

Kolik solárních panelů je potřeba pro pokrytí své domácí spotřeby?

L. Moravec, J. Kraft

Fyzikální ústav Akademie věd České republiky

Lukas.moravec@student.sps-cl.cz; kraft20a@gshpb.cz

Abstrakt:

Fotovoltaické panely, zázrak moderní technologie. Zařízení schopná získávat energii ze slunce, ale s jakou efektivitou, v jakém množství a v jakých podmínkách? Těmito aspekty této technologie se tato práce zabývá. Jsou zde vysvětleny základní principy a problematika při budování fotovoltaické elektrárny: výběr správné technologie, lokace, náklonu či rotace.

Také se dozvíte zjednodušený postup výroby fotovoltaického článku a panelu, cesta od písku až k elektrárně.

1 Úvod

Tato práce se zabývá technologií fotovoltaických panelů vyrobených z křemíkových polovodičů. Jak se takové panely vyrábějí? Jaké efektivitu je možné dosáhnout či jak se panely vyrábějí?

Práce se také zabývá tím, jak se vytváří studie proveditelnosti pro vybudování fotovoltaické elektrárny, a to jak v domácím měřítku, tak v měřítku industriálním. Kvalita provedení této studie určuje budoucí využití a efektivitu fotovoltaického řešení. A tím vyvstávají otázky: Kolik fotovoltaických panelů je potřeba? Jaký výkon musí mít? Která technologie je vhodnější či jaký sklon a orientace je pro panely optimální?

2 Výroba fotovoltaického panelu

U fotovoltaických panelů vyrobených z křemíkových polovodičů se vždy začíná u křemičitého písku. Z tohoto písku jsou při vysokých teplotách odebrány nečistoty. Zbylý materiál je následně zpracován tzv. Czochralského procesem při kterém je roztaven a následně je z něj získán krystal křemíku. Tento krystal je zpravidla kulatý a složen ze tří částí: začátku, středu a konce.

Z tohoto krystalu je ve výsledku odříznut začátek a konec a jediná část která zůstává je středová. Z této části je odebrána část rohů a to tak že z kruhového průřezu vznikne pseudo-čtverec. Který je známým tvarem solárních buněk.

Z tohoto monokrystalického silikonového bloku je nařezáno několik set až tisíc waferů. Které jsou následně opatřeny tzv. texturou zlepšující efektivitu buňky, vybaveny vodivými trasami shromažďujícími elektrony vyprodukované silikonem při dopadání slunečních paprsků a opatřeny antireflexní vrstvou zabraňující odrazení slunečních paprsků.

Takto se získá jediná buňka. Fotovoltaický článek je ve výsledku skládán z desítek těchto buněk, které jsou zapojeny do jediného obvodu, a to povětšinou sériovou¹ konfigurací. Tato konfigurace umožňuje jednoduché navýšení výsledného napětí systému, avšak pokud je kterákoliv buňka v sérii stíněna klesá výkon celého systému. Proto se do těchto systémů přidávají tzv. bypass diody² které v případě omezení některé z buněk umožňují proud protékat náhradní cestou.

3 Fotovoltaický geografický systém – PVGIS

Fotovoltaický geografický systém (dále jen PVGIS) je webový nástroj vyvinutý Evropským centrem věd pro simulaci výkonu a vlastností fotovoltaických systémů v Evropě. PVGIS se rozrůstal a nyní obsahuje databázi se záznamy o slunečním záření pro celou Evropu a Afriku. Nově jsou v něm ale také data pro výpočty na většině území Spojených států a Asie.

Systém má velmi rozsáhlou a detailní dokumentaci a je dostupný v 5 jazycích. Proto prací s ním neměl mít problém nikdo kdo umí mluvit některým z mezinárodních jazyků.

4 Určení lokace a horizontu

Jako první je nezbytné určit kam chcete teoretickou fotovoltaickou elektrárnu umístit.

Je ideální najít dobré místo, protože pokud máte okolo této lokace hory, stromy nebo budovy. Tyto objekty stíní část slunce, a tudíž i energie kterou můžete získat, tuto energii byste mohli využít např. na uvaření ranní kávy, tak si dokážete představit, že to není úplně to nejlepší.

Proto si můžete na webu PVGIS³ zadat lokaci (třeba váš dům) a to jak formou GPS koordinátu, tak výběrem bodu z mapy. Máte také možnost importovat mapu horizontu neboli také mapu terénu či jí necháte program vypočítat. Program si podle mapy najde objekty, které by mohly stínit a započítá je.

5 Technologie

Technologií fotovoltaických panelů je mnoho, jednou z nejpoužívanějších je monokrystalický křemík. Je ale také jednou z těch méně efektivních, dosahují totiž pouze efektivity odběru slunečního záření pouhých 20 % (u pokročilejších až 25 %). Pro tuto simulaci byla použita technologie monokrystalického křemíku.

Nominální výkon

Nominální, nebo také špičkový výkon je maximální výkon panelu v následujících podmínkách: teplota panelu musí být 20-25 °C a musí být ozářen slunečním zářením s intenzitou 1000 W/m². Tento výkon určuje, kolik kWh je panel schopný vygenerovat. Je měřen v (kWp) kilowatt-peak.

¹ Sériová konfigurace je zapojení dvou a více zařízení v konfiguraci za sebou. V tomto zapojení dochází ke sčítání napětí. Avšak pokud jedno zařízení nepracuje správně omezuje celý obvod.

² Výkonová dioda fungující jako cesta menšího odporu v případě že dojde k nějakému přerušení či zvýšení odporu mezi místy, které spojuje.

³ PVGIS – Evropský nástroj pro simulaci fotovoltaického řešení. Adresa: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

Systémové ztráty

Systémové ztráty, jsou hodnota, se kterou se musí počítat při návrhu čehokoliv. Protože solární kontrolér a invertor⁴ jsou elektrická zařízení je zde zaručeno že nepracují se 100 % efektivitou a zároveň je využíváno nesupravodivých vodičů, což znamená že mají odpor. Systémové ztráty proto záleží na vnitřních ztrátách invertoru, která se pohybuje mezi 2-5 %, se kterou je solární kontrolér schopný získávat energii z panelu a odporu závislého na délce kabeláže.

Pro tuto simulaci byla použita průměrná ztráta 14 %, která je zároveň výchozí hodnotou simulátoru.

6 Upevnění na konstrukci

Je několik způsobů, jak upevnit panelový systém. Například: fixní, jednoosý či dvouosý sledovač.

Pro tuto simulaci byl použit fixní upevňovací systém (konstrukce, střecha atd....).

Sklon

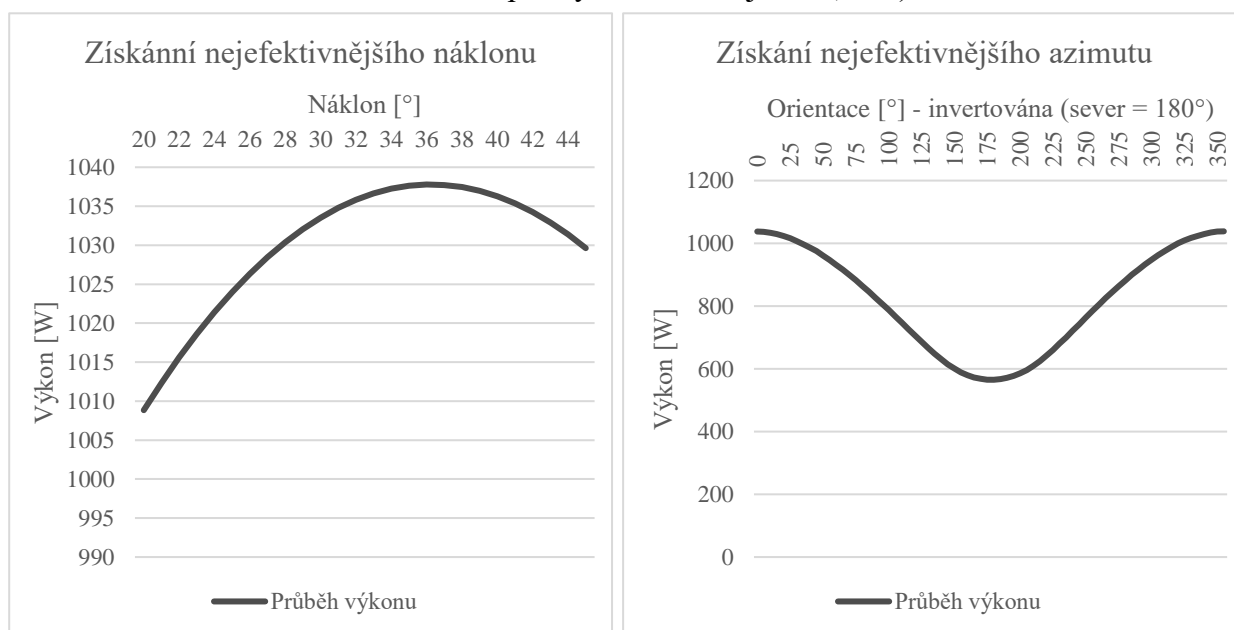
Sklon je jedna z hlavních součástí dobrého fotovoltaického panelu, určuje totiž pod jakým úhlem bude světlo dopadat na panel a tím pádem, jak bude panel efektivní. Tento sklon je závislý na poloze na zeměkouli.

Tato simulace ukázala že ideální sklon pro vybrané místo je 36°.

Orientace

Orientace je druhá klíčová součást efektivity fotovoltaických panelů. Je to orientace podle kompasu X° od jihu (v PVGIS je 0° Jih a 180° je Sever). Tato hodnota se může stejně jako sklon lišit podle místa na Zemi a také podle objektů stínících sluneční světlo (pohoří, stromy, budovy).

Tato simulace ukázala že ideální sklon pro vybrané místo je -5° (185°).



⁴ Invertor je elektrické zařízení převádějící stejnosměrný proud DC na střídavý AC. Díky tomu je možné zapojit solární panely do centrální elektrické sítě.

7 Výroba elektrické energie

Pro tento test jsme vybrali spotřebu průměrné domácnosti jakožto 4 722.00 kWh. Což znamená že pro pokrytí i s přihlédnutím na budoucí růst spotřeby budeme potřebovat systém s výkonem 5 kWp. Tímto se dostaneme roční výrobu 5 190,75 kWh. Když máme roční výrobu větší, než roční spotřebu tak můžeme přejít k výpočtu počtu panelů, který budeme potřebovat. Špičkový výkon vynásobíme tisícem a výsledné číslo vydělíme výkonem kupovaných panelů a vyjde nám počet panelů, které potřebujeme k pokrytí naší spotřeby.

POZOR: když nám vyjde jakékoliv desetinné číslo tak musíme zaokrouhlit nahoru.

Výpočty: $5 \times 1000 \div 450 = 5000 \div 450 = 11.1\dots$

To znamená že potřebujeme 12 panelů na pokrytí naší spotřeby. Přebytkovou energii, kterou nevyužijeme můžeme uložit do baterií nebo jí předat do elektrické sítě.

8 Shrnutí

Výroba fotovoltaických panelů se stává čím dál tím jednodušší a rychlejší, díky tomu ceny těchto panelů během let výrazně klesly. Jejich efektivita se stále zlepšuje, ale i nejlepší dnešní panely nedosahují vyšší efektivity než 24 %. I přes tento fakt je fotovoltaický panel stále nejatraktivnější zdroj čisté energie.

Webový nástroj PVGIS je velmi intuitivní a nápomocný, jak pro amatéry pokoušející se zjistit, zda se jim vyplatí panely nainstalovat, tak pro velké korporace, kterým pomůže zjistit teoretické vlastnosti elektrárny ještě předtím, než jí na místo nainstalují.

Budoucnost solárních elektráren vypadá velmi zdárně a podle aktuálního trendu přechodu na čistou energii bude vyvíjen nárok na výkon a pokles ceny díky čemuž se zvýší atraktivnost instalace fotovoltaických elektráren i na rezidenční budovy.

Poděkování

Lukáš Moravec: Chtěl bych poděkovat našemu vedoucímu mini projektu: Mykhailo Khytko za jeho vedení a ochotu nám vše vysvětlit. Dále také za exkurzi, kterou nám udělal v laboratořích, ve kterých pracuje. A za konečné rozptýlení v podobě supravodivého magnetu jezdícího po magnetické dráze.

Jaroslav Kraft: Já bych poděkovat celému týmu Fyzikálního ústavu Akademie věd za ochotu a krásně připravený mini projekt, a ukázky jejich prací.

Reference

- [1] *PVGIS Photovoltaic Geographical Information System* [online]. [cit. 2022-06-21]. Dostupné z: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en
- [2] *Solar Manufacturing Cost Analysis* [online]. [cit. 2022-06-21]. Dostupné z: <https://www.nrel.gov/solar/market-research-analysis/solar-manufacturing-cost.html>