

# Využitie štatistických metód pri spracovaní dát z fotovoltických panelov

Dušan Medved', Michal Kolcun  
Katedra elektroenergetiky FEI TU v Košiciach  
Mäsiarska 74  
041 20 Košice, Slovenská republika  
Dusan.Medved@tuke.sk, Michal.Kolcun@tuke.sk

Rastislav Stolárik, Štefan Vaško  
VÁDIUM s.r.o.  
Plzenská 2  
080 01 Prešov, Slovenská republika  
stolarik@vadium.sk, vasko@vadium.sk

**Abstrakt** — Tento príspevok sa venuje nasadeniu štatistických metód a ich modifikácií pri vyhodnotení nameraných dát z fotovoltických panelov.

**Kľúčové slová:** štatistické metódy; fotovoltický panel

**Abstract** — This paper deals with the use of statistical methods and their modifications for the evaluation of the measured data of photovoltaic panels.

**Keywords:** statistical methods; photovoltaic panel

## I. ÚVOD

Pre odhadovanie chýb a analýzu neštandardných zmien vo fotovoltických elektrárnach sa s výhodou využívajú štatistické metódy. Vďaka nim je možné pomerne rýchlo prísť na chyby, ktoré by predtým ostali neodhalené a kvôli ktorým by mohol majiteľ FV elektrárne prísť o svoje výnosy alebo ktoré by smerovali k závažnejším poruchám. Medzi najčastejšie štatistické analýzy, ktoré je možné vyhodnotiť patrí štatistické porovnávanie striedača a FV elektrárni medzi sebou; využitie dlhodobej štatistiky pre vyhľadávanie skrytých porúch striedačov a štatistické zobrazenie grafických prehľadov výroby v príslušných časových úsekoch.

Diagnostika a nedeštruktívna hĺbková analýza pri testovaní FV panelov vedie k získaniu dát, ktoré je potrebné následne spracovať. Medzi diagnostické metódy patrí napríklad V-A analýza, meranie prostredníctvom termokamery alebo elektroluminiscencie. Vďaka nim je možné pomerne jednoducho predpovedať poruchu, poprípade následne dokladovať podklady pre reklamáciu FV panelu. Výsledky sú samozrejme ovplyvnené použitou meracou, resp. vyhodnocovacou štatistickou metódou, ktorá podáva obraz príslušných chýb, resp. nameraných kvalít konkrétneho typu FV panelu.

## II. VYUŽITIE ŠTATISTICKÝCH METÓD PRI SPRACOVANÍ NAMERANÝCH DÁT Z FOTOVOLTICKÝCH PANELOV

Pojem štatistika je veľmi obšírny. V praxi sa neraz stretáme so slovnými spojeniami: „štatisticky bolo zistené, že ...“ alebo štatistika hovorí, že ...“, pričom je podaná informácia o istej skutočnosti (napr. priemerný zárobok alebo hmotnosť, sledovanosť istej televíznej stanice, životnosť výrobkov, spotreba benzínu, volebné preferencie atď.). Takáto informácia je stopercentne pravdivá len vtedy, ak sa zistil skúmaný **štatistický znak** (zárobok, hmotnosť, sleduje – nesleduje atď.) pre každú **štatistickú jednotku**, t.j. pre každý objekt skúmania. To sa však dá len zriedkavo realizovať, mohlo by to byť finančne náročné alebo by to stratilo zmysel (napr. pri

získovaní životnosti výrobkov by sme zlikvidovali celú výrobu). Preto sa zistí skúmaný znak na **náhodnom výbere – vybranej vzorke** a zo získaných údajov sa urobí zovšeobecnenie vo forme štatistického záveru o celom **základnom súbore**, t.j. o celej množine štatistických jednotiek, ktorá je predmetom skúmania.

Pri tomto postupe však musíme pripustiť riziko, že náš štatistický záver o základnom súbore nebude dobrý. Mieru tohto rizika charakterizujeme tzv. **hladinou významnosti**  $\alpha \in (0, 1)$ , ktorá v podstate stanovuje pravdepodobnosť toho, že náš štatistický záver je chybný. Číslo  $\gamma = 1 - \alpha$  udáva zrejme pravdepodobnosť správneho záveru, a preto je prirodzené nazvať ho **koeficientom spoľahlivosti**.

Medzi hlavné úlohy štatistického skúmania patria:

- odhady a intervaly spoľahlivosti parametrov základného súboru;
- testovanie štatistických hypotéz;
- korelačná a regresná analýza.

## III. PREDIKCIA VÝKONU Z FOTOVOLTICKÉHO PANELU

Predikcia dodávaného výkonu z FV článkov je úzko spätá s meteorologickými predpoveďami, resp. aktuálnej kondície FV panelu. Inými slovami, jedná sa o pravdepodobnosť, ktorá môže nastať pri určitých vstupných predpokladoch, t.j. súvisí s teóriou pravdepodobnosti.

Náhodné javy (napr. výkon z FV panelu v závislosti od oblačnosti) je možné hodnotiť podľa toho, akú veľkú majú nádej, že pri náhodnom pokuse nastanú. Posudzujú sa teda podľa veľkosti pravdepodobnosti výskytu. Pravdepodobnosť náhodného javu je číslo, ktoré udáva mieru možnosti výskytu náhodného javu.

Ak môže náhodný pokus vykázať konečný počet  $n$  rôznych výsledkov, ktoré sú rovnako možné a ak  $m$  z týchto výsledkov má za následok vznik javu  $A$ , pričom zostávajúcich  $n - m$  výsledkov ho vylučuje, potom pravdepodobnosť vzniku javu  $A$  sa počíta nasledovne:

$$P(A) = \frac{m}{n} \quad (1)$$

Pravdepodobnosť javu  $A$  je teda pomer výsledkov priaznivých javu  $A$  (za priaznivý sa považuje ten výsledok, keď nastal jav  $A$ ) k počtu všetkých možných výsledkov.

Predpoklad konečného počtu výsledkov náhodného javu a rovnaká možnosť ich vzniku je v praxi často nesplnená. V takýchto prípadoch sa číselná hodnota pravdepodobnosti

odhaduje podľa výsledkov skutočne realizovaných náhodných pokusov. Vychádza sa zo **štatistickej definície pravdepodobnosti**, ktorej podstatou je, že sa pravdepodobnosť javu  $A$  odhaduje relatívnou početnosťou vzniku javu  $A$  v skutočne náhodnom pokuse. Relatívna početnosť sa vypočíta nasledovne:

$$p = \frac{m}{n} \quad (2)$$

Kde  $m$  je početnosť javu  $A$  a  $n$  je počet realizácií pokusu. Ak počet realizácií pokusu rastie, podiel  $p$  sa čoraz menej líši od pravdepodobnosti javu  $A$ ,  $P(A)$ . Pri dostatočne veľkom počte nezávislých realizácií pokusu sa pravdepodobnosť javu  $A$  takmer presne rovná relatívnej početnosti:

$$P(A) \approx p = \frac{m}{n} \quad (3)$$

Jednou zo základných vlastností pravdepodobnosti je to, že vždy nadobúda hodnoty od 0 po 1, pričom 0 nadobúda v prípade **nemožného javu** (napr. FV panel generuje harmonický neskraslený výkon) a 1 v prípade **istého javu** (napr. FV panel generuje výkon od 0 po  $P_{\text{inst}}$  [W]).

Ako príklad štatistického vyhodnotenia nameraných dát z FV panelov patria namerané dáta vyrobenej energie, dáta o poruchách, resp. nezvratné zmeny, ktoré vedú k následnému zníženiu dodávaného výkonu, alebo ich výmene.

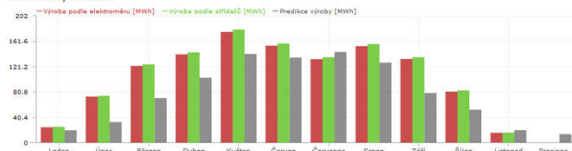
Statistiky a data

Celková výroba (elektrická práca) v MWh v jednotlivých mesiacoch

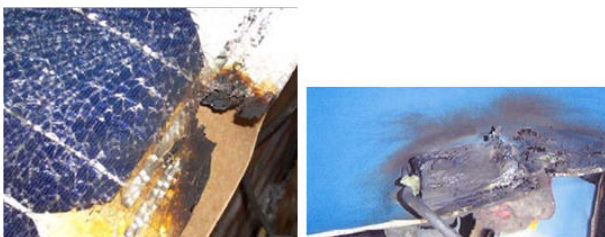
Export dot

Mesiac	Celková výroba [MWh]				Predĺžka výroby [MWh]		Rozdiel proti predĺžke [%]	Detailní záznam
	Elektrická	Střídače	Rozdiel <sup>1</sup>	Rozdiel <sup>2</sup> [%]	Predĺžka výroby	Rozdiel proti predĺžke [%]		
Leden	24,429	25,221	-0,792	-3,24%	19,778	+23,57%	Detailní záznam	
Únor	73,315	74,557	-1,242	-1,69%	32,923	+122,69%	Detailní záznam	
Březen	122,244	124,505	-2,261	-1,85%	71,618	+72,15%	Detailní záznam	
Duben	140,455	143,607	-3,152	-2,24%	103,287	+25,99%	Detailní záznam	
Květen	176,257	180,008	-3,751	-2,13%	141,213	+24,82%	Detailní záznam	
Červen	154,418	157,848	-3,430	-2,22%	135,565	+13,91%	Detailní záznam	
Červenec	132,902	136,009	-3,107	-2,34%	144,441	-7,99%	Detailní záznam	
Srpen	153,736	156,839	-3,104	-2,02%	127,495	+20,58%	Detailní záznam	
Září	133,308	135,964	-2,756	-2,02%	79,079	+68,45%	Detailní záznam	
Říjen	81,212	83,107	-1,895	-2,33%	52,451	+54,83%	Detailní záznam	
Listopad	15,612	15,963	-0,351	-2,25%	20,093	-23,30%	Detailní záznam	
Průměr					13,556		Detailní záznam	
	Σ = 1 207,787	Σ = 1 233,628	Σ = -2,349	Σ = -2,22%	Σ = 940,883	+28,37%		

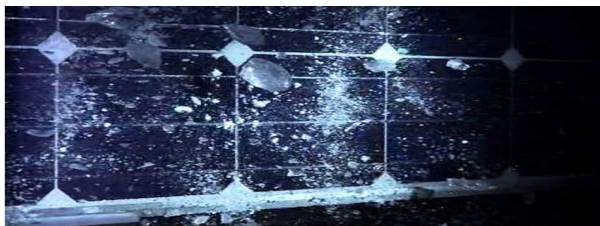
Graf roční produkce



Obr. 1. Štatistiky a dáta – zaznamenaná výroba (v MWh) FV elektrárne za celý rok (<http://www.solarcontrol.cz>)



Obr. 2. Poškodenie FV panelu vplyvom blesku (<http://energy.sandia.gov>)



Obr. 3. Poškodenie FV panelu vplyvom búrkovej činnosti (<http://connect2solar.com.au>)



Obr. 4. Poškodenie FV panelu vplyvom priesaku vody do panelu (<http://www.airandwater.com.au>)

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Výskum charakteristík fotovoltických komponentov pre efektívne projektovanie solárnych systémov, s ITMS kódou: 26220220080, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Európska únia  
Európsky fond regionálneho rozvoja



Operačný program  
VÝSKUM a VÝVOJ



Agentúra  
Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR  
pre štrukturálne fondy EÚ

Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ.

LITERATÚRA

- [1] Buša, J., Pirč, V., Schrötter, Š.: *Numerické metódy, pravdepodobnosť a matematická štatistika*. Košice 2006. 166 s. ISBN 80-8073-632-4.
- [2] Rimarčík, M.: *Štatistika pre prax*. 1. vyd. 2007. 200 s. ISBN 978-80-969813-1-1.
- [3] Solartec, s.r.o.: *Monitoring, servis a diagnostika FV elektrárne* [online]. Dostupné na internete: < <http://www.elektrotrh.cz/alternativni-energie/monitoring-servis-a-diagnostika-fv-elektrotrh> >.
- [4] Dušan Medved': *Možnosti zvýšenia účinnosti fotovoltických panelov*. In: *Elektroenergetika*. Roč. 4, č. 1 (2011), - ISSN 1337-6756.