

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Využití FV systému pro RD v současných legislativních podmínkách, kdy nelze vyrobenou energii prodávat do distribuční sítě

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Daniel FURIK**
Osobní číslo: **E13N0054P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Využití FV systému pro RD v současných legislativních podmínkách, kdy nelze vyrobenou energii prodávat do distribuční sítě**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Uveďte současnou legislativu pro oblast výroby elektřiny ve fotovoltaických systémech
2. Popište různé typy FV systémů pro rodinný dům (RD) a možnosti jejich využití i umístění
3. Navrhněte FV systém pro rodinný dům v konfiguraci pro ostrovní provoz a v konfiguraci pro připojení do distribuční sítě
4. Porovnejte oba systémy po stránce technické a ekonomické

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2015**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2014

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na využití FV systému pro RD v současných legislativních podmínkách, kdy nelze vyrobenou energii prodávat do distribuční sítě. Je rozdělena do několika tematických částí. V první části se zabývám současnými podmínky pro oblast výroby elektřiny ve fotovoltaických systémech. V druhé části se věnuji různým typům fotovoltaických systémů pro rodinný dům. Ve třetí části navrhuji fotovoltaický systém pro rodinný dům v konfiguraci pro ostrovní režim a v konfiguraci pro připojení do distribuční sítě. V závěru této práce popisuji technické, ekonomické a ekologické zhodnocení těchto dvou rozdílných konfigurací.

Klíčová slova

Solární systémy, ostrovní systém, fotovoltaický panel, akumulátor, střídač, hybridní systémy, autonomní systémy, fotovoltaický článek

Abstract

This study is focused on the use of PVP system for RD in the current legislative conditions, which cannot be produced energy sold to the grid. It is divided into several parts. The first part deals with the current conditions for electricity production in photovoltaic systems. The second part deals with different types of photovoltaic systems for a family home. In the third part, I propose a photovoltaic system for a house in island mode configuration and configuration for connection to the grid. In conclusion, this study describes the technical, economic and environmental evaluation of these two different configurations.

Key words

Solar systems, island systems, photovoltaic panels, batteries, inverter, hybrid systems, autonomous systems, photovoltaic cell

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 7.5.2015

Bc. Daniel Furik

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Janu Škorpilovi, CSc. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě INTERSEKCE s.r.o., především panu Ing. Ledvinovi za vstřícnost, ochotu, odborné rady a poskytnuté materiály.

ÚVOD	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	11
SEZNAM OBRÁZKŮ	12
SEZNAM TABULEK	14
1 SOUČASNÁ LEGISLATIVA PRO FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	16
1.1 PODMÍNKY PRO FOTOVOLTAIKU V ČR PRO ROK 2014	16
1.2 FORMY VÝKUPU VYROBENÉ ELEKTRINY	18
1.2.1 <i>Přímý výkup</i>	18
1.2.2 <i>Zelený bonus</i>	18
2 TYPY FV SYSTÉMŮ A MOŽNOSTI JEJICH VYUŽITÍ I UMÍSTĚNÍ	20
2.1 SYSTÉMY OFF-GRID	20
2.2 SYSTÉMY ON-GRID	21
2.3 HYBRIDNÍ SYSTÉMY	22
2.4 POMOCNÁ ZAŘÍZENÍ A KOMPONENTY FV SYSTÉMŮ	23
2.5 PŘÍKLADY PRAKTICKÉHO VYUŽITÍ FV SYSTÉMŮ	27
2.5.1 <i>Systémy připojené k elektrické rozvodné síti</i>	27
2.5.2 <i>Autonomní systémy</i>	28
3 NÁVRH FV SYSTÉMU PRO RODINNÝ DŮM	30
3.1 KONFIGURACE PRO OSTROVNÍ PROVOZ	30
3.1.1 <i>Požadavky</i>	30
3.1.2 <i>Popis zvoleného objektu</i>	31
3.1.3 <i>Obecný návrh spotřebičů</i>	33

3.1.4	<i>Výpočet energetické spotřeby rodinného domu</i>	34
3.1.5	<i>Roční odhad energetického výnosu</i>	35
3.1.6	<i>Komponenty FV systému</i>	37
3.1.7	<i>Parametry navrženého FV systému</i>	43
3.1.8	<i>Cenová kalkulace pro ostrovní režim</i>	43
3.2	KONFIGURACE PRO PŘIPOJENÍ DO DISTRIBUČNÍ SÍTĚ	44
3.2.1	<i>Čerpání zeleného bonusu</i>	44
3.2.2	<i>Schéma zapojení do distribuční sítě</i>	46
3.2.3	<i>Prvky FV systému pro provoz s DS</i>	46
3.2.4	<i>Cenová kalkulace pro připojení do DS</i>	48
4	ZHODNOCENÍ OBOU KONFIGURACÍ	49
4.1	EKONOMICKÉ HLEDISKO	49
4.1.1	<i>Návratnost ostrovního režimu</i>	49
4.1.2	<i>Návratnost pro konfiguraci připojení do DS</i>	50
4.2	ENVIRONMENTÁLNÍ HLEDISKO	53
4.3	TECHNICKÉ HLEDISKO	53
	ZÁVĚR	54
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	55

Úvod

Fotovoltaické systémy jsou v současné době velmi diskutovaným pojmem, především se jedná o legislativní oblast. Tyto neustálé změny v zákonech a jejich novelizací jsou následkem velkého nárůstu počtu instalovaných elektráren na území České republiky. Došlo k tomu, že na jedné straně máme pozitivní aspekt, že využíváme alternativní energii a neznečišťujeme životní prostředí a na druhé straně je ohrožená stabilita celé přenosové soustavy. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto o zavedení tzv. stop stavu, který skončil počátkem ledna roku 2012.

Jeden z negativních názorů je, že fotovoltaika má velmi malou účinnost a plochy, které jsou solárními panely pokrývány, by se měly využít k prospěšnějšímu účelu, jako je například pěstování různých plodin, stromů atd. Jeden z největších problémů je, že tento typ výroby elektrické energie je velmi neefektivní, což je způsobeno intenzitou dopadajícího slunečního záření a jeho velkým a nepředvídatelným kolísáním v průběhu celého roku. Z toho vyplývá paradox fotovoltaiky a to ten, že v letních měsících je menší odběr elektrické energie, ale zároveň je výroba elektrické energie neúčinnější a v zimních měsících je tomu přesně naopak. Samozřejmě je tady spousta velkých výhod fotovoltaiky a to, že nejsou hlučné, nevyžadují téměř žádnou obsluhu, nevznikají žádné zplodiny atd. Myslím, že člověk nebo obecně lidstvo by mělo najít vyvážení výhod a nevýhod sluneční energie a především její, co nejjednodušší a nejefektivnější provoz. Podle mého názoru se jedná o běžnou evoluci v technologii, která v budoucnosti může mít velké využití.

V této diplomové práci jsem se zaměřil na současnou legislativu pro oblast fotovoltaiky a na typy fotovoltaických systémů. Hlavním výstupem je návrh fotovoltaického systému pro rodinný dům v konfiguraci pro ostrovní režim a v konfiguraci pro připojení do distribuční sítě. V poslední řadě porovnávám tyto dva typy konfigurací z hlediska ekonomického, technického a ekologického.

Seznam symbolů a zkratk

Wp – Jednotka špičkového výkonu fotovoltaického systému

DS – distribuční síť

OS – ostrovní provoz

FVE – fotovoltaická elektrárna

ZB – Zelený bonus

PP – přímý prodej

DPH – Daň z přidané hodnoty

PVGIS – fotovoltaický geografický informační systém

Ed – Průměrná denní produkce elektrické energie [kWh]

Hd – Průměrná denní intenzita slunečního záření [kWh/m²]

Em – Průměrná měsíční produkce elektrické energie [kWh]

Hm – Průměrná měsíční intenzita slunečního záření [kWh/m²]

Seznam obrázků

Obr. 1.1 Blokové znázornění přímého výkupu [2]

Obr. 1.2 Blokové znázornění zeleného bonusu [2]

Obr. 2.1 Schematické znázornění FV systému off-grid [4]

Obr. 2.2 Schématické znázornění FV systému on-grid [4]

Obr. 2.3 Znázornění hybridního fotovoltaického systému [7]

Obr. 2.4 Schéma zapojení systému dodávajícího energii do rozvodné sítě [9]

Obr. 2.5 Autonomní fotovoltaický systém [10]

Obr. 3.1 Roční úhrn průměrného slunečního záření v ČR [kWh/m^2] [11]

Obr. 3.2 Model rodinné domu

Obr. 3.3 Rozměry střechy domu

Obr. 3.4 Návrh rozložení panelů

Obr. 3.5 Grafické znázornění roční předpovědi produkce energie v obci Líčov

Obr. 3.6 Grafické znázornění globálního ozáření pro danou lokalitu

Obr. 3.7 Solární panel Schueco S 175 – SP-4 [13]

Obr. 3.8 Ostrovní střídač Studer Innotec XTM 4000-48 [14]

Obr. 3.9 Regulátor nabíjení – OutBack FLEXmax 60 – 150 V [15]

Obr. 3.10 Solární gelový akumulátor SOL12-100DG [16]

Obr. 3.11 Solární kabel [17]

Obr. 3.12 CYKY 5Cx4 (J) [18]

Obr. 3.13 Konektory Radox [19]

Obr. 3.14 Svodič přepětí DC [20]

Obr. 3.15 Svodič přepětí AC [21]

Obr. 3.16 Honda EM 5500 [22]

Obr. 3.17 Blokové schéma zapojení pro čerpání zelených bonusů

Obr. 3.18 Zapojení svodičů přepětí a hromosvodu [23]

Obr. 3.19 Schéma zapojení FVE do distribuční sítě (on-grid)

Obr. 3.20 Střídač Sunny Boy 5000TL-21 [24]

Obr. 3.21 Elektroměr PRO370D 3x65A [24]

Obr. 4.1 Grafické znázornění návratnosti pro ostrovní režim

Obr. 4.2 Grafické znázornění návratnosti zeleného bonusu se samospotřebou

Seznam tabulek

Tab. 1.1 Porovnání formy výkupu vyrobené energie [2]

Tab. 2.1 Srovnání typických vlastností baterií a akumulátorů [8]

Tab. 2.2 Typy fotovoltaických instalací [8]

Tab. 3.1 Spotřebiče v domácnosti a jejich průměrná denní spotřeba energie

Tab. 3.2 Výstupní parametry softwaru - fotovoltaický odhad

Tab. 3.3 Teoretická roční produkce elektrické energie

Tab. 3.4 Parametry modulu [13]

Tab. 3.5 Parametry solárního akumulátoru SOL12-100DG [16]

Tab. 3.6 Parametry solárního kabelu [17]

Tab. 3.7 Parametry CYKY 5Cx4 (J) [18]

Tab. 3.8 Parametry svodiče přepětí DC [20]

Tab. 3.9 Parametry svodiče AC [21]

Tab. 3.10 Parametry Honda EM 5500 [22]

Tab. 3.11 Parametry fotovoltaického systému

Tab. 3.12 Cena instalace FVE pro ostrovní režim

Tab. 3.13 Parametry elektroměru [24]

Tab. 3.14 Cena instalace FVE pro konfiguraci pro připojení do DS

Tab. 4.1 Ekonomická kalkulace pro OS

Tab. 4.2 Současné podmínky a jejich procentuální koeficient pro OS

Tab. 4.3 Přehled finančních toků pro ostrovní provoz v horizontu 20 let

Tab. 4.4 Ekonomická kalkulace pro DS

Tab. 4.5 Současné podmínky a jejich procentuální koeficient pro DS

Tab. 4.6 Přehled finančních toků v horizontu 20 let pro DS

Tab. 4.7 Konfigurace pro ostrovní provoz

Tab. 4.8 Konfigurace pro připojení do distribuční sítě

1 Současná legislativa pro fotovoltaické systémy

Jedním z nejvýznamnějších zákonů v České republice pro oblast fotovoltaiky je zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), ve znění zákona č. 281/2009 Sb., jehož hlavním účelem by měla být stabilizace podnikatelského prostředí v oblasti obnovitelných zdrojů energie v České republice. Prováděcím předpisem k tomuto zákonu je vyhláška č. 475/2005 Sb., ve znění vyhlášky č. 364/2007 Sb. Dalšími předpisy jsou vyhláška č. 140/2009 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen a Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 4/2009 ze dne 3. listopadu 2009, kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů.

Základní informace o vybraných obnovitelných zdrojích energie jsou obsaženy ve zveřejněném metodickém pokynu „Umístování staveb a zařízení pro výrobu energie z vybraných obnovitelných zdrojů“, který zpracovalo Ministerstvo pro místní rozvoj spolu s Ústavem územního rozvoje v červenci 2008 (aktualizace proběhla v únoru 2009).

1.1 Podmínky pro fotovoltaiku v ČR pro rok 2014

Fotovoltaické systémy je možné ekonomicky budovat v ČR na základě zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů. Od počátku roku 2014 není na výstavbu fotovoltaických systémů poskytována žádná dotace nebo zvýhodněná výkupní cena na vyrobenou elektrickou energii.

Zákon č. 180/2005 Sb. byl novelizován zákony č. 137/2010 Sb., č. 281/2009 Sb., č. 330/2010 Sb. a č. 402/2010 Sb. jehož zásadní změny se dají shrnout do následujících bodů:

- elektrárny zprovozněné po 1.3.2011 mají nárok na zelený bonus/přímý výkup pouze v případě instalací na střechách nebo fasádách jedné budovy spojené se zemí pevným základem, která je evidována v katastru nemovitostí, přičemž instalovaný výkon výroby nesmí přesáhnout 30 kWp.

- od odvodu jsou osvobozeny výrobní s instalovaným výkonem do 30 kW, které jsou umístěny na střešní konstrukci nebo obvodové zdi jedné budovy spojené se zemí pevným základem evidované v katastru nemovitostí.
- od roku 2014 je výrobcům z FVE větších než 30 kWp srážena daň ve výši 10% po celou dobu životnosti elektrárny [1]

Daň z přidané hodnoty

U fotovoltaických instalací na rodinných domech, bytových domech, panelových domech apod. platí § 48 novelizovaného zákona o dani z přidané hodnoty. Platí zde tedy snížená 15 % sazba DPH, a to jak na montážní práce, tak na samotné technické prostředky fotovoltaické elektrárny. [1]

Odpisy

U solární elektrárny instalované na střeše budovy dojde z hlediska daňových odpisů k technickému zhodnocení této budovy a také ke vzniku samostatné movité věci – solárního systému produkujícího střídavý nebo stejnosměrný proud. Tento systém v minulosti spadal do třetí odpisové skupiny s dobou odpisování 10 let. Novela zákona o daních z příjmů přinesla nová opatření i v oblasti daňových odpisů. Části solární elektrárny, označené ve Standardní klasifikaci produkce kódem 31.10, 31.20 a 32.10, jež se nyní odpisují ve druhé a třetí odpisové skupině, mají prodloužené odpisy bez výjimky na 20 let. Pro všechny provozovatele elektráren jsou zavedeny povinné rovnoměrné odpisy bez možností jejich přerušení. [1]

Daňové prázdny

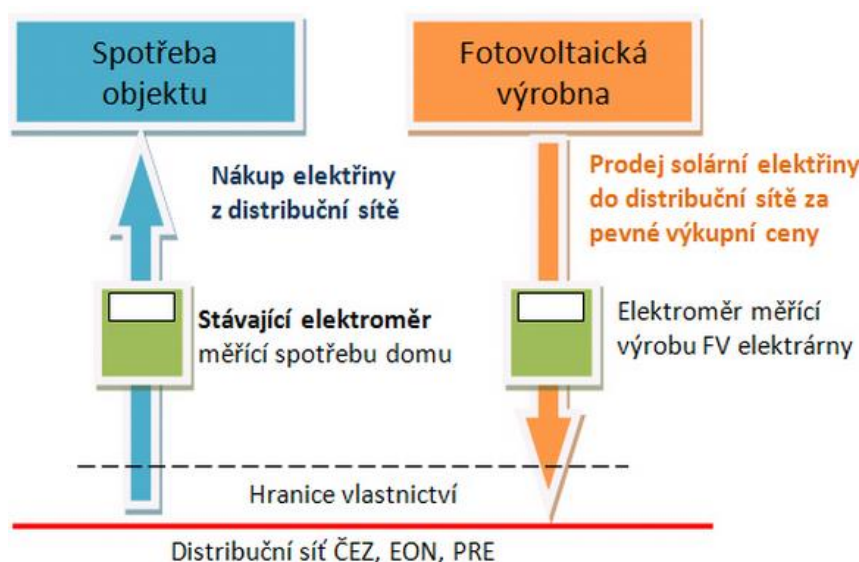
Od 1. 1. 2011 jsou zrušeny 5leté daňové prázdny z příjmů fotovoltaických systémů, a to i pro instalace, které byly zrealizovány a připojeny do distribuční sítě i před tímto datem. Toto zrušení daňového osvobození upravuje novela zákona č. 346/2010 Sb. o daních z příjmu z listopadu 2010. [1]

1.2 Formy výkupu vyrobené elektřiny

Přímý výkup i zelené bonusy výrobci vždy hradí provozovatel regionální distribuční soustavy nebo provozovatel přenosové soustavy podle toho, ke které soustavě je fotovoltaický systém připojen. Přejchod mezi zeleným bonusem a přímým výkupem je možný 1x za rok. [2]

1.2.1 Přímý výkup

Výkup vyrobené elektřiny probíhá za pevnou výkupní cenu stanovenou Energetickým regulačním úřadem platnou v roce uvedení do provozu, a je uplatňována po dobu dvaceti let. Z toho vyplývá, že výkupní cena platná v roce uvedení výroby elektřiny do provozu bude každým rokem navyšována minimálně o 2 %, ale maximálně o 4 %. [2]

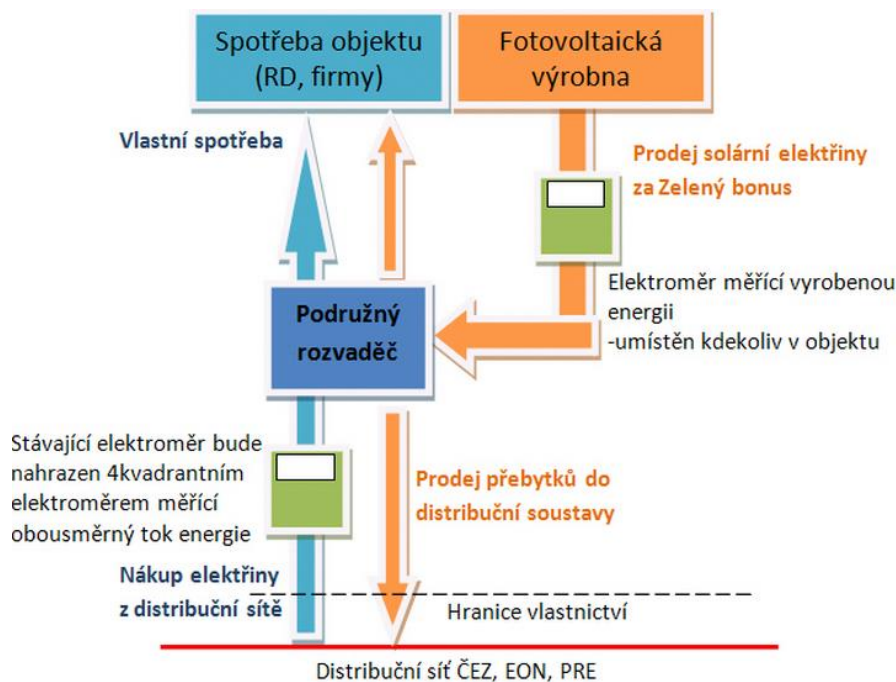


Obr. 1.1 Blokové znázornění přímého výkupu [2]

1.2.2 Zelený bonus

Při podpoře touto formou si může výrobce sám aktivně hledat odběratele, kterému prodá přebytky elektrické energie. Může to být přímo konečný spotřebitel nebo obchodník s elektřinou. V tomto případě se cena skládá z položky, za kterou výrobce svou elektřinu prodá svému odběrateli (nespotřebovaná elektrická energie) a z tzv. zeleného bonusu (veškerá vyrobená elektrická energie). Zelený bonus je jistá prémie za to, že elektrická energie byla vyrobena z obnovitelného zdroje a vyplácí jej regionální provozovatel

distribuční soustavy. Zelený bonus je stejně jako výkupní cena uplatňován po dobu životnosti výroby, tedy dvacet let a jeho výši stanovuje Energetický regulační úřad. Výše ceny přebytku (nespotřebované elektrické energie) je garantována po dobu jednoho roku a na základě smlouvy s odběratelem (obchodníkem). [2]



Obr. 1.2 Blokové znázornění zeleného bonusu [2]

Přímý výkup	Zelený bonus
od 1. 1. 2013 do 30. 6. 2013	od 1. 1. 2013 do 30. 6. 2013
3,41 Kč bez DPH pro 1-5,00 kWp	2,86 Kč bez DPH pro 1-5,00 kWp
2,83 Kč bez DPH pro 5,01-30 kWp	2,28 Kč bez DPH pro 5,01-30 kWp
od 1. 7. 2013 do 31. 12. 2013	od 1. 7. 2013 do 31. 12. 2013
2,99 Kč bez DPH pro 1-5,00 kWp	2,44 Kč bez DPH pro 1-5,00 kWp
2,43 Kč bez DPH pro 5,01-30 kWp	1,88 Kč bez DPH pro 5,01-30 kWp
Výhody	Výhody
Vše co vyrobím, také prodám	Vše co vyrobím, také prodám
Vyšší výkupní cena za 1kWh	Nižší výkupní cena kompenzována úsporou (stále dražší) nakupované elektřiny z ČEZ, E. ON nebo PRE
	Není nutné zřizovat nové odběrné místo
Nevýhody	Nevýhody
Náklady na zřízení nového přípojného místa (500 Kč/A + práce dle složitosti)	Maximální výnos závisí na spotřebě vyrobené energie

Tabulka 1.1 Porovnání formy výkupu vyrobené energie [2]

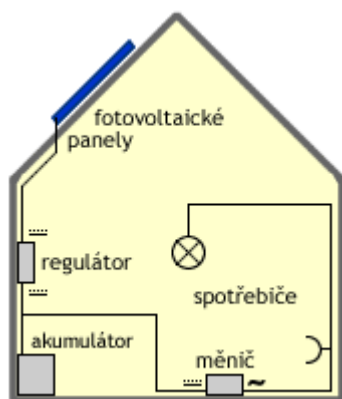
2 Typy FV systémů a možnosti jejich využití i umístění

Volba a typ fotovoltaického systému je závislá především na zvolené lokalitě, na možnosti a kvalitě připojení distribuční sítě a také na samotném uživateli, co od systému očekává a co požaduje. Základní dělení fotovoltaických systémů je na ostrovní (autonomní) systémy OFF-GRID, systémy připojené do distribuční sítě ON-GRID a hybridní solární systémy.

2.1 Systémy OFF-GRID

Jedná se o izolované solární systémy OFF-GRID, což znamená, že nejsou propojeny s rozvodnou elektrickou sítí a jsou tedy vhodné pro zásobování elektrickou energií tam, kde je napájení z veřejné distribuční sítě nemožné nebo tam, kde by bylo vybudování nové přípojky technicky či ekonomicky náročné. Všechna solární energie je tedy spotřebována ve vlastních elektrických spotřebičích a zařízeních.

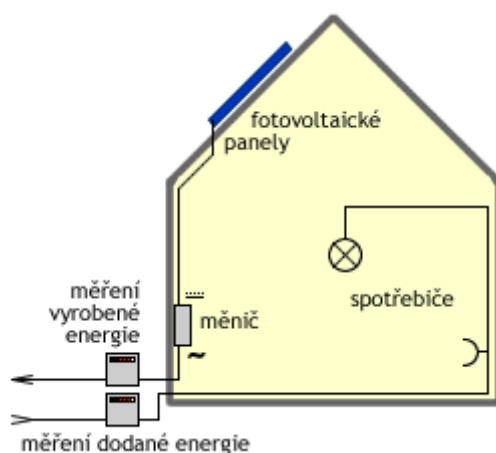
Hlavními prvky jsou FV panely a měnič napětí pro ostrovní fotovoltaické systémy. Jedním z nejdůležitějších prvků ostrovního systému je měnič napětí. Jeho úkolem je přeměnit stejnosměrné napětí na střídavé napětí o velikosti 230V pro napájení běžných síťových spotřebičů. Základním uvědoměním u ostrovních solárních systémů je skladování vyrobené elektrické energie, aby ji poté bylo možno využít v noci nebo v období s méně příznivým osvitem. Solární olověné akumulátory jsou v dnešní době především z ekonomického hlediska nejvhodnějším a nejvíce osvědčeným řešením. Jejich použití se také využívá u záložních fotovoltaických systémů. Další součástí systému OFF-GRID je regulátor nabíjení. Ten pracuje jako ochrana před přebíjením, současně jako kontrola a odpojení při hlubokém vybití a zároveň jako elektronická pojistka. [3]



Obr. 2.1 Schématické znázornění FV systému off-grid [4]

2.2 Systémy ON-GRID

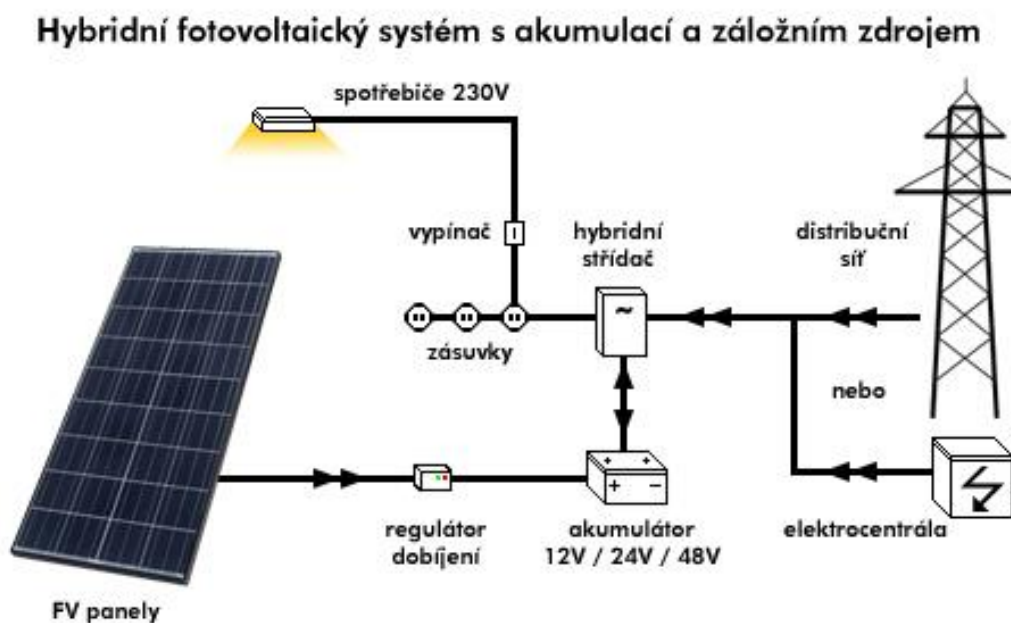
Tyto systémy se používají v místech, kde je k dispozici přípojka na veřejnou distribuční síť střídavého napětí. Solární proud se přivádí do této sítě. Zde rozlišujeme dva druhy přívodu. Vyrobený solární proud se přivádí do této sítě nebo se nejprve spotřebovává v objektu, kde je systém instalován prostřednictvím domácí rozvodné sítě, a pouze pokud dochází k přebytku energie, probíhá přívod do veřejné elektrické sítě. Vazebním prvkem mezi veřejnou a domácí sítí a solárním modulem je měnič stejnosměrného proudu na střídavý, neboli střídač pro paralelní provoz se sítí. Tento střídač se automaticky sfázuje se sítí a zahrnuje i automatické odpojení v případě výpadku sítě. [5]



Obr. 2.2 Schématické znázornění FV systému on-grid [4]

2.3 Hybridní systémy

Hybridní fotovoltaický systém je v základě kombinací klasické síťové elektrárny a ostrovního systému. Jednou z největších výhod hybridních fotovoltaických elektráren konstruovaných v současnosti je nezávislost na udělování povolení připojení k distribuční soustavě. Další podstatnou výhodou hybridní fotovoltaické elektrárny je již integrovaná funkce pro využití přebytečné energie ve výkonových špičkách, kdy inteligentní hybridní měnič již v současné době dokáže přeměňovat přebytečnou energii v reálném čase či s řízeným zpožděním do předem vybraných, energeticky náročných spotřebičů. Vyrobenou elektrickou energii lze ukládat do akumulátorů a večer ji spotřebovat, což má za následek ekonomické šetření, neboť nebude potřeba nakupovat tolik energie ze sítě. Hybridní systém zabezpečí pokrytí elektřiny po dobu kapacity a nabití akumulátorů. Díky špičkovým hybridním měničům napětí, které používáme, je po dobu „stop stavu“ celý systém galvanicky oddělen od distribuční soustavy. [6]



Obr. 2.3 Znáornění hybridního fotovoltaického systému [7]

2.4 Pomocná zařízení a komponenty FV systémů

V anglickém jazyce se pro tato zařízení používá zkratka BOS (Balance of Systems). Výroba elektrické energie ze slunečního záření vyžaduje ještě další komponenty než jen fotovoltaické moduly a případné koncentrátory nebo natáčecí zařízení (sledovače slunce). Volba dalších komponentů jsou závislé na účelu daného solárního systému. Všechna tato zařízení mají vliv na výslednou energetickou bilanci celého systému pro výrobu elektřiny a pochopitelně také na jeho cenu a dobu návratnosti. Patří sem:

- akumulátory
- invertory, transformátory, měniče
- odpojovače zátěže
- pojistná zařízení
- měřicí zařízení
- náhradní zdroje (motogenerátory)

Akumulátory

Autonomní systémy (grid-off nebo také stand-alone) jsou znatelně dražší než systémy dodávající proud do sítě. Hlavním důvodem je cena akumulátorů, která u některých fotovoltaických systémů tvoří 40 až 60 % ceny systému. Vzhledem k tomu, že reálná životnost akumulátorů je menší než životnost fotovoltaických panelů (přibližně 5-10 let oproti minimálně 20 rokům), mohou být náklady na akumulátory větší než na fotovoltaické panely. Na základě tohoto důvodu má prodloužení životnosti a snižování ceny akumulátorů velký význam. [8]

Olověné akumulátory

Pro fotovoltaické systémy je tento typ akumulátorů dimenzován na hluboké vybíjení (deep cycle) a mají nízké samovybíjení. Olověné akumulátory se používají velmi dlouho a technologie je dokonale zvládnutá. Olověné akumulátorové baterie existují v různých provedeních:

- Klasické staniční baterie složené z jednotlivých 2V článků v průhledných nádobkách s volně nalitým elektrolytem. Umožňují snadnou údržbu a výměnu

jednotlivých vadných článků. Mají zpravidla velkou životnost a tlusté desky, a tudíž lépe snášejí hluboké vybíjení. Měřením hustoty kyseliny lze snadno zjistit stupeň nabití článků. Nevýhodou těchto akumulátorů je vyšší cena, větší váha, potřebují také větší prostor a musí být zajištěno odvětrání vznikajících plynů (H_2 a O_2) při nabíjení, jinak hrozí riziko výbuchu. Údržba je relativně jednoduchá, ale je nezbytná, musí se dolévat voda a kontrolovat stav jednotlivých článků. Článek, jehož kapacita se snížila, může být při hlubokém vybíjení přepólován a časem může dojít ke zkratu. Při zkratu v jednom článku jsou ostatní přebíjené, a to vede k rychlému zničení celé baterie. Kladné desky trubkového typu jsou ze slitiny Pb a malého množství Sb, záporné jsou pastového typu s mřížkou.

- Šestičlánkové 12V baterie se nejčastěji používají pro menší systémy. Jejich výhodou je, že jsou levnější a kompaktnější. Nevýhodou však je, že v případě zničení jednoho článku je oprava složitější.
- Uzavřené baterie s elektrolytem nasáklým v porézní hmotě nebo elektrolytem ve formě tixotropního gelu. U těchto baterií dochází na povrchu čerstvě vyloučeného olova na záporné desce k vzájemné reakci vznikajícího H_2 a O_2 za vzniku vody – akumulátor tedy vodu neztrácí a tyto baterie se někdy nazývají bezúdržbové. Nevýhodou těchto baterií je vyšší cena a nemožnost opravy vadných článků (při dnešní ceně práce to ale asi není tak zásadní vada).[8]

Alkalické akumulátory

Do této skupiny patří akumulátory nikel-kadmiové (Ni-Cd), nikel-metalhydridové (NiMH) a nikel-ocelové (Ni-Fe). Nejčastěji se ve FV systémech používají Ni-Cd akumulátory s kapsovými elektrodami. Jejich výhodou je poměrně dlouhá životnost 10-20 let při cyklech s 60-80% vybíjením. Nevýhodou je „paměťový efekt“, tj. pokles kapacity, pokud se občas nevybijí zcela. Samovybíjení je také vyšší (zvláště při teplotách nad 25 °C). Uvádí se, že prvních 10-20 dnů je ztráta náboje 1-2 % za den. Energetická účinnost je nižší než u olověného akumulátoru. Díky nižšímu napětí článku (1,2 V) je nezbytný větší počet článků pro dosažení potřebného napětí (10 článků na 12V baterii místo 6 článků u olověného akumulátoru). Kadmium je navíc řazeno mezi nebezpečný odpad. [8]

Lithium–iontové baterie

Pro stacionární solární aplikace jsou zatím neúměrně drahé. Mají velmi významnou malou hmotnost, která dosahuje jen asi 20 % hmotnosti běžné bezúdržbové olověné baterie. Lithium je nejlehčí kov a díky své reaktivitě poskytuje relativně vysoké napětí článku (přibližně 3 V). Mají zanedbatelné samovybití a netrpí takzvaným „paměťovým efektem“. Podstatnou nevýhodou je relativně krátká životnost (u běžných malých baterií je to jen 2 až 3 roky) a postupná ztráta kapacity s časem bez ohledu na to, zda je baterie používána, nebo ne. Pravděpodobně to způsobuje vysoká reaktivita lithia. Na dobu životnosti má nepříznivý vliv také zvýšená teplota. Baterie musí mít jištění proti přílišnému vybití, které je spolehlivě dokáže zničit. Navíc je citlivá i na přebíjení, a proto je přímo v baterii montován speciální obvod, který baterii odpojí (omezí proud), když je nabitá nebo když se vybije pod určité napětí. [8]

Další možnosti přicházející v úvahu – superkapacitory (ultrakondenzátory)

Neprobíhá v nich chemická reakce jako v akumulátorech, energie je uložena ve formě energie elektrostatického pole. Kondenzátory proto mohou mít malý vnitřní odpor, dlouhou životnost, vysokou účinnost a velmi velký vybíjecí proud (mohou nahromaděnou energii vydat v řádu sekund). Zatím se používají spíše pro krátkodobou akumulaci energie, ale dají se také použít pro vyrovnání výkonu dodávaného fotovoltaickým systémem do sítě. [8]

	Objemová hustota energie [Wh/l]	Výkonová hustota [W/l]	Životnost [cykly]	Vybíjecí doba [s]
Akumulátor	50 – 250	150	$1 - 10^3$	> 1 000
Kondenzátor	0,05 – 5	$10^5 - 10^8$	$10^5 - 10^6$	< 1

Tabulka 2.1 Srovnání typických vlastností baterií a akumulátorů [8]

Měniče proudu (invertory)

Tento komponent je tam z důvodu, že stejnosměrný proud nelze jednoduše transformovat, tj. měnit velikost napětí. Měniče proudu napřed stejnosměrný proud přemění pomocí spínacích obvodů na proud střídavý a ten je pak transformován na potřebné napětí. Kromě napětí, výkonu a frekvence má velký význam i tvar střídavého napětí, které měnič produkuje. Nejvýhodnější a tedy i nejdražší jsou invertory se sinusovým průběhem napětí. Kvazisinusové aproximují sinusový průběh stupňovitou křivkou. Obdélníkové nebo lichoběžníkové průběhy jsou pak nejméně vhodné a pro rozvodnou síť nepřijatelné. Měniče se někdy používají i k nabíjení akumulátoru (DC to DC convertor). Na dodávku proudu do rozvodné sítě jsou kladeny poměrně velké požadavky z hlediska časového průběhu napětí, obsahu vyšších harmonických frekvencí apod. Vyrobené napětí je nutné dodávat do sítě přesně ve fázi, to znamená, že měnič musí být přifázován na síť. Je důležité také měřit množství energie odevzdané do sítě a zajistit odepnutí při poruše. Na správném dimenzování invertoru závisí také celková dosažitelná účinnost, tomu odpovídá použití více menších měničů, které se spínají podle okamžitých požadavků na výkon. [8]

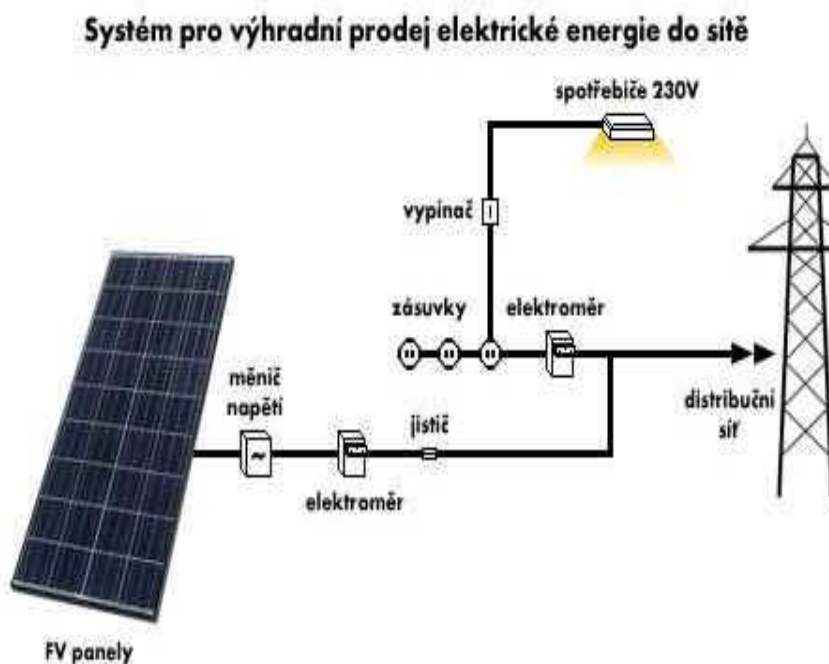
Záložní (pomocný) zdroj

Jestliže provozujeme fotovoltaický systém, který není připojen k elektrické síti, je nezbytné mít nějaký záložní zdroj energie pro období nedostatečného slunečního svitu (zpravidla je to v zimě). Většinou se používá elektrocentrála (motogenerátor) s motorem na benzin nebo propan či propan-butan, která je levnější než benzin. Elektrocentrálu zpravidla používáme k dobíjení akumulátoru nebo pro pohon spotřebičů, které mají větší příkon, než může dodat měnič a akumulátory. Nevýhody elektrocentrály jsou v tom, že vyžaduje určitou obsluhu, je hlučná, produkuje výfukové plyny a především takto vyrobená elektřina je ekonomicky náročná. [8]

2.5 Příklady praktického využití FV systémů

2.5.1 Systémy připojené k elektrické rozvodné síti

Připojení FV systému k rozvodné síti elegantně řeší základní problém fotovoltaického systému, který zahrnuje, aby všechna vyrobená elektřina byla využita. Elektrická síť je velmi rozsáhlá, může přenášet ohromné výkony a obsahuje mechanismy zajišťující v každém okamžiku rovnováhu mezi výrobou a spotřebou. Výkon, který tvoří fotovoltaické systémy je jen nepatrné procento výkonu v síti proudícího, v tomto případě není tedy technicky problém elektřinu vyrobenou takovýmto systémem do sítě přidat a v zařízeních na síť připojených spotřebovat. Na základě toho, že fotovoltaické články produkují stejnosměrný proud o poměrně malém napětí, je samozřejmě nezbytné použít vhodný měnič, který vyrobí z například 12V stejnosměrného napětí 230V střídavého napětí o frekvenci 50 Hz. Tento měnič musí pracovat ve fázi s rozvodnou sítí a celé zařízení se musí od sítě odpojit v okamžiku, kdy je v síti vypnut proud. [8]



Obr. 2.4 Schéma zapojení systému dodávajícího energii do rozvodné sítě [9]

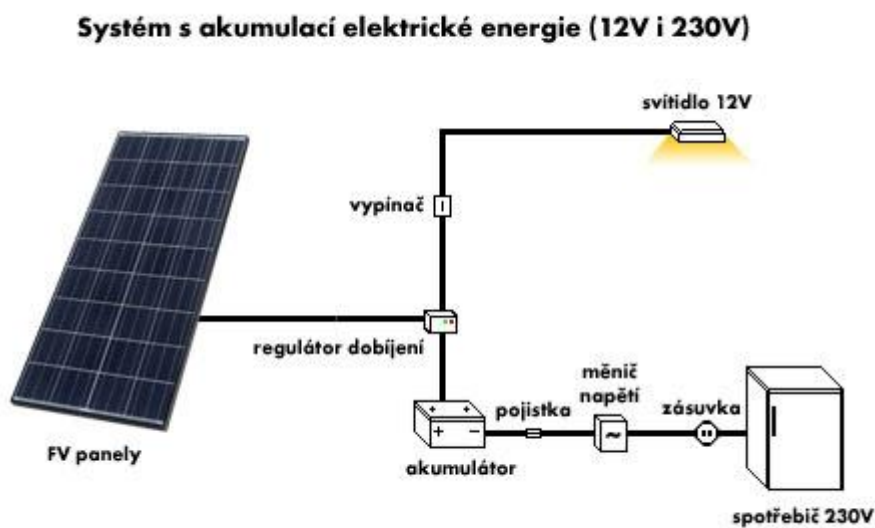
	Zdroj energie	Připojeno do sítě?	Akumulátor v systému?	Příklady
Solární systém připojený do sítě (240 V)	Solární články	Ano	Ne	Domácí systém, který v noci energii ze sítě bere a ve dne ji dodává
Autonomní solární systém připojený do sítě	Solární články	Ano	Ano	Domácí nebo firemní systém, UPS (pro PC či servery); Pracuje, když je síť mimo provoz
Autonomní solární systém bez akumulátoru	Solární články	Ne	Ne	Pumpování vody
Autonomní solární systém s akumulátorem	Solární články	Ne	Ano	Vzdálené domy, světlo, televize rádio, počítač
Hybridní systém bez připojení do sítě	Solární články kombinované s jiným zdrojem energie (diesel, větrná elektrárna)	Nejčastěji ne	Ne	Vzdálené rozsáhlé průmyslové objekty

Tabulka 2.2 Typy fotovoltaických instalací [8]

2.5.2 Autonomní systémy

Fotovoltaické systémy připojené do sítě patří (alespoň v kontinuívní Evropě) k těm nejdražším zdrojům elektrické energie a vyplatí se tyto systémy stavět jen díky velmi vysokým výkupním cenám takto získané elektřiny. Pro autonomní systémy v místech bez elektrické infrastruktury (Indie, Afrika, Indonésie) je to zpravidla ten nejlevnější způsob, jak zajistit v takovýchto odlehlých místech minimální základní energetické služby. V Evropě se autonomní fotovoltaické systémy nacházejí hlavně na místech, kde se z nějakého důvodu není možné připojit k rozvodné síti (chaty, výjimečně i některé domy). V posledních letech získávají oblibu malé fotovoltaické panely, které se mohou při časově náročných cestách do přírody použít pro dobíjení mobilních telefonů nebo digitálních

fotoaparátů a kamer. Tyto fotovoltaické systémy se v poměrně velkém měřítku také projevily ve vojenské oblasti, která oceňuje jejich hlavní výhody v tom, že pracují bezhlučně a nepotřebují žádné palivo.[8]



Obr. 2.5 Autonomní fotovoltaický systém [10]

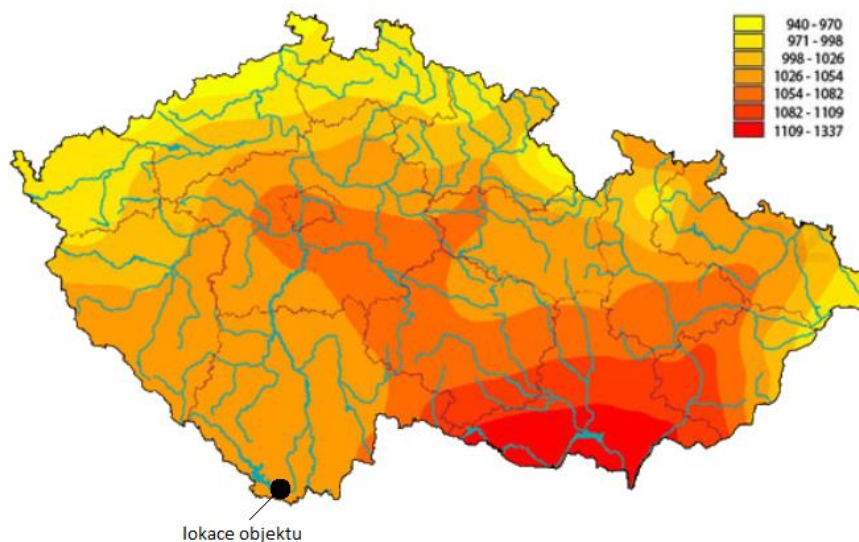
3 Návrh FV systému pro rodinný dům

V první části této kapitoly bude navržen FV systém na rodinný dům v konfiguraci pro ostrovní provoz. Obecně tento typ konfigurace je používán tam, kde není elektrická přípojka nebo její vzdálenost je tak velká, že z finančního hlediska by se to nevyplatilo. V druhé části této kapitoly bude ten samý objekt navrhnout v konfiguraci pro připojení do distribuční sítě.

3.1 Konfigurace pro ostrovní provoz

3.1.1 Požadavky

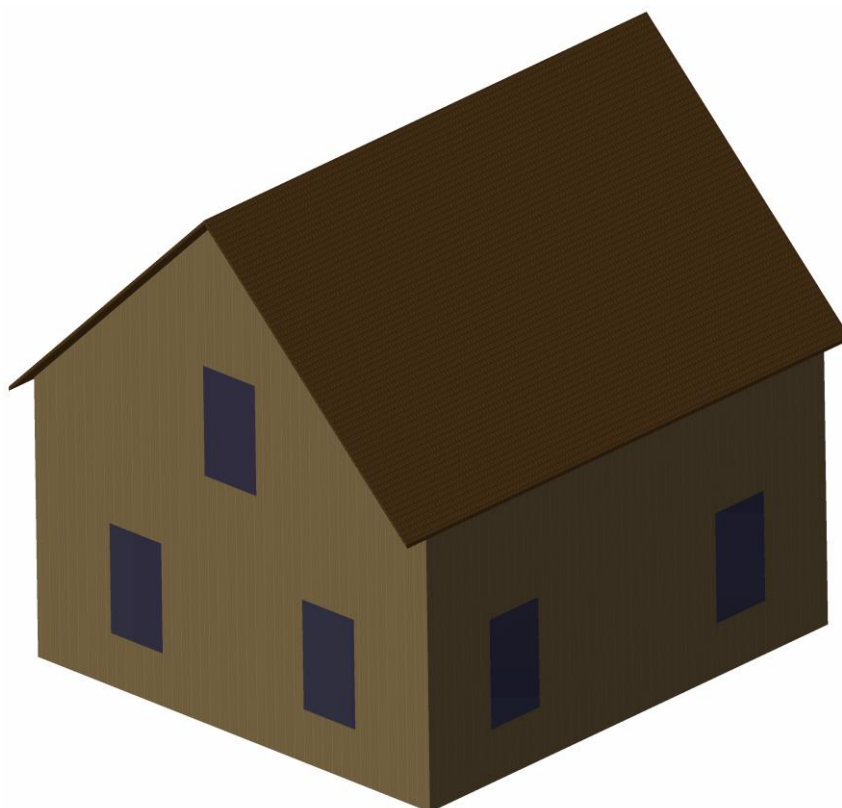
Fotovoltaický systém by měl být umístěn na střeše rodinného domu. Systém by měl být schopen na 100 % pokrytí běžného elektrického chodu domácnosti, zbytková energie bude ukládána do baterií, které budou umístěny ve sklepě. Při nedostatečné intenzitě slunečního záření, což se především týká zimních měsíců, bude potřeba záložního zdroje, kterým bude vhodná elektrocentrála. Při přebytecích v letních měsících by bylo možný například ohřev vody v bazénu.



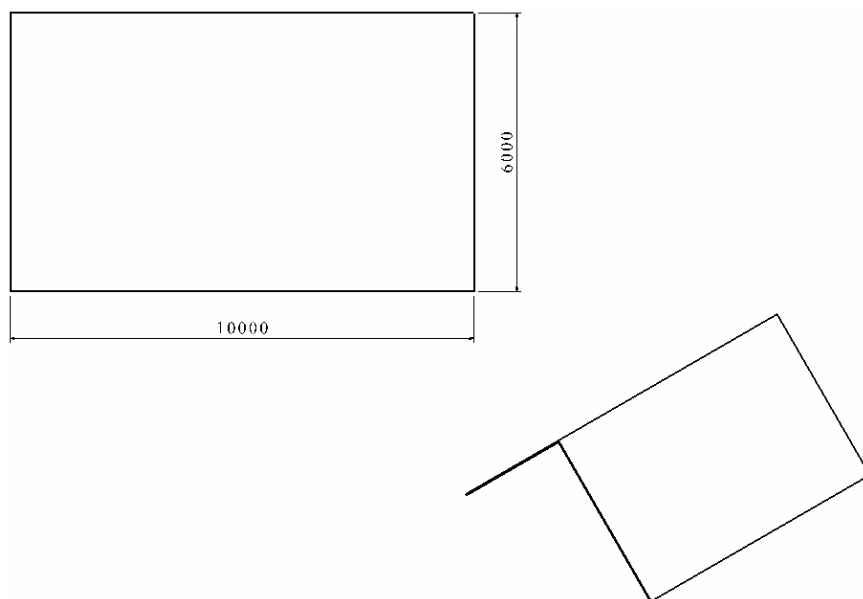
Obr. 3.1 Roční úhrn průměrného slunečního záření v ČR [kWh/m²] [11]

3.1.2 Popis zvoleného objektu

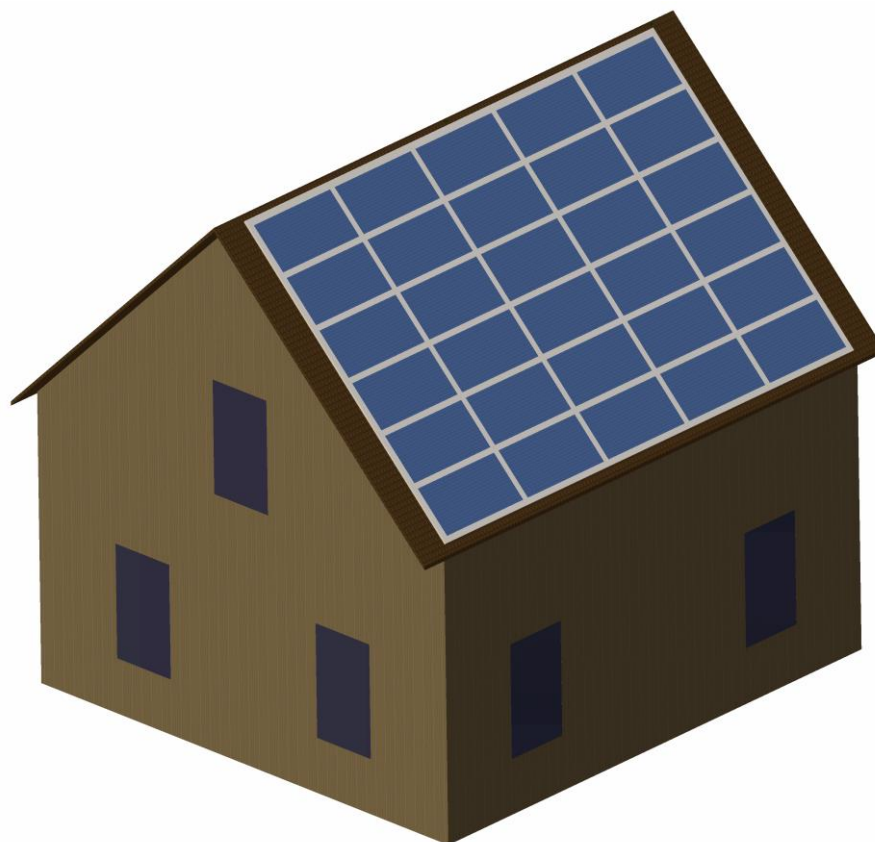
Návrh fotovoltaického systému v čistě ostrovním provozu bude realizován na rodinném domě. Tento objekt se nachází v obci Líčov v Jihočeském kraji (GPS souřadnice: 48°73'03'' s. š., 14°56'51'' v. d.). Podlahová plocha rodinného domu činí 98,2 m² a zastavěná plocha je 95,6 m². Orientace vstupní části objektu je orientovaná na západ. Střecha směřuje přesně na jih a její sklon je 45°. To jsou velmi dobré parametry pro instalaci FVE dostačující pro takřka maximální využití panelů. Instalace fotovoltaických panelů bude provedena napevno (tzv. statický systém). Umístění fotovoltaické panely v horizontu $\pm 70^\circ$ nic nezastiňuje. I nepatrné zastínění může způsobovat velký úbytek jejich výkonu (solární článek působí v obvodu jako odpor).



Obr. 3.2 Model rodinné domu



Obr. 3.3 Rozměry střechy domu



Obr. 3.4 Návrh rozložení panelů

3.1.3 Obecný návrh spotřebičů

Vzhledem k tomu, že se bude jednat provoz rodinného domu v konfiguraci pro ostrovní provoz, musí tomu odpovídat přizpůsobení elektrických spotřebičů, což znamená, že se musí zvolit tak, aby jejich účinnost byla co možná nejvyšší. Základním faktorem při návrhu je si v první řadě uvědomit jaké spotřebiče a kolik hodin denně je budeme v ostrovním systému využívat. Je důležité zde dbát na zvolenou energetickou třídu „A“ až „A+++“, které mají nejnížší spotřebu elektrické energie. Následující krok spočívá ve stanovení spotřeby námi vybraných zařízení. Spotřebu elektrické energie vybraného spotřebiče za jeden dostaneme vynásobením příkonu zvoleného spotřebiče a doby jeho provozu za den.[12]

Spotřebiče můžeme rozdělit do dvou základních kategorií:

- spotřebiče cyklické
- spotřebiče necyklické

SPOTŘEBIČE NECYKICKÉ:

Jde o spotřebiče, které mají konstantní spotřebu, neboli nepracují v tzv. cyklickém režimu. U těchto spotřebičů si samy zvolíme dobu provozu v rámci napájení solárních panelů. [12]

SPOTŘEBIČE CYKICKÉ:

Cyklické spotřebiče jsou spotřebiče, které pracují v tzv. cyklickém režimu neboli cyklu zapnuto – vypnuto. Mezi tyto zařízení řadíme zejména chladničky, myčky, pračky aj., kde spotřeba zásadně kolísá a je nezbytné postupovat tak, aby byl obsažen celý cyklus (např. prací program). U chladniček a jiných cyklických spotřebičů se může přesná spotřeba monitorovat zásuvkovým elektroměrem. Monitorování probíhá obvykle po dobu 24 hodin. Celková naměřená spotřeba se poté podělí počtem dnů, během kterých byla monitorována a získaný výsledek je údajem o spotřebě za 1 den. [12]

Výhoda cyklických spotřebičů spočívá ve skutečnosti, že jejich spotřeba je obvykle uvedena na štítku již v kWh. Problémem je ale skutečnost, že např. u pračky či myčky je celková spotřeba elektrické energie závislá na použitém typu programu, tedy na jeho délce.

U chladniček se spotřeba elektrické energie mění v závislosti na okolní teplotě. Tedy, čím vyšší je okolní teplota vzduchu, tím vyšší je i spotřeba elektrické energie. Tento fakt se do jisté míry může projevovat i u jiných spotřebičů, jako jsou například počítače a další. [12]

3.1.4 Výpočet energetické spotřeby rodinného domu

Pro uvažovaný rodinný dům byly zvoleny spotřebiče uvedené v *tabulce 3.1* s celkovým denním příkonem 13970 Wh, tedy 13,970 kWh. K osvětlení objektu bylo po užití moderních nízkoenergetických LED žárovek z důvodu jejich nízké spotřeby oproti ostatním zdrojům světla (např. klasické žárovky). Rozložení místností v domě je dle optimální světelné pohody, místnosti méně obývané jsou umístěny k severní straně a naopak místnosti více obývané jsou umístěny na východ, jih a západ. V rodinném domě se pro zjednodušení bude uvažovat plynové vytápění, plynový sporák a troubu.

Spotřebič	Výkon [W]	Počet [ks]	Celkem [W]	Hodin [h]	Celkem [Wh]
Pračka (A++)	2300	1	2300	1	2300
Kombinovaná lednice (A++)	150	1	150	24	610
Televize (LED)	37	2	74	5	370
Rádio	20	1	20	4	80
Mikrovlnná trouba	1000	1	1000	0,2	200
Osvětlení (LED)	2,5	20	50	8	400
PC+LCD monitor	80	1	80	8	640
Rychlovarná konvice	2200	1	2200	0,25	550
Notebook	40	1	40	8	320
Ostatní (strojek, nabíječka,...)	1000	1	1000	1	1000
Klimatizace	2500	1	2500	3	7500

Tabulka 3.1 Spotřebiče v domácnosti a jejich průměrná denní spotřeba energie

Celková spotřeba za rok pro rodinný dům	5029 kWh
Roční odhad výkonu FV systému	5200 kWh

3.1.5 Roční odhad energetického výnosu

Na výpočet výkonu fotovoltaických panelů jsem použil webový software. Jedná se o Interaktivní mapu Evropy, která obsahuje podrobné informace o intenzitě a množství dopadajícího slunečního záření pro různé lokality a pro jednotlivé měsíce v roce. Tento software po zadání stanovených údajů vypočítává intenzitu slunečního záření a množství vyrobené energie fotovoltaickým panelem, který byl pro danou oblast zvolen.

Interaktivní mapa Evropy (PVGIS)	
Jmenovitý výkon systému	5,2 kW (krystalický křemík)
Odhadované ztráty v důsledku teploty	11,6 % (s použitím místní teploty)
Odhadovaná ztráta - úhelní odrazivost	2,9 %
Další ztráty (kabely, měniče, atd.)	8 %
Kombinovaná FV systému ztráty	21 %

Tabulka 3.2 Výstupní parametry softwaru - fotovoltaický odhad

Pevný systém: sklon = 45°, orientace = 0°				
Měsíc	Ed	Em	Hd	Hm
Leden	6.5	188	1.33	41,1
Únor	10.20	286	2.28	63,8
Březen	15.90	494	3.72	115
Duben	20.20	605	4.90	147
Květen	19.30	600	4.80	149
Červen	19.20	576	4.82	145
Červenec	19.10	592	4.84	150
Srpen	18.70	580	4.72	146
Září	15.80	473	3.86	116
Říjen	13.00	402	3.7	95,1
Listopad	7.57	227	1.72	51,7
Prosinec	5.77	179	1.27	39,5
Roční průměr	14,2	433	3,45	105
Celkem za rok		5200		1260

Tabulka 3.3 Teoretická roční produkce elektrické energie

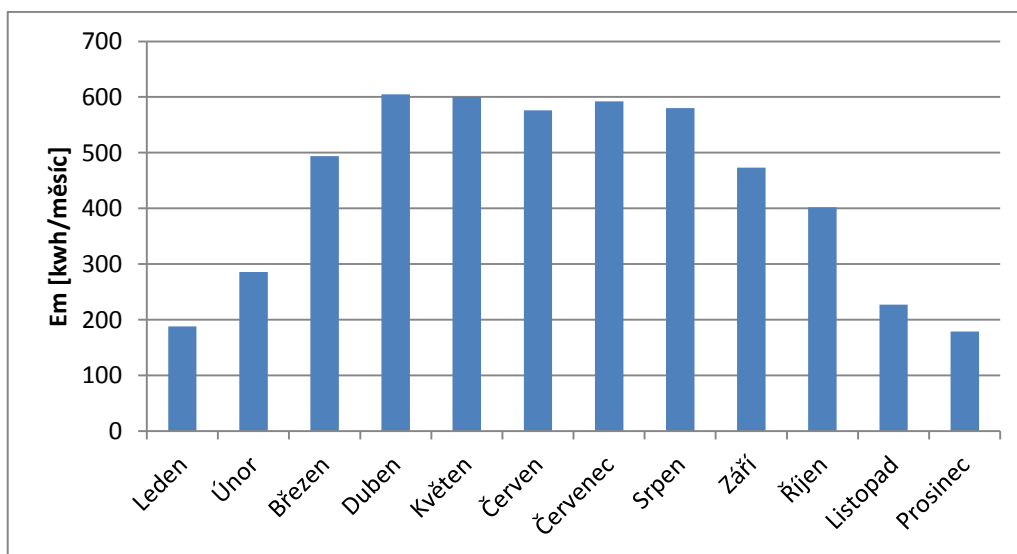
Popisky k tabulce:

Ed – Průměrná denní produkce elektrické energie [kWh]

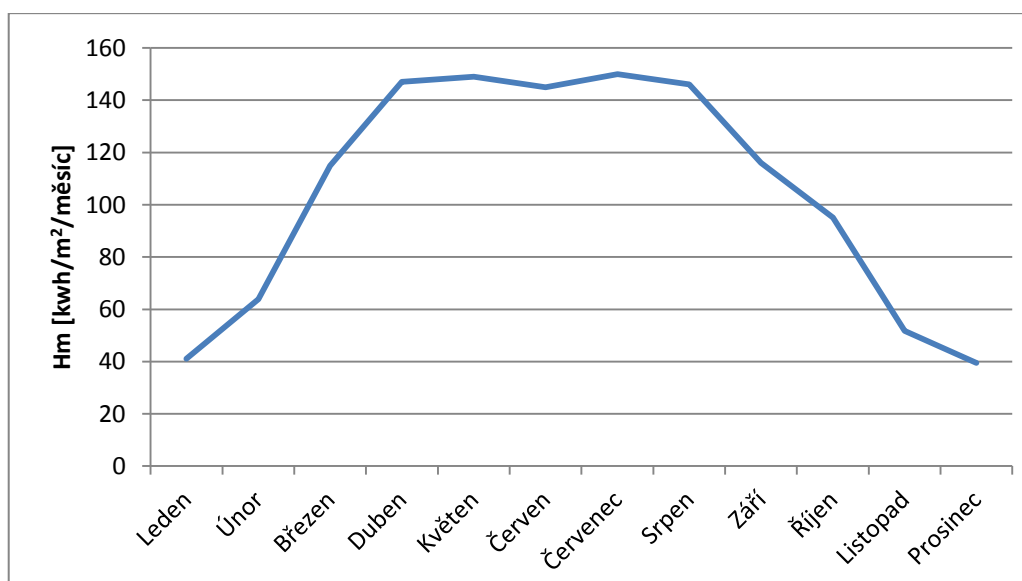
Hd – Průměrná denní intenzita slunečního záření [kWh/m²]

Em – Průměrná měsíční produkce elektrické energie [kWh]

Hm – Průměrná měsíční intenzita slunečního záření [kWh/m²]



Obr. 3.5 Grafické znázornění roční předpovědi produkce energie v obci Líčov



Obr. 3.6 Grafické znázornění globálního ozáření pro danou lokalitu

3.1.6 Komponenty FV systému

FV panely

FV panely jsou základním prvkem pro celý samostatný systém, pomocí FV jevu dostáváme na výstupních FV panelu stejnosměrnou elektrickou energii. Celkové množství vyrobené elektrické energie závisí na množství dopadající energie a také na maximálním výkonu a účinnosti FV článků. Na střechu bude navrženo 30 panelů, které budou mít plochu 41,52 m². Kvalitní výrobky v tomto segmentu nabízí německá firma Schueco. K návrhu byl zvolen její standardní typ panelu S 175-SP-4 s výkonem 175 W. Celkový maximální výkon FVE tedy bude 5,25 kWp.



Obr. 3.7 Solární panel Schueco S 175 – SP-4 [13]

Typ	Schueco S 175 – SP-4
Výkon	175 W
Výška	1658 mm
Šířka	834 mm
Plocha	1,384 m ²
Účinnost	12,70%
Teplotní koeficient	-0,365 %/°C
Ztráta vlivem teploty	3,29%
Ztráta reflexí	3%

Tabulka 3.4 Parametry modulu [13]

Ostrovní měnič napětí (střídač)

Měnič napětí je podstatným prvkem ostrovního systému. Jeho cílem je přeměnit stejnosměrné nízké napětí z akumulátorů na střídavé napětí o velikosti 230 V pro napájení běžných síťových spotřebičů. Měniče napětí se podle tvaru výstupního napětí rozdělují na měniče s modifikovanou sinusovkou (trapézové měniče) a sinusové měniče. Pro náš model je navržen ostrovní měnič Studer XTM 4000-48, který je vysoce kvalitní a spolehlivý.



Obr. 3.8 Ostrovní střídač Studer Innotec XTM 4000-48[14]

Solární regulátor

Solární regulátory MPPT (Maximum Power Point Tracking) zajišťují automatické a bezpečné nabíjení akumulátorů z fotovoltaických panelů. Náš objekt bude obsahovat solární regulátor typu OutBack FLEXmax FM60. Jeho hlavními vlastnostmi jsou nastavitelné nominální napětí baterií od 12 V do 60 V, zvyšuje výkon celého pole o 30 %, má aktivní chlazení a inteligentní řízení teploty chlazení, zpracuje okolní teploty dosahující až 40 % a v neposlední řadě má vestavěný, podsvícený 80-ti znakový displej. [15]



Obr. 3.9 Regulátor nabíjení – OutBack FLEXmax 60 – 150 V [15]

Solární akumulátory

Solární akumulátory jsou nezbytnou součástí každého ostrovního systému a také se používají ve fotovoltaických hybridních elektrárnách. Pro návrh je voleno 12 kusů solárních gelových akumulátorů SOL12-100DG. Akumulátor se vyznačuje dlouhou životností kolem deseti let, a vysokou odolností proti poškození při hlubokém vybíjení. Na rozdíl od jiných typů akumulátorů jako jsou například autobaterie nebo AGM akumulátory vyniká vysokým počtem cyklů a je to proto nejlepší a nejpoužívanější akumulátor pro solární fotovoltaické elektrárny, které vyžadují zcela bezúdržbový provoz. Velkou výhodou je také rozsah pracovních teplot, který je u těchto gelových akumulátorů v rozsahu od -20 stupňů celsia až do 50 stupňů celsia. [16]

Rozměry	328 x 172 x 222 mm
Hmotnost	30 kg
Maximální vybíjecí proud	1000 A (5 sekund)
Maximální nabíjecí proud	20 A
Nominální napětí	12 V

Tabulka 3.5 Parametry solárního akumulátoru SOL12-100DG [16]



Obr. 3.10 Solární gelový akumulátor SOL12-100DG [16]

Vodiče DC

Pro spojení jednotlivých FV panelů k měniči napětí je zapotřebí použít solární kabely, které mají výborné vlastnosti v nízkonapěťovém systému při práci s vysokými proudy. Mají nízké ztráty, dlouhou životnost a izolace kabelu je navržena pro dlouhodobé vystavení UV záření. V našem případě byl použit solární kabel od výrobce Sun Pi o průřezu 4 mm². Pro spojení všech panelů je potřeba 60 m solárního kabelu.

Jmenovité napětí	600/100V
Jmenovitý průřez	4 mm ²
Odpor	0,00485 Ω/m
Teplota	-40° C do + 90° C

Tabulka 3.6 Parametry solárního kabelu [17]



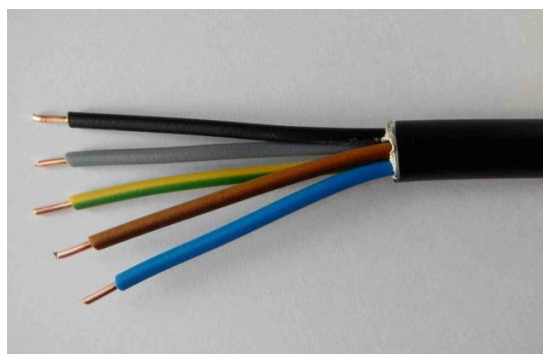
Obr. 3.11 Solární kabel [17]

Vodiče AC

Z napěťového měniče je veden elektrický proud třífázovou soustavou pomocí kabelu CYKY 5Cx4 (J). Tímto typem kabelu bude propojen měnič napětí, svodiče přepětí a elektroměr. Celková délka se odhaduje na 20 m.

Tloušťka izolace	9 mm
Jmenovité napětí	450 V / 750 V
Proudová zatížitelnost vzduch/země	30 A / 40 A
Odpor jádra	0,0047 Ω/m
Počet žil x jmenovitý průřez	5 x 4 mm ²

Tabulka 3.7 Parametry CYKY 5Cx4 (J) [18]



Obr. 3.12 CYKY 5Cx4 (J) [18]

Konektory

Pro kvalitní propojení panelů mezi sebou a panelů s měniči se používají také speciální konektory. Pro náš případ bude použito 66 konektorů typu Konektor Radox solar socket 4 mm² integrated locking.



Obr. 3.13 Konektory Radox [19]

Svodiče přepětí

Svodiče přepětí chrání FV systém před vzniklým přepětím, tím je myšleno napětí, které dosáhne minimálně dvojnásobné hodnoty jmenovitého napětí U_n . Svodič přepětí musí být zapojen na DC vedení mezi FV panely a měničem napětím, ale také za měničem napětí AC vedení.

ABB – OVR PV 40 1000 P	
Střídač U_{max}	1000 V
Ochranná úroveň U_p	3,8 kV
Svodová kapacita	40 kA

Tabulka 3.8 Parametry svodiče přepětí DC [20]



Obr. 3.14 Svodič přepětí DC [20]

Noark Ex9UE1+2 12,5kA 3P	
Max impulzní proud	12,5 kA
Počet pólů	3
Max pracovní napětí	275 V

Tabulka 3.9 Parametry svodiče AC [21]



Obr. 3.15 Svodič přepětí AC [21]

Konstrukce

FV panely musí být kvalitním způsobem přimontovány ke konstrukci, která je tvořena hliníkovými nosníky, přichycenými pomocí střešních háků k dřevěným trámům krovu. Nosníky jsou dodávány v délce 6 m, potřebné délky dosáhneme spojením s dalšími nosníky pomocí spojky profilu nosníku. Tyto hliníkové profily tvoří podklad jednotlivých FV panelů. Krajiní hrany panelů FV systému jsou přichyceny k nosníku pomocí krajové upínky, ostatní pomocí středové upínky. Na koncích nosníku je umístěna plastová koncovka.

Elektrocentrála

Elektrocentrála s elektronickým startem se někdy používá jako záložní zdroj elektrické energie u ostrovního solárního systému v zimním období. Na našem objektu bude v záloze elektrocentrála typu Honda EM 5500. Jedná se o jednofázový, ultralehký a odhlučněný generátor. Díky své elektronické regulaci je zvláště vhodná pro napájení jemné počítačové techniky.

Typ motoru	Benzín
Maximální / Provozní výkon	5,5 / 5,0 kVa
Výstupní napětí	230V
Startování	Ruční, elektrické
Garantovaná hlučnost	99 dB (A)
Suchá hmotnost	96 kg
Objem palivové nádrže	23,5 l

Tabulka 3.10 Parametry Honda EM 5500 [22]



Obr. 3.16 Honda EM 5500 [22]

3.1.7 Parametry navrženého FV systému

Typ modulu:	S175-SP-4	polykrystal
Výkon modulu	175	Wp
Výška modulu:	1,658	m
Šířka modulu:	0,834	m
Plocha modulu:	1,383	m ²
Počet modulů:	30	ks
Plocha modulů:	41,48	m ²
PV maximální výkon:	5,25	kWp
Účinnost modulu:	12,7	%
Teplotní koeficient:	-0,365	%/°C
Ztráta vlivem teploty	3,285	%
Ztráta reflexí	3,0	%
Ztráta vedením	2	%
Účinnost modulů	91,94	%
Účinnost měničů	97,7	%

Tabulka 3.11 Parametry fotovoltaického systému

3.1.8 Cenová kalkulace pro ostrovní režim

Položka	Kč/Wp	Cena celkem (Kč)
FV moduly	21,55	113 138
Baterie	15,07	79 118
Měniče (invertory)	12,96	68 040
Regulátor nabíjení	2,3	12 075
AL-konstrukce	7	36 750
AC/DC kabely a konektory	1	5 250
Drobný instalační materiál	2	10 500
Montáž FVE, zprovoznění, zkoušky	8,5	44 625
Celkem za instalaci bez DPH	70,38	369 495

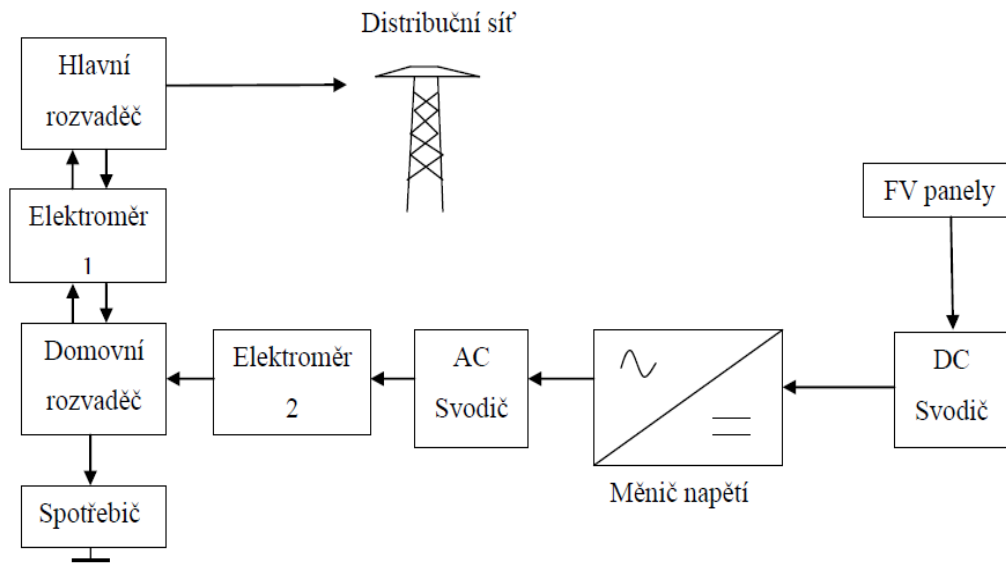
Tabulka 3.12 Cena instalace FVE pro ostrovní režim

3.2 Konfigurace pro připojení do distribuční sítě

Pro návrh bude použit stejný objekt se stejným typem a počtem FV panelů jako v předchozí konfiguraci. Zásadní rozdíl konfigurací ostrovní provoz a připojení do distribuční sítě jsou zvolené komponenty a samozřejmě u distribuční sítě musíme brát v úvahu kompatibilitu navrženého objektu s distribuční sítí. Výhodou tohoto provozu je, že zde není použita elektrocentrála, solární akumulátory a regulátory, jako tomu bylo v předchozím případě. Další podstatnou změnou bude změnit ostrovní střídač na střídač, který spolupracuje s distribuční sítí. Nevýhoda zapojení DS bude, že se musí provést více legislativních úkonů.

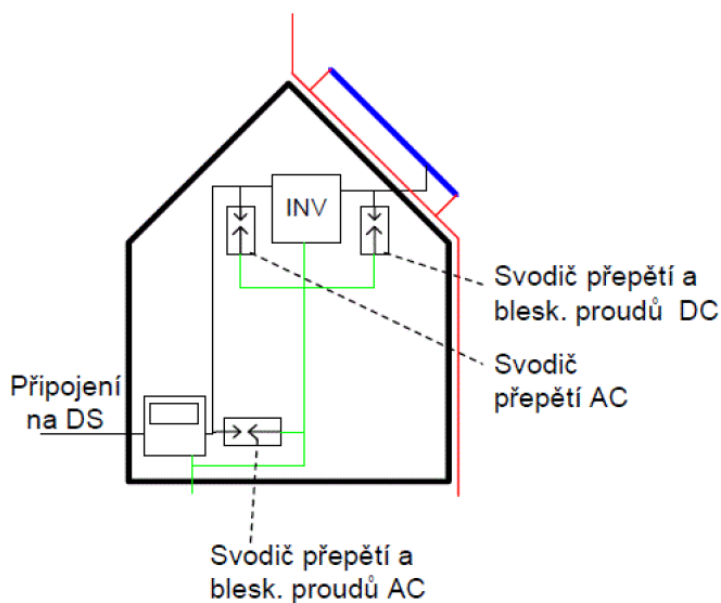
3.2.1 Čerpání zeleného bonusu

Pro náš rodinný dům budeme uvažovat formu výkupu vyrobené elektřiny zelený bonus. To znamená, že elektrickou energii vyrobenou pomocí vlastního FV systému spotřebováváme v domovní síti, v případě přebytku elektrickou energii prodáváme a v případě nedostatku ji dokupujeme. Při volbě metody čerpání zelených bonusů musíme brát v úvahu, že každou za kWh elektrické energie z FV systému dostaneme částku stanovenou Energetickým regulačním systémem. Tuto elektrickou energii využíváme pro pokrytí elektrické spotřeby rodinného domu, tímto zároveň ušetříme částku, kterou bychom za běžných provozních podmínek museli distributorovi zaplatit, tato částka je uvedena na faktuře, neustále se mění, ale pro výpočet budeme uvažovat částku 4,5 Kč za 1 kWh elektrické energie ve vysokém tarifu. Přebytky elektrické energie dodáváme do sítě. Při připojení FV systému k distribuční síti do konce roku 2013 činil zelený bonus částkou 1,88 Kč za 1 kWh elektrické energie, ale od 1.1. 2014 se podpora nevztahuje na zelený bonus.[23]



Obr. 3.17 Blokové schéma zapojení pro čerpání zelených bonusů

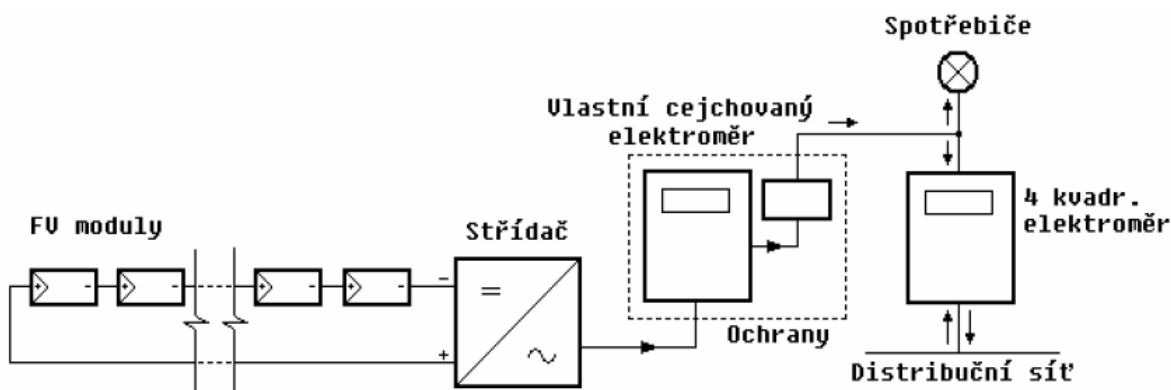
Měnič napětí bude umístěn co nejbliž k FV panelům, tedy v neobydlených podkrovních prostorách domu, kde bude zároveň umístěn DC a AC svodič přepětí, který je popsán v předchozí konfiguraci. Elektroměr 2 (PRO370D 3x65A) bude spolu se stávajícím elektroměrem umístěn v přízemí u domovního rozvaděče. Elektroměr 2 měří množství vyrobené elektrické energie a elektroměr 1 měří elektrickou energii dodávanou do domu z distribuční sítě ve chvíli, kdy výkon FV systému nestačí pro pokrytí elektrické spotřeby domu. Zemní svorky FV panelů budou spojeny s domovním hromosvodem.



Obr. 3.18 Zapojení svodičů přepětí a hromosvodu [23]

3.2.2 Schéma zapojení do distribuční sítě

Schéma (Obr. 3.7) je složeno z bloku sériově zapojených FV panelů připojených pomocí kabelů na střídač napětí. Z tohoto místa je střídavé napětí 230V/50Hz vedeno do vlastního elektroměru, který měří energii dodanou do objektu. Třicet sériově zapojených solárních panelů S-175-SP4, z nichž každý dle specifikací má jmenovité napětí 23,9 V, dokáže vyvinout napětí 717 V. Na základě výstupního stejnosměrného napětí vycházejícího ze sériového zapojení solárních panelů je třeba pečlivě zvolit vhodný střídač.



Obr. 3.19 Schéma zapojení FVE do distribuční sítě (on-grid)

3.2.3 Prvky FV systému pro provoz s DS

Střídač

Jako střídač se použije typ Sunny boy 5000TL – 21 s funkcí Reactive Power Control. Tento typ střídače je flexibilní, přináší vyšší energetické výnosy a manipulace s ním je pohodlná. Jedná se o střídač nové generace 21 s integrovaným funkcím řízení distribuční sítě, který přispívá rozhodujícím způsobem k podpoře a stabilitě rozvodné sítě. Pro náš objekt je požadovaný výkon 5200 W je schopen zpracovat, neboť jeho maximální vstupní výkon je 5250 W. Maximální DC vstupní napětí pro tento střídač činí 750 V, což znamená, že pro náš model zcela vyhovuje. Úkolem střídače je převádět stejnosměrný proud generovaný ve fotovoltaických panelech na střídavý tak, aby jeho parametry

nekolidovaly s parametry distribuční sítě. Zároveň chrání panely před poruchami a za tímto účelem kontroluje a reguluje napájení sítě. Pokud dojde k závažné chybě, panely jsou střídačem odpojeny. Zabudovaný display nám po celou dobu provozu umožňuje sledovat jednotlivé údaje jako je výkon, napětí, celkovou vyrobenou energii, poruchy a jejich příčiny atd. Jedná se tedy o výrobek s nadstandardním vybavením a má vysokou účinnost až 97 %. [24]



Obr. 3.20 Střídač Sunny Boy 5000TL-21[24]

Elektroměr

Pro provoz systému je nezbytné připojení dvou elektroměrů, jeden je určen pouze pro dodávku elektřiny do distribuční soustavy nn (čtyřkvadrantový) a druhý pouze pro odběr elektřiny ze sítě nn. Každý představuje z hlediska poskytovatele elektrické energie samostatnou přípojku. Pro měření množství vyrobené elektrické energie byl navržen třífázový elektroměr typu PRO370D 3x65A.

Přímé měření do 65 A
Třída přesnosti 1
Přizpůsoben pro připojení k FV elektrárnám
Třífázově připojené zdroje

Tabulka 3.13 Parametry elektroměru [24]



Obr. 3.21 Elektroměr PRO370D 3x65A [24]

3.2.4 Cenová kalkulace pro připojení do DS

Položka	Kč/Wp	Cena celkem (Kč)
FV moduly	21,55	113 138
Měniče (invertory)	8,00	42 000
AL-konstrukce	7,00	36 750
AC/DC kabely a konektory	1,00	5 250
Drobný instalační materiál	2,00	10 500
Montáž FVE, zprovoznění, zkoušky	5	26 250
Projednání připojení k distribuční síti, prováděcí projektová dokumentace, přípojka mezi střídačem a místem měření, revize	1,00	5 250
Celkem za instalaci bez DPH	45,55	239 138

Tabulka 3.14 Cena instalace FVE pro konfiguraci pro připojení do DS

4 Zhodnocení obou konfigurací

4.1 Ekonomické hledisko

4.1.1 Návratnost ostrovního režimu

Výpočet ročního energetického zisku:

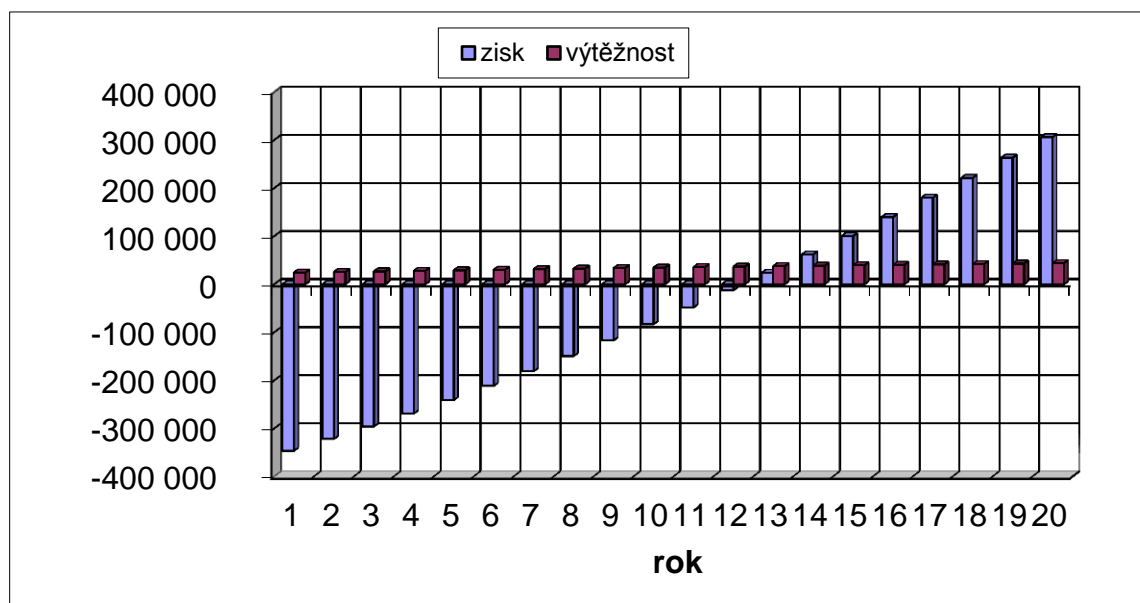
$\text{Plocha modulů} * \text{Globální záření} * (\text{účinnost sklonu}/100) * (\text{účinnost Modulu}/100) * (\text{účinnost měničů}/100) = 5200 \text{ kWh}$

Roční energetický zisk	5200	kWh	cena
Celkové náklady	369 495	Kč	
Provozní náklady	1 000	Kč	
Finanční výnos z OS	24 335	Kč	4,5 Kč/kWh

Tabulka 4.1 Ekonomická kalkulace pro OS

Valorizace ceny	3 %
Valorizace zelených bonusů	1 %
Zvýšení ceny nakupované elektřiny	6 %

Tabulka 4.2 Současné podmínky a jejich procentuální koeficient pro OS



Obr. 4.1 Grafické znázornění návratnosti pro ostrovní režim

rok (ode dne spuštění)	* výtěžnost	náklady	r. výsledek	zisk
1	24 335	-370 495	-346 160	-346 160
2	25 580	-1 000	24 580	-321 580
3	26 801	-1 000	25 801	-295 779
4	27 997	-1 000	26 997	-268 782
5	29 169	-1 000	28 169	-240 612
6	30 317	-1 000	29 317	-211 295
7	31 441	-1 000	30 441	-180 854
8	32 540	-1 000	31 540	-149 315
9	33 615	-1 000	32 615	-116 700
10	34 665	-1 000	33 665	-83 035
11	35 691	-1 000	34 691	-48 344
12	36 693	-1 000	35 693	-12 651
13	37 670	-1 000	36 670	24 020
14	38 624	-1 000	37 624	61 643
15	39 552	-1 000	38 552	100 196
16	40 457	-1 000	39 457	139 653
17	41 337	-1 000	40 337	179 990
18	42 193	-1 000	41 193	221 182
19	43 024	-1 000	42 024	263 207
20	43 831	-1 000	42 831	306 038

Tabulka 4.3 Přehled finančních toků pro ostrovní provoz v horizontu 20 let

V tabulce je započteno průměrné meziroční stárnutí článků (max. 1%) a průměrná valorizace zelených bonusů, dále také meziroční zvyšování ceny odebírané elektřiny. Z výpočtů a grafu je patrné, že návratnost ostrovního provozu nastane za 13 let, což je poměrně přijatelný výsledek.

4.1.2 Návratnost pro konfiguraci připojení do DS

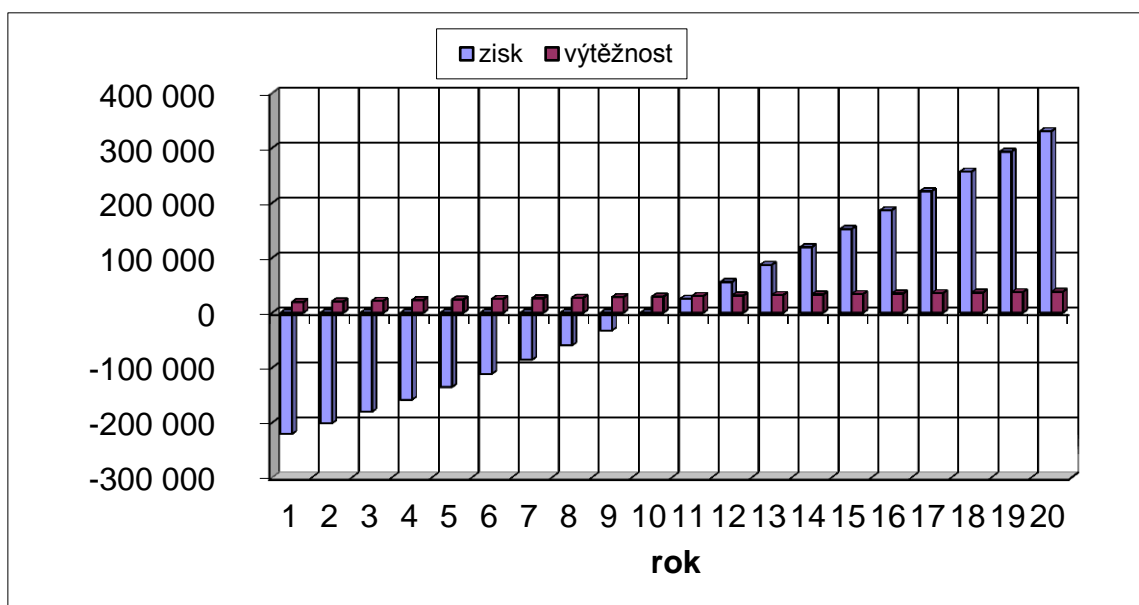
Jak již bylo zmíněno ve třetí kapitole, tato konfigurace bude využívat čerpání zeleného bonusu. Celkové náklady za instalaci FVE budou sníženy o komponenty, které se běžně používají v ostrovním provozu (akumulátory, regulátory nabíjení,...).

Roční energetický zisk	5200	kWh	cena
Celkové náklady	238 138	Kč	
Provozní náklady	1 000	Kč	
Finanční výnos ze ZB (samospotřeba 80%)	19 468	Kč	4,5 Kč/kWh

Tabulka 4.4 Ekonomická kalkulace pro DS

Valorizace ceny	3 %
Valorizace zelených bonusů	1 %
Zvýšení ceny nakupované elektřiny	7 %

Tabulka 4.5 Současné podmínky a jejich procentuální koeficient pro DS



Obr. 4.2 Grafické znázornění návratnosti zeleného bonusu se samospotřebou

rok (ode dne spuštění)	* výtěžnost	náklady	r. výsledek	zisk
1	19 468	-240 138	-220 670	-220 670
2	20 657	-1 000	19 657	-201 012
3	21 824	-1 000	20 824	-180 189
4	22 967	-1 000	21 967	-158 222
5	24 088	-1 000	23 088	-135 133
6	25 187	-1 000	24 187	-110 947
7	26 262	-1 000	25 262	-85 684
8	27 315	-1 000	26 315	-59 369
9	28 345	-1 000	27 345	-32 024
10	29 353	-1 000	28 353	-3 671
11	30 338	-1 000	29 338	25 666
12	31 300	-1 000	30 300	55 966
13	32 239	-1 000	31 239	87 205
14	33 156	-1 000	32 156	119 360
15	34 049	-1 000	33 049	152 410
16	34 921	-1 000	33 921	186 330
17	35 769	-1 000	34 769	221 100
18	36 595	-1 000	35 595	256 694
19	37 398	-1 000	36 398	293 092
20	38 178	-1 000	37 178	330 271

Tabulka 4.6 Přehled finančních toků v horizontu 20 let pro DS

Stejně jako v předchozí tabulce je v tomto případě také započteno průměrné meziroční stárnutí článků (max. 1%) a průměrná valorizace zelených bonusů, dále také meziroční zvyšování ceny odebírané elektřiny. Z grafického znázornění je patrné, že návratnost pro zelený bonus se samospotřebou je za 11 let, což ve srovnání s ostrovním systémem je o dva roky dříve. Dále můžeme předpokládat, že po 20 letech u tohoto typu konfigurace je zisk 330 271 Kč, což se pochopitelně dá považovat jako velmi pozitivní aspekt.

4.2 Environmentální hledisko

Obě dvě konfigurace jsou bezesporu při výrobě elektrické energie šetrné k životnímu prostředí. Neprodukují žádný toxický odpad, plyn, popílek a hluk. Nepatrnou výjimkou produkce zanedbatelných škodlivin může být ostrovní fotovoltaický systém z důvodu použití elektrocentrály a možnosti úniku kapaliny ze solárních akumulátorů. Nemůžeme zanedbat také fakt, že každý fotovoltaický systém obsahuje solární panely, které jsou poměrně energeticky náročné na výrobu a jejich následnou recyklaci. Tento životní cyklus fotovoltaického panelu může do jisté míry zatěžovat životní prostředí. Vzhledem k tomu, že umístění FV panelu v obou navržených provozech je na ploše střechy, jedná se o efektivní způsob využití vlastního potenciálu objektu, což je velmi pozitivní aspekt. Naproti tomu FV elektrárny umístěné na vykáčených plochách nebo na plochách, kde zabírají půdu k možnému vypěstování plodin, ovlivňují fungování ekosystému v daném místě. Když změním úhel pohledu na danou problematiku, můžeme také prohlásit, že dosažením 20% podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě energie by mohlo snížit dovoz fosilních paliv jako je ropa nebo plyn o 200 milionů tun ročně.

4.3 Technické hledisko

Výhody	Nevýhody
Energetická nezávislost	Větší pořizovací náklady
Minimální Administrativa	Občasná údržba a kontrola systému
Použití v místě bez DS	Omezená životnost baterií

Tabulka 4.7 Konfigurace pro ostrovní provoz

Výhody	Nevýhody
Nízké pořizovací náklady	Více legislativních úkonů
Minimální údržba systému	Při výpadku DS - přerušení výroby
Systém je velice jednoduchý	Narušení stability DS

Tabulka 4.8 Konfigurace pro připojení do distribuční sítě

Závěr

V úvodu této diplomové práce jsem se zaměřil na současnou legislativu pro výrobu ve fotovoltaických systémech. Dále jsem popsal a vysvětlil typy fotovoltaických systémů a také komponenty, které tyto systémy obsahují. Primárním bodem této práce byl vlastní návrh fotovoltaického systému pro rodinný dům v konfiguraci pro ostrovní provoz a v konfiguraci pro připojení do distribuční sítě. Fotovoltaický systém navržený jednotlivě pro obě varianty provozu na rodinný dům by měl být po teoretické stránce schopen provozu a jistě by byl funkční i ve skutečnosti, na základě množství již realizovaných projektů. Na základě výpočtů a grafického znázornění, které jsem zpracoval, jsem dospěl k výstupním klíčovým hodnotám, které činily, že návratnost u ostrovního systému je 13 let, což je pouze o 2 roky více než u připojení do distribuční sítě. Nižší částka u celkové ekonomické kalkulace byla pochopitelně pro připojení do distribuční sítě, protože pořizovací náklady byly sniženy o komponenty, které se běžně využívají v ostrovních provozech. V závěru diplomové práce jsem se věnoval zhodnocení obou konfigurací, a to z pohledu environmentálního, ekonomického a technického.

Vzhledem k rychlému vývoji nových technologií a masivní výrobě fotovoltaiky se jistě budou aplikace do komerčního prostředí v tomto oboru zlevňovat a dostávat více do povědomí širšího obyvatelstva. Naproti tomu se vývoj legislativních podmínek pro provozování fotovoltaických systémů ve srovnání s předchozími roky zhoršuje.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] *Energetický regulační úřad* [online]. 2014 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: www.eru.cz
- [2] *Solární elektrárna pro každého* [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: www.solarnivyroba.cz/formy-vykupu-vyrobene-elektriny
- [3] *Elektřina ze Slunce - to je fotovoltaika* [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: www.eurosystems.cz/fotovoltaika
- [4] *Obnovitelné energie* [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.obnovitelne-energie.cz/fotovoltaicka-elektrarna.php>
- [5] HENZE, Andreas a Werner HILLEBRAND. *Elektrický proud ze slunce: fotovoltaika v praxi: technika, přehled trhu, návody ke stavbě*. 1. české vyd. Překlad Václav Losík. Ostrava: HEL, 2000, 136 s. ISBN 80-861-6712-7
- [6] *Solar Solution* [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://solar-solution.cz/fotovoltaika-hybridni-fv-systemy>
- [7] *Solarenci* [online]. 2014 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.solarenci.cz/a-7-hybridni-fotovoltaicky-system.html>
- [8] MURTINGER, Karel, Jiří BERANOVSKÝ a Milan TOMEŠ. *Fotovoltaika*. Brno: ERA, 2007. ISBN 978-80-7366-100-7
- [9] *Fotovoltaika* [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://amsself.sweb.cz/fotovoltaika.htm>
- [10] *ELG-ELETRIC* [online]. 2012 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.elgelectric.com/oblast-cinnosti/slaboproude-technologie/fotovoltaicke-elektrarny-a-ostrovni-systemy>
- [11] *Isofenenergy* [online]. 2009 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>

- [12] Solární moduly [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.solarnimoduly.cz/jake-spotrebice.html>
- [13] Schüco photovoltaic modules [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: http://www.revolutionpower.co.uk/Case_Studies/Solar%20Thermal/Schuco_Solar_Photovoltaic_Energy.pdf
- [14] Ostrovní měnič [online]. 2015 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://solarni-panely.cz/e-shop/ostrovni-systemy/ostrovni-menice/ostrovni-menic-studer-xtm-4000-48>
- [15] Solární regulátor [online]. 2015 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://shop.solarpartner.cz/regulator-nabijeni-outback-flexmax-60-150v>
- [16] Solární akumulátor [online]. 2015 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://solarni-panely.cz/e-shop/solarni-akumulatory/solarni-gelovy-akumulator-100ah>
- [17] Solární kabel [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.obchodsolar.cz/solarni-kabel-4mm?tab=download#anch1>
- [18] Elektromateriál [online]. 2007 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.elektromaterialy.cz/?p=productsMore&iProduc%20t=343&sName=%20Kabel-CYKY-5C-x-4-%28J%29->
- [19] PZK International Cooperations [online]. 2007 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.pzk.cz/cz/kabely-huber-suhner-RADOX>
- [20] Elektro Odbyt [online]. 2011 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.elektroodbyt.cz/homepage-detail-produktu?id=46242>
- [21] Elektroinstalační materiál [online]. 2014 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.emat.cz/modulove-pristroje/svodice-prepeti/noark-ex9ue12-12-5ka-3p-svodice-prepeti>

- [22] Elektrocentrála [online]. 2011 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://solarni-panely.cz/e-shop/elektrocentraly>
- [23] Komponenty a funkce FV systémů [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: http://www.crr.vutbr.cz/system/files/prezentace_04_1104_3.pdf
- [24] Střídač [online]. 2015 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://shop.solarpartner.cz/stridac-menic-sunny-boy-5000tl-21-s-funkci-reactive-power-control>
- [25] Elektroměr [online]. 2008 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.elektromery.com/index.php?action=tovar&id=254>