

Kontrola a revízia fotovoltiky.

V príspevku sa podelím so skúsenosťami pri vykonávaní OPaOS na fotovoltických zariadeniach z pohľadu revízneho technika, kde sa v praxi stretávajú rôzne výklady a názory na to, ako by to malo byť správne z hľadiska bezpečnosti a platných legislatívnych požiadaviek. Keďže neexistuje oficiálny preklad normy, v príspevku som sa pokúsil voľne preložiť časti normy venujúce sa revíziám fotovoltických systémov a postupom pri nich. Nenárokujem si 100% presnosť ani úplnosť, ale myslím si, že to bude dobrá pomôcka pre revíznych technikov a uľahčí im prácu.

Fotovoltika všade, kde sa pozrieš.

Fotovoltika je fenoménom dnešnej doby a zvyšovanie počtu požiadaviek na montáž fotovoltického zariadenia prevyšuje reálne možnosti kvalitných montážnych firiem. Ako huby po daždi vznikajú nové firmy, alebo sa jestvujúce zo dňa na deň premenia na fotovoltických špecialistov. Vidia v tom príležitosť. Na tom by nebolo nič zlé, treba reagovať na požiadavky trhu. Problémom je, že veľa z tých firiem ani len netuší čo vlastne fotovoltika je, ako funguje, aké špecifiká má a ako zaistiť bezpečnosť zhotovených inštalácií. Stavili na veľkolepé reklamy, nepresné, často zavádzajúce informácie, ba dokonca až úplné nezmysly, ktoré sa ale veľmi dobre laikom počujú. Pre nich je ťažké takéto dezinformácie rozoznať a vo väčšine prípadov vyhráva najnižšia cena, vykúpená absenciou základných bezpečnostných prvkov inštalácie.

Ako teda rozlíšiť čo je reálne a čo sú už informácie z kategórie rozprávky a báje?

Odporúčam držať sa základných fyzikálnych princípov a nepodľahnúť klamlivým reklamám. Určite existuje história firmy a referencie na predchádzajúcu prácu. Je dobré si ich pozrieť. To ale neznamená, že aj mladá firma nemôže byť dobrá. Úplne základnou kontrolu by malo byť preverenie, či daný „fotovoltický odborník“ vôbec môže poskytovať služby, ktoré ponúka. Či má zapísanú živnosť Montáž, oprava a údržba vyhradených technických zariadení elektrických. To sa dá veľmi ľahko overiť napr. v obchodnom, alebo v živnostenskom registri. Je priam neuveriteľné, že niektorí zhotovitelia fotovoltiky vôbec nie sú elektrikári, a napriek tomu nemajú problém ponúkať dodávku a montáž VTZ-E, medzi ktoré fotovoltické zariadenia jednoznačne patria.

Podľa čoho sa projektujú, zhotovujú a revidujú fotovoltické zariadenia?

Fotovoltika je relatívne nový prvok, ktorého zákonitosti nepoznáme tak dlho a dobre ako klasickú elektroinštaláciu nn. Ako to teda treba urobiť, aby to bolo dobre a hlavne bezpečné?

Túto otázku môžeme rozdeliť na dve roviny – rovinu technickú a rovinu legislatívnu. Zatiaľ, čo legislatíva je veľmi premenlivá, tak technické hľadisko a fyzikálne princípy zostávajú, našťastie, rovnaké.

Treba si v prvom rade uvedomiť, že fotovoltické zariadenie, hlavne jeho DC časť, sa správa úplne inak, ako sme zvyknutí z inštalácií so striedavým prúdom a napätím. Preto na ňu platia špecifické požiadavky na zaistenie bezpečnosti.

Ako som už spomínal, fotovoltická inštalácia patrí medzi VTZ-E so všetkým čo k tomu patrí. Projekt a montáž môžu vykonávať iba osoby s príslušnou kvalifikáciou (osvedčenie, oprávnenie, autorizácia) a pred uvedením do prevádzky musí byť bezpečnosť fotovoltického zariadenia overená odbornou prehliadkou a odbornou skúškou.

Legislatívne predpisy a metodické usmernenia pre fotovoltiku:

- Zákon č. 309/2009 Z. z. o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby
 - § 4 Práva a povinnosti výrobcu elektriny
 - § 4a Výroba elektriny z malého zdroja
 - § 4b Výroba elektriny v lokálnom zdroji
- Zákon č. 251/2012 Z. z. o energetike
 - §4 ods (4)

Podnikaním v energetike nie je výroba elektriny v malom zdroji výrobcom, ak si neuplatňuje podporu doplatkom podľa osobitného predpisu¹⁴⁾ a ktorý je zároveň odberateľom elektriny v domácnosti a jeho ročná výroba elektriny nepresiahne 1,5-násobok 12-mesačnej skutočnej spotreby odberného miesta prepočítanej na základe priemernej dennej spotreby podľa posledného vyúčtovania odberateľa v domácnosti. Pri nových odberných miestach sa 12-mesačná skutočná spotreba elektriny nahradí projektovanou ročnou spotrebou elektriny uvedenou v stavebnom povolení.
- Metodické usmernenie MDVaRR SR pre stavebné úrady č. 23638/2011/SVBP-53431 - <https://tinyurl.com/2ezbsw43>
- Usmernenie MV SR č. PHZ-OPP-2012/000xxx-001 – Požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť fotovoltických systémov na stavbách



Pre fotovoltické inštalácie, samozrejme, platia všetky základné bezpečnostné normy, plus ďalšie, ktoré sa venujú špeciálne fotovoltike, najmä:

- [STN 33 2000-7-712 \(33 2000\): 2016](#) Elektrické inštalácie budov. Časť 7-712: Požiadavky na osobitné inštalácie alebo priestory. Fotovoltické (PV) systémy
- [STN EN 62446-1 \(36 4670\): 2016](#) Fotovoltické (PV) systémy. Požiadavky na skúšanie, dokumentáciu a údržbu. Časť 1: Systémy pripojené na elektrickú rozvodnú sieť. Dokumentácia, preberacie skúšky a prehliadka
- [STN EN IEC 62446-2 \(36 4670\): 2020](#) Fotovoltické (PV) systémy. Požiadavky na skúšanie, dokumentáciu a údržbu. Časť 2: Systémy pripojené na elektrickú rozvodnú sieť. Údržba PV systémov
- [STN 33 2000-5-551 \(33 2000\): 2010](#) Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 5-55: Výber a stavba elektrických zariadení. Iné zariadenia. Oddiel 551: Nízkonapäťové generátorové agregáty
- [STN 34 3085 \(34 3085\): 2016](#) Pravidlá na zaobchádzanie s elektrickým zariadením pri požiaroch alebo zátopách
- [STN P CLC/TS 51643-32 \(34 1392\): 2020](#) Ochranné zariadenia proti prepätiu nízkeho napätia. Časť 32: Prepäťové ochranné zariadenia pripojené na stranu DC fotovoltických zariadení. Zásady výberu a použitia
- [STN 33 2000-8-2 \(33 2000\): 2019](#) Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 8-2: Elektrické inštalácie nízkeho napätia s kombinovanou výrobou/spotrebou elektrickej energie
- [STN EN 50618 \(34 7620\): 2015](#) Elektrické káble pre fotovoltické systémy
- [STN EN IEC 62040-1 \(36 9065\): 2020](#) Zdroje neprerušovaného napájania (UPS). Časť 1: Bezpečnostné požiadavky
- [STN EN IEC 62040-2 \(36 9066\): 2019](#) Zdroje neprerušovaného napájania (UPS). Časť 2: Požiadavky na elektromagnetickú kompatibilitu (EMC)
- [STN EN IEC 62040-3 \(36 9066\): 2021](#) Zdroje neprerušovaného napájania (UPS). Časť 3: Metóda určovania požiadaviek na funkčné vlastnosti a skúšky
- Súbor STN EN 62305
- [ATN® 011](#) Protipožiarna bezpečnosť stavieb. Stavby s fotovoltickými elektrárnami a úložiskami elektrickej energie
- [ATN® 005](#) Zariadenia na ochranu pred účinkami atmosférickej elektriny. Detaily návrhu a zhotovenia

Zoznam ďalších noriem súvisiacich s fotovoltikou je na stránke SEZ-KES - <https://www.sez-kes.sk/normy?kategoria=0701>

Dokumentácia k fotovoltike.

Základným dokumentom je protokol o určení vonkajších vplyvov. Na jeho základe projektant navrhne riešenie a vyberie zodpovedajúce prvky.

Ochranné opatrenia na zaistenie bezpečnosti FVZ sú podrobne rozpísané v STN 33 2000-7-712. Hlavne na články týkajúce sa DC časti sa v praxi často zabúda.

Ako má vyzeráť projektová dokumentácia, resp. čo má byť jej súčasťou je podrobne rozpísané v STN EN 62446-1 v kapitole 4. Potrebných údajov a informácií je zvyčajne podstatne viac, ako bežne zhotoviteľia poskytujú investorom.

Priestor v tomto príspevku je mimo rozsah vymenovania všetkých potrebných informácií o zložení dokumentácie fotovoltického zariadenia.

Z dokumentácie musia byť, okrem iného, pre revízneho technika jasné parametre použitých panelov (nestačí iba výkon vo Wp), striedačov a ostatných komponentov, dimenzia vodičov a káblov, použité ochranné opatrenia, ktorých funkčnosť má overiť.

V projekte PBS sa nachádzajú dôležité požiadavky na zariadenie z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti stavieb. Nielen určenie triedy reakcie na oheň u použitých káblov v rôznych priestoroch, ale aj obmedzenia rozmiestnenia panelov pre požiarne zásahové cesty a únikové cesty (nie všade môžu byť panely umiestnené).

Ako podklad k revízii je nutná aj dokumentácia od použitých rozvádzačov. Rozvádzače musia byť vyrobené podľa STN EN 61439-1. Ak sú určené pre laikov, tak aj podľa STN EN 61439-3. Pre priemysel aj podľa STN EN 61439-2. Každý rozvádzač je výrobok a vzťahujú sa naň, mimo iné, ustanovenia zákona č. 56/2018 Z. z o posudzovaní zhody výrobku, sprístupňovaní určeného výrobku na trhu a NV č. 148/2016 Z. z. o sprístupňovaní elektrického zariadenia určeného na používanie v rámci určitých limitov napätia na trhu, ktoré v §6 určuje povinnosti výrobcu, v § 12 postup EU vyhlásenia o zhode a v prílohe 4 jeho obsah. Obsah technickej dokumentácie k elektrickému zariadeniu je špecifikovaný v prílohe 3.

Fotovoltika a LPS.

Ochrana pred bleskom je povinná pre všetky elektrické zariadenia, resp. jej potreba sa musí vyhodnotiť na základe výpočtu analýzy rizika podľa STN EN 62305-2. Komplexnej ochrane fotovoltiky pred bleskom sa venuje iná samostatná prednáška na tejto konferencii, ja spomeniem len dôležité časti, bez ktorých nie je možné posúdiť, či je ochrana pred bleskom fotovoltického zariadenia funkčná.

Všetky časti FVZ musia byť v ochrannom priestore strojených, alebo náhodných zachytávačov – v zóne LPZ 0B. Môžu nastať dva prípady – je, alebo nie je dodržaná dostatočná vzdialenosť všetkých súčastí FVZ od zachytávacej sústavy a sústavy zvodov použitého vonkajšieho LPS. Podľa toho sú vyžadované rozličné požiadavky na vyhotovenie ďalších častí systému ochrany pred bleskom. Treba si uvedomiť, že ak nie je dodržaná dostatočná vzdialenosť, pri priamom zásahu blesku do stavby sa takmer s istotou fotovoltické panely poškodia. Preto je dôležité snažiť sa vybudovať izolovaný LPS oddialením vodičov zachytávačov a zvodov, alebo vysokonapäťovým vodičom.

Použité prvky musia byť namontované v súlade s montážnym návodom výrobcu. Dôležité je aj ekvipotenciálne pospájanie proti blesku na všetkých kovových súčastiach fotovoltického systému a nielen na samotnej konštrukcii, ale aj na jednotlivých vodičoch a kábloch).

Revízia fotovoltiky.

Pri OPaOS (revízii) kontrolujeme stav bezpečnosti elektrického zariadenia.

Ale podľa akej normy túto revíziu na fotovoltike vykonávame?

Ako prvá, určite, každému revíznemu technikovi napadne STN 33 2000-6 a potom STN 33 1500. Tieto normy sú však na fotovoltické zariadenie použiteľné iba čiastočne. Prípadne ešte STN 33 2000-7-712. Tam je ale revízii venovaný iba jeden článok.

Predpísané postupy overenia fotovoltiky sú v norme **STN EN 62446-1**.

Kapitola 1	Úvod
Kapitola 2	Normatívne odkazy
Kapitola 3	Termíny a definície
Kapitola 4	Požiadavky na dokumentáciu
Kapitola 5	Overovanie (prehliadka a skúška)
Kapitola 6	Revízia – skúšky kategórie 1
Kapitola 7	Revízia – skúšky kategórie 2
Kapitola 8	Revízia – doplnkové skúšky
Kapitola 9	Správa z revízie
Príloha A - C	Vzory správ z revízie
Príloha D	Vysvetlenie tvarov VA charakteristík



Norma sa vzťahuje na FV elektrárne pripojené k sieti. Sú tu uvedené požiadavky nielen na dokumentáciu, ale aj na skúšky pred uvedením do prevádzky a požiadavky na východiskovú a periodickú revíziu fotovoltického zariadenia.

Postup revízie fotovoltickej elektrárne sa v zásade nelíši od dlhodobo zaužívaných postupov podľa STN 33 2000-6:

- Kontrola dokumentácie
- Prehliadka
- Meranie a skúšanie
- Vyhodnotenie a spracovanie výsledkov

Všetky skúšky a merania sa musia vykonať v súlade s STN 33 2000-6.

V kapitolách 5-9 STN EN 62446-1 je popísaný postup prehliadky a všetkých skúšok, ktoré je treba vykonať na FVZ. Skúšky sa majú vykonávať nielen po dokončení diela, ale aj počas montáže.

Napr. ťažko sa bude kontrolovať kvalita a spôsob vyhotovenia prepojení pod panelmi keď už budú namontované v súvislom poli, a pritom je to jeden z najdôležitejších bezpečnostných prvkov inštalácie, hlavne na strechách s horľavou krytinou – očakávaná životnosť FV poľa je niekoľko desiatok rokov.

Prehliadka.

Pred samotnými skúškami a meraním je nutná prehliadka zariadenia. Táto je závislá od dokumentácie. Bez nej sa nedá overiť inštalácia s návrhom.

DC strana - požiadavky na overenie či: (áno/nie)

Poznámka: čísla za jednotlivými požiadavkami sú čísla článkov v STN 33 2000-7-712 kde sú tieto ochranné opatrenia vysvetlené

- FVZ je navrhnuté a zhotovené v súlade s požiadavkami STN 33 2000-6 a STN 33 2000-7-712.
- použité komponenty sú určené na použité maximálne napätia a prúdy
- všetky komponenty systému majú dostatočné krytie a odolnosť voči prostrediu kde sú umiestnené (napr. mechanická pevnosť, odolnosť voči UV žiareniu, mrazu, námraze...)
- je použitá ochrana malým napätím SELV/PELV- 712.414
- káble DC strany sú zvolené tak, aby sa dostatočne eliminovalo riziko preťaženia – 712-433.103
- riziko zemného spojenia a skratov je znížené na minimum (preferovaný spôsob je použitím zariadení triedy ochrany II alebo rovnocennou izoláciou)
- v systéme bez nadprúdovej ochrany reťazcov sú vodiče dimenzované na vyšší prúd ako je možné na danom reťazci dosiahnuť - 712.433 (Poznámka: DC poistky neslúžia na ochranu jedného reťazca proti nadprúdom, ale iba na ochranu pred nadprúdom paralelne pripojených reťazcov. Pri samotnom reťazci istenie netreba ak je celý reťazec dimenzovaný na 1,25 násobok $I_{SC STC}$)
- systémy s nadprúdovou ochranou majú správne dimenzované ochranné prvky proti nadprúdom podľa PD 712. 433.2
- obsahuje prvok na galvanické oddelenie a či nainštalovaný DC odpínač vyhovuje použitiu v DC časti - 712.536.2.2.5
- je systém vybavený funkčným uzemnením DC strany
- je inštalovaný systém detekcie reziduálneho prúdu
- v prípade ak sú použité blokovacie diódy platí, že je ich menovité záverné napätie je aspoň $2 \times U_{OC STC FV}$ reťazca, v ktorom sú použité - 712.512.1.1
- v prípade ak je niektorý z DC vodičov priamo spojený so zemou, existuje aspoň jednoduché oddelenie AC/DC a či je spoj dostatočne chránený proti korózii
- je správne vyhotovené pospájanie a uzemnenie neživých častí inštalácie
- bola správne použitá a nainštalovaná vnútorná aj vonkajšia ochrana proti blesku tak ako je špecifikovaná v PD
- boli dodržané čo najmenšie plochy všetkých inštalčných slučiek na zabránenie indukcie napätia indukovaného od blesku - 712.444.4
- sú DC a ochranné vodiče vedené v jednom zväzku - 712.54
- sú použité FV panely dimenzované na maximálne použité napätie systému
- sú zásuvkové spoje a konektory použité rovnakého typu a od rovnakého výrobcu

AC strana - požiadavky na overenie či: (áno/nie)

- sú použité prostriedky na odpojenie AC strany
- sú všetky všetky prístroje pre odpojenie a spínanie zapojené tak, že FV inštalácia je pripojená ako strana záťaže a distribučná sieť ako strana zdroja - 712.536.2.2.1
- prevádzkové parametre striedača na AC strane boli nastavené podľa požiadaviek PDS
- chrániče použité na AC strane sú zodpovedajúceho typu požadovanom výrobcom striedača a v súlade s platnými normami. Môže sa vyžadovať chránič typu B (napr. ak striedač nemá medzi stranami AC a DC aspoň jednoduché oddelenie – podľa IEC 60755, ďalšie požiadavky na použitie prúdového chrániča typu B sú čl. 712.530.3.101, STN 33 2000-7-712 a ZC.3.2.2.3 v STN 33 2000-5-551/A11)

Poznámka:

Zo striedača sa môže preniesť jednosmerná zložka do AC časti. A následne aj do pripojenej siete. Jednosmerná zložka ovplyvňuje činnosť prúdových chráničov v inštalácii a tieto nemusia fungovať správne. V inštalácii s fotovoltaickým zdrojom nesmie byť použitý prúdový chránič typu AC.

Tabuľka typov RCD podľa ich citlivosti:

	AC typ	A typ	B typ
	✓	✓	✓
	Bez reakcie	✓	✓
	Bez reakcie	Bez reakcie	✓

Zdroj: www.micronix.sk

Prehliadka označovania a identifikácie – musí sa overiť že: (s výsledkom áno/nie)

- všetky obvody, ochranné zariadenia, spínače a svorky sú vhodne označené,
- všetky rozvodnice jednosmerného prúdu sú označené výstražným štítkom,
- hlavný AC vypínač je zreteľne označený,
- v mieste pripojenia sú namontované výstražné štítky s upozornením na druhý zdroj napájania
- je dostupná jednopólová schéma zapojenia
- sú viditeľne dostupné podrobnosti o inštalácii, postupy vypnutia, núdzové postupy
- všetky značky a štítky sú vhodne pripevnené a trvanlivé

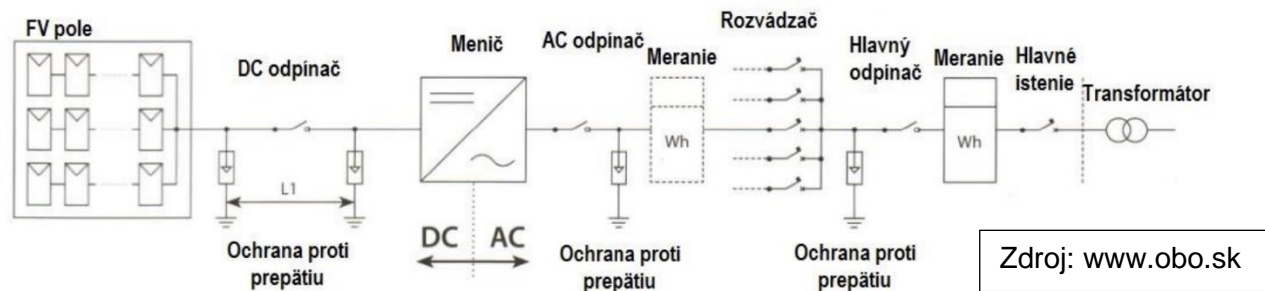
Meranie a skúšanie.

Samotné skúšky sú rozdelené do 3 kategórií:

- Skúšky kategórie 1 – musia sa vykonať na všetkých FV systémoch
- Skúšky kategórie 2 – vykonávajú sa na rozsiahlejších FV systémoch po absolvovaní skúšok kategórie 1
- Dodatočné (doplňkové) skúšky – odporúčajú sa vykonať za určitých okolností

Skúšky kategórie 1:

Musia sa použiť na všetky FV systémy bez ohľadu na ich veľkosť, umiestnenie, typ alebo zložitosť.



AC strana –

Všetky testy striedavých obvodov požadované STN 33 2000-6.

DC strana -

- spojitosť ochranných vodičov a/alebo vodičov ekvipotenciálneho pospájania ak sú použité
- skúška polarity
- skúšky spojovacích krabíc – (Combiner box test)
- meranie napätia naprázdno U_{OC}
- meranie prúdov reťazca – skratový I_{SC} , alebo prevádzkový
- funkčné skúšky
- izolačný stav DC obvodov

Skúšky kategórie 2:

Vyžadujú sa na rozsiahlejších a komplexnejších systémoch. Môžu sa vykonať až po vykonaní skúšok kategórie 1, ktorých výsledky musia byť vyhovujúce.

- meranie VA charakteristík reťazca (I-V curve)
- prehliadka infračervenou kamerou (termodiagnostika)

Dodatkové (doplnkové) skúšky:

Okrem štandardných skúšok môžu byť na určitých typoch inštalácie vykonané doplnkové skúšky. Tieto sa vykonávajú na základe požiadaviek prevádzkovateľa, alebo ak sú potrebné na zistenie a bližšie identifikovanie poruchy ak neboli dostatočne identifikované po použití skúšok a meraní kategórie 1 a 2.

- meranie napätia voči zemi
- meranie na blokovacích diódach
- test izolácie v mokrých podmienkach
- vyhodnotenie pri zatienení

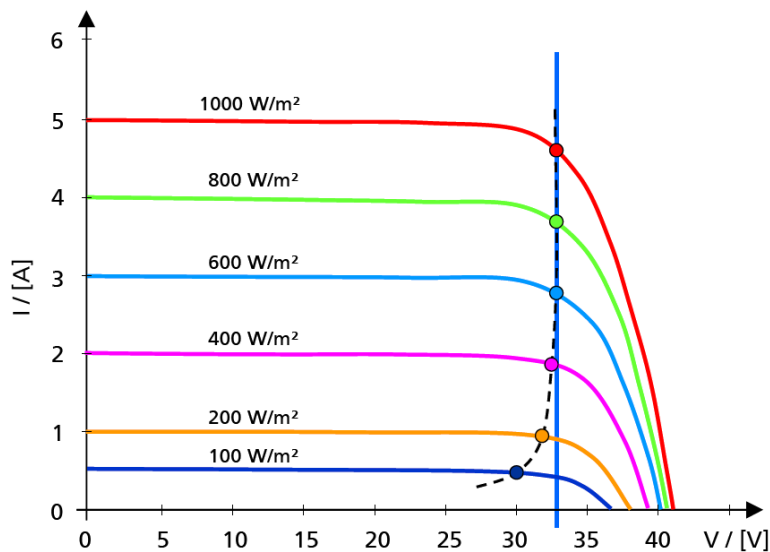
Skúšky sa vykonávajú po prehliadke a overení informácií popísaných vyššie. Je stanovené poradie v akom sa majú skúšky vykonať. Pre rôzne systémy platia rôzne postupy a odchýlky podľa toho z akých komponentov sú zostavené – či sú použité AC moduly, mikroinverory, optimizéry, či iné elektronické prvky.

Východisková revízia musí obsahovať porovnanie výsledkov a konštatovanie, že boli splnené požiadavky IEC 60364 (STN 33 2000).

Ak sa inštalácia mení, alebo rozširuje, musí sa overiť, že táto zmena, alebo rozšírenie je z hľadiska bezpečnosti v súlade s STN 33 2000-6

Z hľadiska bezpečnosti, a ako preventívne opatrenie pred poškodením komponentov systému, sa majú skúšky polarizácie a spojovacích krabíc vykonať pred pripojením FV reťazcov.

Skúška merania VA charakteristík je akceptovaná ako alternatívna metóda a samostatné meranie U_{oc} a I_{sc} nie je nutné (obe sa merajú pri meraní VA charakteristiky)

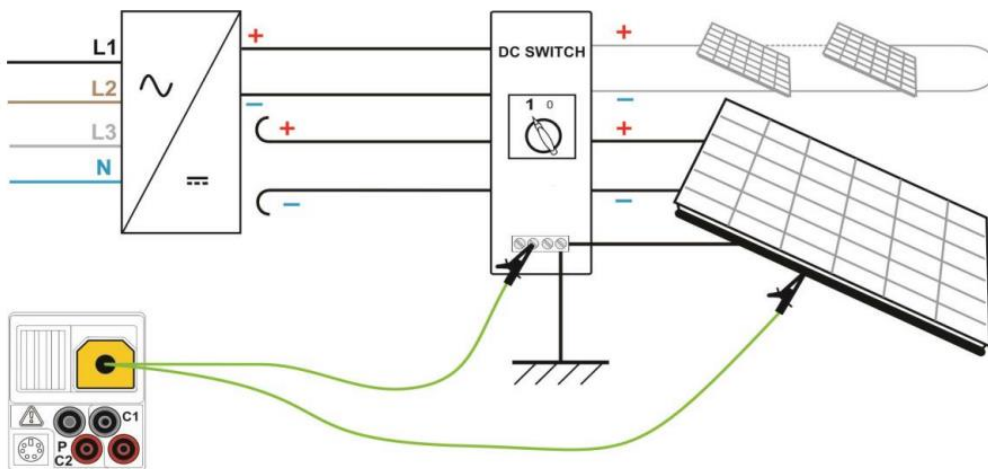


Zdroj: www.wikipedia.sk



Skúšky kategórie 1:

a) spojitosť ochranných vodičov a/alebo vodičov ekvipotenciálneho pospájania

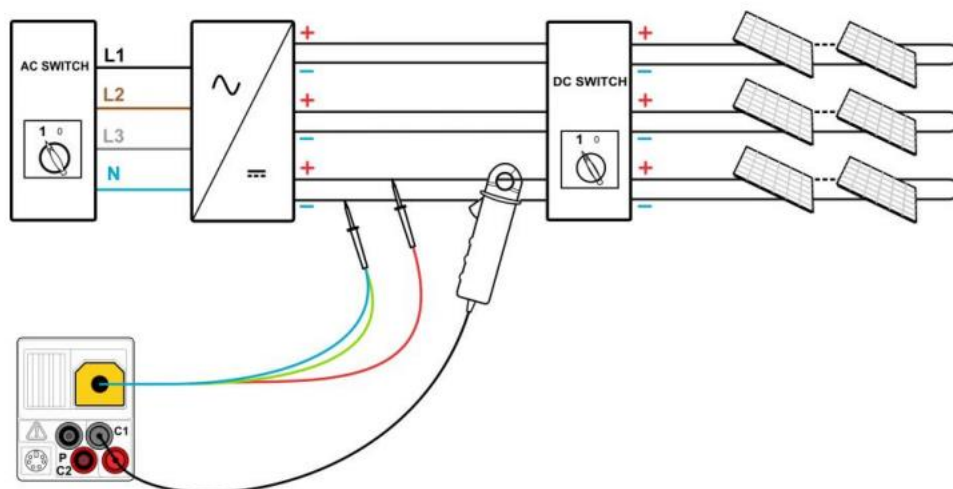


Toto meranie sa požaduje za účelom overenia spoľahlivosti vyhotovenia pospájania – vyrovnanie potenciálov. Overuje sa aj pripojenie na hlavnú uzemňovaciu svorkovnicu. Ako referenčné hodnoty sa berú očakávané hodnoty vypočítané podľa prierezu a dĺžky použitých vodičov.

b) skúška polarity

Polarita sa overí u všetkých DC káblov vhodným prístrojom. Služi na overenie identifikácie a správneho pripojenia k striedačom.

Pozor, FV pole je pod napätím! Už pri nízkej hodnote slnečného žiarenia, treba postupovať s ohľadom na možný zásah jednosmerným elektrickým prúdom.



c) skúšky spojovacích krabíc (rozdávateľov RDC) (Combiner box test)

Ak by bol v systéme nejaký reťazec zapojený opačne, viedlo by to k problémom pri prevádzke fotovoltického zariadenia. Cieľom tejto skúšky je overenie správnosti zapojenia všetkých reťazcov v spojovacom boxe. Postup skúšky je nasledovný:

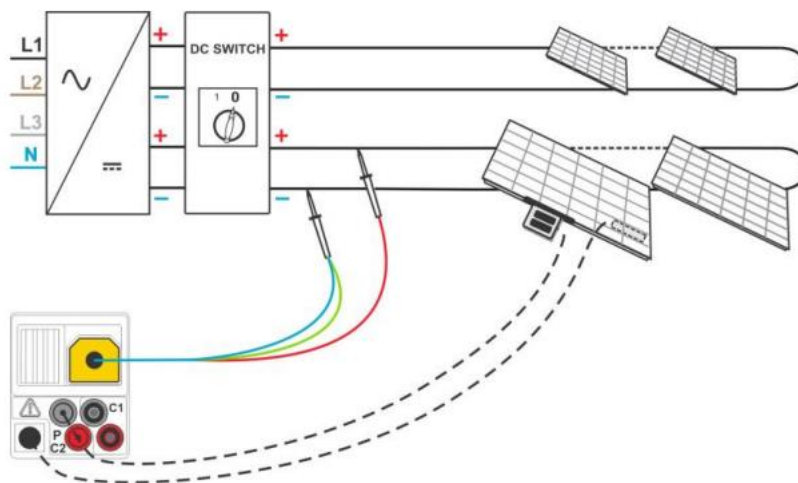
- Použite voltmeter s rozsahom najmenej 2x ako je maximálne napätie systému!
- Vložte všetky záporné poistky / konektory tak, aby reťazce zdieľali spoločnú zápornú zbernicu.
- Nevkladajte žiadne kladné poistky ani nezapájajte konektory.
- Zmerajte napätie naprázdno prvého reťazca – kladný pól voči zápornému. Uistite sa, že nameraná hodnota sa zhoduje s očakávanou.
- Odmerajte napätie medzi kladným pólom 1. reťazca a kladným pólom ďalšieho reťazca. Pretože tieto dva reťazce majú spoločný záporný pól, namerané napätie by malo byť nulové s prijateľným rozsahom tolerance ± 15 V.
- Pokračujte v meraniach na nasledujúcich reťazcoch vždy voči prvému kladnému pólu.
- Ak by bol nejaký reťazec zapojený opačne, výsledok bude jednoznačný - namerané napätie bude dvojnásobkom napätia systému

d) meranie napätia naprázdno U_{OC} (open circuit voltage)

Poznámka: v EN textoch sa pre označenie napätia používa V (voltage) - V_{OC}

Účelom merania napätia naprázdno (U_{OC}) je skontrolovať, že napätie naprázdno DC systému je zhodné s projektovaným (tolerovateľná je odchýlka ± 5 V). Toto meranie je potrebné vykonať pred pripojením striedača a zapnutím akýchkoľvek spínacích prvkov a nadprúdových ochranných prístrojov reťazcov.

Overí sa tým, či sú reťazce modulov správne zapojené a či je v sérii reťazca zapojený správny počet panelov. Chýbajúce panely, alebo chybné zapojenie je pomerne častá chyba,



najmä na väčších systémoch, a test napätia naprázdno takéto chyby rýchlo odhalí. Ak je napätie nižšie ako očakávané, pravdepodobne je počet zapojených panelov v reťazci menší ako projektovaný, alebo je niektorý z nich zapojený opačne. Príliš vysoké napätie nameriame ak je zapojených viac panelov ako má byť podľa projektu.

Overenie sa vykoná jedným z nasledovných spôsobov:

- Porovnaním s očakávanou hodnotou odvodenou z katalógového listu FV panelu alebo z dokumentácie, ktorá zohľadňuje typ panelov, ich počet a teplotu.
- Zmeraním U_{OC} na jednom paneli a jej použitím vo výpočte očakávanej hodnoty pre celý reťazec (možné použiť v situácii, kde sú stabilné podmienky ožiarenia).
- Pre systémy s viacerými rovnakými reťazcami a tam, kde sú stabilné podmienky žiarenia, možno navzájom porovnať napätia medzi reťazcami
- Pre systémy s viacerými rovnakými reťazcami a tam, kde sú nestabilné podmienky žiarenia, možno napätia medzi reťazcami porovnať pomocou viacerých meračov. Porovnávajú sa hodnoty namerané v rovnakom okamihu.

e) meranie prúdov reťazca – skratový I_{sc} , alebo prevádzkový I_{MPP}

Meranie skratových prúdov taktiež pomáha identifikovať možné chyby v zapojení. Treba mať na pamäti, že skratový (aj prevádzkový) prúd silne závisí na intenzite ožiarenia a podľa toho interpretovať namerané výsledky. Pri meraní treba byť zvlášť opatrný pretože skrat jednosmerného prúdu je potenciálne nebezpečný. Preto je vhodné na tento účel použiť špeciálny merací prístroj, ktorý je na to konštruovaný a zmeny ožiarenia zohľadňuje už priamo pri meraní. Tieto merania neslúžia na meranie výkonu panelu / poľa.

Sú možné dve testovacie metódy:

Meranie skratového prúdu I_{sc} (short circuit current)

Meranie prevádzkového prúdu I_{MPP} (operational)

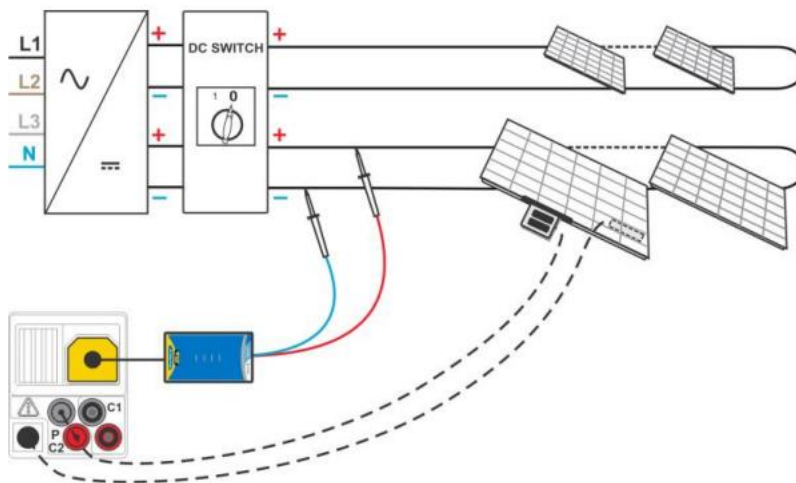
Obe metódy poskytnú informácie o správnom fungovaní FV reťazca. Ak je to možné, uprednostňuje sa skúška a meranie skratového prúdu, pretože vylúči akýkoľvek vplyv zo strany striedačov.

Postup meranie prúdov reťazca – skratový prúd I_{sc} (short circuit current)

Uistite sa, že sú všetky spínacie a odpínacie zariadenia odpojené a že všetky FV reťazce sú navzájom oddelené.

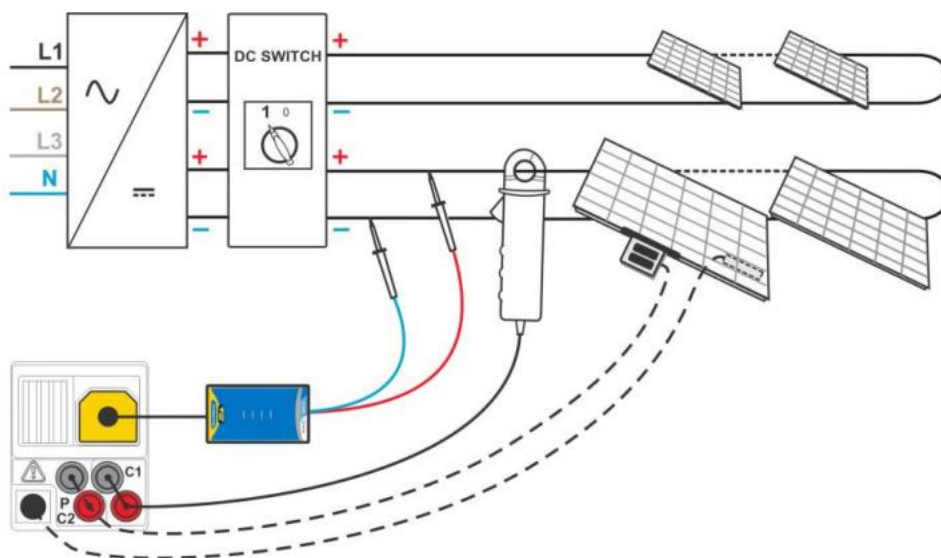
V skúšanom reťazci sa vytvorí dočasný skrat. Tento stav je ideálne dosiahnuť použitím meracieho prístroja s funkciou merania skratového prúdu pomocou špeciálneho adaptéra. Tiež je možné použiť skratovací kábel, alebo skúšobnou skratovacou skrinkou. Spínač aj skratovací kábel musí byť dimenzovaný na vyššie hodnoty ako je možný skratový prúd a možné napätie naprázdno.

Skratový prúd sa potom môže merať pomocou vhodného kliešťového ampérmetra, alebo skúšobného prístroja s funkciou merania skratového prúdu. Nameraná hodnota sa porovná s očakávanými hodnotami z PD.



Postup meranie prúdov reťazca – prevádzkový prúd (operational)

Meranie sa vykoná v normálnom prevádzkovom režime (s MPPT) Mal by sa merať prúd z každého FV reťazca pomocou vhodného kliešťového ampérmetra. Namerané hodnoty sa porovnávajú s očakávanou hodnotou.



Pre systémy s viacerými rovnakými reťazcami a tam, kde sú stabilné podmienky žiarenia, sa porovnávajú merania prúdov v jednotlivých reťazcoch. Tieto hodnoty by mali byť rovnaké (odchýlka do 5 % je OK).

Ak je ožiarenie nestabilné a premenlivé, môže sa postupovať nasledovne:

- skúšky môžu byť odložené
- na meranie sa použije viac meracích prístrojov a porovnáva sa k referenčnému reťazcu
- na korekciu aktuálnych hodnôt sa použije údaj z merača ožiarenia
- môže sa použiť špecializovaný merač FV inštalácie, ktorý obsahuje merač ožiarenia a namerané hodnoty koriguje automaticky
- môže sa vykonať meranie VA charakteristiky a vyhodnotiť krivka

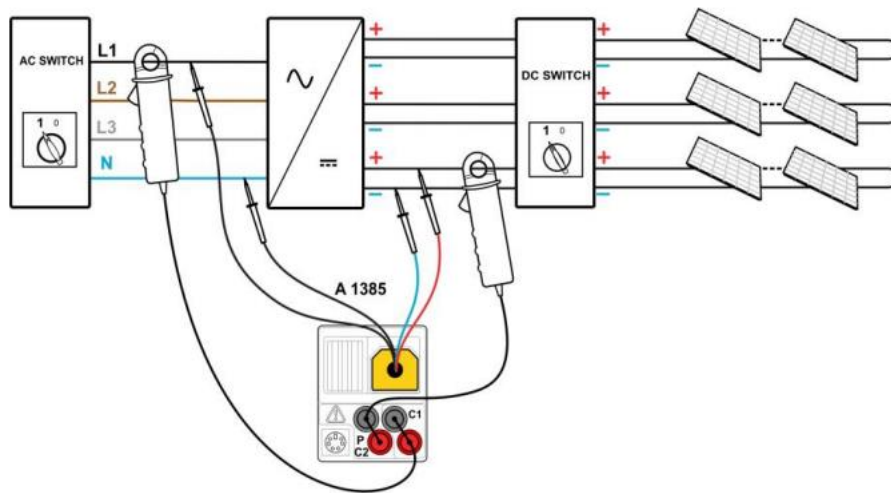
Poznámka: Po overení I_{sc} a I_{oc} je pred samotnými funkčnými skúškami vhodné hneď zmerať izolačný odpor pretože sa na meranie používa ten istý adaptér meracieho prístroja ako na meranie I_{sc} a I_{oc} .

f) funkčné skúšky

Musia sa vykonať nasledovné skúšky:

- Spínacie zariadenia a iné ovládacie zariadenia sa musia odskúšať aby sa overila ich činnosť, a či sú správne namontované a pripojené
- odskúšajú sa všetky striedače v systéme, pričom skúšobný postup sa má vykonať podľa odporúčaní výrobcu.

Funkčné skúšky striedačov sa vykonávajú až po odskúšaní AC strany systému.



g) izolačný stav DC obvodov

Jednosmerné obvody FV poľa sú počas denného svetla pod napätím a na rozdiel od bežného striedavého obvodu ich nie je možné pred skúškou odpojiť. Vykonanie tejto skúšky predstavuje potenciálne nebezpečenstvo zásahu elektrickým prúdom, preto je dôležité počas skúšky vykonať bezpečnostné opatrenia:

- obmedziť prístup na miesto vykonávania práce
- pri vykonávaní skúšky izolačného stavu sa nedotýkať žiadnou časťou tela akýchkoľvek kovových povrchov a vykonať opatrenia aby sa tomuto dotyku zabránilo aj u všetkých ostatných osôb
- pri vykonávaní skúšky izolačného stavu sa nedotýkať žiadnou časťou tela zadnej strany panelu alebo svorkovnice a vykonať opatrenia aby sa tomuto dotyku zabránilo aj u všetkých ostatných osôb
- vždy keď je prístroj na skúšanie izolácie pripojený, je na skúšanom obvode prítomné napätie. Zariadenie musí mať schopnosť automatického samovybíjania
- počas skúšky je nutné používať OOPP

V niektorých prípadoch je pri poruche izolácie potrebné vykonať tzv. mokrý test izolácie.

Na meranie sa používajú 2 metódy:

SKÚŠOBNÁ METÓDA 1 - meranie medzi záporným pólom poľa a uzemnením - následne meranie medzi kladným pólom a uzemnením

SKÚŠOBNÁ METÓDA 2 – meranie medzi uzemnením a skratovaným (kladným a záporným pólom) poľa.

Kde je konštrukcia panelov uzemnená, môže byť pripojenie na uzemnenie vyhotovené na akékoľvek vhodné miesto (treba sa uistiť, že celá konštrukcia aj panely sú vodivo prepojené).

Ak konštrukcia nie uzemnená (napr. inštalácia triedy ochrany II), tak si skúšobný technik môže vybrať vykonanie dvoch skúšok: a) medzi káblami poľa a uzemnením a doplnujúcu skúšku b) medzi káblami poľa a rámom

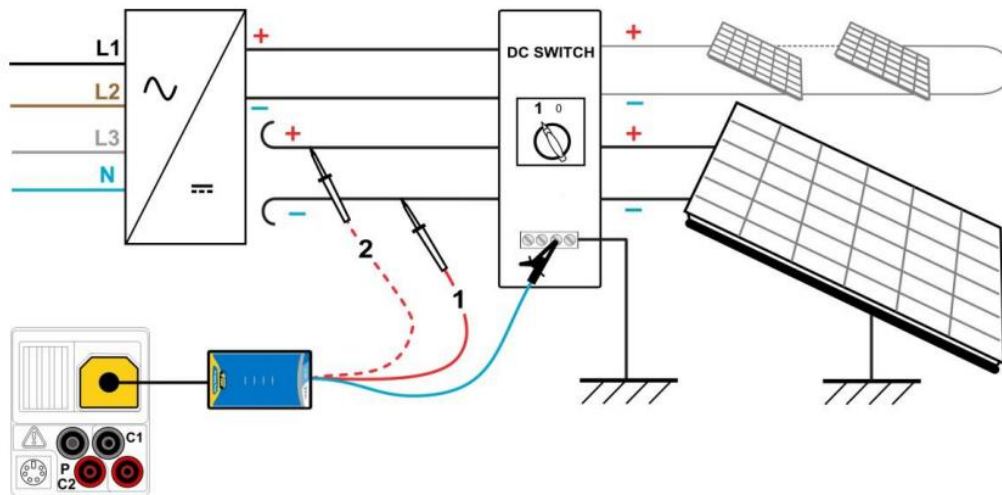
U polí, ktoré nemajú prístupné vodivé časti (napr. FV škridle) sa skúška robí medzi káblami poľa a uzemnením budovy

Ak sa použije skúšobná metóda 2, tak na minimalizovanie rizika elektrického oblúka je treba skratovať jednotlivé póly bezpečným spôsobom (skratovacím káblom, skratovacou skúšobnou skrinkou, skúšobným skratovacím adaptérom) – skratovanie a aj rozpojenie skratu musí byť bezpečné.

Skúšobný postup musí zabezpečiť a aj použité pomôcky musia byť dimenzované tak, že vrcholová hodnota nesmie prekročiť menovité hodnoty kábla alebo panelu.

Izolačný odpor DC obvodov – postup merania

Pred samotným meraním treba zabezpečiť bezpečnostné opatrenia: zamedziť prístup nepovolaným osobám, odpojiť pole od striedača (zvyčajne na DC odpínači poľa), odpojiť všetky časti zariadenia, ktoré by mohli mať vplyv na meranie izolácie (napr. SPD), Vykonať meranie podľa inštrukcie výrobcu meracieho prístroja.



Izolačný odpor DC obvodov – FV do 10 kWp

Meranie sa vykonáva napätím podľa nominálneho napätia systému.

Napätie systému ($V_{oc} (stc) \times 1,25$) V	Skúšobné napätie V	Minimálny odpor izolácie M Ω
<120	250	0,5
120 - 500	500	1
500 - 1000	1000	1
>1000	1500	1

Izolačný odpor DC obvodov – FV nad 10 kWp

Na meranie sa môžu použiť 2 metódy:

Metóda A – odmerajte individuálne každý reťazec, alebo skupinu reťazcov so súčtom výkonu do 10 kWp a použite postup ako pre FV do 10 kWp

Metóda B – alternatívna metóda, ktorá umožňuje skúšať celé pole, alebo jeho časť aj keď má viac ako 10 kWp. Výsledky majú zodpovedať tabuľke pre FV do 10 kWp. Dá sa použiť na zrýchlené meranie celého systému. Ak hodnota nevyhovuje, musí sa skúšať postupne podľa metódy A.

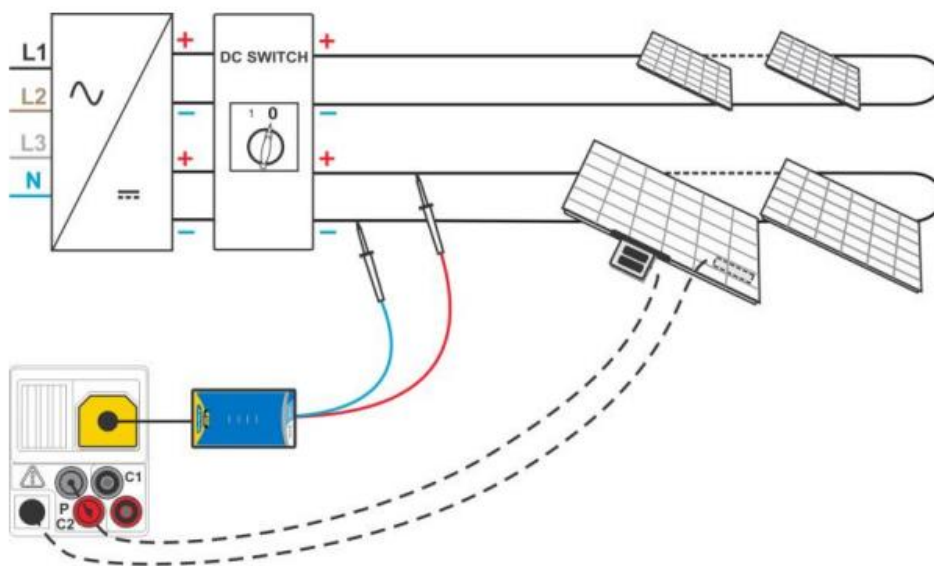
Skúšky kategórie 2:

Vyžadujú sa na rozsiahlejších a komplexnejších systémoch. Môžu sa vykonať až po vykonaní skúšok kategórie 1, ktoré musia byť vyhovujúce.

a) meranie VA charakteristík reťazca
poskytujú nasledovné informácie:

- Meranie napätia reťazca naprázdno (U_{OC}) a skratového prúdu (I_{SC}).
- Merania maximálneho výkonového napätia (U_{MPP}), prúdu (I_{MPP}) a maximálneho výkonu (P_{MAX}).
- Meranie výkonu poľa.
- Meranie faktora plnenia panelu / reťazca.
- Identifikácia defektov panelu / poľa alebo problémov s tienením.

Pred vykonaním testu krivky VA charakteristiky sa musí skontrolovať samotný merací prístroj, aby sa potvrdilo, že je vhodne dimenzovaný pre napätie a prúd testovaného obvodu.

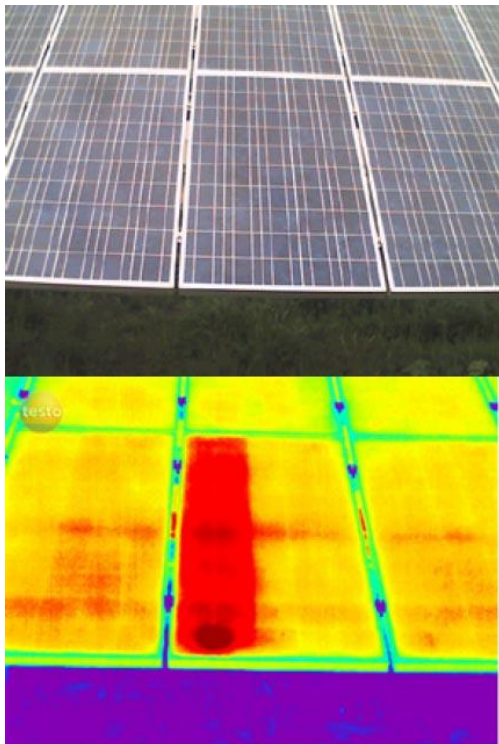


b) meranie infračervenou kamerou (termodiagnostika)

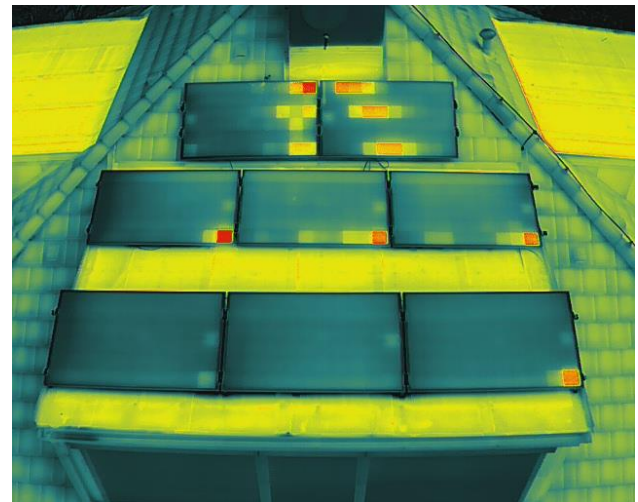
Účelom merania infračervenou (IR) kamerou je odhaliť nezvyčajné zmeny teploty pri prevádzke FV panelov.

Takéto zmeny teploty môžu naznačovať problémy v paneloch a/alebo poli, ako sú články s reverzným prepätím, porucha bypass diódy, narušenia spájkovaných spojov, zlé pripojenia a iné podmienky, ktoré vedú k lokalizovanej vysokej prevádzkovej teplote.

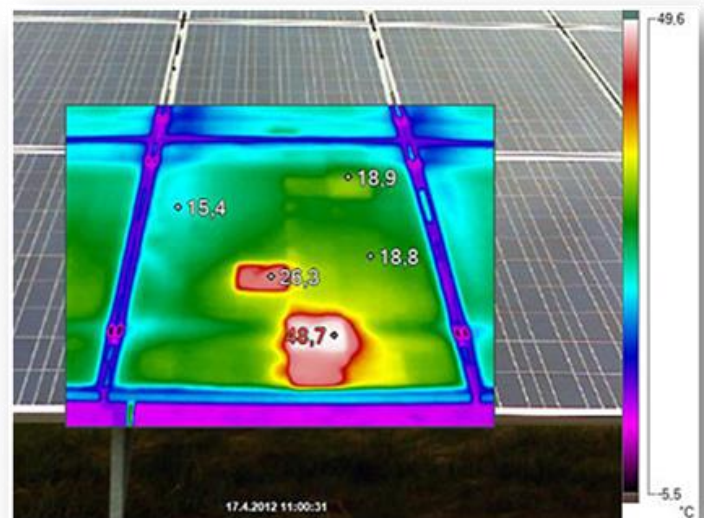
Po objavení teplotných anomálií v systéme treba dohľadať a presne identifikovať ich príčinu, pričom možno použiť ďalšie merania a dodatkové skúšky.



Zdroj: www.testo.cz



Zdroj: www.dronmax.cz



Zdroj: www.aquafind.sk

Dodatkové (doplnkové) skúšky:

Používajú sa v špecifických prípadoch na spresnenie ďalších informácií o systéme.

- Meranie vysokoimpedančného spojenia panelov so zemou
- Skúšanie blokovacej diódy
- Mokrý test izolácie
- Vyhodnotenie zatienu

Správa o výsledku OPaOS:

Revízia fotovoltickej inštalácie sa riadi ustanoveniami STN 33 2000-6 a špecifickými požiadavkami kapitoly 5 STN EN 62446-1.

Po dokončení procesu overovania sa o tom vyhotoví správa. Táto správa musí obsahovať nasledujúce informácie:

- Súhrnné informácie popisujúce systém (meno, adresa atď.).
- Zoznam obvodov, ktoré boli skontrolované a testované.
- Záznam o prehliadke.
- Záznam výsledkov testov pre každý skúšaný obvod.
- Odporúčanú lehotu do ďalšej revízie.
- Podpis revízneho technika.

Vzorové overovacie správy sú uvedené v prílohách A, B a C normy STN EN 62446-1.

a) Východisková revízia

Východisková revízna správa obsahuje dodatočné informácie týkajúce sa: osoby zodpovednej za návrh, montáž a revíziu (vyhlásenia o zodpovednosti podľa čl. 6.4.4.4 STN 33 2000-6)

V správe o prvotnom overení sa uvedie odporúčanie pre interval medzi pravidelnými revíziami. Toto sa určí s ohľadom na typ inštalácie a zariadenia, jeho používanie a prevádzku, frekvenciu a kvalitu údržby a vonkajšie vplyvy. Interval býva uvedený v projektovej dokumentácii.

b) Periodická revízia

Periodická revízna správa obsahuje aj zhodnotenie stavu od predchádzajúcej revízie.

Pri periodických (teda nielen pri nich, ale najmä pri nich) revíziách odporúčam venovať maximálne zvýšenú pozornosť hlavne DC časti FV systému. Nebezpečné bývajú najmä vysoké prechodové odpory na spojoch, ostré hrany cez ktoré prechádzajú DC káble – po čase sa zvyknú poškodiť a prípadný vzniknutý oblúk dokáže spoľahlivo zapáliť okolité horľavé materiály. Treba si uvedomiť, že takto poškodený vodič je počas dňa stále pod napätím a DC oblúk sa ťažko zhasia.

Intervaly medzi jednotlivými revíziami sa riadia všeobecnými predpismi pre OPaOS VTZ-E (vyhl. MPSVaR SR č. 508/2009 Z. z., STN 33 1500). Tieto nesmú byť dlhšie ako intervaly stanovené na AC strane, ku ktorej je DC systém pripojený.

Z hľadiska spoľahlivosti a stability dodávanej energie je fotovoltický zdroj bez batérie asi to posledné, čo by chcel vidieť u seba pripojené prevádzkovateľ distribučnej sústavy. A ani sa mu nečudujem. Nedá sa predpovedať kedy bude vyrábať a už vôbec nie s akým výkonom. Toto môže spôsobovať (a aj spôsobuje) nestabilitu sietí. Preto je kapacita pripájaných zdrojov obmedzená. Ako najlepšie riešenie sa javí zdroj pre vlastnú spotrebu bez dodávok do siete. Úplne sa dodávkam pripojeného FVZ zdroja zabrániť nedá, ale v prípade technologických pretokov (výkyvy po odpojení väčších spotrebičov) sa určite nejedná o jav, ktorý by zásadne ohrozoval DS. Nie vždy je toto ale prijímané s porozumením. Dúfam, že sa postupne veci zmenia k lepšiemu.

Opäť pripomínam, že existujú dva aspekty pri overovaní bezpečnosti a uvádzaní vyhradených technických zariadení do prevádzky. Jeden je technický a druhý legislatívny. Ten legislatívny, bohužiaľ, často zaostáva za tým technickým. Ako príklad môžem uviesť prispôbovanie sa návrhov FVZ nie maximálnemu možnému najlepšiemu technickému a ekonomickému riešeniu, ale podmienkam na rôzne dotácie a eurofondy. Nedá sa nespomenúť ani kontroverzné osvedčenie pre inštalatérov fotovoltických a slnečných tepelných systémov podľa §13a zákona č. 309/2009 Z.z. o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby, kde sa osvedčenia na montáž fotovoltických zariadení (teda vyhradených technických zariadení elektrických), vydávajú aj osobám bez elektrotechnickej kvalifikácie. Celú túto bizarnú situáciu ešte završuje absurdná požiadavka prevádzkovateľa distribučnej sústavy, keď pred uvedením do prevádzky na potvrdenie bezpečnosti malého zdroja (VTZ-E) nestačí správa o OPaOS od revízneho technika, ale vyžaduje sa akási „garancia správnosti vyhotovenia“ od inštalatéra fotovoltických systémov s osvedčením z MH SR – čo môže byť (a často aj je) osoba bez elektrotechnickej kvalifikácie.

Tibor Hanko

tel.: +421 948 908 351

email: tibor.hanko@harp.sk

Zdroje:

- normy a legislatívne predpisy uvedené v texte
- ak nie je uvedené inak, všetky obrázky pochádzajú z www.metrel.si