

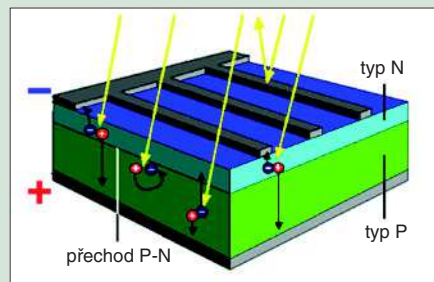
Problematika fotovoltaických elektráren

Úvod

Téma fotovoltaických elektráren přináší již od roku 2005 do českých luhů a hájů spoustu domněnek, polopravd a technicky zcestných definic. Z hlediska požárně-technických expertiz – vyšetřování příčin vzniku požárů s praxí při řešení technických problémů fotovoltaických (FV) technologií a následných požárů, byl vytvořen schematický souhrn vývoje a nejčastějších doprovodných závažných technických nedostatků. V příspěvku bude tato problematika uvedena v přímých souvislostech s politicko-ekonomickým vývojem v daném segmentu trhu.

Princip funkce fotovoltaického článku

Při použití zjednodušeného paradigmatu transformují solární články (díky fotoelektrickému jevu) elektromagnetické záření o vlnové délce přibližně ve spektru viditelného světla na elektrickou energii. Základem fo-



Obr. 1. Fotovoltaický článek (zdroj: cez.cz)

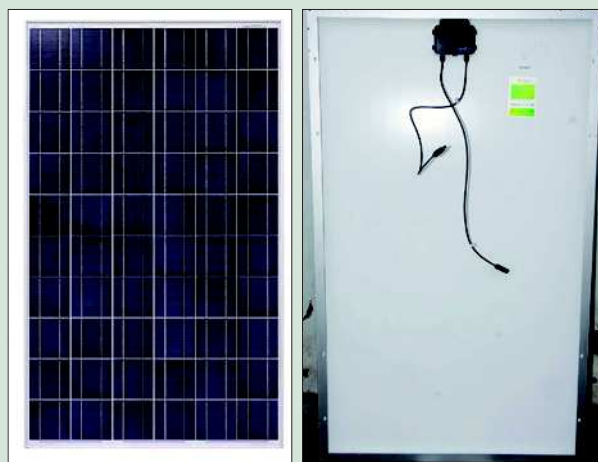
tovoltaických (FV) článků je běžná polovodičová dioda P-N z monokrystalického nebo polykrystalického křemíku (více než 85 % instalovaných systémů), odlišující se pouze prostorovým a konstrukčním uspořádáním.

Diodu tvoří dvě vrstvy příměsových polovodičů (P – anoda, N – katoda, obr. 1), přičemž vrstva typu N vykazuje přebytek a vrstva typu P nedostatek elektronů, popř. přebytek kladně nabitých děr. Rozhraní polovodičů ideálně propouští proud pouze jedním směrem. Díky potenciálové bariéře zabráňuje volnému přechodu elektronů v závěrném směru, tedy z vrstvy N do vrstvy P, a není tedy možné, aby došlo k rekombinaci.

Dopadem fotonů slunečního záření na článek dochází k jejich částečné absorpci, čímž jsou vytvořeny podmínky pro působení fotoelektrického jevu, při němž jsou z krystalové mřížky obou vrstev uvolňovány elektrony, které se vlivem zmíněné vlastnosti hromadí

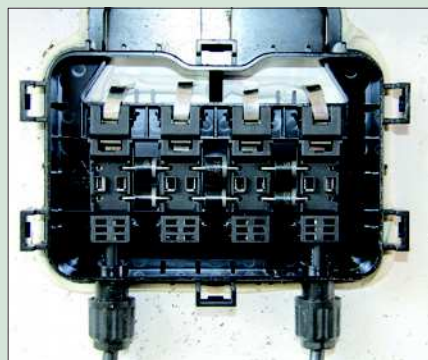
ve vrstvě N, a mezi oběma vrstvami tak vzniká elektrický potenciál (monokrystalický Si přibližně 0,6 V).

Fotovoltaické články instalované v pravidelné plošné struktuře pomocí sériového propojení elektrod tvoří fotovoltaický panel o jmenovitém napětí, které je dáno sumou



Obr. 2. Sériové zapojení fotovoltaických článků v panelu a jeho připojení do větve

elementárního potenciálu FV článku a jejich počtem ve větvi. Obvykle jsou FV panely tvořeny maximálně 72 sériově propojenými články, které naprázdno nedosahují napětí vyššího než 50 V.



Obr. 3. Příklad zapojení přemostovacích (bypass) diod

Při sériovém zapojení článků teče všemi články stejný proud (obr. 2), a je proto žádoucí, aby všechny články byly přibližně stejně osvětleny bez nebezpečí výraznějších rozdílů osvětlení vlivem zastínění. Tato situace má vliv na výrazné snížení výkonu, neboť zastíněný článek se mění ze zdroje elektrické energie na spotřebič likvidující energii produkovanou

ostatními články v panelu. A jelikož dominantně jde o odporové ztráty, dochází k emisi energie ve formě Jouleova tepla, které články nevrátí destruuje v důsledku materiálově degradačních procesů. Analogické riziko tak při nerovnoměrném osvětlení vzájemně ohrožuje jednotlivé FV panely řazené ve shodném stringu. Tento problém je řešen instalováním přemostovacích (bypass) diod, které díky antiparalelnímu zapojení zajišťují svod potenciálu na přechodech P-N (obr. 3).

Konstrukce fotovoltaických panelů

Aby bylo dosaženo dlouhé životnosti, musejí být články chráněny před nepříznivými vlivy okolního prostředí. Solární články se zpravidla vkládají do maximálně průsvitné fólie se zajištěním exponovaných ploch proti dešti, krupobití a jiným vlivům tvrdým

sklem. Zadní strana je uzavřena vícevrstvou velmi pevnou fólií z plastu nebo skleněnou deskou s hermeticky utěsněným prostorem mezi vrstvami.

Mechanická konstrukce modulů je řešena tak, aby články v modulu byly zabezpečeny proti povětrnostním podmínkám a bylo zajištěno jejich optimální chlazení. Nejčastější je standardní chlazení vzduchem. Udávaná životnost solárních modulů z krystalického křemíku je zpravidla 20 až 30 let. Na obr. 4 je řez strukturou fotovoltaického panelu. Výkon modulu se udává jako maximální dosažitelný výkon při osvětlení $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Základním parametrem fotovoltaických panelů je účinnost v procentech, která udává, kolik procent dopadající energie je panel schopen převést na elektrickou energii. Mezi další parametry patří napětí a jmenovitý výkon panelu ve wattech, který je ovšem úzce svázán se zmíněnou účinností a celkovou plochou panelu. Rovněž je důležitá životnost panelů, výstupní napětí, mechanické provedení a charakteristika stárnutí panelů. Podle technologie výroby jsou v současné době nejrozšířenější panely z krystalického křemíku ve formě monokrystalu s účinností 14 až 17 % nebo panely na bázi polykrystalu s účinností 12 až 15 %. Nejlepší panely mívají účinnost 20 %.

Rozdělení fotovoltaických elektráren

Jde o dva systémy fotovoltaických elektráren (FVE), které jsou principiálně zahrnuty do systému ON GRID – distribuce – spotřeba, a které jsou charakteristické přímou dodávkou elektrické energie do rozvodné sítě. Síť tak v podstatě slouží jako „nekonečný“ akumulátor, který ve specifickém období zajišťoval vzhledem k zelenému bonusu prodej energie za poměrně výhodných podmínek. Provoz zařízení je dotován energií zpětně odkoupenou od distribuční společnosti (která byla paradoxně levnější). Blokové schéma dané FVE je na obr. 5 a rozdělení vychází z konstrukce a instalovaného výkonu. Jde o dva dále popsané systémy.

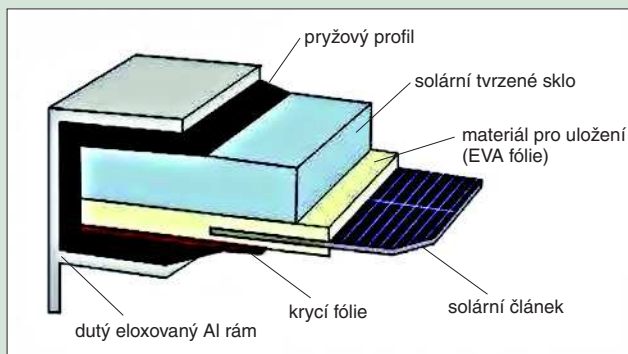
Zemní – solární parky

Jde obvykle o FV systémy průmyslového charakteru o výkonech stovek kWp až MWp instalované na volném prostranství v průmyslových zónách a na nevyužitém území (ne vždy). Výkon systému je limitován maximálně velikostí a charakterem (sklonem) pozemku, popř. dostupností vyhovující kapacitní elektroúpojky (vedení 22, 35, popř. 110 kV) pro dodávky do rozvodné nebo regionální distribuční soustavy. Charakteristickým znakem je zajištění objektu před vstupem stabilním oplocením s elektronickým zabezpečovacím systémem, a to díky řadě netechnických faktorů.

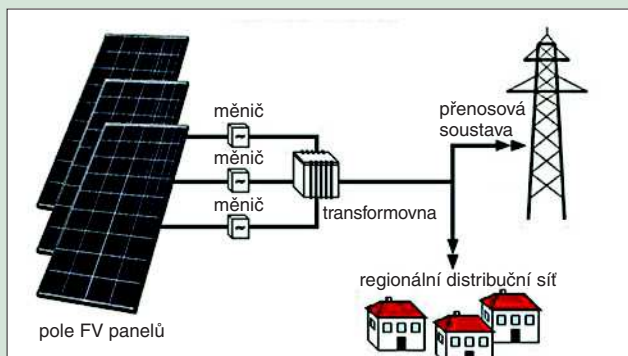
Z hlediska příčiny vzniku požáru je důležité rozdělení těchto technologií na dva rozdílné systémy. První využívá samostatné sekce s několika (přibližně šesti) měniči o maximálním výkonu do 15 kW, jejichž třífázové výstupy (400 V) jsou přivedeny k primárnímu vinutí centrálního transformátoru, druhý využívá centrální výkonové měřičny, které jsou integrované s transformovnou a řídicím velínem.

Střešní systémy

U těchto systémů je energie dodávána do rozvodné sítě. Blokové schéma elektrárny dodávající energii do rozvodné sítě je na obr. 7.



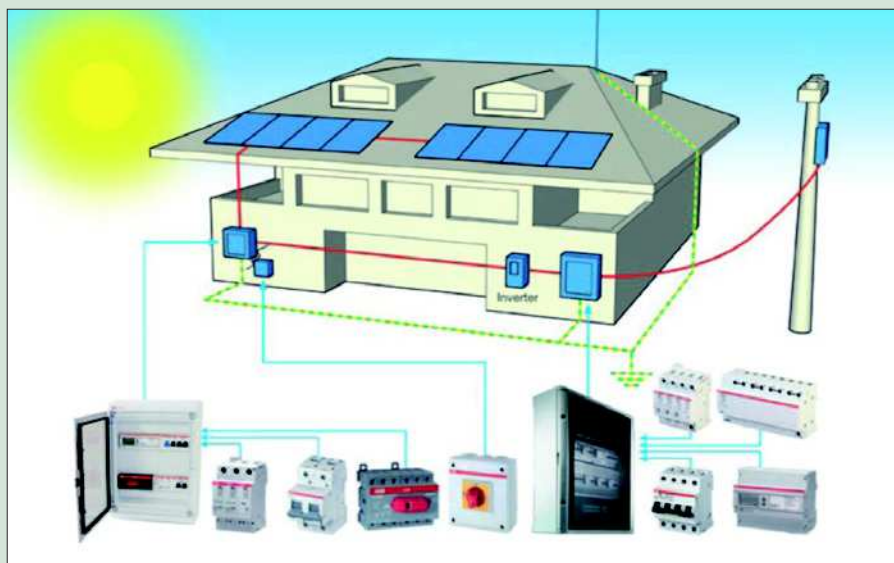
Obr. 4. Struktura fotovoltaického modulu



Obr. 5. Struktura FVE – solárního parku



Obr. 6. Struktura FVE – solární park – nezávislé sekce



Obr. 7. Struktura FVE – střešní systém

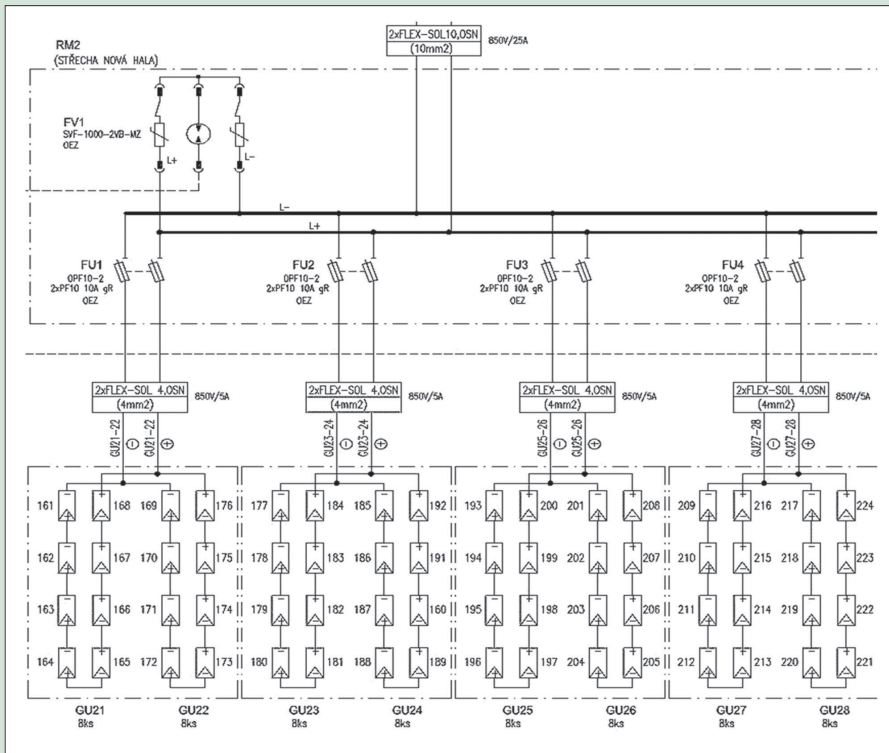
Jde o FVE, kterou disponují zejména podnikaví občané, vlastníci odpovídající nemovitosti s příslušným finančním zajištěním. Instalace solárních panelů na střechu (sedlová/plochá) s připojením k běžné distribuční síti bez nutnosti použití nákladný transformátor přináší v režimu zeleného bonusu zajímavé navýšení rodinného rozpočtu.

Základem elektrárny jsou fotovoltaické panely, které přeměňují energii slunečního záření na stejnosměrný proud. Tyto panely jsou napojeny na střídače (měniče), které přeměňují stejnosměrný proud na střídavý a přizpůsobují ho podle podmínek místní rozvodné sítě. Výstup ze střídače je napojen na rozvodnou síť.

Hlavní části a princip zapojení fotovoltaických elektráren

- FV (solární) panely uchyceny na konstrukcích,
- elektroinstalace DC části (kabelový rozvod, jističe, přepětová ochrana, chrániče atd.),
- sběrnice stejnosměrného proudu (DC) a měnič napětí DC/AC, nazývan také střídač,
- elektroinstalace AC části,
- transformovna před napojením do veřejné rozvodné elektrické sítě o napětí 6 kV nebo vyšším.

Výstupy FV panelů jsou sériově propojeny do sekcí – tzv. stringů tak, aby úhrn napětí panelů odpovídal jmenovitému napětí měniče (až DC 1 000 V). Výstup těchto sekcí je přiveden do sružovacího rozváděče (sběrnice DC části). Rozváděč je určen ke vzájemnému paralelnímu propojení jednotlivých sekcí pro navýšení hodnoty výstupního proudu (obr. 8). Dalším významem rozváděče je jištění elektrických větví proti zkratu a přepětí pomocí modulových elektrických přístrojů instalovaných na lištách DIN prostoru rozvodnice.



Obr. 8. Část skutečného schématu zapojení solárního parku – panely SOLYNDRA

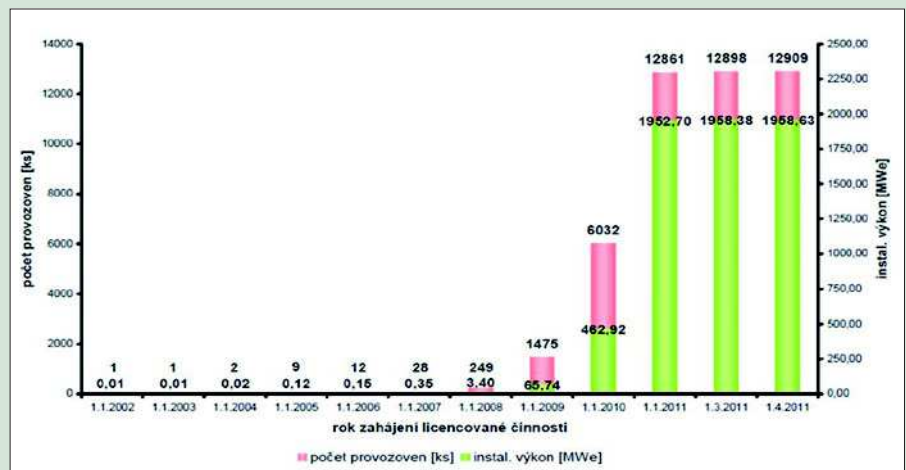
Ze sružovacího rozváděče je elektrický proud veden k jednotce měniče, která jej pomocí výkonových IGBT tranzistorů mění v proud střídavý (AC). Z měniče je tento proud veden do rozvodné sítě domu nebo může být zřízeno připojení do veřejné elektrické rozvodné sítě, u velkých FVE prostřednictvím transformovny.

Průběh rozvoje FVE a stěžejní faktory ovlivňující tento průběh

Vstupem do EU v roce 2004 se Česká republika zavázala k následování filozofie, která předpokládala v dlouhodobém výhledu (asi do roku 2020) dosažení cíle zajištění produkce energie z obnovitelných zdrojů (OZE) na úrovni přibližně desetin hrubé konečné spotřeby. Evropská směrnice č. 28/2009/ES stanovila cíl dosažení 20 % podílu z OZE. Je třeba předeslat, že jde také o větrnou či vodní energii, nicméně do centra pozornosti se nejdříve dostala podpora výroby elektřiny ze slunečního záření.

Státní podporu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie zavedl speciální zákon č. 180/2005 Sb., ve kterém byly také vyhlášeny dotační podmínky a garantované výkupní ceny energie ze solárních elektráren. Do tohoto zákona se dostal též pozměňovací návrh, který zavedl limit maximálně pětiprocentního meziročního poklesu výkupních cen. Tento „přílepek“ tak stanovil, že výkupní cena elektřiny z obnovitelného zdroje nesmí klesnout pod 95 % ceny za předchozí rok.

I přes zajímavé dotační podmínky nedovolily ceny technologických součástí razantnější rozvoj toho odvětví a v letech 2005 až 2007



Obr. 9. Rozvoj FVE v ČR mezi lety 2002 až 2011

byly připojeny elektrárny o celkovém instalovaném výkonu 3,7 MW, ale v roce 2008 již 57,4 MW. V Česku zprofanovaný termín „solární boom“ započal v důsledku razantního poklesu ceny fotovoltaických technologií v letech 2008 až 2010 (pokles investičních nákladů na solární technologie souvisel zejména s rostoucí nabídkou čínských producentů a ekonomické krize).

V současné době se do vývoje vkrádá zcela specifický faktor, kdy nestabilní politická situace odváděla pozornost od problémů vyplývajících z vývoje v daném segmentu trhu.

Výsledkem byla opožděná reakce státu v optimalizaci nastavení legislativních pravidel zejména ohledně výše podpory obnovitelných zdrojů energie (OZE). Pětiprocentní limit značně zkomplikoval nastavení podpory úměrně skutečnému poklesu investičních ná-

kladů, a tak náklady na podporu OZE rostly úměrně zvyšujícím se instalovanému výkonu.

Platná pravidla hry tak finančně přilákala spoustu investorů, kteří na základě seriózní ekonomické analýzy vstoupili do tohoto segmentu podnikání. Vyhodnocením statistik lze období let 2009 a 2010 opravdu označit jako boom výstavby solárních elektráren od malých až po velkoplošné (obr. 9). Rostoucí náklady na podporu obnovitelných zdrojů energie pocítila nejen státní pokladna, ale v podstatě každý odběratel elektřiny, a to přímo v podobě neustále se zvyšujícího příspěvku na podporu obnovitelných zdrojů, který je zahrnut do celkové ceny elektřiny (příspěvek na OZE vzrostl z 28 Kč v roce 2006 na 419 Kč v roce 2012). Vývoj situace tak vyvolal panické reakce nejen u obyvatel, ale také mezi politickými špičkami.

Kritická situace vedla vládu k tomu, že nechala v režimu legislativní krize (září 2010) schválit novelu zákona, která pro další nově postavené solární elektrárny, zejména velkoplošné, podporu značně omezuje. Elektrárny postavené do konce roku 2010 však mají zaručeny mimořádně zvýhodněné výkupní ceny elektřiny na dobu dvaceti let.

Z technického pohledu tak striktní časový limit (31. 12. 2010) vyvolal strmý vzrůst

poptávky po systémech FVE, kdy velikost trhu limitovala schopnost odpovídajícím způsobem uspokojit prudce akcelerující poptávku (nedostatek specializovaných firem, materiálního vybavení nebo odborných pracovníků). Tato nevyvážená situace se projevila v trendu realizace projektů za „každou cenu“ s jediným cílem: kolaudací před časovým limitem, a to vše hlavně na úkor kvality a bezpečnosti.

Technické problémy FVE vycházející z daného vývoje, které vyvolaly řetězec závažných požárů a ztrát, již byly a ještě budou určeny a prezentovány. Tyto případy mají relevanci s deklarovaným vývojem a bude vytvořen i závěr s ponaučením pro příští vývoj.

HODNOCENÍ ČLÁNKU
hlasuj v elektronické verzi