

Michal Kolcun

Trendy v riadení obnoviteľných zdrojov energie

Spotreba elektrickej energie v priemysle ako aj domácnostiach má rastúci trend a v súčasnosti sa vyvíja množstvo aplikácií, ktoré ešte zvýšia spotrebu elektriny v najbližších desaťročiach. Je možné očakávať, že viac ako 60 % všetkých spotrebiteľov bude využívať elektrickú energiu. Preto požiadavkou na trvalo udržateľný rozvoj je, aby výroba, distribúcia a využitie elektrickej energie sa vykonávalo efektívnejšie ako v súčasnosti. Jednou z hlavných úloh pri naplnení tejto skutočnosti je zmena výroby elektrickej energie z konvenčných (fosílnych) zdrojov na výrobu z obnoviteľných zdrojov energie. Druhou dôležitou úlohou je využitie efektívnejších výkonových prvkov elektroniky pri výrobe, prenose/distribúcii a spotrebe elektrickej energie. V tomto príspevku sa bude pojednávať o využívaní obnoviteľných zdrojov energie ako sú veterné farmy a fotovoltaické polia, v ktorých sa vo vysokej miere využívajú nové výkonové elektronické zariadenia.

Kľúčové slová: fotovoltaika, veterná turbína, riadenie fotovoltaických systémov

I. ÚVOD

V klasických energetických systémoch, produkujú väčšinu celkovej energie veľké elektrárne umiestnené na správnych geografických miestach, ktorá je potom prenášaná vedeniami do miest spotreby. V súčasnosti sa zloženie energetického systému mení v dôsledku pribúdania disperzných zdrojov, vrátane obnoviteľných a neobnoviteľných zdrojov, ako napr. veterné turbíny, príbojové elektrárne, fotovoltaické polia, malé vodné elektrárne, palivové články a stanice kombinovanej výroby tepla a elektriny, ktoré sa inštalujú na celom svete. Nasadenie obnoviteľných zdrojov má v súčasnosti rastúci trend. Napr. v Dánsku cca. 25 % spotreby elektrickej energie je pokrytých z veterných zdrojov. Jednou z hlavných výhod obnoviteľných zdrojov je zníženie škodlivých emisií a využívanie takmer nevyčerpatelných zdrojov ako primárnych zdrojov energie. Na druhej strane, jednou z nevýhod je pomerne vysoká cena a značná neriaditeľnosť, nakoľko sú závislé od zmien počasia. Dostupnosť obnoviteľných zdrojov energie je závislá od klimatických podmienok v danej oblasti a tak denný diagram zaťaženia je v kooperácii s aktuálnou dostupnosťou zdrojov a súčasnými potrebami spotrebiteľov. V súčasnosti je veľmi obťažné prevádzkovať energetický systém len s obnoviteľnými zdrojmi, nakoľko charakteristiky týchto zdrojov sú rôzne a je vysoká miera neistoty v dostupnosti obnoviteľných zdrojov v danom okamihu. Preto sa začali využívať rôzne obnoviteľné zdroje, s rôznymi záťažovými charakteristikami, nakoľko skladovanie energie sa v súčasnosti vo veľkej miere nevyužíva.

Využívanie veternej energie vo veterných turbínach je jednou z najviac rozvíjajúcich sa technológií obnoviteľných zdrojov energie. Začiatkom 80.-tych rokov sa produkovalo len niekoľko kW na jednu turbínu. V súčasnosti sa inštalujú jednotky s 5 MW na jednu turbínu. To znamená, že v minulosti malé veterné jednotky nemali takmer žiadny vplyv na riadenie elektrizačnej sústavy a mohli sa pripojiť do rôzneho miesta v sústave. V súčasnosti majú veterné turbíny značný vplyv na sieť. V minulosti využívali veterné turbíny asynchrónny motor s kotvou nakrátko, ktorý bol priamo pripojený k sieti. Turbína nebola riadená a teda nebolo riadenie činného a jalového výkonu. Využívali sa len kondenzátorové batérie na regulovanie frekvencie a napätia v sieti. Zvyšovaním výkonu veterných turbín sa začali využívať prvky elektroniky ako riadiaci člen medzi veternou turbínou a sieťou. Výkonová elektronika zmenila tvar základných

charakteristík veternej turbíny z jednoduchého energetického zdroja na aktívny energetický zdroj. V súčasnosti sa využívaním výkonových elektronických prvkov stáva energia vyrobená veternými turbínami atraktívnou na trhu s elektrinou.

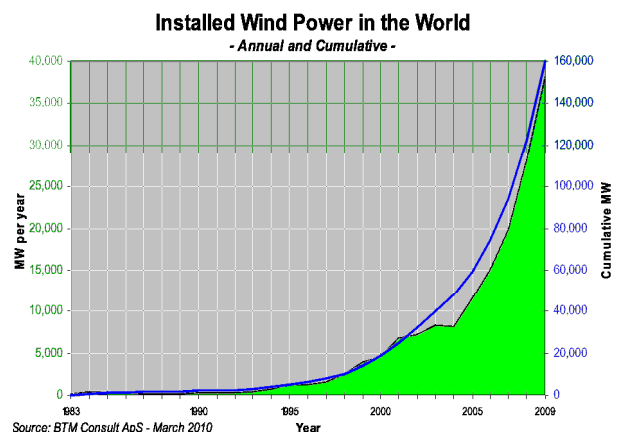
Rozvoj fotovoltaiky zaznamenáva v súčasnosti rastúci trend. Každým rokom sa cena za vyrobenú kWh znižuje zlepšením účinnosti fotovoltaických článkov a tiež zvýšením účinnosti striedačov. Výkonová elektronika je znovu kľúčovým prvkom k prepojeniu technológií fotovoltaických meničov s elektrickou sieťou.

Na druhej strane, obe spomínané technológie posúvajú elektrickú sieť do stavu nekontrolovateľnosti a disperznosti. Dispečeri sa preto snažia vyvinúť nové metódy riadenia siete – napr. využitím tzv. smart sietí, kde sa zavádzajú nové požiadavky na komunikáciu, riadenie, bezpečnosť, ochranu medzi energetickými zariadeniami.

II. SÚČASNÝ STAV VETERNEJ ENERGIE A FOTOVOLTAIKY

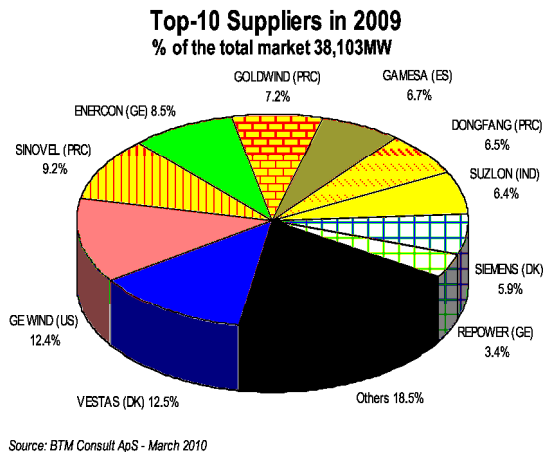
A. Veterná energia

V roku 2009 bolo inštalovaných vyše 38 GW nových veterných turbín. Celkovo veterná energetika ponúka na trhu približne 200 GW a toto číslo značí, že je pomerne veľkým a dôležitým hráčom na trhu s elektrinou. Celkovo sa veterná energetika podieľa 1,6 % z celkového inštalovaného výkonu a je predpoklad, že v roku 2019 bude inštalovaných 1 TW veterných zdrojov, čo predstavuje 8 %-ný podiel na trhu. Vývoj trhu na poli veternej energetiky je znázornený na obr. 1.



Obr. 1. Ročný a kumulatívny inštalovaný výkon veterných turbín v rokoch 1985 – 2009 (zdroj: BTM Consult)

Dánska spoločnosť Vestas Wind Systems bola v roku 2009 jednotkou na trhu výrobcov veterných turbín, nasledovala spoločnosť GE Wind. Na treťom, štvrtom a piatom mieste boli čínska spoločnosť Simovel, nemecká spoločnosť Enercon a čínska spoločnosť Goldwind. Je zaujímavé, že tri čínske spoločnosti sú v prvej desiatke s celkovým podielom na trhu 23,3 %. Obr. 2 znázorňuje najväčších dodávateľov veterných turbín v roku 2009.

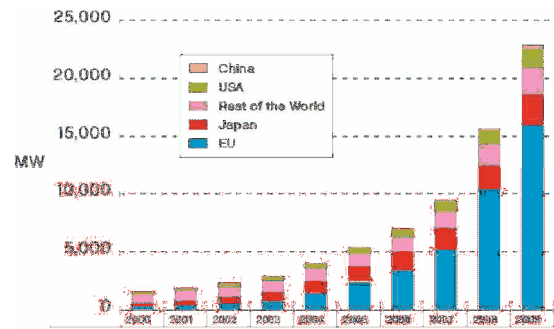


Obr. 2. Podiel výrobcov veterných turbín vo svete v roku 2009 (zdroj: BTM Consult)

V súčasnej dobe, je veľmi zaujímavý koncept s reguláciou otáčok veternej turbíny a s riadením polohy turbíny podľa smeru vetra. Naproti tomu, niektorí výrobcovia stále poskytujú „klasické“ statické turbíny so stálou rýchlosťou otáčania, najmä v krajinách, kde regulácia jalového výkonu nie je striktno nariadená (napr. v Číne, niektoré časti USA). Naproti tomu, spoločnosť Siemens Wind Power dodala na trh indukčný motor s kliečkou nakrátko s niekoľkomegawatovým výkonom a plnou reguláciou výkonu veternej turbíny (FCS). Spoločnosť Enercon využíva krúžkový synchronný generátor. Ďalšie spoločnosti vyvinuli veterné turbíny s permanentnými magnetmi synchronných generátorov (PMSG). Momentálne len nemecká spoločnosť Enercon poskytuje bezprevodkové regulovanie otáčok podľa rýchlosti vetra. Všetci výrobcovia využívajú transformátor s odbočkami pre pripojenie k sieti. Všeobecným trendom je prejsť od obojstranne napájaného indukčného generátora (DFIG) k plne regulovateľnému meniču pre veterné turbíny. V súčasnosti dominuje využívanie DFIG, ale v budúcnosti sa predpokladá, že systémy FCS budú napredovať a prevýšia túto bilanciu. Zmena systémov sa týka hlavne veľkých veterných turbín (3 až 6 MW).

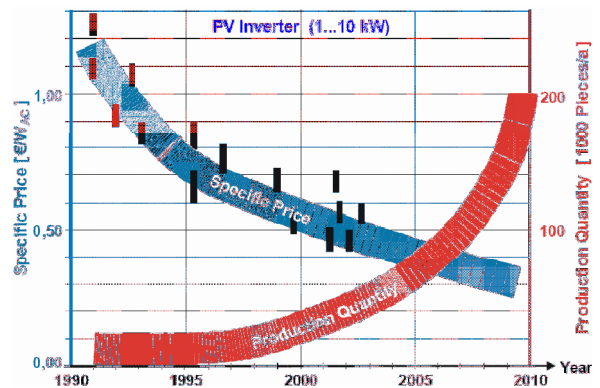
B. Solárna energia

Výrobu elektriny vo fotovoltaických meničoch zasiahol rovnako ako veterné turbíny technologický boom, ktorý začal nasadzovať FV systémy od roku 1980. Ročný nárast inštalovaného výkonu vo fotovoltaike v roku 2009 dosiahol hodnotu približne 7 GW. Obr. 3 predstavuje celkovú inštalovanú kapacitu fotovoltaických elektrární vo svete.



Obr. 3. Celkový inštalovaný výkon vo fotovoltaike v rokoch 2000 – 2009 (zdroj: EPIA, <http://www.epia.org>)

Ročná miera rastu za posledné 3 roky je stále vysoká (< 30 %). Rovnako ako v predchádzajúcich rokoch, väčšina nových zdrojov bola inštalovaná v EÚ, pričom dominuje Nemecko, nasleduje Španielsko a Taliansko. Trh v USA rastie pomerne rýchlo po tom, čo v Kalifornii zaviedli dotácie na výstavbu fotovoltaických zdrojov, ale v Japonsku sa rast výstavby nových FV elektrární spomalil. Podľa časopisu Photon, cena FV modulov sa znížila koncom roka 2009 na 1,5 €/W a je snaha o zníženie tejto hodnoty, využitím tenkostennej technológie, na 1 €/W, čo je silný argument na masívnejšie zavádzanie FV panelov ako zdroja energie. Samozrejme, k cene je potrebné pripočítať sumu za ostatné komponenty, napr. striedač (predstavuje cca 10–15 % z celkovej investičnej ceny FV systému). Ceny FV meničov v rozsahu 1–10 kW sú znázornené na obr. 4. Z grafu je možné vidieť, že cena za menič sa v priebehu posledných desiatich rokov znížila o polovicu. Hlavným dôvodom zníženia ceny je zvýšenie sériovej výroby meničov a zavádzanie nových systémov a technológií. Ďalšie zníženie o polovicu sa predpokladá v nasledujúcich desiatich rokoch. Je predpoklad, že v tomto roku 2011 cena na inštaláciu 1 W FV panelov bude cca 0,3 €.



Obr. 4. Vývoj a prognóza jednotkových nákladov a výrobného množstva pre FV striedače s menovitým výkonom 1 až 10 kW počas dvoch desaťročí (1 značí jednotkovú cenu produktu na trhu)

III. ZÁVER

Tento príspevok mal za cieľ predostrieť súčasné trendy vo veterných elektrárnach a fotovoltaických systémoch. Aplikácie výkonovej elektroniky sa masovo zavádzajú do rôznych oblastí veterných elektrární a značne tak zvyšujú účinnosť celého systému. Veterné turbíny tak napomáhajú udržiavať frekvenciu a napätie v uzloch siete dodávaním činného a jalového výkonu využitím výkonovej elektroniky. Na druhej strane, fotovoltaické zdroje rovnako využívajú prvky výkonovej elektroniky a to hlavne v striedačoch.

Využívanie týchto obnoviteľných zdrojov vo väčšom meradle tak napomáha k trvalo udržateľnému rozvoju energetiky vo svete.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Centrum výskumu účinnosti integrácie kombinovaných systémov obnoviteľných zdrojov energií, s kódom ITMS: 26220220064, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



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

LITERATÚRA

- [1] Birkner, Peter: *Fundamental Aspects of Data Quality for HV Asset Condition Assessment*, Electra (CIGRE), 2006, S. 1 ff, Ausgabe Oktober <https://online.tugraz.at/tug_online/voe_main2.getVolText?pDocumentNr=60128&pCurrPk=21607>.
- [2] Birkner, Peter – et.al.: *Operating Environment for Distribution Companies in Europe – Competitiveness through better Regulation*, CIRED 18th International Conference on Electricity Distribution; 6./7./8./9. Juni 2005, Turin, Italien, CIRED Tagungsband <http://www.cired.be/CIRED05/papers/cired2005_0729.pdf>.
- [3] Forsberg C.W.: *Sustainability by combining nuclear, fossil, and renewable energy sources* (ELSEVIER: 2009, ISSN: 0149-1970) *Progress in Nuclear Energy*, 51 (1), pp. 192-200.
- [4] Larry Moore at al.: *Photovoltaic Power Plant Experience at Tucson Electric Power*, GreenWatts <<http://www.greenwatts.com/Docs/TEPSolar.pdf>>.
- [5] Klemen Zakšek et. al.: *Solar Radiation Modelling*. Proceedings of the 6th Agile (April 24-26, 2003, Lyon, France, pp. 233-240, ISSN 0098-3004) <http://plone.itc.nl/agile_old/Conference/lyon2003/proceedings/51.pdf>.
- [6] Hans Müller-Steinhagen, Franz Trieb: *Concentrating solar power*. Quarterly of the Royal Academy of Engineering, Ingenia 18, February/March 2004 <http://www.trec-uk.org.uk/resources/ingenia_18_Feb_March_2004.pdf>.
- [7] Shortis, M. R. et. al.: *Photogrammetric analysis of solar collectors*. (ISPRS Congress Beijing 2008, Volume XXXVII, Part B5, Commission V, ISSN 1682-1750) <http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/5_pdf/14.pdf>.
- [8] Michal Šingliar: *Solar energy using for hydrogen production*. *Petroleum & Coal* 49 (2), 40-47, 2007, ISSN 1337-7027 <http://www.vurup.sk/pc/vol49_2007/issue2/pdf/pc_2_2007_singliar.pdf>.
- [9] John N. Bahcall: *Solar Models: An Historical Overview*. *Nuclear Physics B* 118, 2003, pp 77-86 <http://www.solarpaces.org/CSP_Technology/docs/solar_dish.pdf>.
- [10] Shortis, M. R., Johnston, G. H., Pottler, K. and Lüpfert, E.: *Photogrammetric analysis of solar concentrators*. Proceedings on CD-ROM, 12th Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conference, Fremantle, Australia, ISBN 0-9581366-1-0 (2004).
- [11] Pottler, K., Lüpfert, E., Johnston, G. H. and Shortis, M. R.: *Photogrammetry: A powerful tool for geometric analysis of solar concentrators and their components*. Proceedings, ISEC 2004 Conference "Solar 2004", Portland OR, USA, July 11-14, 2004.
- [12] Shortis, M. R. and Johnston, G. H. G.: *Photogrammetry: An available surface characterisation tool for solar concentrators - Part 2: Assessment of surfaces*. *Journal of Solar Energy Engineering*, 119(4): 286-291 (1997).
- [13] William P. Mulligan, et. al.: *Manufacture of solar cells with 21% efficiency*. Taylor Electronics Services, SunPower Corporation <<http://www.tayloredge.com/reference/Electronics/Photonics/HighEfficiencySolarCells.pdf>>.
- [14] Koehler, M. et al. 2002. *Photovoltaic panels on greened roofs: Positive interaction between two elements of sustainable architecture*. In: Proceedings from Rio 02-World Climate & Energy Event. <http://www.rio02.com/proceedings/pdf/151_Koehler.pdf>.
- [15] Mau, S., Jahn, U.: *Performance analysis of grid-connected PV systems*. 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 4-8 September 2006, Dresden, Germany. <http://www.iea-pvps.org/products/download/pap2_061.pdf>.
- [16] A. De Miguel, J. Bilbao, J.R.S. Cazorro, C. Martín: *Performance analysis of a grid-connected PV system in a rural site in the Northwest of Spain*. World Renewable Energy Congress VII., Cologne (Germany): 2002. <<http://www3.uva.es/renova/esp/congresocolonia.pdf>>.
- [17] Jayanta Mondol: *Sizing of grid-connected photovoltaic systems*. *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers*. 4 May 2007. 10.1117/2.1200704.0612 <<http://spie.org/documents/Newsroom/Imported/0612/0612-2007-04-13.pdf>>.
- [18] *Performance Prediction of Grid-Connected Photovoltaic Systems Using Remote Sensing*. IEA PVPS Task 2, Report IEA-PVPS T2-07: 2008, March 2008. <<http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/46/68/25/PDF/7BAE9F5Bd01.pdf>>, strany 18-27.
- [19] Walid Omeran: *Performance Analysis of Grid-Connected Photovoltaic Systems*. *Dissertation thesis. Electrical and Computer Engineering*, Waterloo, Ontario, Canada, 2010. <http://uwaterloo.ca/bitstream/10012/4943/1/Omeran_Walid.pdf>.
- [20] Birkner, Peter: *Guarantee of Supply Availability in a Competitive Environment – Strategy and Experience of a German Distribution Company*, CIRED 17th International Conference on Electricity Distribution; 12./13./14./15. Mai 2003, Barcelona, CIRED Tagungsband <<http://www.cired.be/CIRED03/reports/R%206-26.pdf>>.
- [21] Jianhua Fan, Louise Jivan Shaha, Simon Furboa: *Flow distribution in a solar collector panel with horizontally inclined absorber strips*. (Elsevier: *Solar Energy*. Volume 81, Issue 12, December 2007, Pages 1501-1511, ISSN: 0038-092X).
- [22] C.Y. Zhao, W. Lua, Y. Tian: *Heat transfer enhancement for thermal energy storage using metal foams embedded within phase change materials (PCMs)*. (Elsevier: *Solar Energy*, Volume 84, Issue 8, August 2010, Pages 1402-1412, ISSN: 0038-092X).
- [23] Cristinel Ababei, Subbaraya Yuvarajan, Douglas L. Schulz: *Toward integrated PV panels and power electronics using printing technologies*. (Elsevier: *Solar Energy*. Volume 84, Issue 7, July 2010, Pages 1111-1123, ISSN: 0038-092X).
- [24] C. Sanjuan, S. Soutullo, M.R. Heras: *Optimization of a solar cooling system with interior energy storage*. (Elsevier: *Solar Energy*. Volume 84, Issue 7, July 2010, Pages 1244-1254, ISSN: 0038-092X).
- [25] *Global market outlook for photovoltaics until 2014*. [online] May 2010 update. [citované 14.3.2011] Dostupné na <http://www.epia.org/fileadmin/EPIA_docs/public/Global_Market_Outlook_for_Photovoltaics_until_2014.pdf>.
- [26] Blaabjerg, F.; Iov, F.; Kerekes, T.; Teodorescu, R.: Trends in power electronics and control of renewable energy systems. 2010 14th International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE/PEMC), 6-8 Sept. 2010, pp. K-1 - K-19, Location: Ohrid, ISBN: 978-1-4244-7856-9, DOI: 10.1109/EPEPEMC.2010.5606696.

ADRESY AUTOROV

Michal Kolcun, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Másiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, Michal.Kolcun@tuke.sk