

V Německu je v současnosti instalováno hodně přes milion fotovoltaických zařízení. Ekonomická výhodnost samovýroby a snaha o trochu nezávislosti v získávání energie učiní v budoucnosti fotovoltaická zařízení integrální součástí elektroinstalací. Fotovoltaická zařízení jsou přitom vystavena povětrnostním vlivům, kterým musí vzdorovat po desetiletí.

Kabeláž fotovoltaického zařízení obvykle vstupuje do budovy a trasa k přípojce distribuční sítě bývá dlouhá.

Bleskové výboje způsobují elektrické rušení – jak prostorovým elektromagnetickým polem, tak i přenášená po vedení. S rostoucí délkou vedení nebo s rostoucí plochou smyčky se tento efekt zesiluje. Ke škodám způsobeným přepětím dochází nejen na fotovoltaických panelech, měničích a jejich monitorovací elektronice, ale jsou tím postiženy i přístroje v ostatních částech domovní instalace. V komerčních prostorech může navíc docházet ke škodám na výrobní technologii, což způsobuje výpadky v produkci.

Pokud přepětí vniknou do ostrovních fotovoltaických systémů (tj. nepřipojené k distribuční síti), může to přerušit provoz celého solárně napájeného zařízení (např. lékařské přístroje, dodávku vody).

Nezbytnost ochrany budov před bleskem

Při přímém úderu blesku do budovy je na prvním místě ochrana osob a ochrana před požárem. Energie uvolněná bleskovým výbojem je jedním z nejčastějších příčin požárů.

Již při projektování fotovoltaického zařízení je zpravidla zřejmé, zda je budova již vybavena hromosvodem. Pro veřejné budovy (např. místa shromažďování osob, školy a nemocnice) stavební předpisy vyžadují hromosvod. U staveb komerční nebo rezidenční povahy závisí nutnost ochrany před bleskem na jejich poloze, stavbě a využití. Je u nich třeba zjistit, zda do nich může blesk udeřit nebo tam způsobit vážné následky. Instalace potřebující ochranu je pak třeba vybavit trvale funkčním systémem ochrany před bleskem.

Podle současného stavu vědeckotechnických znalostí instalace fotovoltaických panelů nezvyšuje riziko úderu blesku do budovy, takže potřebu hromosvodu nelze z pouhého faktu instalace fotovoltaiky vyvozovat. Tímto zařízením však mohou do budovy být zavlečena silná, bleskem způsobená rušení. Proto je podle ČSN EN 62305-2 ed. 2 třeba zjistit riziko škod, a toto riziko zohlednit při instalaci fotovoltaického systému. Pro výpočet rizika škod nabízí DEHN software DEHNsupport-Toolbox. Analýza rizik provedená s pomocí tohoto nástroje poskytuje výsledek srozumitelný všem zúčastněným stranám. Software porovnává zjištěné riziko s technickým řešením ochrany a ukazuje ekonomicky optimální ochranu. V národním dodatku 5 DIN EN 62305-3 je pod bodem 4.5 – Řízení rizik uvedeno, že systém ochrany před bleskem LPS III dimenzovaný pro stupeň ochrany LPL III odpovídá normálním požadavkům pro fotovoltaická zařízení. Vedle toho i svaz německých pojišťoven (GDV – Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft) uvádí ve své směrnici VdS-2010 (Rizikem řízená ochrana objektů před bleskem a přepětím) odpovídající ochranná opatření. I zde je pro fotovoltaická zařízení ($> 10 \text{ kW}_p$) na budovách vyžadována úroveň ochrany LPL III a tedy instalace hromosvodu LPS III, včetně opatření pro ochranu před přepětím.

Zásadně zde platí, že fotovoltaické systémy na budovách nesmí jakkoli narušovat stávající ochranu před bleskem.

Nezbytnost ochrany před přepětím ve fotovoltaických instalacích

Bleskové výboje indukují v elektrických vodičích přepětí. Pro ochranu elektrických systémů před těmito ničivými napětovými špičkami se osvědčily přepětové ochrany SPD (Surge Protective Device). Tyto se instalují před chráněnými zařízeními na jeho AC, DC i datových přívozech. Často jsou také vyžadovány v pojistných podmínkách

pro fotovoltaické zařízení. ČSN CLC/TS 50539-12 Ochrany před přepětím nízkého napětí – Ochrany před přepětím pro zvláštní použití zahrnující DC – Část 12: Zásady výběru a použití – SPD připojená do fotovoltaických instalací uvádí pod b. 9.1 instalaci přepětových ochrany jako nezbytnou, leda že by analýza rizik prokázala opak. Podle ČSN 33 2000-4-443 ed. 3 (HD 60364-4-44) musí být přepětové ochrany instalovány i v budovách bez vnějšího hromosvodu, např. v komerčních a průmyslových objektech, mj. i zemědělských provozech. Národní dodatek 5 DIN EN 62305-3 rozvádí podrobně druhy a místo instalace SPD.

Trasování vedení u fotovoltaických instalací

Při trasování kabelů je třeba dbát na to, aby nevznikaly velké smyčky. To platí jak pro připojení jednotlivých částí ke stringu, tak i pro propojení stringů. Dále je třeba vyhnout se tomu, aby datové a senzorové vodiče křížily několik stringových vedení a tím v kombinaci s vedeními stringů vytvářely velkoplošné smyčky. Toho je třeba dbát i u připojení měniče k síti. Je tedy důležité, aby silová vedení (DC i AC) vedla v celé délce souběžně s vodiči potenciálového vyrovnání. Totéž platí i pro datová vedení (např. senzor slunečního svitu, monitoring výtěžku).

Zemnění fotovoltaických systémů

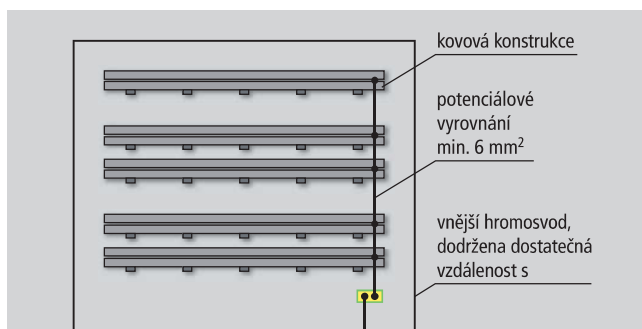
Fotovoltaické panely bývají zpravidla upevněny na kovových montážních systémech. Aktivní DC strana fotovoltaických panelů má dvojitou nebo zesílenou izolaci podle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2. Kombinace několika technologií na straně FV panelu a měniče (např. s galvanickým oddělením nebo bez něj) má za následek různé požadavky na uzemnění. Navíc integrovaný hlídač izolačního stavu měniče je funkční pouze tehdy, když je nosná konstrukce panelů uzemněna. V dodatku 5 DIN EN 62305-3 jsou uvedeny informace pro praktickou implementaci. Pokud se celá instalace nachází v ochranném prostoru jímací soustavy a je dodržena tzv. „dostatečná vzdálenost s“, instaluje se funkční uzemnění kovové nosné konstrukce. Článek 7 uvádí pro funkční uzemnění vodič o průřezu minimálně 6 mm^2 Cu nebo ekvivalentní (viz **obrázek 9.18.1**). Vodičem tohoto průřezu je třeba také navzájem trvanlivě propojit kovové profily jednotlivých stojanů.

Jestliže je montážní systém spojen s vnějším hromosvodem, protože nebylo možné dodržet dostatečnou vzdálenost s, stávají se tyto vodiče součástí vnějšího hromosvodu. Pak je zde zásadním požadavkem jejich schopnost vést bleskové proudy. Minimální požadovaný průřez při hromosvodu LPS III je 16 mm^2 Cu nebo vodič ekvivalentní. I zde je třeba navzájem trvanlivě propojit kovové profily jednotlivých stojanů, a to opět průřezem min. 16 mm^2 Cu. Vodiče funkčního uzemnění resp. vodiče potenciálového vyrovnání je nutno vést souběžně a co nejtěsněji u silového vedení AC / DC (**obrázek 9.18.2**).

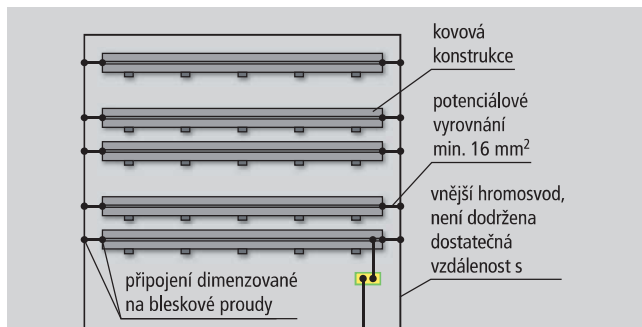
Na běžné montážní systémy je možno připevnit zemnicí svorku UNI (**obrázek 9.18.3**). Spojuje např. Cu vodič 6 nebo 16 mm^2 , nebo holé dráty (o průměru 8-10 mm) s nosnou konstrukcí, a spoj odolá bleskovým proudům. Pomocí integrované kontaktní destičky z materiálu NIRO (V4A) je zajištěna i korozní odolnost v kontaktu s nosnou konstrukcí (Al).

Dostatečná vzdálenost s podle ČSN EN 62305-3 ed. 2

Je třeba přihlídnout k dostatečné vzdálenosti s mezi hromosvodem a fotovoltaickým systémem. Tato udává odstup dostatečný k tomu, aby při úderu blesku do hromosvodu nedošlo k nekontrolovanému přeskoku na blízké kovové části. Nekontrolovaný přeskok může v nejhorším případě způsobit požár budovy. Škody na fotovoltaickém zařízení jsou pak podružné. Podrobnosti ohledně



Obrázek 9.18.1 Funkční uzemnění nosné konstrukce FV panelů, jestliže budova nemá vnější hromosvod, nebo jej má a je dodržena dostatečná vzdálenost (DIN EN 62305-3 dodatek 5)



Obrázek 9.18.2 Potenciálové vyrovnání pro ochranu před bleskem provedené na podstavcích FV panelů při nedodržení dostatečné vzdálenosti



Obrázek 9.18.3 Zemnicí svorka UNI: mezičlen z korozivzdorné oceli zabráňuje kontaktní korozi. Tím jsou vytvořena dlouholetá spolehlivá propojení mezi různými materiály vodičů.

výpočtu jsou uvedeny v kapitole 5.6 uvedené normy a dostatečnou vzdálenost s je možno snadno a rychle určit pomocí software DEHN Distance Tool (kapitola 3.3.2).

Plný stín na fotovoltaických panelech

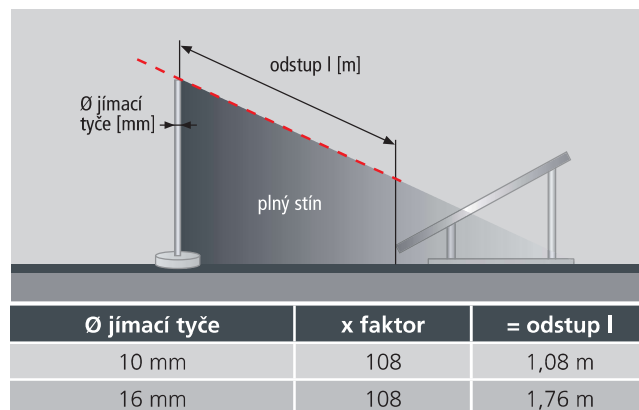
Důležitým aspektem pro zamezení nežádoucímu zastínění fotovoltaických panelů je jejich odstup od vnějšího hromosvodu. Difúzní stín, jaký se vytváří pod vzduchem vedenými vodiči, je z hlediska FV zařízení a energetického výtěžku nevýznamný. Oproti tomu ostře ohraničený plný stín je schopen výrazně ovlivnit tok proudu ve FV panelech. Je třeba zabránit proudovému zatížení jednotlivých buněk a bypassových diod. Tvorbě plného stínu zamezí dostatečně velká vzdálenost stínícího předmětu od FV panelu. Tak např. plný stín jímací tyče o průměru 10 mm se s rostoucím odstupem stále zmenšuje, až při vzdálenosti 1,08 m plný stín zanikne a přemění se v plně difúzní (obrázek 9.18.4). Výpočet plného stínu je uveden např. v příloze A dodatku 5 DIN EN 62305-3.

Speciální přepětové ochrany pro DC stranu fotovoltaických systémů

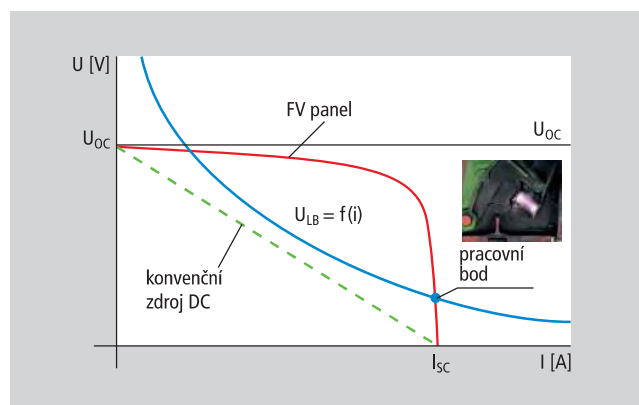
Voltampérové charakteristiky fotovoltaických panelů se výrazně liší od charakteristik klasických zdrojů stejnosměrného napětí. FV články mají nelineární charakteristiku (obrázek 9.18.5) a jsou příčinou masivního udržování jednou zapáleného elektrického oblouku. Tato vlastnost má za následek nejen nutnou robustnější stavbu spínacích a jisticích prvků, ale vyžaduje i u přepětových ochrany k tomu přizpůsobené odpínače. Ty musí být schopny zvládnout zkratový proud FV panelů. Výběr k tomu vhodných SPD je popsán v dodatku 5 DIN EN 62305-3 (kapitola 5.6.1 tabulka 1). Pro zjednodušení výběru SPD typu 1 jsou zde přiloženy **tabulky 9.18.1 a 9.18.2**, z nichž je možné vyčíst nezbytnou zatížitelnost rázovým bleskovým proudem I_{imp} v závislosti na třídě ochrany před bleskem (LPL), počtu svodů vnějších hromosvodů a typu SPD (napětí omezující varistory nebo napětí zkratující svodiče s jiskříštem). Je třeba použít SPD odpovídající příslušné normě pro zkoušení ČSN EN 50539-11, k níž se odkazuje v bodě 9.2.2.7 i ČSN CLC/TS 50539-12.

DC svodiče typu 1 pro použití ve fotovoltaických systémech: několikapólový kombinovaný DC svodič typu 1, DEHNcombo YPV SCI (FM)

Kombinovaný svodič DEHNcombo YPV SCI (FM) (obrázek 9.18.6) svou integrovanou technologií SCI naplňuje výše uvedené požadavky. Vedle osvědčeného zapojení Y odolného proti poruchám je zde integrován třístupňový DC spínací obvod s technologií SCI. Ta se skládá z kombinovaného odpojovacího a zkratovacího zařízení s termodynamickou kontrolou a s tavnou pojistkou v bypassu. Toto zapojení (obrázek 9.18.7) při přetížení odpojí bezpečně svodič od napětí z FV zdroje a spolehlivě zhasí elektrický oblouk. S DEHNcombo YPV SCI (FM) je tak možno chránit FV generátory až do proudu 1000 A bez předjistištění. Tento kombinovaný svodič



Obrázek 9.18.4 Odstup FV panelu od jímací tyče pro zamezení plného stínu



Obrázek 9.18.5 Zatěžovací VA charakteristika konvenčního DC zdroje v porovnání s FV zdrojem; při spínání FV generátoru se charakteristika protíná s charakteristikou elektrického oblouku

Třída ochrany LPL a maximální bleskový proud (10/350 μs)		Počet svodů vnějšího hromosvodu			
		< 4		≥ 4	
		Hodnoty pro napětí omezující SPD typu 1 nebo kombinované SPD typu 1 (seriové řazení) založené na volbě I _{8/20} (8/20 μs) a I _{10/350} (10/350 μs)			
		I _{SPD1} = I _{SPD2} I _{8/20} / I _{10/350}	I _{SPD3} = I _{SPD1} + I _{SPD2} = I _{total} I _{8/20} / I _{10/350}	I _{SPD1} = I _{SPD2} I _{8/20} / I _{10/350}	I _{SPD3} = I _{SPD1} + I _{SPD2} = I _{total} I _{8/20} / I _{10/350}
I or unknown	200 kA	17/10	34/20	10/5	20/10
II	150 kA	12,5/7,5	25/15	7,5/3,75	15/7,5
III and IV	100 kA	8,5/5	17/10	5/2,5	10/5

Tabulka 9.18.1 Volba minimální proudové impulsní zátěžitelnosti SPD typu 1 s napětovou omezovací charakteristikou (varistorový typ) nebo kombinovaného SPD typu 1 (seriově řazené varistory a jiskřiště) podle ČSN CLC/TS 50539-12 (tabulka A.1)

Třída ochrany LPL a maximální bleskový proud (10/350 μs)		Počet svodů vnějšího hromosvodu			
		< 4		≥ 4	
		Hodnoty pro SPD typu 1 se spínací charakteristikou nebo kombinované SPD typu 1 (paralelní řazení)			
		$I_{SPD1} = I_{SPD2}$ I_{imp}	$I_{SPD3} = I_{SPD1} + I_{SPD2} = I_{total}$ I_{imp}	$I_{SPD1} = I_{SPD2}$ I_{imp}	$I_{SPD3} = I_{SPD1} + I_{SPD2} = I_{total}$ I_{imp}
I nebo neznámá	200 kA	25	50	12,5	25
II	150 kA	18,5	37,5	9	18
III a IV	100 kA	12,5	25	6,25	12,5

Tabulka 9.18.2 Volba minimální proudové impulsní zátěžitelnosti SPD typu 1 (jiskřiště) nebo kombinovaného SPD typu 1 (paralelně řazené varistory a jiskřiště) podle ČSN CLC/TS 50539-12 (tabulka A.2)



Obrázek 9.18.6 Kombinovaný svodič typu 1, DEHNCombo YPV SCI, pro ochranu fotovoltaických systémů před přepětím a před dílčími bleskovými proudy

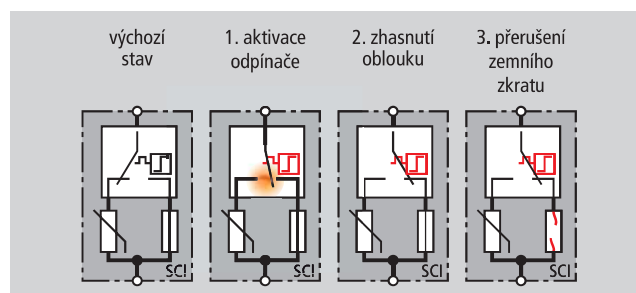
spojuje v jednom přístroji funkce svodiče bleskového proudu a svodiče přepětí. Tím je dosaženo vysoce účinné ochrany koncového zařízení. Se svou zátěžitelností I_{total} 12,5 kA (10/350 µs) je možno jej flexibilně použít i pro nejvyšší třídy ochrany.

Dodává se pro napětí U_{CPV} 600 V, 1000 V a 1500 V. Jeho šířka přitom obnáší pouze 4 moduly (TE). Je to tedy ideální kombinovaný svodič typu 1 pro instalaci ve fotovoltaických elektrárnách.

Další velmi výkonnou technologií pro odvádění dílčích bleskových proudů u fotovoltaických DC systémů jsou napětí zkratující SPD typu 1 na bázi jiskřiště. Zde je k dispozici svodič DEHNlimit PV 1000 V2 (obrázek 9.18.8). Tato řada přístrojů vyniká velmi vysokými impulsními proudy $I_{total} = 50$ kA 10/350 µs, což je na trhu jedinečné. Tohoto výkonu je dosaženo pomocí technologie jiskřiště kombinovaného s obvodem zhášení stejnosměrného proudu. To působí jako velmi účinná ochrana další elektroniky.

DC svodiče typu 2 pro použití ve fotovoltaických systémech: modulární DC svodič typu 2, DEHNGuard M YPV SCI ... (FM) a DEHNCube YPV SCI ...

Bezpečný provoz SPD v DC FV obvodech je nezbytný i při použití přepětových ochran typu 2. U přístroje DEHNGuard M YPV SCI ... (FM) je proto opět použito poruchám odolné zapojení Y kombinované

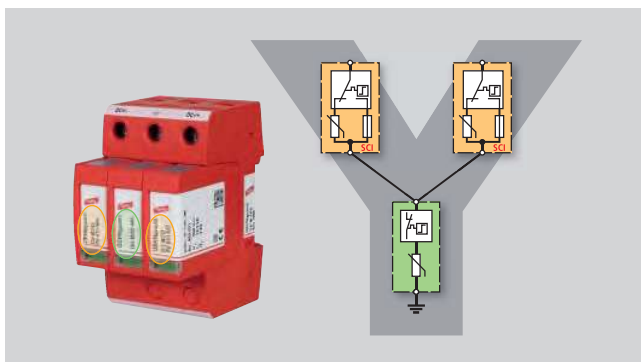


Obrázek 9.18.7 Fáze spínacího procesu třístupňového DC spínacího obvodu v DEHNGuard M YPV SCI ... (FM)



Obrázek 9.18.8 Kombinovaný svodič typu 1 na bázi jiskřiště DEHNlimit PV 1000 V2

s technologií SCI (obrázek 9.18.9). I u tohoto svodiče typu 2 je možné připojení bez předjistiění ve fotovoltaických zdrojích do 1000 A. Souhrn technologií nasazených v DEHNGuard M YPV SCI ... (FM) zamezuje poškození přístroje při poruše izolace ve FV obvodu a stejně tak nebezpečí požáru přetíženého svodiče. Svodič je uveden do elektricky bezpečného stavu bez újmy na provozu fotovoltaického zařízení. Tento bezpečnostní obvod umožňuje v plné šíři využívat vlastnosti varistorových omezovačů napětí i ve stejnosměrných obvodech fotovoltaického zařízení. Navíc se touto permanentní přepětovou ochranou minimalizuje množství menších napětových špiček.



Obrázek 9.18.9 Modulární svodič přepětí SPD typu 2 DEHNGuard M YPV SCI ... (FM) se zapojením Y odolným poruchám a s třístupňovým DC spínacím obvodem



Obrázek 9.18.10 Vystrojený svodič přepětí typu 2 DEHNCube YPV SCI 1000 1M

Technologie SCI v přístrojích DEHNGuard M YPV SCI ... (FM) tedy přispívá ke zvýšení životnosti celé DC strany FV systému.

Výběr SPD podle ochranné napěťové úrovně U_p

Provozní napětí DC strany fotovoltaických systémů se případ od případu liší. V současnosti jsou možné hodnoty až do 1500 V. Tomu odpovídá také různá napěťová výdržnost koncových zařízení. Pro zajištění účinné ochrany instalace musí být ochranná napěťová úroveň U_p svodiče nižší, než je napěťová výdržnost chráněné instalace. Podle ČSN CLC/TS 50539-12 je třeba dodržet bezpečnostní rezervu 20 % mezi napěťovou výdržností instalace a U_p . Je také nezbytné nutně dodržet energetickou koordinaci mezi SPD typu 1 příp. SPD typu 2 a vstupními obvody koncového zařízení. Pokud jsou již svodiče v koncovém zařízení integrovány, je již koordinace mezi SPD typu 2 a vstupními obvody zajištěna z výroby (obrázek 9.18.11).

Příklady použití:

Budova bez vnějšího hromosvodu (situace A)

Obrázek 9.18.12 ukazuje koncepci ochrany proti přepětí pro fotovoltaický systém na budově bez vnějšího hromosvodu. Nebezpečná přepětí se zde indukují do FV instalace od blízkých úderů blesků nebo jsou přivedena z napájecí sítě domovní přípojkou pro spotřebiče. Ochrana je provedena pomocí SPD typu 2. Svodiče jsou instalovány v těchto místech:

- ➔ DC oblast FV panelů a měniče,
- ➔ AC výstup měniče,
- ➔ hlavní rozvaděč přípojky sítě nn,
- ➔ komunikační rozhraní s metalickými vývody.

Každý DC vstup (MPP) měniče je třeba osadit jedním svodičem typu 2, např. DEHNGuard M YPV SCI ... (FM). Touto přepětovou ochranou mohou být fotovoltaické instalace bezpečně chráněny



Obrázek 9.18.11 Přepětové ochrany DEHNGuard SPD typu 2 integrované v měniči na DC i AC straně

na stejnosměrné straně. ČSN CLC/TS 50539-12 předepisuje při vzdálenostech mezi FV panelem a měničem nad 10 m další DC svodič typu 2 u FV panelu.

Pokud je FV měnič instalován ve vzdálenosti ne dále než 10 m od SPD typu 2 instalovaného na přípojce sítě nn, pak jsou AC výstupy měniče dostatečně chráněny. Při větších délkách vedení je podle ČSN CLC/TS 50539-12 nutný další SPD typu 2, např. DEHNGuard M ... 275, před AC vstupem měniče.

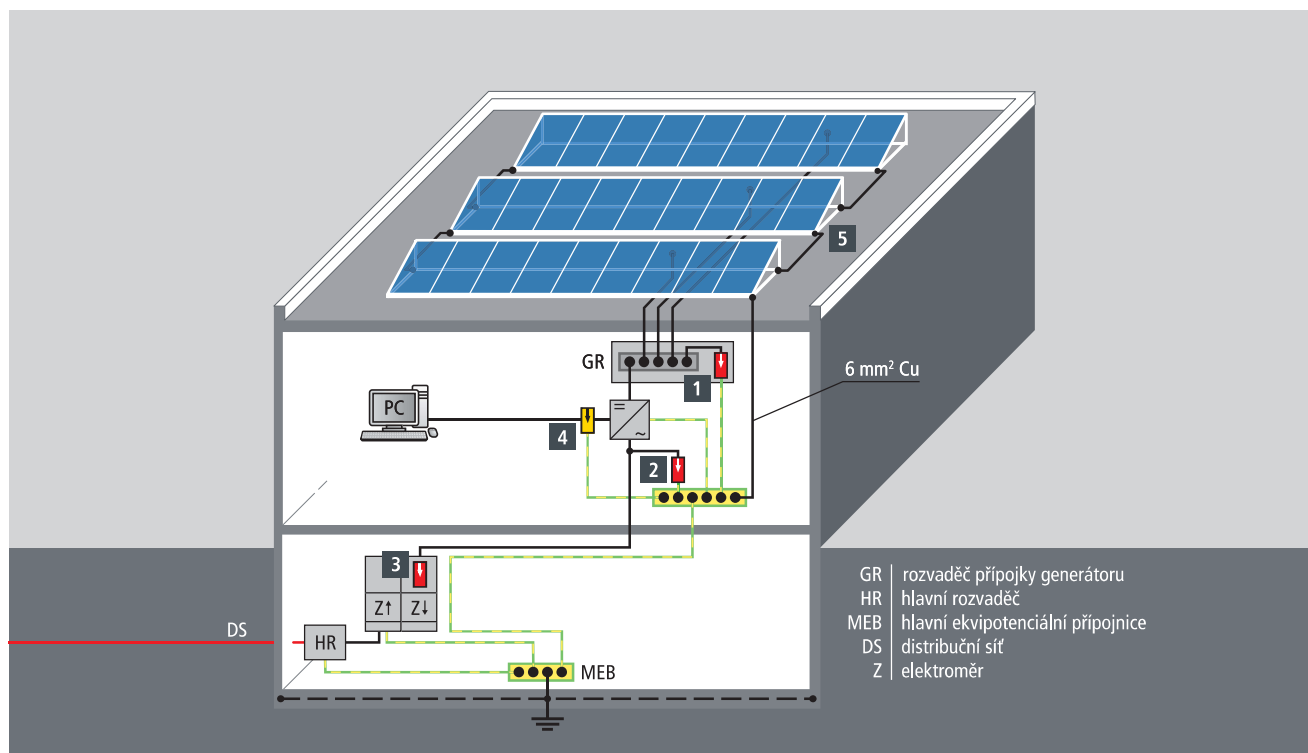
V měřené části domovní instalace sítě nn je také instalován svodič přepětí typu 2, konkrétně DEHNGuard M ... CI 275 (FM). CI (Circuit Interruption) zde znamená integrované koordinované předjištění v ochranné proudové dráze ve svodiči. Díky tomu je možné instalovat tento přístroj v AC síti bez dalšího předjištění. Dodává se v provedení pro všechny sítě nn (TN-C, TN-S, TT).

Jestliže jsou k měničům připojeny datové a senzorové vodiče pro monitoring výtěžku, jsou i pro tato rozhraní nezbytné vhodné přepětové ochrany. Pro datové systémy na bázi RS 485 je k dispozici svodič BLITZDUCTOR XTU. Ten má vývody pro dva páry vodičů, např. pro příchozí a odchozí datové vedení.

Budova s vnějším hromosvodem při dodržení dostatečné vzdálenosti s (situace B)

Koncepci ochrany pro fotovoltaickou instalaci na budově s vnějším hromosvodem a při dodržení dostatečné vzdálenosti s mezi FV systémem a vnějším hromosvodem ukazuje obrázek 9.18.13.

Primárním cílem ochrany je zamezení škod na zdraví a životech osob, jakož i věcných škod (požár budovy), v důsledku blesků. Fotovoltaická instalace nesmí narušovat tuto funkci vnějšího hromosvodu. Navíc k tomu je třeba i tuto FV instalaci chránit před přímým úderem blesku, což znamená, že je třeba ji instalovat v ochranném prostoru vnějšího hromosvodu. Tento ochranný prostor vytváří jímací soustava (např. jímací tyče) a tím zamezuje přímým úderům blesků do FV panelů a propojovacích kabelů. Toto předurčení ochranného prostoru je možné ověřit např. metodou ochranného úhlu (obrázek 9.18.14) nebo metodou valivé koule (obrázek 9.18.15) podle ČSN EN 62305-3 ed. 2. Je třeba dbát toho, aby mezi všemi elektricky vodivými částmi FV instalace a vnějším hromosvodem byla dodržena dostatečná vzdálenost s. Navíc je třeba, jak bylo již dříve uvedeno, dostatečným odstupem jímacích tyčí od FV panelů zamezit tvorbě plných stínů. Podstatnou součástí systému ochrany před bleskem je potenciálové vyrovnání pro ochranu před bleskem. To je třeba provést pro všechny do budovy vstupující elektricky vodivé systémy a vedení, jež mohou být zasaženy bleskovým proudem. Potenciálové vyrovnání pro ochranu před bleskem spočívá v přímém připojení kovových systémů, a v nepřímém připojení systémů pod napětím pomocí svodičů bleskových proudů typu 1, a to na zemnicí soustavu. Toto potenciálové vyrovnání je třeba realizovat co nejbližší vstupu



Č. na obrázku		Svodič	* FM = bezpotenciálový kontakt signalizace	Kat. č.
DC vstup měniče				
1	každý MPPT	DEHNguard DG M YPV SCI 1000 FM *		952 515
	každý MPPT	DEHNcube DCU YPV SCI 1000 1M		900 910
	každé 2 MPPT	DEHNcube DCU YPV SCI 1000 2M		900 920
AC výstup měniče				
2	síť TN-S	DEHNguard DG M TNS 275 FM *		952 405
Vstup sítě nn				
3	síť TN-C	DEHNguard DG M TNC CI 275 FM *		952 309
	síť TN-S	DEHNguard DG M TNS CI 275 FM *		952 406
	síť TT	DEHNguard DG M TT CI 275 FM *		952 327
Datové rozhraní				
4	dva páry vodičů i s rozdílným provozním napětím do 180 V	BLITZDUCTOR BXTU ML4 BD 0-180 + základna BXT BAS		920 349 + 920 300
Funkční uzemnění				
5	funkční ekvipotenciální pospojení	zemnicí svorka UNI		540 250

Obrázek 9.18.12 Fotovoltaické zařízení na budově bez vnějšího hromosvodu – situace A (dodatek 5 DIN EN 62305-3)

daného vodivého předmětu do budovy, aby se tak zamezilo proniknutí dílčího bleskového proudu do budovy. Připojné místo sítě nn je třeba osadit vícepólovým SPD typu 1, např. kombinovaným svodičem DEHNventil ZP s technologií jiskřiště. Tento svodič odpovídá připojovacím podmínkám provozovatelů distribučních sítí a může být instalován již v neměřené části na sběrnících přípojky nn. Pokud přípojka nemá sběrníkový systém, doporučuje se instalace SPD typu 1 – kombinovaného svodiče DEHNventil M ... 255. Tyto kombinované svodiče v sobě spojují svodič bleskových proudů a svodič přepětí v jednom přístroji. Při vedení mezi svodičem a měničem kratším než 10 m je i měnič dostatečně chráněn před přepětím. Při větších délkách je podle ČSN CLC/TS 50539-12 nutný další SPD typu 2, např. DEHNguard M, před AC vstupem měniče. DC stranu měniče je třeba ochránit svodičem typu 2 pro fotovoltaiku, např. DEHNcube YPV SCI ... (obrázek 9.18.16).

To platí i pro beztransformátorové přístroje. Pokud jsou měniče vybaveny také datovými vedeními, např. pro monitorování výtežku, pak je třeba zabudovat přepětové ochrany i na tato vedení. Zde

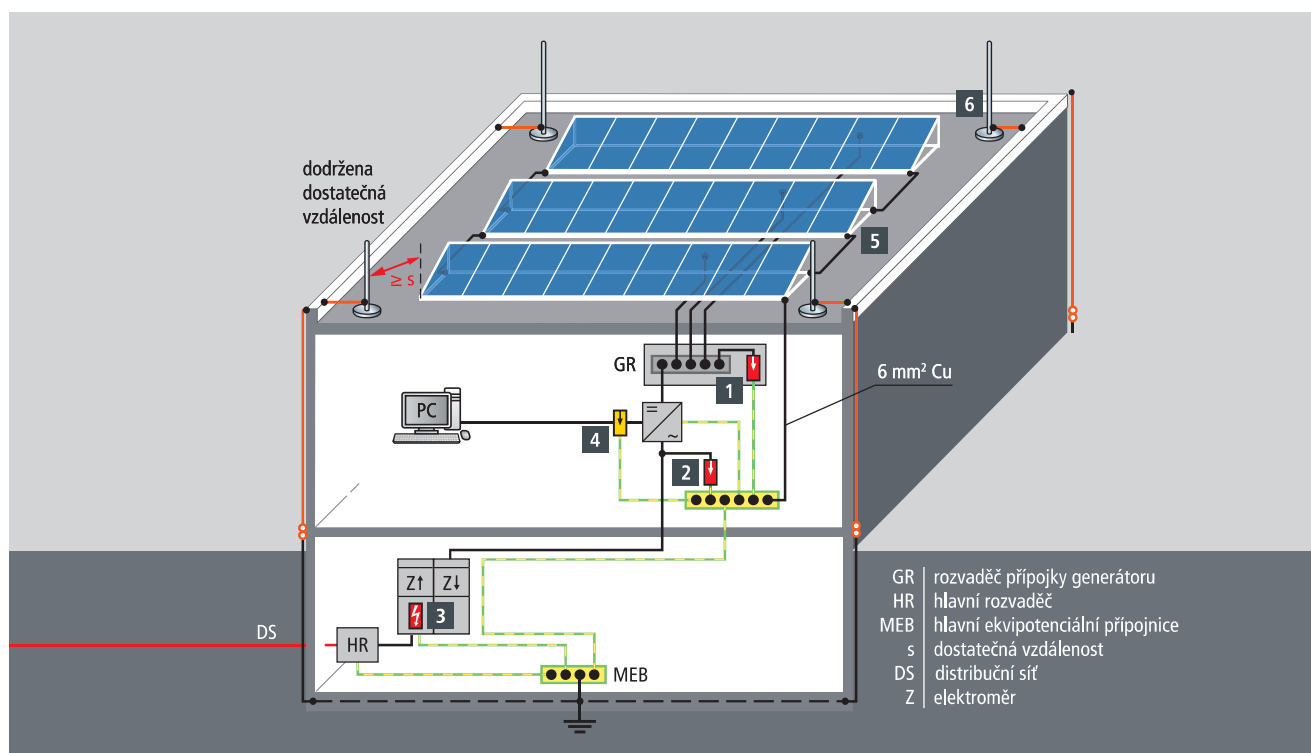
může být instalován BLITZDUCTOR XTU s technologií ActivSense a chránit též vedení s analogovými signály stejně jako datové sběrnice (např. RS 485). Tento přístroj automaticky rozpoznává přiložené provozní napětí užitečného signálu a přizpůsobí mu ochrannou napěťovou úroveň.

Vysokonapěťové izolované vedení, vodič HVI

Další technickou možností, jak realizovat dostatečnou vzdálenost s, je instalace vysokonapěťových izolovaných vedení, jako je vodič HVI. Jeho pomocí je možné dosáhnout dostatečné vzdálenosti s až 0,9 m na vzduchu. Tím mohou vodiče HVI bezprostředně za oblastí koncovky přicházet do kontaktu s FV instalací. Podrobnosti ohledně použití a montáže vodiče HVI jsou uvedeny v materiálu Blitzplaner (Lightning Protection Guide) nebo v montážním návodu.

Budova s vnějším hromosvodem při nedodržení dostatečné vzdálenosti s (situace C)

Jestliže je střešní plášť kovový nebo ho tvoří sám fotovoltaický systém, pak nelze z montážně technických důvodů dodržet

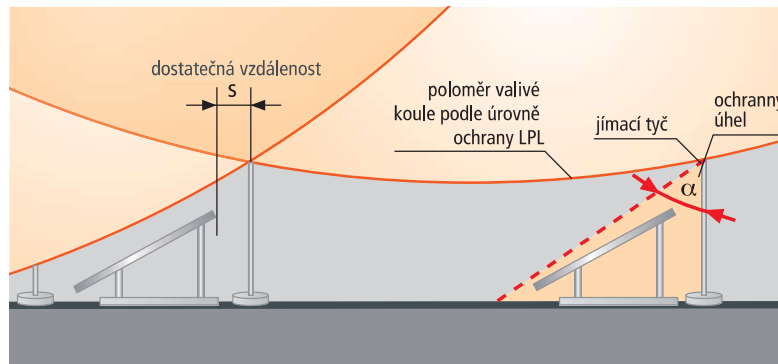


Č. na obrázku		Svodič	* FM = bezpotenciálový kontakt signalizace	Kat. č.
DC vstup měniče				
1	každý MPPT	DEHNguard DG M YPV SCI 1000 FM *		952 515
	každý MPPT	DEHNCube DCU YPV SCI 1000 1M		900 910
	každé 2 MPPT	DEHNCube DCU YPV SCI 1000 2M		900 920
AC výstup měniče				
2	síť TN-S	DEHNguard DG M TNS 275 FM *		952 405
Vstup sítě nn				
3	síť TN-C	DEHNventil DV M TNC 255 FM *		951 305
	síť TN-S	DEHNventil DV M TNS 255 FM *		951 405
	síť TT	DEHNventil DV M TT 255 FM *		951 315
Datové rozhraní				
4	dva páry vodičů i s rozdílným provozním napětím do 180 V	BLITZDUCTOR BXTU ML4 BD 0-180 + základna BXT BAS		920 349 + 920 300
Funkční uzemnění / vnější hromosvod				
5	funkční ekvipotenciální pospojení	zemnicí svorka UNI		540 250
6	jímací soustava	jímací tyč s betonovým podstavcem 8,5 kg		101 000 + 102 075

Obrázek 9.8.13 Fotovoltaické zařízení na budově s vnějším hromosvodem při dodržení dostatečné vzdálenosti s – situace B (dodatek 5 DIN EN 62305-3)



Obrázek 9.18.14 Stanovení ochranného prostoru metodou ochranného úhlu



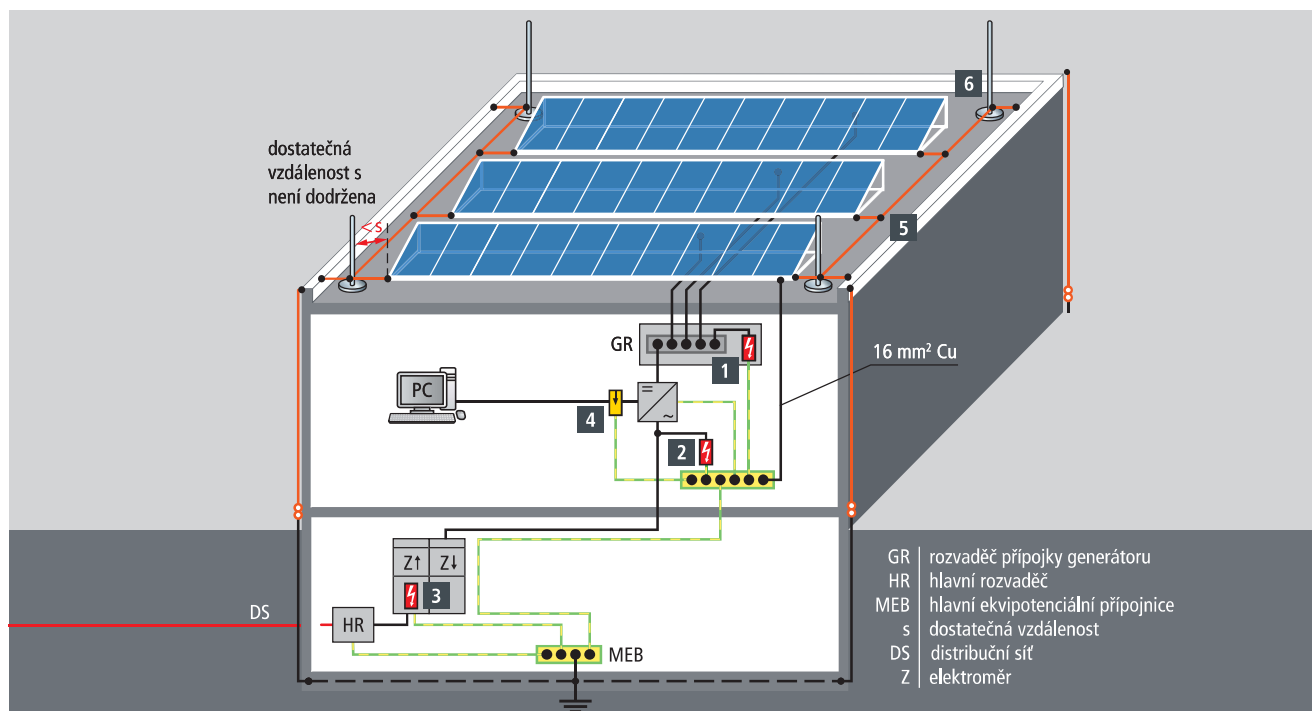
Obrázek 9.18.15 Stanovení ochranného prostoru metodou valivé koule v porovnání s metodou ochranného úhlu



Obrázek 9.18.16 Svodič typu 2 DEHNcube YPV SCI 1000 1M pro ochranu měničů (1 MPPT)

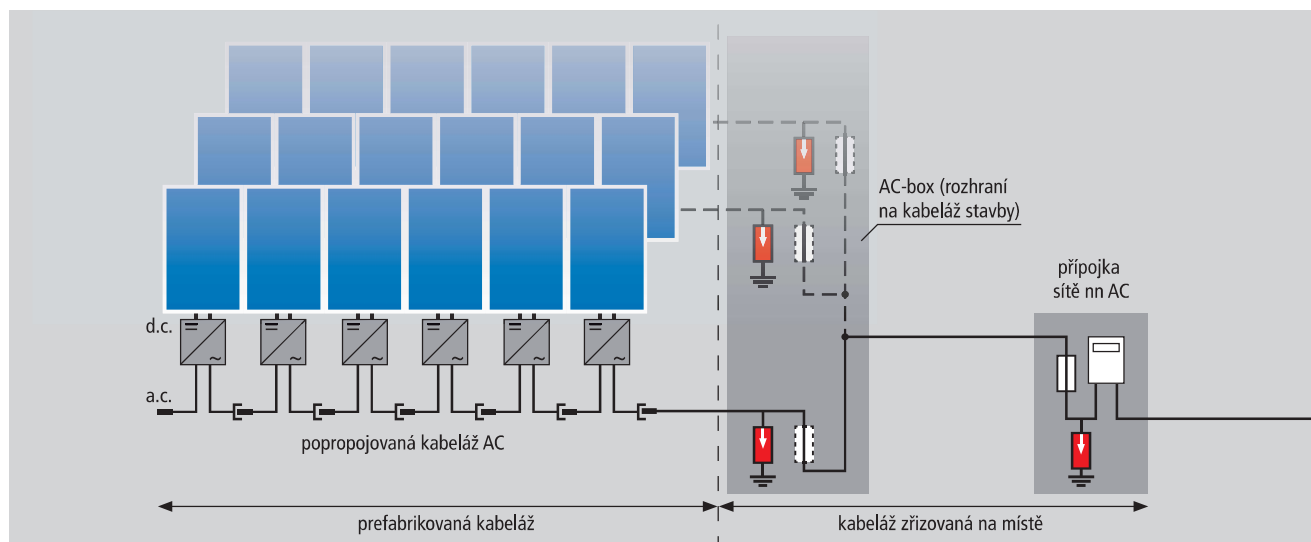
dostatečnou vzdálenost s. Kovové součásti montážního systému fotovoltaických panelů musí být spojeny s vnějším hromosvodem, a to spojením odolávajícím bleskovým proudům (16 mm² Cu nebo vodič ekvivalentním). To znamená, že nyní musí být potenciálové vyrovnání pro ochranu před bleskem provedeno i pro vodiče FV systému vstupující do budovy (**obrázek 9.8.16**). Podle dodatku 5 DIN EN 62305-3 a ČSN CLC/TS 50539-12 je třeba DC vedení osadit SPD typu 1 pro fotovoltaiku.

K tomuto účelu se používá kombinovaný svodič typu 1 + typu 2 DEHNcombo YPV SCI (FM). I pro napájecí příklady sítě nn je třeba realizovat toto potenciálové vyrovnání pro ochranu před bleskem. Pokud jsou FV měniče dále než 10 m od nezbytných svodičů typu 1 pro přípojné místo sítě nn, pak je nutné i na AC straně měničů instalovat další SPD typu 1 (např. kombinovaný svodič typu 1 + typu 2 DEHNshield ... 255). Pokud je instalován i monitoring výtežku, je třeba rovněž tak opatřit odpovídající datová vedení vhodnými



Č. na obrázku		Svodič * FM = bezpotenciálový kontakt signalizace	Kat. č.
DC vstup měniče			
1	každý MPPT	DEHNcombo DCB YPV SCI 1000 FM *	900 066
AC výstup měniče			
2	síť TN-S	DEHNshield DSH TNS 255	941 400
Vstup sítě nn			
3	síť TN-C	DEHNventil DV M TNC 255	900 390
		DEHNventil DV M TNC 255 FM *	951 305
	síť TN-S	DEHNventil DV M TNS 255 FM *	951 405
	síť TT	DEHNventil DV ZP TT 255 (též pro TN-S)	900 391
		DEHNventil DV M TT 255 FM *	951 315
Datové rozhraní			
4	dva páry vodičů, i s různým provozním napětím do 180 V	BLITZDUCTOR BXTU ML4 BD 0-180 + základna BXT BAS	920 349 + 920 300
Funkční uzemnění / vnější hromosvod			
5	funkční ekvipotenciální pospojení	zemnicí svorka UNI	540 250
6	jímací soustava	jímací tyč s betonovým podstavcem 8,5 kg	101 000 + 102 075

Obrázek 9.18.17 Fotovoltaický systém na budově s vnějším hromosvodem při nedodržení dostatečné vzdálenosti s – situace C (dodatek 5 DIN EN 62305-3)



Obrázek 9.18.18 Příklad: budova bez vnějšího hromosvodu; přepětová ochrana pro modulové měniče se nachází v přípojné skříni kabeláže na střeše

ochranami. Pro datové systémy např. na bázi RS 485 je používána přepětová ochrana BLITZDUCTOR XTU.

Fotovoltaické instalace s modulárními měniči

Modulové měniče (mikro-měniče) vyžadují jinou koncepci ochrany před přepětím. V tomto případě je DC vedení FV panelu nebo páru panelů připojeno přímo na modulový měnič. Propojovací DC vedení je třeba vést bez vytváření nevhodných smyček. Přímá indukce do takto malých DC struktur má obvykle jen nepatrnou ničivou energii. Prostorově rozsáhlá kabeláž FV instalace s modulovými měniči se pak vyskytuje na AC straně (**obrázek 9.18.18**). Pokud je modulový měnič umístěn bezprostředně u FV panelu, je možné zapojit přepětové ochrany pouze na AC straně:

- ➔ Budovy bez vnějšího hromosvodu = typ 2, svodič DEHNGuard M ... 275 pro AC (příp. třífázovou síť) je instalován v bezprostřední blízkosti modulového měniče, a svodič a DEHNGuard ... 275 CI u přípojky sítě nn.
- ➔ Budovy s vnějším hromosvodem při dodržení dostatečné vzdálenosti s = svodič typu 2, např. DEHNGuard M ... 275 v bez-

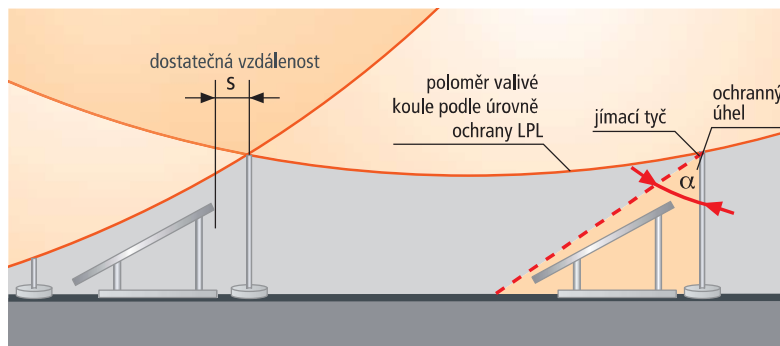
prostřední blízkosti modulového měniče, a svodič bleskových proudů SPD typu 1 např. DEHNventil ZP, u přípojky sítě nn.

- ➔ Budovy s vnějším hromosvodem při nedodržení dostatečné vzdálenosti s = svodič typu 1, např. DEHNshield ... 255, v bezprostřední blízkosti modulového měniče a DEHNventil ZP u přípojky sítě nn.

Nezávisle na jednotlivých výrobcích modulových měničů jsou tyto vybaveny systémem monitorování dat. Jestliže jsou provozní data modulárního měniče namodulována na AC vedení, je třeba u samostatných přijímacích jednotek (vyčlenění a zpracování dat) také zajistit ochranu před přepětím (např. DEHNbox DBX KT BD). Totéž platí pro propojení rozhraní na nadřazený systém (Ethernet, ISDN) a jejich napájení.

Solární elektrárny jsou součástí dnešní elektrotechniky. Jejich odborné provedení zahrnuje ochranu před bleskem a přepětím, což přispívá k co možná nejdelšímu dlouholetému nerušenému využívání těchto elektrických zdrojů.

S několika nově instalovanými GW výkonu ročně se v mnoha zemích vyvinuly do relevantní části moderní energetiky. Mezitím jsou instalovány velké solární elektrárny o výkonu 100 MW a více. Ty jsou připojeny přímo na vn a vvn hladině. Fotovoltaika jakožto pevná součást napájení musí tedy splňovat podmínky pro stabilní provoz sítě. Eventuální výpadky jsou evidovány systémem monitoringu výtěžku a zatěžují roční výnosovou bilanci elektrárny. Objem investic a požadovaná minimálně dvacetiletá životnost činí nezbytným vyhodnotit riziko škod způsobených úderem blesků a přijmout ochranná opatření.



Obrázek 9.19.1 Stanovení ochranného prostoru metodou valivé koule v porovnání s metodou ochranného úhlu

Riziko úderu blesku pro stavební objekty jako fotovoltaické elektrárny

Existuje souvislost mezi slunečním zářením, vzdušnou vlhkostí a četností blesků. Regiony s vysokou intenzitou slunečního svitu a vysokou vzdušnou vlhkostí jsou vystaveny vyššímu riziku úderu blesku. Regionální četnost blesků (počet blesků/km²/rok) a rovněž tak poloha a velikost FV elektrárny jsou základem pro výpočet pravděpodobnosti úderu blesku do zařízení. FV instalace jsou po desetiletí vystaveny lokálním povětrnostním vlivům bouřek.

Škody a nezbytnost ochrany před blesky

Ve fotovoltaických systémech dochází ke škodám jak destruktivním účinkem přímých úderů blesků, tak v důsledku kapacitně nebo induktivně přenesených napětí z elektromagnetického pole blesků. Škody mohou způsobit také napěťové špičky ze spínacích pochodů v připojené AC síti. K poškození může dojít u FV panelů, měničů, nabíječek a jejich dohledových a komunikačních systémů.

Hospodářské škody přináší vedle nákladů na obnovu a opravy také výpadek ve výnosech a náklady na využití rezervního výkonu. Impulsy vyvolané blesky také způsobují předčasné stárnutí bypassových diod, výkonových polovodičů a vstupně/výstupních obvodů datových systémů, což opět vyvolá zvýšené budoucí náklady na opravy.

Navíc k tomu provozovatelé sítí vznášejí požadavky na dostupnost vyrobené energie. Ty např. v Německu podporuje i nový energetický zákon (Grid Codes). Množí se i zvažování těchto hledisek finančními a pojišťovacími institucemi. V takzvaných due diligence analýzách pro účely financování je přibíráno i posouzení opatření pro ochranu před bleskem. Asociace německých pojišťoven (GDV – Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft) ve své směrnici VdS-2010 (Rizikem řízená ochrana objektů s alternativními zdroji energie z obnovitelných zdrojů před bleskem a přepětím) vyžaduje odpovídající ochranná opatření pro ochranu před bleskem (LPL III) pro fotovoltaická zařízení > 10 kW_p.

Riziko škod je třeba stanovit podle ČSN EN 62305-3 ed. 2 a z toho vyplývající důsledky zohlednit při projekci. K tomuto účelu nabízí DEHN + SÖHNE software DEHNsupport. Poskytnutá analýza rizik zajišťuje, že všem zúčastněným stranám je poskytnuta srozumitelná koncepce ochrany před blesky, jež je technicky a ekonomicky optimalizovaná a poskytne nutnou ochranu při transparentních nákladech.

Opatření pro ochranu FV elektrárén před účinky blesků

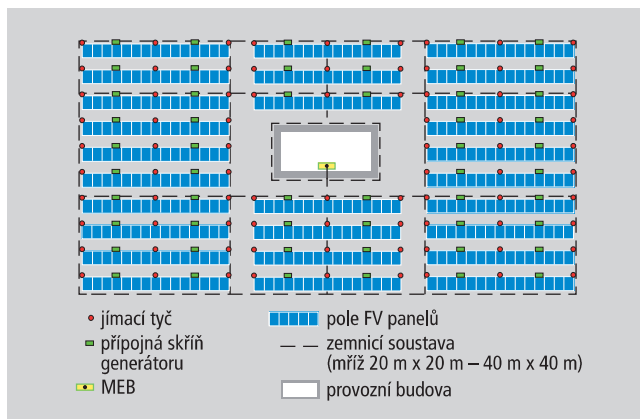
Pro účinnou ochranu před blesky je nezbytný systém hromosvodu, jehož jednotlivé prvky jsou optimálně sladěné. Počínaje jímací soustavou, přes zemnicí soustavu, potenciálové vyrovnání pro ochranu před bleskem až po přepětové ochrany pro silové i datové obvody.

Jímací soustava a svody

Pro ochranu elektrických systémů FV elektrárny před přímým zásahem blesku je nezbytné umístit je do ochranného prostoru jímací soustavy. Při projektování podle směrnice VdS-2010 je jako základ stanovena úroveň ochrany LPL III. Na základě tohoto přiřazení je možno pomocí metody valivé koule (obrázek 9.19.1) stanovit počet jímacích tyčí. Ty pak vytvářejí nad stojany FV panelů, provozními prostory a kabeláží ochranný prostor. S ohledem na induktivní vazbu rušivých polí se doporučuje montovat komponenty jako jsou přípojné skříně na stojanech nebo distribuované modulové měniče co nejdále od prvků jímací soustavy. Rovněž vysoké stožáry s dohledovými kamerami působí jako jímáče. Samotný kamerový systém je pak třeba montovat tak, aby se také nacházel v ochranném prostoru stožáru. Všechny svody od těchto jímačů je třeba spojit s vývodními páskami zemnicí soustavy. Z důvodu nebezpečí koroze v místě výstupu vývodní pásky ze země nebo z betonu je třeba tyto vývody realizovat korozivzdorné (nerezavějící ocel V4A, např. mat. č. 1.4571). Jestliže jsou použity vývody z pozinkované oceli, je třeba je odpovídajícím způsobem chránit, např. páskou Denso nebo smršťovacím nálekem. Jímací tyče mohou být mechanicky upevněny ke stojanům FV panelů. Jsou zde instalovány např. distanční držáky DEHNiso (obrázek 9.19.2). V oblasti podstavce mohou být jímáče spojeny s uzemněním prostřednictvím zatlučených základů. To usnadňuje pozdější údržbu pozemku.



Obrázek 9.19.2 Hromosvod s držáky DEHNiso



Obrázek 9.19.3 Zemnicí soustava podle ČSN EN 62305-3 ed. 2

Zemnicí soustava

Zemnicí soustava (**obrázek 9.19.3**) je základem pro vybudování účinné ochrany FV elektrárny před blesky a přepětím. V příloze D dodatku 5 DIN EN 62305-3 se doporučuje zemní odpor R_A zemnicí soustavy menší než 10Ω . V praxi se osvědčila mříž ($20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ až $40 \text{ m} \times 40 \text{ m}$) v nezámrzné hloubce, vytvořená z korozivzdorné oceli o průměru 10 mm . Kovové stojany FV panelů je také možné použít jako součást mříže, pokud mají vodivost odpovídající min. požadavkům ČSN EN 62305-3 ed. 2. V dodatku 5 DIN EN 62305-3 se doporučuje v případě použití kovových stojanů tyto navzájem propojit. Mříž je zpravidla vedena podle kabelových tras. Je však třeba usilovat o uzavřenou smyčku. Speciálně pro provozní budovu je třeba dodržet normy ČSN EN 61936-1 a ČSN EN 50522. Zemnicí soustavy FV generátorů a provozní budovy je třeba vzájemně propojit pomocí plochého pásku $30 \text{ mm} \times 3,5 \text{ mm}$ nebo kulatým drátem o $\varnothing 10 \text{ mm}$ (materiál NIRO (V4A), např. mat. č. 1.4571 nebo měď nebo pozinkovaná ocel). Propojení jednotlivých zemnicích soustav zmenšuje celkový zemní odpor. Mřížovým provedením zemnicích soustav vzniká ekvipotenciální plocha, která při působení blesku významně redukuje napětové namáhání elektrických propojovacích vedení mezi polem FV panelů a provozní budovou. Pro zachování stabilního zemního odporu během mnoha let provozu je třeba zohlednit vlivy koroze, vlhkosti a mrazu. Jako délka zemnicí se uplatní pouze ta, která je v nezámrzné hloubce. Prvky mříže je třeba propojovat odpovídajícími spojovacími prvky testovanými na bleskový proud. Kovové stojany, na nichž jsou fotovoltaické panely upevněny, je třeba propojit jak navzájem, tak i se zemnicí soustavou. Konstrukce stojanů se zaráženými nebo závrtnými základy mohou být použity jako zemniče (**obrázek 9.19.4**) tehdy, pokud jejich materiál a tloušťka stěny odpovídají údajům

z tab. 7 v ČSN EN 62305-3. Požadovaná minimální délka $2,5 \text{ m}$ v nezámrzné hloubce může být přičtena, pokud jsou vzájemně propojené prvky spojeny odpovídajícím způsobem pro bleskový proud. Tyto základy je třeba propojit, opět způsobem dimenzovaným na bleskový proud, např. pomocí 8-mm drátu z ušlechtilé oceli (např. mat. č. 1.4571) a svorkou UNI na lem (**obrázek 9.19.5**).

Potenciálové vyrovnání pro ochranu před bleskem

Potenciálové vyrovnání pro ochranu před bleskem je přímé propojení všech kovových systémů způsobem odolávajícím bleskovým proudům. Pokud se FV panely, kompletní kabeláž a provozní budova i s meteorologickou stanicí nacházejí v ochranném prostoru vnějšího hromosvodu, není třeba ve vedeních očekávat žádné přímé bleskové proudy. Jestliže je elektrárna připojena na distribuční síť na hladině nn, pak je tato „předávka“ spojena s hlavní ekvipotenciální přípojnici (MEB) pomocí svodiče bleskových proudů SPD typu 1 (např. DEHNventil), jelikož zde protéká dílčí bleskový proud. Totéž platí i pro přichozí telekomunikační kabely. Zde se uplatní SPD typu 1 jako např. BLITZDUCTOR nebo DEHNbox (**obrázek 9.19.6**).

Solární generátor a systém vnějšího hromosvodu

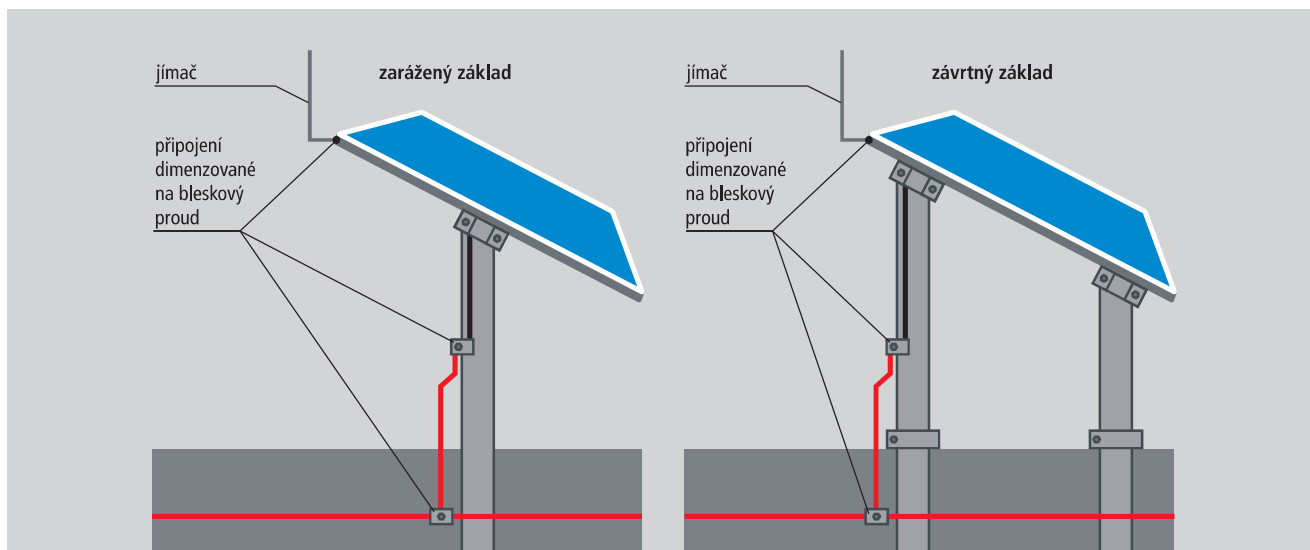
Jímače vnějšího hromosvodu jsou nezbytné. Nekontrolovaný úder blesku do FV systému by měl za následek průtok bleskového proudu elektrickou instalací a vedl by k vážným škodám na systému. Při zřizování vnějšího hromosvodu je třeba dbát toho, aby se zamezilo významnému zastínění solárních článků např. jímacími tyčemi. Difúzní stín vytvářený vzdálenými tyčemi nebo vedením je z technického hlediska i z hlediska energetického výtěžku nedůležitý. Oproti tomu plný stín způsobuje nevhodné zatížení solárních článků a příslušných bypassových diod. Nezbytný odstup od stínících předmětů je možné vypočítat, je v přímém vztahu k průměru jímací tyče. Například plný stín jímací tyče o průměru 10 mm se promění v difúzní stín ve vzdálenosti $1,08 \text{ m}$. Výpočtu plného stínu se věnuje dodatek 5 DIN EN 62305-3 v příloze A.

Trasování vedení uvnitř FV instalací

Po celé délce vedení je důležité dbát toho, aby se zamezilo tvorbě velkoplošných smyček. To platí jak uvnitř sériově propojených jednopólových DC obvodů (string), tak i mezi jednotlivými stringy. Rovněž tak je třeba zamezit tomu, aby datová nebo senzorová vedení křížila několik stringů nebo společně s vedením stringů tvořila velkoplošné smyčky. Vodiče silového vedení (DC a AC), uzemnění a potenciálového vyrovnání je třeba vést v co nejtěsnějším souběhu.

Opatření pro ochranu FV elektrárny před přepětím

Pro ochranu elektrických systémů ve fotovoltaické elektrárně je třeba instalovat přepětové ochrany (SPD – surge protective device). Při úderu blesku do vnějšího hromosvodu na elektrárně v krajině



Obrázek 9.19.4 Záražené a závrtné základy s propojením jímače a zemniče dimenzovaným na bleskové proudy

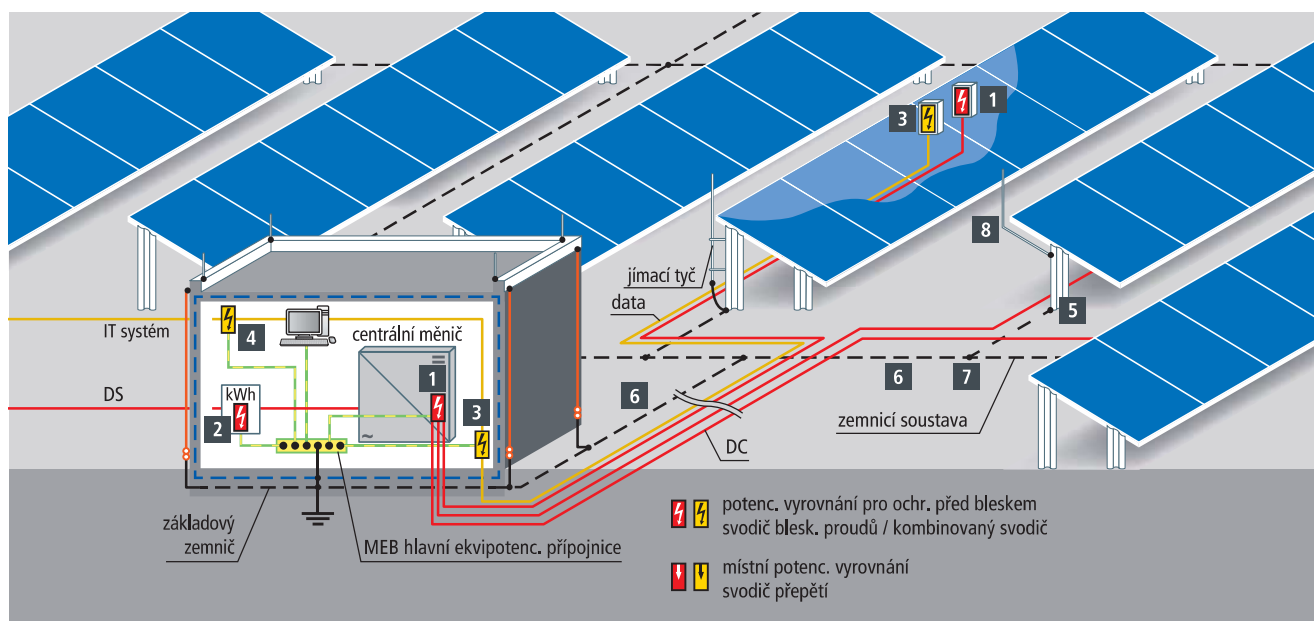


Obrázek 9.19.5 Svorka UNI na lem

se jednak indukují vysoké napětové impulsy do nejrůznějších elektrických vodičů, jednak dochází k průtoku dílčích bleskových proudů všelikou kabeláží uvnitř solárního parku (DC vedení, AC vedení, datová vedení). Intenzita těchto proudových impulsů závisí mj. na provedení zemnicí soustavy, měrnému odporu zeminy v místě a způsobu provedení kabeláže. Koncepte instalace s centrálním měničem (**obrázek 9.19.6**) s sebou nesou do plochy roztaženou kabeláž stejnosměrné strany. Příloha D dodatku 5 normy DIN EN 62305-3 vyžaduje pro DC-SPD typu 1 s charakteristikou omezovače napětí minimální zatížitelnost $I_{\text{total}} 10 \text{ kA}$ (10/350 μs).

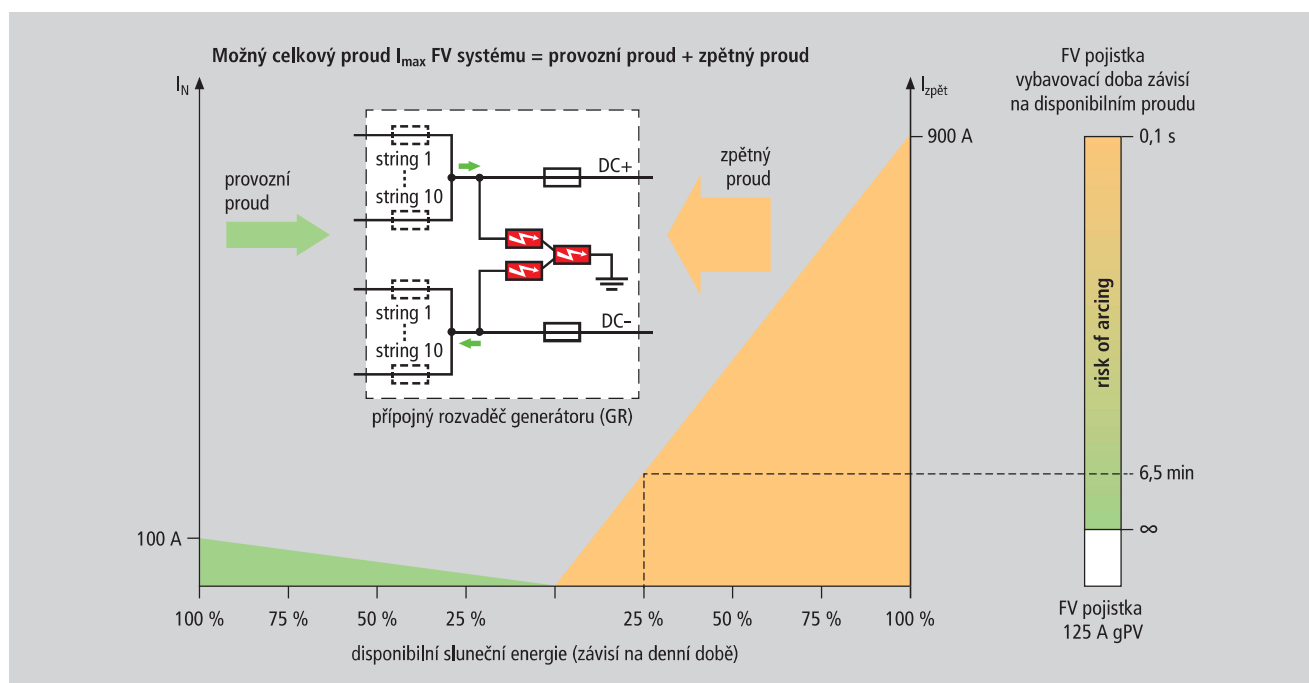
Je zde třeba použít takové SPD, které mají dostatečnou zkratovou odolnost I_{SCPV} , jež je definována dle ČSN EN 50539-11, a musí být výrobcem udávána. To platí i ve vztahu k eventuálním zpětným proudům.

Ve FV systémech s centrálním měničem slouží pro ochranu před zpětným proudem pojistky. Maximální disponibilní proud závisí na aktuální intenzitě slunečního záření. V určitých provozních stavech



Č. na obrázku	Ochranný prvek	* FM = bezpotenciálový signalizační kontakt	Kat. č.
DC vstup měniče			
1	centrální střídač a jeho rozvaděč	DEHNcombo DCB YPV SCI 1500 FM *	900 067
ACsíťová přípojka			
2	síť TN-C	DEHNventil DV M TNC 255 FM *	951 305
	síť TN-S	DEHNventil DV M TNS 255 FM *	951 405
	síť TT	DEHNventil DV M TT 255 FM *	951 315
Datové rozhraní			
3	pár vodičů i s rozdílným provozním napětím do 180 V	BLITZDUCTOR BXTU ML2 BD 0-180 + základna BXT BAS	920 249 + 920 300
Dálková údržba			
4	ISDN resp. DSL	DEHNbox DBX U4 KT BD S 0-180	922 400
Zemnicí soustava			
5	potenciálové vyrovnání	svorka UNI na lem	365 250
6	zemnicí vodič	kulatý drát (Ø 10 mm) FeZn	800 310
		kulatý drát (Ø 10 mm) NIRO (V4A)	860 010
		ocelový pásek (30 x 3,5 mm) FeZn	852 335
		ocelový pásek (30 x 3,5 mm) NIRO (V4A)	860 325
7	spojovací prvek	svorka MV NIRO (V4A)	390 079
		příp. svorka SV FeZn	308 220
8	jímací tyč	jímací hrot úhlový (vč. dvou svorek na lem)	101 110

Obrázek 9.19.6 Koncepte ochrany FV elektrárny s centrálním měničem

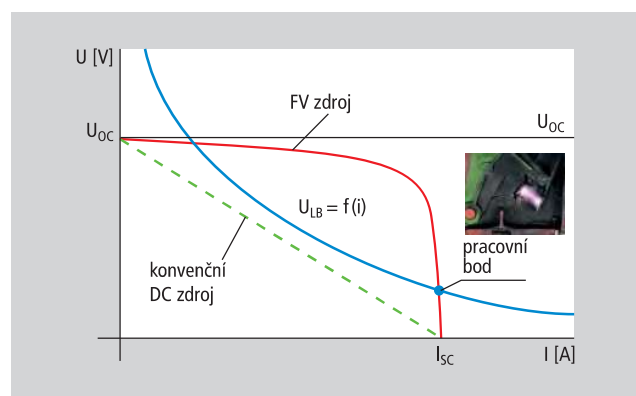


Obrázek 9.19.7 FV systém s $I_{\max} = 1000$ A: na denní době závislý očekávaný zkratový proud na FV svodiči

vybavují pojistky proti zpětnému proudu až po několika minutách (**obrázek 9.19.7**). Přepětové ochrany v generátorovém rozvaděči musí proto být dimenzovány na celkový možný proud – skládající se z provozního proudu a zpětného proudu – a při přetížení zajistí automatické odpojení bez vzniku elektrického oblouku ($I_{SCP} > I_{\max}$ FV systému).

Speciální svodiče pro stejnosměrnou stranu fotovoltaických systémů

Voltampérové charakteristiky fotovoltaických panelů se výrazně liší od charakteristik klasických zdrojů stejnosměrného napětí. FV články mají nelineární charakteristiku (**obrázek 9.19.8**) a liší se především podstatně svým chováním při stejnosměrném elektrickém oblouku. Tato vlastnost má za následek nejen nutnou robustnější stavbu FV spínacích a FV jisticích prvků, ale vyžaduje i u přepětových ochran k tomu přizpůsobenou konstrukci. Tyto SPD musí být schopny zvládnout následný zkratový proud FV panelů. Bezpečný provoz, a to i v případě přetížení přepětových ochran na stejnosměrné straně, požaduje ČSN CLC/TS 50539-12 i dodatek 5 DIN EN 62305-3. Dodatek 5 DIN EN 62305-3 obsahuje přesnější odhad rozdělení bleskových proudů pomocí počítačové simulace, než dodatek 1 DIN EN 62305-4. Při výpočtu rozdělení bleskového proudu musí být zohledněny svody hromosvodu, možná zemnicí spojení v poli panelů a stejnosměrná silová vedení. Je zde ukázáno, že amplituda a mohutnost dílčích bleskových proudů tekoucích SPD a DC vedením nezávisí jen na počtu svodů, nýbrž je také ovlivněna impedancí SPD. Tato impedance je pak závislá na jmenovitém napětí SPD, topologii SPD a typu SPD (napětí spínací nebo napětí omezující). Pro dílčí bleskové proudy tekoucí svodiči na DC straně FV instalace je charakteristické časové zkrácení proudového impulsu. Při

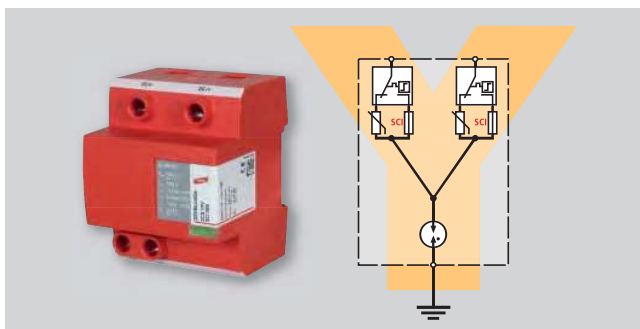


Obrázek 9.19.8 Zatěžovací VA charakteristika konvenčního DC zdroje v porovnání s FV zdrojem; při spínání FV generátoru se charakteristika protíná s charakteristikou elektrického oblouku

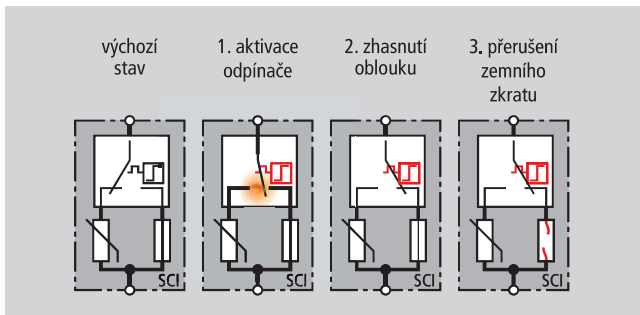
volbě vhodných SPD musí být zohledněna jak amplituda rázového proudu, tak i celková impulsní zátěž. Tyto souvislosti jsou popsány v dodatku 1 DIN EN 62305-4. Pro zjednodušení výběru SPD je možné vyčíst nezbytnou zatížitelnost rázovým bleskovým proudem I_{imp} svodiče SPD typu 1 v závislosti na typu svodiče (napětí omezující varistorový svodič nebo napětí spínací svodič na bázi jiskřiště) z **tabulky 9.19.1**. Zohledňují se jak maximální rázové proudy, tak i dílčí bleskové proudy s vlnou 10/350 μ s, aby tyto SPD mohly odvádět impulsní zátěž bleskových proudů.

Úroveň ochrany LPL a maximální bleskový proud (10/350 μ s)		Hodnoty pro napětí omezující nebo kombinované (se sériovým řazením) SPD typu 1				Hodnoty pro napětí spínací nebo kombinované (s paralelním řazením) SPD typu 1	
		$I_{10/350}$		$I_{8/20}$		$I_{10/350}$	
		každá chráněná větev [kA]	I_{total} [kA]	každá chráněná větev [kA]	I_{total} [kA]	každá chráněná větev [kA]	I_{total} [kA]
III and IV	100 kA	5	10	15	30	10	20

Tabulka 9.19.1 Minimální proudová zatížitelnost napětí omezujících nebo kombinovaných SPD typu 1 a napětí spínacích (zkratujících) SPD typu 1 pro FV elektrárnu v krajině při LPL III; podle ČSN CLC/TS 50539-12 (tab. A.3)



Obrázek 9.19.9 DEHNCombo YPV SCI – kombinovaný svodič přepětí typu 1 + typu 2 se zapojením Y odolným poruchám a s třístupňovým DC spínacím obvodem



Obrázek 9.19.10 Fáze spínacího procesu třístupňového DC spínacího obvodu v DEHNCombo YPV SCI ... (FM)

Svodič DEHNCombo YPV SCI ... (FM) obsahuje vedle osvědčeného, poruchám odolného ochranného zapojení Y také třístupňový DC spínací obvod (**obrázek 9.19.9**). Ten sestává z kombinovaného odpináče a zkratovacího obvodu s termodynamickou kontrolou. V jejich bypassové větvi je integrována tavná pojistka, která v případě poruchy přeruší tok proudu a uvede celou jednotku do bezpečného stavu (**obrázek 9.19.10**). Fotovoltaické generátory se systémovým výkonem do 1000 A mohou díky tomu být chráněny pomocí DEHNCombo YPV SCI ... (FM) jak u měniče, tak v přípojném rozvaděči FV generátoru (GR), a to bez předjištění (**obrázek 9.19.11**). DEHNCombo YPV SCI je dodáván pro napětí 600 V, 1000 V a 1500 V. Pokud je instalován monitoring stringů, je možné do systému dohledu zahrnout i bezpotenciálové signalizační kontakty SPD a takto monitorovat jejich stav.

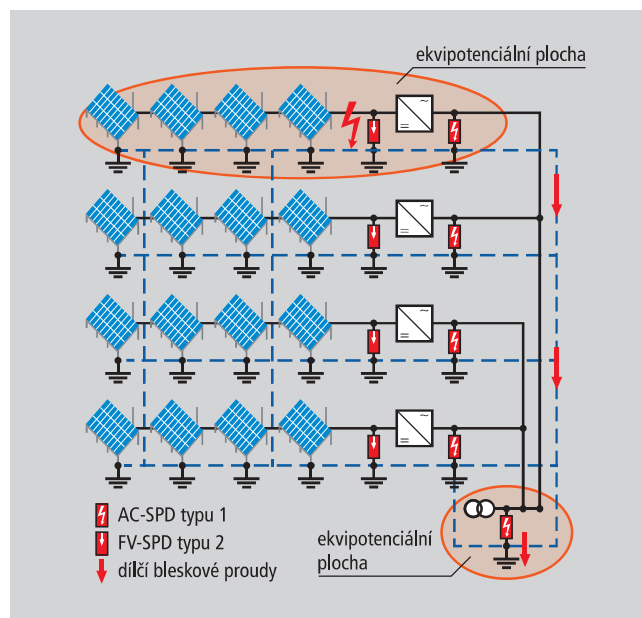
Souhrn všech v DEHNCombo YPV SCI integrovaných technologií zabraňuje poškození přetíženého svodiče při poruše izolace v obvodu FV proudu, výrazně redukuje nebezpečí požáru přetíženého svodiče a uvede tento svodič do bezpečného elektrického stavu bez narušení provozního chodu FV instalace. Toto bezpečnostní zapojení umožňuje využívat vlastností varistorů (omezení napětí) v celé oblasti, nyní tedy i ve stejnosměrných FV obvodech. Tento svodič je aktivní i při množství menších napěťových špiček. Technologie SCI tím přispívá k prodloužení životnosti bypassových diod a DC vstupů měničů.

FV elektrárny s distribuovanými stringovými měniči

Jestliže jsou solární elektrárny koncipovány s distribuovanými měniči (tj. každý string má svůj měnič), pak se velká část silové kabeláže přesune z DC na stranu AC. Měníče jsou namontovány v poli pod stojany FV panelů. Pro svou blízkost k FV panelům přejímají měnič také typické funkce rozvaděče připojení FV generátoru (GR). V dodatku 5 DIN EN 62305-3 je vysvětleno, že v závislosti na silové kabeláži (stringové měniče nebo centrální měnič) je tím ovlivněno rozdělení bleskového proudu. Pro doplnění tohoto ukazuje **obrázek 9.19.12** příkladné rozdělení bleskového proudu při použití stringových měničů. I při stringových měničích působí silová kabeláž jako vodiče potenciálového vyrovnání mezi „lokálním“ zemním poten-

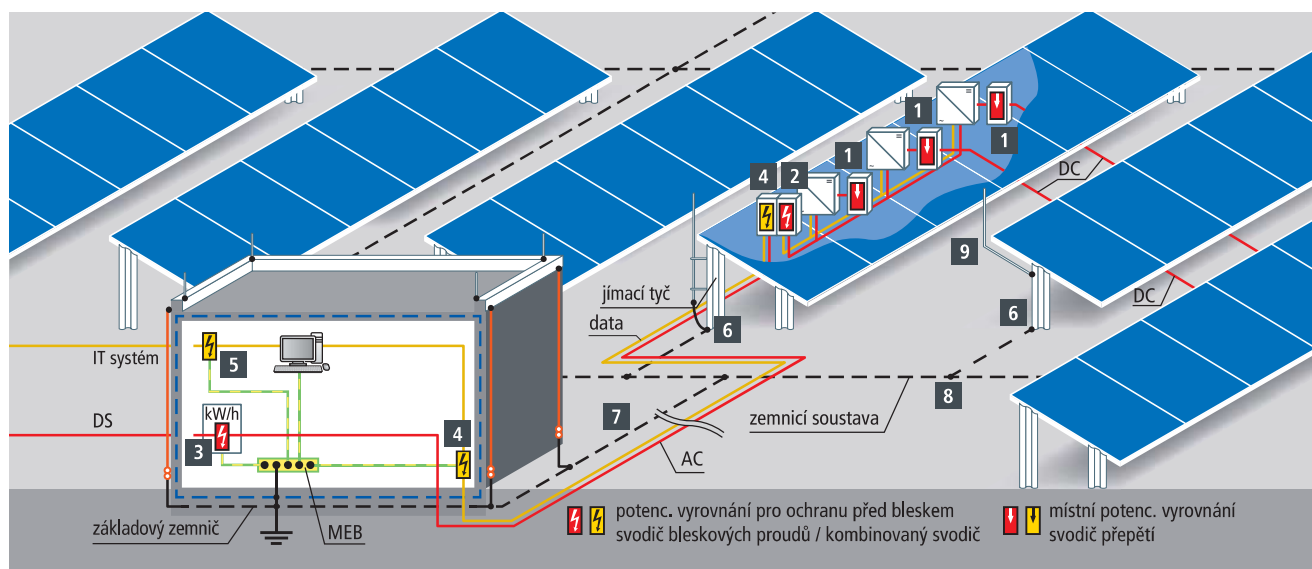


Obrázek 9.19.11 Přepětová ochrana v rozvaděči připojení FV generátoru s monitoringem stringů



Obrázek 9.19.12 Rozdělení bleskového proudu u FV instalace se stringovými měniči v poli

ciálním pole FV panelů, v němž došlo k úderu blesku, a „vzdálenou“ ekvipotenciální plochou napájecího transformátoru. Rozdíl oproti instalaci s centrálním měničem je pouze v tom, že u instalace se stringovými měniči tekou dílčí bleskové proudy po AC vedeních. Tomu odpovídajícím je třeba na AC straně stringových měničů a na nn straně napájecího transformátoru instalovat SPD typu 1. Minimální impulsní proudová zatížitelnost SPD typu 1 v závislosti na technologii SPD je uvedena v **tabulce 9.19.1**. Na DC straně stringových měničů postačí instalovat SPD typu 2 jako je DEHNcube YPV SCI. Stringové měniče a s nimi spojená pole FV panelů při zemnicí soustavě provedené podle dodatku 5 DIN EN 62305-3 tvoří lokální ekvipotenciální plochu, takže na DC kabeláži není třeba očekávat bleskové proudy, svodiče tedy především omezují indukované rušivé impulsy. Ty také přebírají přepětovou ochranu FV panelů v blízkém okolí. V takzvaných AC sběrných rozvaděcích jsou sdružovány AC výstupy těchto venkovních měničů a opatřeny mezilehlým jištěním. Jsou-li zde instalovány přepětové ochrany typu 1, např. DEHNshield ... 255, chrání tyto SPD všechny výstupy měničů do vzdálenosti 10 m (měřeno po kabelu). Další AC kabeláž z pole panelů je pak svedena do provozní budovy. Výkonné svodiče typu 1 + typu 2, např. kombinovaný svodič DEHNventil, v tomto uzlovém bodu chrání požadované elektrické vybavení pro síťové předávací místo. Další provozní zařízení, jako automatika ochranného odpojovače od sítě, alarmová ústředna nebo webový server, pokud jsou vzdálena méně než 10 m (po kabelu) od tohoto SPD, jsou ohledně síťového napájení rovněž chráněna (**obrázek 9.19.13**).



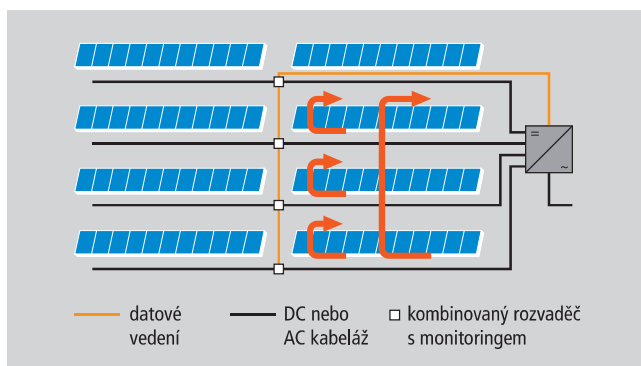
Č. na obrázku	Ochranný prvek		* FM = bezpotenciálový signalizační kontakt	Kat. č.
DC vstup měniče				
1	pro jeden MPTT	DEHNCube DCU YPV SCI 1000 1M		900 910
	pro 2 MPTT	DEHNCube DCU YPV SCI 1000 2M		900 920
	pro každý MPTT	DEHNGuard DG M YPV SCI 1000 FM		952 515
AC strana měniče				
2	síť TN-S	DEHNshield DSH TNS 255		941 400
AC strana – síťová přípojka				
3	síť TN-C	DEHNventil DV M TNC 255 FM *		951 305
	síť TN-S	DEHNventil DV M TNS 255 FM *		951 405
	síť TT	DEHNventil DV M TT 255 FM *		951 315
Datové rozhraní				
4	jeden pár vodičů s provozním napětím do 180 V	BLITZDUCTOR BXTU ML2 BD 0-180 + základna BXT BAS		920 249 + 920 300
Dálková údržba				
5	ISDN příp. DSL	DEHNbox DBX U4 KT BD S 0-180		922 400
Zemnicí soustava / vnější hromosvod				
6	potenciálové vyrovnání	svorka UNI na lem		365 250
7	zemnicí vodič	kulatý drát (Ø 10 mm) FeZn	800 310	
		kulatý drát (Ø 10 mm) NIRO (V4A)	860 010	
		ocelový pásek (30 x 3,5 mm) FeZn	852 335	
		ocelový pásek (30 x 3,5 mm) NIRO (V4A)	860 325	
8	spojovací prvek	svorka MV NIRO (V4A)	390 079	
		nebo svorka SV FeZn	308 220	
9	jímací soustava	jímací hrot úhlový (vč. dvou svorek na lem)		101 110

Obrázek 9.19.13 Koncepte ochrany FV elektrárny se stringovými měniči před bleskem

Opatření pro ochranu proti přepětí pro IT systémy

Do provozních budov jsou přiváděny datové údaje z areálu, dálkové údržby provozovatele, stejně jako měření výkonu a řízení ze strany provozovatele sítě. Aby servisní pracovníci mohli pomocí dálkové diagnostiky určit příčiny poruch a na místě je cíleně odstranit, je třeba trvale zajistit spolehlivý datový přenos. Dálková údržba stringů a měničů, pořizování meteorologických dat, ochrana majetku i externí komunikace jsou založeny na nejrůznějších fyzických rozhraních. Signály z měření větru a slunečního záření přenášené analogově mohou být chráněny pomocí DEHNbox DBX. Díky technologii ActiVsense je DEHNbox použitelný pro signálová napětí do 180 V a automaticky tomu přizpůsobí napěťovou ochrannou úroveň. Pokud je pro komunikaci mezi měniči použito rozhraní RS 485, je pro to ideální BLITZDUCTOR XT. Pro kamero-

vé systémy s přenosem po koaxiálním kabelu, jež bývají používány pro ochranu majetku proti zlodějům a vandalům, je instalován DEHNgate BNC VC. Jestliže jsou části velkých FV elektráren navzájem propojeny Ethernetem, jako přepětová ochrana je zde vhodný DEHNpatch M Cat 6, který je možné použít i pro PoE (Power over Ethernet). Ať se jedná o ISDN nebo ADSL, přístroje pro spojení s vnějším světem jsou také chráněny nezbytnými ochranami. Dohled nad instalací na úrovni stringu: U elektráren s centrálním měničem jsou v poli instalovány generátorové rozvaděče (GR) s přídavnými měřicími senzory. Jestliže je instalace realizována se stringovými měniči (obrázek 9.19.13), přebírá tuto úlohu jejich integrovaný monitoring. V obou případech jsou naměřené hodnoty z pole panelů přenášeny přes digitální rozhraní. Datová vedení jsou z provozní budovy vedeny společně se silovými kabely (AC nebo



Obrázek 9.19.14 Principiální obrázek indukčních smyček u FV elektrárny

DC). Z důvodu délkových omezení sběrnicových datových kabelů jsou pak tyto kabely vedeny také tak, že kříží řady stojanů FV panelů. Při přímém úderu blesku pak tyto příčné spoje přenášejí také

dílní bleskové proudy. Tyto proudy mohou poškodit vstupní obvody a může též dojít k průrazu na silovou kabeláž. Souhrou silové kabeláže, kovových řad stojanů a datových vedení se také vytvářejí velkoplošné indukční smyčky (**obrázek 9.19.14**). To je ideální prostředí pro tranzientní přepětí v důsledku bleskových výbojů, které se mohou vazbou přenést do těchto vedení. Takové napětové špičky jsou schopné překročit pulsní izolační pevnost daných systémů. Následkem jsou pak škody způsobené přepětím. V těchto monitorovacích GR, resp. v distribuovaných stringových měničích, je tedy třeba instalovat SPD na datové přenosy. Kabelová stínění musí být podle normy připojena ve všech připojovacích bodech (ČSN EN 50174-2 ed. 2). Pro potlačení rušení jako brum nebo bludné proudy je to možné provést i nepřímo. Například zde může být použit BLITZDUCTOR XT společně s EMC pružinovou svorkou SAK BXT LR k nepřímému zemnění stínění.

Všeobšáhla ochrana před bleskem a přepětím pro všechny systémy je schopna výrazně zlepšit návratnost těchto elektráren. Náklady na servis a údržbu se snižují stejně jako náklady na opravy a náhradní díly. Celková hodnota FV elektrárny odpovídajícím způsobem stoupne.