
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY

úvod do problematiky



TOMÁŠ KOSTKA, ÚNOR 2015

**STŘEDNÍ ŠKOLA, HAVÍŘOV-ŠUMBARK, SÝKOROVA 1/613,
PŘÍSPĚVKOVÁ ORGANIZACE**

Obsah

1. Úvod
2. Základní zkratky a pojmy
3. Způsoby provozu fotovoltaických systémů
4. Základní hodnoty fotovoltaických panelů
5. Bypassová dioda
6. Účinnost FV systému a orientace FV panelů
7. Základní komponenty fotovoltaických systémů
8. Obecné zapojení FV zdroje
9. Použitá literatura

1. Úvod

Učební materiál slouží k uvedení do problematiky fotovoltaických systému z hlediska výroby elektrické energie. Zaměřuje se především na systémy malého výkonu. Materiál je určen žákům středních škol a uchazečům o profesní kvalifikaci 26-014-H Elektromontér fotovoltaických systémů (kvalifikační úroveň 3). Učivo je zjednodušen tak, aby sloužilo cílové skupině žáků a studentů. Materiál slouží pro vnitřní potřebu školy a vzdělávacího centra.

Většina vyprodukované energie na Zemi pochází z fosilních paliv – uhlí, ropa a zemní plyn. Tenčící se zásoby fosilních paliv, nedůvěra v bezpečnost jaderné energetiky a rostoucí průměrná teplota na Zemi vlivem vypouštěných skleníkových plynů vede lidstvo k hledání dalších zdrojů energie. Ze závěrů pařížského ekologického summitu v roce 2015 opakovaně vyplývá potřeba růstu podílu tzv. obnovitelných zdrojů energie. Výroba "elektřiny ze slunce" pomocí fotovoltaických systémů je bezpečná a spolehlivá, neprodukuje žádný nebezpečný odpad, je to ekologicky čistá energie, která je dlouhodobě nevyčerpatelným zdrojem energie. Fotovoltaické systémy jsou na rozdíl od klasických „střídavých“ elektráren s generátory specifické...

2. Základní zkratky a pojmy

Základní zkratky

FV = fotovoltaika

PV = photovoltaic

FVE = fotovoltaická elektrárna

FVS = fotovoltaický systém

Wp – (wattpeak) watt špičkového výkonu.

STC – (Standard Test Condition) standardní testovací podmínky, za nichž jsou měřeny charakteristiky fotovoltaických panelů a článků, tj. intenzita záření 1000 W/m² a teplota panelu 25 °C.

MPP – (Maximum Power Point) bod maximálního výkonu; pracovní bod, ve kterém dodává fotovoltaický panel maximální výkon. MPP se mění v závislosti na intenzitě dopadajícího slunečního záření a na teplotě panelu.

MPPT – (Maximum Power Point Tracker) sledovač bodu maximálního výkonu; zařízení, které zvyšuje výnos energie tím, že zajišťuje, aby fotovoltaický panel pracoval stále v blízkosti bodu maximálního výkonu. MPPT je obvykle součástí střídače nebo regulátoru nabíjení, může však být i samostatně.

Základní pojmy

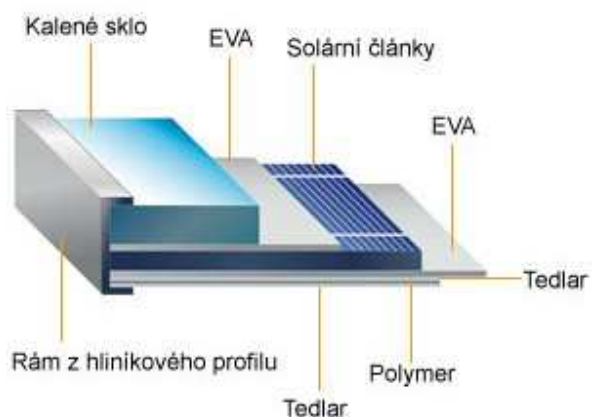
FOTOVOLTAIKA – technologie pro přímou přeměnu slunečního záření na elektřinu bez pohyblivých částí

FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA – zařízení pro přeměnu slunečního záření na elektřinu; obnovitelný zdroj, který v provozu neprodukuje žádné emise znečišťujících látek nebo oxidu uhličitého

FOTOVOLTAICKÝ ČLÁNEK – (PV cell) je základní funkční prvek fotovoltaického panelu. Fotovoltaický článek je v principu velkoplošná polovodičová fotodioda schopná přeměňovat sluneční záření na stejnosměrný proud. Využívá při tom fotovoltaický jev. Napětí jednoho článku se pohybuje od zhruba 0,5 V u článků z krystalického křemíku až po jednotky voltů u tenkovrstvých článků s více přechody (vícevrstevných). Proud je úměrný ploše článku, jeho účinnosti a intenzitě slunečního záření, u konkrétního článku závisí částečně na spektru dopadajícího slunečního záření, které se v průběhu dne a roku mění.

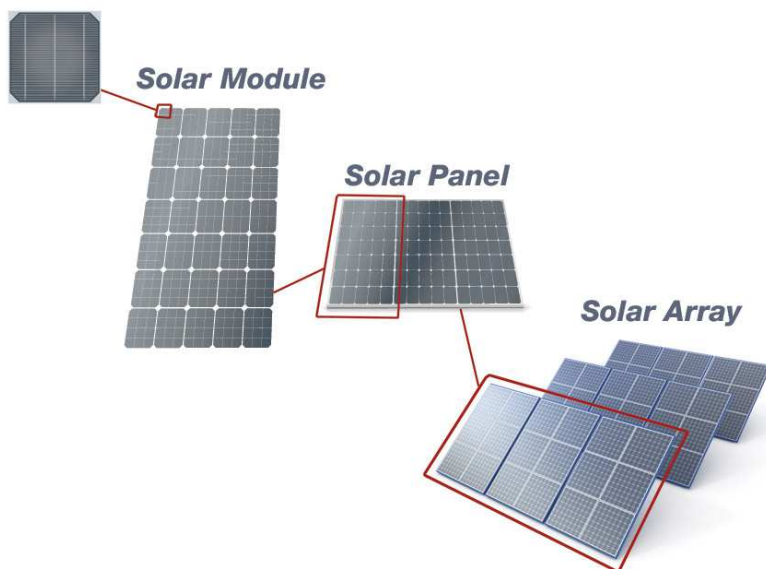
FOTOVOLTAICKÝ MODUL – (PV modul) je obvykle složen z většího počtu článků zapojených v sérii.

FOTOVOLTAICKÝ PANEL – (PV panel) základní samostatná výrobní jednotka pro FVS; se skládá obvykle z 60 nebo 72 článků z krystalického křemíku. Napětí v bodě maximálního výkonu se u těchto panelů pohybuje kolem 30 V resp. 36 V. Tyto panely jsou v současnosti nejrozšířenější.



FV POLE – (PV array) mechanicky a elektricky propojený komplet PV panelů a ostatních důležitých komponentů tvořících zdroj stejnosměrného napětí.

Solar Cell



STRING – řetězec sériově propojených článků/panelů. Sériovým propojením se dosáhne potřebného napětí.

JMENOVITÝ VÝKON PANELU – výkon fotovoltaického panelu za standardních testovacích podmínek (STC); udává se ve wattech špičkového výkonu. Skutečný výkon, který lze z panelu odebrat, závisí především na úrovni slunečního záření a úhlu dopadu paprsků, ale rovněž na přizpůsobení zátěže.

PŘIPOJOVACÍ BOX – (junction box) je obvykle umístěn na zadní straně panelu, slouží k vyvedení elektrické energie z panelu a k jeho připojení do obvodu.

BYPASSOVÁ DIODA – slouží k ochraně fotovoltaických článků v panelu při jejich částečném zastínění, zároveň omezuje ztrátu výkonu při zastínění. Bypassové diody jsou v panelu obvykle tři, každá přemostuje třetinu článků v panelu, bývají umístěny v připojovacím boxu.

STŘÍDAČ/MĚNIČ – (PV inverter) převádí stejnosměrné napětí (DC) z panelů nebo akumulátoru na střídavé napětí (AC) vhodné pro běžné síťové spotřebiče, tj. obvykle na 230 V. Pro FVE aplikace navíc s fázováním, MPPT a ochranou proti ostrovnímu režimu.

REGULÁTOR NABÍJENÍ – používá se ve stejnosměrných systémech s akumulátory. Je zapojen mezi FV panely a akumulátor. Zajišťuje optimalizované nabíjení a vybití akumulátorů. Chrání akumulátor před nadměrným nabitím a vybitím. Regulátory jsou vybaveny i spoustou nadstandardních funkcí jako jsou například ochrana proti přepólování, možnosti programovatelných funkcí, priority napájení spotřebičů při nedostatku energie či jiné bezpečnostní funkce. Součástí regulátoru nabíjení může být MPPT.

VÝKONOVÝ OPTIMIZÉR – DC/DC měnič s MPPT, připojuje se ke každému panelu ve stringu; umožňuje zapojit do série panely různých výkonů, s různým sklonem a orientací, případně i různě zastíněných, přičemž každý z panelů pracuje v optimálním pracovním bodě.

INTENZITA SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ – udává se ve wattech na metr čtvereční (W/m^2); nejvyšší intenzita slunečního záření se v České republice za ideálních povětrnostních podmínek při kolmém dopadu slunečních paprsků pohybuje kolem $1100 W/m^2$.



3. Způsoby provozu fotovoltaických systémů

Fotovoltaickou elektrárnu lze v zásadě provozovat třemi způsoby:

- systémy nespojené s rozvodnou sítí (autonomní/ostrovní systémy)
- systémy spojené s rozvodnou sítí
- hybridní systémy

AUTONOMNÍ SYSTÉM – je nejstarší aplikací fotovoltaiky. Autonomní (nebo také nepřesně ostrovní) FVE napájí vesmírné satelity, sondy a stanice, počítače a další techniku v končinách, kde se s jiným zdrojem energie nedá počítat. Častou aplikací jsou systémy na čerpání vody. Největší slabinou těchto systémů jsou baterie.

Typy instalací – DC/DC bez akumulace

- DC/AC bez akumulace
- DC/DC s akumulací
- DC/AC s akumulací

SYSTÉMY SPOJENÉ S ROZVODNOU SÍŤÍ

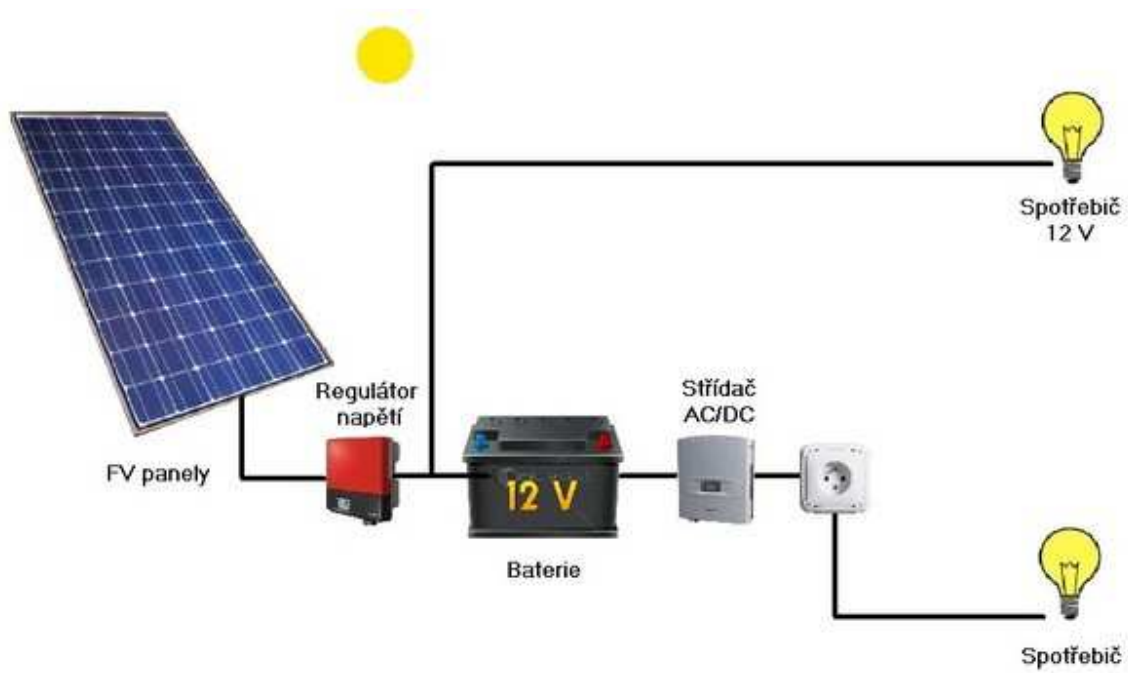
- systémy malého výkonu (do 10 kWp)
- systémy středního výkonu (do 200 kWp)
- systémy velkého výkonu (nad 200 kWp)

SPOTŘEBITELSKÝ SYSTÉM – je určen především pro výrobu elektrického proudu pro vlastní spotřebu. Přebytek vyprodukované solární energie je možné dodávat do veřejné distribuční sítě.

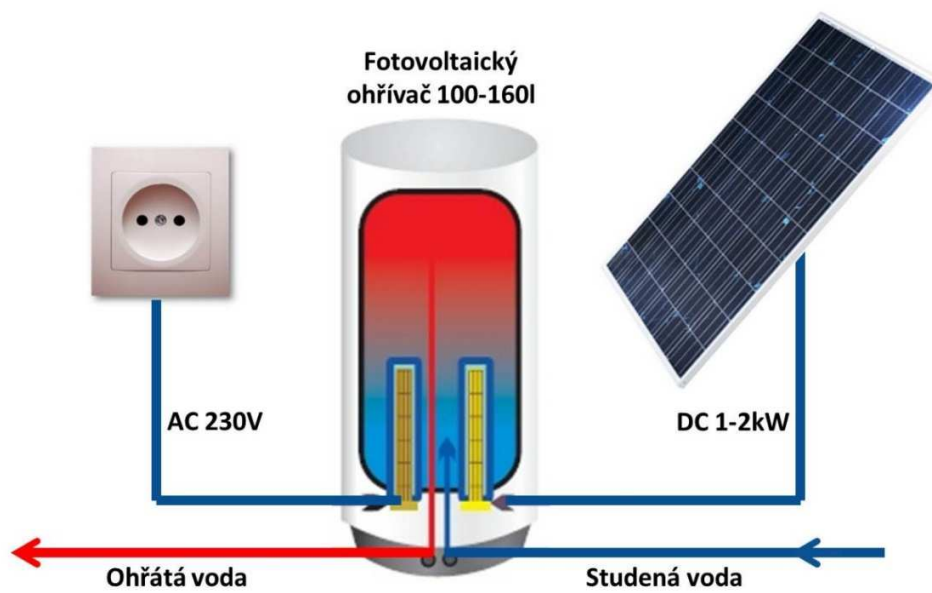
DISTRIBUČNÍ SYSTÉM – většina vlastníků tohoto systému jsou distributoři elektrické energie s zařízením, které do sítě dodává větší výkony. Součástí systému je i odbočka vlastní spotřeby.

HYBRIDNÍ SYSTÉM – jedná se o kombinaci autonomního a spotřebitelského systému. Hybridní FVE je konstruována tak, aby bylo možné spotřebovat veškerou energii, kterou lze z FV panelů vyrobit. Nejprve se nabíjí baterie a po plném nabití dochází k přesměrování vyráběné energie do prioritních spotřebičů. Případné přebytky lze dodávat do sítě.

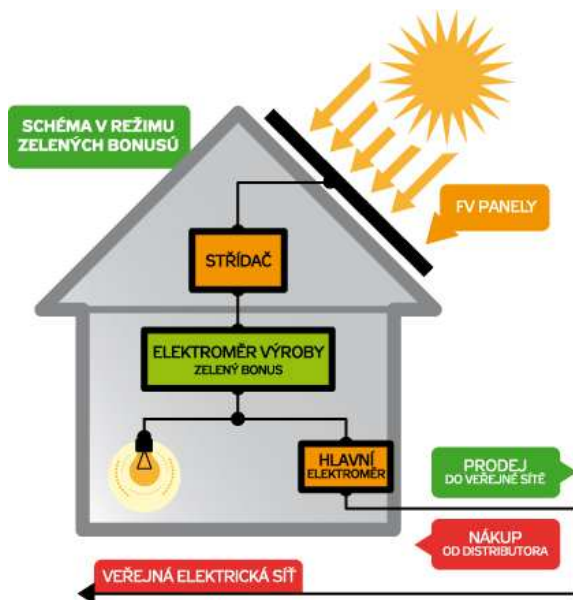
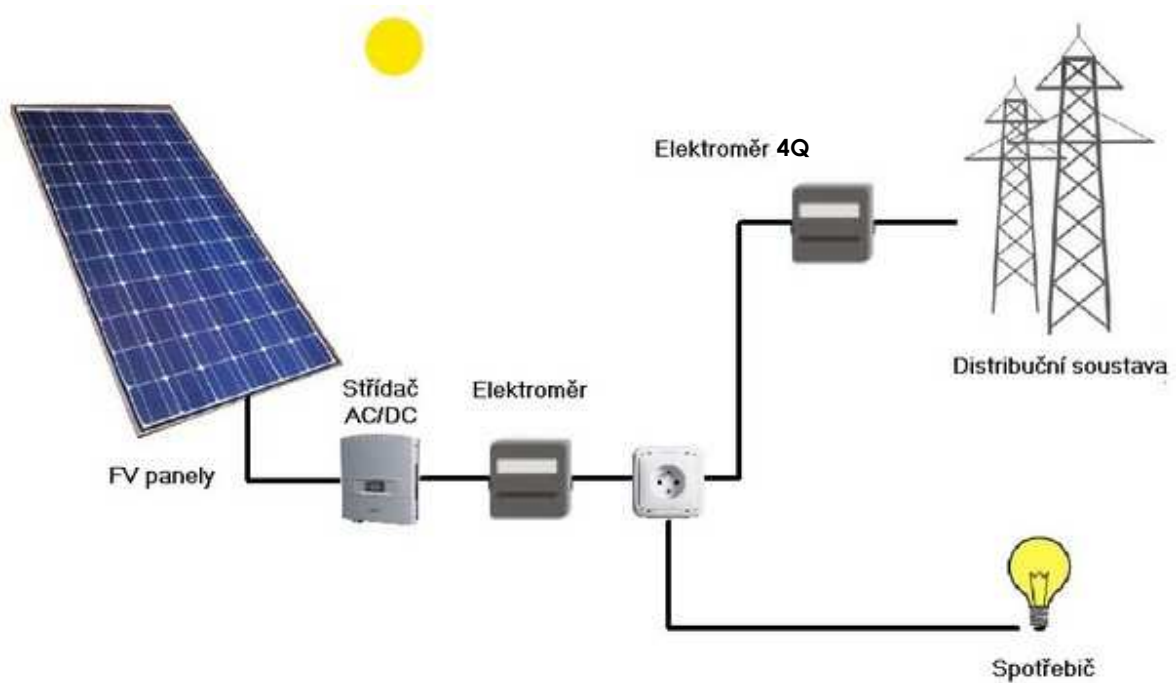
AUTONOMNÍ/OSTROVNÍ SYSTÉM



FOTOVOLTAICKÝ OHŘEV VODY (DC/DC BEZ AKUMULACE)



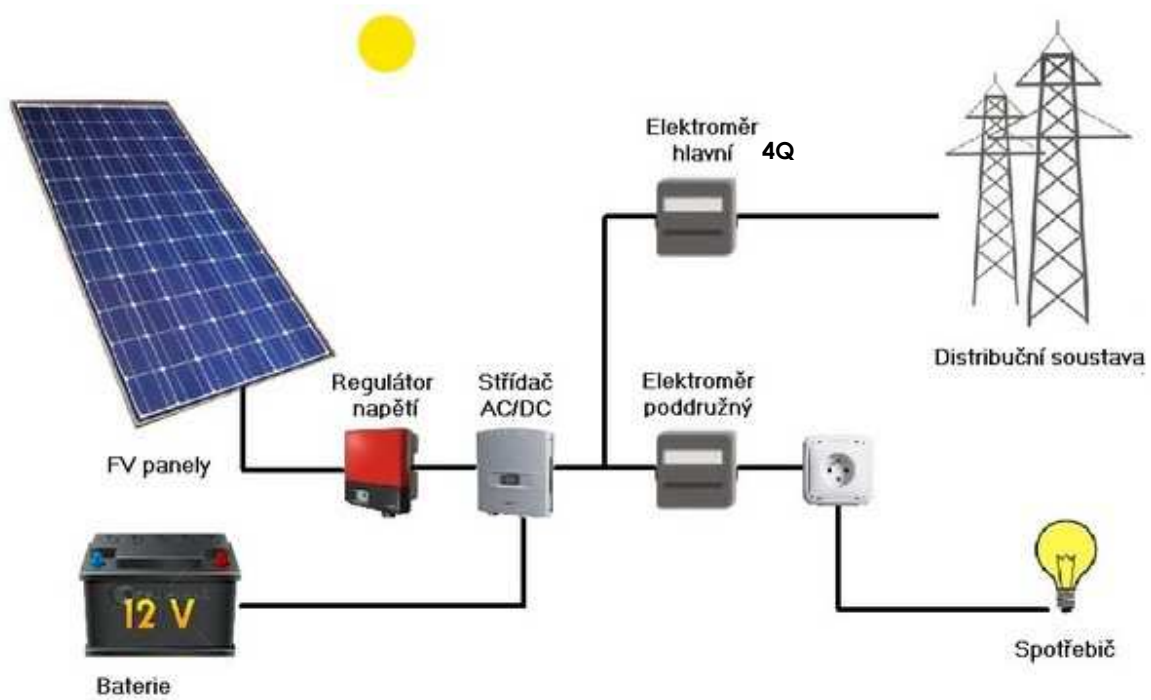
SPOTŘEBITELSKÝ SYSTÉM



ZELENÝ BONUS

- je příplatek k tržní ceně elektřiny
- pro každý druh OZE upravuje každoročně cenu ERÚ
- na veškerou námi vyrobenou elektrickou energii (spotřebovanou i dodanou)
- nejefektivnější je co nejvíce vyrobené elektrické energie spotřebovat

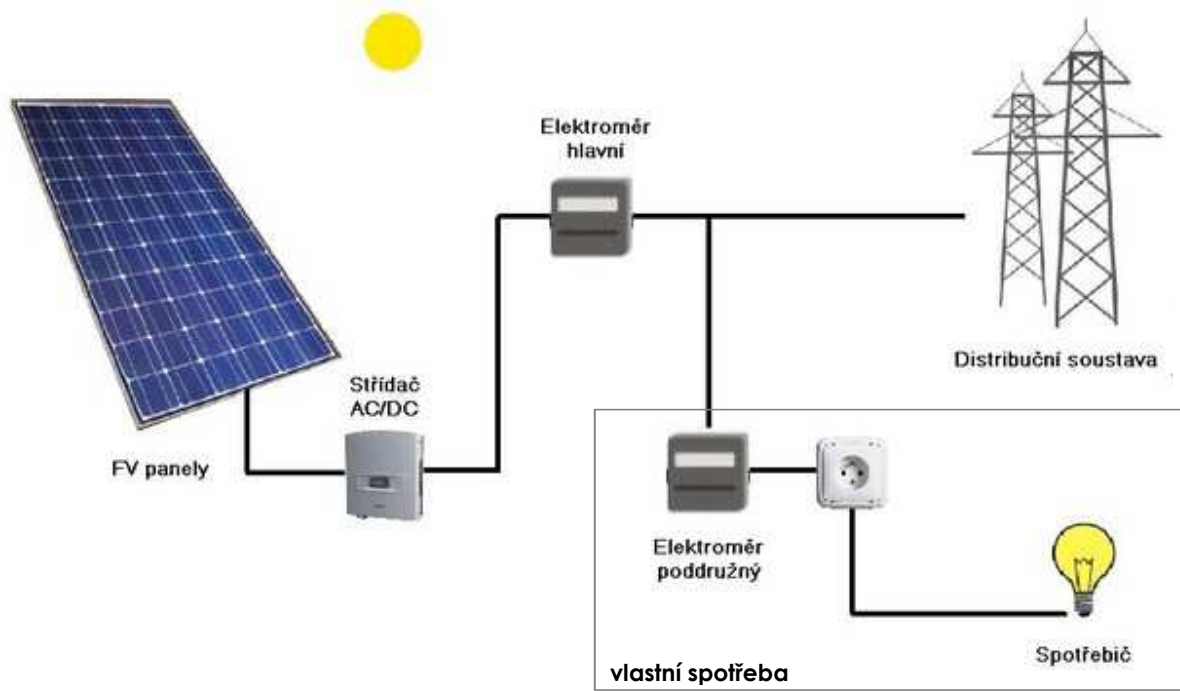
HYBRIDNÍ SYSTÉM



HYBRIDNÍ FVE



DISTRIBUČNÍ SYSTÉM



4. Základní hodnoty fotovoltaických panelů

Hodnoty uvedené na štítku panelu jsou jmenovité hodnoty měřené při standardních testovacích podmínkách (STC).

P_{MPP} – jmenovitý výkon panelu, uvádí se hodnota změřená v MPP (Wp)

$$P_{MPP} = U_{MPP} \times I_{MPP}$$

U_{MPP} – napětí při jmenovitém výkonu (V)

I_{MPP} – proud při jmenovitém výkonu (A)

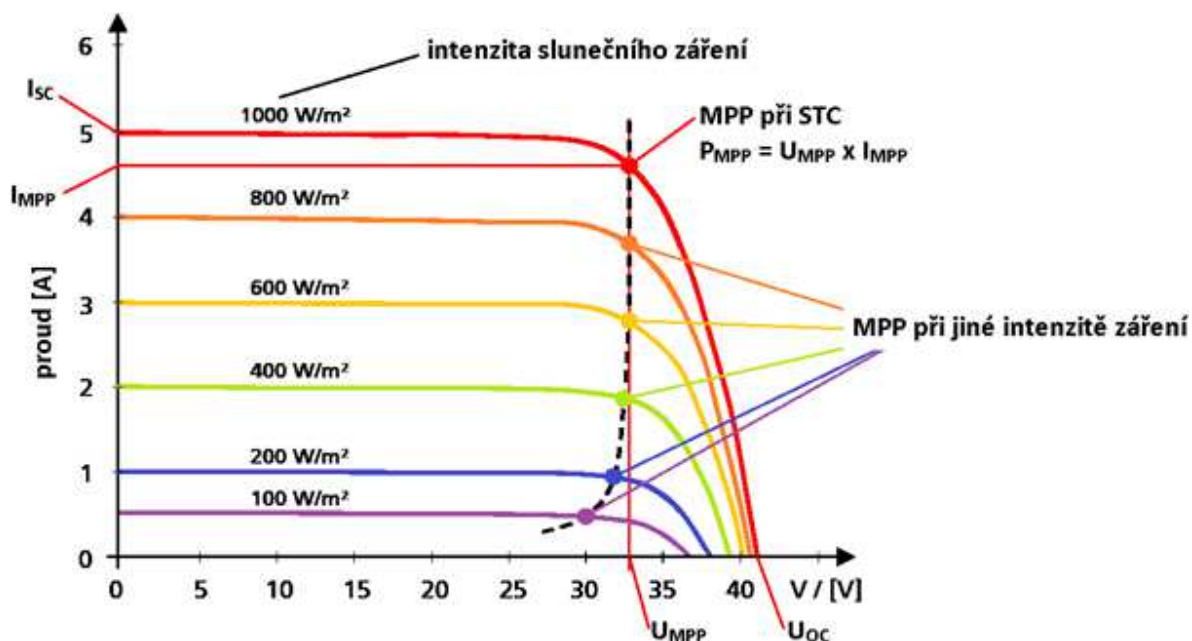
U_{OC} – napětí naprázdno; napětí na fotovoltaickém panelu bez připojené zátěže (V)

I_{SC} – proud nakrátko; největší proud, který je panel schopen dodat (A)

$I_{MOD\ REVERSE}$ – maximální dovolený zpětný proud panelu (A)

Max. System Voltage – nejvyšší systémové napětí; omezuje počet panelů, které lze zapojit do stringu (obvyklá hodnota je 1000 V).

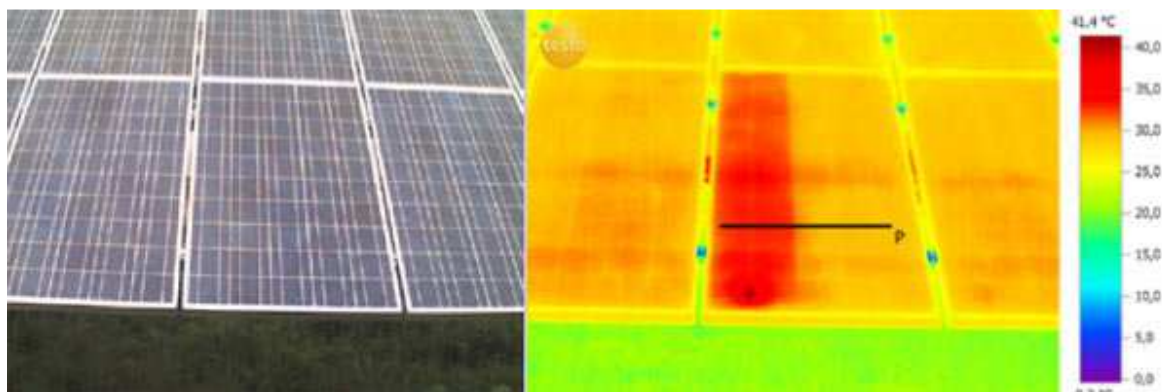
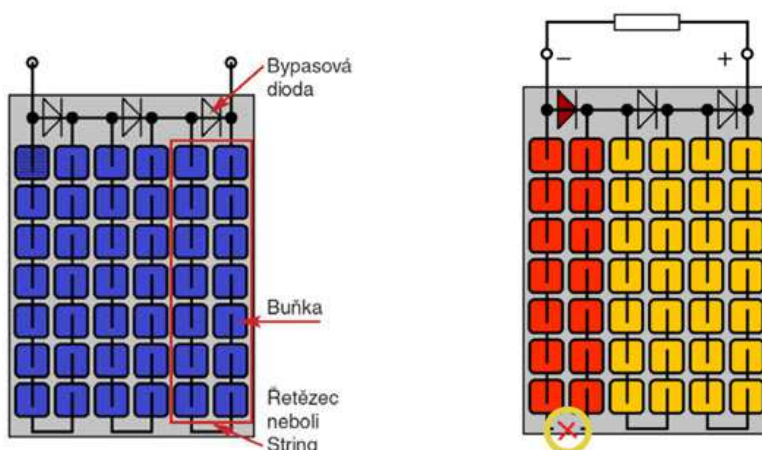
VA charakteristika FV panelu



Zkratový proud I_{SC} FV panelu je jen o 10 až 20 % větší než provozní proud I_{MPP} . Pro fotovoltaický panel nepředstavuje zkrat žádný problém, vedení navrhujeme tak, aby průřez vyhovoval zkratovému proudu.

5. Bypassová dioda

FV moduly přeměňují dopadající sluneční záření na elektrický výkon. Běžně používané moduly mají účinnost okolo 17 %, to znamená, že 83 % záření je v panelu přeměněno na teplo. Řádně nepřipojený modul přeměňuje všechno dopadající záření na teplo a proto je teplejší. FV modul se skládá z jednotlivých článků, které jsou zpravidla zapojeny sériově. Pokud je uzavřen elektrický obvod, každý článek by měl vyrábět stejné množství proudu. Pokud je nějaký článek slabší (má výrobní vadu nebo je zastíněný), dochází k jeho prepólování. Ostatní články v sérii předávají část své vyrobené energie právě do této slabší buňky, to vede k jejímu zahřátí. Nejsou výjimkou i teploty přes 100 °C. Samozřejmě takto zahřátému článku velice rychle klesá životnost a elektrický proud zvyšuje závěrné napětí. Aby se zabránilo této zpětné vazbě, jsou mezi jednotlivé části panelu instalovány tzv. bypassové diody. Bylo by nejvýhodnější, pokud by dioda byla u každého článku, to by však velice prodražilo výrobu. Pokud má jeden string z článků nižší proud než ostatní, je přebytečný proud převeden diodou.



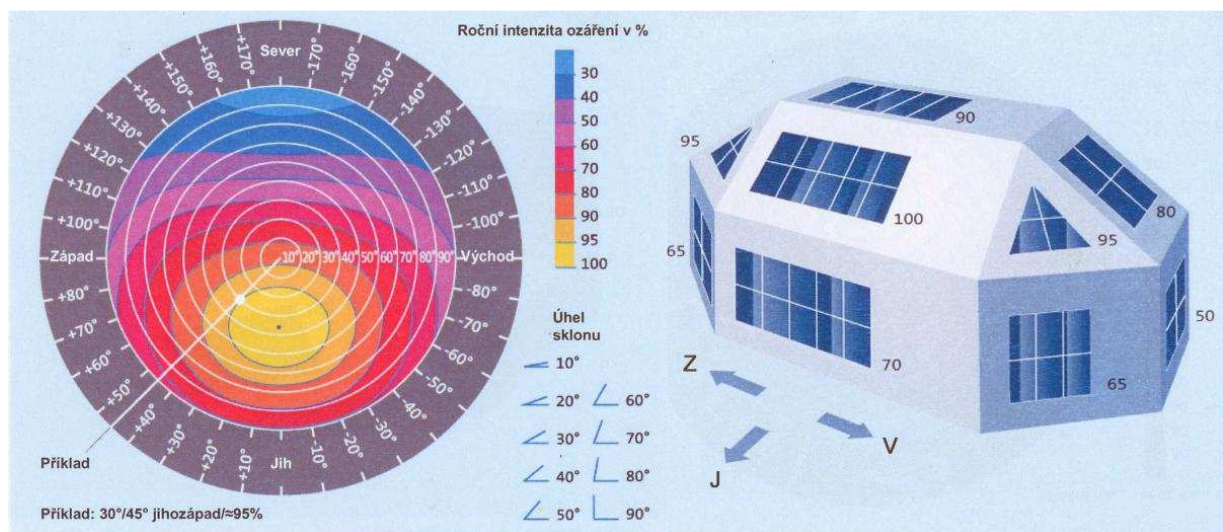
6. Účinnost FV systému a orientace FV panelů

ÚČINNOST FV ČLÁNKU – je podíl mezi elektrickým výkonem z jednotky plochy FV článku a intenzitou slunečního záření. Typická účinnost kvalitních krystalických křemíkových článků je v současnosti 17–18 % při STC, při intenzitě dopadajícího záření pod 200 W/m^2 účinnost krystalických článků klesá. Teoretická maximální účinnost pro jeden přechod je 34 %.

ÚČINNOST FV PANELU – je podíl mezi elektrickým výkonem z jednotky plochy FV panelu a intenzitou slunečního záření. Účinnost panelu je o 1 až 2 procentní body nižší než účinnosti použitých článků. Hlavním důvodem snížení účinnosti jsou optické ztráty odrazem na krycím skle.

TEPLOTNÍ KOEFICIENT VÝKONU – udává, o kolik se výkon panelu změní při zvýšení teploty o $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Pokles výkonu krystalických panelů je kolem $0,4 \text{ } \%/^\circ\text{C}$, u tenkovrstvých zhruba poloviční.

ORIENTACE FV PANELŮ – za ideální se považuje orientace panelů jižním směrem s maximální odklonem 15° na západ nebo na východ (v ČR ideálně 5° jihozápadním směrem), se sklonem panelů $25^\circ - 40^\circ$ (v ČR ideálně 34°).



Uvedená % roční intenzita ozáření platí pouze při nulovém zastínění vedlejšími objekty (například stromy, komíny, vikýři, okolními budovami, panely z předcházejícího pole, sněhem apod.).

ŽIVOTNOST A STÁRNUTÍ – životnost krystalických FV článků výrobce obvykle uvádí 20–25 let (po tuto dobu výrobce garantuje, že výkon neklesne pod $80 \text{ } \% P_{MPP}$). Při stárnutí článků je potřeba počítat s úbytkem vyrobeného výkonu přibližně $0,8 \text{ } \%$ za rok.

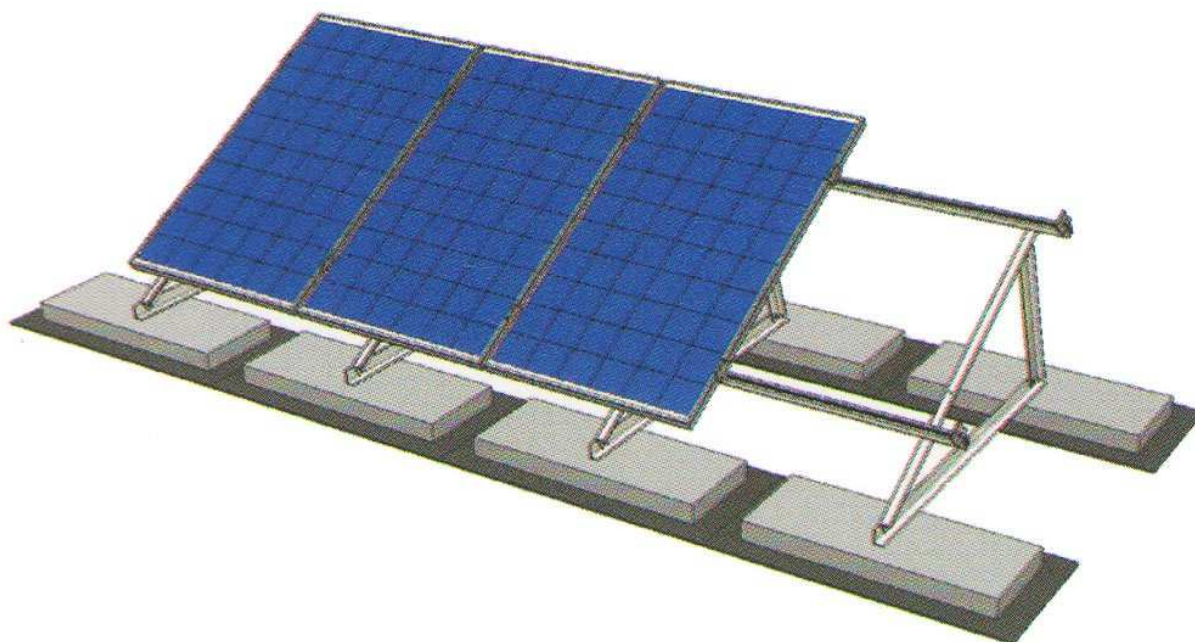
7. Základní komponenty fotovoltaických systému

Mezi základní komponenty fotovoltaické elektrárny patří:

- nosné konstrukce
- FV panely
- ochranné jistící prvky
- akumulátory
- regulátory nabíjení
- střídače/měniče
- spojovací elektroinstalační materiál
- ostatní

Nosné konstrukce

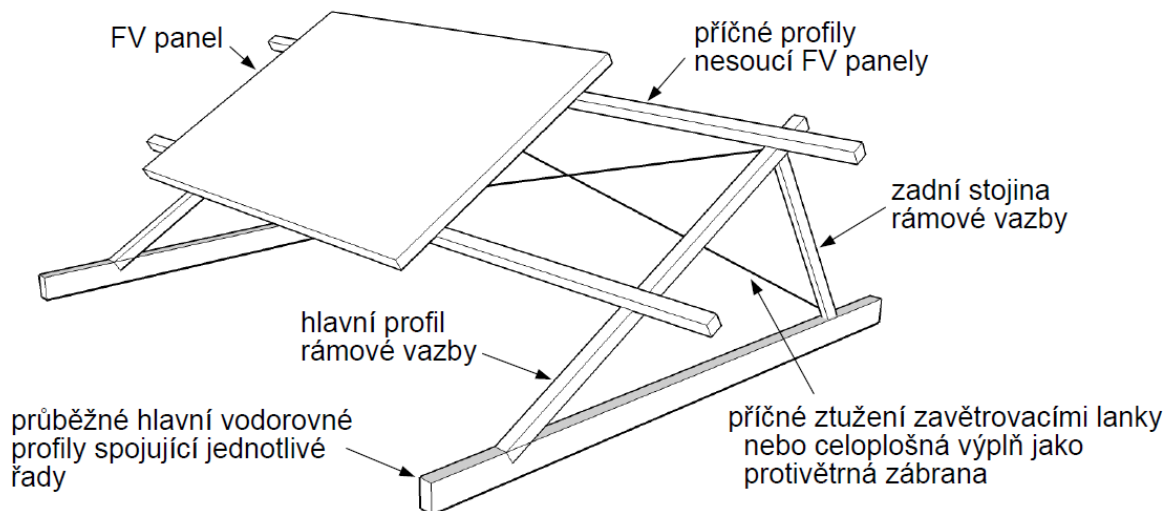
Nosné konstrukce je nutné použít především na plochých střechách nebo na volném prostranství. Střešní instalace mají dvě klíčová specifika. Jedná se o mechanickou a klimatickou odolnost a nároky na kotvení. Při montáži je nutné zohlednit všechny parametry (výška střechy, zóna větru, kategorie terénu, velikost modulů, rozestupy atd.), aby se mohlo vyloučit nadzdvížení, skluz a překlopení konstrukce s moduly.



K vnitřnímu stínění u FV instalací na plochých střechách dochází, stíní-li si navzájem jednotlivé řady panelů. Pokud mezi řadami panelů nezajistíme dostatečné rozestupy, nastane v zimních měsících, kdy je slunce nízko, vzájemné stínění.



Pro upevnění FV instalace na plochou střechu přicházejí v úvahu dva způsoby, a to zátěžové/gravitační kotvení nebo přímé kotvení. U zátěžového upevnění je rozhodující dostatečná rezerva únosnosti konstrukce objektu. Přímé kotvení předpokládá průnik bodových kotev střešním pláštěm, ale představuje minimální přitížení nosné konstrukce objektu. Klíčovým požadavkem je ošetření průniků tak, aby byla zachována hydroizolační funkce střešního pláště. Kombinace obou způsobů upevnění se spíše nedoporučuje.



Kovové konstrukce jsou vyrobeny obvykle ze slitin Al nebo z FeZn.

Montáž panelu na šikmé střechy se provádí obvykle pomocí ocelových střešních háků.

Akumulátory

Pro ukládání elektrické energie se dnes používají výlučně elektrochemické akumulátory, které lze opakovaně nabíjet. V akumulátorech se ukládá elektrická energie prostřednictvím vratných chemických pochodů. Existují různé konstrukce, které se liší především prvky zúčastňujícími se procesu ukládání.

Nejznámější typy akumulátorů jsou:

- olověné akumulátory
- nikl-kadmiové akumulátory
- nikl-metalhydridové akumulátory
- lithium-iontové akumulátory

Ve FVS se dnes z ekonomických důvodů používají téměř výhradně dlouho osvědčené olověné akumulátory. Olověný akumulátor má dvě deskové elektrody. V nabitém stavu se záporná deska skládá z čistého olova, druhá, kladná deska je z oxidu olovnatého.

Obě elektrody jsou obklopeny elektrolytem – zředěnou kyselinou sírovou nebo u gelových akumulátorů je kyselina ztužena křemičitou suspenzí. Během vybíjení reaguje materiál desek s kyselinou. Na obou plochách elektrod vzniká sírník olovnatý, zatímco hustota kyseliny elektrolytu klesá. Při nabíjení akumulátoru probíhá tento proces v důsledku přiložení nabíjecího napětí obráceně, hustota kyseliny se opět přibližuje počáteční hodnotě. Protože kyselina se účastní jak nabíjení, tak i vybíjení, dá se na základě koncentrace kyseliny určovat stav nabití akumulátoru. Nejdůležitějším znakem akumulátoru je jeho kapacita. Kapacita akumulátoru udává, jaké je množství elektrického proudu, který je možno odebrat z nabitého akumulátoru do jeho úplného vybití. Udává se v ampérhodinách (Ah).

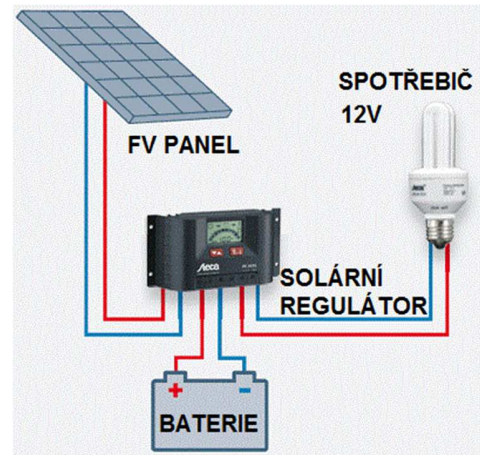
Regulátory nabíjení

Regulátor nabíjení tvoří spojovací článek mezi FV panely, akumulátorem a spotřebičem. Jeho úkolem je řízení procesu nabíjení a vybíjení. K tomu patří v podstatě tři úkoly:

- I. Zjistit optimální nabíjení akumulátoru. Zejména musí regulátor nabíjení při dosažení koncového nabíjecího napětí buď odpojit FV panely od akumulátoru, nebo nabíjecí napětí po určitý časový interval omezit na hodnotu koncového nabíjecího napětí přípustného pro daný akumulátor.
- II. Zabránit vybíjení akumulátoru přes FV panely. Za tmy se FV panely v důsledku svého vnitřního odporu chovají jako spotřebič a bez určitých opatření by se přes ně akumulátor vybíjel. Regulátor vybíjení tedy zabraňuje „obrácenému proudu“ z akumulátoru do FV panelů.

- III. Chránit akumulátor před hlubokým vybitím. Dojde-li ke snížení napětí akumulátoru pod hodnotu koncového vybíjecího napětí, odpojí regulátor nabíjení spotřebič od akumulátoru a zabrání tak poškození akumulátoru.

Pro dlouhou životnost akumulátoru má dobré řízení nabíjení a zejména dobrá ochrana před hlubokým vybitím rozhodující význam. Protože obojí závisí na přesném zjišťování stavu nabití, jsou k tomu dnes moderní nabíjecí regulátory vybaveny mikroprocesory. Kromě řízení nabíjení mohou regulátory nabíjení zčásti plnit ještě funkce řízení provozu, ochranné funkce a také dokáže přizpůsobit systém pro dané napětí. Součástí regulátoru nabíjení je často i sledování bodu maximálního výkonu (MPPT).



Střídače/měniče

Střídač je elektronický přístroj, který převádí stejnosměrné napětí na střídavé. Převedení stejnosměrného napětí na střídavé se provádí elektronicky výkonnými tranzistory, s jejichž pomocí se proud až 20 000× za sekundu zapíná a vypíná.

Tento převedený stejnosměrný proud je pak možno pomocí transformátoru přetransformovat na požadované vyšší výstupní napětí. Podle oblasti využití rozlišujeme dva druhy střídačů:

- I. Izolované střídače vyrábějí střídavý proud pro izolovanou síť oddělenou od veřejné rozvodné sítě a pracují bez vnějšího nastavování veličin, jako jsou frekvence nebo napětí.
- II. Střídače paralelní se sítí jsou navrženy speciálně pro FV zařízení spojená s elektrickou rozvodnou sítí. Nastavují se na frekvenci a napětí sítě a posílají do sítě vyrobený elektrický proud synchronně se sítí.

Dobré střídače dnes dosahují účinnosti až 95 % v širokém pracovním rozsahu. I při malém vytížení má dobrá účinnost svůj význam, protože střídač má po většinu času k dispozici jen část svého maximálního výstupního výkonu. Střídač odolný proti zkratu se při tomto zkratu automaticky vypne a zabraňuje tím poškození střídače samotného i jiných součástí solárního elektrického zařízení. Při přetížení střídač odpojí spotřebič, takže se zabrání poškození zařízení.

Spojovací elektroinstalační materiál

Spojovací vodiče musí být odolné vůči UV záření, s dvojitou izolací, průřez 4 až 6 mm²



Vodě odolné konektory MC4

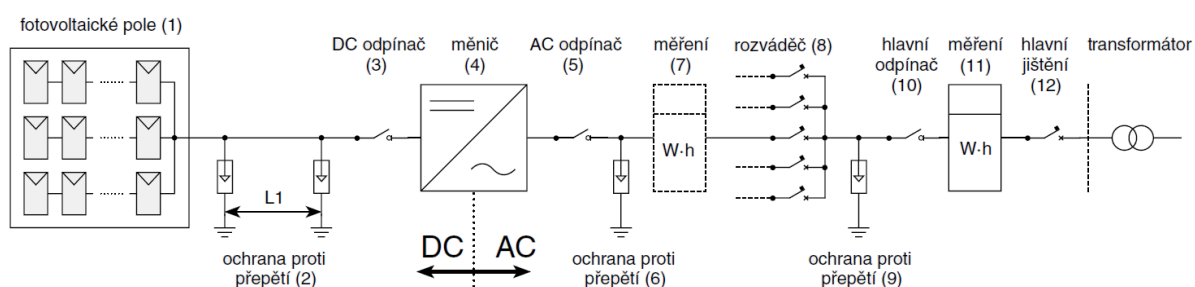


8. Obecné zapojení FV zdroje

Na obrázku je znázorněn příklad provedení FV zdroje pracujícího paralelně s distribuční sítí. Zdrojem elektrické energie je FV pole (1), které je pomocí vedení spojeno s měničem. V případě většího počtu paralelně řazených stringů je třeba zajistit ochranu FV panelů proti zpětným proudům a nadproudovou ochranu kabelů fotovoltaického pole při poruše.

Pro volbu jmenovitého proudu pojistkové vložky platí: $1,4 \cdot I_{SC} \leq I_N \leq 0,7 \cdot I_{MOD\ REVERSE}$

Současně je nutné řešit ochranu proti přepětí (2). Jedná-li se o delší vedení mezi FV polem a měničem, je vhodné použít svodiče přepětí jak u měniče, tak v blízkosti FV pole. K zajištění údržby měniče je nutné splnit požadavek na jeho možné odpojení od AC i DC strany, proto jsou u měniče instalovány DC odpínač (3) a AC odpínač (5). V případě, že je funkčně zajištěno, aby vypnutí (zapnutí) DC strany probíhalo vždy bez zátěže, tzn., že AC strana bude vypínána dříve a zapínána následně, pak lze na místě DC strany použít jen odpojovač.



Za AC odpínačem je instalován svodič přepětí (6), který je doporučen především následuje-li dlouhé vedení. Dále může být zapojeno místní měření elektrické energie a následuje připojení přes jističí přístroj k rozváděči (8). V případě FV zdroje velkého výkonu jsou do rozváděče připojeny přes jističí přístroje jednotlivé paralelní větve fotovoltaického zdroje. Rozváděč a následný elektrický rozvod je chráněn ze strany připojení k distribuční síti svodičem přepětí (9). Měření dodané a spotřebované energie (výroba a spotřeba v místě – zelený bonus) nebo jen dodané energie (pouze výroba bez spotřeby) předchází hlavní odpínač rozváděče (10). Rozváděč, odpínač a vedení směrem k distribučnímu rozvodu je chráněno proti přetížení a zkratu hlavním jističím přístrojem (12).

9. Použitá literatura

1. BECHNÍK, Bronislav. Nejpoužívanější pojmy ve fotovoltaice. In: [online]. 29.9.2014. [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11772-nejpouzivanejsi-pojmy-ve-fotovoltaice>
2. BENDA, Vítězslav, Kamil STANĚK a Petr WOLF. *Fotovoltaické systémy* [online]. In: Praha, 2011, s. 44–53 [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_04_1104.pdf
3. Fotovoltaika: Co jsou fotovoltaické systémy?. *TZB-energ* [online]. 2014 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.tzb-energ.cz/fotovoltaika.html>
4. HRZINA, Pavel. *Návrh FV systémů* [online]. In: 2012 [cit. 2015-12-01]. Dostupné z: http://pasan.feld.cvut.cz/ad1b13svs/velke/prednes_04_SVS_DS.pdf
5. CHMEL, Ladislav a Ivo HANERNÍK. *Fotovoltaika, fototermika* [online]. První. Brno, 2015 [cit. 2015-12-13]. ISBN 978-80-88058-02-1. Dostupné z: <https://publi.cz/books/91/Cover.html>
6. KMOCH, Jaroslav. Fotovoltaické moduly a instalace fotovoltaických elektráren pod kontrolou termokamer. In: *ElektroPrůmysl.cz* [online]. 2015. vyd. [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.elektroprumysl.cz/merici-technika/fotovoltaicke-moduly-a-instalace-fotovoltaickych-elektren-pod-kontrolou-termokamer>
7. Obecné schéma zapojení fotovoltaického zdroje. *OEZ, s.r.o.* [online]. 2014 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/aktuality/obecne-schema-zapojeni-fotovoltaickeho-zdroje>
8. ČSN 33 2000-7-712. *Elektrické instalace budov - Část 7-712: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Solární fotovoltaické (PV) napájecí systémy*. Praha: Český normalizační institut, 2006.