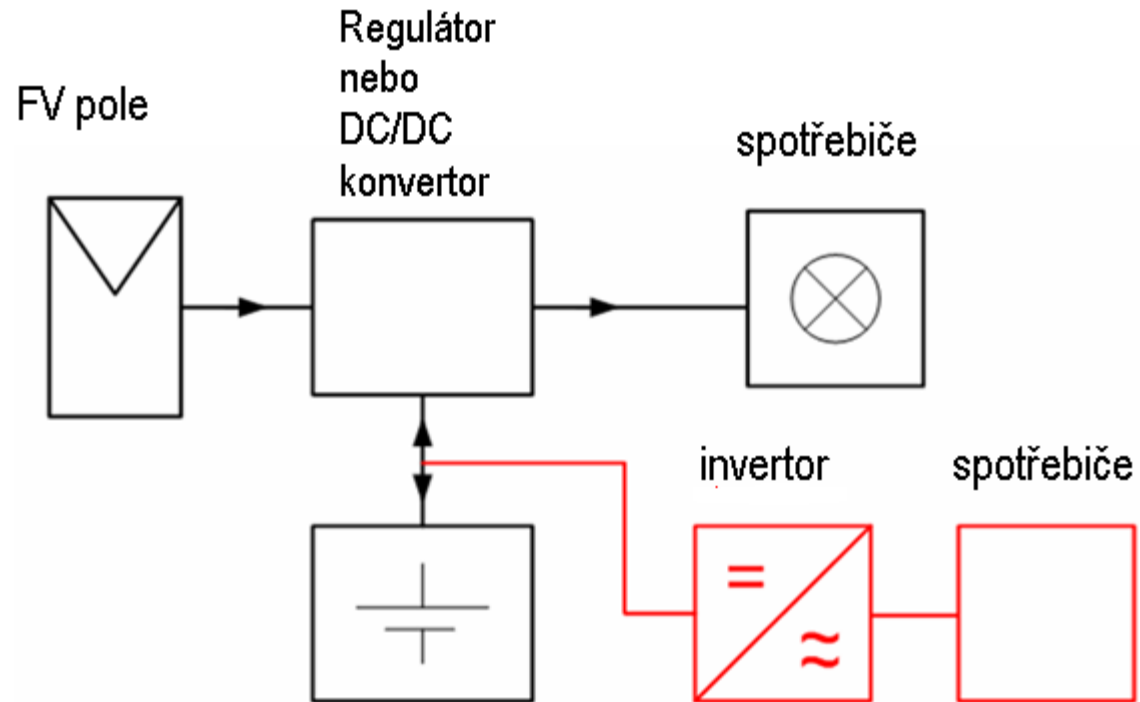


Fotovoltaické systémy připojené k elektrické síti

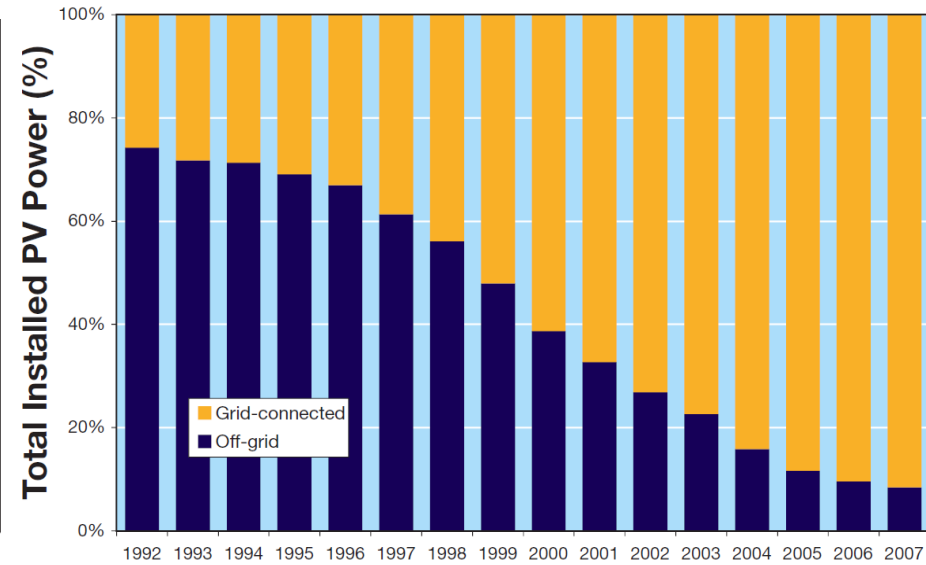
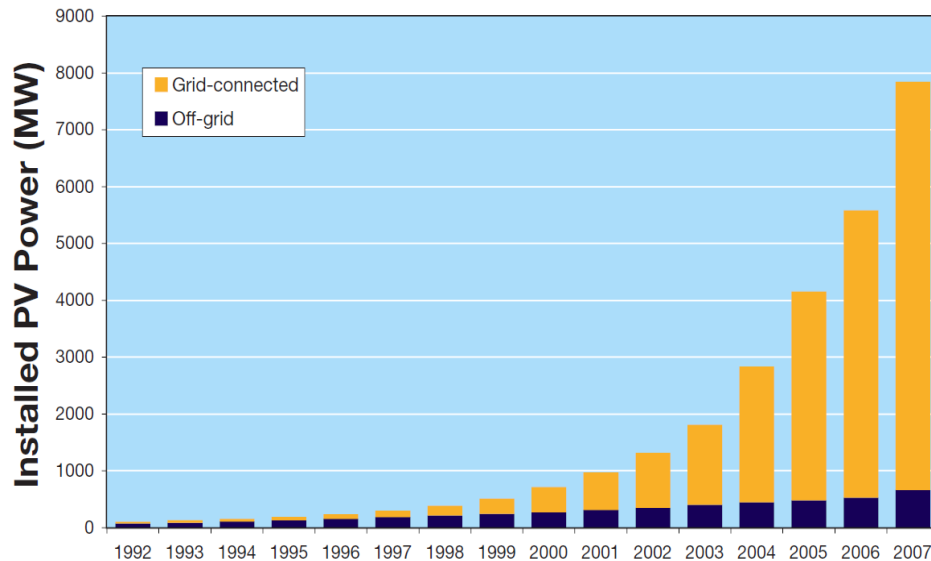
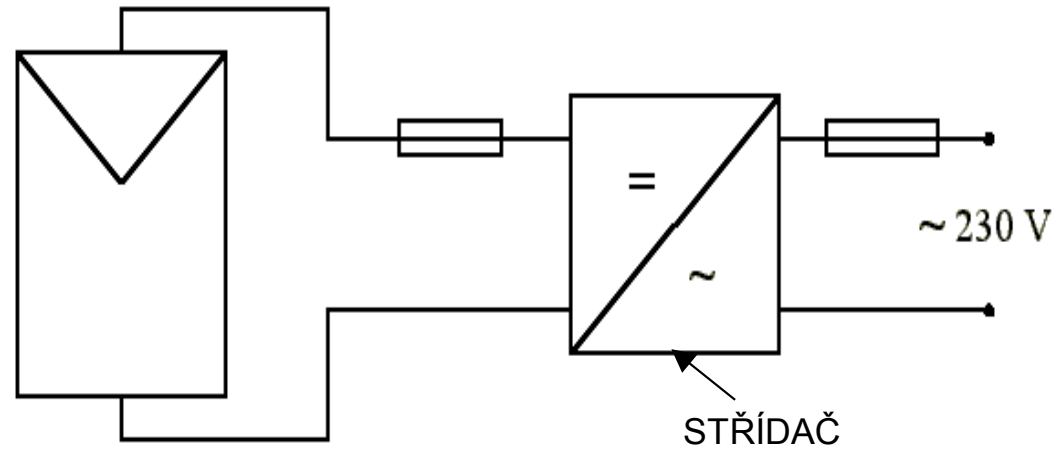
Autonomní systémy

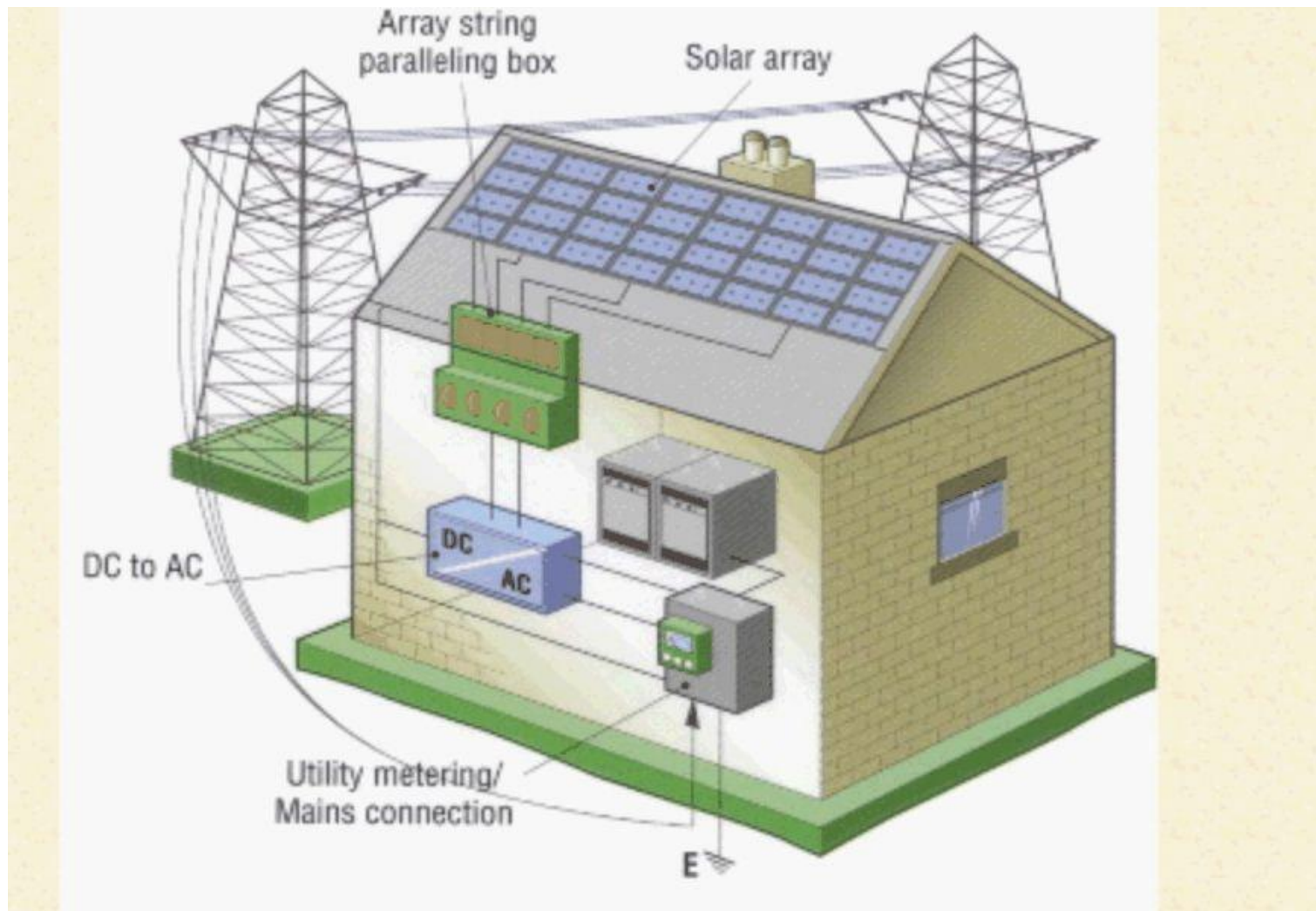
problém s akumulací energie



Systemy připojené k elektrické síti

Elektrická síť nahrazuje
akumulaci energie







Solar City - Amersfoort





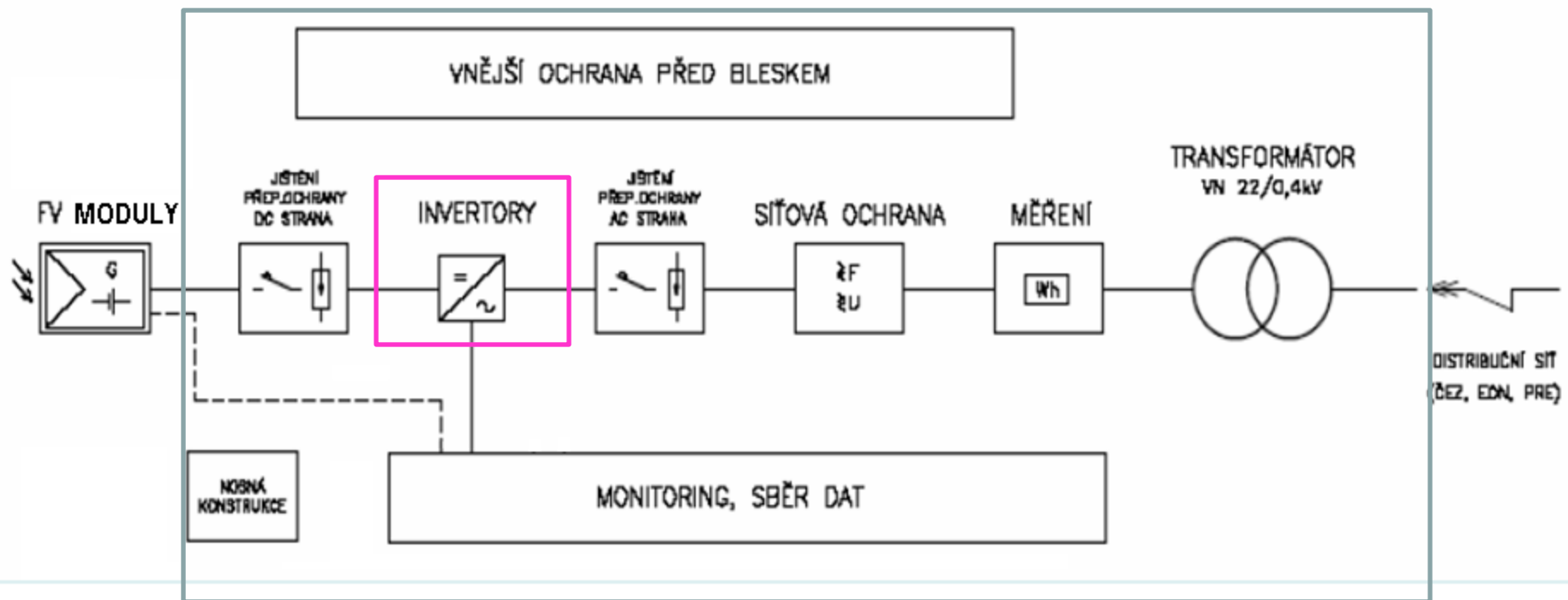
600 kW_p FV elektrárna Bušanovice



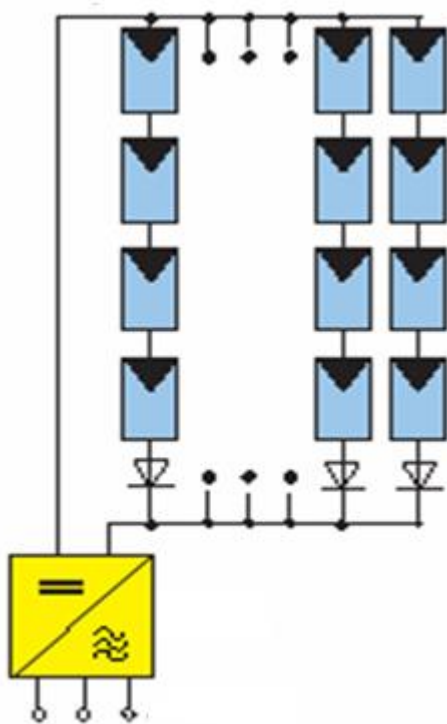
35 MW_p FV elektrárna power Vepřek (20 km od Prahy)



ZÁKLADNÍ BLOKOVÉ SCHÉMA OBECNÉHO FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU

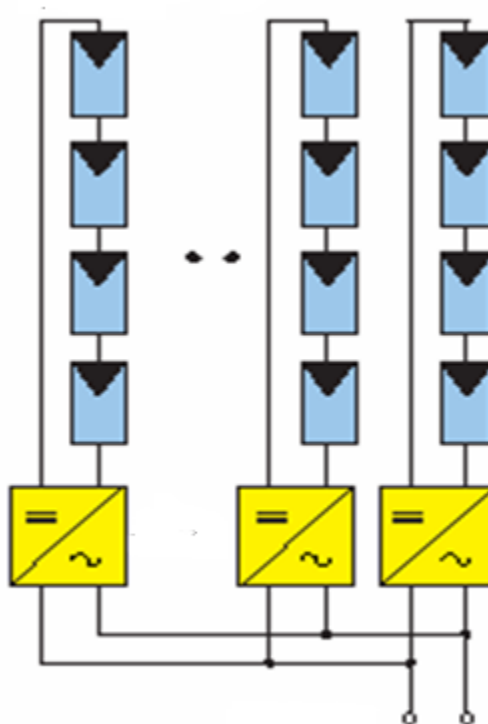


Konfigurace FV pole a typy měničů u systému připojených k síti (on-grid)



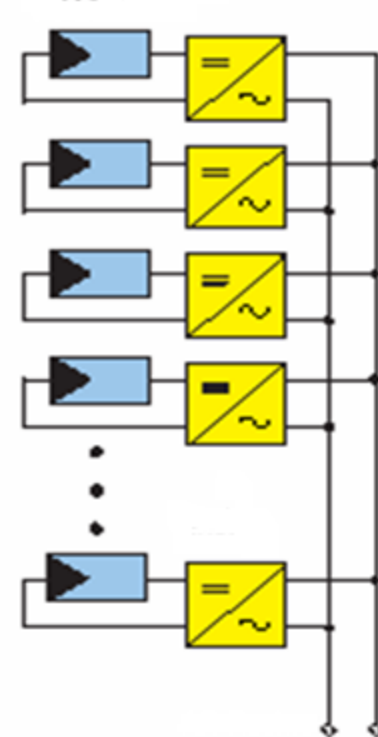
Centrální měnič

- 50 – 1000 kW (elektrárna)
- vysoká účinnost, nízká cena
- nižší spolehlivost, ne zcela optimální MPPT



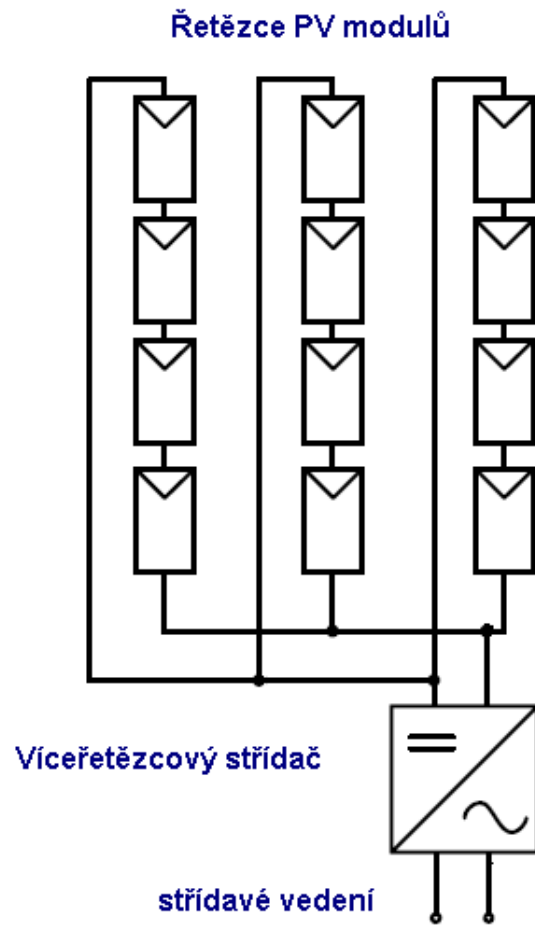
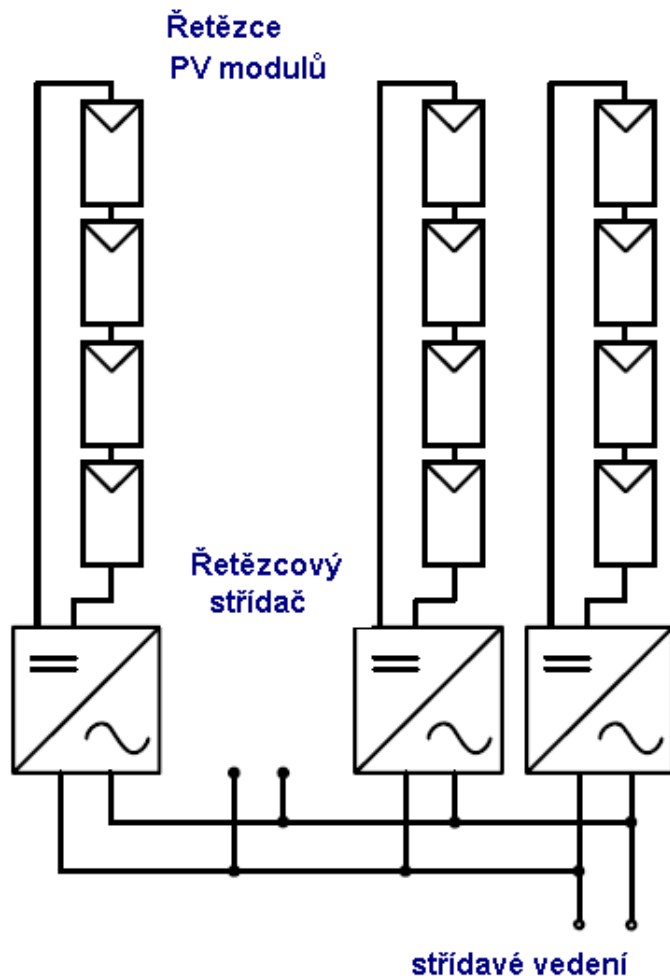
Řetězcový měnič

- 1 – 5 kW
- každý řetězec má MPPT (vysoká účinnost)
- vyšší cena



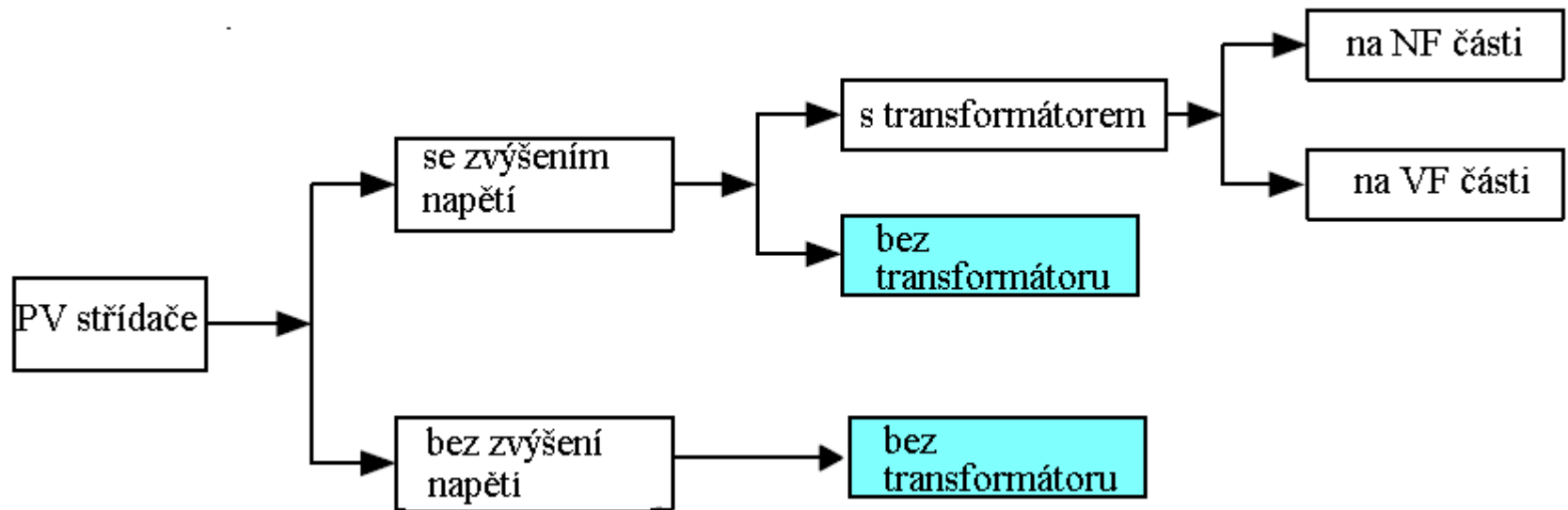
Modulový měnič

- 50 - 300 W
 - každý modul má MPPT (výkonové integrované obvody)
- AC moduly

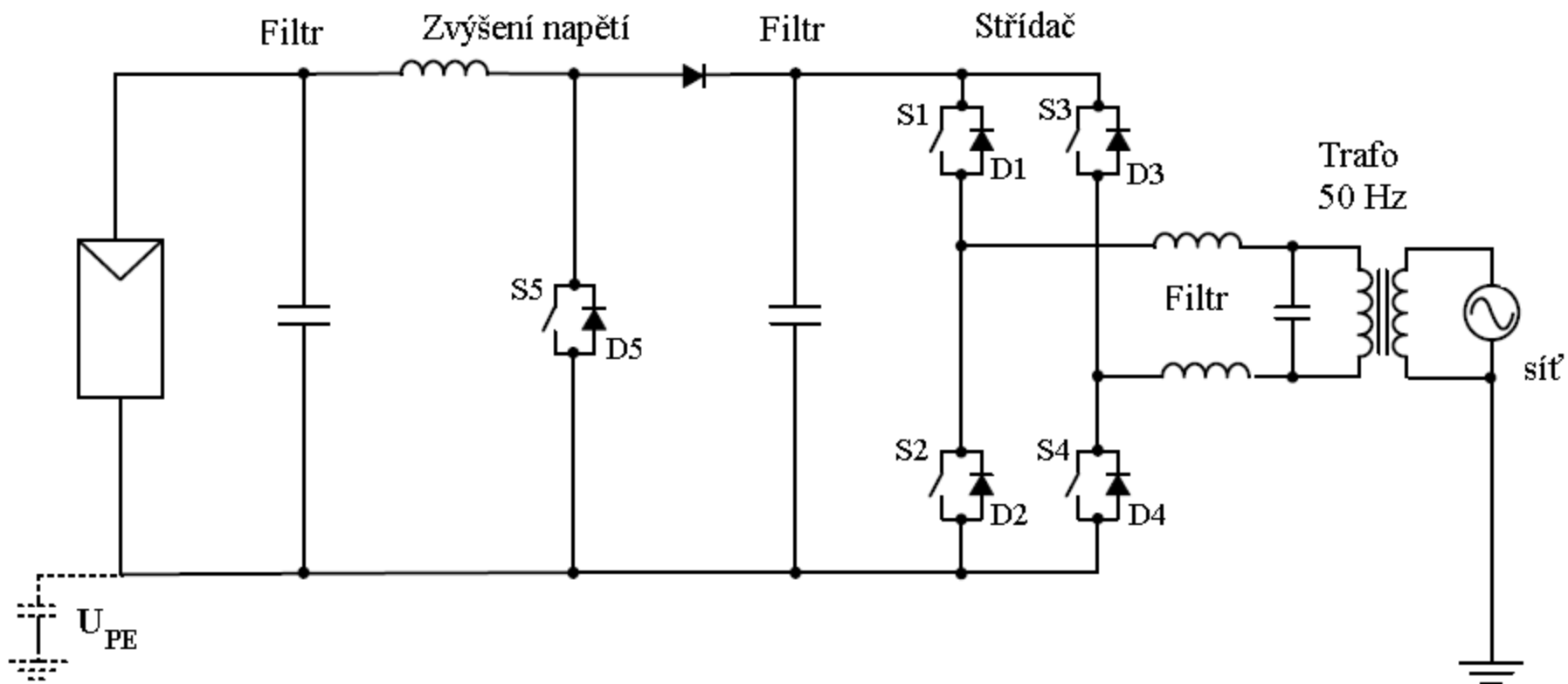
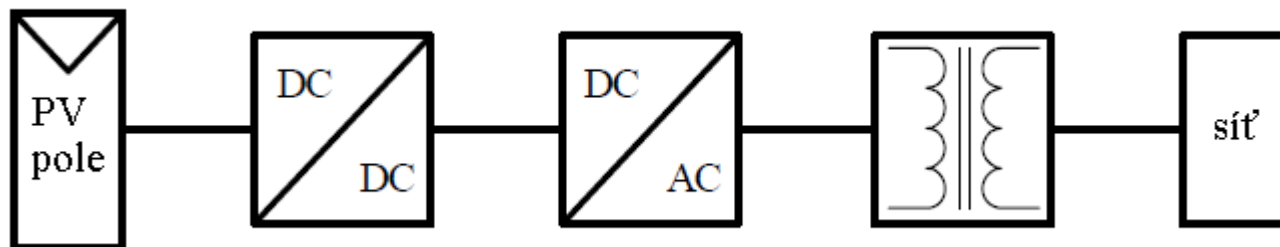


5 – 20 kW, vysoce účinné

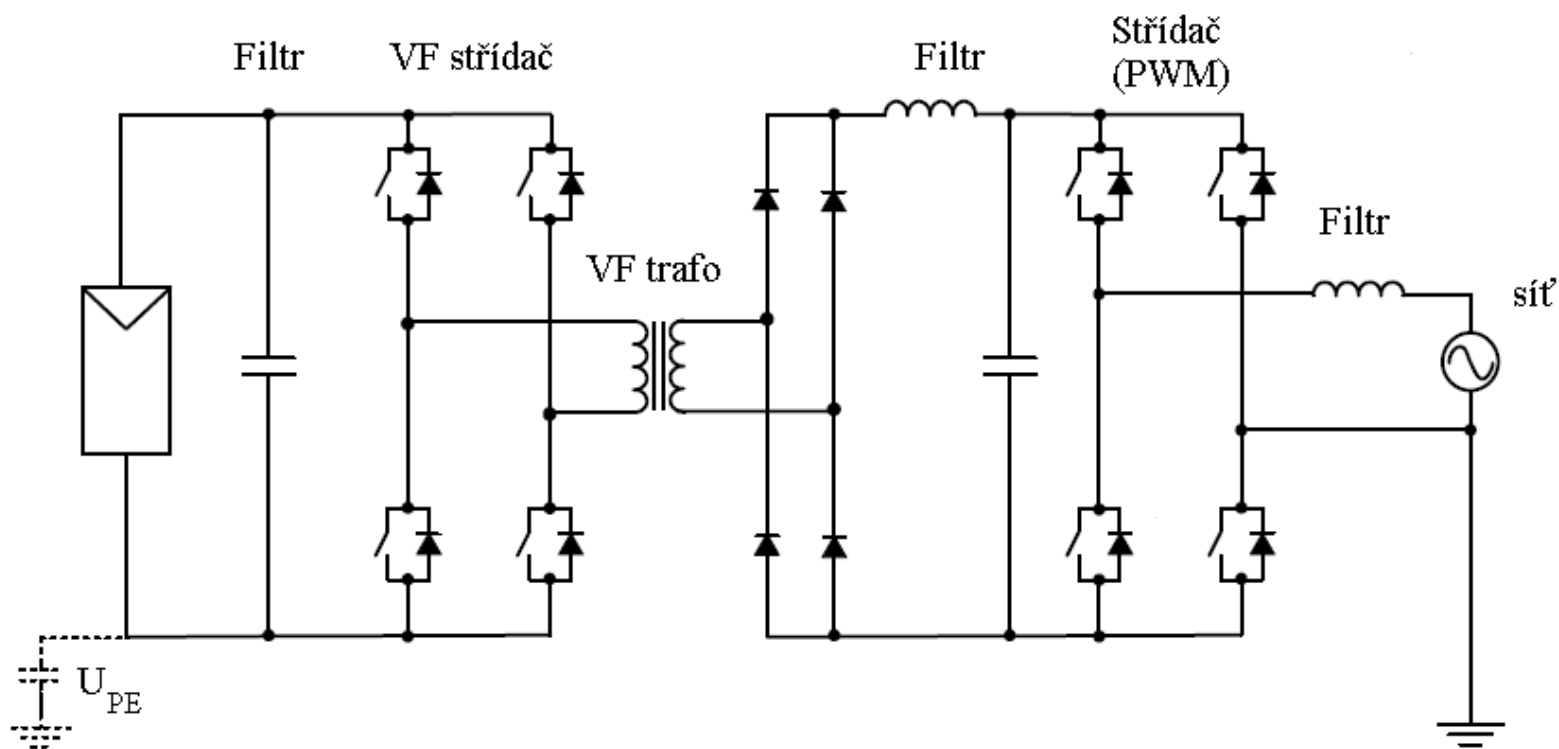
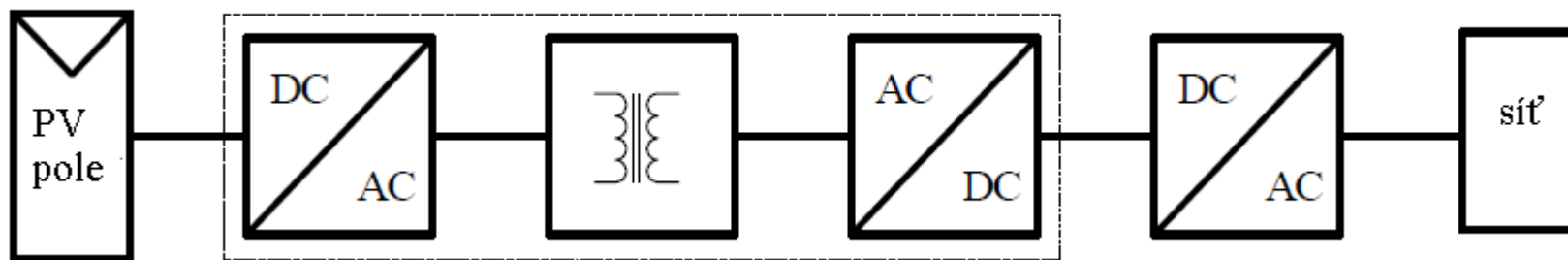
Střídače pro PV systémy připojené k rozvodné síti



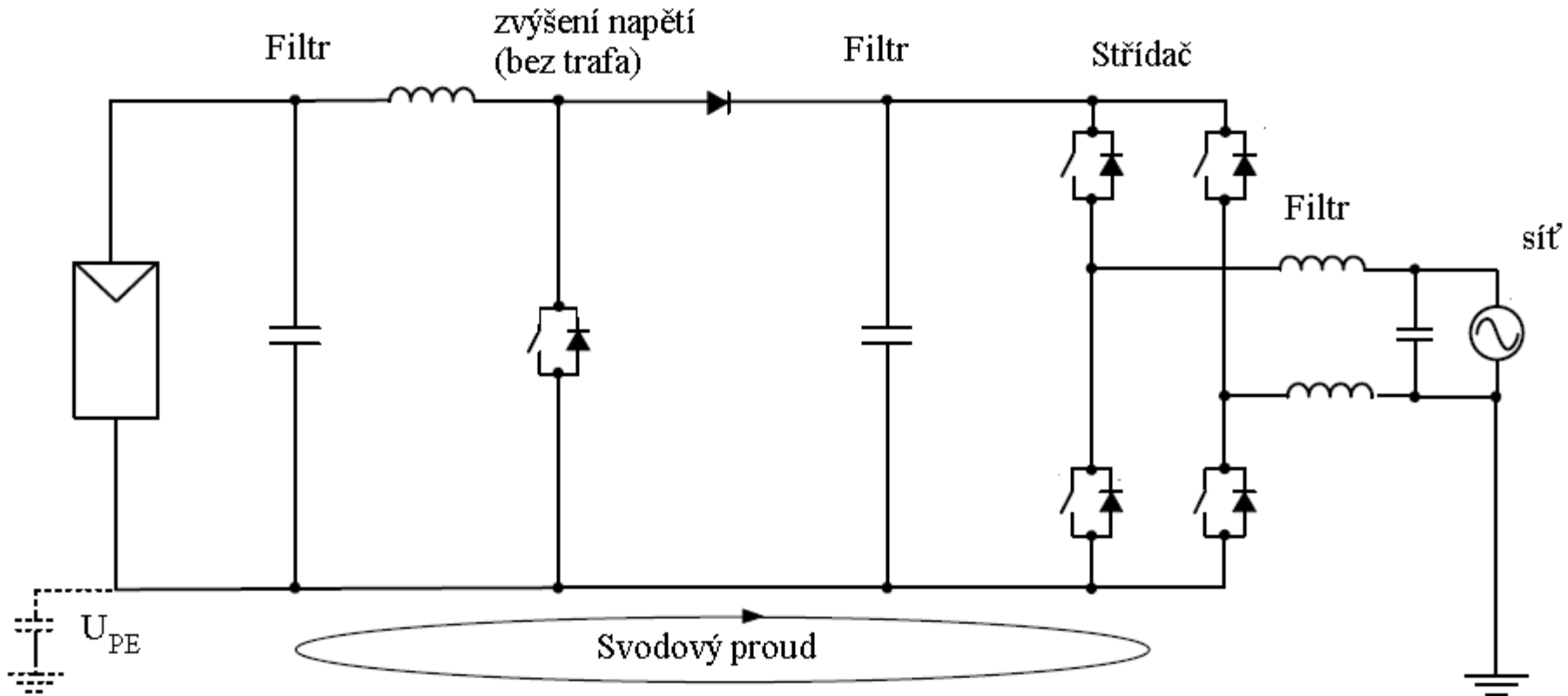
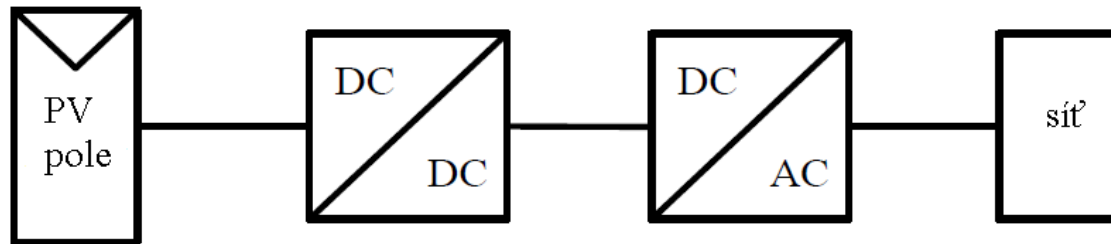
Střídač s transformátorem na NF části



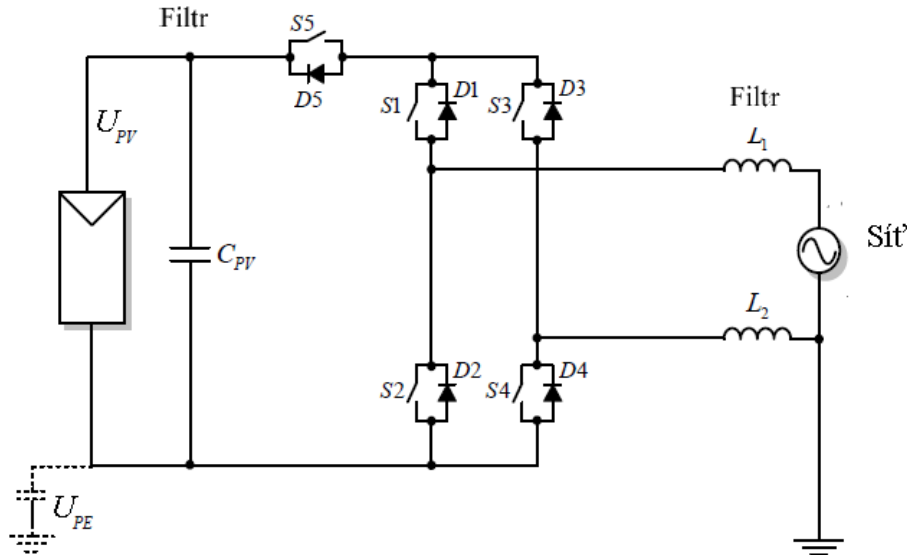
Střídač s transformátorem na VF části



Beztransformátorový střídač

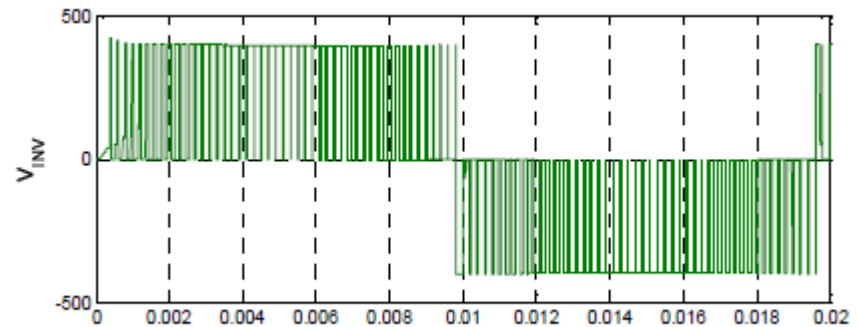


Více než 20 konfigurací měničů



S5 a S4 (S3) spínají s vysokou frekvencí (PWM)

S1 (S2) jsou spínány s frekvencí sítě

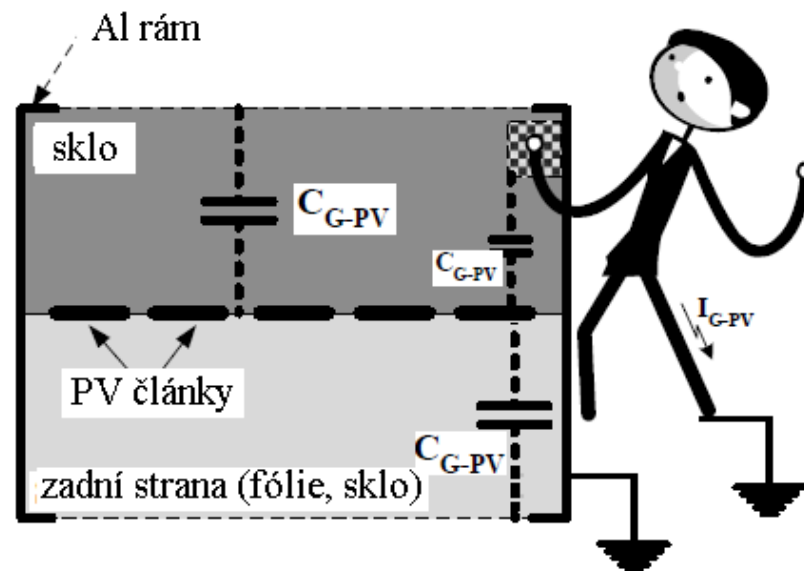


U měničů bez transformátoru se projevuje vliv kapacity PV pole

Mezi PV články v PV modulu a uzeměným rámem modulu vzniká parazitní kapacita

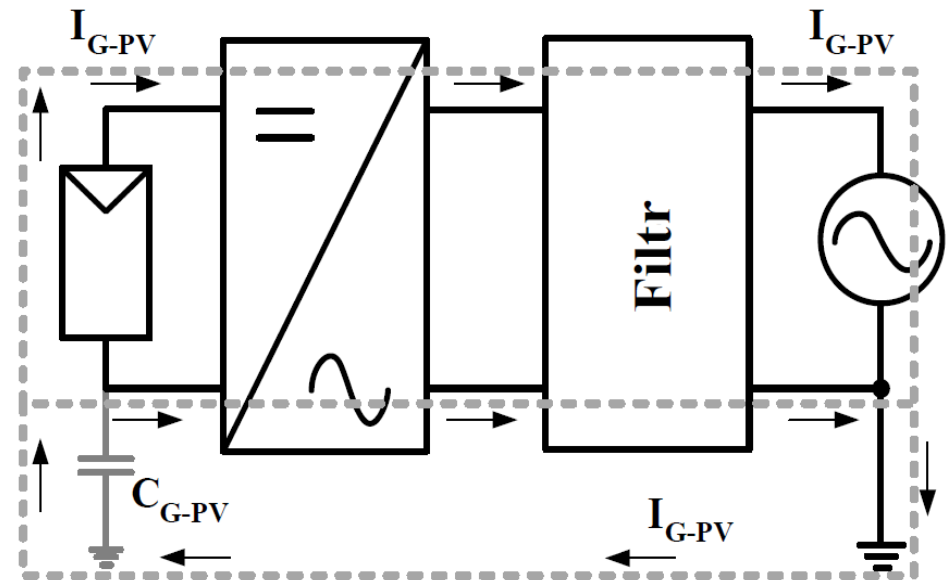
Velikost parazitní kapacity závisí na:

- Ploše PV pole a uzeměného rámu
- Tloušťce krycích vrstev (sklo, tedlar)
- Rozložení PV článků v modulu
- Atmosférických podmínkách
- Prach a vlhkost mohou zvýšit elektrickou vodivost povrchu modulu



- Nabíjením a vybíjením parazitní kapacity vzniká svodový proud (může přispívat k degradaci modulů a může být nebezpečný při dotyku)

- Velikost svodového proudu závisí na
 - velikosti parazitní kapacity
 - velikosti napětí
 - frekvenci



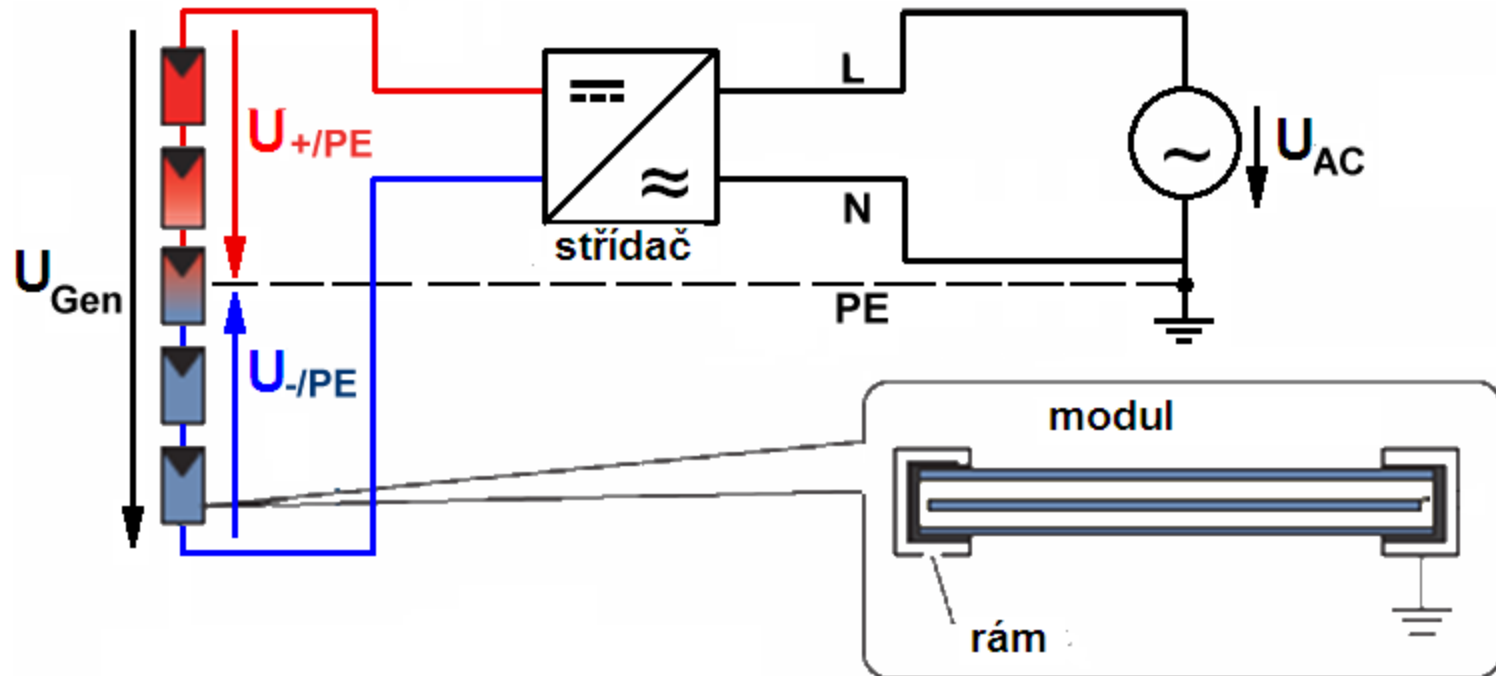
suchý modul cca 100 pF

vlhký modul cca 1 nF

$$C_p = \frac{I_{Cp}}{2\pi f U_{Cp}}$$

- Velikost svodového proudu je třeba monitorovat RCM (Residual Current Monitoring) unit

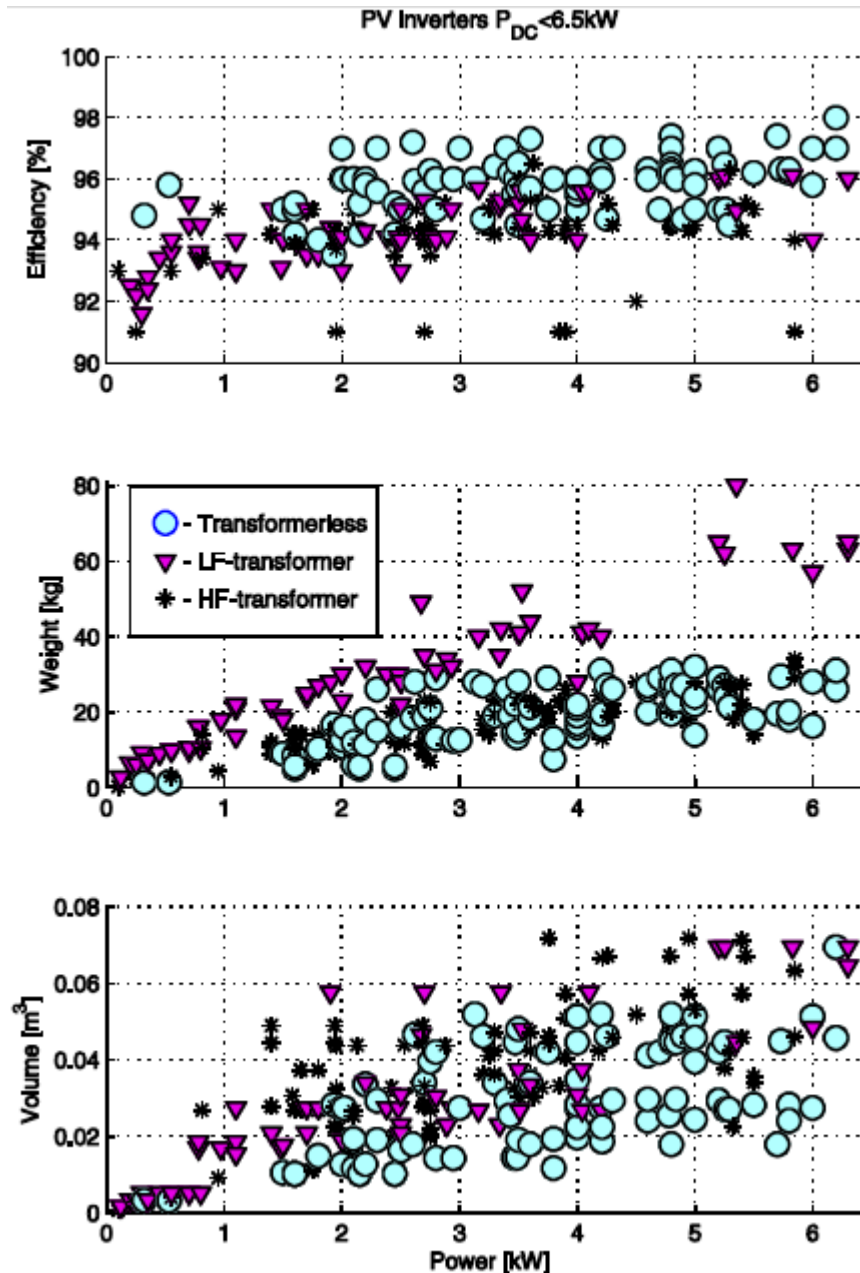
V případě použití beztransformátorových střídačů je část řetězce (fotovoltaického pole) polarizována vůči zemi kladně, část záporně.



Porovnání střídačů

Beztransformátorové
střídače mají vyšší
účinnost, menší hmotnost
a menší objem

Na druhé straně vlivem
parazitních kapacit může
dojít ke snížení účinnosti
PV modulů,
v některých případech ke
snížení životnosti



Nepříznivý vliv beztransformátorových měničů na některé typy modulů

Tenkovrstvé moduly

- Elektrochemická koroze TCO na rozhraní TCO – sklo (difúze Na sklem při přítomnosti molekul vody)

Moduly z krystalického křemíku s vysokou účinností

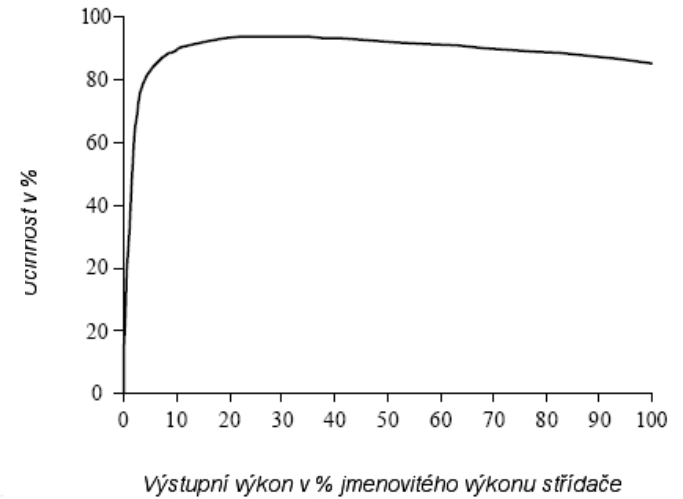
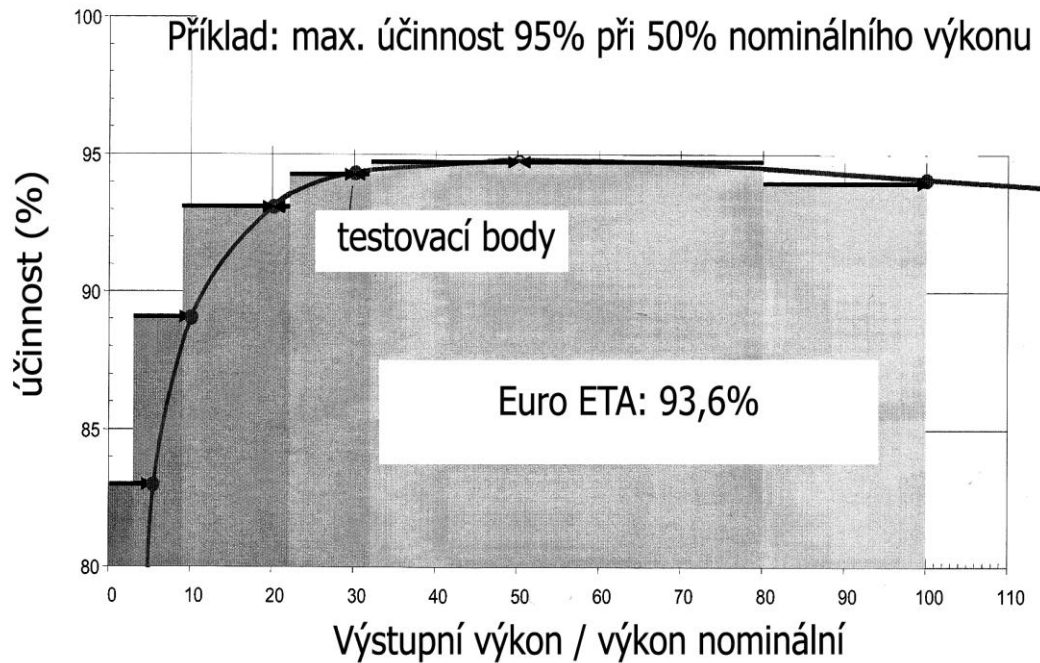
- dochází k polarizačním efektům na rozhraní EVA – ARC, zvyšuje se povrchová rekombinace

Pro tyto případy je doporučováno použití měničů s transformátorem

PID – Potential Induced Degradation

Účinnost střídačů

$$\eta = \frac{P_{AC}}{P_{DC}}$$

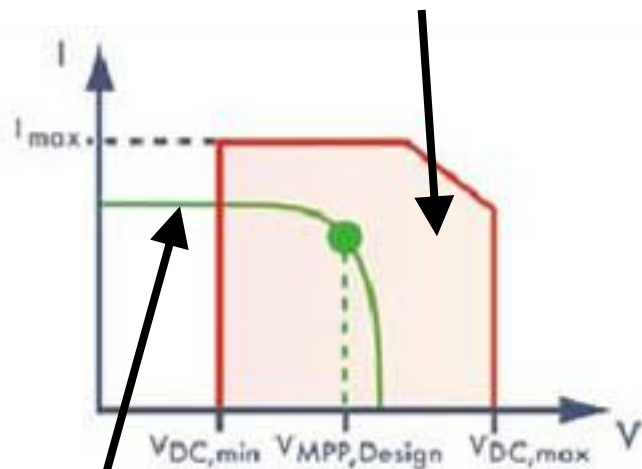


$$\eta_{euro} = 0,03 * \eta_{5\% PN} + 0,06 * \eta_{10\% PN} + 0,13 * \eta_{20\% PN} +$$
$$+ 0,1 * \eta_{30\% PN} + 0,48 * \eta_{50\% PN} + 0,2 * \eta_{100\% PN}$$

Správný návrh z hlediska vstupních parametrů

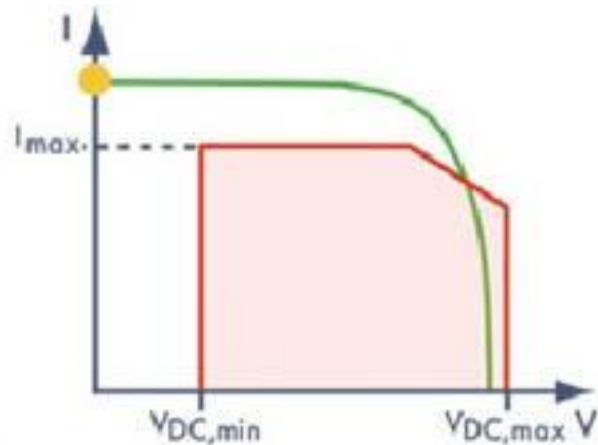
A - správný návrh

Pracovní oblast střídače

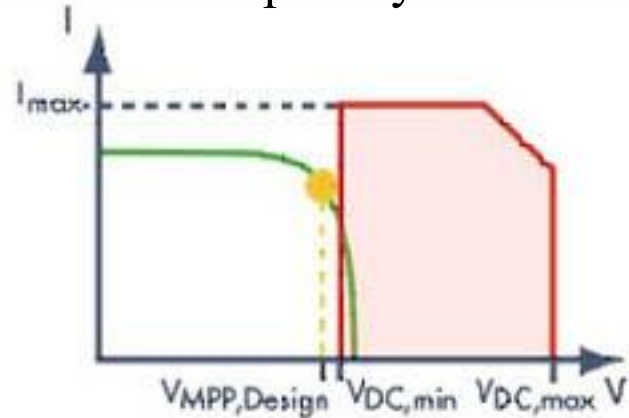


VA charakteristika PV modulu (pole)

B – PV pole mimo proudový rozsah střídače

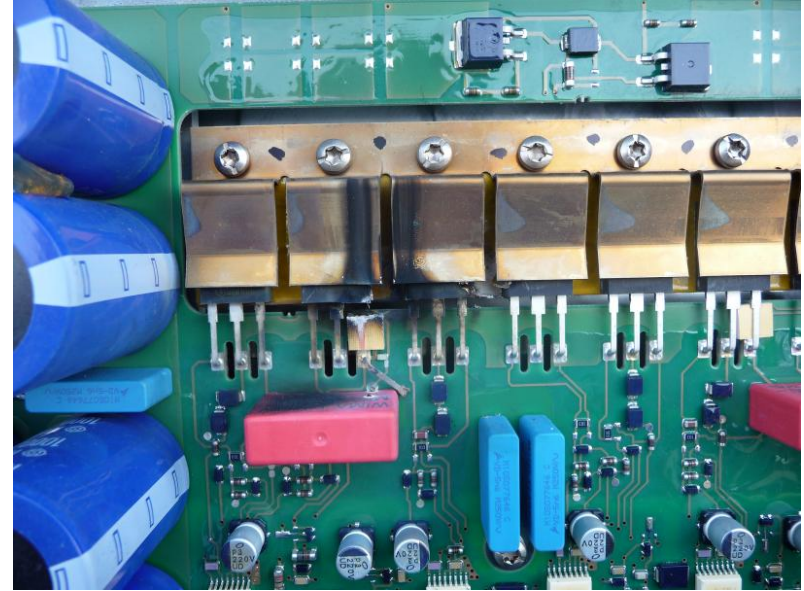


C – PV pole mimo napěťový rozsah střídače



Poruchy na střídačích

- přehřátí
- poškození přepětím
- při detekování sítě (U,f)
- špatný kontakt → neschopnost detekce sítě



- dlouhé skladování
- výrobní vada
- servis a kontrola stavu nutná po cca 10-ti až 15-ti letech

Komponenty pro elektroinstalaci FVE

Specifika FVE:

- Sběr výkonu z velké plochy (FV generátor)
- **Stejnoseměrný proud** až na vstup střídačů (**až 1000V**)
- Proměnlivé provozní podmínky (napětí a proud závisí na teplotě a intenzitě záření)
- **Venkovní instalace** (potřebné krytí, **odolnost UV záření**, ochrana před bleskem a přepětím)
- Pozor na **souběhy vedení** NN/VN, DC/AC, výkonové a datové propoje

Komponenty pro elektroinstalaci FVE

Kabeláž pro připojení FV panelů

dvouplášťová, UV odolná, průřez 4mm², 6mm² a více



Konektory pro připojení FV panelů

Typ MC3, MC4, Tyco,...



Jističe a pojistky, svodiče přepětí

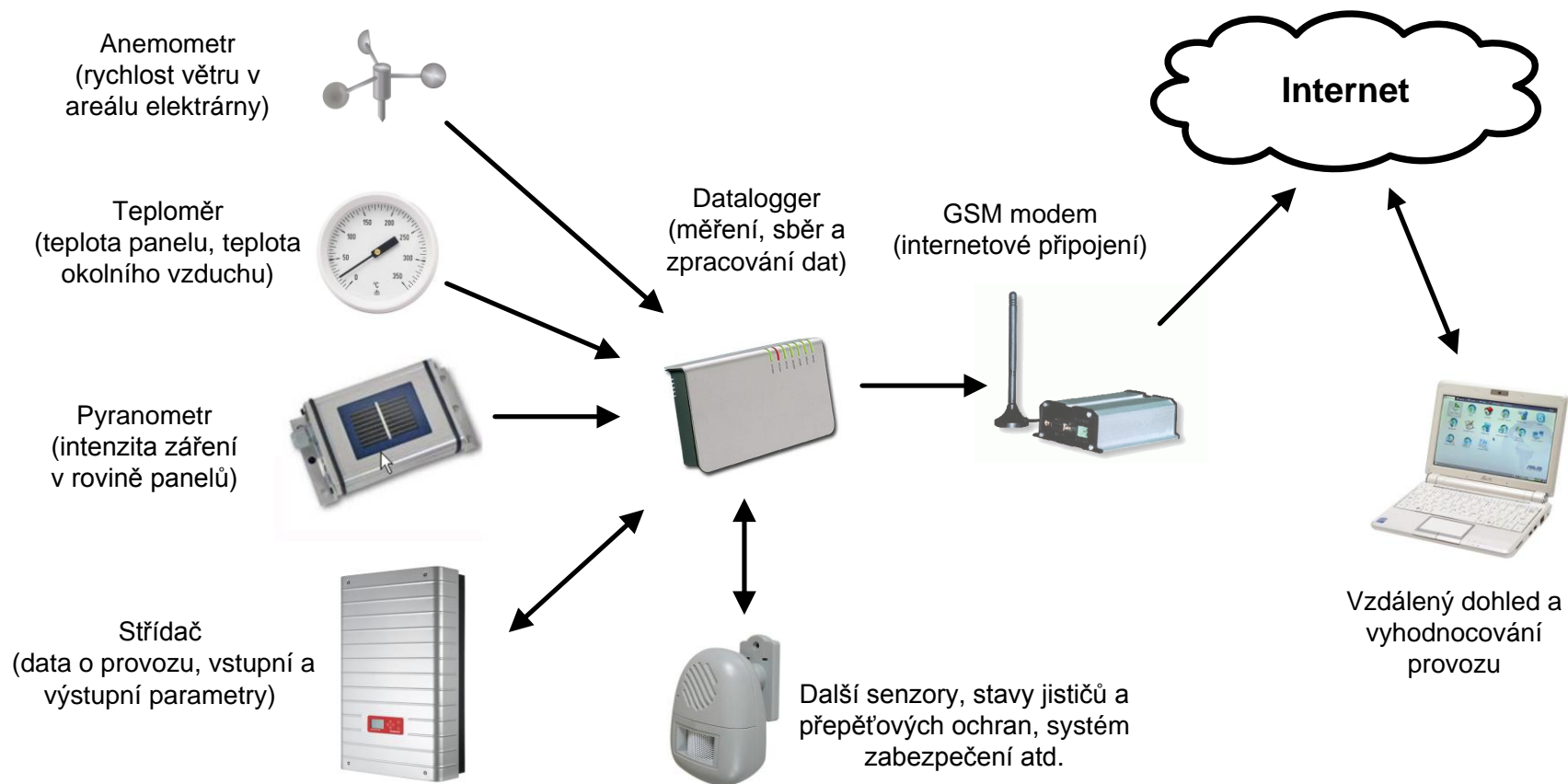
dimenzované na maximální napětí v systému (AC nebo DC!)

Propojovací skříně (string/connection box)

často obsahují též přepět'ové ochrany, měření proudu větví, monitorování stavu jisticích prvků aj.



Prvky monitorovacího systému



Transformátor/y

- převod z nízkého napětí na napětíovou hladinu distribuční soustavy (0,4kV → 22kV, 110kV ...)
- ztráty ~ 4%
- množství traf určeno celkovým výkonem

Umístění

- mezi FV panely (i polozapuštěné)
 - míra stínění panelům
 - menší ztráty v kabelech, (teplo=ztráty)
 - plocha nevyužita panely
- mimo FV pole
 - delší vedení na vstupu do transformátoru → větší průřezy kabelů
 - lepší využití plochy panely



Ochrany pro FVE



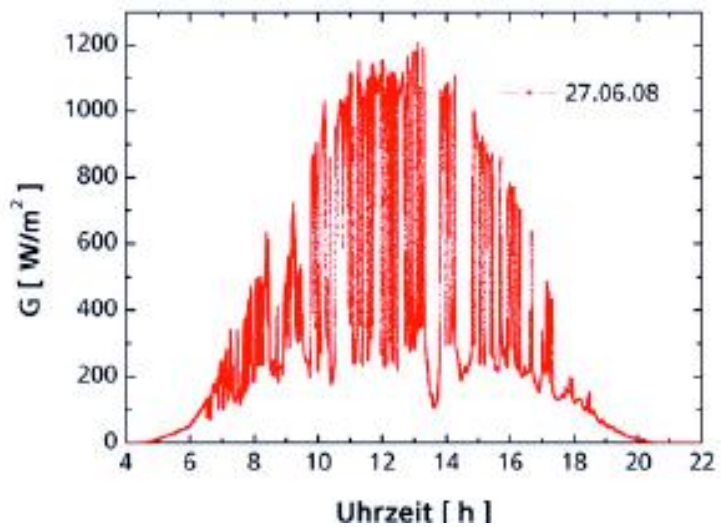
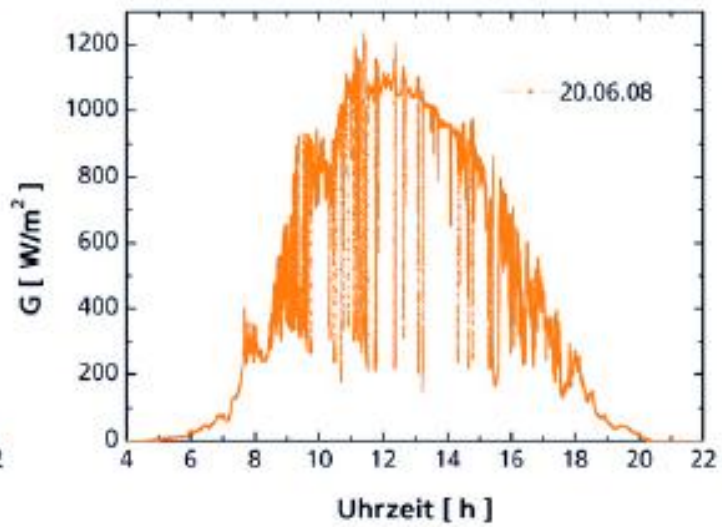
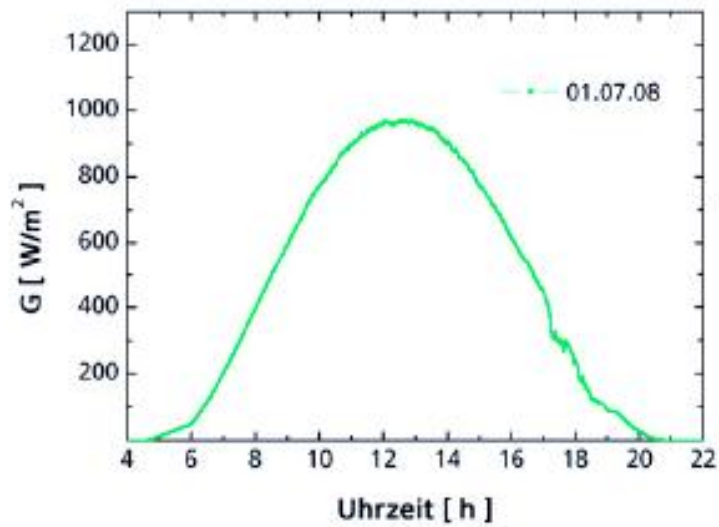
Ochrany vlastní výroby

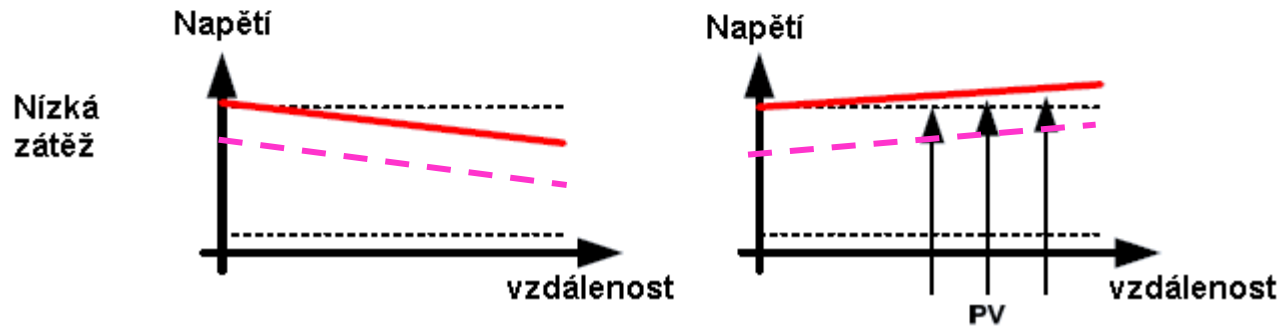
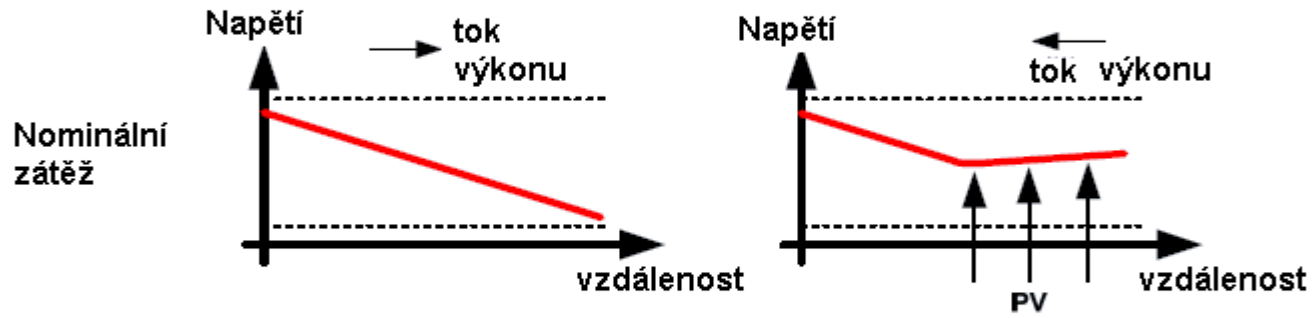
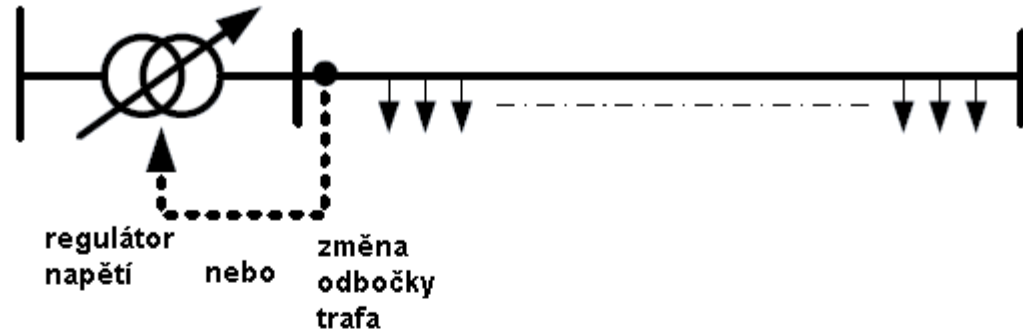
- Ochrany před bleskem (jímače)
- Ochrany před přepětím
 - zapojení na DIN lištu do rozvaděčové krabice

Ochrany distribuční soustavy

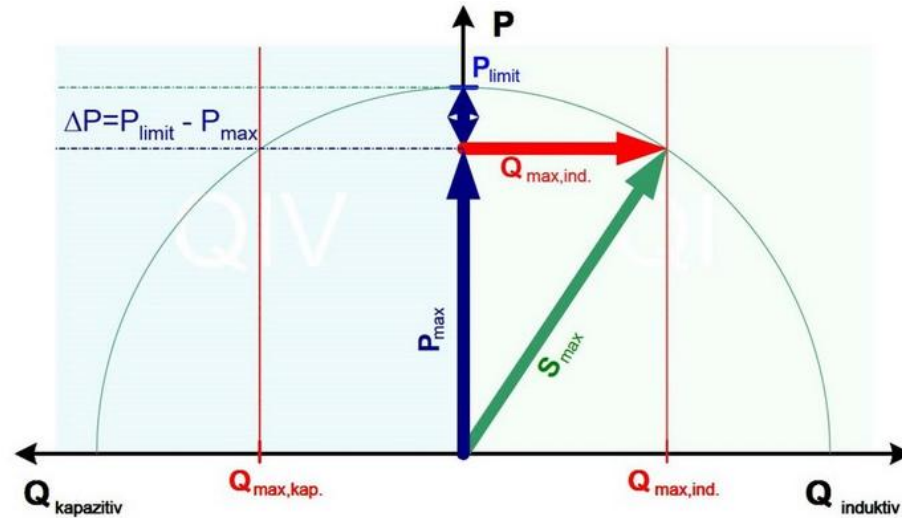
- Síťová ochrana
 - Nadpětí, podpětí – 196 – 253V
 - Nadfrekvence, podfrekvence 49,8 – 50,2Hz
 - Přítomnost všech fází
 - Pro systémy od 10kWp funkce nezávislá na integrovaných ochranách ve střídačích

Funkce	Označení	Nastavitelný rozsah ochrany	Běžně požadované nastavení	Rychlost reakce
Podpětí	$T_{U<}$	1.0 U_n až 0.70 U_n	80% U_n	0,05 s
Přepětí	$T_{U>}$	1.0 U_n až 1.15 U_n	1,15% U_n	0,05 s
Podfrekvence	$T_{f<}$	50 Hz až 48 Hz	49,0 Hz	0,05 s
Nadfrekvence	$T_{f>}$	50 Hz až 52 Hz	51,0 Hz	0,05 s

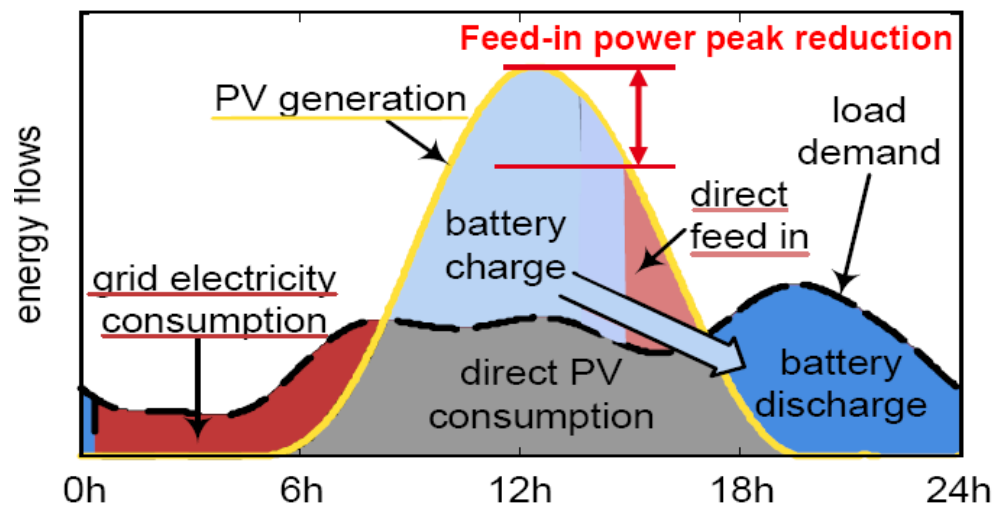




Regulace změnou účinníku



Akumulace energie



EU PVgrid

Kategorie	Technické řešení
DSO	Posílení sítě
	Regulace zatížení přepínáním odboček VN/NN transformátoru
	Pokročilá regulace napětí na VVN/VN transformátoru
	Statická kontrola Var
	DSO ukládání
	Rekonfigurace sítě
	Uzavřená smyčka "close-loop" pokročilý provoz
Prosumer	ukládání energie
	Vlastní spotřeba s tarifními pobídkami
	Omezování dodávky energie do sítě v PCC
	Řízení aktivního výkonu FV střídačem P(U)
	Řízení jalového výkonu FV střídačem Q(U), Q(P)
Interaktivní	Reakce na poptávku místní cenové signály
	Reakce na poptávku tržní cenové signály
	SCADA + ovládání zátěže
	SCADA + řízení Q a P FV střídačem
	Široký rozsah regulace napětí

Vyřešení
technických
problémů je nutnou
podmínkou pro další
rozvoj fotovoltaiky