

Využitie fotovoltaických článkov v mestskej zástavbe s napojením na verejnú sieť

Peter Tauš¹ a Radim Rybár¹

Utilization of photovoltaic panels in urban build-up areas – grid on

Photovoltaic systems belong to the most perspective alternative sources of energy. We expect that during a relatively short period of time, the photovoltaic systems will slowly cover 5 to 10 % of the whole consumption of the electricity. One of the conditions of integration to European Community is the rising of the part of alternative sources in the production of energy. Besides another technologies, it's also possible to reach it with an installation of the photovoltaic systems in already-existed building-up area. The photovoltaic systems "Grid on" are used especially in places with the advanced net of electric lines – in big cities. The invertors developed especially for the photovoltaic systems "Grid on" have the efficiency higher than 90 % and they are absolute safe against the bias voltage.

From the entire number of days of an year in Slovakia the sun shines from 1300 to 2200 hours, in Košice it's 2100 hours. An average amount of energy falling down by one day is 3,3 kW.h.m⁻². An average effective power of one m² of the photovoltaic panels is 110 W.m⁻² of the standard illuminance 1000 W.m⁻² and the solar spectrum AM 1,5. Annually it's possible to make from the photovoltaic panel (1 m²) 120,45 kW.h. Average amount of the solar energy shape to the south-orient area in Košice is 101,5 kW.h.m⁻². In Košice is an ideal inclination of the absorption area of the photovoltaic panels from horizontal plains from 58° to 65° for the year-around operation. At optimal conditions it's possible by integrating photovoltaic panels with the construction of the balcony barrier from one block of flats about 10 MW.h per year. If we utilise the all areas applicable for the installation of photovoltaic panels (building exteriors, roofs, shady component,...), we able to cast about a few multiple of these value just for one block of flat.

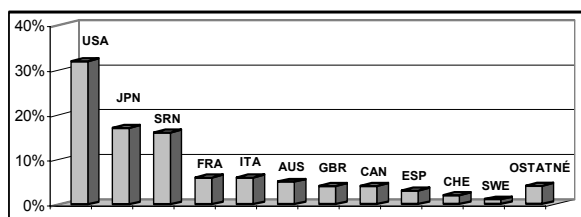
Today, the cost of the photovoltaic systems is many times higher than the cost of the electric energy. But the cost consequently a new technology of production of the primary materials is always falling.

Key words: Photovoltaic system, grid on, solar energy

Úvod

Fotoelektrický jav je známy už od roku 1839, kedy bol objavený francúzskym experimentálnym fyzikom Edmundom Becquerelom. V roku 1877 vyvinuli W. G. Adams a R. E. Day prvý fotovoltaický článok na báze pevného selénu. Až v roku 1955 však bola dosiahnutá 6%-ná účinnosť fotovoltaického článku z kremikového materiálu.

V roku 1997 dosiahol medziročný nárast celkového inštalovaného výkonu fotovoltaických panelov 38%. Väčšina takýchto zariadení je nainštalovaná na území priemyselne najrozvinutejších krajín (USA, Nemecko, Japonsko, Francúzsko, Taliansko), ale taktiež v krajinách, kde je inštalácia fotovoltaických zariadení podporovaná vládou alebo medzinárodnými organizáciami (Obrázok č. 1).



Obr.1. Podiel jednotlivých krajín na celkovom výkone inštalovaných fotovoltaických systémov.

Fig.1. The rate of several countries on the overall capacity of installed photovoltaic systems.

Podľa rôznych štatistík sa v štátoch Európskej únie do roku 2010 zvýši celkový inštalovaný výkon fotovoltaiky (FV) na 1,3 – 3 GW. To zodpovedá celkovému ročnému nárastu vo svete približne o 580 MW.

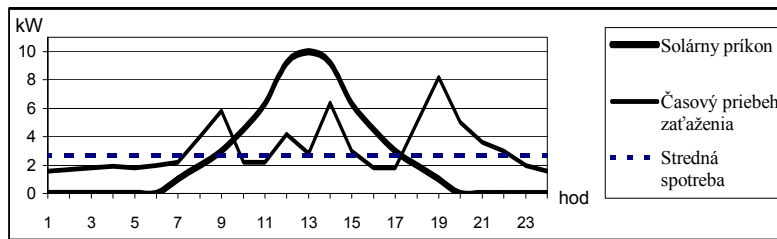
Ak sa Slovensko chce integrovať do EU, musí v krátkom čase dosiahnuť hodnoty inštalovaného výkonu FV na jedného obyvateľa porovnateľné s vyspelými európskymi štátmi, alebo sa k nim postupne približovať.

Jednou z možností, ako môžeme túto náročnú úlohu začať plniť, je inštalácia fotovoltaických panelov do veľkokapacitných systémov. To je možné, okrem výstavby nových nízkoenergetických rodinných a bytových domov s integrovanými slnečnými (fotovoltaickými a termickými) zariadeniami, aj inštaláciou FV v už existujúcej bytovej zástavbe. Práve v tejto oblasti sa črtá pre Slovensko z hľadiska využitia slnečnej energie na výrobu elektrickej energie najväčší potenciál.

Tu je však potrebné zvážiť, aký typ zariadenia je vhodný pre daný objekt z hľadiska veľkosti absorpčnej plochy, výkonu zariadenia a spotreby elektrickej energie v časovej závislosti. Ako ukazuje obrázok č. 2, maximálny odber elektrickej energie je v čase, keď solárny príkon v našich podmienkach nie je dostatočný na vykrytie tejto špičky a naopak, maximálne využitie slnečnej energie je možné v dobe s nízkou spotrebou.

¹ Ing. Peter Tauš a Ing. Radim Rybár, Katedra ropného inžinierstva a využitia zemských zdrojov Fakulta BERG TU, Park Komenského 19, 043 84 Košice (Recenzované a revidovaná verzia dodaná 8.6.2001)

Pri zariadeniach bez pripojenia na sieť (grid off) je tento problém riešený vhodnými akumulátormi, ktoré vyrobenú elektrickú energiu uskladňujú a následne v čase špičky odovzdávajú spotrebičom.



Obr.2. Priebeh spotreby elektrickej energie v domácnosti a dopadu slnečnej energie.
Fig.2. The process of energy consumption in the household and impact of solar energy.

Pri zariadeniach s veľkou absorpčnou plochou by však boli nutné enormne vysoké náklady práve na uskladnenie vyrobenej energie, preto sú tieto systémy inštalované ako systémy pripojené na verejnú elektrickú sieť (grid on). Pripojenie na sieť je veľkou prednosťou aj z hľadiska životného prostredia, nakoľko akumulátory predstavujú v tomto smere

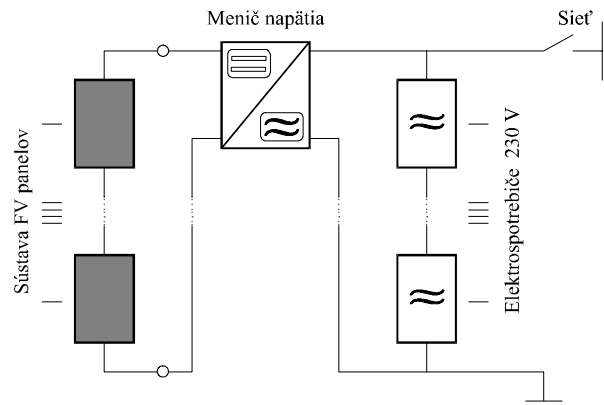
najväčšie riziko, ktoré sa využívaním alternatívnych zdrojov snažíme eliminovať.

Fotovoltaické zariadenie pripojené na verejnú sieť

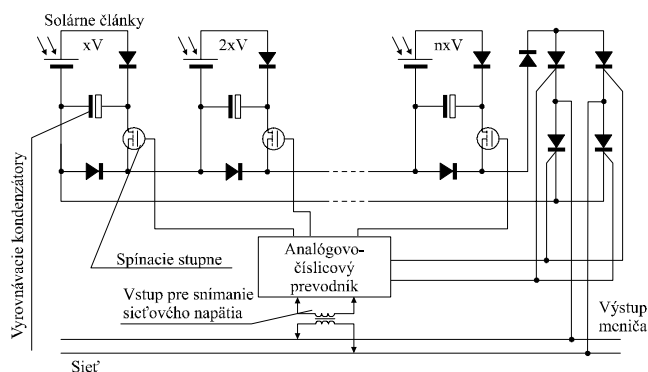
Fotovoltaické systémy s tzv. hybridnou prevádzkou majú najväčšie uplatnenie v oblastiach s hustou sieťou elektrických rozvodov. V prípade dostatočného slnečného svitu sú spotrebiče v budove napájané vlastnou „slnečnou“ energiou a prebytok je dodávaný do verejnej siete cez elektromer. Akonáhle spotreba prekročí množstvo „slnečnej“ energie, je elektrická energia odoberaná z verejnej siete cez druhý elektromer. Systém funguje plne automaticky (obrázok č. 3).

Najväčšie výhody voči FV systémom zapojeným do siete boli proti meničom napätia, ktoré boli príčinou veľkých strát celého zariadenia. V súčasnosti sú však vyvinuté invertory špeciálne koncipované pre FV systémy zapojené do siete (obr. č. 4), ktoré majú tieto vlastnosti:

- vysoká účinnosť – viac ako 90% v širokom rozmedzí výkonu,
- menič je možné napojiť bez úprav na sieť s rozdielnymi frekvenciami,
- absolútna bezpečnosť proti prepätiu. Sériové zapojenie všetkých polí solárnych článkov určuje maximálne dosiahnuteľné napätie, ďalší rast napätia nie je možný. V kontrolných obvodoch zariadenia takto odpadá potreba kontrolných prepäťových relé.
- Menič sleduje v rámci svojho rozsahu dosiahnuteľného napätia všetky zmeny sieťového napätia, teda udržiava svoje relatívne prepätie voči napätíu siete konštantné a pri kolísaní napätia dodáva do siete výkon úmerný efektívnej hodnote napätia. Táto vlastnosť má za následok ďalšie dve ochranné funkcie:



Obr.3. Schematické znázornenie FV systému pripojeného na sieť.
Fig.3. Scheme of the photovoltaic system „Grid on“.



Obr.4. Bloková schéma zapojenia meniča napätia bez výstupného transformátora.
Fig.4. The circuit diagram of the inverter voltage without the output potential transformer.

- Pri spadnutí siete (nulové sieťové napätie) padá napätie striedača taktiež na nulu a zabraňuje sa tak toku skratového prúdu do siete, čo u predošlých typov nebolo možné.
- Pri úmyselnom vypnutí siete rozvodným podnikom musí byť zabezpečené, že všetky generátory pracujúce v sieti musia byť odpojené, túto funkciu plnia meniče vyššej generácie plne automaticky.

Pre napojenie FV zariadenia na verejnú sieť sú stanovené vysoké bezpečnostné nároky. Musia byť dodržané platné normy (STN) a súčasne aj požiadavky miestneho rozvodného závodu. Platí niekoľko všeobecných zásad:

- pripojenie zariadenia vyrábajúceho elektrický prúd na rozvodnú sieť nízkeho napätia musí byť dopredu prejednané a schválené rozvodným energetickým podnikom,
- pred uvedením do prevádzky predloží prevádzkovateľ revíziu správu a technickú dokumentáciu v zmysle platných noriem, prípadne ďalšie potrebné verejnoprávne povolenia.

Z hľadiska samotného pripojenia na sieť platí:

- na spojovacom vedení musí byť umiestnený rozpínací bod, v ktorom je možné spoľahlivo a úplne (vo všetkých fázach) odpojiť FV zariadenie od siete,
- umiestnenie a technické prevedenie tohto bodu určí príslušný rozvodný závod,
- poloha „vypnuté“ musí byť uzamykateľná,
- pripojovacie zariadenie musí pri určitej záťaži zabezpečovať galvanické odpojenie (napr. stykačom),
- skrat v striedači nesmie poškodiť vypínacie zariadenie zabezpečujúce úplné (vo všetkých bodoch) automatické odpojenie od siete,
- k automatickému odpojeniu musí dôjsť pri poruche, havárii alebo inej závade vlastného FV zariadenia,
- k odpojeniu nemusí dochádzať pri krátkodobej strate napätia siete,
- FV zariadenie nesmie byť zdrojom rušivých vyšších harmonických frekvencií,
- prevádzka FV zariadenia nesmie rušiť telekomunikačné, rozhlasové a televízne zariadenia.

Tieto podmienky je nutné splniť až pri zavádzaní systému do prevádzky. Na začiatku výstavby slnečnej elektrárne je však potrebné zohľadniť dva základné aspekty ovplyvňujúce celkový výkon zariadenia:

- množstvo dopadajúceho slnečného žiarenia vo vybranej lokalite,
- veľkosť a orientácia plochy vhodnej na inštaláciu FV systému.

Množstvo slnečnej energie na Slovensku

Z celkového počtu 8760 dní v roku svieti slnko na Slovensku v priemere od 1300 do 2200 hodín ročne v závislosti od lokality. Najväčší výskyt slnečného žiarenia pripadá na oblasť Piešťan – 1850 hod., Košice – 2100 hod. a Hurbanova – 2200 hodín ročne.

V tomto článku uvádzame všetky ďalšie hodnoty pre oblasť Košice, keďže v tomto meste je na TU v Košiciach, F BERG realizovaný dlhoročný výskum v oblasti využitia alternatívnych zdrojov energie, medzi nimi aj slnečnej. Z údajov nameraných SHMÚ a našich výpočtov vyplýva, že priemerné množstvo energie dopadajúce za deň na plochu orientovanú južne je 3,3 kW.h.m⁻², čo ročne predstavuje 134 kW.h slnečnej energie na jeden m². Priemerné denné a mesačné hodnoty množstva slnečnej energie dopadajúcej v Košiciach uvádzame v tabuľke č.1.

Tab.1. Priemerné množstvo energie dopadajúce v Košiciach na plochu orientovanú južne.
Tab.1. The average amount of energy incidence in Košice on the area orientate to South.

Množstvo energie dopadajúcej na jednotku plochy v Košiciach [kWh.m ⁻²]													
Mesiac	I.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Priemer
Denne	1,1	1,9	3,2	4,1	5,2	5,5	5,5	5,0	4,1	2,6	1,1	0,8	3,3
Mesačne	33,3	53,7	98,2	123,7	159,6	164,2	170,6	155,8	122,5	79,6	33,1	23,9	101,5

Plochy vhodné pre inštaláciu FV systému

Z hľadiska hustoty elektrických rozvodov by pre inštaláciu FV systémov pripojených na verejnú sieť boli vhodné všetky väčšie mestá, z hľadiska množstva dopadajúcej energie by ako pilotné projekty inštalácie FV systémov vyhovovalo Hurbanovo, Košice alebo Piešťany. Z vyššie uvedených dôvodov sme sa zamerali na výber plôch vhodných na inštaláciu FV systémov v Košiciach.

Od umiestnenia FV panelov vo veľkej miere závisí výkon celého zariadenia. Cieľom inštalácie je maximálne množstvo vyrobenej elektrickej energie pri dlhodobom využití. FV panely musia byť umiestnené na netienenom povrchu budovy, technickej stavby (protihlukové bariéry) alebo pozemku a musia byť natočené

absorpčnou plochou v smere juhovýchod až juhozápad, pričom odklon od juhu nesmie presahovať 30°, pretože po prekročení tejto hranice sa výrazne znižuje priemerná účinnosť zariadenia.

Panele môžu byť umiestnené voči vodorovnej rovine nielen šikmo (sedlové strechy), ale aj zvislo (fasády budov), pričom v tomto prípade sa výrazne neznižuje ich výkon. V podmienkach Košíc je ideálny sklon absorpčnej plochy FV panelu od vodorovnej roviny od 58° do 65° pre celoročnú prevádzku.

Veľkú budúcnosť majú FV systémy integrované priamo do stavebných prvkov, napríklad do strešnej krytiny, fasádnych blokov, tieniacich prvkov a pod., pričom ku komerčnému využitiu sa už dnes blížia aj FV okná.

Keďže na Slovensku sa v blízkej budúcnosti nepočíta s vysokým rastom bytovej výstavby, môžeme sa v rámci využívania alternatívnych zdrojov energie priblížiť krajinám EÚ aj inštaláciou FV systémov na už existujúce budovy a stavby. V rámci Košíc preto navrhujeme ako jednu z alternatív z hľadiska znižovania nákladov na montáž zariadenia zabudovanie FV panelov do konštrukcie balkónových zábradlí vežiakov a bytových domov.

Tab.2. Podiel jednotlivých typov domov na bytovej výstavbe v Košiciach.
Tab.2. The rate of several type of buildings on urban building-up in Košice.

Bytový dom / Vežiak	B	V	B	B	B	V	B	B	V	V
Počet podlaží	4	4	5	6	8	8	10	11	11	12
Počet domov v Košiciach	94	36	52	19	1138	81	99	18	38	89

Bytovú zástavbu v Košiciach tvorí viacero typov vežiakov a blokových domov. Z tabuľky č. 2 vyplýva, že zo všetkých typov prevládajú štvor a osemposchodové bytové domy a z vežiakov sú to osem- a trinásťposchodové. Pre názornosť sme vybrali práve tieto typy domov ako objekty pre inštaláciu FV systémov.

Pri výpočtoch sme brali do úvahy všetky balkónové plochy na jednej strane budovy. V prípade orientácie budovy v smere východ-západ totiž môžeme umiestniť FV panely len na jej južnú stranu, v prípade severojužnej orientácie môžeme získať slnečnú energiu na jednej strane doobeda, na strane druhej len poobede, teda výsledný zisk je opäť rovný zisku z jednej strany domu. Obdobne to platí pri akejkoľvek orientácii priečelia domu. V tabuľke č. 3 sú údaje o ploche balkónového zábradlia, počte balkónov na jeden vchod a celkovej ploche vhodnej pre FV systém pri vybraných typoch domov.

Priemerný výkon FV panelov vyrobených z monokryštalického kremíka je 110 W.m⁻² pri štandardnom osvetlení 1000 w.m⁻². Z tabuľky č. 1 vyplýva, že v podmienkach Košíc je teda možné vyrobiť z jedného m² FV panelu priemerne 330 W.h denne, čo ročne predstavuje 120,45 kW.h.

Po dosadení tejto hodnoty za P_J do vzťahu (1) sme dostali hodnoty uvedené v tabuľke č. 3.

$$P_{\text{celk}} = S \cdot P_J, \quad (1)$$

kde: P_{celk} je množstvo vyrobenej energie celým FV systémom (v tomto prípade platí pre jeden vchod domu),

S – celková plocha FV panelov,

P_J – množstvo energie vyrobenej jedným m² FV panelov.

Tab.3. Predpokladaný výkon FV systémov pre jednotlivé typy domov.
Tab.3. The implicit output of the photovoltaic systems for severally types of houses.

Typ domu	Vežiak	Vežiak	Bytový dom	Bytový dom	Bytový dom
Počet poschodí	8	12	4	8	10
Počet balkónov	32	26	4	24	10
Veľkosť balkónovej plochy	2	3	4	2	6
Celková plocha	64	78	16	48	60
Predpokladaný denný výkon [kW.h]	21,1	25,7	5,3	15,8	19,8
Predpokladaný ročný výkon [kW.h]	7708,8	9395,1	1927,2	5781,6	7227,0

Z výsledkov je vidieť, že pri vhodnom umiestnení domu je možné vyrobiť z FV panelov zabudovaných do balkónového zábradlia ročne od 1,9 do 9,4 MWh elektrickej energie.

Záver

Z uvedeného vyplýva, že aj využitím takých nepatrných plôch existujúcich budov, ako sú konštrukcie balkónových zábradlí, je možné pri optimálnych podmienkach vyrobiť do 10 MWh elektrickej energie ročne

z jedného obytného domu. Ak by sa k tomu pripočítala plocha fasády, tieniacich prvkov a striech, dospeli by sme rádo k 10-násobne vyšším hodnotám.

Napriek tomu je však cena inštalovaného výkonu stále ešte niekoľkokrát vyššia ako cena el. energie, vyrobenej z fosílnych palív. Pri súčasných vysokých cenách solárnych modulov nie je preto v porovnaní s verejnou sieťou žiadna rentabilná prevádzka možná.

Cena FV systémov však vďaka novým technológiám stále klesá. Fotovoltaika, resp. jej produkty sa správajú ako každé nové odvetvie alebo produkt - podľa krivky života. Momentálne je v prvej fáze cyklu. Môžeme tu vidieť analógiu s vývojom výpočtovej techniky, pri ktorej s vývojom technológií a postupnou hromadnou výrobou klesala cena a súčasne rástol výkon. Práve tak aj fotovoltaika má vnútorný potenciál postupovať s rovnakou razanciou. Niektoré príklady môžeme vidieť už aj dnes, zatiaľ však len v zahraničí.

Tak napríklad, kým na Slovensku vykúpujú Slovenské elektrárne energiu vyrobenú alternatívnymi zdrojmi za 1,45 Sk v prípade nízkonapäťových zdrojov a 1,40 v prípade VN, v Nemecku je to neuveriteľných 99 Pf za 1 kWh na dobu 20 rokov. V Austrálii dostane súkromný podnikateľ 5,50 austrálskeho dolára za každý inštalovaný W až do výšky 27 500,- austrálskych dolárov pri nájomných a obecných domoch. Taktiež EÚ v roku 2000 uvoľnila 600 mil. EURO na výskum, technológie, vývoj, demonštráciu a osvetu v tejto oblasti. Ako povedal Heinz Ossenbriuk na XVI. európskej konferencii pre fotovoltaickú energiu v Glasgowe: „Politici a ekonómovia nie sú dosť aktívni, čo prináša nedôveru zákonodarcov v schopnosti, dôveryhodnosť a spoľahlivosť alternatívnych energetických zariadení.“

Zostáva len dúfať, že aj na Slovensku sa postupne upravia legislatívne podmienky na rýchlejšie presadzovanie tohto perspektívneho zdroja.

Literatúra

KARAMANOLIS, S.: Sluneční energie, MAC, s.r.o., Praha, 1996

KRIEG, B.: Elektřina ze slunce, HEL, Ostrava, 1993

www.energie.cz

www.topinfo.cz