

# ANALYZING OF PHOTOVOLTAIC POWER PLANT DUKOVANY

**Jakub Mačát**

Master (2), FEEC-BUT

E-mail: xmacat01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Vaněk

E-mail: vanekji@feec.vutbr.cz

**Abstract:** The article is about researching of the oldest photovoltaic panels in the Czech Republic. There are mentioned several methods of investigation using after 17 years working of photovoltaic power station. Then the article describes changes in the surface of the panels and discovered defect caused during the production and also by many years of working. Furthermore, in the article there are shown graphs of their current VA characteristic and percentage of maximum power output change.

**Keywords:** electroluminescence, thermographic scan, solar simulator

## 1 ÚVOD

Fotovoltaika zažívá od roku 2007 v České republice obrovský rozmach a snad každý podnikatel si klade otázku, jaký budou mít panely výkon za 20 let denního provozu. Práce se zabývá měřením panelů po 17. letech fungování v reálných podmínkách. Panely byly postupně zkoumány a otestovány v akreditované Zkušební laboratoři CVVOZE oddělení PVLab v Brně. Tato laboratoř disponuje slunečním simulátorem švýcarské firmy PASAN nejvyšší možné třídy a výsledky měření mohou posloužit k případným reklamním fotovoltaických panelů.

## 2 HISTORIE FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY V DUKOVANECH A JEJÍ PARAMETRY

V roce 1994 byla společností ČEZ zahájena výstavba komplexu obnovitelných zdrojů v Jeseníkách poblíž přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé Stáně. V rámci projektu větrné farmy Mravenečník byla vystavěna i fotovoltaická elektrárna o výkonu 10 kW. Panely byly dodané, dnes už neexistující, českou firmou Tesla Trimex z Rožnova pod Radhoštěm. Z důvodů nepříznivých klimatických podmínek se výstavba celého projektu protáhla až do roku 1998. Od října téhož roku byla spuštěna první fotovoltaická elektrárna v České republice. Z výkonu fotovoltaického systému je patrné, že elektrárna nebyla stavěna za výdělkem, nýbrž pro experimentální a ověřovací účely. Elektrárnu z počátku provázely nemalé problémy s měniči, které byly často odesílány dodavateli na servis do Německa. Důsledkem bylo časté odpojení sekcí a jejich neprovozuschopnost. V roce 2002 byla elektrárna přestěhována do areálu jaderné elektrárny Dukovany. Důvodem jejího přesunu byly časté krádeže panelů a značné poničení vandalismem.

|                            |           |                                     |               |
|----------------------------|-----------|-------------------------------------|---------------|
| počet sekcí solárního pole | 2         | napětí naprázdno                    | 21,5 V        |
| jmen. výkon elektrárny     | 10 kW     | proud nakrátko                      | 3,42 A        |
| celkový počet panelů       | 200 ks    | teplot. koef. výstup. napětí modulu | -80mV/°C      |
| rozměry elektrárny         | 18 x 32 m | teplot. koef. výstup. proudu modulu | 0,04%/°C      |
| typ fv panelů              | M-S 36-53 | rozměry panelu                      | 105x453x34 mm |
| maximální výkon panelu     | 53 W      | mezí teplota modulu                 | (-40 + 85) °C |

**Tabulka 1:** Parametry fotovoltaické elektrárny a použitých panelů

### 3 METODY MĚŘENÍ

Měření panelů fotovoltaické elektrárny probíhalo ve třech etapách. První etapou bylo vytipování jednotlivých panelů termokamerou, druhá etapa byla založena na měření elektroluminiscence a třetí měření, slunečním osvitem, probíhalo v testovací komoře certifikované laboratoře.

#### 3.1 MĚŘENÍ TERMOKAMEROU

Měření je založeno na rozdílu teplot, kde vadné články vydávají více tepla než články bez závad. Výhodou tohoto měření je, že se panely nemusí složitě demontovat a převážet do testovacích laboratoří, protože měření lze provádět za normálního provozu pomocí termokamery. Teplotní rozdíly jsou na termokameře rozděleny pomocí barev. Z letitých zkušeností lze říci, že pokud teplota poškozeného článku dlouhodobě překročí hranici o 20° C než je výrobcem doporučená teplota, může dojít až k 50% snížení celkové životnosti panelu.

#### 3.2 MĚŘENÍ ELEKTROLUMINISCENCE

Test elektroluminiscence se zakládá na měření výkonových charakteristik FV panelů a dokáže odhalit skryté vady, které nelze vidět termokamerou ani pomocí V-A charakteristiky. Elektroluminiscence je světelná emise záření vznikající při zářivé rekombinaci křemíku. S její pomocí lze vyhodnotit jak kvalitu výrobního procesu článků, tak i případné defekty vzniklé pozdější manipulací s fotovoltaickými moduly. Elektroluminiscence odhaluje především vznik mikrotřlin, které mají velký vliv na stabilitu výkonových parametrů. Defekty nevyzařující žádné nebo slabé záření a jsou tak na snímcích velmi snadno pozorovatelné.

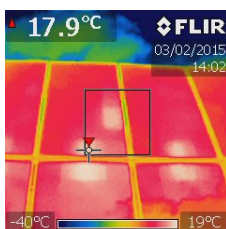
#### 3.3 MĚŘENÍ SLUNEČNÍM SIMULÁTOREM

Akreditovaná Zkušební laboratoř CVVOZE oddělení PVLab Brno provádí certifikované měření účinnosti a výkonových charakteristik fotovoltaických panelů. Měření se provádí simulátorem firmy PASAN Sun Sim 3C nejvyšší třídy A+/A+/A+ dle normy IEC 60904 – 9. Tester pomocí krátkého světelného impulsu definované délky, intenzity a spektra proměří celou voltampérovou charakteristiku fotovoltaického panelu.

### 4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

#### 4.1 TERMOGRAFICKÝ SKEN

První únorový týden roku 2015 proběhlo měření termokamerou flir i7 v prostorách fotovoltaické elektrárny. Samotné měření se provádí snímáním povrchu jednotlivých panelů a tímto způsobem bylo vybráno deset panelů. Snímek zobrazuje jednotlivé poškození panelů (Obr. 1).

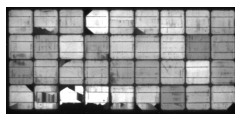


**Obrázek 1:** Viditelné poškození článků v panelech

Následující týden byly panely demontovány a převezeny do laboratoře, kde proběhlo jejich čištění z důvodu přesnosti dalších měření.

## 4.2 ELEKTROLUMINISCENCE

Měření se provádí laboratorně v temné komoře a jednotlivé panely jsou snímány CCD kamerou G2-3200.

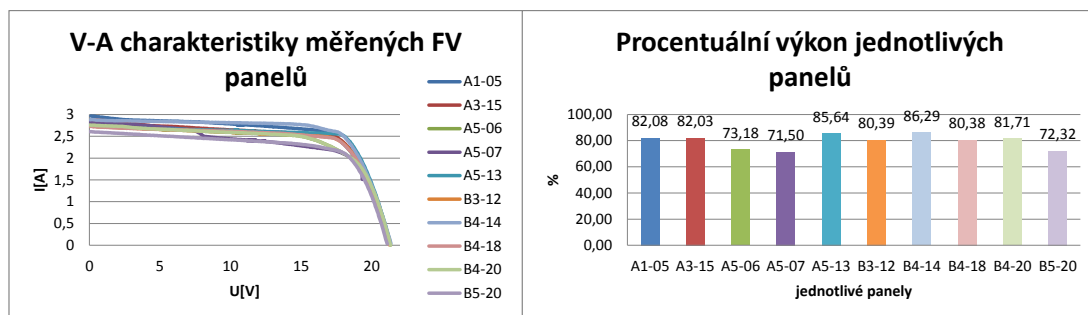


**Obrázek 2:** Elektroluminiscenční snímek panelu

Na obrázku (Obr. 2) je patrný rozpad článků v panelu. Dále jsou zde vidět škrábance na povrchu způsobené nedokonalostí výrobních procesů.

## 4.3 SLUNEČNÍ SIMULÁTOR

Před samotným měřením je nutné do systému zadat parametry  $f_v$  panelu uváděné výrobcem a určit filtr pro správnou intenzitu slunečního záření. Měření se provádí tak, že  $f_v$  panel se umístí do světelné komory a osvítí po dobu 10 ms. Za tuto dobu systém zaznamená přibližně 500 hodnot. Ze samotného měření a zadaných hodnot systém vykreslí V-A, výkonovou charakteristiku a vypočte současný výkon panelu.



**Obrázek 3:** VA charakteristiky a procentuální změna výkonu testovaných panelů

## 5 ZÁVĚR

Měřením byla otestována funkčnost fotovoltaických panelů po 17 letech fungování v reálných podmínkách. Nejhorší panel (ozn. A5-07) dosahoval hodnoty 37,9 W což je oproti původním 53 W snížení výkonu o 28,50%. U tohoto panelu je snížení ovlivněno částečně proraženou bypassovou diodou což je vidět i na V-A charakteristice. Ostatní panely se pohybovaly od 38 W do 43 W. Panel s označením B4-14 dosáhl hodnoty až 45,74 W a jeho výkonová změna je tedy 86,29%. Současní výrobci garantují snížení výkonu o 20% za 20 let fungování. Přihlédneme-li ke stáří panelů a někdejšími výrobními technologiím jsou výsledky měření lepší než se očekávalo.

## REFERENCE

- [1] BURKET, Daneš. *Dukovanská fotovoltaická elektrárna (I)*, 2006.[online]. [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/3438-dukovanska-fotovoltaicka-elektrarna-i>>.
- [2] VANĚK, Jiří a ŠTORM Martin. *Fotovoltaická laboratoř*, 2012. [online]. [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <<http://www.pvlab.cz/>>.