

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY

A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A
ELEKTRONIKY**

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

**POSOUZENÍ NÁVRHU MALÉ FOTOVOLTAICKÉ
ELEKTRÁRNY PRO RODINNÝ DŮM A ZPRACOVÁNÍ
POSTUPU JEJÍ REVIZE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Nikodém Koval'

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. František Veselka, CSc.

BRNO 2020

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Student: Nikodém Kovař

ID: 203264

Ročník: 3

Akademický rok: 2019/20

NÁZEV TÉMATU:

Posouzení návrhu malé fotovoltaické elektrárny pro rodinný dům a zpracování postupu její revize

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s problematikou fotovoltaické výroby elektrické energie.
2. Zpracujte literární průzkum k této problematice podle zadání.
3. Zpracujte posouzení návrhu FVE podle zadání.
4. Zpracujte revizi dané FVE pro rodinný dům a vyhodnoťte získané výsledky.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] ČSN 33 1500, Elektrotechnické předpisy – Revize elektrických zařízení
- [2] Veselka, F., Huzlík, R.: Inspekční a revizní činnost, přednášky, cvičení.
- [3] Honys, V.: Bezpečná Elektrotechnika. IN – EL Praha, 1998

Termín zadání: 3.2.2020

Termín odevzdání: 29.5.2020

Vedoucí práce: doc. Ing. František Veselka, CSc.

Konzultant:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Táto bakalárska práca sa zaoberá posúdením domácej fotovoltickej elektrárne pre rodinný dom a spracovaním jej revízie. Na začiatok je vysvetlený princíp premeny slnečnej energie na elektrickú energiu, druhy jednotlivých fotovoltických článkov používaných v praxi, spôsoby zvyšovania účinnosti fotovoltických modulov, najčastejšie poruchy FV modulov a spôsoby ich detekcie. Ďalej je predstavená posudzovaná fotovoltická elektráreň, teoreticky popísané jej komponenty, grafické závislosti ukazujúce jej produkciu a možnosti zvýšenia jej produkcie. Praktická časť práce sa zaoberá revíziou posudzovanej FVE a jej dokumentáciou.

Kľúčové slová:

fotovoltická elektráreň; slnečná energia; fotovoltický panel; sieťová fotovoltická elektráreň; revízia FVE

Abstract

The bachelor's thesis deals with the assessment of a domestic photovoltaic power plant for a family house and the processing of its revision. At the beginning are explained the principle of conversion of solar energy into electrical energy, types of individual photovoltaic cells used in practice, methods of increasing the efficiency of photovoltaic modules, the most common failures of PV modules and methods of their detection. Furthermore, the assessed photovoltaic power plant is presented, its theoretically described components, graphical dependencies showing its production and the possibilities of increasing its production. The practical part of the work deals with the revision of the assessed PV plant and its documentation.

Key words:

photovoltaic power plant; sun energy; photovoltaic panel; on-grid photovoltaic system; revision of PVS

Bibliografická citácia práce:

KOVAL, N. Posouzení návrhu malé fotovoltické elektrárny pro rodinný dům a zpracování postupu její revize. Bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky. 68 strán. Vedoucí práce doc. Ing. František Veselka, CSc..

Prehásenie:

„Prehlasujem, že svoju bakalársku prácu na tému „Posouzení návrhu malé fotovoltaické elektrárny pro rodinný dům a zpracování postupu její revize“ som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto bakalárskej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, zejména som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovenia § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia časti druhej, hlavy VI. diel 4 Trestného zákoníku č. 40/2009 Sb.“

V Teriakovciach dňa: 5.6.2020

Podpis autora:

POĎAKOVANIE

Rád by som poďakoval vedúcemu tejto práce doc. Ing. František Veselka, CSc., za jeho čas, odborné rady, konzultácie a pripomienky, ktoré prispeli k vypracovaniu tejto bakalárskej práce.

OBSAH

ZOZNAM OBRÁZKOV	13
ZOZNAM TABULIEK A GRAFOV.....	15
ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK.....	17
1 ÚVOD	19
2 SOLÁRNA ENERGIA.....	21
2.1 DOSTUPNOSŤ SOLÁRNEJ ENERGIE	21
2.2 VYUŽITIE SOLÁRNEJ ENERGIE	21
3 FOTOVOLTAICKÁ VÝROBA ELEKTRICKEJ ENERGIE	23
3.1 DRUHY FOTOVOLTAICKÝCH ČLÁNKOV	23
3.2 PRINCÍP ČINNOSTI FOTOVOLTAICKÝCH ČLÁNKOV	24
3.3 FOTOVOLTAICKÉ ČLÁNKY V PRAXI.....	25
3.4 VLASTNOSTI FOTOVOLTAICKÝCH ČLÁNKOV A PANELOV	25
3.5 ZVYŠOVANIE ÚČINNOSTI FV PANELOV	26
3.5.1 ANTIREFLEXNÉ VRSTVY A TEXTÚRA POVRCHU FV PANELU	26
3.5.2 PRIEHLADNÉ KONTAKTY	26
3.5.3 OBOJSTRANNÉ PANELY	26
3.5.4 NATÁČANIE FV PANELOV ZA SLNKOM	27
3.5.5 KONCENTRÁTORY.....	27
4 VPLYV FV ELEKTRÁRNÍ NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE	29
4.1 POZITÍVNE FAKTORY	29
4.2 NEGATÍVNE FAKTORY	29
4.3 NAJČASTEJŠIE PROBLÉMY NA FVE A FV PANELOCH.....	30
4.3.1 HORÚCE MIESTA (HOTSPOTY).....	30
4.3.2 VYPÁLENÝ ČLÁNOK.....	30
4.3.3 SLIMAČIE CESTIČKY / SNAIL TRAILS.....	31
4.3.4 PRERAZENIE BY-PASS DIODY	32
4.3.5 TRETINOVÉ VADY	32
4.4 SPÔSOBY DETEKcie VÁD FV PANELOV	33
5 APLIKÁCIA FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMOV	37
5.1 OSTROVNÉ FV SYSTÉMY	37
5.2 SIEŤOVÉ FV SYSTÉMY	40
6 POSÚDENIE NÁVRHU DOMÁCEJ FVE.....	43
6.1 VYHOTOVENIE POSUDZOVANEJ FVE	43
6.1.1 FV PANELY	43
6.1.2 STRIEDAČ	44
6.1.3 KOMUNIKÁCIA	45
6.2 ÚDAJE Z PORTÁLU SUNNYPORTAL	48
6.3 POSÚDENIE	49
6.4 ROZHOVOR S MAJITEĽOM POSUDZOVANEJ FVE.....	50

6.5 ZVÝŠENIE ÚČINNOSTI POSUDZOVANEJ FVE	51
7 REVÍZIA POSUDZOVANEJ FVE	55
7.1 MERACIE POSTUPY VYUŽITÉ PRI REVÍZII.....	55
7.1.1 KONTROLA DOKLADOV A VIZUÁLNA PREHLIADKA	55
7.1.2 MERANIE IZOLAČNÉHO ODPORU.....	55
7.1.3 MERANIE IMPEDANCIE VYPÍNACÍCH SLUČIEK	56
7.1.4 MERANIE PRECHODOVÉHO ODPORU	57
7.1.5 MERANIE ZEMNÉHO ODPORU UZEMŇOVAČA.....	57
7.2 REVÍZNA SPRÁVA	58
8 ZÁVER.....	63
POUŽITÁ LITERATÚRA	64
PRÍLOHY	67

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok č. 1 - Fotovoltaická elektrárňa s výkonom 5MW [28]	23
Obrázok č. 2 - Článok z monokryštalického, polykryštalického a amorfného kremíku [29]	24
Obrázok č. 3 - Princíp činnosti fotovoltaického článku [5]	24
Obrázok č. 4 - Vplyv orientácie a sklonu FV panelov na výkon [30]	26
Obrázok č. 5 - FV panel so zrkadlovými koncentrátormi umiestnený na konštrukcii s natáčaním za slnkom [31].....	27
Obrázok č. 6 - Horúce miesto tzv. hotspot a prepálenie FV panelu [16]	30
Obrázok č. 7 - Vypálený článok FV panelu [19]	31
Obrázok č. 8 - Slimácke cestičky / Snail trails [19]	32
Obrázok č. 9 - Tretinová vada FV panelu [16]	33
Obrázok č. 10 - Termosnímk z dronu [19]	34
Obrázok č. 11 - Elektroluminescenčný snímok a jeho zhotovenie [19]	34
Obrázok č. 12 - VA-charakteristika FV panelu a analyzátor na jej zhotovenie [19].....	35
Obrázok č. 13 - Názorné zapojenie ostrovného FV systému [32]	37
Obrázok č. 14 - Veterná turbína hybridného FV systému [20]	38
Obrázok č. 15 - Regulátor dobijania [20]	38
Obrázok č. 16 - Solárne batérie 12 V / 200 Ah [20]	39
Obrázok č. 17 - Sínusový menič napätia 48 V / 6 kW [20]	39
Obrázok č. 18 - Schema zapojenia ostrovného (hybridného) systému doplneného o záložný generátor [33]	40
Obrázok č. 19 - Názorné zapojenie sieťového FV systému [34]	40
Obrázok č. 20 - Schema zapojenia sieťového systému [33]	41
Obrázok č. 21 - Rozloženie FV panelov na streche domu a terasy (zdroj: projektová dokumentácia)	43
Obrázok č. 22 - Bloková schéma zapojenia posudzovanej FVE (zdroj: projektová dokumentácia)	47
Obrázok č. 23 - Solárny menič SMA Sunny Island 6.0H [27].....	52
Obrázok č. 24 - Akumulátor BMZ Li-Ion 48 V, 6,8kWh ESS 7.0 [26]	52
Obrázok č. 25 - Znázornenie preloženia 12 ks panelov	53
Obrázok č. 26 - Rozvodná skriňa RFVZ a RS - kontrola značenia a dimenzovania	55
Obrázok č. 27 - Merací prístroj UNIMER 09 použitý pri revízii [35]	56
Obrázok č. 28 - Meranie impedancie vypínacej slučky s ističom QF5	56
Obrázok č. 29 - Meranie odporu zemníča 4-vodičovou metódou	57

ZOZNAM TABULIEK A GRAFOV

<i>Tabuľka 1 - Účinnosť jednotlivých článkov podľa spôsobu ich prevedenia [8]</i>	<i>25</i>
<i>Tabuľka 2 - Elektrické vlastnosti FV panelov Aleo S18/250 [23].....</i>	<i>44</i>
<i>Tabuľka 3 - Technické parametre striedača Sunny Tripower 8000TL-20 [24]</i>	<i>44</i>
<i>Tabuľka 4 - Technické údaje zariadenia Sunny Home Manager [25]</i>	<i>45</i>
<i>Tabuľka 5 - Prehliadka zariadenia podľa STN 332000-6 čl. 61.2.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabuľka 6 - Merací protokol</i>	<i>60</i>
<i>Graf 1 - Ročné porovnanie výroby posudzovanej FVE</i>	<i>48</i>
<i>Graf 2 - Produkcia posudzovanej FVE v jednotlivých dňoch v mesiaci jún 2019</i>	<i>48</i>
<i>Graf 3 - Produkcia posudzovanej FVE v jednotlivých dňoch v mesiaci november 2019</i>	<i>49</i>
<i>Graf 4 - Bilancia celkového výnosu za roky 2016 až 2019</i>	<i>49</i>

ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

FV	Fotovoltaický/á
FVE	Fotovoltaická elektrárň
PN	Polovodič typu P a N
EVA	Etylen-vynil acetátového kopolymoru
UV	Ultrafialové žiarenie
STC	Štandardné podmienky
AC	Striedavý prúd/napätie
DC	Jednosmerný prúd/napätie
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
ČSN	Česká technická norma
STN	Slovenská technická norma
DIN	Nosná lišta
RJ45	Dátová zásuvka
IPXX	Stupeň krytia XX
PE	Ochranný vodič
L	Pracovný vodič
N	Nulový vodič
LED	Elektroluminiscenčná dioda
URSO	Úrad pre reguláciu sieťových odvetví
OKTE	Obchodník krátkodobého trhu s elektrinou
SAPI	Slovenská asociácia fotovoltického priemyslu
VSD	Východoslovenská distribučná
OZE	Obnoviteľné zdroje energie

Značka	Veličina	Značka jednotky
P	Činný výkon	W
S	Združený výkon	VA
l	Dĺžka	m
U	Napätie	V
I	Prúd	A
R	Odpor	Ω
f	Frekvencia	Hz
S	Plocha	m ²
m	Hmotnosť	kg
t	Teplota	°C
η	Účinnosť	%

1 ÚVOD

Technologický vývoj za posledné desaťročia, postupné zvyšovanie životnej úrovne a neustály rast svetovej populácie sa postarali o nezadržateľný nárast spotreby elektrickej energie. Väčšinu elektrickej energie vyrábame z neobnoviteľných zdrojov, ktorých zásoby sa každým rokom zmenšujú. Zásoby neobnoviteľných zdrojov ako napríklad uránu, uhlia a iných surovín ťažených na Zemi nie sú neobmedzené a ich premenou na elektrickú energiu vznikajú látky, ktoré spôsobujú trvalé poškodenie klimatu. To núti odborníkov hľadať alternatívne zdroje na výrobu elektrickej energie, ktoré sú obnoviteľné. Veľkou výhodou obnoviteľných zdrojov je ich omnoho menší dopad na životné prostredie. Medzi takéto zdroje patrí napríklad aj slnečná energia. Táto energia je s určitou účinnosťou dostupná takmer všade. Na jej premenu sa zhotovujú fotovoltaičné elektrárne, ktorých prevádzka je nenáročná a tichá. Výrobcovia fotovoltaičných panelov sa neustále snažia o zvyšovanie ich účinnosti. [1]

2 SOLÁRNA ENERGIA

Zdrojom solárnej energie je Slnko, ktoré je vzdialené od Zeme v priemere $1,5 \cdot 10^8$ km. Slnčné žiarenie prekoná túto vzdialenosť bez akýchkoľvek pohltení a dostáva sa na hranicu našej atmosféry s nižšou intenzitou. Pokles intenzity je spôsobený rozptylom výkonu na veľkú plochu vplyvom veľkej vzdialenosti. V atmosfére, ktorá sa skladá prevažne z kyslíku a dusíku, sa pohltí ultrafialové a rentgenové žiarenie. Zvyšná časť ultrafialového žiarenia, ktoré je životnebezpečné, sa pohltí v ozónovej vrstve. V troposfére dochádza k pohlcovaniu slnečného žiarenia napríklad vodnou parou, kvapkami vody v mrakoch, prachom a podobne. [5]

2.1 Dostupnosť solárnej energie

Solárna energia je dostupná takmer všade. Koľko energie sa dá z nej získať je ale ovplyvnené nasledujúcimi faktormi [3]:

- **lokácia / zemepisná šírka:** Najmenšie množstvo slnečnej energie dopadá na pólach a najväčšie na rovníku.
- **oblačnosť / znečistenie:** Mraky, znečistenie atmosféry poprípade prízemná hmla spôsobujú odrážanie veľkej časti slnečného žiarenia a rozptyl dopadajúceho žiarenia, čo znižuje efektivitu jeho ďalšieho využitia.
- **ročné obdobie:** V priebehu roku sa množstvo dopadajúceho slnečného žiarenia mení. V zime sú dni kratšie, slnko sa nachádza nižšie a pravdepodobnosť oblačnosti je zvýšená. Tieto vplyvy výrazne obmedzujú produkciu elektrickej energie solárnymi zariadeniami.
- **poloha FV panelov:** Maximálny výkon zo slnečného žiarenia dosahujeme vtedy, ak je ožarovaná plocha kolmá na dopadajúce slnečné žiarenie. Ideálnym spôsobom je neustále natáčanie FV panelov, aby dopadajúce lúče boli stále kolmé. Takéto systémové riešenie je zriedkavé pre náročnosť prevádzky a ekonomickosť. Fotovoltaické panely sa preto v praxi v našej zemepisnej šírke osadzujú pod uhlom približne 35° k juhu, čo zaručuje dobrý celoročný zisk. Orientácia na juhovýchod alebo juhozápad predstavuje stratu približne 5%. Pre zvýšenie efektivity v zime sa ich uhol môže zmeniť až na 60° a naopak v lete na 30° .

2.2 Využitie solárnej energie

Solárna energia našla v posledných rokoch mnoho možností jej využitia a premeny. Medzi najrozšírenejšie patrí [3]:

- premena na elektrickú energiu - fotovoltaické systémy
- premena na tepelnú energiu - solárne systémy
- premena na mechanickú a chemickú energiu
- využitie fotochemických účinkov slnečného žiarenia

3 FOTOVOLTAICKÁ VÝROBA ELEKTRICKEJ ENERGIE

Elektrická energia sa zo slnka dá získavať priamo pomocou polovodičového prvku, ktorý nazývame fotovoltaický alebo solárny článok. [4] Týmto spôsobom sa dajú realizovať systémy s výkonom od jednotiek mW do desiatok MW. [3]



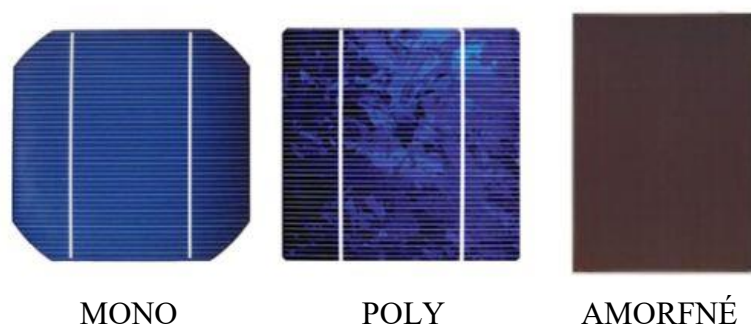
Obrázok č. 1 - Fotovoltaická elektrárňa s výkonom 5MW [28]

3.1 Druhy fotovoltaických článkov

Články z monokryštalického kremíku: Kryštály sú väčšie ako 10 cm. Vyrábajú sa priamo vo forme tenkých pásikov (gibbon growth) alebo nepriamo natáhovaním roztaveného kremíku do tvaru tyčí s priemerom do 300 mm a následným rezaním na plátky (wafers). Ich účinnosť sa pohybuje v rozmedzí 14-18 %.

Články z polykryštalického kremíku: Kryštály majú veľkosť od 1 mm do 100 mm. Obsahujú väčšie množstvo menších kryštálov, čo vedie k nižšej účinnosti, no čas potrebný na ich výrobu a výrobné náklady sú omnoho menšie. Ich účinnosť sa pohybuje v rozmedzí 12-17 %.

Tenkovrstvé (amorfné) články: Vyrábajú sa nanášaním slabej vrstvy amorfného kremíku na podklad zo skla alebo fólie. Ich nevýhodou je nízka účinnosť, ktorá je približne 7-9 % a potreba dvojnásobnej plochy oproti mono alebo polykryštalickému panelu. Tieto tri druhy sú znázornené na obrázku č.2 [3]



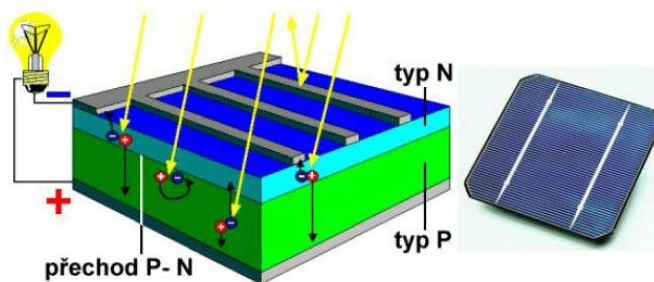
Obrázok č. 2 - Článok z monokryštalického, polykryštalického a amorfneho kremíku [29]

Ďalšie typy článkov (bežne nepoužívané) [3]:

- článok CIS (CuInSe_2)
- články z teluridu kadmenného (CdTe)
- články z galiumarzenitu (GaAs)
- viacprechodové štruktúry
- organické fotovoltaické články

3.2 Princíp činnosti fotovoltaických článkov

Fotovoltaický článok je zariadenie, ktoré premieňa dopadajúce žiarenie na elektrickú energiu. Fotovoltaický článok je v podstate polovodičová dioda. Základom FV článku je tenká kremíková dosťička typu P, na ktorú sa pri výrobe naniesie tenká vrstva polovodiču typu N. Tieto vrstvy sú oddelené prechodom PN. Osvetlením FV článku vznikne v polovodiči vnútorný fotoelektrický jav a začnú sa v ňom uvoľňovať záporné elektróny z kryštálovej mriežky. Na PN prechode vznikne elektrické napätie približne 0,5 V (kremíkové články). Pripojením spotrebiča sa začnú kladné a záporné náboje vyrovnávať a obvodom začne prechádzať elektrický prúd. [5]



Obrázok č. 3 - Princíp činnosti fotovoltaického článku [5]

3.3 Fotovoltaické články v praxi

Samostatný FV článok má veľmi malé využitie. Výstupný výkon je pre väčšinu zariadení príliš malý. Ak je napätie alebo prúd nedostačujúci, zapoja sa jednotlivé články do série alebo paralelne, čím vzniká FV panel. Spojením viacerých fotovoltaických panelov vzniká fotovoltaické pole. Pre zvýšenie odolnosti, takže aj životnosti FV panelov, sa panely umiestňujú do hermeticky uzavretých obalov. [6]

Na vrchnú časť modulu sa umiestňuje kalené sklo a panel je umiestnený do hliníkového rámu. Tieto opatrenia zaručia dostatočnú mechanickú pevnosť a odolnosť. Sklo na povrchu má znížený obsah železa pre lepšiu priepustnosť červeného a infračerveného spektra. Na povrchu moderných panelov môže byť nanosená aj antireflexná vrstva, ktorá pomáha pohltiť viac svetla a znížiť straty spôsobené odrazom. Pri monokryštalických paneloch tvorí často antireflexnú vrstvu nitrid kremíku nanášaný vákuovým naparovaním. Zníženie reflexie môžeme dosiahnuť aj vytvorením gradientu indexu lomu alebo vytvorením textúry na povrchu. [7]

Tesnosť modulu sa zaisťuje vákuovou lamináciou s použitím fólií EVA (etylen-vynil acetátového kopolyméru). Na zadnú stranu sa môže umiestniť sklo alebo častejšie používanou varioantou je fólia Tedlaru (fluoropolymer, ktorý neprepúšťa vodnú paru a je veľmi odolný voči UV žiareniu). Následne sa panel umiestni do hliníkového rámu, aby nedošlo k deformácii alebo zničeniu panela vplyvom vetra alebo prídavnej záťaže napríklad snehu. [7]

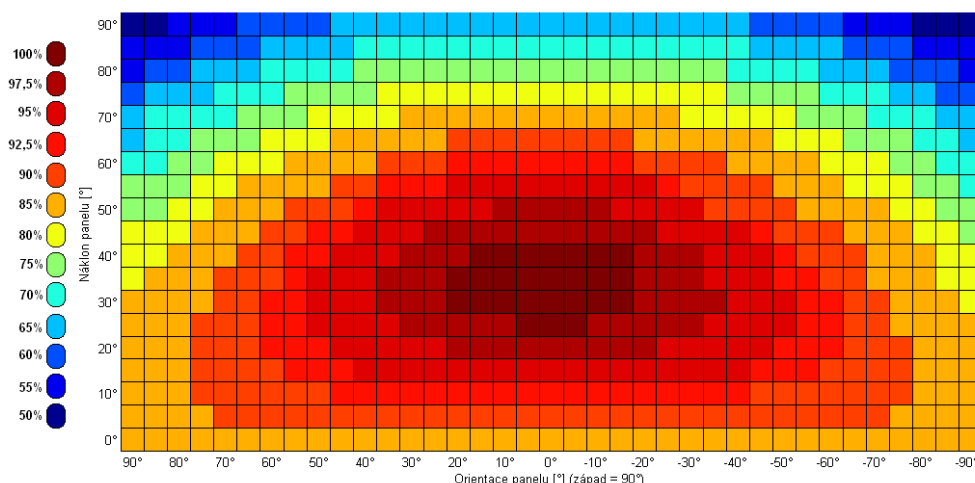
3.4 Vlastnosti fotovoltaických článkov a panelov

Fotovoltaický článok sa chová približne ako zdroj konštantného prúdu. Veľkosť prúdu ovplyvňuje veľkosť plochy článku a intenzita slnečného žiarenia, ktorá na neho dopadá. Účinnosť jednotlivých článkov závisí na spôsobe ich prevedenia. Hodnoty účinností v praxi sú nižšie ako hodnoty namerané v laboratóriu. [3]

Tabuľka 1 - Účinnosť jednotlivých článkov podľa spôsobu ich prevedenia [8]

	Bežná účinnosť
Monokryštalický kremík	14-18%
Polykryštalický kremík	12-17%
Amorfný kremík	7-9%

Ďalším z faktorov ovplyvňujúcim výnosnosť FVE je sklon a orientácia FV panelov. V našich zemepisných šírkach je optimálny sklon panelov 30° až 35° orientovaných čo najpresnejšie na juh. Obrázok č.4 zobrazuje, ako sa zmení výnosnosť, ak sú panely inštalované v inom sklone alebo orientácii oproti optimálnemu stavu, kvôli konštrukcii strechy a podobne. [9]



Obrázok č. 4 - Vplyv orientácie a sklonu FV panelov na výkon [30]

3.5 Zvyšovanie účinnosti FV panelov

Zvýšenie účinnosti FV panelov môžeme dosiahnuť nasledujúcimi spôsobmi:

3.5.1 Antireflexné vrstvy a textúra povrchu FV panelu

Jednou z možností zvýšenia účinnosti FV panelov je použiť antireflexné vrstvy, ktoré znižujú odrazivosť a zvyšujú pohltivosť dopadajúceho slnečného žiarenia. Ďalšou z možností je uľahčiť vstup fotónov do článku, čo dosiahneme vytvorením ihlanovej štruktúry povrchu FV panelu. [10]

3.5.2 Priehľadné kontakty

Zberné kontakty na vrchnej strane zatieňujú istú časť dopadajúceho žiarenia a tým znižujú jeho účinnosť. Jednou z možností je použitie priehľadných elektricky vodivých vrstiev oxidu cínu. [10]

3.5.3 Obojstranné panely

Ďalšou možnosťou zvýšenia účinnosti je použitie obojstranných FV panelov a nechať žiarenie dopadať z oboch strán. Spolu so zrkadlovými koncentrátormi a konštrukciou umožňujúcou natáčanie FV panelov za slnkom tvoria skvelú kombináciu. [10]

3.5.4 Natáčanie FV panelov za slnkom

Veľmi efektívnou možnosťou, ako zvýšiť účinnosť FV panelov, je ich umiestnenie na pohyblivú konštrukciu, ktorá svojím pohybom a teda natáčaním FV panelov sleduje slnko a tým zaručuje kolmý dopad lúčov. Takéto systémy môžu byť realizované natáčaním v jednej alebo v dvoch osiach. Pri natáčaní v dvoch osiach je nutne použiť riadiaci počítač, kým pri jednoosovom natáčaní stačia dva malé FV panely po stranách. Ak slnko ožaruje malý panel na jednej strane viac, ako na druhej, je porušená rovnováha a motor začne otáčať panelom do vtedy, kým osvetlenie týchto dvoch malých panelov nie je rovnaké. [10]

3.5.5 Koncentrátory

Sú to zariadenia, ktoré dokážu sústrediť žiarenie z veľkej plochy do menšej a výrazne tak zlepšiť účinnosť FV panelov. Najčastejšie sa koncentrátory zhotovujú z materiálov, ako napríklad zrkadlo (rovný alebo parabolický tvar) alebo ako šošovkové. Koncentrátory sa zhotovujú ako 2D (kedy sústreďujú žiarenie do ohniskovej priamky) alebo 3D (kedy žiarenie sústreďujú zo smeru dvoch priestorových osí). Zvýšenie účinnosti týmto spôsobom je ekonomické, keďže cena koncentrátorov je výrazne nižšia ako cena FV panelov. [10]



Obrázok č. 5 - FV panel so zrkadlovými koncentrátormi umiestnený na konštrukcii s natáčaním za slnkom [31]

4 VPLYV FV ELEKTRÁRNÍ NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

4.1 Pozitívne faktory

Najväčšou výhodou týchto elektrární je, že palivo (slnečné žiarenie) potrebné na výrobu elektrickej energie je zadarmo.

Väčšina fotovoltaiických panelov je vyrábaná z kremíku, ktorý je netoxický a je druhou najrozšírenejšou surovinou na svete.

Neprodukujú žiadny hluk, škodlivé emisie alebo znečisťujúce plyny a aktívne prispieva k zníženiu nepriaznivých aspektov globálneho otepľovania.

Majú vysokú spoľahlivosť, životnosť a sú bezpečné. Odhadovaná životnosť FV panelov je 30 rokov. Výrobcovia garantujú, že výkon po 25 rokoch nebude nižší, ako 80% pôvodného výkonu. K tomu prispievajú aj Európske štandardy, ktoré zaručujú nákup spoľahlivých produktov.

Fotovoltaiické panely sú recyklovateľné a preto môžu byť materiály z výrobného procesu (sklo, hliník, kremík) znovu využité. Recykláciou sa dosiahne zníženie energie potrebnej pre výrobu, takže aj zníženie výrobných nákladov.

Energetická návratnosť trvale klesá. Znamená to, že klesá doba, za ktorú panel vyrobí toľko energie, koľko bolo spotrebované na jeho výrobu. V súčasnosti sa táto doba pohybuje v rozmedzí 1,5 - 3 roky. To znamená že panel počas svojej životnosti vyrobí 6 - 18 násobok energie, ktorá bola spotrebovaná pri jeho výrobe.

Prispieva k zlepšeniu zabezpečenia energetických dodávok. Aby bol pokrytý európsky dopyt po elektrine na 100 %, stačilo by využiť pre solárne panely 0,7 % plochy Európy. [11]

4.2 Negatívne faktory

Fotovoltaiické elektrárne zaberajú pomerne veľké plochy. [12]

Pomerne vysoké investičné náklady na zhotovenie FVE. [6]

Pre výstavbu FV elektrárne je potrebné získať súhlas obce, stavebného úradu, orgánov pre ochranu prírody a súhlas energetikov s pripojením. [12]

Účinnosť FV panelov je vždy nižšia, ako účinnosť jednotlivých článkov z ktorých sa FV panel skladá a to z dôvodu prázdnych miest medzi článkami a stratami v spojoch. [13]

Kolisavý výkon z dôvodu ročného obdobia, miestneho klimatu a oblačnosti. [3]

Trvale zatienenie ekosystému a rastlín pod panelmi a ostatnými zariadeniami FV elektrárne, čo negatívne ovplyvňuje ich rásť a vývoj. [14]

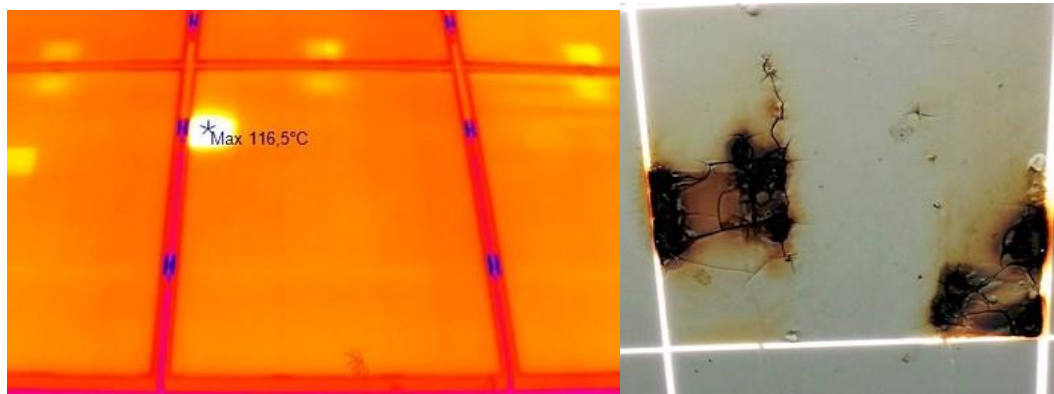
4.3 Najčastejšie problémy na FVE a FV paneloch

Skúsenosti z prevádzky FVE za posledných desať rokov ukazujú, že elektrárne v praxi nepracujú na 100 % svojej výrobnnej kapacity. Príčinou ich nevyužitého potenciálu, môže byť napríklad ich rýchla výstavba v nedostatočnej kvalite, čo má za následok vysoké straty na výrobe, rýchlejšiu degradáciu zariadení a častejšie poruchy. Veľa z týchto problémov môžeme odstrániť správnym prevádzkovaním FVE. Medzi najčastejšie problémy FVE patria napríklad [15]:

- opakované výpadky technológie
- výkon FVE je nižší ako auditované hodnoty
- nespokojnosť s kvalitou výstavby
- problémy pri reklamácií poruchového zariadenia

4.3.1 Horúce miesta (hotspoty)

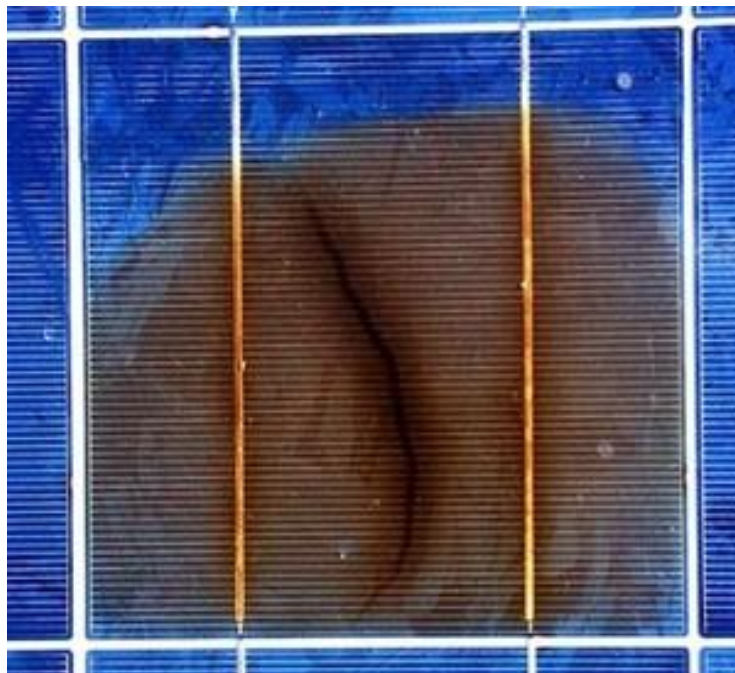
Najčastejšie sa jedná o jednu alebo viacero buniek na FV panele, ktoré majú vyššiu teplotu ako ostatné časti panelu. V poškodenom mieste dochádza k premene elektrickej energie na tepelnú. Ak má hotspot teplotu vyššiu ako 110 °C, je pravdepodobne prepálená aj zadná izolačná fólia. Prevádzka takto poškodeného FV panelu, nie je len neekonomická, ale aj nebezpečná. Možné príčiny vzniku tejto poruchy sú napríklad: mechanické namáhanie počas inštalácie alebo prevozu, nadmerné zaťažovanie alebo chyba vo výrobnom procese. [16]



Obrázok č. 6 - Horúce miesto tzv. hotspot a prepálenie FV panelu [16]

4.3.2 Vypálený článok

V článku môže nastať pohyb prasknutých segmentov, vplyvom čoho sa zvýši prechodový odpor a vznikne vysoké zahrievanie, ktoré vedie k vypáleniu daného článku. Následne vplyvom vysokej lokálnej teploty môže dôjsť k prasknutiu predného skla a prehoreniu zadnej fólie. [16]



Obrázok č. 7 - Vypálený článok FV panelu [19]

4.3.3 Slimačie cestičky / Snail trails

Sú to v podstate vizuálne praskliny kremíkoveho článku. Väčšinou sa objavia po niekoľkých mesiacoch prevádzky pod krycím sklom a laminačnou vrstvou. Môžu nadobúdať tvar rovných, zakrivených alebo vetviacich sa línií o šírke približne 0,5 – 1 cm. Touto poruchou sú väčšinou postihnuté viaceré články vo FV paneli. Výrobcovia FV panelov sa vyjadrili, že sa jedná len o vizuálnu vadu, ktorá nemá vplyv na výkon FV panelov. Najčastejšie prezentovanými dôvodmi vzniku tejto poruchy sú [17]:

- mikrotrhliny v FV článkoch
- použitá EVA fólia ako podkladová vrstva spodnej strany článkov a špecifické chemické komponenty použité pri jej výrobe
- pravdepodobné prenikanie vlhkosti do FV panelu
- fyzikálne a chemické javy prebiehajúce v FV paneli pri dlhodobej expozícii slnečnému žiareniu a prevádzkovým teplotám vo vonkajšom prostredí



Obrázok č. 8 - Slimačie cestičky / Snail trails [19]

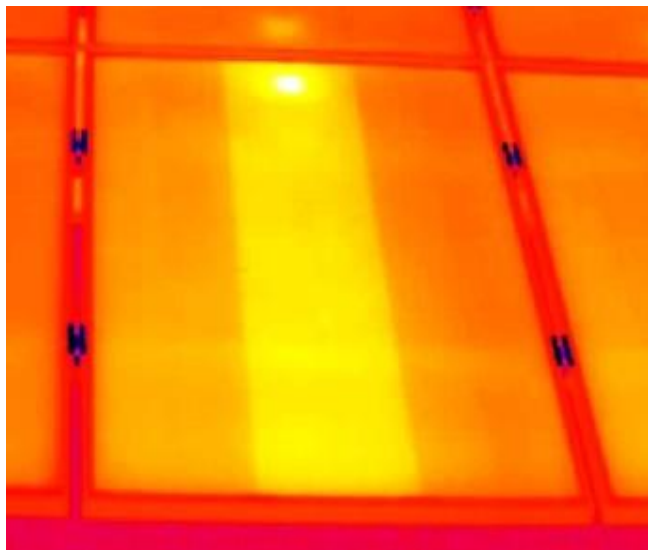
4.3.4 Prerazenie by-pass diody

Bypassové diody usmerňujú prúd, aby netiekol cez zatienený článok a tým zamedzia jeho prehrievaniu. Zatienený alebo menej osvetlený článok sa správa ako spotrebič elektrickej energie, ktorý spotrebováva elektrickú energiu vyrobenú ostatnými článkami, takže sa zahrieva. Poškodením tejto súčiastky sa môže FV panel nenávratne poškodiť. [18]

4.3.5 Tretinové vady

Tento typ poruchy sa vyznačuje znížením pôvodného výkonu FV panelu o jednu až tri tretiny. Táto porucha je veľmi ľahko dokázateľná, a to termovíznou kamerou, keďže sa nefunkčná časť viac zahrieva. Výrobcovia FV panelov túto poruchu na základe IR snímok najčastejšie uznávajú. Medzi hlavné príčiny tretinových väd patrí [16]:

- uvoľnené kontakty v prípojných krabiciach FV panelov
- poškodenie pájkovaných kontaktov medzi FV článkami
- vadná by-pass dioda
- poškodenie článku, ktorý má tak vysoký odpor, že väčšina prúdu bude pretekať cez by-pass diodu a poškodená tretina sa bude správať ako zapojená naprázdno
- zatečenie junction boxu vodou a následným zaoxidovaním kontaktov



Obrázok č. 9 - Tretinová vada FV panelu [16]

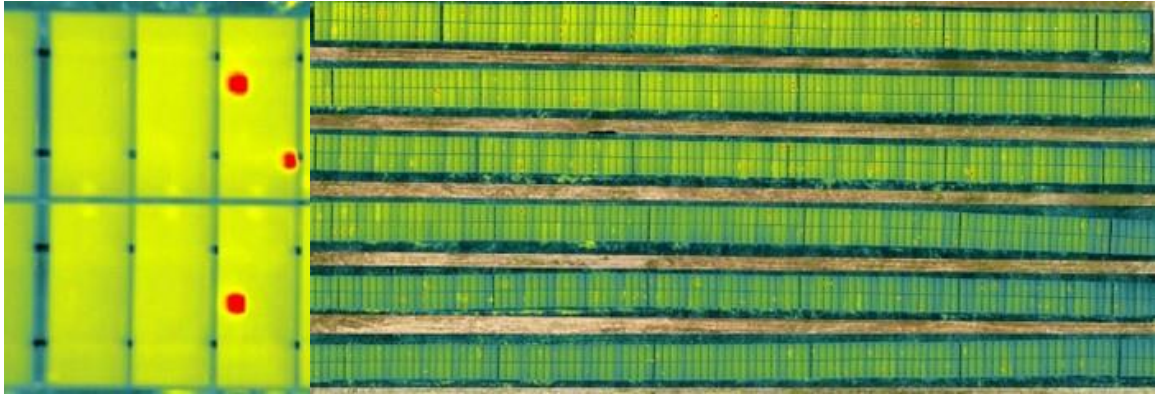
4.4 Spôsoby detekcie vád FV panelov

Identifikáciu problému FV panelu môžeme vykonať niekoľkými spôsobmi. Najvhodnejší spôsob kontroly závisí od umiestnenia FV panelov a technického vybavenia, ktoré máme k dispozícii. [19]

Využitie monitoringu: Použitie modulov pre individuálny monitoring, ktoré umožnia meranie napätia, prúdu a teploty každého FV panelu. Takéto moduly je možné dodatočne nainštalovať alebo je možné zakúpiť panely, ktoré tento modul obsahujú v junction boxe. [19]

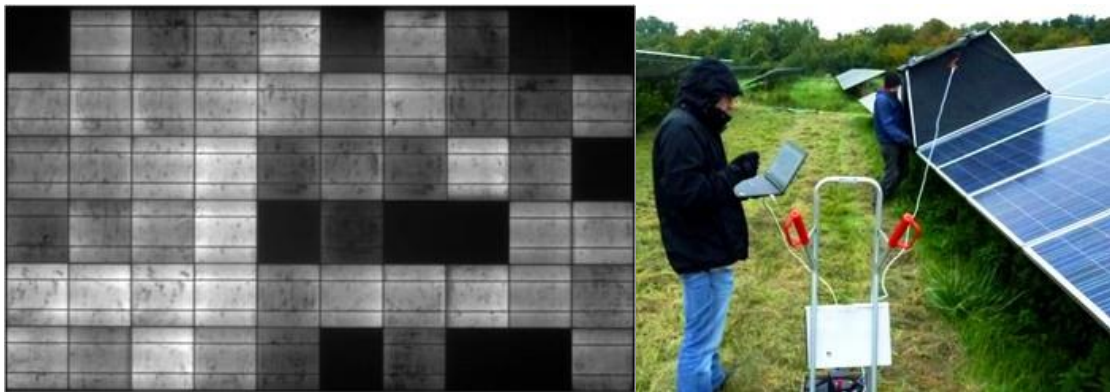
Vizuálna kontrola: Jedná sa o najbežnejší a najlacnejší spôsob kontroly FV panelov. Vizuálnou kontrolou sa dá odhaliť množstvo porúch dokonca aj vady, ktoré sa pomocou monitoringu alebo inej metódy odhaliť nepodarí, ako napríklad uvoľnené alebo chýbajúce časti FV panelov a ich konštrukcie. [19]

Termovizuálna kontrola: Je to najrýchlejší spôsob, ako odhaliť skryté vady FV panelov. Táto kontrola sa prevádza pri minimálnom osvetlení 500 W/m^2 . Používa sa ručná termokamera alebo kamera pripevnená na dron. Použitie drona s termokamerou sa využíva pre veľké FVE alebo pre strešné FVE, kde je obtiažny prístup. Touto kontrolou sa dajú odhaliť tzv. hotspoty alebo tretinkové vady FV panelov. [19]



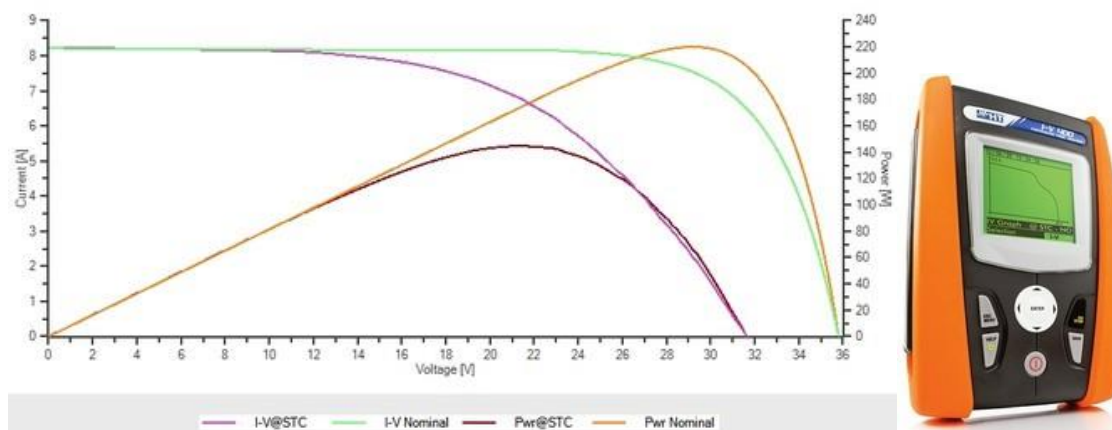
Obrázok č. 10 - Termosnímk z dronu [19]

Elektroluminescencia: Táto metóda sa považuje za najlepšiu pri odhaľovaní výrobných väd FV panelov. Pri tejto kontrole sa využíva jav opačný k fotovoltaiickému. Do FV panelov sa púšťa elektrický prúd a FV panel jeho prechodom vyžaruje žiarenie s vlnovou dĺžkou 1100 nm. Táto vlnová dĺžka je mimo viditeľné spektrum a preto sa sníma špeciálnou kamerou. Metóda odhalí skryté výrobné vady, ako napríklad prasknuté články alebo vadné kontakty. Funkčné články majú na snímkach šedú farbu a nefunkčné alebo poškodené články su čierne, pretože týmito miestami nepreteká prúd, takže nevyžarujú žiarenie. Táto metóda je finančne náročná, keďže ku každému FV panelu je potrebné pripojiť externý zdroj prúdu a zároveň je potrebné nad FV panelom vytvoriť tmavú komoru alebo snímanie vykonávať v noci. [19]



Obrázok č. 11 - Elektroluminescenčný snímok a jeho zhotovenie [19]

Výkonové meranie FV panelov: Táto metóda je potrebná pri určovaní vplyvu väd nájdených na FV paneloch na výstupný výkon FV panelu. Najbežnejším zariadením na meranie výkonu FV panelu na poli sú UI analyzátory. Výhodou týchto analyzátorov je meranie priamo na mieste inštalácie, bez nutnosti demontáže FV panelu. Meranie Volt-Ampérovej charakteristiky je možné vykonávať pri osvetlení vyššom ako 700 W/m^2 . Analyzátor urobí záťažový test a vykreslí zmeranú VA charakteristiku. Zmerané hodnoty následne prepočíta na hodnoty STC a porovná so štítkovými údajmi. Hodnoty STC sú hodnoty štandardných podmienok, pri ktorých sa udávajú štítkové hodnoty FV panelov (osvetlenie 1000 W/m^2 a teplota 20°C). Takto namerané údaje sa dajú použiť aj pri prípadnej reklamácií. [19]



Obrázok č. 12 - VA-charakteristika FV panelu a analyzátor na jej zhotovenie [19]

5 APLIKÁCIA FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMOV

Zostava fotovoltaických panelov, spotrebičov a iných zariadení prispievajúcich k činnosti FV elektrárne sa nazýva fotovoltaický systém. [4] Medzi takéto zariadenia patria napríklad transformátory, meniče, akumulátory, poistné zariadenia, odpojovače záťaže, meracie zariadenia a nátáčacie konštrukcie alebo koncentrátory, ak ich FV elektrárňou využíva. [10] V praxi sa aplikujú fotovoltaické systémy v dvoch základných podobách: ostrovné a sieťové FV systémy. [3]

5.1 Ostrovné FV systémy

Ostrovné FV systémy, sú systémy nezávislé na rozvodnej sieti. Zhotovujú sa na miestach, kde sa nenachádza elektrická prípojka alebo jej zhotovenie by bolo neekonomické. Výkony ostrovných systémov sa pohybujú od jednotiek W až po jeden kW. K týmto systémom sa dajú pripojiť spotrebiče napájané jednosmerným prúdom pri napätí 12/24 V alebo spotrebiče napájané striedavým prúdom pri napätí 230 V – 50 Hz pomocou striedača. Ostrovné systémy sa delia na tri základné kategórie: s priamym napájaním, s akumuláciou elektrickej energie a hybridné. [20]

FV systémy s priamym napájaním: Dodávajú energiu iba po dobu, kedy sú FV panely dostatočne osvetlené. Najčastejšie sú používané na pohon zavlažovacích čerpadiel alebo ventilátorov. Ich výhodou je jednoduchosť. [4]

FV systémy s akumuláciou elektrickej energie: V čase dostatočného osvetlenia FV panelov sa potrebná energia využíva a nepotrebná uskladňuje do akumulátorov. Pri nedostatočnom osvetlení FV panelov, napríklad pri vysokej oblačnosti alebo v noci, sa potrebná elektrická energia odoberá z akumulátorovej batérie. Optimálne nabíjanie a vybíjanie akumulátora riadi elektronický regulátor. [4]

Hybridný FV systém: Zhotovuje sa tam, kde je potrebný celoročný chod. Tieto systémy obsahujú doplnkový zdroj elektrickej energie, ktorý pokryje potrebu elektrickej energie v obdobiach s nedostatočným osvetlením FV panelov. Doplnkový zdroj elektrickej energie môže tvoriť napr. malá vodná alebo veterná elektrárňou popri prípade kogeneračná jednotka. [4]



Obrázok č. 13 - Názorné zapojenie ostrovného FV systému [32]

Zloženie ostrovného FV systému [20]:

1. *FV panely a ich montážne konštrukcie* - Základná súčasť ostrovnej fotovoltaickej elektrárne.
2. *Veterná / vodná turbína alebo záložný generátor* - Je to doplnkový zdroj elektrickej energie v hybridnom FV systéme.



Obrázok č. 14 - Veterná turbína hybridného FV systému [20]

3. *Regulátor dobíjania* - Slúži na dobíjanie solárnych batérií. Jeho hlavnou funkciou je chrániť solárne batérie pred prebíjaním a vybíjaním, čo znamená, že predlžuje ich životnosť. Klasické solárne regulátory prispôsobujú nabíjacie napätie napätiu batérie, čím zabezpečujú efektívne dobíjanie. Regulátory môžeme podľa zdroja energie rozdeliť na solárne, veterné (vodné) alebo hybridné (pripojené solárne panely a veterná / vodná turbína súčasne).



Obrázok č. 15 - Regulátor dobíjania [20]

4. *Solárne batérie* – Slúžia na uskladnenie energie, ktorú nie sme schopný v daný moment spotrebovať. Takto uskladnenú elektrickú energiu môžeme v čase nedostatočného osvetlenia FVE alebo v čase špičky využiť. Najčastejšie sa ako solárne batérie používajú gélové batérie s takmer nulovými výparmi. Odporúčané parametre takýchto batérií sú 12 V / 200 Ah gel solar. Životnosť takýchto batérií pri správnom používaní dosahuje 10 až 15 rokov. Ich menovité napätie je 12 V a kapacita 200 Ah. Takáto batéria váži 61,6 kg a jej rozmery sú D 523 mm x Š 240 mm x V 219mm. Pre malé systémy je potrebné zaobstaráť 1 - 2 kusy (12 - 24 V DC), pre stredné systémy 4 - 8 kusov (48 V DC) a pre veľké systémy 16 až 32 kusov (96 - 240 V DC).



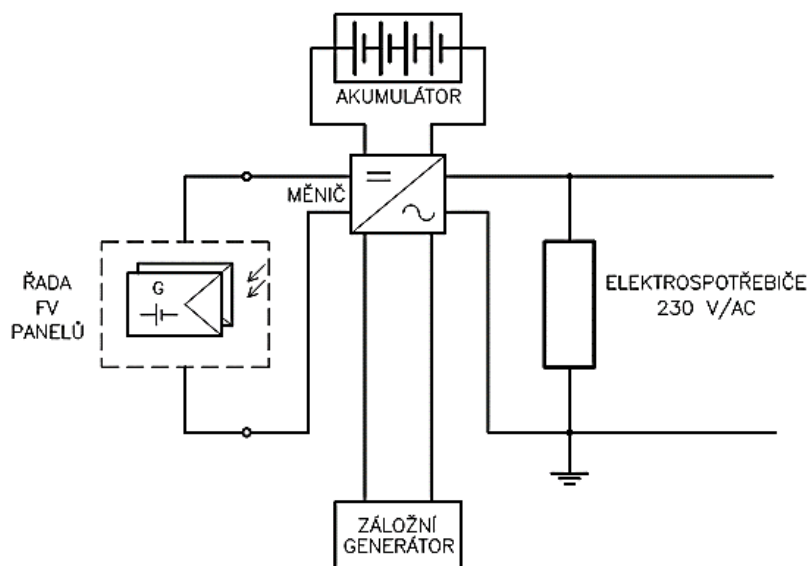
Obrázok č. 16 - Solárne batérie 12 V / 200 Ah [20]

5. *Sínusový menič napätia* – Je to zariadenie slúžiace na premenu jednosmerného napätia (12, 24, 48, 96, 240) V z batérií na napätie striedavé 230 V. Ich vyhotovenie môže byť jedno alebo trojfázové.



Obrázok č. 17 - Sínusový menič napätia 48 V / 6 kW [20]

6. *Ochrany AC / DC* - Neoddeliteľnou súčasťou každého FV systému je ochrana AC aj DC siete vo forme ističov a poistiek. Pri stredných a veľkých inštaláciách sú napäťové ochrany zakomponované AC aj DC a poistkové odpájače v string boxoch. String box je zariadenie určené na prvotnú ochranu FV systému voči skratu, nadprúdu a prepätiu. Inštaluje sa v blízkosti FV panelov, aby reakčná doba bola čo najkratšia, čím zamedzí poškodeniu striedača alebo meniča. Pre väčšie systémy sa odporúča zhotoviť bleskozvod.



Obrázok č. 18 - Schema zapojenia ostrovného (hybridného) systému doplneného o záložný generátor [33]

5.2 Sieťové FV systémy

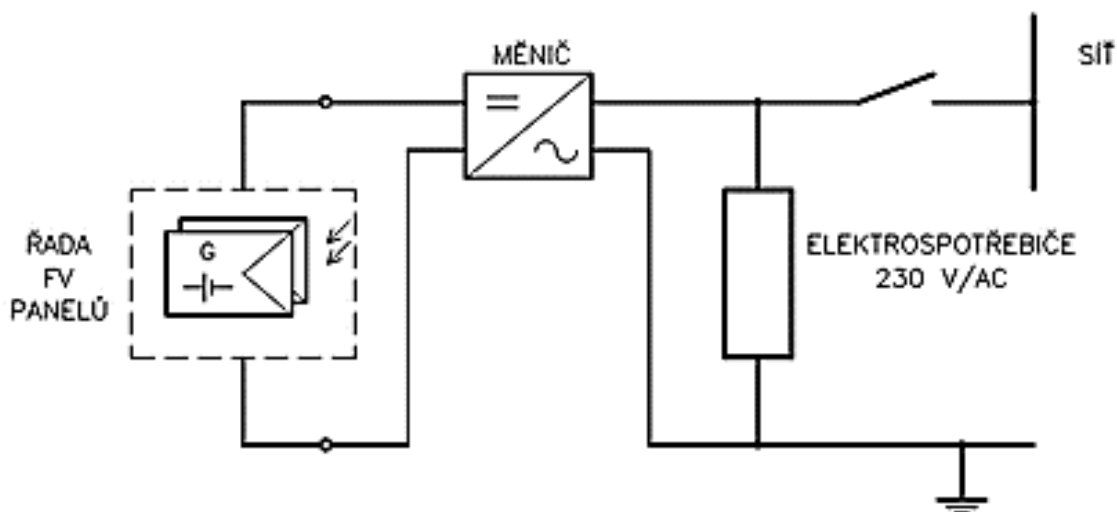
Princíp využitia vyrobenej energie pri tomto type FV systému spočíva v tom, že denná spotreba domácnosti odoberá energiu primárne z FV elektrárne. Pokiaľ výkon FV elektrárne nie je postačujúci na pokrytie spotreby celej domácnosti, energia je doplnená z distribučnej siete. V prípade prebytku vyrobenej elektrickej energie sa prebytočná energia púšťa do distribučnej siete bezplatne alebo nám za ňu distribučná spoločnosť platí (závisí na zmluvných podmienkach). Prebytočnú elektrickú energiu môžeme pomocou regulátoru prebytkov efektívne využiť aj na ohrev vody v bojleri alebo na vykurovanie. Chod takýchto systémov je plne automatický, riadený mikroprocesorom sieťového meniča. Takéto systémy dosahujú výkony kW až MW. [21]



Obrázok č. 19 - Názorné zapojenie sieťového FV systému [34]

Zloženie sieťového FV systému:

1. *FV panely a ich montážne konštrukcie*
2. *Ochrany AC / DC*
3. *Sieťový (on-grid) menič* - Sú to meniče, ktoré pracujú iba v súlade s distribučnou sieťou. S distribučnou sieťou sú priamo galvanicky prepojené. Európske normy nariaďujú, že ak je distribučná sieť odpojená (hlavným ističom, v dôsledku výpadku alebo poruchy), on-grid menič sa okamžite vypne. Tento sieťový menič zabezpečuje priamy výkup vyrobenej energie. [22]
4. *Software na monitorovanie FVE* - Súčasťou sieťových FVE býva často software na monitorovanie aktuálnej výroby FVE a spotreby domácnosti. V týchto programoch nájdeme prehľadné grafy, ktoré detailne popisujú činnosť FVE. Tieto programy majú v dnešnej dobe často aj verziu pre smartphony, takže prístup k údajom máme všade tam, kde máme prístup na internet. [21]



Obrázok č. 20 - Schema zapojenia sieťového systému [33]

6 POSÚDENIE NÁVRHU DOMÁCEJ FVE

Posudzovaná FVE je vyhotovená ako sieťová. Zhotovená a uvedená do prevádzky bola v roku 2014. Jej monitorovanie zabezpečuje inteligentný riadiaci systém Sunny Home Manager. Všetky údaje o FVE si môžeme kedykoľvek prezrieť na ich internetovej stránke alebo v mobilnej aplikácii Sunny Portal.

6.1 Vyhotovenie posudzovanej FVE

FV panely sú pripevnené na streche sedlového typu a na streche terasy a ich celkový počet je 32, ktorých celková plocha je 52 m². Uloženie panelov na strechce domu je šikmé pod uhlom 45 °, kde 9 ks panelov je orientovaných na juhozápad a 11 ks panelov na juhovýchod. Panely uložené na strechce terasy (12 ks) sú uložené pod uhlom 5 ° orientovaných na juhozápad. Výkon tohto systému je 8 kWp. Ročná produkcia tejto domácej FVE je približne 827 kWh / kWp.



Obrázok č. 21 - Rozloženie FV panelov na streche domu a terasy (zdroj: projektová dokumentácia)

6.1.1 FV panely

FV panely sú od nemeckého výrobcu Aleo solar AG, ktorý patrí medzi významných nemeckých výrobcov a patrí medzi špičky vo výrobe FV panelov. Typ použitých panelov je Aleo

Solar AG S18.250 (model 11/2012). Jedná sa o polykryštalické panely. Jeden panel má rozmery 1660 mm x 990 mm x 50 mm a váži 21 kg. Pozostáva zo 60 kusov fotovoltických článkov o rozmere 6 mm x 10 mm. Na zadnej strane panelu je umiestnená skrinka vybavená premostovacími diódami, ktoré redukujú riziko prehriatia. Pripojenie FV panelov je realizované prostredníctvom kábla s prierezom 4 mm², dĺžkou 1000 mm a konektorom MC3 alebo MC4. [23]

FV panely sú zapuzdrené v plaste EVA (etylénvinylacetát), ktorý je odolný voči UV žiareniu. Rám je vyrobený z eloxovaného hliníku, ktorý je odolný voči poveternostným vplyvom a korózii. Na povrchu sa nachádza špeciálne upravené sklo, ktoré zaručuje vysokú priepustnosť žiarenia a poskytuje ochranu pred snehom a krúpami. Tieto FV panely sú certifikované a spĺňajú normu ISO 9001. Výrobca poskytuje záruku 10 rokov na výrobok a 25 rokov na ich výkon. [23]

Tabuľka 2 - Elektrické vlastnosti FV panelov Aleo S18/250 [23]

Maximálny výkon P_m	250 W
Presnosť merania	+/-3%
Maximálne napätie U_m	29,1 V
Maximálny prúd I_m	7,90 A
Napätie naprázdno U_{oc}	36,6 V
Prúd nakrátko I_{sc}	8,44 A
Maximálne napätie systému U_{DC}	1000 V
Efektivita modulu η_m	14 %
Prevádzková teplota	-45 °C až 85 °C
STC intenzita žiarenia 1000 W/m ² , Teplota modulu 25 °C, AM = 1,5	

6.1.2 Striedač

V tomto systéme je použitý striedač (menič) Sunny Tripower 8000TL-20. Je to beztransformátorový FV striedač s dvoma sledovačmi MPP, ktorý premieňa jednosmerný prúd z FV panelov na trojfázový striedavý prúd odpovedajúci parametrom verejnej rozvodnej siete a tento trojfázový striedavý prúd do nej dodáva. Tento striedač je vhodný pre vonkajšie aj vnútorné použitie. Toto zariadenie je certifikované a spĺňa požiadavky príslušných noriem. [24]

Tabuľka 3 - Technické parametre striedača Sunny Tripower 8000TL-20 [24]

Vstup DC	
Maximálny DC výkon (pri $\cos\phi=1$)	8200 W
Maximálne vstupné napätie	1000 V
Rozsah MPP napätia / menovité vstupné napätie	330 V – 800 V / 580 V
Minimálne vstupné napätie / spúšťacie vstupné napätie	150 V / 188 V
Maximálny vstupný prúd: vstup A / vstup B	15 A / 10 A
Maximálny vstupný prúd na každý string: vstup A / vstup B	15 A / 10 A
Počet nezávislých MPP vstupov: vstup A / vstup B	2 / A: 2; B: 2
Výstup AC	
Menovitý výkon (pri 230 V, 50 Hz)	8000 W
Maximálny zdanlivý AC výkon	8000 VA

Menovité AC napätie	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V
Rozsah menovitého AC napätia	160 V – 280 V
Rozsah sieťovej frekvencie	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz
Menovité sieťové napätie / frekvencia	50 Hz / 230 V
Maximálny výstupný prúd	11,6 A
Účinník pri menovitom výkone	1
Nastaviteľný účinník	0,8 podbudený...0,8 prebudený
Napájacie fázy / pripojovacie fázy	3 / 3
Účinnosť	
Maximálna európska účinnosť	97,6 %
Bezpečnosť	
Trieda ochrany podľa IEC 62103/prepät'ová kategória podľa IEC 60664-1	I / III
Všeobecné údaje	
Rozsah prevádzkových teplôt	-25 °C až 60 °C
Stupeň krytia podľa IEC 60529	IP65
Hmotnosť	37 kg
Vlastná spotreba [noc]	1 W

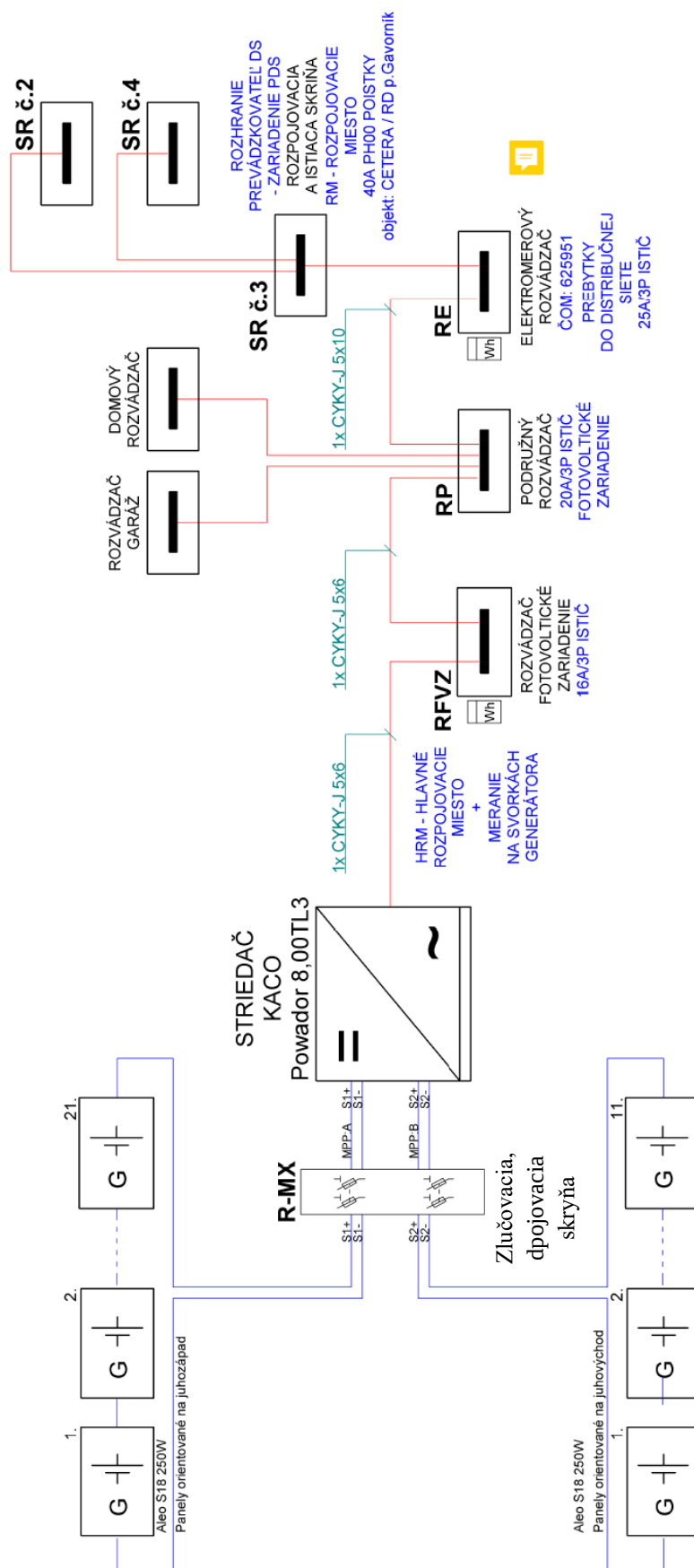
6.1.3 Komunikácia

Komunikáciu nám v tomto prípade zabezpečuje zariadenie Sunny Home Manager. Je to spínacia centrála pre inteligentné riadenie elektrickej energie v dome. Zariadenie nám umožňuje pohodlne sledovať činnosť FV systému a inteligentne riadiť dodávky elektrickej energie. Na stránkach Sunny Portal sa nám po prihlásení zobrazí prehľad o všetkých tokoch elektrickej energie v domácnosti, zobrazuje a odporúča a zaisťuje automatické riadenie spotrebičov prostredníctvom bezdrôtových zásuviek. Prístroj sleduje typické správanie domácnosti pri spotrebe elektrickej energie a prepojí tieto informácie s prognózou výroby elektrickej energie z domácej FVE. Vo výsledku tak tento prístroj výrazne zvyšuje podiel vlastnej spotreby a napomáha ekologicky optimálnemu využívaniu elektrickej energie. Zariadenie je určené pre vnútornú montáž na DIN lištu alebo na stenu. Indikáciu zabezpečujú LED diódy. Zariadenie je certifikované a spĺňa požiadavky príslušných noriem. [25]

Tabuľka 4 - Technické údaje zariadenia Sunny Home Manager [25]

Komunikácia	
Komunikácia so striedačom	Bluetooth®
Komunikácia s portálom Sunny Portal	Ethernet
Pripojenie	
Striedač	Viz. Komunikácia so striedačom
Ethernet	10/100 Mbit, zásuvka RJ45
Elektromer	3 prepojovacie zásuvky pre zapojenie káblov S0 alebo snímacích hlavíc D0
Maximálny dosah komunikácie	

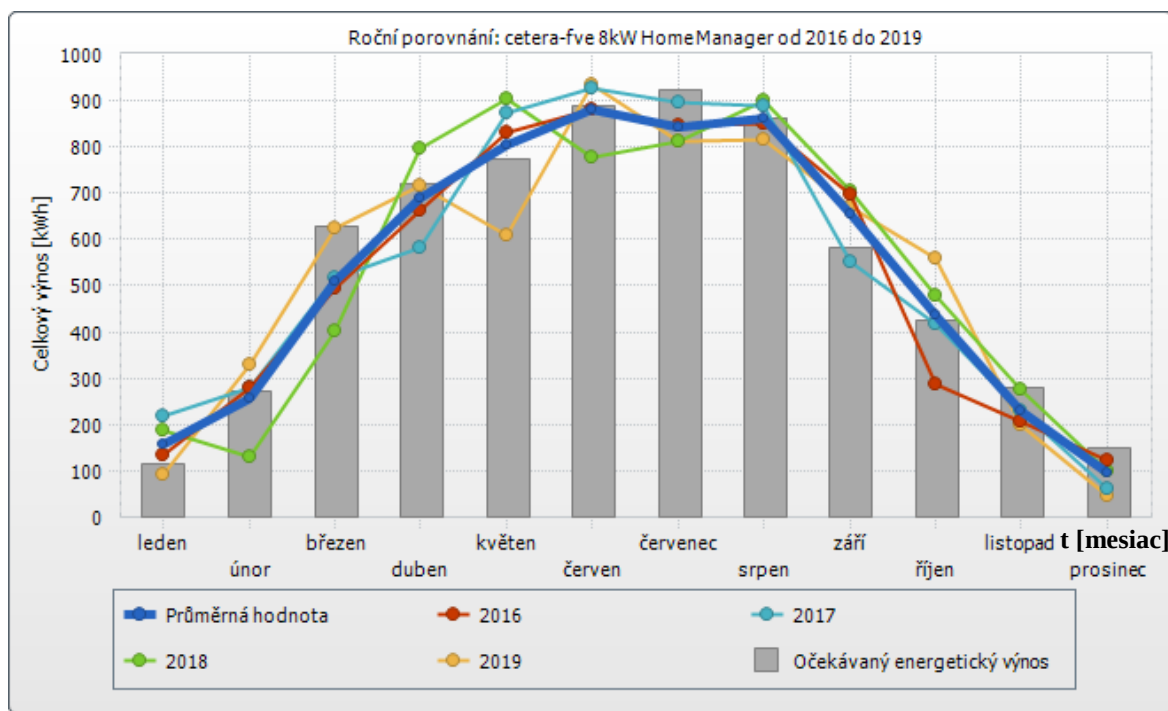
Bluetooth vo voľnom priestore	Až 100 m
Napájacie napätie	
Zdroj napätia	Externý zdroj napätia
Vstupné napätie	100 V – 240 V AC; 50/60 Hz
Príkon	< 6 W (max. 14,3 W)
Všeobecné údaje	
Prevádzková teplota	-25°C až +60°C
Stupeň krytia	IP20



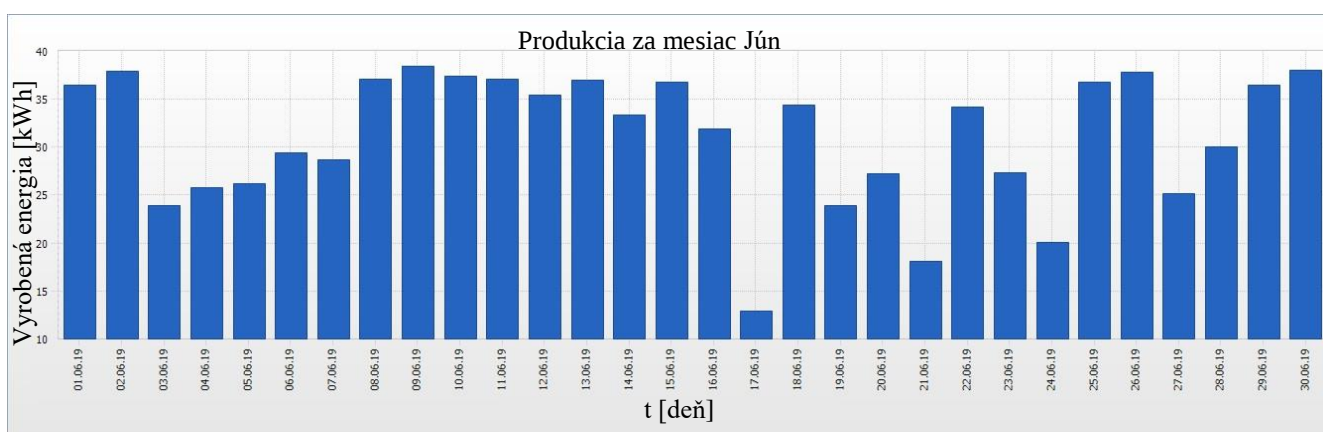
Obrázok č. 22 - Bloková schéma zapojenia posudzovanej FVE (zdroj: projektová dokumentácia)

6.2 Údaje z portálu Sunnyportal

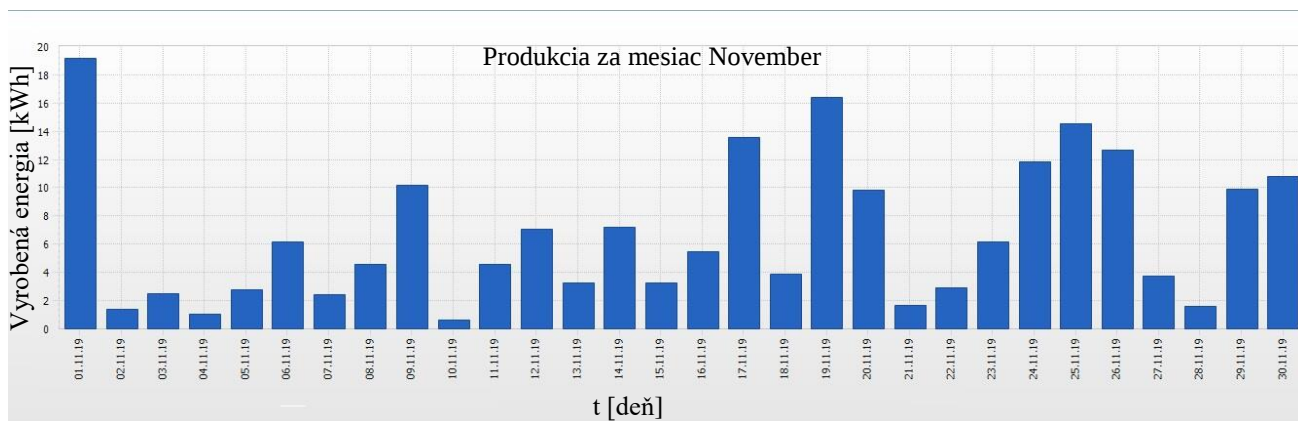
Majiteľ posudzovanej FVE nám zriadil prístup do portálu Sunny Portal. Po prihlásení máme prístup k nameraným údajom od zariadenia FVE a informácie o aktuálnom stave a prognóze na najbližšie dni. Portál automaticky vytvára grafy, ktoré nám majú uľahčiť sledovanie nameraných údajov.



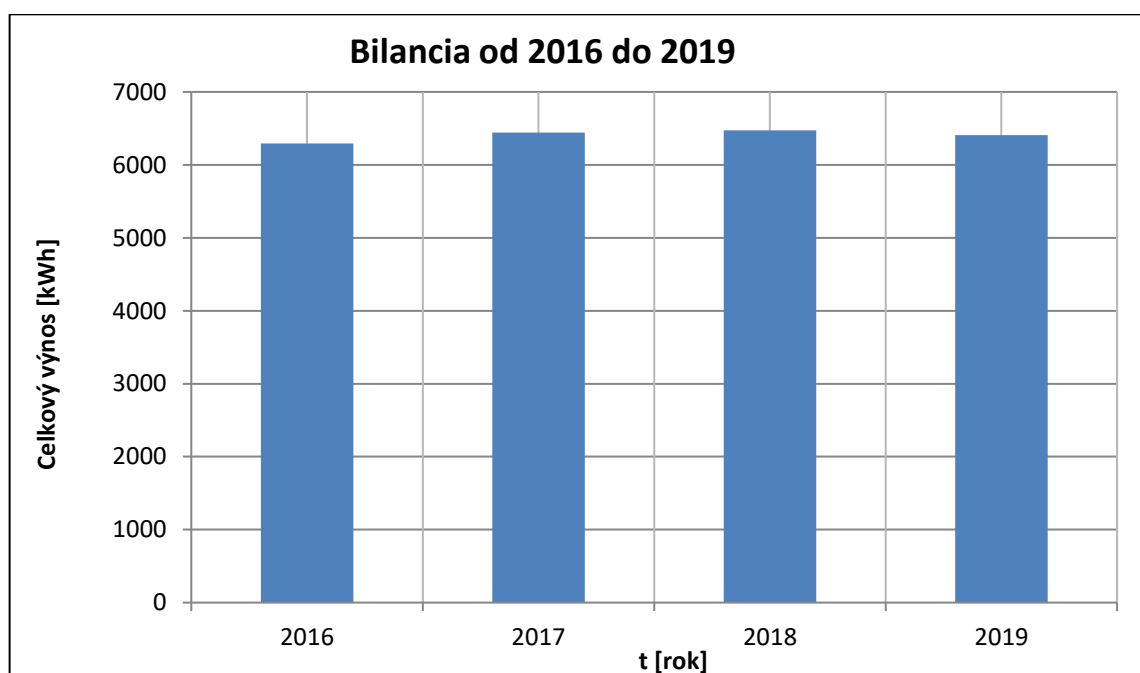
Graf 1 - Ročné porovnanie výroby posudzovanej FVE



Graf 2 - Produkcia posudzovanej FVE v jednotlivých dňoch v mesiaci jún 2019



Graf 3 - Produkcia posudzovanej FVE v jednotlivých dňoch v mesiaci november 2019



Graf 4 - Bilancia celkového výnosu za roky 2016 až 2019

Z grafu č. 1 vidieť, že celkový výnos posudzovanej FVE je premenlivý. Jej výroba silne závisí na počasí a osvetlenosti FV panelov a produkcia v každom mesiaci je iná. Z nasledujúcich grafov č. 2 a 3 je vidieť veľkosť rozdielu výroby vo výnosnom letnom mesiaci jún a menej výnosnom zimnom mesiaci november. V grafe č. 4 je znázornený celkový výnos FVE v rokoch 2016 až 2019, kde vidieť, že celkový výnos sa v daných rokoch takmer nemenil aj napriek premenlivej produkcii v jednotlivých mesiacoch.

6.3 Posúdenie

Z dostupných informácií si myslím, že účinnosť posudzovanej FVE by sa dala zlepšiť zmenou sklonu panelov umiestnených na pergole (streche) terasy, čo aj má majiteľ v pláne. Ďalšou z možností zvýšenia jej efektivity by bolo zriadenie batériového systému, ktorý by v čase prebytku vyrábanej energie prebytok uchoval v batériách. Tento batériový systém by v čase, kedy

fotovoltaická elektrárňa produkuje málo alebo neprodukuje žiadnu elektrickú energiu, dodával potrebnú energiu z tohto batériového systému. Zavedením týchto zmien by sa podľa môjho názoru zlepšila výnosnosť posudzovanej domácej fotovoltaickej elektrárne. Aj bez zavedenia týchto zmien plní posudzovaná FVE svoj účel a znižuje majiteľovi náklady na elektrickú energiu, čo bol jeden z dôvodov jej zriadenia.

6.4 Rozhovor s majiteľom posudzovanej FVE

Aký bol dôvod zriadenia FVE?

Dôvody zriadenia FVE boli kombináciou viacerých faktorov. V prvom rade to bola prevádzka relatívne silného výpočtového výkonu umiestneného v priestoroch rodinného domu, ktorá ročne predstavovala takmer 8 MWh spotrebovanej elektrickej energie. Ďalším, ale nie menej podstatným dôvodom, bol osobný prístup k ekológii a ekologickým riešeniam, tento dôvod bol teda vyslovene nekomerčný. Spojením týchto dvoch dôvodov padlo rozhodnutie zriadenia FVE ako kompenzácie spotreby výpočtového centra a súčasne vytvorenia udržateľnej ekologickej alternatívy vlastnej spotreby el. energie v už zmienenom rodinnom dome.

Ako ste s ňou spokojný / splnila Vaše očakávania?

V prvom roku prevádzky bola spokojnosť úplná, neskôr, analýzou dát a komplikáciami spojenými s legislatívou, sa objavili i iné možnosti ako FVE vybudovať a prevádzkovať. Ničmenej, vybudovanie FVE ako také považujem za uspokojivý faktor ekologického pohľadu na výrobu el. energie a FVE čiastočne plní všetky očakávania.

Mali ste nejaké problémy pri jej zriaďovaní alebo prevádzke?

Najmenej problematická fáza je samotné projektovanie a dodávka, kde touto činnosťou sa na Slovensku zaoberá množstvo firiem, takže vypracovanie potrebnej projektovej dokumentácie a samotnej dodávky a montáže je v celku bezproblémové. Problematická časť je v oblasti právnych noriem a vzťahu prevádzkovateľa k energetickej sústave v prípade, že el. energia z FVE je určená na predaj do siete. V čase realizácie projektu, na prelome rokov 2013 / 2014 a pri uvedení do prevádzky na jar 2014, neexistovala iná možnosť, ako sa stať súčasťou trhu s elektrickou energiou. Toto vyžadovalo okrem prevádzkovej dokumentácie, návrhu stanovenia ceny el. energie podľa platnej legislatívy aj súhlas ÚRSO (Úrad pre reguláciu sieťových odvetví), potvrdenie ÚRSO o pôvode el. energie, zmluvy s OKTE (Obchodník krátkodobého trhu s elektrinou) a rovnako s VSD, prevádzkovateľom miestnej distribučnej sústavy a VSE ako výkupcom el. energie. Celý proces trval od januára 2014 až do mája 2014, teda 5 mesiacov. Neskoršie zmeny legislatívy následne umožnili týmto inštitúciám neposkytnúť doplatok za el. energiu vyrobenú z FVE tým výrobcem, ktorí do určeného dátumu (opakovane v každom roku) nepredložia písomnú informáciu o množstve vyrobenej el. energie a predpoklad výroby na nasl. Rok, ako aj požiadavku na uplatnenie si nároku na doplatok. Tieto legislatívne požiadavky chápu malý výrobcovia el. energie ako zámerne vytýčené byrokratické prekážky v snahe komplikovať malým prevádzkovateľom FVE ich podnikanie na úkor tzv. „veľkých hráčov“, teda výrobcov nad 100 kW z FVE. Jedinou proti aktivitou bola Akcia 1508, pod záštitou SAPI (Slovenská asociácia fotovoltaického priemyslu a OZE). Projekt pomenovaný podľa dátumu 15. august, čo je dátum, do ktorého si musia výrobcovia splniť oznamovaciu povinnosť a ÚRSO aj distribučným spoločnostiam poslať informácie, ktorými už aj tak disponujú. Zároveň musia do tohto dátumu potvrdiť, že si naďalej uplatňujú nárok na podporu, ktorá im už raz bola pridelená na 15 rokov. Ak si výrobca túto povinnosť nesplní, prichádza o podporu na celý rok. V roku 2015 takto prišlo o podporu viac ako 1000 výrobcov. SAPI organizovalo množstvo protestných aktivít aj tlačové konferencie. Podarilo sa zaktivizovať

celý sektor a získať poslancov NR SR, ktorí iniciovali podanie na Ústavný súd SR. Podanie bolo síce neúspešné, no súd v odôvodnení aspoň jasne vymedzil vzťah medzi výrobcom a distribučnou spoločnosťou. Kauza ale dodnes nie je úplne uzavretá, no v aktuálnej novele Zákona o podpore OZE táto povinnosť nie je.

Ako využívate vyrobenú el. energiu, prípadne čo robíte s jej prebytkom?

Pôvodný plán, kompenzovať vlastnú spotrebu, nebol celkom naplnený. Dôvodom je, že výroba z FVE je rozložená do pomerne úzkeho časového okna, v letnom období od cca. 9:00 do cca. 16:00, kde i v tomto čase prichádza k výrazným výkyvom. Primárne teda zostáva využitie prebytkov, a to odpredajom do distribučnej sústavy a súčasným uplatnením si nároku na doplatok (legislatívne komplikované). Celá situácia ma vedie k presvedčeniu, že budúcnosť riešenia výroby el. energie z FVE a iných OZE zdrojov by mala smerovať primárne do uspokojenia vlastných potrieb výrobcu (vlastná spotreba) formou hybridného alebo úplne off-grid riešenia s použitím dostatočnej kapacity batériového poľa.

Aký typ FV panelov ste zvolili a prečo?

V tomto prípade dal investor voľnú ruku projektantovi. Panely nemeckej spoločnosti ALEO (ako aj celé riešenie výroby, teda najmä menič SMA Tripower) boli zvolené s ohľadom na referenciu výrobcu, kvalitu výroby realizovanú v EU a záručné podmienky v rámci EU.

Boli na FVE uskutočnené nejaké zmeny?

Od uvedenia do prevádzky neboli robené žiadne úpravy. Plánujem v tomto roku urobiť úpravu umiestnenia 12 ks panelov, ktoré pre umiestnenie na konštrukcii pergoly nad terasou majú nevhodný uhol voči slnku, komplikujú údržbu aj ostatnej časti FVE (nedostupné panely na strešnej konštrukcii, hromadenie snehu v zime) a celkovo znižujú projektovaný výkon FVE. Budú preložené na strechu garáže, avšak až po schválení zmeny projektu zo strany všetkých zainteresovaných inštitúcií.

6.5 Zvýšenie účinnosti posudzovanej FVE

Účinnosť posudzovanej FVE sa dá zvýšiť viacerými spôsobmi. Jedným zo spôsobov by bolo zriadenie batériového systému, ktorý by znížil náklady na elektrickú energiu odoberanú zo siete tým, že uskladnená elektrická energia sa dá využívať aj v čase, kedy FVE neprodukuje alebo produkuje len málo elektrickej energie. Zaistil by aj záložné dodávanie elektrickej energie v čase výpadku distribučnej siete. Pri zriadení batériového systému by bolo nutné dokúpiť regulátor nabíjania batérií a samotné batérie. Zvolili sme regulátor nabíjania batérií Sunny Island 6.0H od nemeckej značky SMA, keďže väčšina vybavenia je od tohto výrobcu.



Obrázok č. 23 - Solárny menič SMA Sunny Island 6.0H [27]

K tomuto regulátoru je možné pripojiť batérie typu Li-Ion. Zvolili sme Lithium iontový akumulátor od nemeckého výrobcu BMZ zostavený z článkov SONY. Tento akumulátor obsahuje vstavané balancéry a monitorovací systém. Napätie tohto akumulátoru je 48 V a kapacita až 6,8 kWh. Monitorovací systém automaticky odpojuje kontakty pri dosiahnutí plného nabitia alebo vybitia, takže batéria je chránená proti prebíjaniu a hlbokému vybitiu. Odporúčaná pracovná teplota pre tento akumulátor je (10 - 25)°C, takže je nutné ju umiestniť do interiéru. Životnosť je približne 5000 cyklov a výrobca poskytuje záruku 7 rokov pri dodržaní prevádzkových parametrov. [26]



Obrázok č. 24 - Akumulátor BMZ Li-Ion 48 V, 6,8kWh ESS 7.0 [26]

Ďalším opatrením pre zvýšenie efektivity výroby elektrickej energie by bolo premiestnenie 12 ks panelov zo strechy terasy na strechu garáže. Dôvod preloženia panelov je, že na streche terasy sú nainštalované pod úhlom 5 ° a orientované na juhozápad, takže tieto panely nevyužívajú svoj potenciál. Preložením týchto panelov sa predpokladá zvýšenie ich produkcie elektrickej energie zhruba o 10 %.



Obrázok č. 25 - Znázornenie preloženia 12 ks panelov

7 REVÍZIA POSUDZOVANEJ FVE

7.1 Meracie postupy využité pri revízii

7.1.1 Kontrola dokladov a vizuálna prehliadka

Ako prvé sme na základe projektovej dokumentácie odkontrolovali súhlasnosť značenia všetkých prístrojov a vodičov FVE. Prístroje a vodiče boli zreteľne a jasne označené štítkami. Skontrolovali sme dimenzovanie vodičov a ich prierezy. Vizuálne sme skontrolovali spojitosť ochranného vodiča na konštrukcii panelov a v jednotlivých rozvádzačoch. Následne sme vizuálne skontrolovali vývody panelov a hľadali sme obhorené kontakty alebo iné vizuálne vady. Skontrolovali sme terčíky prepäťových ochrán.



Obrázok č. 26 - Rozvodná skriňa RFVZ a RS - kontrola značenia a dimenzovania

7.1.2 Meranie izolačného odporu

Prístrojom UNIMER 09 sme odmerali izolačný odpor jednotlivých prístrojov a vodičov. Izolačný odpor sa meral medzi každou žilou jednotlivých káblov, takže pri 5-žilovom kábli sme vykonali spolu 10 meraní a pri 3-žilovom kábli 3 merania. Po navolení meracieho napätia a následnom stlačení tlačidla TEST sa nám na displeji meracieho prístroja zobrazil izolačný odpor.



Obrázok č. 27 - Merací prístroj UNIMER 09 použitý pri revízii [35]

7.1.3 Meranie impedancie vypínacích slučiek

Impedanciu vypínacích slučiek je možné merať špeciálnymi prístrojmi, ktoré sú na to určené. V našom prípade sme impedanciu vypínacích slučiek merali meracím prístrojom UNIMER 09. Merací prístroj sme jedným pólom pripojili k fázovému vodiču L1 - L3 a druhým pólom na spojovaciu prípojnicu PE. Po pripojení meracích hrotov a stlačení tlačidla TEST sa na displeji zobrazil údaj o impedancii vypínacej slučky.



Obrázok č. 28 - Meranie impedancie vypínacej slučky s ističom QF5

7.1.4 Meranie prechodového odporu

Prechodový odpor bol odmeraný medzi jednotlivými časťami, ako je uvedené v meracom protokole. Zemné vodiče boli najprv odpojené od hlavnej uzemňovacej prípojnice a následne boli namerané jednotlivé prechodové odpory. Na meranie bol použitý merací prístroj UNIMER 09.

7.1.5 Meranie zemného odporu uzemňovača

Zemný odpor uzemňovača bol odmeraný taktiež meracím prístrojom UNIMER 09. Na meranie sme zvolili 4-vodičovú metódu. Jednotlivé sondy boli nabité do pôdy a od seba vzdialené 3 metre. Boli uskutočnené dve merania. Prvé pri rozpojenej a druhé pri spojenej zemniacej svorke. Norma STN podrobne určuje, aký má byť najväčší dovolený odpor uzemnenia. Odpor uzemňovača by mal byť čo najmenší.



Obrázok č. 29 - Meranie odporu zemníča 4-vodičovou metódou

7.2 Revízna správa

**Správa o OP a OS (periodickej revízii) vykonanej podľa §9 Zákona NR SR č. 124/2006 Z.z.
STN 33 1500 a STN 33 2000-6:2018**

Vykonanej dňa: 4.4.2020

Žiadateľ: CETERA, s.r.o.
Teriakovce 136
08005

Revízny technik: Nikodém Koval'

Osvedčenie: -

Oprávnenie: -

Objekt prehliadky: Fotovoltaické zariadenie rodinného domu p.č.: 223/64 Teriakovce

Stavba objektu: Rodinný dom

Skupina SEZ podľa Vyhl. MPSVaR SR č. 508/2009 Z.z. Príloha 1. časť III : B

Zdroj elektrického prúdu: rozvodná sieť NN (TN-C)

Napäťová sieť: 3+N+PE 230V/400V, 50Hz TN-S
24 DC SELV

Ochranné opatrenia pred zásahom elektrickým prúdom podľa STN 33 2000-6: 2018:

-samočinné odpojenie napájania v sieti TNC-S a doplnkovým pospájaním

Ochrana pred úrazom elektrickým prúdom pri normálnej prevádzke:

-izolovaním živých častí, zábranami a krytami

Ochrana pred dotykom živých a neživých častí:

-malým napätím SELV

Celkom inštalované: 9kW

Použité meracie prístroje: UNIMETER 09 v.č. 0382 kalibrácia 2018

Celkový posudok: Na základe revízie vykonanej v zmysle vyhlášky MPSVaR č. 508/2009 Z.z., STN 33 2000-6:2018 a súvisiacich právnych predpisov sú revidované zariadenia z hľadiska bezpečnosti spôsobilé prevádzky a môžu byť ponechané v prevádzke.

Táto správa obsahuje: 4 strany

Počet príloh: 0

Počet vyhotovení: 1

Na posudzovanej FVE bola vykonaná periodická revízna skúška. Bola predložená projektová dokumentácia, ktorú vypracoval Ing. Ján Medveď 11/2013. Predmetom tejto periodickej revízie bolo: skúška elektrického zariadenia, vývody z fotovoltických panelov ALEO S18, vývody zo striedača SMA 8000 TL-10, vývody z rozvádzača RFVZ, vývody z rozvodnici RS a celkové prevedenie a stav elektroinštalácie.

Technický popis

FV systém pozostáva z panelov upevnených na streche pomocou podpernej konštrukcie, ktoré sú prepojené so striedačom SMA 8000TL-10 káblom flexi PV1F 1x6 Cu. Striedač SMA 8000TL-10 a rozvodica RS sú prepojené s rozvádzačom RFVZ káblom CYKY 5Jx6. Rozvádzač RFVZ a striedač SMA 8000TL-10 sú umiestnené v priestoroch garáže a rozvodica RS je umiestnená na oplotení pri rozvádzači RE. Objekt je pred účinkami atmosferických vplyvov chránený existujúcim bleskozvodným zariadením. Ochranu pred vplyvom prepätí zabezpečuje na DC strane ochrana saltek SLP - 1000 PH V/3, SLP – 700 PH V/3 a na AC strane ochrana saltek typ B+C MAXI 4. Prepäťové ochrany sú umiestnené v rozvádzači RFVZ. Hlavná uzemňovacia prípojnica HUP, rozvádzač RFVZ a striedač SMA 8000TL-10 sú prepojené lanom CY 16 mm. HUP a uzemňovacia sústava je prepojená pomocou FeZn 8 mm. HUP sa nachádza v garáži pod rozvádzačom RFVZ. Konštrukcie FV panelov sú prepojené lanom CY 16mm a pripojené na uzemňovaciu sústavu FeZn 8mm.

Kontroly, meranie a skúšania

Boli vykonané podľa platných STN, najmä podľa STN IEC 61140, STN 332000-6, STN 33200-1, STN 33200-3, STN 330110, STN 332000-4-41, STN 332000-4-42, STN 332000-5-51, STN 332000-5-52, STN 332000-5-53, STN 332000-5-54.

Kontroly a skúšky el.zariadení boli vykonané podľa STN 332000-6 nasledovne:

- a) Prehliadka zariadenie a skúšanie podľa STN 33200-6, čl. 61.2 a 61.3
- b) Prechodové odpory spojov ochranných vodičov boli merané podľa čl. 61.3- hodnoty vyhovujú
- c) Izolačný odpor el.zariadení a vedení boli merané podľa čl. 61.3.3 – hodnoty vyhovujú
- d) Meranie hodnoty pred dotykom a impedancia vypínacej slučky boli merané podľa čl. 61.3.6.3 – hodnoty vyhovujú
- e) Uloženie vodičov vedení bolo prekontrolované podľa STN 341050 a ich dimenzovanie podľa STN 332000-4-43, 4-473 a 5-523
- f) Ostatné kontroly a merania boli vykonané podľa ustanovení predmetných noriem a technických podmienok výrobcov jednotlivých zariadení, rozvádzače boli posudzované podľa STN EN 60439

Tabuľka 5 - Prehliadka zariadenia podľa STN 332000-6 čl. 61.2

Kontrola dokladov, pokynov výrobcov a vizuálna prehliadka	Vyhovuje
Prehliadka el. zariadení v beznapätovom stave	Vyhovuje
Spôsob vyhodnotenia ochrany pred dotykom a krytie el. zariadení	Vyhovuje
Voľba vodičov s ohľadom na prúdovú zaťažiteľnosť	Vyhovuje
Spájanie ochranných a stredných vodičov	Vyhovuje
Označenie ochranných a stredných vodičov	Vyhovuje
Vhodnosť použitia istiacich a spínacích prvkov	Vyhovuje
Prístupnosť pre obsluhu a údržbu	Vyhovuje

Merací protokol

Tabuľka 6 - Merací protokol

El. zariadenie	Izolačný odpor [MΩ]	Ochrana pred zásahom el. prúdom [Ω]
Rozvádzač RFVZ v.č. 089/02/2014 230 / 400 V IP40 TN-C-S, I _N 40A	-	-
Napätie v poradí fáz L1,L2,L3: 231,2 V / 230,8 V / 232,4 V	-	-
Istič QF1 OEZ PL6 B25/3 prepoj RFVZ a rozvodnica RS kablom CYKY 5Jx6	10x510	0,46/0,47/0,46
Istič QF1/1 OEZ PL6 B16/1 zas. 230V kablom CYKY 3Jx2,5	3x520	0,42
Poistkový odpájač FU1 pre z vodič prepätia saltek typ B+C MAXI 4, AC strana, 3x poistka gG 25A		0,47/0,48/0,47
Zvodič prepätia FV1 typ B+C MAXI 4, AC strana	-	-
Stýkač pre sledovač fáz KM1 OEZ, IN 25A, CY 6	530	
Istič QF1 OEZ PL6 B16/3, prepoj RFVZ – striedač, kábel CYKY 5Jx6	10x510	0,42/0,44/0,43
Poistkový odpájač FU2 pre sledovač fáz KR1, 3x poistka gG 22A	-	0,46/0,48/0,45
Poistkový odpájač FU3 pre z vodič prepätia saltek SLP – 1000 PH V/3, 2x poistka gG 20A	-	0,48/0,47
Zvodič prepätia FV2 saltek SLP – 1000 PH V/3, DC strana	-	-

Poistkový odpájač FU4 pre z vodič prepätia saltek SLP-100 PH V/3, 2x poistka gG 20A	-	0,42/0,43
Zvodič prepätia FV3 saltek SLP – 100 PH V/3, DC strana	-	-
Plastová rozvodnica RC SCAME 230/400V, IP40 TN-C-S, I _N 40A, IP66	-	-
Istič QF5 OEZ PL6 B20/3 prepój RFVZ a rozvodnica RS kablom CYKY 5Jx6	10x510	0,46/0,47/0,46
HUP – hlavná uzemňovacia prípojnice umiestnená pod rozvádzačom HR		
HUP – PE RFVZ CY16: 0,011 Ω		
HUP – PE striedač CY16: 0,012 Ω		
PE RFVZ – PE RS: 0,012 Ω		
HUP – konštrukcia panelov: 0,011 Ω		
Zemný odpor uzemňovača pre HUP – nerozpojená svorka: 0,89 Ω		
Zemný odpor uzemňovača pre HUP – rozpojená svorka: 1,19 Ω		

Vyhodnotenie prehliadky a merania:

Po prehliadke a meraní v predmetnom objekte **elektrické zariadenie vyhovelo** platným normám STN 33 2000-6: 2018, STN 33 2000-4-41, STN 33 2000-5-54, STN 33 2000 5-52, STN 33 3210 a normám súvisiacim a môže byť ponechané v trvalej prevádzke.

Je odporúčané elektrické zariadenie pravidelne udržiavať, kontrolovať a vzniknuté nedostatky odstraňovať.

Obsluhu a údržbu môžu vykonávať len pracovníci s kvalifikáciou podľa vyhlášky MPSVR SR č. 508/2009 Z.z. a STN 34 3100.

Ďalšia periodická kontrola sa odporúča podľa STN 33 2000-5-51 do 5 rokov pre vnútorné priestory a do 1 roka pre vonkajšie priestory (FV panely).

8 ZÁVER

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo zoznámiť sa s problematikou fotovoltaiiky, posúdiť reálny návrh domácej fotovoltaiickej elektrárne a spracovať revíziu posudzovanej FVE.

V úvode tejto bakalárskej práce sme rozobrali teoretickú časť solárnej energie, fotovoltaiických systémov a zariadení potrebných na ich prevádzku. Objasnili sme si princíp činnosti fotovoltaiických panelov a zoznámili sme sa s jednotlivými druhmi fotovoltaiických panelov. Oboznámili sme sa aj s najčastejšími poruchami fotovoltaiických panelov a spôsobmi ich detekcie.

V ďalšom bode sme rozobrali návrh posudzovanej domácej fotovoltaiickej elektrárne a špecifikovali sme jednotlivé použité zariadenia. Vyhodnotili sme namerané údaje z portálu SunnyPortal, slúžiaceho na jej monitorovanie a subjektívne sme ju posúdili. Majiteľovi posudzovanej fotovoltaiickej elektrárne sme položili otázky týkajúce sa dôvodu zriadenia, náročnosti prevádzky a problémoch pri jej zriaďovaní. Následne sme sa venovali spôsobom zvýšenia efektivity výroby a spotreby elektrickej energie vyrobenej posudzovanou FVE. Jednou z možností je zriadenie batériového systému, ktorý sme aj navrhli. Ďalšou z možností je preloženie 12 ks panelov zo strechy terasy, ktoré majú veľmi nízky sklon (5°) na strechu garáže, kde by bol sklon optimálnejší.

V poslednom bode sme vykonali revíziu posudzovanej FVE. Pred meraním sme si vyhľadali, aké skúšky a merania je potrebné vykonať. Následne sme vykonali revíziu, aj na základe východzej revíznej správy. Prekontrolovali sme dimenzovanie a súhlasnosť značenia zariadení a vodičov s projektovou dokumentáciou. Následne sme odmerali potrebné hodnoty izolačného odporu, odporu vypínacích slučiek s ističmi a prekontrolovali sme terčíky prepäťových ochrán. Odmerali sme prechodový odpor medzi hlavnou uzemňovaciou prípojniciou a jednotlivými rozvodnicami, striedačom a konštrukciou fotovoltaiických panelov. Štvorvodičovou metódou sme odmerali odpor zemniča, kde sondy boli od seba vzdialené 3 metre. Namerané hodnoty sú uvedené v meracom protokole. Na posudzovanom zariadení neboli nájdené žiadne mechanické či iné nedostatky. Po prehliadke a meraní v predmetnom objekte, elektrické zariadenie vyhovelo platným normám STN 33 2000-6: 2018, STN 33 2000-4-41, STN 33 2000-5-54, STN 33 2000 5-52, STN 33 3210 a normám súvisiacim a je schopné bezpečnej a trvalej prevádzky.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] Ladener, H., Späte, F.: Solární zařízení.. Praha, 2003. 9 s. ISBN 80-247-0362-9
- [2] Brož, K., Šourek, B. Alternativní zdroje energie. 1. vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2003. 7-8 s. ISBN 80-01-02802-X.
- [3] Murtinger, K., Truxa, J. Solární energie pro váš dům. 1. vyd. Brno : ERA, 2005. ISBN 80-7366-029-6.
- [4] Motlík, Jan, et al. Obnovitelné zdroje energie a jejich využití v ČR. Praha: ČEZ a. s., 2007. ISBN 978-80-239-8823-9.
- [5] Princip fotovoltaického článku. Profielektrika [online]. Praha: František Kosmák, 2009 [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: < <https://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltaickeho-clanku> >
- [6] Solární (fotovoltaické) články [online]. 2006 [cit. 2008-10-21]. Dostupný z: <<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>> .
- [7] Murtinger, K., Beranovský, J., Tomeš, M. Fotovoltaika. Elektřina ze slunce. Brno : ERA, 2007. ISBN 978-80-7366-100-7.
- [8] Typy solárních panelů. Innogy [online]. innogy [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: <<https://www.elektřinazeslunce.cz/FAQ-TYPY-SOLARNICH-PANELU>>
- [9] Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů. Tzbinfo [online]. Bronislav Bechník, 2014 [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: < <https://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu> >
- [10] Murtinger, K., Beranovský, J., Tomeš, M. Fotovoltaika. Elektřina ze slunce. Brno : ERA, 2007. ISBN 978-80-7366-100-7.
- [11] 10 výhod fotovoltaiky. Mega-Sunshine [online]. EPIA [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: <<http://www.mega-sunshine.cz/FOTOVOLTAICKE-ELEKTRARNY/10-VYHOD-FOTOVOLTAIKY/>>
- [12] Klimek, P.. Problémy a perspektivy fotovoltaiky. Energie 21. 2008, roč. 1, č. 4, s. 36- 37. ISSN 1803-0394.
- [13] Srdečný, K. Problémy fotovoltaických projektů z hlediska energetického auditu. Technická zařízení budov [online]. 2008 [cit. 2008-10-27]. Dostupný z: < <https://www.tzb-info.cz/5073-problemy-fotovoltaickych-projektu-z-hlediska-energetickeho-auditu> >
- [14] Pavlová, L. Fotomorfogeneze. Praha: Univerzita Karlova, 1996. ISBN 80-7184-148-X.
- [15] ŘEŠÍME VAŠE PROBLÉMY. PHOTONENERGY [online]. PHOTONENERGY [cit. 2019-12-19]. Dostupné z:< <http://www.photonenergyoperations.cz/otazky-a-odpovedi> >
- [16] Měnit nebo neměnit FV panely? Tzbinfo [online]. EICERO, 2018 [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: < <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/18237-menit-nebo-nemenit-FV-panely> >
- [17] JAKUBES, Jaroslav. Fenomén „Snail Trails“ / „šnečí cestičky“: — je ohrožen výkon FVE? Tzbinfo [online]. 2012 [cit. 2013-03-16]. Dostupné z: < <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/9020-fenomen-snail-trails-sneci-cesticky> >.
- [18] TOMEŠ, Milan. Zkušenost soudního znalce z posuzování FVE v roce 2011. Ostrava, 2012.

- [19] Detekce vad u fotovoltaických panelů. Tzbinfo [online]. EICERO, 2018 [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: <- <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/18366-detekce-vad-u-fotovoltaickych-panelu>>
- [20] Čo je Ostrovný systém? JAKAMA-GE [online]. JAKAMA-GE [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: <<https://www.jakama-ge.sk/JAKAMA-GE/8-DALSIE-INFORMACIE/4-CO-JE-OSTROVNY-SYSTEM>>
- [21] SIEŤOVÉ ELEKTRÁRNE. JAKAMA-GE [online]. JAKAMA-GE [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: <<https://www.jakama-ge.sk/jakama-ge/eshop/2-1-SIETOVE-FV-ELEKTRARNE>>
- [22] On-grid měniče. SAFE [online]. SAFE [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: <<https://www.atom-safe.cz/c/fotovoltaika/menice-napeti/on-grid-menice>>
- [23] Aleo S18 250W. TP-Tech [online]. TP-Tech [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: <<http://www.tp-tech.sk/katalog.php?c=103&p=381>>
- [24] SUNNY TRIPOWER. DavidŠtička [online]. SMA [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: <<http://www.sticka.cz/user/10774/upload/stuff/files/14251211-datasheet-sma-sunny-tripower-stp-5000tl-12000tl-20.pdf>>
- [25] SUNNY HOME MANAGER. SMA [online]. SMA [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: <http://eshop.terms.eu/_data/s_3386/files/1360675397-HOMEMANAGER-DCZ121110.pdf>
- [26] Baterie Li-Ion 48V 121Ah 6,8kWh ESS 7.0. DavidŠtička [online]. BMZ [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <<http://www.sticka.cz/kategorie/baterie/bateriove-systemy/baterie-li-ion-48v-121ah-6-8kwh-ess-7-0/>>
- [27] Solární měnič SMA SI 6.0 H-11. DavidŠtička [online]. BMZ [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <<http://www.sticka.cz/kategorie/hybridni-menice/sma/solarni-menic-sma-si-6-0-h-11/>>
- [28] Fotovoltaická 5 MW elektrárna [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <<http://www.ukrajina.sk/sk/cpk-michalovce/projekty/realizovane/037/vystupy-projektu/fotovoltaicka-5-mw-elektraren/>>
- [29] Fotovoltaické systémy pro výrobu elektřiny [online]. CNE [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <<http://www.cne.cz/fotovoltacke-systemy/uvod-do-FV-systemu/>>
- [30] Fotovoltaika. SOLARDOM [online]. [cit. 2020-05-8]. Dostupné z: <<http://www.solardom.sk/fotovoltika>>
- [31] TRAXLE [online]. Solar trackers and concentrators. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <<http://www.pvpumps.com/tra-siv.jpg>>
- [32] Fotovoltaika - Malý nezávislý systém (Ostrovný systém). SOLARDOM [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <<https://dodavatelja.123dopyt.sk/601619-ekovital-s-r-o/ponuka/370983-fotovoltaika-maly-nezavisly-system-ostrovnny-system>>
- [33] Schéma možných připojení. Solartec [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <<https://www.solartec.cz/rodinne-domy-a-strechy/fotovoltaika/schema-moznych-pripojeni>>
- [34] Fotovoltaika - Kombinovaný systém. 123dopyt [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <<https://dodavatelja.123dopyt.sk/601619-ekovital-s-r-o/ponuka/370987-fotovoltaika-kombinovany-system>>

- [35] UNIMER 09 - UNIVERZÁLNY REVÍZNY PRÍSTROJ. Meratest [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <<https://meratest.sk/s-pripojenim-na-pc/1129-unimer-09-univerzalny-revizny-pristroj.html>>

PRÍLOHY

