojená s provozem jaderných elektráren, s jejich pořizovací cenou a v neposlední řadě také problémy s jaderným odpadem (resp. použitým jaderným palivem). V některých zemích existují díky neustávajícím protestům odpůrců jaderné energie plány na odklon od jaderného programu, nebo alespoň snížení výroby touto cestou. Příkladem může být například Rakousko, kde referendum v roce 1978 těsnou většinou hlasů (50,5 % hlasujících) rozhodlo o tom, že téměř hotová jaderná elektrárna Zwentendorf nebude uvedena do provozu a stát se od jaderné energie odkloní. Namísto jaderné elektrárny byla postavena klasická uhelná elektrárna Dürnrohr, která

však spaluje polské a české uhlí. Velké protesty, zvláště z rakouské strany, provázely a provázejí i dostavbu a provoz české jaderné elektrárny Temelín. Německo má program snížení jaderné energetiky, který schválila dřívější koaliční vláda sociálních demokratů a zelených. Proti početným skupinám odpůrců „jaderné energie“ stojí ale početné skupiny stoupenců, kteří považují jadernou energetiku za jedinou možnou cestu, jak se vyhnout hrozcí energetické krizi a globálnímu oteplování. Vidi jaderné elektrárny jako jedno z mála ekologicky přijatelných a reálných řešení energetických problémů pro 21. století.

Díky provozu jaderných elektráren nemusí být vypuštěno do ovzduší 1,8 miliard tun CO₂ ročně. Nejvíce energie z jaderných elektráren se vyrábí v Litvě (79,9 % k roku 2003), Francii (77 % k roku 2003), Německu (28,1 % k roku 2003), USA (19,9 % k roku 2003), Japonsku a Rusku. V Rusku však přežívají staré jaderné elektrárny, přestože některé z nich jsou podobného typu jako Černobyl a jsou postaveny zastaralou technologií. K odstavení některých z nich je Rusko tlačeno mezinárodním společenstvím. V Česku jsou v provozu dvě jaderné elektrárny (Temelín a Dukovany) s celkovým výkonem 3760 MW; pokrývají přibližně 31 % celkové spotřeby elektřiny v Česku.

TĚŽBA URANOVÉ RUDY

Uran nevytváří souvislá ložiska, většinou se v horninách nachází pouze rozptýlen. Těžba uranu dává ekonomicky smysl pouze v nalezištích s koncentrací dosahující minimálně 1000 g na jednu tunu horniny (tj. koncentrace 0,1 %). Prakticky to znamená, že z jedné tuny vytěžené uranové rudy získáme přibližně jeden kilogram uranu. Například v uranovém dole v Rožné je koncentrace uranu v hornině menší než 0,2 procenta. Z důvodů nízkého obsahu uranu v rudě navazuje na těžbu nákladné zpracování za účelem jeho zkoncentrování. Značné množství hlušiny se musí oddělit od vlastní rudy.

Typické pro provozy těžby a zpracování uranu jsou velké haldy odvalů, hlušiny a kalů po chemickém zpracování, v nichž se nacházejí zbytky uranu a další radioaktivní látky z jeho rozpadové řady, zejména thorium a radium. Riziko vážných dopadů na životní prostředí souvisí zejména s těmito částmi získávání uranové rudy:

- Během těžby se z dolů musí odčerpat velké množství kontaminované vody, která se vypouští do řek a jezer.
- Odvětrávání dolů nutné pro snížení ohrožení zdraví horníků znamená uvolňování radioaktivního prachu a radonu do okolí, čímž narůstá riziko rakoviny plic u okolního obyvatelstva.
- Haldy hlušiny obsahují v porovnání s běžnou horninou zvýšené množství radionuklidů. Tyto haldy ohrožují zdraví lidí i životní prostředí ještě dlouho po uzavření dolu, neboť se z nich uvolňuje radon a dešťová voda vymývá radioaktivní a toxické materiály.
- V případě, že se uran nevyplatí těžit hornickým způsobem nebo to neumožňují geologické podmínky, může nastoupit technologie chemického loužení. Loužidlo (například kyselina sírová nebo louhy) se pumpuje do podzemí, postupně rozpouští rudu a uranový roztok se vyčerpává pro další zpracování. Při procesu hrozí rozsáhlé zamoření podzemních vod, které zůstává i po skončení „těžby“.
- Při dalším zpracování se uranová ruda rozemílá na prach. Odpad z uranových mlýnů má formu kalu, který se hromadí v usazovacích nádržích. Průsaky z kalových nádrží představují další významné riziko, zejména kvůli možné kontaminaci podzemních i povrchových vod. Rovněž hrozí, že se prvky jako uran a arsen dostanou do zásob pitné vody a do masa ryb.

STAV SVĚTOVÝCH ZÁSOB URANU

Uran na Zemi vystačí na staletí. Až pět set let by mohl být palivem v jaderných elektrárnách uran, který se nachází v zemské kůře. Tvrdí to odborníci ze sdružení švýcarských energetických firem Swisselectric. Náklady na jeho dobývání z fosfátů se pohybují mezi 60 a 300 dolarů za libru (455 gramů). Od té doby však ceny okamžitých dodávek klesly na polovinu. Při cenách přes 250 dolarů za libru lze uran hospodárně těžit z mořské vody, v níž je množství postačující jaderné energetice na dalších 80 tisíc let.

Specialisté však předpokládají, že tyto zásoby se s největší pravděpodobností nevyužijí ani při velice razantním rozvoji jaderné energetiky. Nároky na „čerstvý“ uran snižuje především přepracovávání paliva použitého v jaderných elektrárnách; tzv. směsné palivo pohání běžně reaktory ve Francii, Japonsku, Německu, USA a dalších zemích. Podstatně výrazněji se však energie obsažená v uranu využije v množivých reaktorech čtvrté generace, jejichž nástup ve velkém měřítku očekává ředitel Ústavu jaderného výzkumu v Řeži František Pazdera kolem roku 2040:

Mezinárodní stupnice pro hodnocení událostí v jaderných elektrárnách

Nejčastější otázkou bývá, zda je nehoda jaderné elektrárny vůbec možná a co ji může způsobit. Posuzování událostí v jaderné elektrárně je velmi složité a často mohou být zcela neadekvátně hodnoceny nejen události, ale zejména jejich následky. Proto zavedla **Mezinárodní agentura pro atomovou energii** stupnici **INES** (*The International Nuclear Event Scale*), která v sedmi stupních hodnotí události v jaderných zařízeních a v radiologických provozech. Zásadně rozlišuje rozdíl mezi poruchou (stupeň 1 - 3) a havárií (stupeň 4 - 7). Podle této stupnice všechny členské země a jaderná zařízení informují o všech událostech, při nichž nastaly změny či odchylky v oblasti jaderné bezpečnosti.

- **0** - Událost bez významu pro bezpečnost (nejběžnější provozní poruchy, běžně zvládnutelné).
- **1** - Odchylka od normálního provozu (poruchy nepředstavující riziko, ale odhalující nedostatky bezpečnostních opatření).
- **2** - Porucha (technické poruchy, které neovlivní bezpečnost elektrárny přímo, ale mohou vést k přehodnocení bezpečnostních opatření).
- **3** - Vážná porucha (ozáření obsluhy elektrárny nad normu, menší únik radioaktivity do okolí - zlomky limitu).
- **4** - Havárie s účinky v jaderném zařízení (částečné poškození aktivní zóny, ozáření obsluhy elektrárny, ozáření okolních obyvatel na hranici limitu).
- **5** - Havárie s účinky na okolí (vážnější poškození aktivní zóny, nutnost částečné evakuace okolí).
- **6** - Závažná havárie (velký únik radioaktivních látek mimo objekt, nutnost využít havarijních plánů k ochraně okolí).
- **7** - Velká havárie (značný únik radioaktivních látek na velkém území, okamžité zdravotní následky, dlouhodobé ohrožení životního prostředí).

V průběhu dosavadní jaderné éry nastalo jen několik havárií, které spadají do kategorie 4 - 7 stupnice INES (JE A-1 Jaslovské Bohunice, stupeň 4, 1977; JE Three Mile Island v USA, stupeň 5, 1979; JE Černobyl, stupeň 7, 1986; Fukušima, stupeň 7, 2011).

Riziko havárie jaderné elektrárny je minimální

Vysoká úroveň jaderné bezpečnosti obou našich českých jaderných elektráren riziko havárie elektrárny minimalizuje. Pro případ havárie přesto jaderná elektrárna realizuje rozsáhlá opatření, a to i pro případ, který je však velmi málo pravděpodobný avšak spojený s únikem radioaktivních látek mimo elektrárnu. Jak dokazují inspekce orgánů státního dozoru nad jadernou bezpečností, radiační ochranou a závěry uskutečněných mezinárodních prověrek, obsluha elektrárny dbá jak na bezpečnost zařízení z hlediska jejich technického stavu, tak na samotný provoz.

Opatření pro případ řešení mimořádných situací jsou podobná těm, jež jsou připravena i pro případy vzniku mnohem pravděpodobnějších událostí (např. záplavy, požáry nebo průmyslové havárie).

HAVÁRIE ELEKTRÁRNY FUKUŠIMA

Přesto, že rizika velkých havárií jaderných elektráren jsou minimální, občas se takové havárie stanou. Poslední velká havárie se stala v roce 2011. Dne 11. března 2011 zasáhlo Japonsko jedno z největších zemětřesení v japonské historii. Intenzita zemětřesení dosáhla hodnoty 9,0 (přibližně odpovídá devítce ve starší, veřejnosti známější RichtEROVÉ stupnici). Zemětřesení a hlavně následné tsunami, při kterém záplavová vlna v některých místech dosáhla výšky až dvaceti metrů, způsobily obrovskou katastrofu na severovýchodním pobřeží Japonska. Jedním z důsledků byla i havárie v jaderné elektrárně Fukušima I. Následky havárie řešily speciální týmy složené z pracovníků jaderné elektrárny, hasičů i vojenských specialistů a v současné době se jimi dále zabývají početné skupiny odborníků.

Elektrárna Fukušima I má celkem šest varných reaktorů. První z nich je typu BWR-3 o elektrickém výkonu 460 MW (byl uveden do provozu v roce 1971), čtyři pak typu BWR-4 s výkonem 784 MW (uvedené do provozu v letech 1974 až 1978) a jeden typu BWR-5 o elektrickém výkonu 1100 MW (uveden do provozu v roce 1979). V době zemětřesení byly v činnosti první tři reaktory, čtvrtý byl bez paliva a čerstvě vytažené palivo bylo ve vodním bazénu. Další sice byly s palivem, ale byly vypnuty.

V Japonsku je v současné době v provozu 51 reaktorů pokrývajících přes 30 % japonské spotřeby elektrické energie.

Pro průběh jaderné havárie ve Fukušimě je podstatné znát její polohu. Tato poloha je zobrazena na obrázku (viz Obrázek 22). Je zřejmé, že elektrárna leží na východním pobřeží Japonska, tedy tam, kde byla katastrofa největší.



Obrázek 22: Rozmístění jaderných elektráren v Japonsku

HAVÁRIE ELEKTRÁRNY ČERNOBYL

Havárie v jaderné elektrárně Černobyl se stala smutným mezníkem jaderné energetiky. A proto si myslíme, že je vhodné se o této často překrucované události alespoň okrajově zmínit.

Popis reaktoru RBMK

Abychom mohli popsat nehodu, která se stala v sovětské elektrárně v Černobylu, je nutné se alespoň částečně seznámit s reaktory typu RBMK používanými v této elektrárně. RBMK (*Reaktor bolšojmoščnostikanalnyj* - Reaktor velkých výkonů - kanálový) vyvinuli sovětské vědci ve výzkumném ústavu akademika V. I. Kurčatova v 60. letech 20. století na základě zkušeností s provozem první jaderné elektrárny na světě v Obninsku. Zároveň je nutné připomenout, že tento typ reaktoru nikdy nebyl postaven mimo území Sovětského svazu! Palivem reaktoru je uran obohacený izotopem ^{235}U na úroveň 1,8 % (po havárii v Černobylu až na hodnotu 2,4 %). Každý palivový článek je umístěn v palivovém chladicím kanálku (tlakové trubce), které kolmo procházejí velkými cylindrickými grafitovými bloky. Do kanálků se zespoda čerpá „studená“ voda, která se cestou kanálkem nahoru ohřívá, až se začne vařit, a tak odvádí z reaktoru teplo. Nahoře odchází směs páry do separačního bubnu. Odtud putuje pára do turbíny a poté se již zkondenzovaná voda vrací zpět do reaktoru. Elektrárna je tedy jednokruhová a kvůli únikům radiace bylo nutné odstínit i turbínu. Každý palivový kanálek přitom musí být izolován od okolního prostředí. To s sebou přináší množství provedených svárů a větší riziko havárie v primárním okruhu. Rozteče mezi kanálky jsou vyplněny moderátorem, kterým je v tomto případě zmíněný grafit. Celý grafitový blok je uzavřen v tlakovém obalu z oceli, ve kterém cirkuluje helium a plyný dusík. K horkému grafitu se totiž nesmí dostat vzduch. K regulování chodu reaktoru se využívá celkem 211 regulačních tyčí, z nichž 30 (po havárii v Černobylu se toto číslo zvýšilo) je havarijních a 147 lze ovládat ručně. Tento reaktor zároveň dovoluje konstruovat bloky neobyčejně velkých výkonů.

Charakteristika reaktoru RBMK před rokem 1986

Záporné vlastnosti:

- Kladný teplotní koeficient, který ovšem dle představ musel být eliminován řídicí technikou (tlakovodní reaktory mají záporný teplotní koeficient).
- Velké množství nezávislých kanálků, které musely být dokonale utěsněny. Případný únik chladiva na grafit mohl způsobit vážnou nehodu.

Mezi přednosti reaktoru se přisuzovalo

- Možnost snížení výkonu reaktoru - reaktor mohl standardně dlouhou dobu dodávat výkon do elektrické sítě na úrovni například 70 % nominálního výkonu. Navíc regulace výkonu byla poměrně rychlá.
- Menší obohacení uranu, které bylo velmi technologicky a finančně náročné (dáno grafitovým moderátorem minimálně pohlcujícím neutrony).
- Možnost výměny paliva za provozu - bez kompletní odstávky bloku (dáno rozdělením palivových článků do nezávislých kanálků).
- Vojenská výhoda - snadnější získání vojenského ^{239}Pu (vyplývá z výše zmíněné výhody výměny paliva za provozu).

Fotovoltaické články

HISTORIE

Francouzský fyzik Alexandre Edmond Becquerel (1820 - 1891) při experimentech s kovovými elektrodami ponořenými v elektrolytu zjistil, že při jejich osvětlení začne procházet obvodem proud. První fotovoltaický článek byl vytvořen roku 1877. Roku 1883 měly vyráběné články účinnost přibližně 1 %. Roku 1946 byl patentován křemíkový fotovoltaický článek britským fyzikem Russellem Ohlem. Účinnost těchto článků byla přibližně 6 %. Roku 1957 začal velký rozvoj konstrukce a výroby fotovoltaických článků, jelikož se tyto články začaly umísťovat na družice jako jejich jediný možný stálý přísun energie. Prvou družicí s fotovoltaickými články byla sovětská družice Sputnik 3 vypuštěna na oběžnou dráhu 15. května 1958. Na začátku sedmdesátých let se fotovoltaické články dostaly z laboratoří a z kosmického prostoru i na Zem, z velké části díky ropným společnostem těžícím v Mexickém zálivu. Na automatických ropných plošinách je elektrická energie potřebná pro osvětlení a pro ochranu materiálů proti korozi. Fotovoltaické články zcela vytlačily do té doby používané primární články elektrické energie.

V předešlých letech byly tyto články velice drahé. Jejich cena se pohybovala okolo 2000 dolarů za 1 watt výkonu. Největší rozvoj však nastal až v posledních několika letech. Dnes se cena pohybuje okolo 5 dolarů za 1 watt výkonu.

Důvody proč používat solární energii k výrobě elektřiny

- Vysoká spolehlivost a dlouhá životnost solárních článků
- Nízké provozní náklady (palivo je zdarma)
- Šetrnost vůči životnímu prostředí.
- Solární články neprodukují žádné škodlivé látky ani žádný hluk
- Modularita - solární články lze libovolně spojovat do různých solárních celků

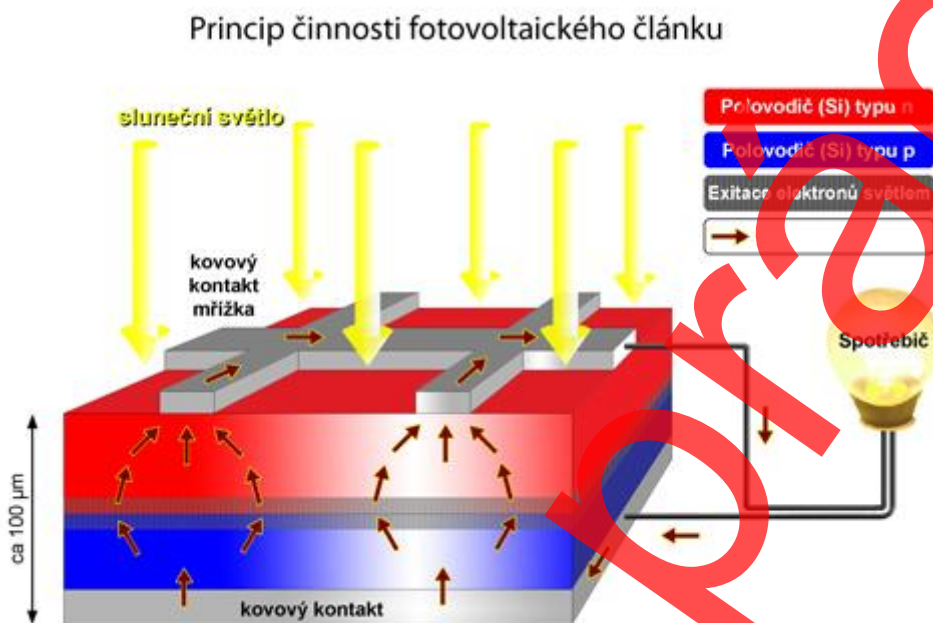
SOLÁRNÍ ČLÁNEK

Solární článek je křemíková destička, zpravidla o rozměrech 12 cm a 12 cm nebo větší. Prakticky se jedná o přechod P - N (viz Obrázek 23). Při dopadu fotonů na jeho povrch se poruší vazby, kterými jsou vázány elektrony k atomovým jádrům (resp. ke krystalické mřížce), a generuje se pár elektron + díra. Volné elektrony se pohybují obvodem a vzniká elektrický proud. Z jednoho čtverečního centimetru lze odebrat výkon přibližně 12 MW. Jeden solární článek dokáže při maximálním výkonu vytvořit napětí 0,5 V a elektrický proud až 3 A. Významnou vlastností solárních článků je snadný způsob jejich vzájemného propojení za účelem sestavení větších celků.

Tyto celky se nazývají solární články nebo také fotovoltaické články a představují základní stavební jednotky fotovoltaických systémů. V jednom solárním článku je běžně 36 článků o výstupním napětí 12 V nebo 72 článků o napětí 24 V. Solární panely mají různé výkony: 150 W, 180 W nebo až 280 W. Výkonovou jednotkou panelů je wattpeak, což je vyjádření špičkového výkonu zahrnujícího v sobě fakt, že v noci elektrárna nedodává elektrickou energii a během určitých fází dne pracuje na nejvyšší výkon. Účinnost solárního článku je 14 % až 20 %.

Nejpoužívanějším materiálem pro výrobu solárních článků je křemík. Jedná se o pevnou krystalickou látku se strukturou podobnou struktuře diamantu, na rozdíl od něj však křemík absorbuje část slunečního záření a má vlastnosti polovodiče, tj. osvětlením se prudce zvyšuje jeho vodivost. Rozlišují

se monokrystalické články, které se skládají z jednoho krystalu křemíku s rozměry více jak 10 cm a vyrábějí se pomalým tažením roztaveného křemíku, a články polykrystalické, které se skládají z většího množství krystalů o rozměrech 1 mm až 100 mm navzájem různě orientovaných.



Obrázek 23: Schéma fotovoltaického článku

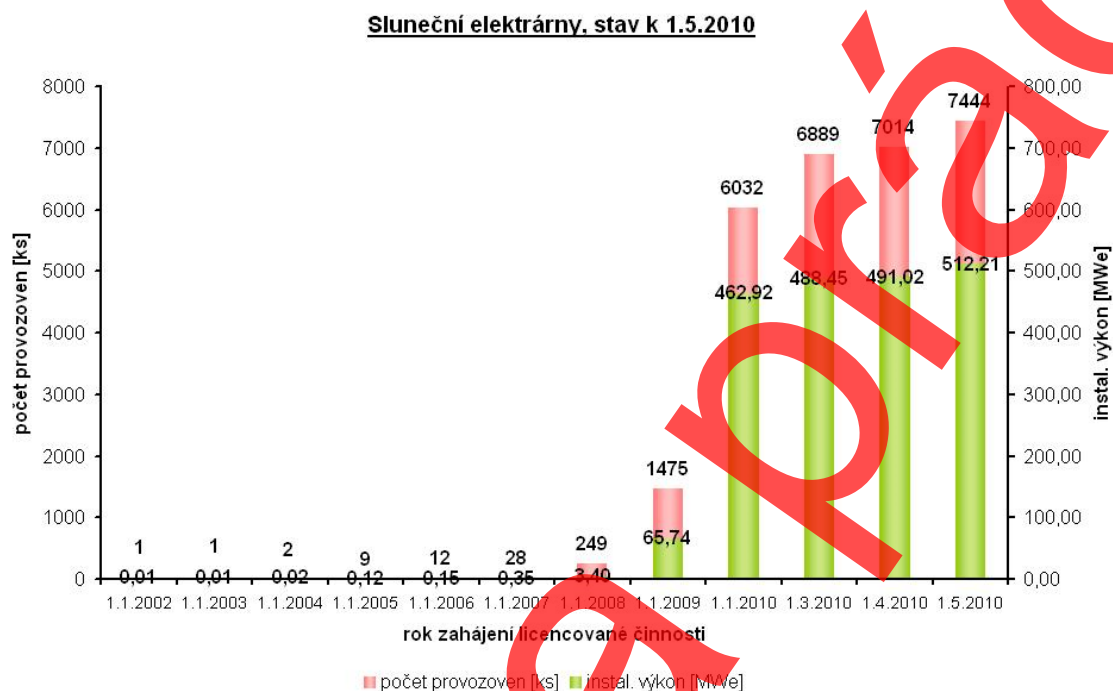
Velikosti solárních článků jsou různé podle jejich výrobců. Obecně lze říci, že pro dobrou manipulovatelnost s panelem při instalaci systému, by měla být plocha panelu menší než 2 m². Důležité je, že všechny články dodávají **stejnosemnné veličiny**, tedy stejnosměrné elektrické napětí, stejnosměrný elektrický proud.

STRÍDAČ

Nedílnou součástí solárního systému je také střídač. Ve fotovoltaických panelech je totiž vyráběn stejnosměrný proud, který se pro dobavu do elektrické sítě musí přeměnit na proud střídavý (fázové napětí 230V, sdružené napětí 400V a frekvence 50Hz). Tato konverze je zabezpečována v takzvaném střídači (měniči). Střídač je v podstatě řídicí centrum celého systému a mimo konverze proudu je schopen podávat informace o vyrobené energii a provozních stavech. Střídač zároveň monitoruje a reguluje napájení sítě a v případě jakékoliv poruchy v přenosové soustavě automaticky odpojí solární generátor od sítě. Střídač může být vybavený displejem, který ukazuje aktuální údaje o činnosti systému, okamžitý výkon, okamžité elektrické napětí, energii vyprodukovanou systémem ve sledovaný den, celkovou vyprodukovanou energii, dobu práce systému, případně poruchu a příčinu poruchy. Životnost takového střídače je ale bohužel malá - typicky 10 let až 15 let.

VÝVOJ FOTOVOLTAIKY V ČESKÉ REPUBLICE V POSLEDNÍCH LETECH

V poledních deseti letech byla v České republice dramatická situace v případě žádostí o připojení nových fotovoltaických zdrojů k elektrizační soustavě (viz. Obrázek 26). Nárůst instalovaného výkonu u fotovoltaických zdrojů mezi roky 2008/2009 činil bezmála 2170 % (z původních 3,40 MW na 65,74 MW). Tato čísla donutila vládu změnit zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů.



Obrázek 26: Nárůst počtu solárních elektráren v České republice od roku 2002 do roku 2010

V polovině roku 2010 dosáhl celkový instalovaný výkon fotovoltaických elektráren v ČR 512 MW. Do této doby bylo do provozu uvedeno 7444 solární elektrárny.

Dotace

Dotace na fotovoltaické panely poskytuje v České republice zatím pouze několik obcí. Mezi ně patří Litoměřice, Plzeň, Praha, Náchod, Kladno a Jindřichovice pod Smrkem. Zažádat o dotaci je zapotřebí na obecních či městských úradech. V každé z uvedených obcí jsou přitom podmínky na získání dotace jiné. V Praze lze získat příspěvek 4000 Kč za jeden metr čtvereční panelu, maximálně však 80 000 Kč na jedno zařízení. Ale například v Jindřichovicích pod Smrkem poskytují příspěvek 30 000 Kč na celou stavbu. Polovinu z toho ve formě nevratné dotace a druhou polovinu jako bezúročnou půjčku.

Existují ale i jiné formy dotace, které poskytuje na výrobu solární energie stát. Těmi jsou Zelený bonus a garantovaná výkupní cena, z nichž je nutno si zvolit jednu variantu.

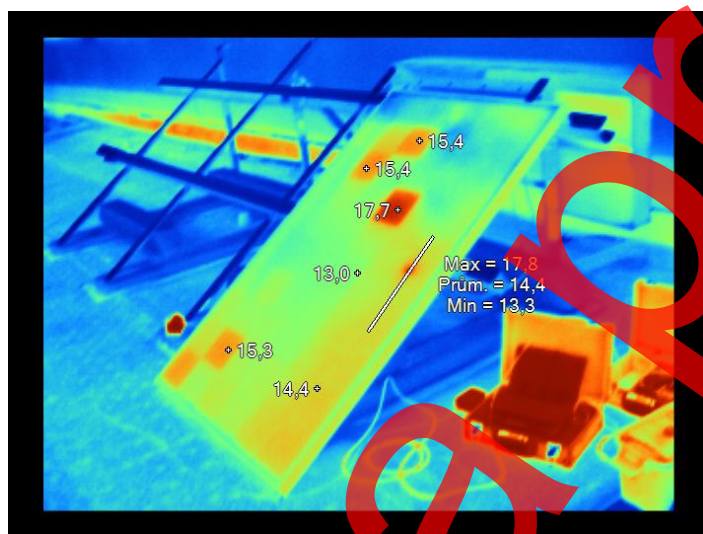
Zelený bonus

Podporu formou Zeleného bonusu lze získat v případě, kdy část elektřiny ze své fotovoltaické elektrárny provozovatel sám spotřebuje a přebytek odprodá provozovateli přenosové soustavy. Zelený bonus získá za veškerou vyrobenou energii, tedy i tu, kterou sám spotřeboval. Je jen na provozovateli, jak s vyrobenou energií naloží, odběratele, který ji od něj odkoupí, si však musí vyhledat sám.

PORUCHY

Poruchy fotovoltaických panelů nejsou žádná výjimka, a proto je důležité panely občas kontrolovat. Kontrola fotovoltaických panelů se dobře provádí pomocí termokamer. Díky tomuto zařízení, které ukazuje obraz v infračerveném záření, jsme schopni i na dálku určit místa ve kterých dochází k přehřívání článků (viz obr. 27). Každá minuta, kdy je fotovoltaická elektrárna mimo provoz, je totiž spojena s nemalou finanční ztrátou. Pokud má být provoz fotovoltaické elektrárny výnosný, musí být kromě jiného také zjištěn optimální výkon celého zařízení, aby bylo možné poznat případný pokles výkonu.

Poškozené články mohou také způsobit mimořádné zahřátí a jsou tedy rizikové z hlediska vzniku požáru. Kromě toho mohou tyto poškozené články způsobovat podstatné ztráty výkonu celého systému; ne jen jednotlivých panelů, ale i celých větví.



Obrázek 29: Zde je pomocí termokamery vidět přehřívání jednoho článku soustavy

ÚDRŽBA

Údržba fotovoltaických panelů je snadná. Ve velmi prašném prostředí lze panely opláchnout vodou z hadice. V zimě je z nich potřeba odstranit případně sněh. Na hladkém povrchu panelů se neudrží nečistoty a drobné smetí odvané větrem a smyje déšť.

Termické solární kolektory

HISTORIE

Princip využití sluneční energie po účely vytápění je znám již déle než 2500 let. První, i když pasivní využití sluneční energie je známé již z dob starověkého Egypta, Mezopotámie a Jižní Ameriky. Běžně se v té době využívalo poznatků o energii slunce v architektuře (např. orientace oken staveb směrem na jih). Řecký fyzik a vynálezce Archimédés ze Syrakus (287 - 212 př.n.l.) objevil princip koncentrace slunečních paprsků pomocí zakřivených zrcadel, které vyráběl leštěním bronzových plechů.

Rozvoj technologií k využití solární energie se poté na dlouhou dobu zastavil. To se ovšem změnilo v 18. stol. ve Švýcarsku.

Předchůdce solárního kolektoru vynalezl Horace Beedict de Saussure (1740 - 1799) v Ženevě. Tento panel nebyl v podstatě nic jiného než dřevěná krabice zakrytá sklem. I tak ale bylo možné uvnitř dosáhnout teploty kolem 90°C.

V 19. století přišel Augustin Mouchot na myšlenku využití vnitřních zrcadel (tzv. koncentrátor) uvnitř výše popsané krabice. Tím opět posunul vývoj kolektorů blíže k těm dnešním.

První komerční solární ohřívač vody si nechal patentovat v roce 1891 americký vědec Clarence M. Kemp v Baltimoru.

Sluneční kolektor v takové podobě, v jaké ho známe dnes, byl vyvinut v 70. letech minulého století jako reakce na první ropnou krizi a hledání jiných zdrojů energie, než byla pouze fosilní paliva.

Důvody proč používat termický solární systém:

- velmi rychlá návratnost investice (5 - 7 let);
- využití jak přímého, tak difuzního záření;
- spolehlivý, plně automatizovaný a bezúdržbový provoz;
- dlouhodobé použití s prověřenou životností až 30 let;
- extrémně dlouhá záruka na kolektory (10 let);
- zlepšení životního prostředí.

PRINCIP FUNKCE TERMICKÉHO KOLEKTORU

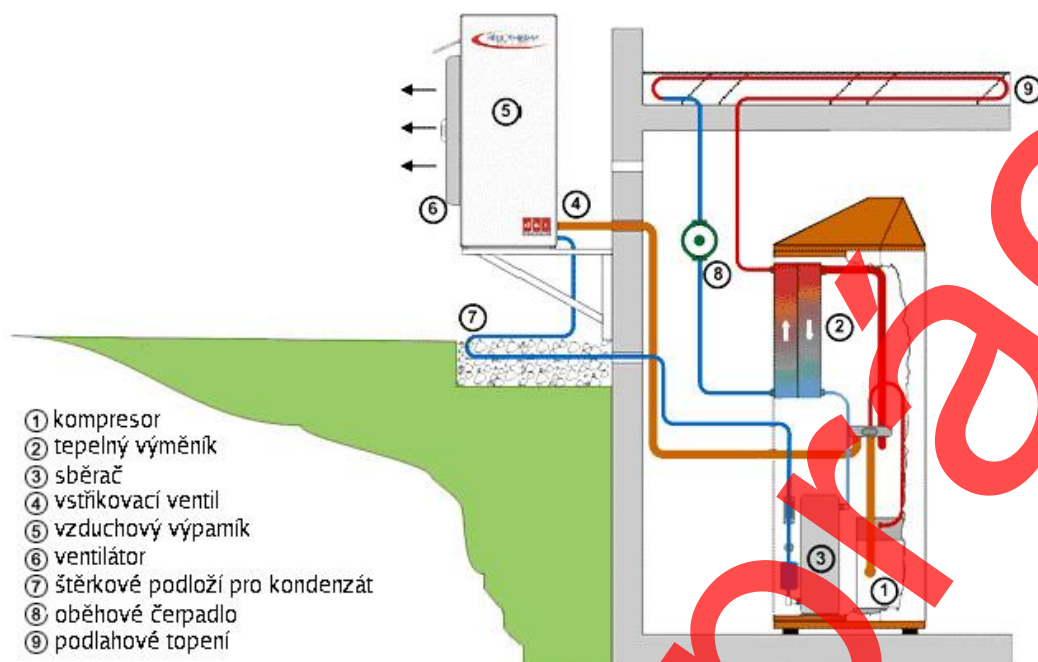
Při průchodu slunečních paprsků skleněným bezbarvým bezpečnostním krytem kolektoru je energie slunečního světla pohlcována do absorberu, který se nachází uvnitř kolektoru. Na povrchu absorberu je světelná a tepelná energie Slunce přeměňována na tepelnou energii. Absorber je tvořen trubkami, které jsou natřeny zpravidla selektivní barvou. Selektivní barva je typ černé barvy absorbující teplo lépe než běžná černá barva. Tyto trubky jsou umístěny velice těsně u sebe, aby tepelná výměna vedením mezi těmito trubkami byla účinnější. Sklo kolektorů neumožňuje odvod tepla prouděním do ovzduší, teplo se tedy absorbuje pouze do trubek. Poté už je proces velice jednoduchý. V trubkách je teplotonosná kapalina, která se zahřívá a postupuje prouděním z absorberu do výměníku tepla. Ve výměníku se teplá voda uchovává pro další využití.



Obrázek 30: Princip funkce termického kolektoru

PRINCIP FUNKCE TERMICKÉHO SOLÁRNÍHO SYSTÉMU

Kapalina, ohřátá v termickém solárním panelu, se přivádí měděným potrubním rozvodem do zásobníku nebo výměníku tepla. Tam předává teplonosná kapalina teplo přes stěny měděné spirály, ve které se zahřívá teplonosná kapalina nacházející, vodě z dalšího okruhu. Tak se tato voda ohřívá. Součástí systému je také expanzní nádoba, vyrovnávající změny objemu kapaliny při různých teplotách a tak zabráňující vzniku přetlaku. Dále jsou součástí okruhu ventily a oběhové čerpadlo, které zajišťuje cirkulaci teplonosné kapaliny v okruhu. Automatická regulace řídí celý solární systém na základě údajů naměřených čidly v různých částech systému.



Obrázek 35: Schéma sestavení tepelného čerpadla typu vzduch - voda

Výhody tepelných čerpadel vzduch-voda:

- poměr cena: výkon;
- univerzálně použitelné;
- jednoduchá instalace;

Nevýhody tepelných čerpadel vzduch-voda:

- za silných mrazů nižší účinnost;

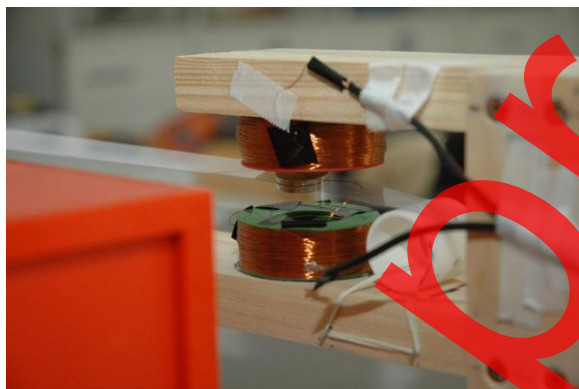
Tepelné čerpadlo typu voda - voda

U tohoto typu tepelného čerpadla je teplo odebíráno z podzemní vody kapalinou proudící soustavou trubek uložených minimálně ve dvou studních. Z první studny se voda čerpá a je hnána vodním čerpadlem do primárního výměníku, prochází primárním výměníkem, kde předá teplo chladivu tepelného čerpadla. Ochlazená voda se pak vypouští do druhé studny. Ohřáté chladivo tepelného čerpadla ve výparníku změní kapalnou skupenství na plynné a proudí z primárního výměníku do kompresoru. Zde je kompresorem tepelného čerpadla stlačeno a v důsledku toho skokově naroste jeho teplota až na teplotu potřebnou k vytápění. Ohřáté chladivo v sekundárním výměníku předá teplo topnému systému, který jej pomocí rozvodů topení rozvede po vytápěném objektu. Předáním tepla topnému okruhu se chladivo ochladí a kondenzuje zpět na kapalinu. Ochlazené médium prochází expanzním ventilem, v němž se sníží tlak chladiva. V důsledku expanze chladicího média klesne jeho teplota a tedy i vnitřní energie. Teplota chladiva klesne tak, že má nižší teplotu, než je teplota zdrojové vody ve studni. Kapalnou chladivo je proto opět vyvedeno do primárního výměníku s výparníkem k dalšímu ohřevu. Popsaný cyklus se stále opakuje.

Windbelt

JAK FUNGUJE WINDBELT

Windbelt je napnutá membrána (páska), která se vlivem proudění větru rozvibruje. Tento jev se nazývá aerostatické třepetání. Třepetání způsobuje pohyb permanentního magnetu, který je na membránu připevněný. Oscilující magnet pohybující se mezi cívkami podle Faradayova zákona elektromagnetické indukce indukuje v těchto cívkách elektrické napětí. Jako první tento princip použil Shawn Frayne.



Obrázek 37: Třepetání pásky

STAVBA MODELU

Při stavbě modelu jsme se snažili konstrukci sestavit co nejjednodušeji a co nejlevněji. Kostra Windbeltu je proto vyrobená ze dřeva. Nejdůležitější součástí celého zařízení je páska z durofolové folie tloušťky 2 mm a šířky 20 mm. Při stavbě bylo vyzkoušeno několik materiálů. Jako první byla vyzkoušena páska z VHS kazety. Ta se však při větším zatížení trhala. Jako vzpěry jsme nakonec použili plastové válce. Na jedné straně jsme pásku uchytili napevno. Na druhé straně je použito předpínací zařízení vlastní konstrukce.

K přeměně kinetické energie pásky na energii elektrickou byly na pásku umístěny dva neodymové magnety tloušťky 3 mm a průměru 20 mm a dále dvě cívky. Na každou z nich bylo navinuto 3250 závitů měděného vodiče o průměru 0,25 mm. Když jsme na takto upravenou pásku nechali proudit vzduch z domácího fěnu či větráku, na výstupu cívek jsme naměřili první napětí. Toto výstupní napětí však bylo střídavé a nemělo příliš pravidelný průběh. Proto jsme použili zapojení pro usměrnění napětí a jeho stabilizaci. Schéma zapojení je znázorněno níže (viz. Obrázek 38).

MĚŘENÍ

Pro měření jsme si zapůjčili školní experimentální systém Vernier se sondami pro měření elektrického proudu, elektrického napětí a velikosti rychlosti proudícího vzduchu.

Měření velikosti rychlosti proudícího vzduchu

Zprvu jsme zkoušeli různé zdroje proudícího vzduchu. Stolní ventilátor, fén na vlasy a nakonec fukar určený k výuce fyziky. Tento fukar byl nejvhodnější pro naši potřebu, protože umožňoval nastavit intenzitu proudícího vzduchu a takto vytvořený proud vzduchu byl optimální pro náš model Windbeltu.

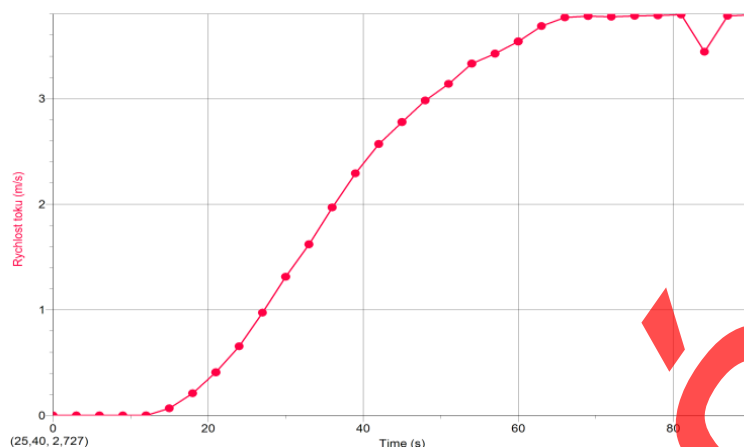
Nejprve jsme měřicí přístroj namířili proti trubici a pevně ji připevnili, aby se provedená měření dala navzájem porovnávat (viz Obrázek 41). Po několika měřeních a důkladném nastudování technického manuálu použité sondy jsme bohužel zjistili, že maximální možná měřitelná velikost rychlosti proudícího vzduchu (nebo vody) s tímto příslušenstvím je $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Velikost rychlosti proudícího vzduchu potřebná k našemu pokusu je ale výrazně větší. Změřili jsme tedy alespoň graf nárůstu intenzity proudícího vzduchu od velikosti rychlosti $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ do velikosti rychlosti $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (viz Obrázek 42). Tuto intenzitu jsme zvyšovali pomocí stupnice výkonu s hodnotami od 0 do 10 na fukaru.



Obrázek 40: Měření velikosti rychlosti proudícího vzduchu



Obrázek 41: Stupnice intenzity proudícího vzduchu

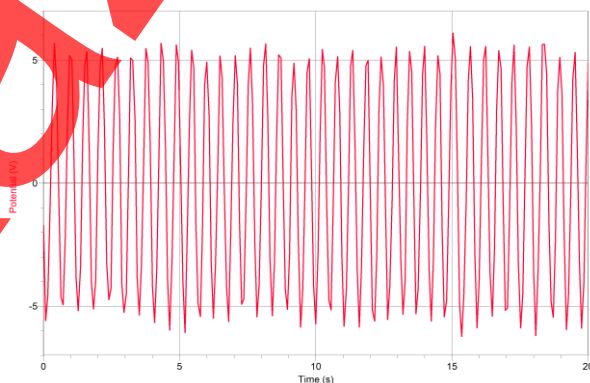


Obrázek 42: Měření rychlosti větru do $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

MĚŘENÍ ELEKTRICKÉHO NAPĚTÍ

První měření závislosti elektrického napětí na čase nám sloužila ke zjištění správného úhlu namíření trubice fukaru a potřebné intenzity proudícího vzduchu, tak aby jsme získali co možná nejvyšší elektrické napětí. Ve správné poloze jsme pak trubici lepicí páskou připevnili k podkladu. Intenzitu větru jsme se rozhodli nastavit na hodnotu 5 a to z dvou důvodů. Při této hodnotě jsme získali stabilní maximální hodnotu elektrického napětí přibližně 5 V (viz Obrázek 43). Druhým důvodem byla omezená pružnost pásky, kterou jsme při prvních měření nechtěli překročit. Větší velikost rychlosti proudícího vzduchu totiž způsobovat výraznější třepetání pásky a hrozilo reálné poškození této pásky.

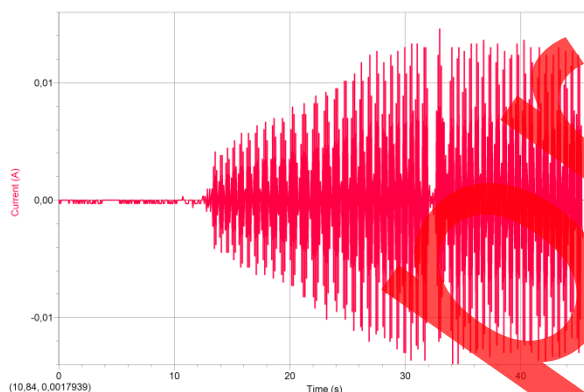
Jelikož byl náš model Windbeltu dostatečně dlouhý, očekávali jsme, že vlivem proudění vzduchu vznikne viditelná rezonance pásky. Po mnoha úpravách napnutí pásky, změny polohy magnetů a směru proudícího vzduchu jsme tento jev opětovně nezpozorovali. Podařilo se nám jej nejen zpozorovat, a dokonce i zaznamenat pomocí čidel firmy Vernier na začátku našeho měření, ale v zobrazeném grafu byly zaznamenány i další parazitní jevy. Proto jsme jej vymazali a předpokládali jsme, že se nám podaří naměřit tuto závislost znovu. To se ovšem i přes všechna naše snažení již znovu nepodařilo. Proto jsme přešli k dalšímu měření. Nyní jsme chtěli změřit náběh elektrického napětí při zvyšování intenzity proudícího vzduchu z hodnoty 0 na 5. K našemu údivu a nadšení se nám konečně podařilo naměřit i již zmiňovanou rezonanční vlnu.



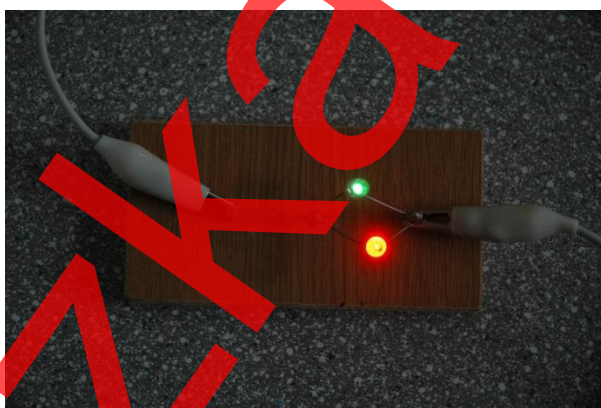
Obrázek 43: 1. měření

MĚŘENÍ ELEKTRICKÉHO PROUDU

Nejprve jsme cívky, které v tomto případě sloužily jako zdroj elektrického napětí, zkusili připojit k žárovce. Ta se při třepetání vůbec nerozsvítila. Usoudili jsme, že obvodem bude procházet tak malý elektrický proud, který nepostačuje k rozsvícení žárovky. Při měření s postupným přidáváním intenzity proudícího vzduchu z hodnoty 0 na hodnotu 5 jsme získali maximální elektrický proud 0,016 A. Ten je pro rozsvícení žárovčky nedostatečný - žárovčka potřebuje elektrický proud přibližně 20krát vyšší. Proto jsme tedy do obvodu zapojili dvě LED zapojené antiparalelně. To znamená, že pokud by byl elektrický proud dostatečný k rozsvícení LED, v každém okamžiku by svítila právě jedna LED - LED zapojené do obvodu bez problémů svítily.



Obrázek 47: Měření proudu



Obrázek 48: LED diody zapojené v obvodu

Závěr

V teoretické části naší práce se nám podařilo objasnit výhody a nevýhody jednotlivých způsobů výroby elektrické energie a některých dějů s tím spojených. Snažili jsme se podat vyčerpávající informace, i když jsme byli posléze za délku textu káráni vedoucím práce. Přesto jsme do textu po jeho výtkách zasáhli jen minimálně, protože si myslíme, že zejména v současné době je nutné znát jednotlivé možnosti výroby elektrické energie. V některých případech jsou totiž i základní fyzikální principy (např. v médiích) velmi zkreslovány a bylo by dobré, aby si každý uvědomil, jaké jsou reálné a nereálné možnosti výroby elektrické energie.

V rámci praktické části naší práce jsme sestavili funkční model pro výrobu elektrické energie na základě proudícího vzduchu, tzv. Windbelt. S vyrobeným modelem jsme provedli řadu experimentů a měření. Ta dopadla poměrně úspěšně. Nicméně jsme doufali, že se nám podaří vyrobit větší napětí. Bohužel se to nepodařilo, a tedy jsme nemohli ani využít připravený usměrňovač, kterým jsme chtěli získané střídavé napětí usměrnit. Usměrněním výstupního napětí jsme chtěli ukázat další krok, který se běžně používá v praxi: řada přístrojů, které napájíme z elektrorozvodné sítě, totiž pracuje se stejnosměrným napětím (nabíječky mobilů, tablety, notebooky, ...).

Zdroje

Zdroje vodní elektrárna:

GABRIEL P., ČIHÁK F., KALANDRA P. *Malé vodní elektrárny*, 1. vydání, Praha, Vydavatelství ČVUT, 1998

DVOŘÁK L. *Zdroje a přeměny energie*, 1. vydání, Praha, Vydavatelství ČVUT, 1986

DOČEKAL A., BOUČEK S. *Elektrárny II*, 1. vydání, Praha, Vydavatelství ČVUT, 1995

MATOUŠEK A. *Elektrárny I*, 2. vydání, Brno, VUT Brno, 1987

KAMINSKÝ J., VRTEK M. *Obnovitelné zdroje energie*, 1. vydání, VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 1998

Zdroje Jaderná elektrárna:

<http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika3.htm>

<http://fyzmatik.pise.cz/122126-tezka-voda-a-jeji-vyroba.html>

<http://www.chemik-online.com/view.php?cislocclanku=2005082302>

<http://www.prvky.com/4.html>

<http://www.prvky.com/48.html>

<http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=236>

<http://proatom.luksoft.cz/view.php?cislocclanku=2006020303>

<http://ireferaty.cz/302/5726/Jaderna-Elektrarna>

<http://fyzmatik.pise.cz/96528-obohacovani-jaderneho-paliva.html>

<http://www.jaderna-bezpecnost.cz/bezpecnost-jaderneho-reaktoru.htm>

<http://www.jaderna-energie.cz>

Zdroje fotovoltaické panely:

<http://www.csve.cz/clanky/graf-vyvoje-vykupnich-cen/278>

<http://www.zeleny-bonus.eu/statni-podpora/>

<http://www.solaraktiv.cz/fotovoltaicky-jev/>

<http://www.nazeleno.cz/vykupni-cena-elektřiny-vyrazne-klesne-ohrozi-to-fotovoltaiku.aspx>

<http://www.ceska-solarni.cz/faq.php>

http://hobby.idnes.cz/fotovoltaicke-panely-jsou-investici-jakou-nenabidne-zadna-banka-pxf-/hobby-domov.aspx?c=A090421_172846_hobby-domov_bma

<http://www.nemakej.cz/navratnost-fotovoltaicke-elektřarny.php>

Zdroje termický solární systém:

<http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/solarni-panely-snizte-sve-naklady-na-ohrev-vody.aspx>

<http://www.msolartop.cz/>

<http://solarni-ohrev.arsolar.cz/solarni-sestavy/solarni-ohrev-vody-pro-bytove-domy.htm>

<http://www.factorsolar.cz/>

http://cs.wikipedia.org/wiki/Solárn%C3%AD_ohřev_vody

<http://www.enbra.cz/dotace-solarni-panely/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_water_heating

<http://www.cne.cz/solarni-ohrev-vody/uvod-do-termickych-systemu/>

Zdroje tepelná čerpadla:

<http://www.klimarapid.cz/typy-a-provedeni-tepelnych-cerpadel-historie>

<http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/statni-dotace-na-tepelna-cerpadla-2011>

<http://www.maruko.cz/cerpadlo2.htm>

<http://www.mastertherm.cz/tepelna-cerpadla-voda-voda>

<http://www.mbcetepelnacerpadla.cz/princip-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda>