



Středoškolská technika 2010

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Solární elektrárna Struhařov

Jaroslav Mašek

Střední zdravotnická škola Benešov
Máchova 400, Benešov

Úvod

Získávání energie ze slunce patří mezi nejnovější způsoby vůbec. Tuto energii získáváme pomocí solárních panelů neboli fotovoltaických článků.

Je to způsob neznečišťující ovzduší, tento způsob je bezodpadový, nezávislý na dovozu surovin a vysoce bezpečný. Pružným pokrýváním spotřeby a schopnosti akumulace energie zvyšuje efektivnost elektrizační soustavy. V současné době Rada Evropské unie schválila usnesení týkající se výroby elektrické energie pomocí obnovitelných zdrojů ve výši 20 % z celkové spotřeby energie v EU. V našich přírodních podmínkách to dává velký prostor pro vznik mnoha nových solárních elektráren.

Solární elektrárna Struhařov je blízko Benešova. Všiml jsem si její výstavby, když jsem kolem projížděl. Bude fungovat na fotovoltaickém principu. Tak jsem si tam udělal výlet. Informace jsem si o ní zjistil od **projektanta na stavbě elektrárny**, který však nebyl příliš sdílný. Při té příležitosti jsem si pořídil i z budoucí elektrárny fotografie.

Také jsem využil možnosti zeptat se přímo pana **Ing. Miloše Petery, náměstka hejtmana pro životní prostředí a zemědělství**, který přijel letos na odborný seminář Enersolu a právě o problematice fotovoltaických elektráren hovořil. Pan Ing. Petera mi přislíbil zprostředkování dalších informací, které se mi nepodařilo zjistit přímo na stavbě. Ale nebylo mi zodpovězeno, kdy bude elektrárna spuštěna do sítě.

Sluneční energie

Sluneční záření umožňuje svojí přítomností život na Zemi jako takový. Přímou určuje přírodní pochody, které jsou pro náš život nepostradatelné, jako například fotosyntézu, vítr, déšť, mořské proudy a jiné. Vlivem těchto pochodů se sluneční energie může transformovat, ukládat a využívat jako:

Biomasa - díky biochemickým reakcím je až 0,1% sluneční energie přeměněno a uloženo v zelených částech rostlin. Ty lze posléze využít jako zdroj energie.

Fosilní paliva - za příznivých podmínek, působením geofyzikálních procesů ve větších hloubkách za vysokých tlaků a teplot bez přístupu vzduchu může být biomasa časem přeměněna na uhlí, ropu, či zemní plyn.

Vodní energie - zhruba čtvrtina slunečního záření je využita k výparu vody. Její následná kondenzace ve výše položených místech, dává vzniknout vodní energii.

Větrná energie - vlivem nerovnoměrného zahřívání zemského povrchu dochází k pohybu vzduchu, tedy vzniku větru.

Přímé využití solární energie - dopadající energii Slunce lze využívat přímo, a to buďto pasivně díky vhodné tzv. solární architektuře nebo aktivně, za to buď přeměnou na tepelnou energii v tzv. termických kolektorech (sběračích), anebo transformací na energii elektrickou ve fotovoltaických kolektorech.

Všechny výše vyjmenované druhy solární energie, s výjimkou fosilních paliv, považujeme za obnovitelné zdroje energie, přičemž nejefektivnější využití solární energie je logicky její přímé využití, neboť každá přeměna energie s sebou nutně nese určitou ztrátu. V případě fosilních paliv je třeba si uvědomit, že energie v nich akumulovaná se dnes spotřebovává mnohem rychleji, než se vytvářela. Fakt, že za jeden rok spotřebuje lidstvo takové množství energie, které se vytvářelo přibližně 1 milión let, dokazuje, že tento zdroj bude brzy vyčerpán. Nemluvě o škodlivých následcích spalování fosilních paliv na životní prostředí, jako je skleníkový efekt, který dle drtivé většiny vědeckých analýz nezanedbatelnou měrou přispívá k dnes tolik diskutovaným klimatickým změnám. Za další negativní dopady jmenujme alespoň znečištění ovzduší a vod.

Jak termické, tak i fotovoltaické kolektory (sběrače) nefungují samy o sobě, ale potřebují přídatná technická zařízení (například měniče, akumulátory apod.). Takto zapojená zařízení se poté odborně nazývají solární systémy.

Solární systémy

Ať už mají solární kolektory plnit naše nároky na ohřev teplé vody, vytápění nebo výrobu energie, je vždy nutné je napojit na další technická zařízení. Vzniklý komplex těchto zařízení se pak nazývá solárním systémem.

Dle funkce rozlišujeme následující solární systémy:

- Termický solární systém na ohřev vody
- Termický solární systém na vytápění
- Ostrovní fotovoltaický solární systém
- Fotovoltaický solární systém zapojený do sítě

V podmínkách České republiky se pro ohřev vody používají především dvoukruhové solární systémy s nuceným oběhem, kdy je cirkulace vody zajištěna pomocí čerpadla.

Aby systém dobře fungoval, je nezbytně nutné, aby obsahoval toto vybavení:

Elektronický spínač – zajišťuje, aby bylo čerpadlo v provozu pouze tehdy, kdy jsou zajištěny efektivní tepelné zisky, tedy teplotní rozdíl kapaliny nese dostatečnou energii pro ohřev pitné vody.

Teploměry – do systému se instalují zpravidla dva, ukazují nám teplotu teplotnosné kapaliny před a za zásobníkem.

Expanzní nádoba – slouží k udržení provozního tlaku v systému, při měnících se teplotách vyrovnává změny objemu kapaliny.

Brzda samotížné cirkulace – brání gravitačnímu proudění v době, kdy nejsou zajištěny efektivní tepelné zisky (v noci, nebo pokud je zatažená obloha).

Přetlakový ventil – používá se pro odběr teplotnosné kapaliny z potrubí v případech nadměrného tlaku.

Odvzdušňovací ventil – umožňuje vypuštění plynu ze solárního systému, umísťuje se do nejvyššího místa systému.

Uzavírací a plnicí kohouty – slouží k úplnému vypuštění resp. napuštění teplotnosné kapaliny do oběhu.

Využití solární energie:

Formy využití solární energie v praxi rozdělujeme do dvou základních skupin:

Pasivní využití - jedná se o principy tzv. solární architektury, které vedou k úsporám energie. Mezi základní principy solární architektury patří především vhodná orientace prosklených ploch a tepelně akumulacních stěn, dosažení maximálního objemu stavby za minimálního

povrchu obvodových (ochlazovaných) stěn, důkladná tepelná izolace a využití obnovitelných zdrojů pro energetické zásobování stavby.

Aktivní využití - je realizováno pomocí přídavných technických zařízení tzv. slunečních kolektorů.

Fotovoltaické kolektory - pomocí tzv. fotovoltaického jevu přeměňují sluneční záření přímo na elektrickou energii. Využití solární energie v praxi samozřejmě probíhá jak v "domácím" použití tak ve velkém, například v případě solárních elektráren.

Možnosti využití solární energie jsou závislé především na dvou hodnotách:

Doba slunečního záření - je uváděna v hodinách za časové období (měsíc, rok). Průměrná hodnota pro Českou republiku je přibližně 1 500 hodin.

Intenzita slunečního záření - jedná se o denní resp. měsíční sumu globálního záření na jednotku vodorovné plochy. V České republice roční množství slunečního záření kolísá mezi 950 a 1 250 kWh/m².

Obě hodnoty jsou dlouhodobě sledovány v meteorologických stanicích a důležitou roli pro ně hraje počasí.

Přestože množství sluneční energie v průběhu roku kolísá a největší množství sluneční energie dopadá v období, kdy spotřeba tepla je nejnižší, lze hodnotit podmínky v České republice jako poměrně dobré pro její využití.

Solární elektrárna

Přeměna solární energie na jiné formy má již letitou tradici. Již v roce 1883 na Světové výstavě v Paříži předvedli A. Mouchot a A. Piffr z Francie zařízení, ve kterém se pomocí koncentrace slunečního záření do ohniska parabolického zrcadla tvořila pára, která poháněla parní stroj a následně pak tiskařský stroj na tisk novin.

Na stejném principu pracují i některé pokusné elektrárny, ve kterých je koncentrované sluneční záření využito k tvorbě páry, která pohání parní turbínu a následně s rotorem spřažený generátor elektrické energie. „Parogenerátory“ pracují nejčastěji na principu – žlabovité uspořádání nebo věžovité uspořádání. Několik takových elektráren pracuje s maximálními výkony okolo 30 MW, nejvíce je jich v Kalifornii a Novém Mexiku, kde je v průměru 320 slunečných dní v roce, některé jsou i v Evropě. Páru se daří ohřívat až na teplotu 560 stupňů Celsia a po zdokonalení a optimalizaci technologie se dosahuje účinnosti elektrárny až 17 %.

Některé věžové elektrárny používají ještě olejový či šterkový akumulátor tepelné energie, aby turbogenerátor mohl pracovat ještě nějakou dobu po západu Slunce. I když tento systém elektráren vypadal zpočátku slibně, dodnes zůstal ve stádiu pokusných zařízení a většího rozšíření se nedočkal. I s moderní technikou je totiž velký technický a finanční problém řízení nastavování zrcadel s potřebnou přesností. Navíc je potřeba zrcadla stále čistit a ty při své ploše často neodolají větru.

Světová solární elektrárna

Elektrárna „Solar One“ s maximálním výkonem 10 MW a věží vysokou 70 m, která byla jako první věžová elektrárna spuštěna v roce 1985. Je tam detail žlabových parabolických koncentrátorů elektrárny SEGS-III s maximálním výkonem 354 MW pracující v Kalifornii. Zde je ohřívacím médiem olej, jehož tepelná energie se v parogenerátoru využívá k tvorbě páry a k pohonu turbíny.

Dnes je však nejrozšířenější a nejperspektivnější princip přeměny solární energie na elektrickou pomocí přímé přeměny v polovodičových fotovoltaických panelech.

Roční světová výroba a instalace fotovoltaických panelů v roce 2005 převyšovala 1000 MW, přičemž vývoj v posledních letech ukazuje prudký nárůst.

Fotoelektrický jev

Fotoelektrický jev či fotoefekt je fyzikální jev, při němž jsou elektrony uvolňovány (vyzařovány, emitovány) z látky (nejčastěji z kovu) v důsledku absorpce elektromagnetického záření (např. rentgenové záření nebo viditelného světla) látkou. Emitované elektrony jsou pak označovány jako fotoelektrony a jejich uvolňování se označuje jako fotoelektrická emise (fotoemise).

Pokud jev probíhá na povrchu látky, tzn. působením vnějšího elektromagnetického záření se elektrony uvolňují do okolí látky, hovoří se o vnějším fotoelektrickém jevu. Fotoelektrický jev však může probíhat i uvnitř látky, kdy uvolněné elektrony látku neopouští, ale zůstávají v ní jako vodivostní elektrony. V takovém případě se hovoří o vnitřním fotoelektrickém jevu.

Pokud na látku dopadají elektrony, které způsobují vyzařování fotonů, mluví se o inverzním (obráceném) fotoelektrickém jevu.

Studium fotoelektrického jevu mělo vliv na pochopení duality vln a částic.

Popis jevu:

Bylo zjištěno, že při osvětlení některých látek (především kovy) se tyto látky nabíjí, např. zinek osvětlený ultrafialovým světlem se nabije kladně.

Při ozáření vzorku spektrem elektromagnetického vlnění byly přítom pohlceny krátké vlnové délky a delší vlny ve spektru zůstaly.

Pro krátké vlnové délky došlo k emisi vodivostních elektronů z kovu. Počet těchto elektronů rostl s intenzitou vlnění. Jev byl, ale pozorován jen pro krátké vlnové délky, pro velké délky vln jev nenastal při libovolné intenzitě. Pro krátké vlnové délky se zvýšením intenzity dopadajícího záření zvyšoval počet uvolněných elektronů, avšak intenzita neovlivnila energii těchto elektronů.

Podle představ klasické fyziky by elektronům měla být předána kinetická energie dopadajícího elektromagnetického vlnění. Energie elektromagnetických vln souvisí s intenzitou záření, tzn. energie vyzařovaných elektronů by měla záviset na intenzitě dopadajícího záření. Experimenty však ukázaly, že kinetická energie vyzařovaných elektronů je závislá na frekvenci a nikoliv na intenzitě dopadajícího záření.

Experimentálně bylo zjištěno, že pokud frekvence dopadajícího záření klesne pod tzv. mezní (prahový) kmitočet ν_0 , fotoemise se neobjevuje. Mezní frekvence je charakteristickou

vlastností každé látky. Pokud je frekvence v dopadajícího záření vyšší než mezní frekvence ν_0 , mají fotoelektrony energii v rozmezí od nuly do určité maximální hodnoty E_{\max} . Maximální hodnota energie E_{\max} je lineární funkcí frekvence.

Kvantové vysvětlení:

Podivné chování světla při interakci s vlněním vysvětlil až Einstein v roce 1905 s využitím poznatků právě se rodící kvantové teorie. Byla to především Planckem prezentovaná teorie, že elektromagnetické vlnění předává svou energii při interakcích s jinými částicemi nespojitě, po takzvaných kvantech. Velikost kvanta energie závisí na frekvenci (vlnové délce) elektromagnetického záření, přičemž platí: světlo při dopadu předává energii elektronům na povrchu zkoumané látky. Je-li vlnová délka λ světla dostatečně malá, pak frekvence ν a tedy i energie ($c = \nu\lambda$), kterou záření po dopadu předá elektronu, může dosáhnout dostatečné hodnoty pro uvolnění tohoto elektronu z vazby v obalu atomu. Hodnota této energie potřebné k uvolnění elektronu se označuje jako ionizační energie. Velikost ionizační energie, kterou potřebují elektrony k uvolnění z látky, se někdy označuje jako fotoelektrická bariéra. Předáním dostatečné energie elektronům je možné tuto bariéru překonat (hovoří se také o tzv. výstupní práci). Minimální frekvence, při níž dopadající fotony předávají elektronům energii potřebnou k překonání této bariéry, se označuje jako prahová frekvence.

Při velkých vlnových délkách (nizkých frekvencích a tedy i energiích) se jev neprojeví, protože energie fotonu nestačí na uvolnění elektronu z obalu atomu.

Pokud je energie předaná elektronu větší než je potřeba k jeho uvolnění (tedy větší než výstupní práce), pak fotoelektronu po opuštění látky část energie zůstane. Tato energie má formu kinetické energie elektronu.

Z těchto úvah získal Einstein rovnici fotoelektrického jevu, kde $h\nu$ je energie dopadajícího fotonu, $h\nu_0$ je minimální energie potřebná k uvolnění elektronu (tedy výstupní práce) a E_{\max} je maximální možná energie uvolněného elektronu.

Z uvedené rovnice je vidět, že energie uvolněného elektronu závisí pouze na frekvenci dopadajícího záření a nikoliv na intenzitě tohoto záření. Je také vidět, že bez ohledu na intenzitu dopadajícího záření nemůže při $\nu < \nu_0$ dojít k uvolnění elektronů, tzn. nedochází k fotoefektu. Výstupní práce elektronu je závislá na tom, jak hluboko se elektron v látce nachází, proto leží energie fotoelektronů v rozmezí od nuly do E_{\max} . Ačkoliv intenzita dopadajícího záření nemá vliv na energii uvolněných elektronů, ovlivňuje jejich počet. Při větší intenzitě záření je také počet uvolněných elektronů vyšší.

Inverzní fotoelektrický jev

Pokud na látku dopadají elektrony, které způsobují vyzařování fotonů, mluví se o inverzním (obráceném) fotoelektrickém jevu.

Energie pohybujícího se elektronu je obvykle podstatně větší než potenciálová hráz, proto lze hodnotu výstupní práce zanedbat proti kinetické energii elektronu, tzn. $E_k = hv$.

Při dopadu elektronu na kov dochází obvykle ke ztrátě jeho kinetické energie postupně, tzn. několika srážkami s částicemi hmoty, kdy postupně uvolňuje svoji energii ve formě tepelného záření. Některé elektrony však všechnu svoji energii ztratí při jednom nárazu. V takovém případě se všechna kinetická energie elektronu může přeměnit v částici elektromagnetického záření, tzn. ve foton. Tímto způsobem je možné získat fotony rentgenového záření.

Pokud dojde k přeměně energie elektronu ve foton jedním nárazem, bude fotonu dodáno největší možné množství energie, tzn. $E_k = hv_{\max} = eU$, kde e je elektrický náboj elektronu a U je urychlující potenciál. Vyjádřením pomocí vlnové délky získáme tzv. Duane-Huntův zákon, kde c je rychlost světla. Z tohoto vztahu plyne, že se zvyšováním urychlujícího potenciálu se maximum energie posouvá ke kratším vlnovým délkám, což bylo také experimentálně pozorováno.

Historie:

Fotoelektrický jev v roce 1887 poprvé popsal Heinrich Hertz. Pozoroval z pohledu tehdejší fyziky nevysvětlitelné chování elektromagnetického vlnění při dopadu na povrch kovu.

Kvantové vysvětlení poskytl Albert Einstein. Einstein za vysvětlení fotoelektrického jevu a za svůj přínos k teoretické fyzice dostal Nobelovu cenu v roce 1921. Nutno říct, že k tomu byla spíše politická pohnutka, kdy jeho teorie relativity nebyla ještě všeobecně přijata, a tak Nobelova komise obdařila Einsteina Nobelovou cenou za dílčí obecně přijatý výsledek na poli kvantové fyziky a pro jistotu přidala komentář o zásluhách o teoretickou fyziku, kdyby snad na teorii relativity něco bylo.

Využití:

Fotoelektrický jev umožňuje využití solární energie a vytvoření fotočlánků, např. fotodiody nebo fototranzistoru.

Vnitřní fotoelektrický jev našel uplatnění především na světlo citlivých polovodičů. Při osvětlení se uvolňují v polovodičích elektrony z atomových orbitalů a ty se pak mohou uplatnit jako nosiče proudu. Fotodiody se využívají například v solárních kalkulačkách.



Fotovoltaická solární elektrárna

Druhy solárních panelů:



Monokrystalický solární panel Sunset



Amorfni křemíkové solární panel



Polykrystalický solární panel

Solární elektrárna Struhařov

Je postavena na jižním svahu.

Má výkon 1,8 MW.

Je na ní použito 11 000 solárních panelů o rozměrech 1,6 x 0,95 m.

Solární panely jsou polykrystalické od firmy Triwasolar.

Střídače od firmy SMK, použito jich tam je 160 kusů.

30 V má výstup jednoho panelu naprázdno.

Série má celkem 600 V – použity tři fázové střídače přeměna na střídavý proud.

- 195 000 000 Kč.

Cena investice závisí na výši dotaci, počtu a typu panelů.

Část financí platí EU.

Návratnost investor počítá 15 až 20 let.

- Výkupní cena za 1 MWh bude asi 12 890 Kč

- Předběžný termín dokončení listopad 2009.

- Solární elektrárny Struhařov je investor JSW Solar v.o.s. (IČ 28945361)

se sídlem: Křenová 437/7, 162 00 Praha 6

- Zastavěná plocha je cca 6 ha půdy. Bonita půdy je většinou ve třídě 3, méně pak ve třídě 2. Půda je pronajata do roku 2034.

- Fotografie jsem pořídil dne 2. 11. 2009 na staveništi solární elektrárny Struhařov.

Fotografie solární elektrárny Struhařov



Rozestavěná sluneční elektrárna



Položené polykrystalické panely



Rozestavěná sluneční elektrárna



Položené polykrystalické panely

Anketa

1) Víte, co je to solární elektrárna?

- A) ANO
- B) NE
- C) MOŽNÁ

2) Poskytuje Evropská unie dotace na výstavbu slunečních elektráren?

- A) ANO
- B) NE
- C) MOŽNÁ

3) Znáte nějakou solární elektrárnu, která se staví v České republice?

- A) ANO
- B) NE

<i>na otázku č. 1</i>	<i>na otázku č. 2</i>	<i>Na otázku č. 3</i>
<i>A / 17</i>	<i>A / 13</i>	<i>A / 19</i>
<i>B / 3</i>	<i>B / 9</i>	<i>B / 6</i>
<i>C / 5</i>	<i>C / 3</i>	

Anketu jsem prováděl na ulici v Benešově.

Většina ze 25 zúčastněných v anketě věděla, co je to sluneční elektrárna, a že Evropská unie na ni poskytuje dotace.

Na třetí otázku nejvíce dotázaných odpovědělo, že sluneční elektrárna se staví ve Struhařově.

Závěr

Přál bych si, aby solárních elektráren bylo daleko méně, protože patří mezi nejnevhodnější obnovitelné zdroje.

Mezi hlavní výhody patří:

- úplná energetická nezávislost
- nezatěžuje skoro vůbec životní prostředí
- z velké části je dotována EU
- rychlá výstavba

Mezi hlavní nevýhody patří:

- zabírá velkou plochu
- vyrábí energii jen přes den ne v noci
- bohužel velmi vysoká počáteční investice
- velmi drahá energie

Použitá literatura

- z internetových stránek
<http://www.solarni-energie.info/solarni-elektrarny.php>
http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotovoltaický_jev
- ze svých znalostí a zkušeností
- z informací, které mi podaly na elektrárně