



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická
Katedra elektroenergetiky

Návrh fotovoltaické elektrárny

Project of photovoltaic power plant

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, Energetika, Management
Studijní obor: Aplikovaná elektrotechnika

Vedoucí práce: Vít Klein, Ph.D.

Martin Bříza

Praha 2015

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra elektroenergetiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Martin Bříza**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Aplikovaná elektrotechnika

Název tématu: **Návrh fotovoltaické elektrárny**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Princip fotovoltaiky.
- 2) Popis lokality výstavby.
- 3) Praktický návrh elektrárny.
- 4) Ekonomické zhodnocení projektu.

Seznam odborné literatury:

- [1] HASELHUHN, Ralf. Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2011, 176 s. ISBN 978-80-86167-33-6.
- [2] MASTNÝ, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jan MACHÁČEK, Michal PTÁČEK, Lukáš RADIL, Tomáš BARTOŠÍK a Tomáš PAVELKA. Obnovitelné zdroje elektrické energie. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 254 s. ISBN 978-80-01-04937-2.
- [3] VOBECKÝ, Jan a Vít ZÁHLAVA. Elektronika: součástky a obvody, principy a příklady., 3. rozš. vyd. Praha: Grada Publishing, 2005, 220 s. ISBN 80-247-1241-5.

Vedoucí: Ing. Vít Klein, Ph.D.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2015/2016

L.S.

Ing. Jan Švec Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 1. 4. 2015

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne 18. 5. 2015

.....

Abstrakt

Cílem této práce je návrh fotovoltaické elektrárny na střeše obchodního střediska. V teoretické části je rozebrán samotný princip fotovoltaiky, druhy fotovoltaických panelů, typy fotovoltaických systémů a jejich základní komponenty. Výsledkem praktické části je návrh fotovoltaického systému včetně její elektroinstalace a následné ekonomické zhodnocení projektu.

Klíčová slova

Fotovoltaika, fotovoltaický systém, fotovoltaická elektrárna

Abstrakt

The target of this work is to design a photovoltaic plant on the roof of the mall. The theoretical part analyzes the principle of photovoltaics, types of photovoltaic panels, types of photovoltaic systems and their basic components. The result of the practical part is the design of a photovoltaic system including its electrical and economic evaluation of the project.

Key words

Photovoltaic, photovoltaic system, photovoltaic power plant

Poděkování

Děkuji Vítu Kleinovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a za poskytnutí mnoho cenných rad k vypracování mé práce.

Obsah

Seznam symbolů a zkratk	8
Seznam obrázků a grafů	9
Seznam tabulek	9
Úvod.....	10
1. Teoretická část	11
1.1. Fotovoltaika	11
1.1.1. Světlo	11
1.1.2. Slunce	12
1.1.3. Princip fotoelektrického jevu	12
1.1.4. Druhy polovodičů	13
1.1.5. Fotovoltaický článek.....	14
1.1.6. Elektrické vlastnosti fotovoltaických článků	14
1.2. Typy fotovoltaických článků	15
1.2.1. Křemíkové monokrystalické články	15
1.2.2. Křemíkové polykrystalické články	17
1.2.3. Křemíkové amorfní články	18
1.3. Typy instalací fotovoltaických systémů.....	19
1.3.1. Systémy bez připojení k elektrické rozvodné síti (off- grid).....	19
1.3.2. Prvky ostrovních systémů (off-grid)	21
1.3.3. Systémy připojené k elektrické rozvodné síti (on-grid).....	22
1.3.4. Prvky systémů připojených k elektrické rozvodné síti (on-grid)	25
1.4. Vliv umístění a orientace fotovoltaických panelů.....	26
1.5. Možnosti navýšení množství vyrobené elektrické energie	27
1.5.1. Fotovoltaické systémy s pohyblivým stojanem	27
2. Praktická část	28
2.1. Popis lokality umístění fotovoltaické elektrárny	28
2.2. Praktický návrh elektrárny.....	32
2.2.1. Výpočet minimálního výkonu elektrárny	32
2.2.2. Panely	32
2.2.3. Střídač.....	33
2.2.4. Vodiče a ochrany	33
2.2.5. Velikost vyráběné energie	35
2.3. Ekonomické hodnocení projektu	38
Závěr	42
Použitá literatura	44
Příloha 1 – Katalogový list Trina solar TSM 255 PC05A Honey	46
Příloha 2 – Katalogový list ARR1532	48
Příloha 3 – Výkresová dokumentace	50

Seznam symbolů a zkratk

FVE	-	fotovoltaická elektrárna
FS	-	fotovoltaický systém
ČR	-	Česká republika
CO ₂	-	oxid uhličitý
FVČ	-	fotovoltaický článek
FV	-	fotovoltaický

Seznam obrázků a grafů

Obr. 1: Spektrum světla

Obr. 2: VA charakteristiky FVČ pro různé intenzity slunečního záření

Obr. 3: Příklad monokrystalického fotovoltaického článku

Obr. 4: Příklad polykrystalického fotovoltaického článku

Obr. 5: Příklad amorfního fotovoltaického článku

Obr. 6: FVE pro vlastní spotřebu a prodej přebytků do sítě

Obr. 7: FVE pro výhradní prodej elektrické energie do sítě

Obr. 8: Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu

Obr. 9: Fotografie objektu

Obr. 10: Fotografie střechy objektu, uvažované pro umístění FV panelů

Graf 1: Průměrná denní spotřeba elektrické energie objektu

Graf 2: Roční diagram spotřeby elektrické energie objektu

Graf 3: Průběh produkce elektrické energie FVE a spotřeby objektu

Graf 4: Velikost produkce elektrické energie FVE a spotřeby objektu v jednotlivých měsících

Graf 5: Průběh elektrické energie vyrobené FVE spotřebované přímo v objektu

Graf 6: Průběh elektrické energie vyrobené FVE prodané do sítě

Seznam tabulek

Tab. 1 : Průměrné měsíční doby slunečního svitu

Tab. 2 : Předpovídaná výroba elektrické energie v jednotlivých měsících

Tab. 3 : Investiční náklady

Tab. 4 : Velikost elektrické energie spotřebované přímo v objektu

Tab. 5 : Velikost přebytků elektrické energie prodané do sítě

Tab. 6 : Ekonomické zhodnocení efektivnosti investic projektu

Úvod

Již od devatenáctého století si nedokážeme náš život představit bez elektrické energie. Při současném růstu naší populace jsme se dostali do stavu, kdy musíme uvažovat o budování alternativních zdrojů elektrické energie, protože začínáme pociťovat neduhy využívání neobnovitelných zdrojů elektrické energie, a to hlavně využívání fosilních paliv, jako jsou uhlí, ropa a zemní plyn. Hlavním problémem těchto zdrojů elektrické energie je jednak v tvorbě nedýchatečných plynů (CO₂ apod.), popílků atd., a také hrozí jejich úplná vyčerpanost. A proto je na místě budovat zdroje elektrické energie z ekologicky čistých zdrojů, mezi které mimo jiné patří fotovoltaická energie. Nicméně tyto zdroje elektrické energie nejsou zatím schopny v dnešní době při aktuální spotřebě nahradit zdroje, které využívají fosilních paliv.

Fotovoltaické elektrárny jsou jedny z nejekologičtějších zdrojů elektrické energie. Kromě vlastní výroby fotovoltaických panelů a následně jejich likvidace a recyklace po dovršení jejich životnosti nijak nenarušují životní prostředí. Jsou bezhlučné, ve většině případů nenarušují nebo jen málo narušují ráz krajiny a další nemalou výhodou je jejich takřka bezúdržbový provoz. Nevýhodou fotovoltaiky samozřejmě je fakt, že můžeme využívat elektrickou energii pouze ve dne a víceméně v letních měsících, tedy v době s vysokým slunečním svitem.

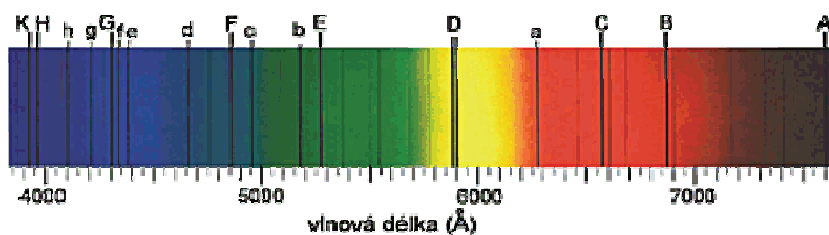
1. Teoretická část

1.1. Fotovoltaika

Fotovoltaika (fotovoltaické systémy) patří mezi skupinu obnovitelných zdrojů elektrické energie. Fotovoltaika je přímá metoda přeměny slunečního záření na elektrickou energii s využitím fotoelektrického jevu na polovodičových fotodiodách. Jednotlivé fotodiody tvoří fotovoltaické články, které jsou spojovány do větších celků, a to fotovoltaických panelů. Fotovoltaický panel je schopen vyrábět elektrickou energii i bez přímého osvětlení na základě tzv. difúzního záření (tj. při zatažené nebo oblačné obloze), které nad územím České republiky převládá.

1.1.1. Světlo

Světlo vytvářejí příčné elektromagnetické vlny, jeho viditelné spektrum je rozloženo v rozmezí vlnových délek přibližně od 390 až 790 nm a v rozmezí frekvencí $3,9 \times 10^{14}$ Hz až $7,9 \times 10^{14}$ Hz, a projevují se současně jako tok fotonů. Vlnové délky světla leží mezi vlnovými délkami ultrafialového a infračerveného záření. Světlu přisuzujeme 3 základní vlastnosti, a to jsou svítivost (amplituda), barva (frekvence) a polarizace (úhel vlnění). Světlo má vlastnosti, díky dualitě částice a vlnění, jako vlnění i jako částice. Odlišné frekvence světla vidíme jako barvy, od červeného světla s nejnižší frekvencí a nejdelší vlnovou délkou po fialové s nejvyšší frekvencí a nejkratší vlnovou délkou. Sluneční světlo vnímáme jako bílé, protože je složeno ze spojitého spektra všech barev.



Obr. 1: Spektrum světla [12]

1.1.2. Slunce

Naší nejbližší hvězdou je Slunce, které je středem naší sluneční soustavy. Výkon ozáření Sluncem se vztahují na osluněnou plochu a jsou normovány na jeden čtverečný metr. Při bezmračném slunečním počasí je velikost intenzity záření na povrchu Země $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Na Zemi se sluneční záření skládá ze dvou složek a to z přímého záření a ze záření tzv. difuzního. Za jasných dnů převládá přímá složka záření, které přichází ze směru Slunce bez vychylování. Při zatažené obloze je sluneční světlo většinou filtrováno a vychylováno např. v mracích, v mlze, v prachové nebo ozonové vrstvě, pak dopadá na povrch Země záření výlučně jako difuzní. Intenzita a složení záření jsou tedy ovlivňovány počasím, roční dobou, denní dobou, ale i zeměpisnou šířkou apod. [1].

1.1.3. Princip fotoelektrického jevu

Fotoelektrický jev je fyzikální jev, při kterém jsou elektrony uvolňovány z materiálu díky absorpci elektromagnetického záření materiálem. Vyražené elektrony se nazývají fotoelektrony a jejich uvolňování fotoelektrická emise. Rozlišujeme dva typy fotoelektrického jevu, vnější a vnitřní.

1) Vnější fotoelektrický jev

Vnější fotoelektrický jev probíhá na povrchu dané látky, díky působení vnějšího elektromagnetického záření se elektrony uvolňují do okolní látky.

2) Vnitřní fotoelektrický jev (fotovoltaický jev)

Fotoelektrický jev, který probíhá uvnitř látky, uvolněné elektrony látku neopouští, ale zůstávají v ní jako volné elektrony, se nazývá vnější nebo taky fotovoltaický jev, kterého právě využívají fotovoltaické panely. Fotony slunečního záření dopadající na křemíkové solární články vyřázejí svojí energií z krystalické mřížky elektrony, které se stávají volnými, a jsou

součástí elektrického proudu. Je-li vlnová délka λ světla dostatečně malá, pak frekvence a energie, kterou záření po dopadu předá elektronu, může dosáhnout dostatečné hodnoty pro uvolnění tohoto elektronu z vazby v obalu atomu.

1.1.4. Druhy polovodičů

Jak již bylo řečeno, fotovoltaické moduly se vyrábějí z polovodičového křemíku. Větší uplatnění než čisté polovodiče mají však v technické praxi tzv. nevlastní polovodiče, při jejichž výrobě se do základního polovodiče přidá nepatrné množství vhodných příměsí. Volbou vhodné příměsi se dosahuje typ výsledné vodivosti. Ta může být zprostředkována buď volnými elektrony, takový polovodič nazýváme typu N, nebo tzv. děrami, tento polovodič nazýváme typu P.

Vodivost typu N

V tomto případě se do čistého krystalu křemíku přidají prvky s pětímocnými atomy, např. fosforu nebo arzenu. Jejich čtyři valenční elektrony se účastní vazeb, ale páté se již v chemických vazbách nemohou uplatnit. Jsou velmi slabě vázané a již při nízkých teplotách se z vazeb uvolní. Tyto volné elektrony způsobují po připojení zdroje elektronovou vodivost polovodiče typu N, jelikož tento prvek daroval volný elektron, proto se nazývá donor (dárce).

Vodivost typu P

Do krystalové mřížky křemíku atomy se přidají trojmocné prvky se třemi valenčními elektrony, např. indium nebo bor. Tomuto prvku říkáme akceptor, protože pro obsazení všech chemických vazeb chybí elektron, proto v tomto místě vzniká tzv. díra s kladným nábojem. Tuto díru může zaplnit elektron z

některé jiné vazby a díra se v krystalu přesune na jeho místo. Po připojení zdroje vznikne děrová vodivost polovodiče typu P [2].

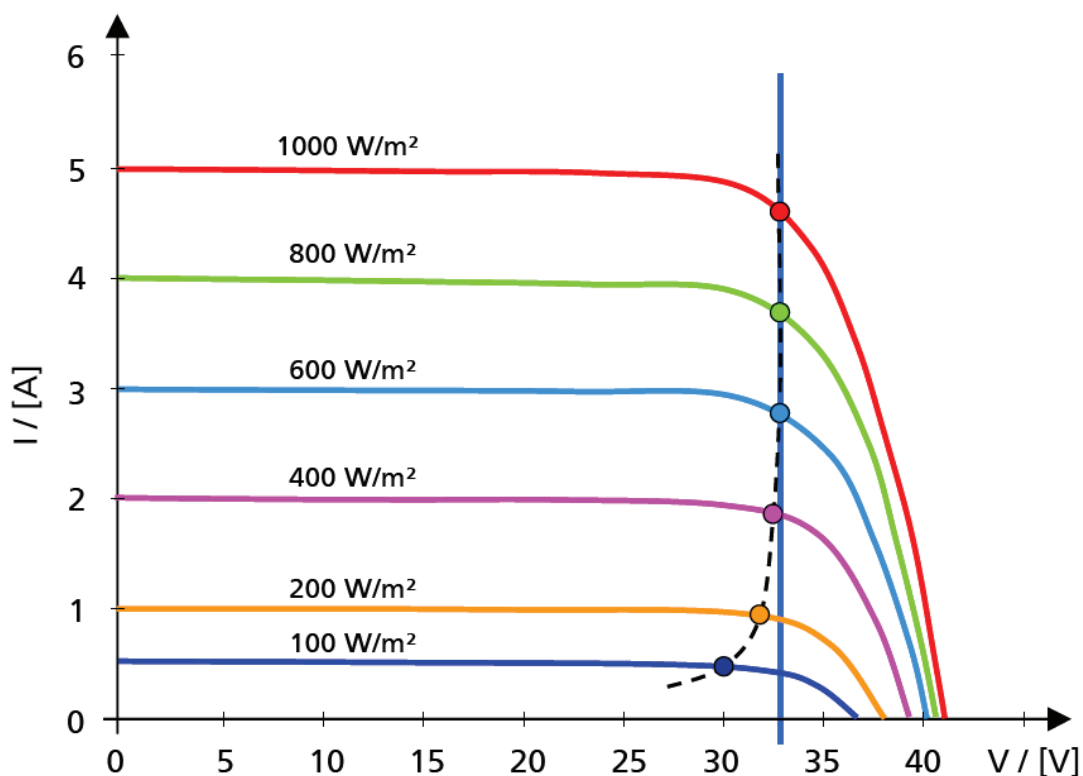
1.1.5. Fotovoltaický článek

Fotovoltaický článek je ve svém principu polovodičová dioda s P-N přechodem. Samotný článek je tvořen dvěma rozdílně dotovanými křemíkovými vrstvami. Strana, na kterou dopadá světlo, je tvořena polovodičem typu N a druhá strana je tvořena polovodičem typu P. Osvětlením článku vznikne v polovodiči vnitřní fotoelektrický jev, tedy zářivá energie fotonů začne uvolňovat elektrony z jejich pevných vazeb v atomové mřížce. Na přechodu P-N se začne tvořit elektrické napětí, které dosahuje u křemíkových článků velikosti přibližně 0,5 V, a po připojení libovolného spotřebiče začne téci obvodem elektrický proud. Energie dopadajícího světla se v článku mění na elektrickou energii. Pro zvýšení elektrického proudu nebo napětí se články zapojují sériově nebo paralelně a sestavují se z nich fotovoltaické panely.

1.1.6. Elektrické vlastnosti fotovoltaických článků

Pro jakékoliv praktické využití libovolných zdrojů elektrické energie jsou důležité 3 elektrické veličiny, a to elektrické napětí, elektrický proud a elektrický odpor. U fotovoltaických článků je napětí dáno použitým typem polovodiče a je hlavně ovlivňováno teplotou modulu. Při nízkých teplotách napětí začne narůstat, např. v zimě se hodnota napětí může zvětšit o 20 % nad jmenovitou hodnotu. Proud je přímo závislý na intenzitě ozáření modulu. Sníží-li se intenzita ozáření na polovinu i proud klesne na polovinu. Zpravidla se článek charakterizuje V-A charakteristikou, tj. závislostí elektrického proudu na elektrickém napětí (obr. 2). V praxi nás, ale především zajímá elektrický výkon článku, tj. součin elektrického napětí a proudu. Při daných podmínkách (osvětlení, teplota) existuje právě jedna hodnota elektrického proudu a napětí, při níž je elektrický výkon maximální. Fotovoltaický článek

by měl v tomto optimálním bodu pracovat z důvodu maximální účinnosti. U fotovoltaických článků se udává ještě jeden důležitý parametr, a to je činitel plnění FF (Fill Factor), což je podíl maximálního výkonu k teoretickému, neboli součinu proudu nakrátko a napětí naprázdno. [1]



Obr. 2: VA charakteristiky FVČ pro různé intenzity slunečního záření s vyznačeným bodem maximálního výkonu [13]

1.2. Typy fotovoltaických článků

1.2.1. Křemíkové monokrystalické články

Monokrystalické (tj. skládající se z jediného krystalu) křemíkové články jsou jedním ze základních a nejstarších typů fotovoltaických. Protože se materiál skládá z jediného krystalu, je barva povrchu článku tmavomodrá až černá. Články mohou být kruhové, šestihranné, polo čtvercové nebo čtvercové. Běžná délka hrany čtverců je 10, 12,5 a 15 cm. Tvar článků je dán

procesem výroby. Při výrobě těchto článků se využívá Czochralského metody, tzn. pomalým tažením zárodku krystalu z taveniny velmi čistého křemíku. Tyto ingoty se rozřeží speciální drátovou pilou na plátky silné přibližně 0,3 mm. Tyto plátky jsou dotovány příměsí typu P a na ni se napaří tenká vrstva fosforu (typu N, vytvoření P-N přechodu). Tyto články pracují s průměrnou účinností přeměny světla na elektrickou energii kolem 15 % až 17 %. Nejlepší výsledky mají při osvětlení přímým slunečním světlem dopadajícím kolmo na plochu článku, proto se spíše používají v oblastech s vysokým podílem přímého slunečního světla a v polohovacích systémech, které automaticky natáčí panely kolmo ke slunci.



Obr. 3: Příklad monokrystalického fotovoltaického článku [14]

1.2.2. Křemíkové polykrystalické články

Polykrystalické články jsou v dnešní době nejběžnější typ fotovoltaických článků. Vyrábějí se čtvercové s délkou strany 10, 12,5, 15, 15,6, 21 cm. Pro výroby těchto článků se používá metoda blokového lití. Tato metoda je mnohem levnější a jednodušší. „Křemík se ve vakuu zahřeje na 1500 °C a v grafitovém kelímku se regulovaně ochlazuje až do blízkosti bodu tání. Tak vzniknou polykrystalické křemíkové bloky 40 x 40 cm o výšce 30 cm. Bloky se nejprve rozřežou na tyče a ty pak na destičky. Následný výrobní proces je stejný jako u monokrystalických článků“¹. Jejich účinnost se pohybuje mezi 13 % a 16 %. Pokles výkonu při rozptýleném světle nebo světle dopadajícím pod úhlem je menší než u monokrystalických článků, proto jsou vhodnější pro použití v našich podmínkách, kde je větší podíl nepřímého světla a také pro pevné střešní instalace, kde se směr dopadajícího světla během dne mění. [1]



Obr. 4: Příklad polykrystalického fotovoltaického článku [15]

¹ HASELHUHN, Ralf. Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2011, s. 19, ISBN 978-80-86167-33-6

1.2.3. Křemíkové amorfní články

Jedná se o tenkovrstvou technologii, proto tyto články mají výhodu v tom, že spotřebují podstatně méně materiálu. Proces výroby je založen na rozkladu vhodných sloučenin křemíku ve vodíkové atmosféře. „*Amorfní křemík netvoří pravidelnou krystalickou strukturu, nýbrž neuspořádanou síť. Vyrábí se chemickým odlučováním při teplotách jen 200 °C z plynného silanu*“². Tímto způsobem se dají připravit velmi tenké vrstvy křemíku na skleněné, nerezové nebo plastové podložce. Touto technologií lze připravovat velmi tenké a ohebné fotovoltaické články, které se dají používat jako krycí fólie na střechy nebo našít na oblečení apod. Mezi hlavní nevýhody amorfních článků patří, že mají nepravidelnější strukturu s větším množstvím poruch a mají i menší účinnost, která se pohybuje v rozmezí 7 % až 9 %. Proto potřebují 2,5 krát větší plochu pro srovnatelný výkon. Výhodou však je nižší pořizovací cena a vyšší celoroční výnos i při nižší intenzitě osvitu panelu [1]. Amorfní panely se poznají podle zcela černé barvy (obr. 5).



Obr. 5 Příklad amorfního fotovoltaického článku [16]

² HASELHUHN, Ralf. Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2011, s. 24 až. 25, ISBN 978-80-86167-33-6

1.3. Typy instalací fotovoltaických systémů

Připojení fotovoltaických systémů se rozděluje do dvou skupin. Jsou to systémy připojené k elektrické rozvodné síti (on-grid) a systémy bez připojení k elektrické rozvodné síti (off-grid).

1.3.1. Systémy bez připojení k elektrické rozvodné síti (off-grid)

Ne vždy máme možnost odebírat elektrickou energii přímo z distribuční sítě. Jedná se o místa, kde je příliš složité, finančně i technicky náročné, nebo také v některých případech nemožné vybudovat elektrickou přípojku. Nejvýznamnější využití nalezne v rozvojových zemích. V ČR jsou to například odlehlé chaty, zahradní domky, odlehlé průmyslové objekty, vysokohorské objekty, obytné přívěsy, a podobně. Hlavní nevýhodou ostrovních systémů je nestálá produkce elektrické energie, která nemusí vždy odpovídat aktuální potřebě. Pokud je potřeba stálé dodávky elektrické energie, musí se systém doplnit akumulacním členem (baterií) nebo do systému zahrnout elektrocentrálu. Při budování ostrovního systému na výrobu elektrické energie je vhodné volit odpovídající spotřebiče, které pracují na stejnosměrný proud nebo je i možné stejnosměrný proud změnit na proud střídavý pomocí napěťového měniče. [1]

Základní dělení ostrovních systémů (off-grid)

1) Systémy s přímým napájením

Jedná se pouze o propojení solárního modulu se spotřebičem přes regulátor napětí. U těchto systémů je připojené elektrické zařízení (spotřebič) provozuschopné jen po dobu dostatečné sluneční intenzity slunečního záření.

2) Systémy s akumulací energie

Tato varianta se používá v aplikacích, kde je potřeba stálé dodávky elektrické energie i v době s méně příznivým osvitem. Požadavek na spotřebu elektrické energie se zpravidla časově nekryje s možným přísunem energie z fotovoltaických panelů, ať již v cyklu den/noc nebo v závislosti na ročním období a na počasí, proto jsou součástí těchto systémů speciální akumulátorové baterie. Optimální nabíjení a vybití akumulátoru je zajištěno regulátorem nabíjení. Velikost a typ baterie je závislý na typu aplikace a velikosti odběru. K systému je možné připojit spotřebiče napájené stejnosměrným proudem, nebo také síťové spotřebiče 230 V / 50 Hz napájených přes napěťový střídač.

3) Hybridní ostrovní systémy

Dalším typem ostrovních systémů jsou hybridní systémy. Ty se používají tam, kde je nutný celoroční provoz nebo je nutné někdy používat elektrické zařízení o vyšším příkonu, než je instalovaný výkon elektrárny. V zimních měsících je možné získat z fotovoltaického systému podstatně méně energie než v měsících letních, proto pokud chceme elektrickou energii využívat celoročně, musíme dimenzovat systémy pro zimní provoz, a to má za následek instalování vyššího výkonu a tím i zvýšení pořizovacích nákladů. Proto je výhodnější systém doplnit doplňkovým zdrojem elektrické energie, který může být např. dieselový záložní zdroj nebo jiný alternativní zdroj elektrické energie.

1.3.2. Prvky ostrovních systémů (off-grid)

Mezi nejdůležitější prvky ostrovních systémů patří kromě solárních panelů akumulátorové baterie, solární regulátor, napěťový měnič, sledovač Slunce, měřicí přístroje nebo doplňkový zdroj elektrické energie a další elektrotechnické prvky (jističe, pojistky, spínače, vodiče, atd.). Při návrhu musíme uvažovat i spotřebiče, protože jejich vhodnou volbou určíme velikost instalovaného výkonu a můžeme významně snížit nutné pořizovací a provozní náklady.

1) Akumulátorová baterie

Je určena ke skladování elektrické energie dodané v tomto případě fotovoltaickými panely. V případě většiny ostrovních systémů jsou jejich nezbytnou součástí. Existují tzv. „solární akumulátorové baterie“, které se podobají nejbližší bateriím staničnímu a trakčnímu typu. Rozhodně nelze použít baterie startovací, proto tento typ není pro FS vhodný.

Ideální parametry akumulátorové baterie:

- minimální samovybíjení,
- pracuje s dobrou účinností už při malých nabíjecích proudech,
- je vhodná pro cyklický provoz,
- možnost hlubšího vybíjení,
- vyžaduje minimální údržbu,
- dlouhá životnost.

2) Regulátory pro off-grid systémy

Způsob nabíjení a vybíjení má velký vliv na životnost baterie, proto je optimální chod systému zajištěn solárním regulátorem. Úlohami solárního regulátoru jsou zamezení nešetrného provozování akumulátorové baterie,

zamezení ztrát energie, maximální využití solární energie a předejití poškozením nebo zničení některé z části fotovoltaického systému. Až do určité úrovně napětí, která je dána napětím baterie, při němž ještě nadměrně neplynuje, nabíjení probíhá plným proudem. Nabíjení pokračuje až po poklesu napětí na baterii na stanovené napětí. Některé regulátory umožňují provozovat fotovoltaické panely neustále v bodě maximálního výkonu a tak pracovat s vysokou účinností. Většina regulátorů poskytuje ochranu proti zpětnému vybití baterie přes fotovoltaické panely v noci. Důležitou vlastností solárních regulátorů je možnost odpojení zátěže od akumulátorové baterie, ke kterému dochází při nízkém napětí na baterii, což ji chrání před hlubokým vybitím nebo odpojení zátěže může také nastat při proudovém přetížení nebo v případě zkratu v obvodu zátěže.

3) Měnič napětí

V mnohých případech je nutné používat v rámci ostrovního FS běžné síťové spotřebiče pro napětí 230 V / 50 Hz. Pro tento případ je potřeba do systému umístit napěťový měnič (střídač), který převede stejnosměrné napětí (zpravidla 12 nebo 24 V) na napětí sítě 230 V / 50 Hz [1][10].

1.3.3. Systémy připojené k elektrické rozvodné síti (on-grid)

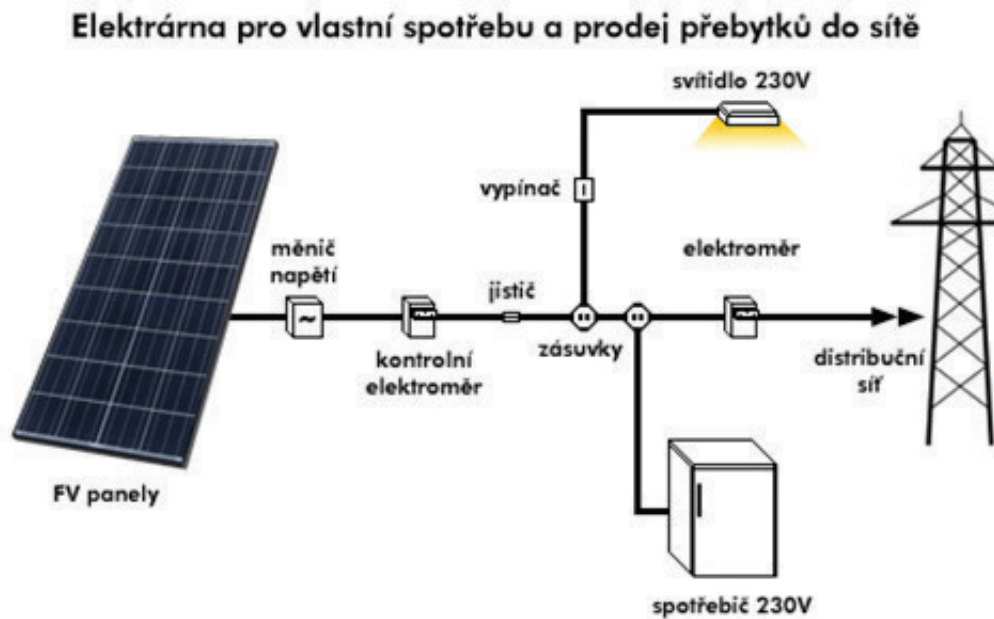
Fotovoltaické systémy připojené k rozvodné síti se nebudují z důvodu nedostatku elektrické energie, jako je tomu u ostrovních systémů. Cílem instalace je rozšíření zdrojů elektrické energie v elektrické rozvodné síti. Systémy připojené na síť jsou například budovány na rodinných domech nebo v průmyslových objektech, kde vyrobená energie může být přímo spotřebována v daném objektu, nebo prodána do distribuční sítě anebo část vyrobené energie spotřebována a přebytky jsou prodány do sítě. Pokud je elektrická energie vyrobená fotovoltaickým systémem spotřebována přímo tam, kde byla vyrobena, ušetří investor cenu elektrické energie, kterou by musel jinak nakoupit za tuto cenu. [1]

Základní dělení systémů připojený k elektrické rozvodné síti (on-grid)

Tento typ systémů umožňuje využít dvojitý způsob využití vyrobené energie. Prvním typem jsou systémy pro vlastní potřebu a prodej přebytků a další variantou jsou systémy pro prodej elektrické energie do sítě.

1) Systémy pro vlastní potřebu a prodej přebytků

Tyto systémy obsahují fotovoltaické panely připojené na napěťový měnič pro přeměnu stejnosměrného proudu na proud střídavý. Celý tento okruh je připojen na samostatný jistič a přepětovou ochranu do rozvaděče v daném objektu. FS je připojen na hlavní elektroměr, je tedy možné dodávat energii spotřebičům v domácnosti nebo ji v případě přebytků přes hlavní elektroměr předávat do sítě. Schéma systému je znázorněna na obr. 6. Fotovoltaické systémy pro prioritní odběr spotřebiči s možností prodeje přebytků jsou nejvýhodnější variantou, protože v případě vlastní potřeby nenakupujeme elektřinu.

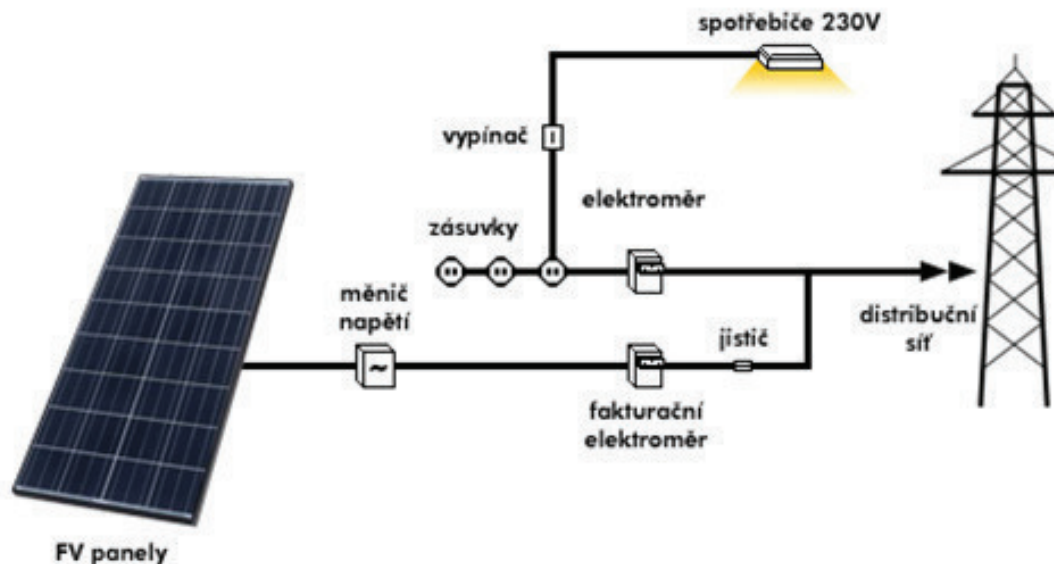


Obr. 6: FVE pro vlastní spotřebu a prodej přebytků do sítě [17]

2) Systémy pro prodej elektrické energie do sítě

Tyto systémy obsahují pouze fotovoltaické panely připojené na měnič napětí a elektroměr pro odečet energie vyrobené fotovoltaikou. Tento okruh je připojen přes jistič a přepětovou ochranu připojen ještě před hlavní elektroměr v daném objektu. Veškerá vyrobená energie je tedy dodávána do distribuční sítě za výkupní cenu [1]. Schéma systému je zobrazena na obr. 7.

Elektrárna pro výhradní prodej elektrické energie do sítě



Obr. 7: FVE pro výhradní prodej elektrické energie do sítě [18]

1.3.4. Prvky systémů připojených k elektrické rozvodné síti (on-grid)

Mezi nejdůležitější prvky patří kromě solárních panelů napěťový měnič (střídač) a další elektrotechnické prvky (jističe, pojistky, spínače, vodiče, elektroměry, atd.).

Napěťový měnič (střídač)

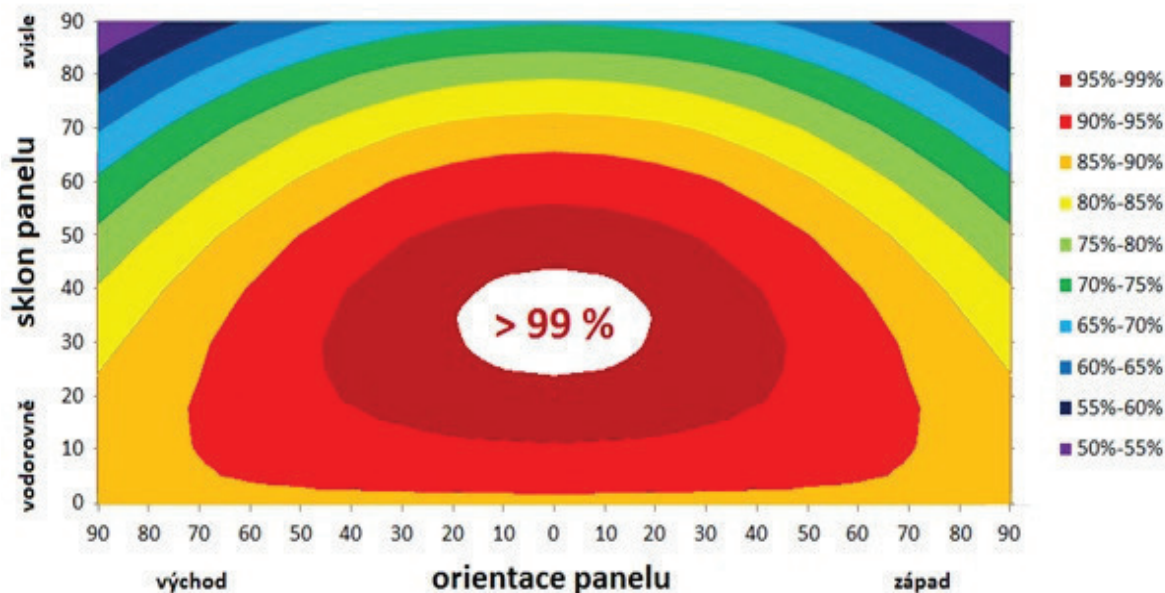
Jedním z nejdůležitějších prvků systému připojených k elektrické rozvodné síti je napěťový měnič. Měnič převádí stejnosměrný proud dodávaný fotovoltaickými panely na proud střídavý o parametrech sítě, tedy o napětí 230 V a frekvenci 50 Hz a hlavně musí být schopen spolupracovat s rozvodnou sítí. Kromě této základní funkce musí každý síťový měnič splnit i

další důležité funkce ochranné a bezpečnostní, bez nichž by nebylo povoleno připojení systému k rozvodné síti. Mezi nejdůležitější patří automatické odpojení měniče při poklesu napětí sítě nebo při výpadku, zkratová ochrana, ochrana před atmosférickými výboji. [1][10]

1.4. Vliv umístění a orientace fotovoltaických panelů

Velikost vyráběné energie silně závisí na sklonu panelů vůči vodorovné ploše a také závisí na odklonu panelů od jihu. Proto je nutné při navrhování FVE dbát zřetel na tyto faktory. Ideální sklon panelů se mění s ročním obdobím, protože v každém ročním období dopadají na zemský povrch sluneční paprsky pod jiným úhlem, proto se pro pevné instalace udává aritmetický průměr úhlů ideálních pro každý měsíc. Optimální sklon panelů se v ČR udává kolem 35° a nulový odklon od jihu, při tomto umístění mohou panely pracovat téměř se 100 % účinností. Závislost sklonu a odklonu je zobrazena na obr. 8. Akceptovatelná odchylka od jihu se udává 45° na východ nebo na západ, tehdy dochází ke snížení vyráběné energie o 5 %. Pro vyšší sklony panelů a vysoké odklony od jihu se, pokud to není přímo nutné, budování FVE nedoporučuje. [7]

Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu



Obr. 8: Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu [19]

1.5. Možnosti navýšení množství vyrobené elektrické energie

1.5.1. Fotovoltaické systémy s pohyblivým stojanem

Instalace FS na pohyblivém stojanu je jedna z možností, jak zvýšit vyráběnou energii fotovoltaických systémů. Panely se tak mohou podle aktuálních podmínek „otáčet“ za Sluncem, tedy upravovat svoji polohu tak, aby sluneční záření dopadalo kolmo na panel, aby byla zachována co nejlepší efektivita FS. Dělí se na jednoosé a dvouosé. Mezi zásadní výhodu patří rychlejší návratnost pořizovacích nákladů. Soustava pro svůj provoz nepotřebuje žádný externí zdroj energie, protože pro otáčení využívá přímo elektrickou energii, která je vyrobena tímto systémem [1].

2. Praktická část

2.1. Popis lokality umístění fotovoltaické elektrárny

Fotovoltaická elektrárna bude umístěna na střeše objektu malého výrobně-obchodního střediska, které se nachází ve městě Hlinsko, které je součástí Pardubického kraje.

Hlinsko leží na Českomoravské vrchovině, je na rozhraní chráněné krajinné oblasti Žďárské Vrchy a Železné Hory a leží v nadmořské výšce okolo 600 metrů nad mořem. Hlinsko bylo známé hlavně v dřívějších dobách elektrotechnickým, strojírenským, textilním, mlékárenským a pivovarnickým průmyslem, které reprezentovaly například společnosti ETA (dříve ELEKTRO-PRAGA Hlinsko), Technolen, Mlékárna Hlinsko (TATRA), Pivovar Rychtář a mnoho dalších. Některé společnosti fungují dodnes. V dnešní době zde žije asi 9,5 tisíc lidí.

Obchodní centrum se nachází na adrese Poličská 1654, Hlinsko, a na parcele č. 1896/14 v katastrálním území Hlinsko v Čechách. Objekt byl dokončen a uveden do provozu v roce 2008, po přibližně 3 letech výstavby. Jedná se o dvoupodlažní objekt se sedlovou střechou. Objekt má půdorysné rozměry 24 x 13 metrů s výškou v hřebeni 9 m. Konstrukce je zděná z páleného materiálu spojená na vápenocementovou maltu. Střešní konstrukce je z dřevěných sbíjených vazníků s krytinou z bonnských šindelů na bednění. Dům obsahuje v přízemí prodejní plochy, skladovací prostory, sociální zařízení, kancelář a v patře skladovací a montážní plochy. Objekt je napájen z kabelového nn vedení v ulici Poličská elektrickou přípojkou CYKY 4 x 16 do pojistkové a rozvodné skříně v obvodové zdi objektu. Při uvažování vybudování fotovoltaické elektrárny na střeše objektu, je nejvýhodnější umístění fotovoltaických panelů jen na jednu polovinu střechy, která je orientována přesně na jiho-západ tj. odklon od jihu činí 45°. Plocha poloviny střechy činí 191,5 m² (tj. 25 m x 7,66 m) a je skloněná pod úhlem 22 °. Tento odklon

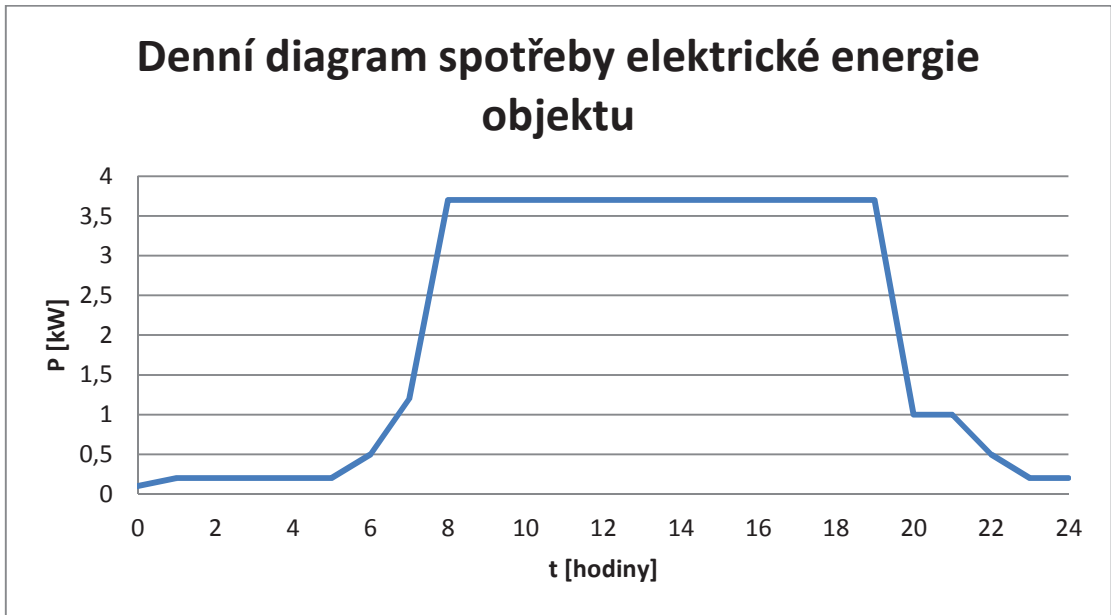
od jihu a sklon střechy není zcela optimální, ale ani závratně špatný, že by to zabraňovalo na tomto místě zřídit FVE, ale musíme uvažovat, že se sníží účinnost vyráběné energie asi o 5 %.

Místní osvitové podmínky jsou znázorněny v tab. 1.

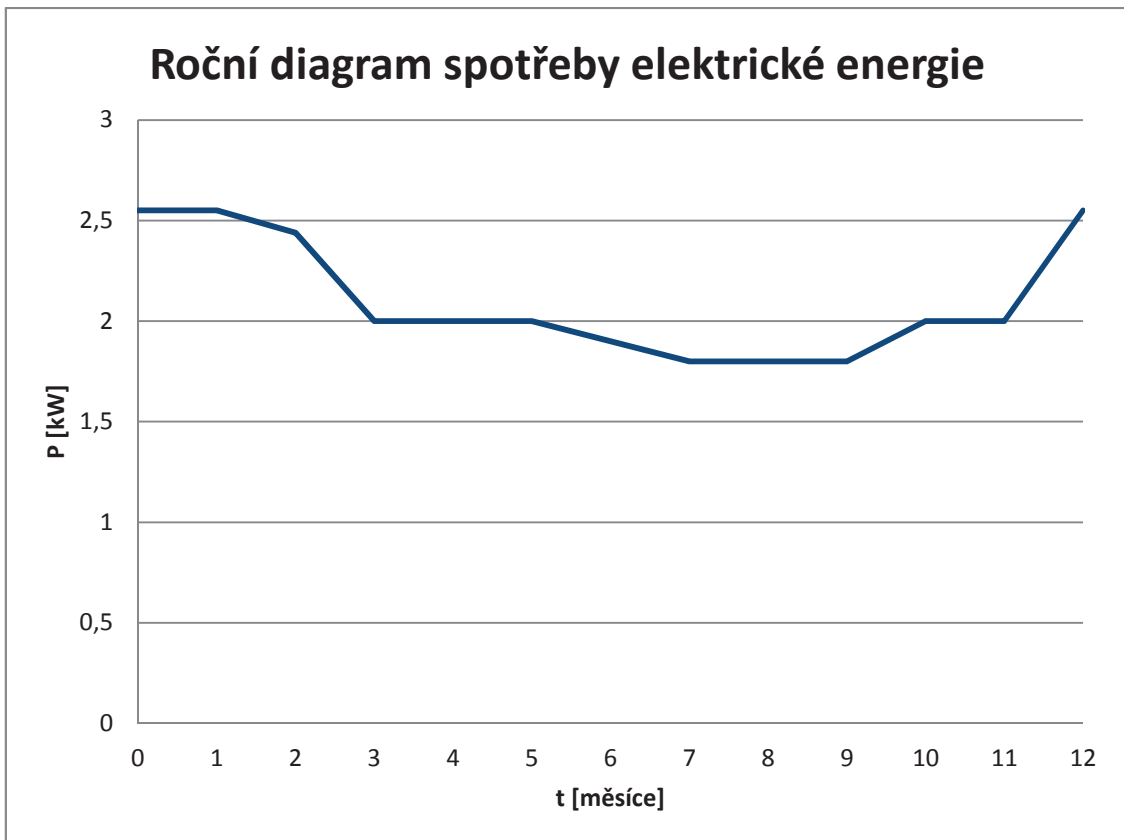
Průměrné měsíční doby slunečního svitu	
Měsíc	Počet hodin se slunečním svitem
leden	36
únor	60
březen	122
duben	158
květen	220
červen	210
červenec	181
srpen	209
září	154
říjen	108
listopad	52
prosinec	39
celkem	1549

Tab. 1 : Průměrné měsíční doby slunečního svitu [10]

FVE bude navrhována, tak aby její vyráběná energie byla z větší části spotřebovávána přímo v daném objektu. Z tab. 1 vyplývá, že je vhodné pro určení jmenovitého výkonu FVE uvažovat pouze měsíce v rozmezí duben až září, protože kdyby byl uvažován celý rok, tak jednak by musel být instalovaný výkon 5 až 6 vyšší a tudíž by se zvýšily i pořizovací náklady. Na grafu číslo 1 je znázorněn průměrný denní diagram zatížení, ze kterého je patrné, že je budova využívána během dne, v rozmezí 7 až 20 hodině. Hlavní část spotřebované energie tvoří osvětlení prodejních prostor. Na grafu číslo 2 je znázorněn průběh roční spotřeby objektu.



Graf 1: Průměrná denní spotřeba objektu



Graf 2: Roční diagram spotřeby objektu



Obr. 9 : Fotografie objektu



Obr. 10 : Fotografie střechy objektu, uvažované pro umístění FV panelů

2.2. Praktický návrh elektrárny

2.2.1. Výpočet minimálního výkonu elektrárny

Pro návrh FVE budeme uvažovat, aby vyrobená energie pokrývala spotřebu objektu v rozmezí měsíců duben až září. Průměrná spotřeba objektu je v měsíci dubnu 1,5 MWh a v měsíci září 1,3 MWh, tudíž budeme výkon elektrárny počítat na měsíc duben. V měsíci dubnu je průměrný počet hodin se slunečním svitem 158. Z toho vyplývá, že minimální instalovaný výkon elektrárny bude muset být:

$$P_{FV} = \frac{1500}{158} = 9,5 \text{ [kWp]}$$

2.2.2. Panely

Pro tuto FVE jsem zvolil panely TRINA Solar TSM 255 PC05A Honey, které mají následující parametry:

- $P = 255 \text{ Wp}$,
- $U_{MPP} = 30,9 \text{ V}$,
- $I_{MPP} = 8,26 \text{ A}$,
- $U_{OC} = 38 \text{ V}$,
- $I_{SC} = 8,95 \text{ A}$,
- $\mu = 15,6 \%$;
- rozměry: 1650 x 992 x 40 mm,
- hmotnost: 19,5 kg. [11]

Celkový počet panelů bude muset být na pokrytí minimálního potřebného výkonu 38, pro optimální rozmístění panelů na střeše použijeme 39 panelů. Plán rozmístění panelů na střeše je ve výkresové dokumentaci na výkresu č. 1, propojení jednotlivých panelů je znázorněno na výkresu č. 3 a

v elektroinstalačním schématu na výkrese č. 2 v přílohách této práce. Instalovaný výkon tedy bude 9,945 kWp na ploše 63,8 m².

2.2.3. Střídač

Pro tuto FVE jsem zvolil střídač ARR1532, který má následující parametry:

- $P = 15 \text{ kW}$,
- $U_{\text{input}} = 290 \text{ až } 560 \text{ V}$,
- $U_{\text{output}} = 3 \times 400 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$. [12]

2.2.4. Vodiče a ochrany

Všechny použité vodiče a ochrany jsou uvedeny na elektroinstalačním schématu na výkresu číslo 2. Určení průřezů vodičů velikosti jističů provedena dle [11].

Výpočet průřezů vodičů velikost jističů

1) Propojení panelů

$$U = 401,7 \text{ V}$$

$$P = 3315 \text{ W}$$

Maximální elektrický proud

$$I = \frac{P}{U} = 8,25 \text{ [A]}$$

Průřez vodiče: 2,5 mm²

Velikost jističe: 10 A

2) Propojení panelů a střídače

$$U = 401,7 \text{ V}$$

$$P = 10 \text{ kW}$$

Maximální elektrický proud

$$I = \frac{P}{U} = 24,8 \text{ [A]}$$

Průřez vodiče: 6 mm^2

3) Propojení střídače s domovním rozvaděčem

$$U = 400 \text{ V}$$

$$P = 10 \text{ kW}$$

Maximální elektrický proud

$$I = \frac{P}{U} = 25 \text{ [A]}$$

Průřez vodiče: 6 mm^2

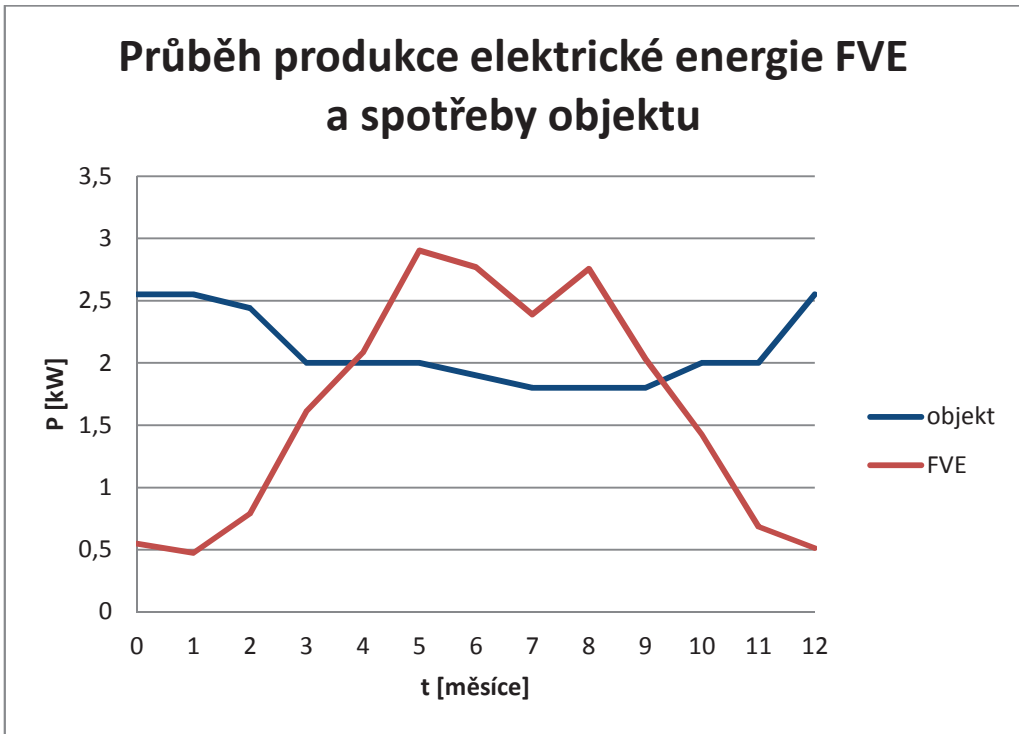
Velikost jističe: 25 A

2.2.5. Velikost vyráběné energie

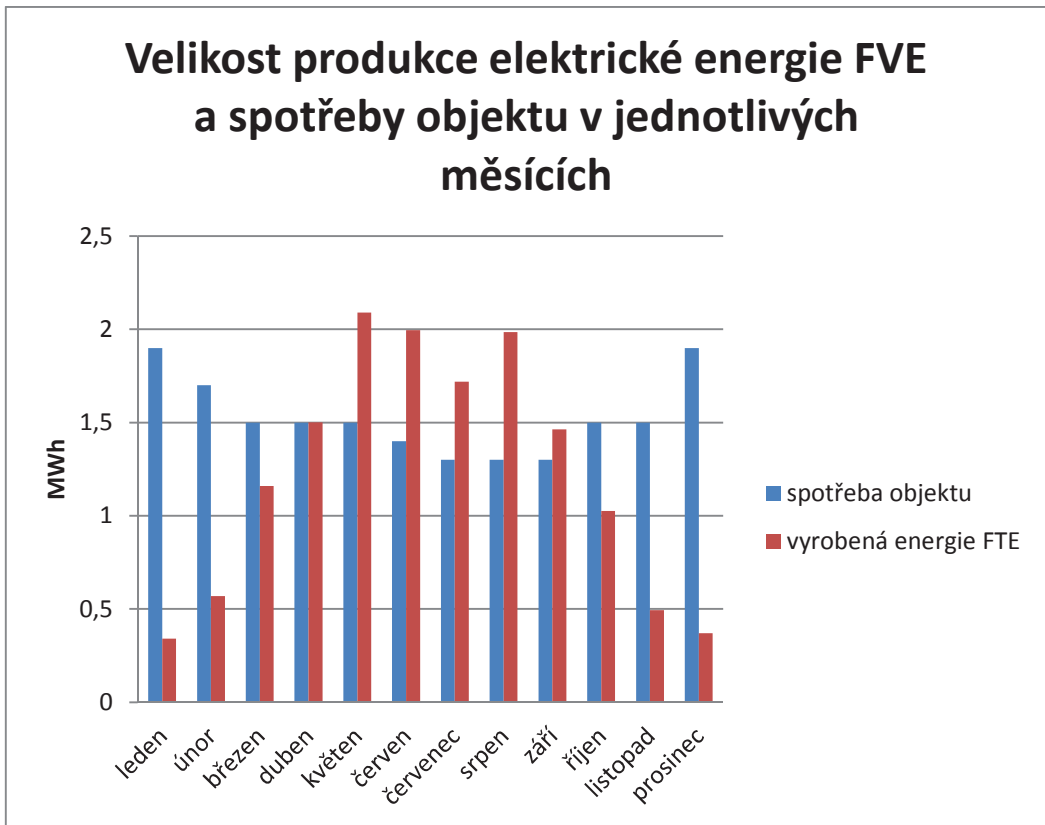
V tabulce 2 je vypočítaná předvídatelná produkce elektrické energie v jednotlivých měsících, určená z průměrného počtu hodin se slunečním svitem v dané lokalitě, a na grafech 3 až 6 je znázorněna.

Měsíc	Počet hodin se slunečním svitem	kWh
leden	36	342
únor	60	570
březen	122	1159
duben	158	1501
květen	220	2090
červen	210	1995
červenec	181	1720
srpen	209	1986
září	154	1463
říjen	108	1026
listopad	52	494
prosinec	39	371
Celkem	1549	14716

Tab. 2: Předpovídaná výroba elektrické energie v jednotlivých měsících

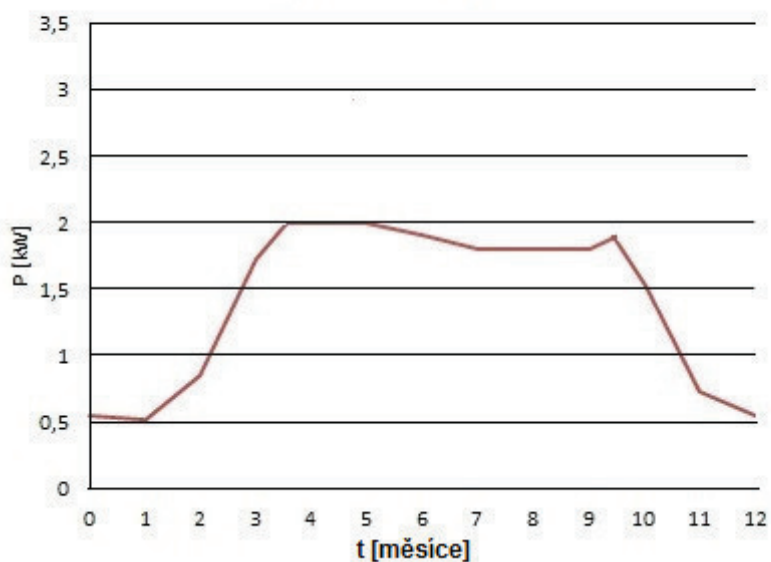


Graf 3: Průběh produkce elektrické energie FVE a spotřeby objektu



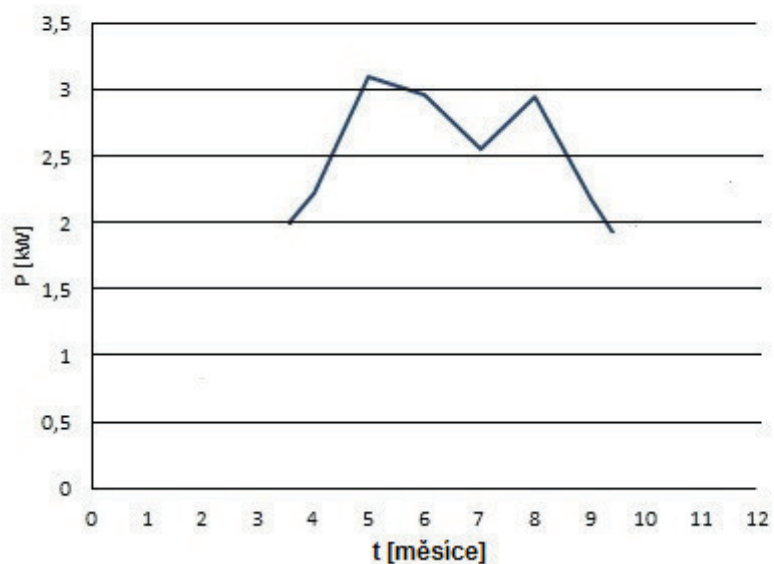
Graf 4: Velikost produkce elektrické energie FVE a spotřeby objektu v jednotlivých měsících

Elektrická energie vyrobená FVE spotřebovaná přímo v objektu



Graf 5: Průběh elektrické energie vyrobené FVE spotřebované přímo v objektu

Elektrická energie vyrobená FVE prodaná do sítě



Graf 6: Průběh elektrické energie vyrobené FVE prodané do sítě

2.3. Ekonomické hodnocení projektu

1) Investiční náklady

Rozpis komponent		
	komponenta	cena bez DPH
1	panely 39 ks	222 300
2	střídač	78 560
3	rozděčková skříň DC	200
4	rozděčková skříň AC	200
5	elektroměry	5 000
6	jističe	2 000
7	elektroinstalační materiál	10 000
8	střešní držáky panelů	20 000
9	Montážní+instalační práce	60 000
Celk. cena v Kč bez DPH		398 260
Celk. cena v Kč s DPH		477 912

Tab. 3 : Investiční náklady

investiční výdaje projektu (NV)

NV = 398 260 Kč

2) Roční přínosy projektu (cash flow, změna peněžních toků po realizaci projektu)

měsíc	[kWh]		
leden	342		
únor	570		
březen	1159		
duben	1501		
květen	1500		
červen	1400		
červenec	1300		
srpen	1300		
září	1300		
říjen	1026		
listopad	494		
prosinec	370,5	celkem	12262,5 kWh

Tab. 4 : Velikost energie spotřebované přímo v objektu

měsíc	[kWh]		
květen	590		
červen	595		
červenec	419,5		
srpen	685,5		
září	163	celkem	2 453 kWh

Tab. 5 : Velikost přebytků energie prodané do sítě

Nákupní cena za 1 kWh = 4,2 Kč bez DPH

Výkupní cena přebytků za 1 kWh = 0,30 Kč bez DPH

$CF_1 = 4,2 \text{ Kč} * 12262,5 \text{ kWh} = 51\ 502 \text{ Kč}$ (úspora energie) bez DPH

$CF_2 = 0,30 \text{ Kč} * 2453 \text{ kWh} = 736 \text{ Kč}$ (prodej přebytků) bez DPH

$CF = 52\ 238 \text{ Kč}$

Celková změna ročního peněžního toku, která se skládá z úspory elektrické energie vlivem její vlastní výroby a prodeje přebytků v letních měsících do distribuční sítě, činí 52 238 Kč. Dále je nutné počítat s tím, že každých pět let je nutné provedení revize FVE.

3) Ekonomické zhodnocení projektu

Ekonomické zhodnocení projektu bylo vypracováno dle vyhlášky č. 480/2012 Sbírky zákonů o energetickém auditu a energetickém posudku.

Použité vzorce

1) Prostá doba návratnosti

$$T_s = \frac{IN}{CF} \text{ (roky)}$$

2) Reálná doba návratnosti

$$\sum_{t=1}^{Tsd} CF_t * (1 + r)^{-t} - IN = 0 \text{ (roky)}$$

CF_t ...roční přínosy projektu (změna peněžních toků po realizaci projektu)

r ...diskont

$(1+r)^{-t}$...odrážitel

3) Čistá současná hodnota (NPV):

$$NPV = \sum_{t=1}^{Tž} CF_t * (1 + r)^{-t} - IN \text{ (tis. Kč/r)}$$

$Tž$...doba životnosti projektu

4) Vnitřní výnosové procento

$$\sum_{t=1}^{Tž} CF_t * (1 + IRR)^{-t} - IN = 0 \text{ (\%)}$$

Prostá doba návratnosti je podíl investičních nákladů a ročních přínosů projektu. Jedná se o pouhý odhad návratnosti, v tomto případě 7,5 roku. Přesnější je reálná doba návratnosti, která zohledňuje diskontní míru 9 %, protože se jedná o podnikatelský subjekt. Čistá současná hodnota projektu (NPV) vyjadřuje celkovou současnou (diskontovanou) hodnotu všech peněžních toků související s investičním projektem a zároveň zohledňuje dobu životnosti projektu. Vyhláška č. 480/ 2012 Sbírky zákonů zohledňuje dobu hodnocení projektu 20 let, nicméně doba životnosti fotovoltaického systému se uvažuje

kolem 25 let. Vnitřní výnosové procento je taková výše diskontní sazby, při které se čistá současná hodnota rovná nule. Pro realizaci projektu by mělo být vnitřní výnosové procento vyšší alespoň o 2 % než požadovaná míra výnosnosti projektu. Spočítané jednotlivé parametry jsou uvedeny v tab. 6, které byly určeny pomocí softwaru MS Excel, tento soubor je dostupný na přiloženém CD (ekonomika.xlsx).

Prostá doba návratnosti	8 roku
Reálná doba návratnosti	13 let
NPV - čistá současná hodnota projektu	145 448 Kč
IRR - vnitřní výnosové procento investice	14 %

Tab. 6: Ekonomické zhodnocení efektivnosti investic projektu

Závěr

Tato bakalářská práce se skládá ze dvou velkých částí, z teoretické a praktické. V teoretické části je shrnut vlastní princip fotovoltaiky, základní vlastnosti a druhy fotovoltaických panelů, typy fotovoltaických systémů včetně vysvětlení funkce jednotlivých komponent, vliv prostředí (tj. sklon a odklon od jihu) a možnosti navýšení zisku vyráběné elektrické energie.

V druhé části je realizován samotný návrh fotovoltaické elektrárny na střeše malého obchodního střediska. Celkový instalovaný výkon elektrárny činí 10 kWp na ploše 63,8 m², celkem je použito 39 panelů o výkonu 255 Wp, které jsou spojeny do třech řetězců. Elektrárna teoreticky vyrobí za rok 14 716 kWh. Elektrárna byla navrhována tak, že bude pokrývat spotřebu objektu v rozmezí měsíců duben až září. V letních měsících bude elektrárna teoreticky vyrábět více energie, než je potřeba objektu a proto tento přebytek bude prodán do distribuční sítě za smluvní cenu.

Pořizovací cena elektrárny činí 398 260 Kč bez DPH a průměrná každoroční úspora objektu a prodej přebytků do distribuční sítě je 52 238 Kč. Reálná doba návratnosti projektu je 13 let.

Fotovoltaika v dnešní době není už tak pro investory výhodná, jako tomu bývalo v minulých letech, kdy byl tento obnovitelný zdroj státně podporován tzv. výkupními cenami a zelenými bonusy. Tato podpora se týká pouze fotovoltaických elektráren uvedených do provozu maximálně do konce roku 2013. V současné době jsou podporovány obnovitelné zdroje, které při výrobě elektrické energie využívají například energii vodní, větrnou, geotermální, spalování biomasy a další.

Fotovoltaika se víceméně vyplatí nyní pouze pro výrobu pro vlastní spotřebu objektu, nikoliv pouze pro přímý prodej do sítě. Toto se týká i tohoto projektu. Hlavní výhodou tohoto objektu je, že se elektrická energie spotřebovává v největší míře přes den, tedy v rozmezí hodin 8 až 19, tudíž je vysoká pravděpodobnost, že se téměř veškerá vyrobená energie spotřebuje

přímo v objektu. Vnitřní výnosové procento investice není sice nijak vysoké, ale i tak se tato investice vyplatí. Reálná doba návratnosti je k ceně projektu vysoká, ale roční úspora elektrické energie díky vlastní výrobě objektu je zajímavá.

Tato bakalářská práce ukazuje, že i v současnosti by mohla fotovoltaika mít své uplatnění, i když už to není podporovaný zdroj elektrické energie. Ekonomická stránka sice není tak výhodná, jak tomu bývalo v minulých letech, nicméně stále se vyplatí a hlavně jedná se o ekologický zdroj elektrické energie.

Použitá literatura

[1] HASELHUHN, Ralf. Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2011, 176 s. ISBN 978-80-86167-33-6.

[2] VOBECKÝ Jan a ZÁHLAVA Vít. Elektronika: Součástky a obvody, Principy a příklady. 2005. vyd. Praha: Grada, 2005.

[3] MASTNÝ, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jan MACHÁČEK, Michal PTÁČEK, Lukáš RADIL, Tomáš BARTOŠÍK a Tomáš PAVELKA. Obnovitelné zdroje elektrické energie. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 254 s. ISBN 978-80-01-04937-2.

Internetové zdroje

[4] *oze.tzb-info.cz*. In: [online]. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/99-prumerne-mesicni-doby-slunecniho-svitu-ve-vybranych-lokalitach-cr>

[5] *oze.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu>

[6] *Pvcdrom* [online]. [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: <http://pveducation.org/pvcdrom>

[7] PROF. ING. VÍTEŽSLAV BENDA, CSC., ING. KAMIL STANĚK a ING. PETR WOLF. *Fotovoltaické systémy: Učební texty k semináři* [online]. [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_04_1104.pdf

[8] *solarni-panely.cz*. In: [online]. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z <http://solarni-panely.cz/e-shop/fotovoltaicke-panely/fotovoltaicky-solarni-panel-trina-solar-tsm-255-pc05a-honey-255wp>

[9] *alrex.cz*. In: [online]. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z <http://www.alrex.cz/data/ARR1532-kat.pdf>

[10] *mpo-efekt.cz*. In: [online]. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z http://www.mpo-efekt.cz/dokument/98_8050.pdf

[11] In: [online]. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/BC_FBI/Prednasky/dimenz_bc.pdf

Obrázky:

[12] <http://www.tzb-info.cz>. In: [online]. [cit. 2014-12-01]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0019/001948o12.gif>

[13] oze.tzb-info.cz. In: [online]. [cit. 2014-12-01]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/docu/clanky/0096/009667o1.png>

[14] profitsolar.cz. In: [online]. [cit. 2014-12-01]. Dostupné z: <http://www.profitsolar.cz/images/fotovoltaicky-panel.jpg>

[15] wolfsolar.webnode.cz. In: [online]. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: http://files.wolfsolar.webnode.cz/200000031-61b3662ad2/fotovoltaicky_solarni_panel_evergreen_es_195_rl_tu_195w.jpg

[16] 123store.cz. In: [online]. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www./produkty-orig/616-1.jpg>

[17] Solarenavi.cz. In: [online]. [cit. 2014-12-01]. Dostupné z: http://www.solarenavi.cz/assets/img-content/img_fv_on-grid_primy-prodej.jpg


[18] Solarenavi.cz. In: [online]. [cit. 2014-12-01]. Dostupné z: http://www.solarenavi.cz/assets/img-content/img_fv_on-grid_vlastni-spotreba.jpg

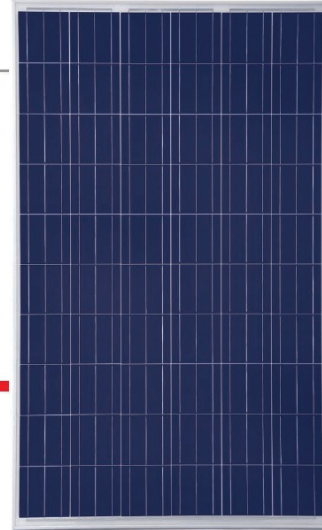
[19] oze.tzb-info.cz. In: [online]. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/docu/zpravy/0148/014865o1.jpg>

Příloha 1 – Katalogový list Trina solar TSM 255 PC05A Honey

Mono **Multi** Solutions

TSM-PC05A TSM-PA05A THE Honey MODULE

by 



15.9%
MAX EFFICIENCY

260W
MAX POWER OUTPUT

10 YEAR
PRODUCT WARRANTY

25 YEAR
LINEAR POWER WARRANTY

Founded in 1997, Trina Solar is a vertically integrated PV manufacturer, involved in the production of ingots, wafers and cells to the assembly of high quality modules, using both mono and multicrystalline technologies. As of July 2011, the Company has already achieved an annualized nameplate module capacity of approximately 1.9GW. Trina Solar's wide range of products are used in residential, commercial, industrial and public utility applications throughout the world.

Only by matching an efficient cost-structure with proven performance will we as an industry achieve grid parity. And at Trina Solar, we have both.

Trina Solar Limited
www.trinasolar.com


The power behind the panel



Module can bear snow loads up to **5400Pa** and wind loads up to **2400Pa**



Guaranteed power output **0~+3%**



High performance under low light conditions
Cloudy days, mornings and evenings



Independently certified by **international certification bodies**

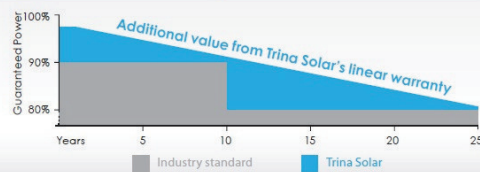


Manufactured according to International Quality and Environment Management System Standards **ISO9001, ISO14001**

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

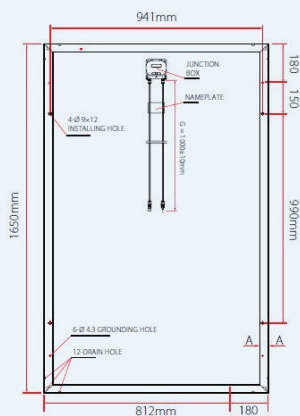
NEW

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty

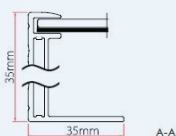


TSM-PC05A / TSM-PA05A THE Honey MODULE

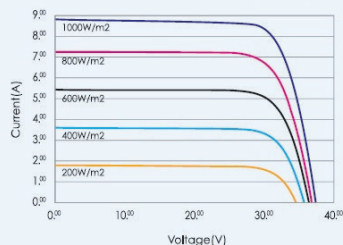
DIMENSIONS OF PV MODULE TSM-PC/PA 05A



Back View



I-V CURVES OF PV MODULE TSM-250 PC/PA 05A



Average efficiency reduction of 4.5% at 200W/m² according to EN 60904-1.

CERTIFICATION



ELECTRICAL DATA @ STC	TSM-245 PC/PA05A	TSM-250 PC/PA05A	TSM-255 PC/PA05A	TSM-260 PC/PA05A
Peak Power Watts-P _{MAX} (Wp)	245	250	255	260
Power Output Tolerance-P _{MAX} (%)	0/+3	0/+3	0/+3	0/+3
Maximum Power Voltage-V _{MPP} (V)	30.2	30.5	30.9	31.3
Maximum Power Current-I _{MPP} (A)	8.12	8.20	8.26	8.31
Open Circuit Voltage-V _{OC} (V)	37.7	37.8	38.0	38.2
Short Circuit Current-I _{SC} (A)	8.83	8.90	8.95	9.02
Module Efficiency η _m (%)	15.0	15.3	15.6	15.9

Values at Standard Test Conditions STC (Air Mass AM1.5, Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C).

ELECTRICAL DATA @ NOCT	TSM-245 PC/PA05A	TSM-250 PC/PA05A	TSM-255 PC/PA05A	TSM-260 PC/PA05A
Maximum Power (W)	180	183	187	191
Maximum Power Voltage (V)	27.4	27.7	28.0	28.2
Maximum Power Current (A)	6.56	6.62	6.68	6.76
Open Circuit Voltage (V)	34.6	34.8	34.9	35.1
Short Circuit Current (A)	7.14	7.20	7.24	7.30

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1M/s.

MECHANICAL DATA

Solar cells	Multicrystalline 156 × 156mm (6 inches)
Cell orientation	60 cells (6 × 10)
Module dimension	1650 × 992 × 40mm (64.95 × 39.05 × 1.57 inches)
Weight	19.5kg (43.0lb)
Glass	High transparency solar glass 3.2mm (0.13 inches)
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP 65 rated
Cables / Connector	Photovoltaic Technology cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), 1000mm (39.4 inches), MC4

TEMPERATURE RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	46°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P _{MAX}	-0.41%/°C
Temperature Coefficient of V _{OC}	-0.32%/°C
Temperature Coefficient of I _{SC}	0.053%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000V DC(IEC)/600V DC(UL)
Max Series Fuse Rating	15A

WARRANTY

- 10 year workmanship warranty
 - 25 year linear performance warranty
- (Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

- Modules per box: 25 pcs
- Modules per 40' container: 650 pcs

TSM_EN_Dec_2011

ARR1532

Měníče pro fotovoltaické systémy.
Jmenovitý výkon 15 000 W.
Beztransformátorový třífázový systém.
Dvojitý plynulý MPP na každé fázi.
Přesný sinusový průběh.
Vysoká odolnost konstrukce
Integrovaná ochrana proti přepólování.
Automatická regulace při přetížení.
Autodiagnostický start systému.



Měníče pro fotovoltaiku řady ARR jsou určeny k přeměně stejnosměrného napětí z fotovoltaických článků na síťové napětí 230 V / 50 Hz případně 3 x 400 V / 50 Hz v ostrovních fotovoltaických systémech.

Měníče řady ARR společnosti ALREx jsou vybaveny nejmodernějšími elektronickými obvody s mimořádnou citlivostí a stabilitou umožňující spolehlivou konverzi při velmi vysoké účinnosti a vysokých výkonech. Základ obvodového řešení tvoří digitální signálový procesor s vysoce propracovaným software, který řídí jak samotné konverze tak zabezpečuje i plynulý MPP tracking (Maximum Power Point - hledání maximálního bodu na výkonové křivce). Zajišťuje tak nejvyšší možné využití všeskeré dopadající sluneční energie a její přeměnu na energii elektrickou. Současně zajišťuje i hlídání provozního stavu systému, komunikaci s nadřazeným systémem případně s dalšími měniči a pod. Nastavování systému se provádí pomocí tlačítek a údajů na LCD displeji.

ARR1532

Specifikace systému:

Technologie	beztransformátorová konverze
Monitoring	automatické odpojení výstupu v poruchovém stavu
Ochrany	DC i AC proudové i přepětové ochrany

Specifikace DC vstupů:

Počet vstupů	2 paralelní stringy samostatně na každou fázi
Max. DC výkon	celkem 15 600 W
Max. DC napětí	800 V
Rozsah DC napětí	320 ÷ 750 V pro přesnost výstupu *
	290 ÷ 750 V pro přesnost výstupu **

Specifikace AC výstupů:

Jmenovitý AC výkon	15 000 W
Přesnost výstupu *	fázové napětí: 230 V ± 5 % kmitočet: 50 Hz ± 1 % Sinusové zkreslení: max 5 %
Přesnost výstupu **	fázové napětí: 230 V ± 10 % kmitočet: 50 Hz ± 1 % Sinusové zkreslení: max 12 %
Účinek (cos φ)	1
Účinnost konverze	89 ÷ 95 %
Izolace	bez izolace

Specifikace obecné:

Mezní rozsah teplot:	-20 až +70 °C
Vlastní spotřeba	cca 8 W
Automatický soft-start	při minimálním DC napětí 180 V
Provozní systém	ostrovní, automatická synchronizace fáze se systémem (možnost síťového provozu po upgrade firmware)
Komunikace	RS485, CAN, Ethernet, / RJ45
DC svorkovnice	MC4 / šroubové svorky
AC svorkovnice	šroubové svorky
Mechanické provedení	nástěnné nebo Rack 19" nebo volitelné (nutno zadat při objednávce)
Krytí	IP54 / IP65
Chlazení	vlastní (nutno zajistit odvod tepla z prostoru)
Záruka	36 měsíců - plná záruka výrobce doživotně - bezplatný servis v servisním středisku po celou dobu životnosti instalovaného systému

ALREx Cz, s.r.o., Rovná 941/20, 702 00 Ostrava-Přivoz, Tel., fax: +420 595 136 586, www.alrex.cz



Příloha 3 – Výkresová dokumentace

Výkres č. 1 : Rozmístění panelů na střeše

Výkres č. 2 : Schéma elektroinstalace FVE

Výkres č. 3 : Schéma propojení panelů