

Kontroly fotovolt. systémů podle STN EN 62446-1 (měření při výchozích i pravidelných kontrolách / revizích PV elektráren se zaměřením na ustanovení uvedené STN)

Ing. Leoš KOUPÝ, ILLKO, s.r.o. Blansko, ČR

Kontroly PVS

ČSN EN 62446-1

*Fotovoltaické systémy – Požadavky na zkoušení, dokumentaci a údržbu
Část 1: Systémy spojené s rozvodnou sítí - Dokumentace, zkoušky při
uvádění do provozu a kontrola*

MI 3108 EurotestPV

měřicí přístroj pro testování elektrických instalací a fotovoltaických elektráren



Fotovoltaický panel



Fotovoltaický článek je základní funkční prvek fotovoltaického panelu. Články mohou být krystalické nebo tenkovrstvé. Fotovoltaický článek je v principu velkoplošná fotodioda, která přeměňuje sluneční záření na stejnosměrný proud. 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 panel (modul) – je složen z většího počtu článků zapojených v sérii. Napětí jednoho panelu se obvykle pohybuje v rozmezí 12 V až 100 V. Fotovoltaické panely běžně dostupné na trhu lze rozdělit do dvou kategorií – krystalické a tenkovrstvé.

Krystalický panel (fotovoltaický panel s krystalickými články) – sestává 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.

Tenkovrstvý panel – jednotlivé články jsou nanášeny přímo na nosné sklo; články tvoří proužky o šířce řádově 1 cm a délce odpovídající výšce panelu.



Součásti PV panelu



Přední krycí vrstva – obvykle se používá sklo nebo i plast, musí především propouštět využitelnou část slunečního spektra, obvykle slouží zároveň jako nosný podklad.

Zadní krycí vrstva – nejčastěji plast, méně často sklo, které je však považováno za trvanlivější a kromě toho lépe chrání články před degradací.

Laminační fólie – obvykle EVA (ethylen-vinyl-acetát); vodivě pospojované krystalické články jsou při kompletaci panelu vloženy mezi dvě vrstvy laminační fólie a působením tepla zataveny a připojeny k přední a zadní krycí vrstvě. U tenkovrstvých panelů, kde jsou články přímo nanесeny na nosnou vrstvu, je použita pouze jedna vrstva EVA fólie.

Rám – obvykle hliníkový, zvyšuje tuhost panelu a jeho odolnost proti mechanickému namáhání nebo poškození. Jsou však vyráběny i panely bez rámu, používané například pro fasádní systémy nebo fotovoltaické střechy (BIPV), kde zpevňující funkci rámu přebírá nosná konstrukce.



Součásti PV panelu



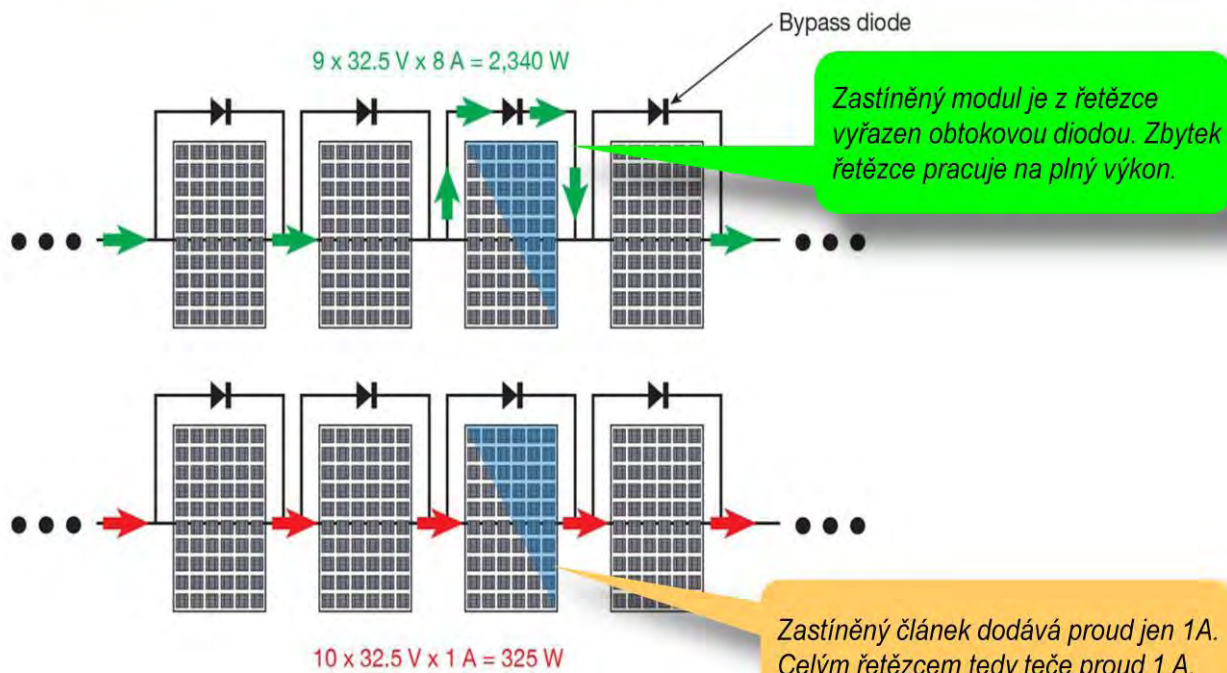
String – řetězec sériově propojených článků. Sériovým propojením se dosáhne potřebného napětí. Označení string se používá i pro řetězec sériově propojených panelů ve fotovoltaické elektrárně.

Připojovací box (junction box) – je obvykle umístěn na zadní straně panelu, slouží k vyvedení elektrické energie z panelu a k jeho připojení do obvodu. Někdy bývá nahrazen výkonovým optimalizérem nebo mikrostrídačem.

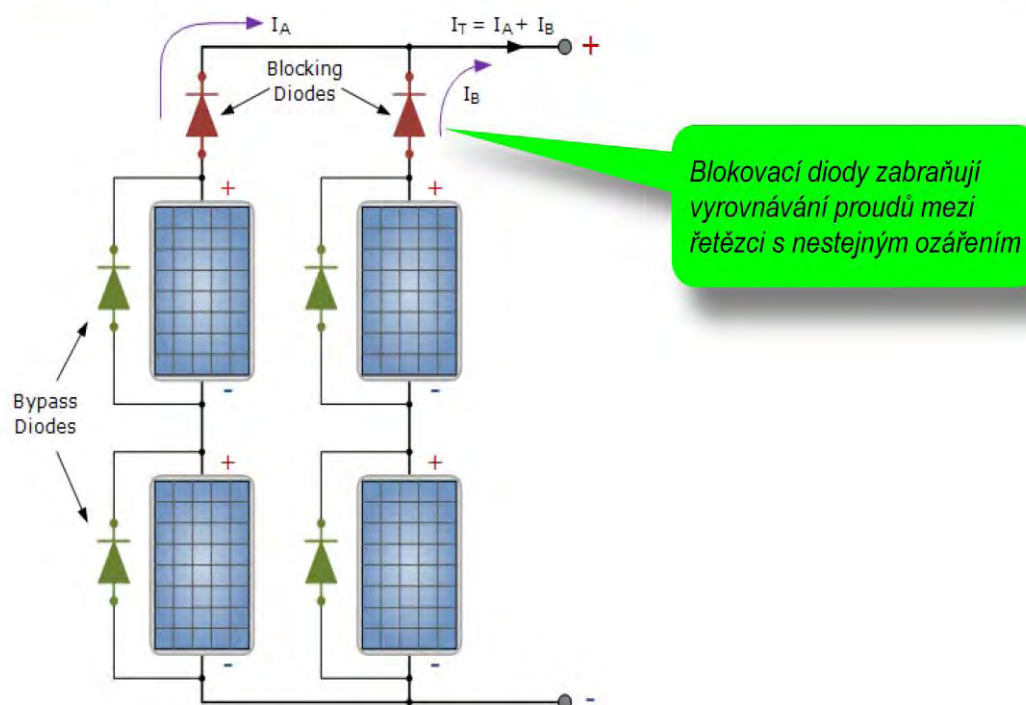
Obtoková (bypass) dioda – slouží k ochraně fotovoltaických článků v panelu při jejich částečném zastínění, zároveň omezuje ztrátu výkonu při částečném zastínění. Bypassové diody jsou v panelu obvykle tři, každá přemostňuje třetinu článků v panelu, bývají umístěny v připojovacím boxu.



PV panel



PV panel





Součásti PV elektrárny



Střídač (měnič, inverter) – převádí stejnosměrné napětí z panelů nebo akumulátoru na střídavé napětí vhodné pro běžné síťové spotřebiče, tj. 230 V.

Mikrostřídač – střídač malého výkonu připojený přímo k jednomu nebo několika málo fotovoltaickým panelům, často nahrazuje připojovací box.

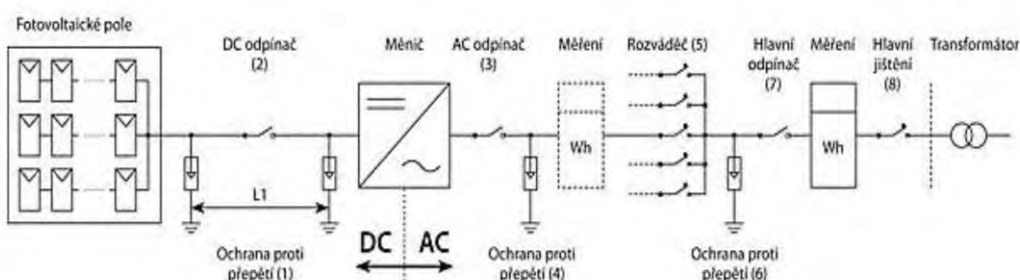
String – řetězec sériově propojených panelů. Sériovým propojením se dosáhne potřebného napětí pro optimální provoz střídače. Označení string se používá i pro řetězec sériově propojených článků na jednom panelu.

Výkonový optimizér – DC/DC měnič s MPP Tracker, připojuje se ke každému panelu v řetězci (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.

Regulátor nabíjení – používá se ve stejnosměrných systémech s akumulátory.



Součásti PV elektrárny





Základní pojmy



PV (FV) – fotovoltaika, fotovoltaický

FVE – fotovoltaická elektrárna.

PVS (FVS) – fotovoltaický systém.

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

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

NOCT – teplota článků za nominálních provozních podmínek (Nominal Operating Cell Temperature), tj. intenzita záření 1000 W/m², teplota okolí 20 °C, rychlost větru 1 m/s, volný přístup vzduchu k zadní straně panelu.

STC – standardní testovací podmínky (Standard Test Condition) – podmínky, za nichž jsou měřeny charakteristiky fotovoltaických panelů a článků, tj. intenzita záření 1000 W/m², spektrum AM 1,5 Global a teplota panelu 25 °C.

Wp (kWp, MWp...) – watt špičkového výkonu (wattpeak) – jednotka používaná pro označení jmenovitého výkonu fotovoltaických panelů a elektráren.



Základní pojmy



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 17,5–18,0 % při STC, při intenzitě dopadajícího záření pod 200 W/m² účinnost krystalických článků klesá. Účinnost tenkovrstvých článků při STC je obvykle nižší, na rozdíl od krystalických článků však při nízké intenzitě dopadajícího záření účinnost tenkovrstvých článků vzrůstá.

Účinnost FV panelu – je podíl mezi elektrickým výkonem z jednotky plochy FV panelu a intenzitou slunečního záření. Účinnost panelu je o 1 % až 2 % 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 °C. Pokles výkonu krystalických panelů je kolem 0,4 %/°C, u tenkovrstvých zhruba poloviční.

Intenzita slunečního záření – udává se ve wattech na metr čtvereční (W/m²), nejvyšší intenzita slunečního záření se v České republice za ideálních povětrnostních podmínek při kolmém dopadu slunečních paprsků pohybuje kolem 1100 W/m².



Výkonové charakteristiky



Na štítku PV panelu jsou obvykle uvedeny následující údaje:

P_{MPP} – jmenovitý výkon panelu, uvádí se hodnota změřená v bodě maximálního výkonu

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

U_{MPP} – napětí při jmenovitém výkonu

I_{MPP} – proud při jmenovitém výkonu

U_{OC} – napětí naprázdno – napětí na fotovoltaickém panelu bez připojené zátěže

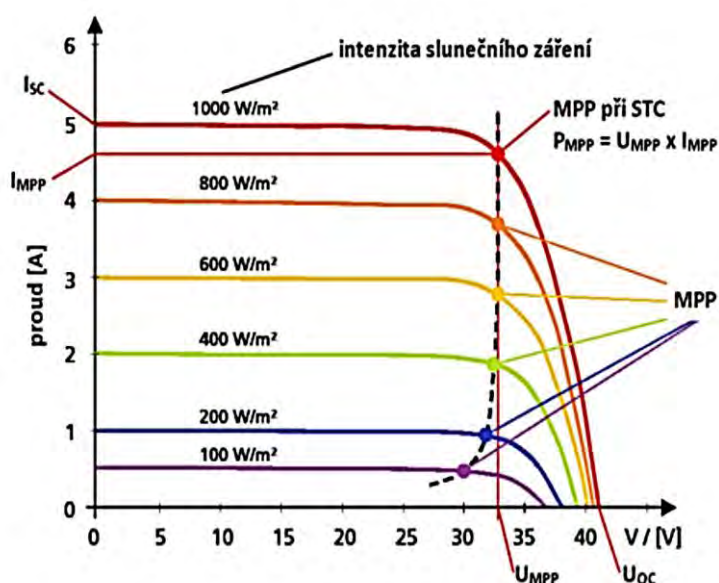
I_{SC} – proud nakrátko – největší proud, který je panel schopen dodat

Max. System Voltage – nejvyšší systémové napětí, omezuje počet panelů, které lze zapojit v sérii, obvyklá hodnota je 1000 V.

Všechny hodnoty uvedené na štítku panelu jsou jmenovité hodnoty měřené při standardních testovacích podmínkách, viz též obrázek nahoře. Stejně se však označují i hodnoty naměřené při jiné úrovni slunečního záření nebo při jiné teplotě.



Výkonové charakteristiky



I_{SC} – proud nakrátko

I_{MPP} – proud při jmenovitém výkonu

U_{OC} – napětí naprázdno

U_{MPP} – napětí při jmenovitém výkonu

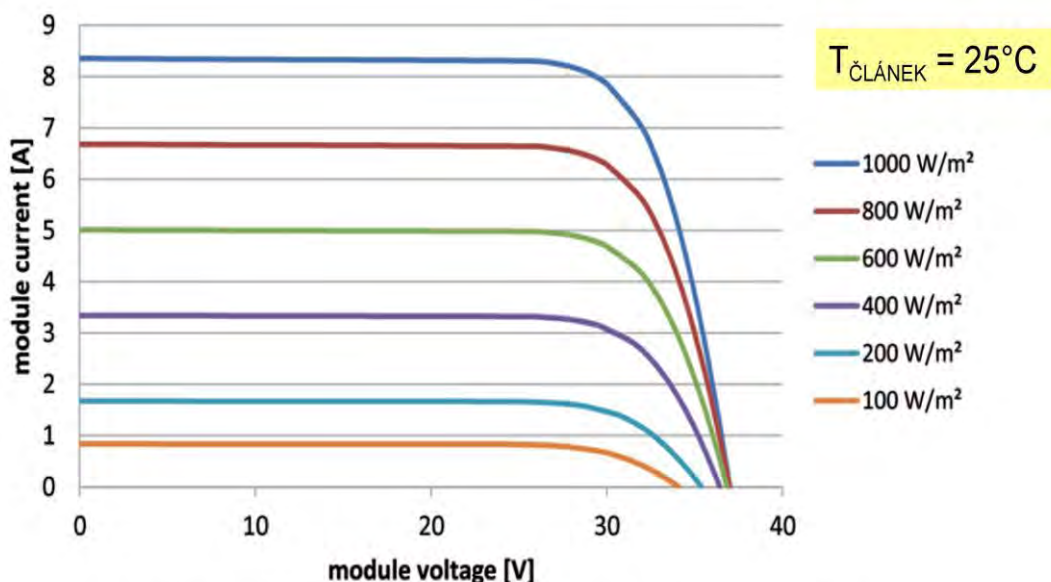
MPP – bod maximálního výkonu



V-A charakteristika PV modulu



V-A charakteristika PV modulu závisí na charakteristice solárnych článků, jejich teplotě a sluneční energii dopadající na modul



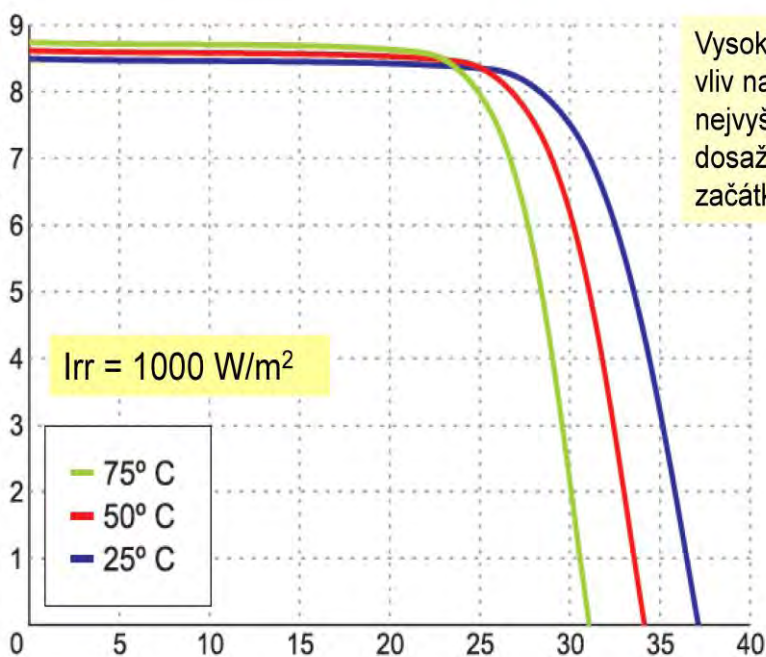
V-A charakteristika PV modulu při konstantní teplotě článku



V-A charakteristika PV modulu



α – teplotní koeficient proudu je kladný (vyšší teplota → vyšší I)



Vysoká teplota má negativní vliv na maximální výkon – nejvyšší efektivita bývá dosaženo na konci jara a na začátku podzimu, nikoli v létě.

β – teplotní koeficient napětí je záporný (vyšší teplota → nižší U)

V-A charakteristika PV modulu při konstantním ozáření



STC – Standardní podmínky



Aby bylo možné vyhodnotit a porovnat naměřené hodnoty PV systému, hodnoty naměřené na modulu musí být přepočítány pro standardní podmínky (společné kritérium):

- Ozáření: 1000 W/m²
- Teplota článků: 25 °C
- Koeficient atmosférické masy (AM): 1,5

AM specifikuje snížení intenzity záření vlivem průchodu atmosférou.
 AM = 0: paprsky dopadají kolmo
 AM = 1,5: paprsky dopadají pod úhlem 48,2°

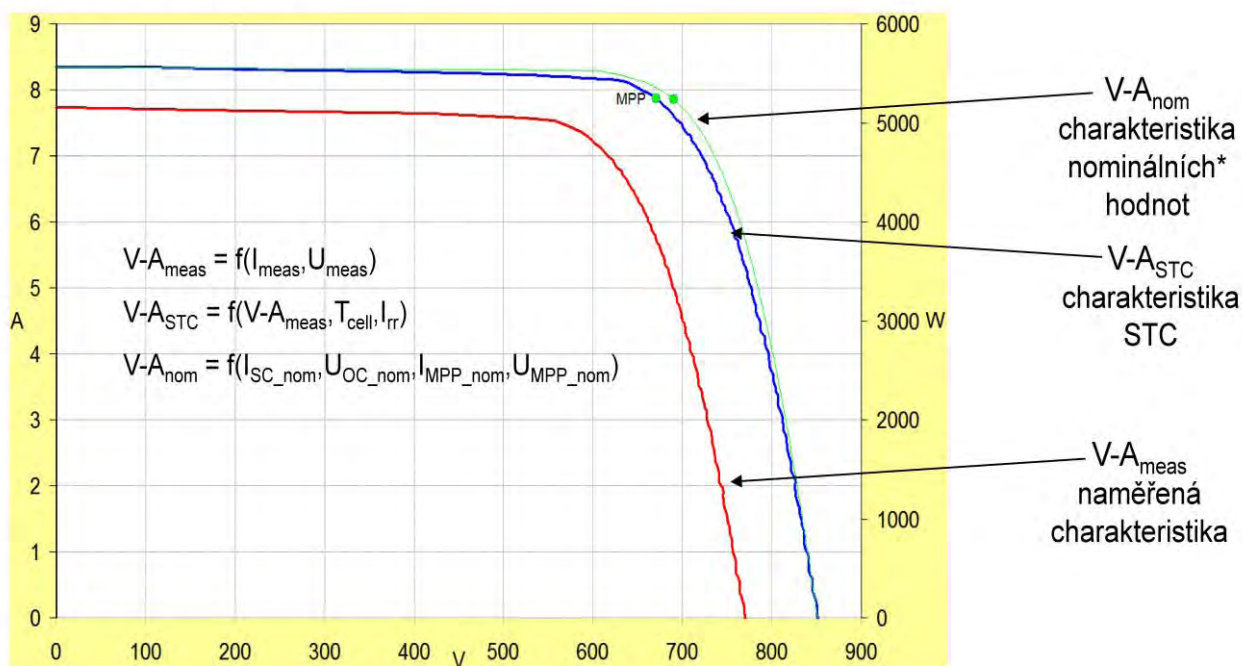
Nominální hodnoty – standardní podmínky jsou vždy uvedeny přímo výrobcem PV systému



STC – Standardní podmínky



V-A charakteristika



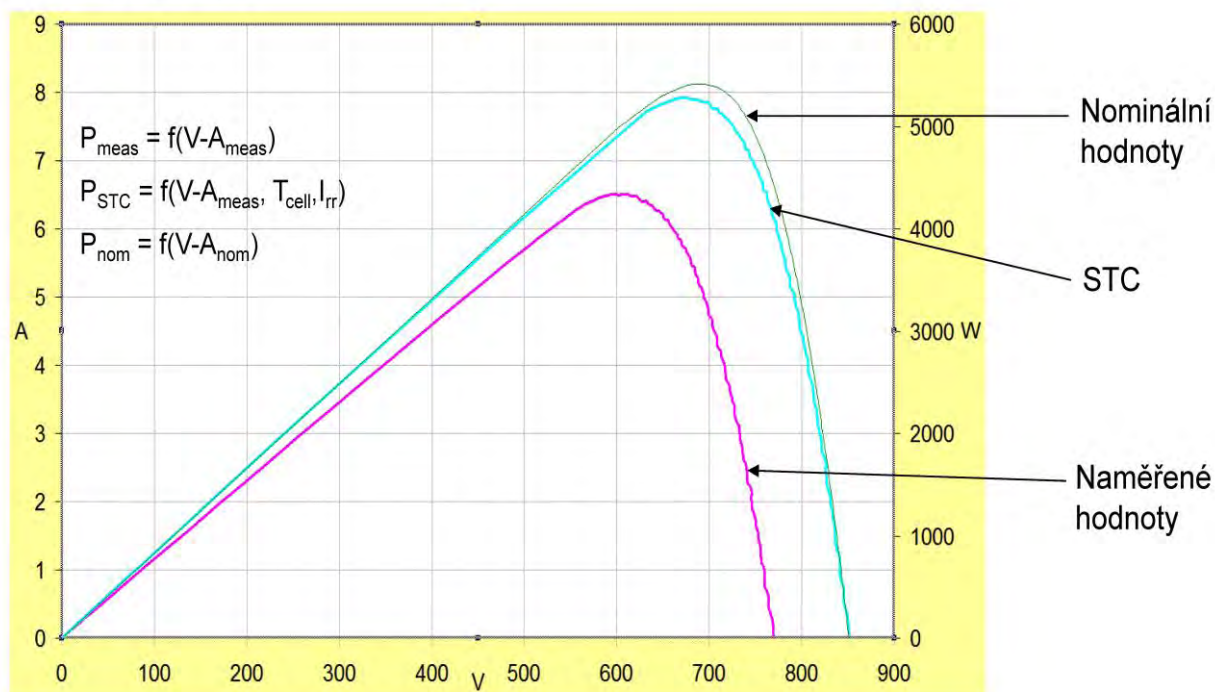
* Nominální hodnoty: hodnoty STC uvedeny výrobcem PV modulu



STC – Standardní podmínky



Průběh výkonu



Faktory ovlivňující výkon solárních elektráren



Závady, poškození:

- Ve výrobní fázi (vady)
- Během přepravy
- Během instalace a uvádění do provozu
- Během provozu

Některá poškození se neprojevují okamžitě, ale mohou se podílet na změnách (zhoršení) vlastností jednotlivých modulů v dlouhodobém horizontu.



Důvody závad vzniklých během provozu



Vlivy okolního prostředí

- výkyvy počasí, od extrémně nízkých po extrémně vysoké teploty, déšť, sníh, led, vítr, krupobití
- zastínění

Chyby v návrhu, při uvádění do provozu

- kabely pod jednotlivými moduly jsou ledabyle uloženy,
- kabely připojené do vyvýšených míst nejsou bezpečně ukotveny



Špatně

Tato pochybení mají za následek volný pohyb kabelů ve větrném počasí, poškození izolace o ostré hrany, zatěžování spojů kabeláže vlivem její vlastní hmotnosti nebo vnějšími vlivy (sníh, led)

Elektrochemické změny

Nesprávně provedené úpravy

Hlodavci



Správně



Stárnutí a stínění



Stárnutí:

- Žloutnutí EVA fólie
- Oxidace (koroze) elektrických spojů

Důsledkem tohoto stárnutí je snížená efektivita modulů a zvýšení sériového odporu systému
→ nižší energetický výnos

Stínění:

Příležitostné, pohybující se, menší stíny:

dopad na energetický výnos je mnohem větší, než by se z poměru stíněné plochy mohlo zdát. Stínění má za následek změny ve VA charakteristice, což může zapříčinit neoptimální funkci měniče.

Dlouhodobé permanentní stínění:

Část modulu je vyhřívána, což může vést k trvalému poškození modulu: delaminace → nižší účinnost, porušení kontaktů na buňkách → zničení celého modulu



Normy týkající se PV



ČSN EN 62446: 2010

Fotovoltaické systémy spojené s elektrorozvodnou sítí - Minimální požadavky na systémovou dokumentaci, zkoušky při uvádění do provozu a kontrolu

Platnost končí 3. 2. 2019

ČSN EN 62446-1: 2016

Fotovoltaické systémy – Požadavky na zkoušení, dokumentaci a údržbu

Část 1: Systémy spojené s rozvodnou sítí - Dokumentace, zkoušky při uvádění do provozu a kontrola

*Říjen 2016, do 3. 2. 2019 platí
souběžně s ČSN EN 62446: 2010*



Normy týkající se PV



ČSN EN 33 2000-7-712 ed.2

Elektrické instalace budov – Část 7-712: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Fotovoltaické (PV) systémy

ČSN EN 60891

Fotovoltaické součástky – Postupy pro korekce teploty a ozařování na změřených voltampérových charakteristikách

ČSN EN 60904-1

Fotovoltaické součástky - Část 1: Měření fotovoltaických voltampérových charakteristik

ČSN EN 61853-1

Zkoušení výkonu a jmenovitých údajů energie fotovoltaického (PV) modulu – Část 1: Měření výkonnosti ozařování a teploty a jmenovité údaje výkonu



Revize PV podle ČSN EN 62446-1



Interval revizí

- Prvotní ověření – po dokončení montáže, po doplnění nebo změnách PVS
- Pravidelná revize – kontrola nezměněného stavu vyhovujícího podmínkám použití

Interval pravidelných revizí nesmí být delší, než je požadovaný interval revizí AC sítě, ke které je PVS připojen.

Měření při revizích:

- Elektrická zařízení se revidují v souladu s ČSN 33 2000-6 ed.2 (IEC 60364-6)
- Měřicí přístroje musí odpovídat požadavkům ČSN EN 61557 a ČSN EN 61010

Kap.: 5.1



Revize PV podle ČSN EN 62446-1



Prohlídka

- Prohlídka DC systému
- Prohlídka AC systému

Měření

- Kategorie 1 – testy nezbytně nutné pro ověření bezpečnosti
- Kategorie 2 – rozšíření revize o další testy po provedení testů kategorie 1
- Další testy, které se provádí podle potřeby dané měřeným PVS

Dokumentace

Kap.: 5.3.2



Prohlídka DC části



Prohlídkou se ověřují následující skutečnosti:

- DC systém byl navržen, specifikován a instalován všeobecně na základě požadavků ČSN 33 2000 a zvláště pak podle požadavků ČSN 33 2000-7-712
- Veškeré DC součásti jsou uvažovány pro trvalé stejnosměrné zatížení při maximálním možném stejnosměrném napětí systému a maximálním možném poruchovém stejnosměrném proudu (tj. při normalizovaném zkušebním napětí naprázdno – $U_{OC\ stc}$ – upraveném pro místní teplotní rozsah a typ modulu, a při proudu $1,25 \times I_{SC\ stc}$ podle čl. 712.433 ČSN 33 2000-7-712),
- Je použita ochrana nízkým napětím (SELV/PELV) nebo ochrana použitím třídy ochrany II nebo ekvivalentní izolací uplatněná na DC straně (třídě II se dává přednost + viz čl. 712.413.2 ČSN 33 2000-7-712),
- Kabely k řetězcům, polím a hlavní stejnosměrné kabely byly vybrány a namontovány tak, aby se minimalizovalo riziko zemních poruch a zkratů (čl. 712.522.8 ČSN 332000-7-712). To je obvykle dosažitelné použitím kabelů s ochrannou nebo zesílenou izolací (často nazývaných "s dvojitou izolací");
- Systémy instalace byly vybrány a namontovány tak, aby vydržely předpokládané vnější vlivy, jako jsou vítr, utváření ledu, teploty a sluneční záření (čl. 712.522.8.3 ČSN 33 2000-7-712),



Prohlídka DC části



- Pro systémy bez nadproudových ochranných přístrojů pro ochranu řetězců: ověřit, že jmenovitý zpětný proud modulů (I_r) je větší než jejich skutečný možný zpětný proud; ověřit také, že kabely řetězců jsou dimenzovány tak, aby vyhověly maximálnímu kombinovanému poruchovému proudu paralelních řetězců (viz čl. 712.433 ČSN 33 2000-7-712),
- Pro systémy s nadproudovými ochrannými přístroji pro ochranu řetězců: ověřit, že nadproudové ochranné přístroje jsou vybaveny a správně specifikovány podle místních předpisů nebo návodu výrobce pro ochrany PV modulů podle poznámky k čl. 712. 433.2 ČSN 33 2000-7-712,
- Ověřit, zda stejnosměrný odpínač vyhovuje pro stejnosměrnou stranu střídače (čl. 712.536.2.2.5 ČSN 33 2000-7-712,
- Jestliže jsou osazeny závěrné diody, ověřit, zda jejich jmenovité reverzační napětí je alespoň $2 \times U_{OC\ stc}$ PV řetězce, v němž jsou osazeny (čl. 712.512.1.1 ČSN 33 2000-7-712),
- Jestliže některý ze stejnosměrných vodičů je spojený se zemí, ověřit, zda existuje alespoň jednoduché oddělení mezi stranami AC a DC a zda spojení se zemí bylo provedeno tak, aby se zabránilo jeho korozi (čl. 712.312.2 ČS 33 2000-7-712),



Prohlídka AC části



Prohlídkou se ověřují následující skutečnosti:

- Na AC straně je zařízení k odpojení střídače
- Všechna odpojovací zařízení byla zapojena tak, aby FV byla na straně zátěže a AC veřejná síť na straně zdroje.
- Provozní parametry střídače byly naprogramovány tak, aby odpovídaly místním předpisům.
- Pokud je pro napájení střídače z AC obvodu instalován RCD, měl by odpovídat požadavkům IEC TS 62548: 2013 (někdy je vyžadován RCD typu B).



Prohlídka - značení



Prohlídkou se zkontroluje značení:

- Všechny obvody, ochranná zařízení, spínače a svorky jsou označeny podle požadavků ČSN EN 33 2000.
- Veškeré DC připojovací boxy (PV panely, PV string) jsou označeny varovným štítkem, který upozorňuje, že živé části uvnitř nich jsou napájeny z FV generátorů a mohou být stále pod napětím i po odpojení od střídače a AC sítě.
- Odpojovací prostředky na AC straně jsou zřetelně označeny.
- Štítky s upozorněním na dvojí napájení systému jsou umístěny v místě propojení.
- Součástí značení je jednoduché schéma zapojení, detaily instalace, postup vypnutí systému, nouzové postupy.
- Veškeré značení provedeno vhodně a trvanlivě.



Měření na PVS podle ČSN EN 62446-1



Co je třeba ve fotovoltaických systémech měřit?

- Vstupní kontrola podle normy ČSN EN 62446-1:
 - Spojitost
 - Izolace
 - Polarita
 - I_{sc} – Zkratový proud
 - U_{oc} – Napětí naprázdno
- Měření efektivity solárních panelů a měničů
 - VA charakteristika
 - Výpočet hodnot normálních podmínek měření
 - Energetická účinnost - měření "Maximálního výkonu" (MPP)



Měření na PVS podle ČSN EN 62446-1



Měření kategorie 1:

- AC strana se reviduje podle ČSN 33 2000-6:
- DC strana:
 - Spojitost vodičů zemního nebo ekvipotenciálního pospojování
 - Zkouška polarity panelů před propojením do stringů
 - Test připojovacích boxů (správné zapojení před propojením do stringů)
 - I_{sc} – Zkratový proud
 - U_{oc} – Napětí naprázdno
 - Funkční testy
 - Izolační odpor DC obvodů

I_{sc} a U_{oc} lze odvodit ze změřené
VA charakteristiky

Měření kategorie 2:

- DC strana:
 - Měření VA charakteristiky (I-V křivky) stringů
 - Prohlídka infračervenou kamerou

Kap.: 5.3.



Měření na PVS podle ČSN EN 62446-1



Doplňující testy:

- Napětí proti zemi – u systémů které jsou připojeny k uzemnění přes vysokou impedanci
- Test blokovacích diod
- Test mokré izolace – používá se v případech, kdy standardní měření izolačního odporu je neprůkazné a nebo je podezření na výrobní či montážní vadu izolací
- Vyhodnocení zastínění – výsledky lze využít pro porovnání s pozdějšími měřeními (změna výkonu či účinnosti systému apod.)



Bezpečnostní upozornění pro práci na PVS



Jelikož jsou PV systémy v podstatě elektroinstalacemi, je třeba při práci s nimi dodržovat stejná bezpečnostní pravidla, jako při práci s jinými instalacemi NN.

ALE!

Existují důležité odlišnosti:

- PV generátory produkují stejnosměrný proud o velikosti jednotek až více než 10 A a napětí o velikosti až 1000 V

Přerušením DC proudu vzniká elektrický oblouk.

- PV generátory produkují napětí i po jejich odpojení od ostatních částí systému, pokud na ně dopadá světlo.

K vývodům PV generátorů je třeba přistupovat jako k částem, které jsou neustále pod napětím.



Praktické provedení: příprava



Na místě měření

Proveďte vizuální kontrolu pro odhalení očividných závad a je-li to nutné, proveďte korekční měření

Pro svoji osobní bezpečnost i bezpečnost osob ve Vašem okolí proveďte potřebná preventivní opatření:

- Zkontrolujte, zda se v okolí měřeného objektu pohybují další osoby a informujte je o prováděném měření, možném nebezpečí s ním spojeným a jak se jej vyvarovat.
- Obzvláště u starších systémů je doporučeno používat ochranné bezpečnostní prvky (izolované rukavice, bezpečnostní helmu, ochranné brýle).

Bezpečně vypněte PV systém:

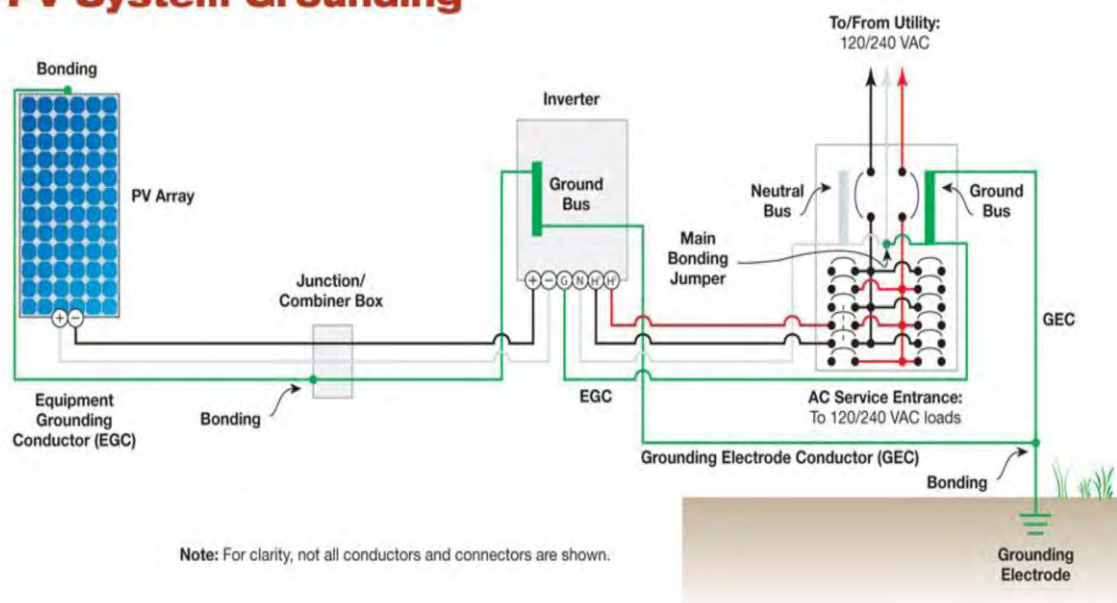
- Nejprve vypněte AC spínač
- Poté vypněte DC spínač nebo vytáhněte zástrčku DC na střídači
- Vyjměte pojistky



Praktické provedení: měření spojitosti



PV System Grounding

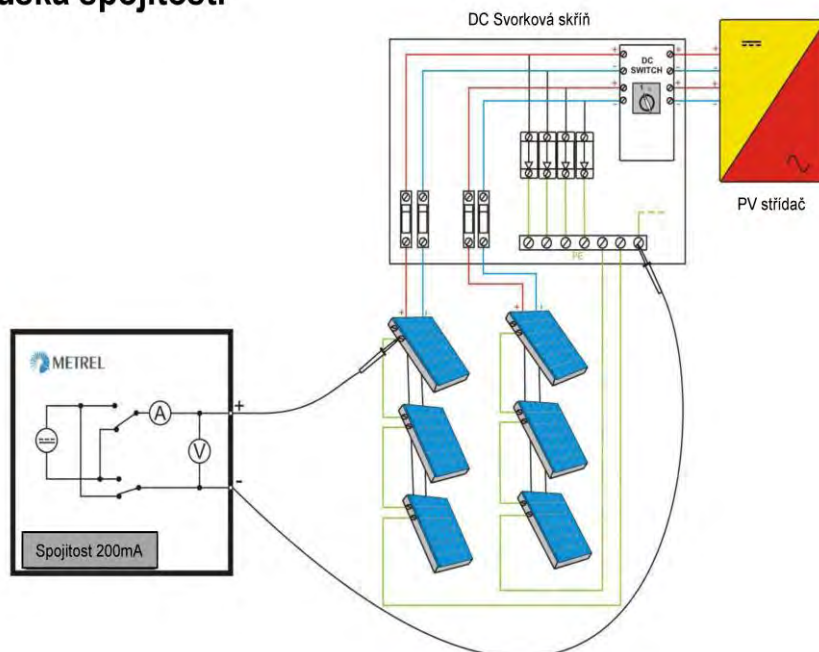




Praktické provedení: měření spojitosti



Zkouška spojitosti



Praktické provedení: test polarity



- Ověřuje se správná polarita připojení DC kabelů k panelům pomocí vhodného přístroje.
- Po ověření správného připojení kabelů k panelům a stringům se ověří jejich správné připojení k dalším částem systému, jako jsou spínače a střídač.

Zkoušku polarity je nutno provést před připojením jednotlivých panelů k dalším částem PVS a před sepnutím spínačů.

Pokud se provede test polarity na již spuštěném PVS, a je nalezena chyba v zapojení některého stringu, je důležité zkontrolovat všechny moduly a obtokové diody, zda nedošlo k jejich poškození.



Praktické provedení: test propojovacího boxu

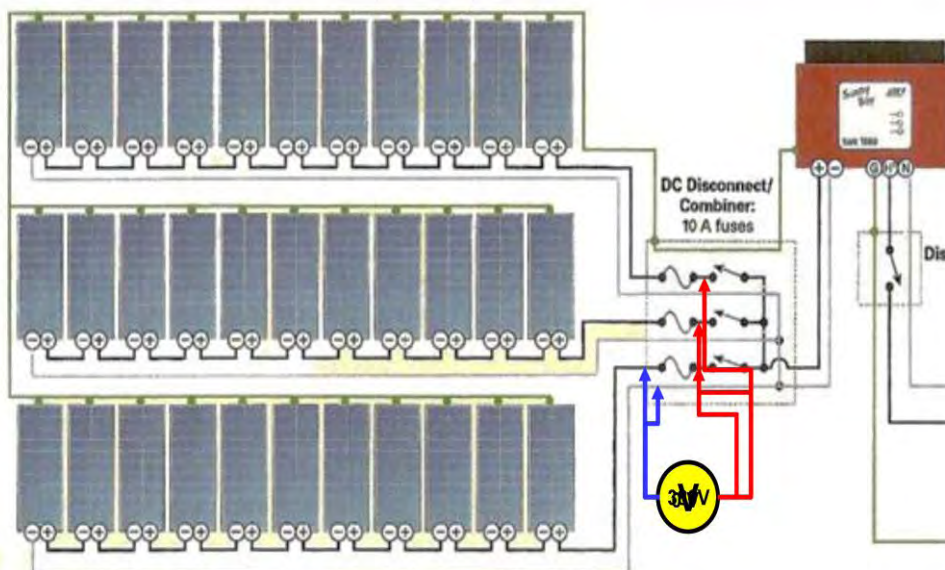


Kontroluje se správné propojení kabeláže v propojovacím boxu. Pro snazší prověření zapojení je vhodné dodržet následující postup:

- Ke zkoušce se použije voltmetr s rozsahem minimálně dvojnásobku napětí PVS.
- Vloží se pojistky nebo připojí konektory „-“ pólu systému, aby panely byly přes sběrnice propojeny svými zápornými póly.
- Vyjmou se pojistky nebo odpojí konektory „+“ pólů panelů.
- Změří se napětí naprázdno prvního stringu. Mělo by mít očekávanou hodnotu.
- Postupně se měří napětí mezi „+“ pólem prvního stringu a „+“ póly dalších stringů. Naměřená napětí by měla být téměř nulová.
- Pokud se mezi „+“ pólem prvního stringu a „+“ pólem kteréhokoliv dalšího stringu naměří napětí (dvojnásobek napětí změřeného na prvním stringu), je tento panel připojen do systému s opačnou polaritou.



Praktické provedení: test propojovacího boxu





Praktické provedení: měření napětí naprázdno



Účelem testu je ověření, že v řetězcích jsou zapojeny očekávané počty panelů. V rozsáhlejších PVS může při propojování panelů a stringů dojít k chybám v zapojení.

- Nižší napětí, než očekávané může indikovat chybné zapojení polarity jednoho nebo více modulů.
- Nižší napětí, než očekávané může indikovat jednu nebo více zkratovaných obtokových diod.
- Nižší napětí, než očekávané může indikovat poruchy izolace způsobené vysrážením vlhkosti v potrubích a propojovacích boxech.
- Vyšší napětí, než očekávané je obvykle způsobeno chybným zapojením panelů či stringů.

Vyhodnocení měření – naměřené U_{OC} by se mělo pohybovat do 5% od očekávané hodnoty:

- Naměřené U_{OC} se porovná s očekávanou hodnotou odečtenou z technických parametrů modulů (typ, počet modulů) po zohlednění teploty v době měření.
- U systémů s identickými stringy a při stabilních hodnotách ozáření se porovná napětí jednotlivých stringů.



PV string: měření zkratového proudu



Účelem testu je ověření správné provozní charakteristiky systému a odhalení případných závažných závad v zapojení:

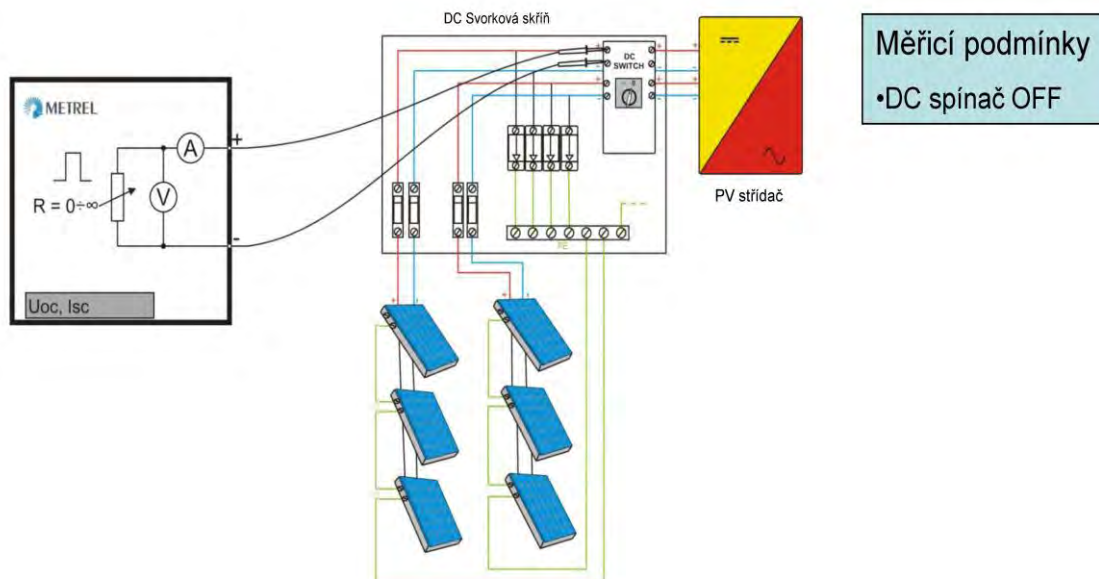
- Měří se I_{SC} jednotlivých stringů při stabilních podmínkách teploty a ozáření a porovnávají se naměřené hodnoty (odchylky do 5%).
- Při nestabilních podmínkách je nutno použít měřič, který nestejné podmínky měření zohlední.
- Pro měření je nejvýhodnější použití měřidla, které má funkci měření zkratového proudu



PV string: měření I_{SC} a U_{OC}



Měření I_{SC} a U_{OC}



Odečet I_{SC} a U_{OC} z V-A charakteristiky

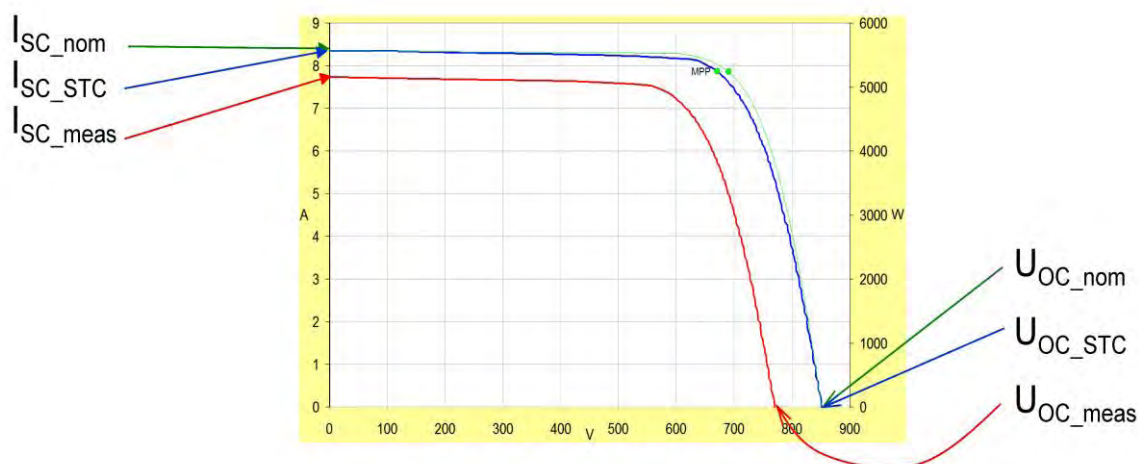


Měření I_{SC} a U_{OC}

Jedná se o rychlou zkoušku modulu nebo řetězce

U_{OC} – Napětí otevřeného obvodu ($I = 0$)

I_{SC} – Zkratový proud ($U = 0$)





PV string: provozní zkouška PV stringu



Provozní zkouška se provádí na systému uvedeném do normálního provozního režimu. Měří se proud z každého stringu pomocí vhodného klešťového DC ampérmetru (MD 9226).

- Měří se I jednotlivých stringů při stabilních podmínkách teploty a ozáření a porovnávají se naměřené hodnoty (odchylky do 5%).
- Při nestabilních podmínkách je nutno použít měřič, který nestejné podmínky měření zohlední.
- Pro měření je nejvýhodnější použití speciálního přístroje pro měření PVS
- Může být provedeno měření V-A charakteristiky (I-V křivky)

Provedou se funkční zkoušky odpojovačů zařízení DC i AC strany, střídačů apod. Zkušební postup pro ověření správné funkce střídačů by měl být stanoven výrobcem v technické dokumentaci.



AC / DC ampérmetr MD 9262



PV systém: měření izolačního odporu



DC obvody jsou při denním světle pod napětím a nelze je odpojit. Proto se musí učinit náležitá bezpečnostní opatření (kap. 6.71):

- Omezit přístup nezúčastněným osobám do pracovního prostoru PVS
- Nedotýkat se měřených částí.
- Po ukončení měření se musí náboj na měřených objektech vybit. Neodpojovat měřicí přístroj od měřených částí před dokončením automatického vybíjení.
- Používat vhodné ochranné pomůcky (oděv, izolační rukavice).
- Před zkouškou odpojit SPD a podobné prvky, které by mohly měření ovlivnit nebo být během něj poškozeny.

Kap.: 6.7.1



PV systém: měření izolačního odporu



Zkušební metoda 1 – měří se odpor mezi jednotlivými póly a zemí

Zkušební metoda 2 – měří se odpor mezi vzájemně propojenými (zkratovanými) póly a zemí

- Měření může být provedeno na celé DC části PVS nebo postupně na jednotlivých částech
- Pokud jsou kovové části (rámy panelů) uzemněny, musí se prověřit, že jsou všechny části rámu dobře propojeny s uzemněním
- Pokud nejsou rámy uzemněny (např. tř. II), potom se provede měření izolace mezi živou částí a zemí i mezi živou částí a neuzemněnými rámy
- U panelů, které nemají přístupné vodivé části (např. jsou rámy zakryté střešními taškami) se provede měření mezi živou částí a uzemněním budovy.
- Pokud je prováděno měření metodou 2, je nutno k propojení pólů použít zařízení se zátěží a DC vypínačem, které zabrání vzniku oblouku při odpojení.

Kap.: 6.7.1



PV systém: měření izolačního odporu



Minimální hodnoty izolačního odporu pro PVS s výkonem do 10 kWp

Napětí systému ($U_{oc} (stc) \times 1,25$)	Zkušební napětí	Minimální izolační odpor
do 120 V	250 V	0,5 MΩ
120 až 500 V	500 V	1 MΩ
nad 500 V	1000 V	1 MΩ

U PVS s výkonem do 10 kWp se měří Riso jednotlivých stringů nebo skupin stringů, jejichž výkon nepřesáhne 10 kWp a výsledek je vyhovujícím pokud jednotlivá měření vyhoví požadavkům tabulky.

Pokud se měří celý PVS a výsledek je nevyhovující, provede se měření na jednotlivých částech.

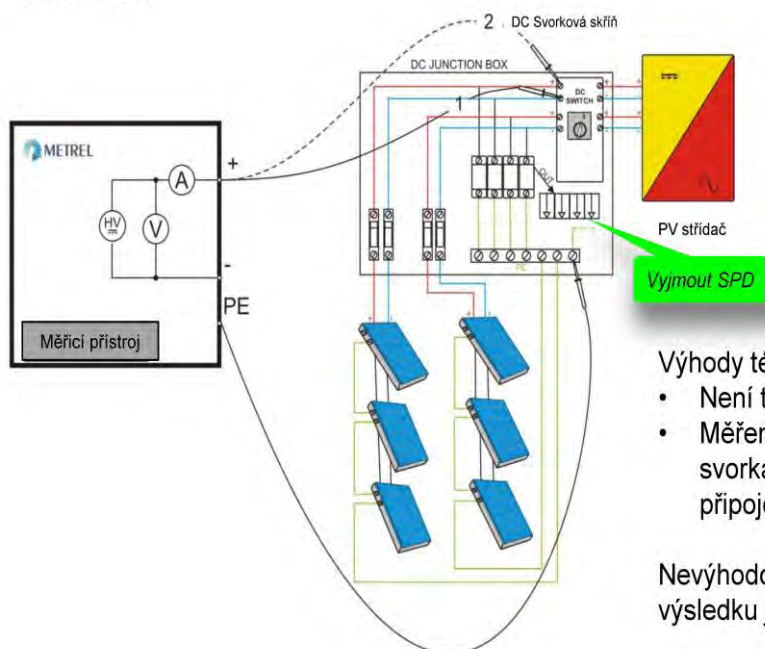


PV systém: měření izolačního odporu



Zkouška izolace

Metoda 1



Měřicí postup:

- DC spínač OFF
- SPD vyjmuty
- Měření mezi „+“ a zemí
- Měření mezi „-“ a zemí
- Před odpojením MP vyčkat, až se obvod vybije

Výhody této metody:

- Není třeba zkratovat výstup PV generátoru.
- Měření se provádí dvěma zkušebními svorkami, což může být u obtížně přístupných přípojevacích bodů výhodou.

Nevýhodou pak je, že pro dosažení kompletního výsledku je nutné provést dvě měření.

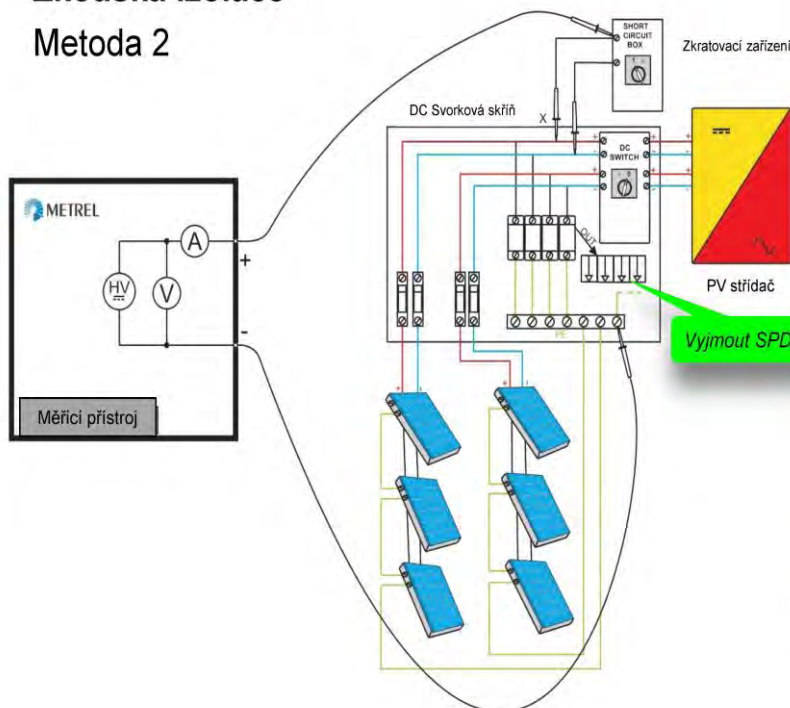


PV systém: měření izolačního odporu



Zkouška izolace

Metoda 2



Měřicí postup:

- DC spínač OFF
- SPD vyjmuty
- Zkratovací zařízení se připojí mezi „+“ a „-“ pól
- DC spínač zkratovacího zařízení se sepně
- Proveďte se měření mezi živou částí a zemí
- Před odpojením MP vyčkat, až se obvod vybije
- DC spínačem zkratovacího zařízení se zruší propojení pólů

Tato metoda není podporována přístroji značky Metrel.



PV systém: měření V-A charakteristiky



Změřená V-A charakteristika může poskytnout následující informace o PV stringu (7.2.2.):

- Hodnotu napětí naprázdno U_{OC} a zkratového proudu I_{SC}
- Hodnotu napětí (U_{mpp}) a proudu (I_{mpp}) v bodě maximálního výkonu (P_{mpp})
- Faktor plnění (FF – fill factor) modulu nebo stringu.
- Výkon PV pole.
- Identifikace závad modulu / pole nebo jeho zastínění.

Pokud je V-A charakteristika měřena jen za účelem zjištění hodnot U_{OC} a I_{SC} , potom se při měření nemusí brát v úvahu ozáření a teplota panelu (7.2.2.).

Pokud je V-A charakteristika měřena pro ověření, zda výkon PV generátoru odpovídá jmenovitým hodnotám deklarovaným výrobcem (typovému štítku) potom se měření provádí za stabilního ozáření nejméně 400 W/m² v rovině panelu a ne příliš nízkého úhlu dopadu paprsků.



PV systém: měření V-A charakteristiky



Postup při měření V-A charakteristiky:

- Do paměti měřicího zařízení se vloží údaje o vlastnostech měřeného PV generátoru (z technické dokumentace), typu a množství měřených panelů apod.
- PVS musí být vypnut (obvodem nesmí protékat proud)
- Měřený modul nebo string musí být odpojen od PVS a připojen k měřicímu zařízení
- Na vhodné místo panelu, neovlivněné zastíněním nebo odraženým světlem, se umístí čidlo ozáření, případně i čidlo teploty (podle pokynů výrobce měřidla).
- Zkontroluje se, že úroveň ozáření dosahuje minimálně 400 W/m².

Naměřená hodnota maximálního výkonu se porovná s jmenovitou hodnotou testovaného PV generátoru udávanou jeho výrobcem. Měla by být v tolerančním pásmu výkonu stanoveném výrobcem po zohlednění možných chyb měření měřicího zařízení.



Proces měření



Umístěte sondy sledující okolní prostředí a připojte je k záznamovému přístroji

Připevněte pyranometr k PV modulu

- Pyranometr musí být připevněn ve stejném úhlu jako PV modul
- Přístroj by neměl zakrývat žádnou část solárních článků

Připevněte teplotní snímač na zadní stranu modulu (jak definuje 61853-1, kap.: 9.1)

- Je-li to možné, snímač by měl být umístěn uprostřed modulu. Neumísťujte snímač blízko rámu modulu.
- Abyste měřili především teplotu modulu a nikoli okolního vzduchu, použijte tepelně izolovanou krabičku přiloženou k přístroji
- Teplotní snímač potřebuje určitou dobu (do 20 min) ke stabilizaci teploty na úroveň teploty PV modulu.

Synchronizujte čas na přístroji a PV jednotce

Spustěte záznamník



Správné umístění senzorů



Teplotní snímač v
izolované krabičce



Pyranometr



PV systém: využití V-A charakteristiky



V-A charakteristiku lze využít k vyhodnocení následujících vlastností a vad PV modulů:

- Zjištění hodnot U_{OC} a I_{SC} jako náhrada místo jejich měření (viz kap.: 5.3.4).
- Poškozené moduly a články panelů
- Zkratky obtokových (bypass) diod
- Částečné zastínění.
- Nekompatibilní modul.
- Přítomnost paralelních odporů (svodů) k článkům, modulům, stringům.
- Vysoký sériový odpor.

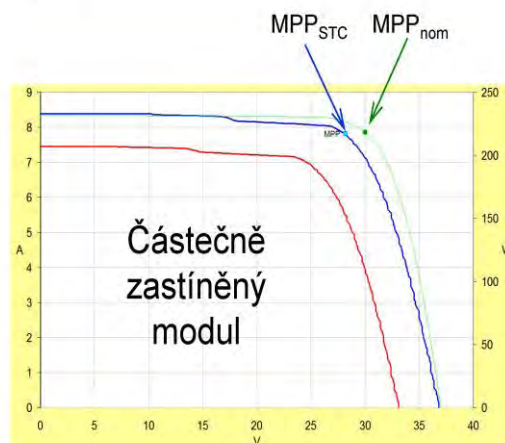
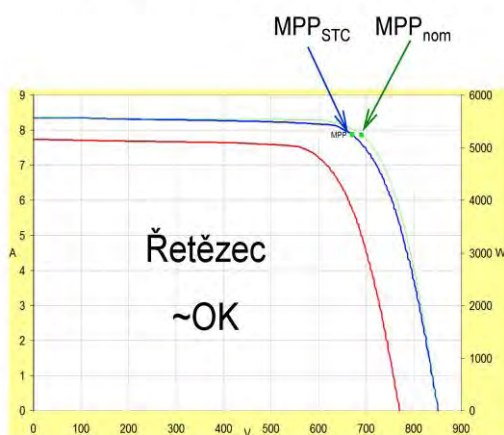


PV systém: využití V-A charakteristiky



Účel měření V-A charakteristiky:

- Vyhodnocení bodu maximálního výkonu (MPP) – porovnání nominálních a STC hodnot podle vypočítané efektivity
- Analýza tvaru křivky – pro účely řešení problémů





PV systém: kontrola termokamerou



Pomocí IR kamery lze zjistit místa neobvyklé teploty PV systému, která mohou indikovat:

- Články zapojené s opačnou polaritou nebo vadné články v rámci modulů.
- Vadné bypass diody.
- Velké přechodové odpory spojů a kontaktů a „studené“ spoje připájených vodičů.

Pracovní postup při kontrole IR kamerou:

- PV pole by mělo být v normálním provozním režimu, střídače v bodě maximálního pracovního výkonu - MPP.
- Úroveň ozáření by měla být minimálně 400 W/m², ideálně více než 600 W/m², aby generovaný proud způsobil dostatečné teplotní rozdíly na vadných spojkách.
- Snímání IR obrazu se provede z různých pohledů na jednotlivé části PVS.
- Pozornost se věnuje snímání blokovacích diod, připojovacích boxů, elektrických spojů a kontaktů a částí, které vykazují teplotní odchylky při snímání celku z větší vzdálenosti.
- Při snímání modulů z čelní strany by neměl stín technika provádějícího kontrolu dopadat na kontrolovaný modul.



PV systém: vyhodnocení IR snímků



Kap.: 7.3.2

Obraz rozložení teplot na PVS nasnímaný termokamerou je ovlivněn ozářením, rychlostí a směrem větru, okolní teplotou a jinými faktory, které je při vyhodnocení nutné vzít v úvahu.

Z celkového IR obrazu PVS se vyhodnotí místa teplotních anomálií a hledá se jejich příčina:

- Úvahou nad technickou dokumentací.
- Vizuální prohlídkou.
- Elektrickým měřením (odpor pospojování...).
- Porovnáním V-A charakteristik modulů s a bez teplotní anomálie.
- Porovnáním IR obrazu připojeného a odpojeného modulu (stejná teplota modulu po 15 minutách po odpojení svědčí o tom, že neprodukuje proud).



PV systém: vyhodnocení IR snímků



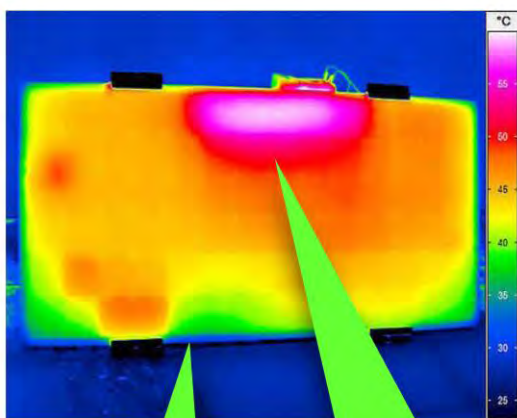
PV panely - teplota povrchu panelů by měla být relativně stejnoměrná. Zvýšenou teplotu lze očekávat v místech vývodů do připojovacích boxů. Rozdílná teplota bude také na okrajích panelů kolem rámu a v místech připevnění panelu k podpěrám. Místa se zvýšenou teplotou v jiných částech modulu indikují závadu, jako sériový odpor, paralelní odpor, článek s jinými technickými parametry. U panelů s teplotními anomáliemi je vhodné prověřit výkon panelu. Vizuální prohlídkou lze odhalit místa s odlišným zabarvením (hnědá místa).

Obtokové (bypass) diody – pokud jsou obtokové diody horké, může být příčinou zastínění modulu (částečné nebo úplné) nebo závada článků či panelu.

Kabelové přípojky - teplota spojů by měla být přibližně stejná, jako teplota vodičů. Zvýšená teplota může nasvědčovat uvolněnému nebo zkorodovanému spoji.



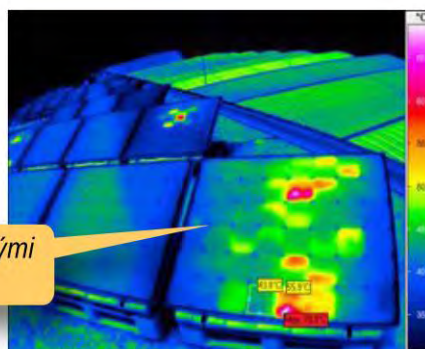
PV systém: vyhodnocení IR snímků



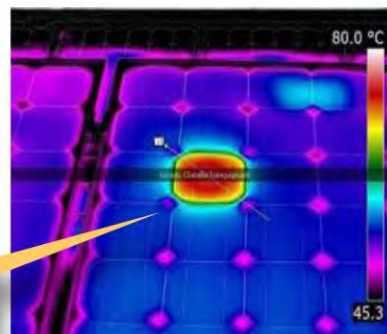
Chladnější místa
kolem rámu.

Teplé místo u vývodů modulu
do připojovacího boxu.

Modul s vadnými
čládky.



Vadný článek v modulu.





PV systém: dodatečné zkoušky



Napětí proti zemi - test se provádí u systémů, které jsou k uzemnění připojeny přes vysokou impedanci. Zkouška se provede postupem podle pokynů výrobce modulů. Cílem zkoušky je ověření, že odpor systému vůči zemi má předepsanou hodnotu (napětí DC systému vůči zemi případně unikající proud je přijatelné toleranci stanovené výrobcem).

Test blokovacích diod – pokud systém obsahuje blokovací diody, kontroluje se jejich správné zapojení (správná polarita), známky přehřátí nebo oxidace. V normálním provozním režimu se změří napětí na blokovacích diodách (U_{BD}). Mělo by být v rozsahu **0,5 V až 1,65 V**. Pokud je napětí mimo tento rozsah, je třeba zkoumat, zda je vadná blokovací dioda nebo jde o jinou poruchu v systému.



PV systém: Zkouška odporu vlhké izolace



Zkouška odporu vlhké izolace slouží především k vyhledávání poruch v generátoru PVS. Provádí se také, pokud měření izolačního odporu suchého systému je neprůkazné nebo je podezření na vady izolace. Test simuluje vlhké atmosférické podmínky (déšť, rosa apod.) je ho účelem je zjištění, zda vlhkost nepronikne do aktivních částí systému, kde by mohla být příčinou koroze, svodů na zem nebo zhoršeného izolačního odporu, který by mohl způsobit ohrožení úrazem elektrickým proudem.

Test se provádí na celém poli nebo na jeho částech které jsou podezřelé, nebo u kterých byla jiným testem detekována možná závada.

Testem lze odhalit závady:

- Poškození kabelů.
- Nedostatečně zajištěné nebo prasklé kryty připojovacích boxů, rozvodných krabic apod.
- Elektrickým měřením (odpor pospojování...).
- Odhalení výrobních vad nebo vad materiálu izolace.
- Netěsné blokovací a obtokové diody.
- Nevhodně zvolené konektory.

Kap. 8.3.1



PV systém: Zkouška odporu vlhké izolace



Zkouška odporu vlhké izolace – pracovní postup:

- Proveďte se navlhčení PV pole nebo jeho části nastříkáním povrchových částí směsí vody a povrchově aktivní látky. Nástřik se proveďte důsledně na všechny části včetně zadní části modulů, připojovacích boxů kabelů apod.
- Bezprostředně potom, než navlhčené povrchy oschnou, se změří izolační odpor zkoumaného pole nebo jeho části postupem popsáním v kap 6.7. U rozsáhlejších částí provádí zkoušku dvě osoby. Jedna měří a druhá vlhčí části vybraného úseku, aby bylo zajištěno jejich navlhčení v okamžiku měření.
- Při zkoušce je třeba zajistit bezpečnost práce volbou a použitím vhodných ochranných pomůcek pro práci v nebezpečném (vlhkém) prostředí.

Kap. 8.3.2

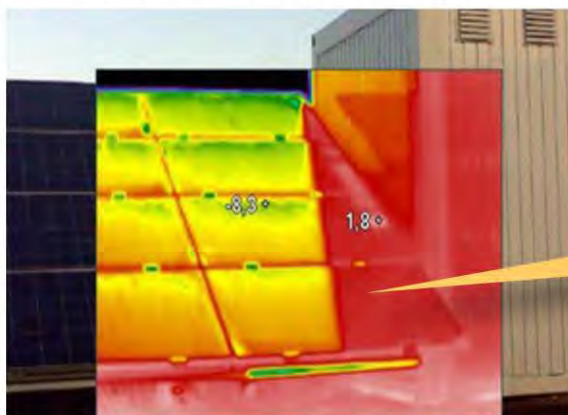


PV systém: Vyhodnocení zastínění



Zastínění

- Zastíněné části panelů mohou způsobit nadměrné přehřívání buněk (v zastíněných buňkách se elektrina nevyrábí, ale spotřebovává, přičemž je produkováno teplo) a v dlouhodobém horizontu může zastínění snížit životnosti panelů.
- Již několik zastíněných buněk v panelu má zásadní vliv na výkonnost. Tento vliv je tím větší, čím více jsou buňky zastíněny (čím „temnější“ je stín).



Zastíněná místa mají
výrazně vyšší teplotu.

Kap. 8.3.2



PV systém: Vyhodnocení zastínění



Vyhodnocení zastínění při výchozí kontrole PVS se provádí z preventivních důvodů. Výsledek zkoušky slouží pro porovnání s výsledky podobných zkoušek při následných periodických kontrolách. Záznam zastínění by měl obsahovat:

- Lokalizaci místa, ze kterého byl záznam pořízen.
- Vyznačení světových stran.
- Měřitko, aby bylo možno zjistit výšku objektů stínících moduly.
- Další okolnosti, které by mohly mít vliv na zastínění objektu PVS i do budoucna (plánované stavební projekty v okolí, vegetace, její vzrůst by mohl v budoucnu způsobit zastínění apod.).

Kap. 8.3.2



MI 3108 EurotestPV



MI 3108 EurotestPV je měřicí přístroj vhodný pro měření fotovoltaických systémů i bezpečnosti elektroinstalací. Umožňuje kompletní měření elektroinstalací podle požadavků normy norem pro revize elektroinstalací:

- Napětí a frekvence,
- Měření spojitosti,
- Měření izolačního odporu,
- Zkoušky RCD,
- Impedance poruchové smyčky i za RCD,
- Impedance sítě / úbytek napětí,
- Sled fází,
- Odpor uzemnění,
- Proudová měření,
- Měření výkonu, harmonických a energetická měření.



MI3108 EurotestPV



MI 3108 EurotestPV je přístroj určený k měření jednofázových fotovoltaických (PV) systémů. Je schopen provádět všechna měření předepsaná normou ČSN EN 62446-1. Obsahuje i další užitečné funkce, jako např. vykreslení VA charakteristiky, výpočet standardních podmínek (STC) nebo měření výkonu na převodníku stejnosměrného a střídavého proudu.

- Napětí, proudy a výkon částí PV systému (generátor, střídač),
- Měření U_{oc} / I_{sc} ,
- Vykreslování V-A charakteristiky,
- Výpočet standardních podmínek (STC) a účinnosti PV systémů,
- Parametry prostředí (teplota, ozáření),
- Izolační odpor PV systémů.



MI3109 EurotestPV Lite



Přístroj MI3109 EurotestPV lite je optimalizován pouze pro testy PV.

Přístroj obsahuje funkci Auto, která provede veškeré testy PV vyžadované normou ČSN EN 62446-1.

S volitelným příslušenstvím je možné provádět všechny testy PV jako s přístrojem MI 3108 EurotestPV.



A 1378 EurotestPV Remote



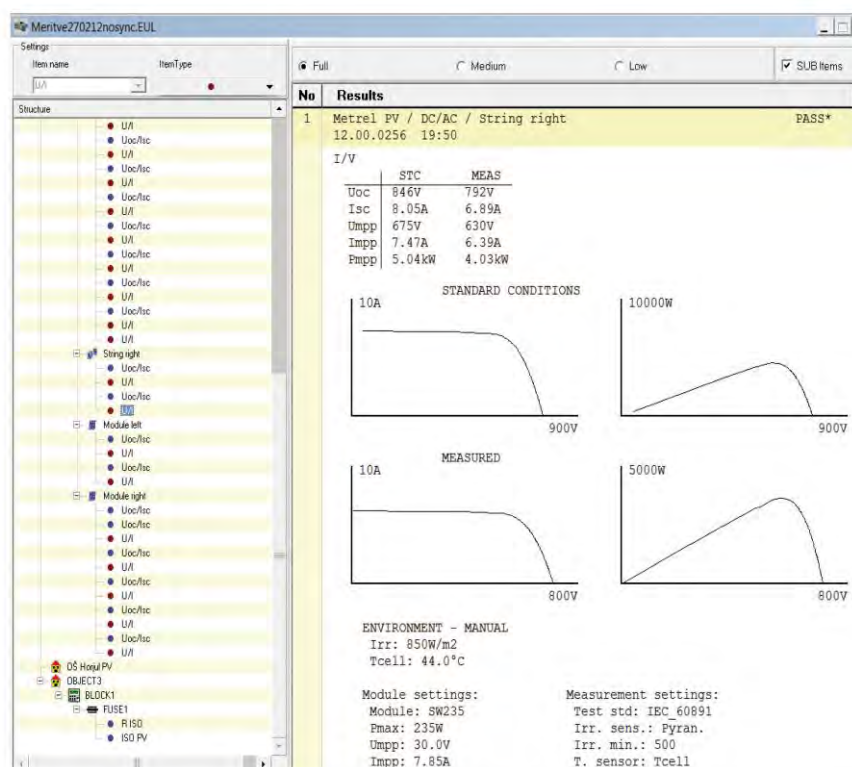
A 1378 EurotestPV je dálkový přenosný měřicí přístroj určený k měření a záznamu okolních podmínek prostředí.

Přístroj měří ozáření a teplotu panelu a zaznamenává každou změnu měřených hodnot společně s jejich časovým zařazením. Před provedením testu musí proběhnout synchronizace času.

Po dokončení testů na PV systému musí být výsledky měření synchronizovány s daty okolního prostředí shromážděnými dálkovou jednotkou a na jejich základě jsou pak automaticky vypočteny hodnoty standardních podmínek (STC).



EuroLink PRO





EuroLink PRO

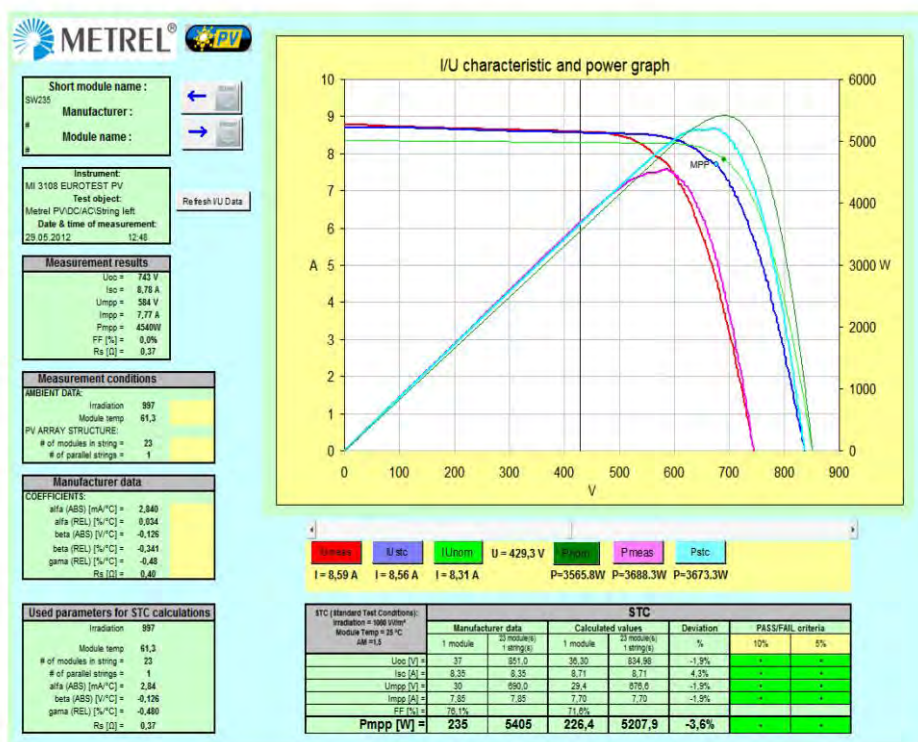


☒ No faults found			
☒ The photovoltaic system meets the standards for electrical wiring		Location, Date, Inspector, Signature	
TEST RESULTS			
String	OBJECT1 INVERTER1	STRING1	STRING2
Array	Modul	SW235	SW235
	Quantity	1	1
Array parameters	U_{oc} (STC) (V)	37.0	37.0
	I_{sc} (STC) (A)	8.35	8.35
String over-current protective device	Type		
	Rating (A)		
	DC-rating (V)		
	Capacity (kA)		
Wiring	Type		
	Phase (mm ²)		
	Earth (mm ²)		
String test	U_{oc} (V)	33.6	33.5
	I_{sc} (A)	6.06	5.60
	U_{oc} (STC) (V)	36.1	36.0
	I_{sc} (STC) (A)	8.61	7.96
	Irradiance (W/m ²)	700	700
	Temperature (ambient) (°C)		
	Temperature (cell) (°C)	41.0	41.0
Polarity check		ok	ok
Array insulation resistance	Test voltage (V)	525	525
	Shorted Pos. and Neg. outputs-Earth (MΩ)		
	Pos. - Earth (MΩ)	>999	>999
	Neg. - Earth (MΩ)	>999	>999
Earth continuity (where fitted) (Ω)		0.9	1.1

Příklad revizní zprávy



EuroLink PRO



Podrobná analýza V-A charakteristiky



Účinnost PV systému



Celkovou účinnost PV systému tvoří tři části:

1. Účinnost PV generátoru

MPP_{STC} je porovnáván s nominálním MPP_{nom} (hodnoty udávané výrobcem modulu)

2. Účinnost přenosu energie

Pracovní bod přenosového vedení je porovnáván s MPP_{WC}

3. Účinnost střídače

Je měřena účinnost převodu DC/AC



Účinnost PV systému



Účinnost PV generátoru η_{PVgen}

STC (Standardní podmínky): Ozáření = 1000 W/m² Teplota modulu = 25 °C AM =1,5	STC						
	Údaje poskytované výrobcem		Vypočtené hodnoty		Odchylka	PASS/FAIL meze	
	1 modul	23 modulů, 1 řetězec	1 modul	23 modulů, 1 řetězec	%	10%	5%
Uoc [V] =	37	851,0	36,30	834,98	-1,9%	•	•
Isc [A] =	8,35	8,35	8,75	8,75	4,8%	•	•
Umpp [V] =	30	690,0	29,4	676,6	-1,9%	•	•
Impp [A] =	7,85	7,85	7,70	7,70	-1,9%	•	•
FF [%] =	76,1%		71,3%				
Pmpp [W] =	235	5405	226,4	5207,9	-3,6%	•	•

Očekávaný výkon
 MPP_{nom}

Naměřený výkon přepočtený na
STC
 MPP_{STC}

Rozdíl účinnosti

$$\eta_{PVgen} = \frac{P_{MPP_STC}}{P_{MPP_nom}}$$



Účinnost PV systému



Účinnost přenosu

Přístroj: MI 3108 EUROTST PV	
Měřený objekt: Sellye\INVERTER1\STRING1	
Čas a datum měření U/I: 04.01.2013 12:43	
Čas a datum měření panelu: 04.01.2013 13:12	
Výsledky měření panelu (řetězce):	
Pracovní bod:	OKOLNÍ PODMÍNKY
U _{wp} [V] = 589	Ozaření W/m² = 410
I _{wp} [A] = 6,3	Teplota modulu [°C] = 16,8
P _{wp} [W] = 3710	STRUKTURA PV ZAŘÍZENÍ
η ₂ = 87,9%	# modulů v řetězci = 20
η ₁ = 99,0%	# paralelních řetězců = 2
	P _{mpp} [W] = 3898,4
	U _{mpp} [V] = 563,9
η _{mppt} = 98,0% ÚČINNOST PŘENOSU	

$$P_{WP} = I_{WP} \cdot U_{WP}$$

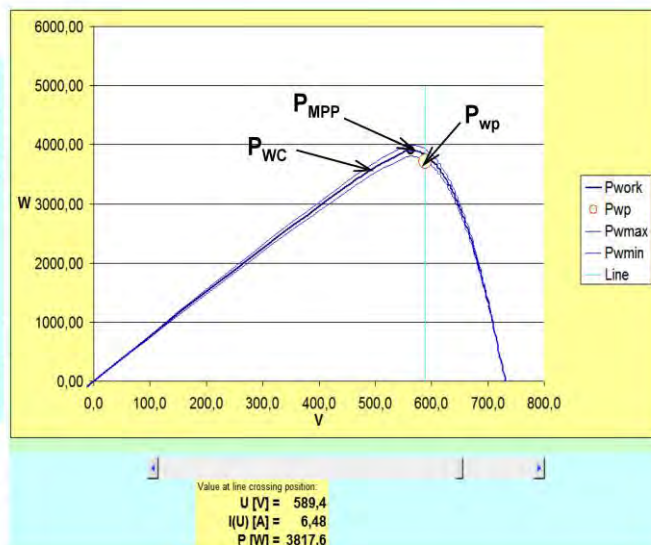
WP – Pracovní bod

$$P_{WC} = f(I_{V_{meas}}, I_{rr_WP}, T_{cell_WP})$$

WC – Pracovní charakteristika

$$P_{WC}(U=U_{WP}) \neq P_{WP}^*$$

$$\eta_{mppt} = \frac{P_{WC}(u = U_{WP})}{P_{WC}(u = U_{MPP})}$$



Změření V-A charakteristiky objektu je předpokladem pro měření účinnosti přenosu energie!

* měly by být shodné, ovšem P_{WP} se měří proudovými kleštěmi, což zvyšuje chybu měření oproti měření I_{SC}/U_{OC} a V-A charakteristiky



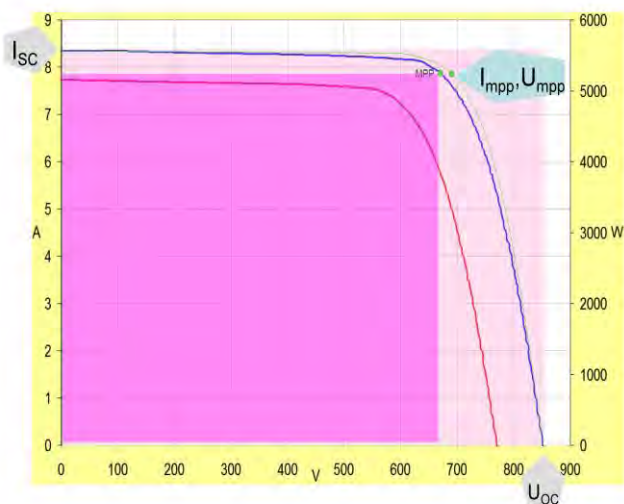
Účinnost PV systému



Faktor plnění - FF

Faktor plnění je vedle účinnosti jedním z nejdůležitějších parametrů pro energetický výnos PV buňky.

STC (Standard Test Conditions): Irradiation = 1000 W/m² Module Temp = 25 °C AM1.5	STC					
	Manufacturer data		Calculated values		Deviation	PASS/FAIL criteria
	1 module	23 module(s), 1 string(s)	1 module	23 module(s), 1 string(s)	%	10% 5%
U _{oc} [V]	37	851,0	36,30	834,98	-1,9%	+
I _{sc} [A]	8,35	8,35	8,75	8,75	4,8%	+
U _{mpp} [V]	30	690,0	29,4	676,6	-1,9%	+
I _{mpp} [A]	7,85	7,85	7,70	7,70	-1,9%	+
FF [%]	76,1%	76,1%	71,3%	71,3%		
P _{mpp} [W]	235	5405	226,4	5207,9	-3,6%	+



$$FF = \frac{I_{MPP} \cdot U_{MPP}}{I_{SC} \cdot U_{OC}}$$

Běžné komerční solární články mají FF > 0.70. Články třídy B mají hodnotu FF běžně mezi 0.4 až 0.7.

Články s vysokým FF mají nízký ekvivalent sériového odporu a vysoký ekvivalent odolnosti vůči zkratu, díky čemuž je pouze malá část vyrobeného proudu spotřebována ve vnitřních ztrátách.



Účinnosť PV systému



Účinnosť η_1 a η_2

PANEL 1/3		PANEL 2/3		PANEL 3/3	
STC	MEAS	Module: DE		Module: DE	
U: 84.5 V	85.3 V	Pstc = 248 W		Pmeas = 208 W	
I: 2.94 A	2.44 A	Pmax = 240 W		Ptheo = 209 W	
P: 248 W	208 W	$\eta_1 = 100.0\%$		$\eta_2 = 99.4\%$	
U: 85.2 V		U: 85.2 V		U: 85.2 V	

Exaktní metoda
$$\eta_1 = \frac{P_{WP_STC}}{P_{nom}}$$

$$P_{WP_STC} = f(I_{WP}, U_{WP}, Irr, T_{cell})$$

Zjednodušená metoda
$$\eta_2 = \frac{P_{WP}}{P_{theo}}$$

$$P_{theo} = f(Irr) = M \cdot N \cdot P_{nom} \frac{Irr}{Irr_{STC}}$$

$$\eta_{PVgen} \cdot \eta_{mppt} \div \eta_1$$

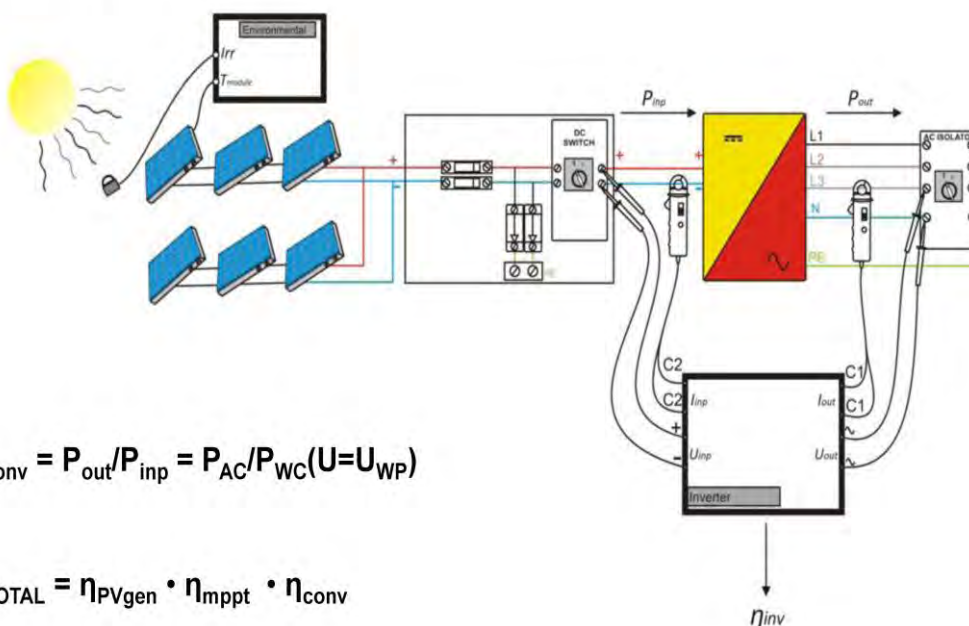
Nejsou totožné z důvodu odlišných použitých metod měření.



Účinnosť PV systému



Účinnosť převodu



$$\eta_{conv} = P_{out}/P_{inp} = P_{AC}/P_{WC}(U=U_{WP})$$

$$\eta_{TOTAL} = \eta_{PVgen} \cdot \eta_{mppt} \cdot \eta_{conv}$$



Výsledky měření



- Každý výsledek měření může být uložen do paměti přístroje do předem definované struktury.
- Uložené výsledky mohou být přeneseny do počítače pomocí softwaru EuroLink PRO
- Je možné vytvářet revizní zprávy a protokoly obsahující požadované výsledky měření (specifikace pro jednotlivé země: ZVEH, SINA, ÖVE, PV protokol podle IEC/EN 62446 Příloha A, VDE 0126-23).
- Díky rozšíření v EuroLink PRO je možná hlubší analýza V-A charakteristiky PV modulů a panelů.
Pomocí V-A charakteristiky je průběžně automaticky vypočítáván sériový odpor modulu.

ILLKO, s.r.o., Blansko

Ing. Leoš Koupy

l.koupy@illko.cz

+420 516 417 355