

Jalová energie u fotovoltaických elektráren

Účastník trhu s elektřinou odebírá elektřinu v odběrném nebo předávacím místě s hodnotou induktivního účinníku 0,95 - 1,00, pokud se s provozovatelem distribuční soustavy nedohodne jinak.

Účinník a legislativa

Závazná hodnota povinného účinníku odebírané energie označovaná rovněž jako **neutrální pásmo** v intervalu 0,95-1,00 ind. původně vycházela z § 15 odst. 4 písm. b) dnes již neplatného starého energetického zákona č. 222/1994 Sb.

V současné době je povinnost dodržovat tzv. neutrální pásmo účinníku uloženo účastníkům trhu s elektřinou v § 5 odst. 17 vyhlášky č. 541/2005 Sb. o Pravidlech trhu s elektřinou, zásadách tvorby cen za činnosti operátora trhu s elektřinou a provedení některých dalších ustanovení energetického zákona ve znění vyhlášky 552/2006 Sb., a je realizována pomocí tzv. **tarifní politiky**, řízené Energetickým regulačním úřadem (ERÚ), když tento každoročně vždy kolem 20. listopadu vydává cenové rozhodnutí, kterým se stanovují ceny elektřiny a souvisejících služeb. Pro rok 2009 platí cenové rozhodnutí ERÚ č.9/2008, kde v článku 8 jsou uvedeny maximální ceny jalové energie pro konečné zákazníky a určené podmínky. Odsud (8.1) vyplývá, že pokud odebírané energie pohybuje v mezích 0,95 - 1,00, neplatí konečný $\cos \varphi$ zákazník žádnou cenovou přírážku. Pokud však je vypočtený účinník podle naměřených hodnot menší než 0,95, platí konečný zákazník provozovateli distribuční soustavy cenovou přírážku stanovenou v bodu 8.6 zmíněného cenového rozhodnutí. S klesajícím účinníkem tato přírážka roste, a pro hodnoty účinníku nižší než 0,5 je tato přírážka 100%.

Přirážka za nedodržení účinníku

rozsah tg φ kvarh/kWh	cos φ	přirážka %	rozsah tg φ kvarh/kWh	cos φ	přirážka %	rozsah tg φ kvarh/kWh	cos φ	přirážka %
0,311-0,346	0,95	-	0,737-0,763	0,80	19,74	1,186-1,216	0,64	50,99
0,347-0,379	0,94	1,12	0,764-0,789	0,79	21,32	1,217-1,249	0,63	53,47
0,380-0,410	0,93	2,26	0,790-0,815	0,78	22,94	1,250-1,281	0,62	56,03
0,411-0,440	0,92	3,43	0,816-0,841	0,77	24,61	1,282-1,316	0,61	58,67
0,441-0,470	0,91	4,63	0,842-0,868	0,76	26,32	1,317-1,350	0,60	61,40
0,471-0,498	0,90	5,85	0,869-0,895	0,75	28,07	1,351-1,386	0,59	64,23
0,499-0,526	0,89	7,10	0,896-0,922	0,74	29,87	1,387-1,423	0,58	67,15
0,527-0,553	0,88	8,37	0,923-0,949	0,73	31,72	1,424-1,460	0,57	70,18
0,554-0,580	0,87	9,68	0,950-0,977	0,72	33,63	1,461-1,494	0,56	73,31
0,581-0,606	0,86	11,02	1,008-1,034	0,70	37,59	1,495-1,532	0,55	76,56
0,607-0,632	0,85	12,38	1,035-1,063	0,69	39,66	1,533-1,579	0,54	79,92
0,633-0,659	0,84	13,79	1,064-1,092	0,68	41,80	1,580-1,620	0,53	83,42
0,660-0,685	0,83	15,22	1,093-1,123	0,67	43,99	1,621-1,663	0,52	87,05
0,686-0,710	0,82	16,69	1,124-1,153	0,66	46,25	1,664-1,709	0,51	90,82
0,711-0,736	0,81	18,19	1,154-1,185	0,65	48,58	1,710-1,755	0,50	94,70
						> 1,755	<	100

Z článku (8.8.) vyplývá, že za nevyžádanou dodávku jalové energie do sítě provozovatele distribuční soustavy účtuje provozovatel distribuční soustavy odběrateli cenu ve výši 400 Kč/MVArh.

Smyslem dodržování neutrální hodnoty účinníku je dosažení efektivního přenosu a distribuce elektrické energie bez zbytečných ztrát, tj. bez přenášení zbytečného induktivního výkonu v sítích.

Aby zákazník splnil svou povinnost a současně nemusel platit tyto příplatky používá různé kompenzátory jalového výkonu, jejichž úkolem je udržet účinník v neutrálním pásmu. Pokud není kompenzátor dost rychlý, přesný nebo výkonný, a účinník neudrží v neutrálním pásmu, platí zákazník přírážky podle shora uvedené tabulky.

V současné právní úpravě platí pro zákazníka (odběratel elektrické energie) a výrobce elektrické energie v tomto směru jiné povinnosti. Z toho se odvíjí i poněkud komplikovaný výklad a tedy i dopad těchto ustanovení do reality.

Zatímco zákazník je podle § 28 odst. 2 písm. f) zákona č. 458/2000 Sb., v platném znění zveřejněném pod číslem 314/2009 Sb. (EZ) povinen provádět dostupná technická opatření zamezující ovlivňování kvality elektřiny v neprospěch ostatních účastníků trhu s elektřinou, pro výrobce elektřiny ukládá § 23 odst. 2 písm. i) EZ povinnost dodržovat parametry kvality dodávané elektřiny stanovené Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování distribuční soustavy. V této souvislosti je zřejmé, že stane-li se zákazník současně výrobcem elektřiny, který využívá podporu formou zeleného bonusu, zásadním způsobem se mu zpřísní požadavky na kvalitu elektřiny a tedy i na technické řešení, zejména v případě, že se jedná o připojení do VN.

Pro FVE připojované na úrovni NN nebo VN, tedy do DS platí ustanovení článku 9 Řízení jalového výkonu přílohy č.4 PPDS.

Zde jsou zdroje rozděleny do 4 kategorií:

- a) zdroje připojené do NN do 16A/fázi (11040W) [9.1.1]
- b) FVE připojené do NN do 4,6 kVA/fázi včetně (13,8 kVA) [9.1.2]
- c) ostatní zdroje připojené do NN [9.1.3]
- d) zdroje připojené do VN [9.1.4]

Zamyslíme-li se nad tímto rozčleněním, dojdeme k závěru, že kategorie podle písm. a) se pro FVE nepoužije, protože je zahrnuta do kategorie podle písm. b).

Pro tuto kategorii (FVE do 4,6 kVA/fázi nebo-li 20 A/fázi) se kompenzace účinníku nepožaduje.

FVE s větším výkonem připojené do NN patří tedy do kategorie c) - jiné zdroje, pro které podle 9.1.3 platí, že účinník zdroje za normálních ustálených provozních podmínek při dovoleném rozsahu tolerancí jmenovitého napětí musí být mezi 0,95 kapacitní a 0,95 induktivní za předpokladu, že činná složka výkonu je nad 3 % jmenovitého výkonu zdroje.

Zvláštní je, že s těmito obecnými závěry podle přílohy č.4 PPDS, bývají obvykle v rozporu konkrétní stanoviska k připojení výroby, která obvykle požadují účinník v rozsahu 0,95 až 1.

Mnohem složitější je situace u výroben kategorie podle písm. d), které jsou připojené do VN. U těchto výroben se povinně požaduje zařízení pro řízení jalového výkonu. Je-li výkon výroby do 400 kW (a) postačí udržování pevné hodnoty zadaného účinníku \cos . U větších výkonů přichází v úvahu další postupy:

b) udržování hodnoty účinníku $\cos = f(P)$,

c) udržování zadané hodnoty jalového výkonu a

d) udržování napětí v předávacím místě.

Vždy se pracuje podle „Provozních diagramů“, které musí být součástí provozně-technické dokumentace zdroje nebo na základě zvláštní dohody mezi provozovatelem výroby a PDS.

Potřeba kompenzace FVE

Jak jednofázové tak třífázové měniče současné koncepce pracují způsobem, že jejich výkonové spínací prvky jsou řízeny tak, aby dodávaný proud byl ve fázi s napětím sítě v místě měniče. Lze tedy říci, že reálně dosahovaný účinník vyráběné elektřiny je v rozmezí 0,99 - 1,00, nebo-li, že dodávají do sítě čistý činný výkon.

Povinný výkup

Jak již bylo zmíněno běžné měniče dodávají při jejich provozu prakticky čistý činný výkon. Částečně jinak by to mohlo být v době, kdy měniče nepracují a FVE odbírá pouze vlastní spotřebu. Jedinou možnou spotřebu tvoří vlastní spotřeba FVE, která je tvořena noční spotřebou samotných měničů, spotřebou komunikačních obvodů, případně spotřebou ochrany jsou-li použity. Ve všech případech se však jedná o jednotky, případně desítky W, což z pohledu energetické bilance a ovlivnění účinníku je možné zanedbat.

Na první pohled by se tedy zdálo, že v případě, kdy se jedná o povinný výkup, není žádná kompenzace u FVE nutná.

Nesmíme však přehlédnout fakt, že se jedná o decentralizovanou výrobu, takže úbytky napětí na impedanci sítě vznikají od zdroje, kterým je v tomto případě měnič, směrem k místu, kde jsou předávány do sítě, což je transformátor.

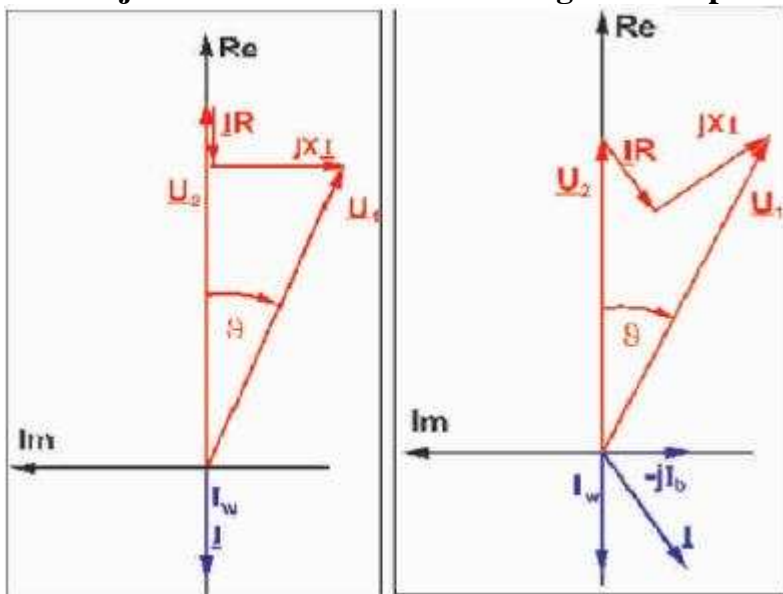
Při jistém zjednodušení můžeme předpokládat, že napětí na transformátoru je konstantní, takže podle 2. Kirchhoffova zákona musí být napětí na měniči o úbytky na impedanci přípojky vyšší.

Lépe je situace zřejmá z vektorového diagramu na levém obrázku, kde vidíme, že napětí \underline{U}_2 na měniči je o úbytky na impedanci sítě větší než napětí \underline{U}_1 na transformátoru.

Situaci můžeme vylepšit, když na straně měniče bude navíc odběr jalového proudu.

V tomto případě lze zvolit velikost jalového proudu tak, aby napětí na měniči mělo stejnou velikost jako napětí na transformátoru nebo bylo dokonce větší než napětí na měniči.

Situace je viditelná z vektorového diagramu na pravém obrázku.



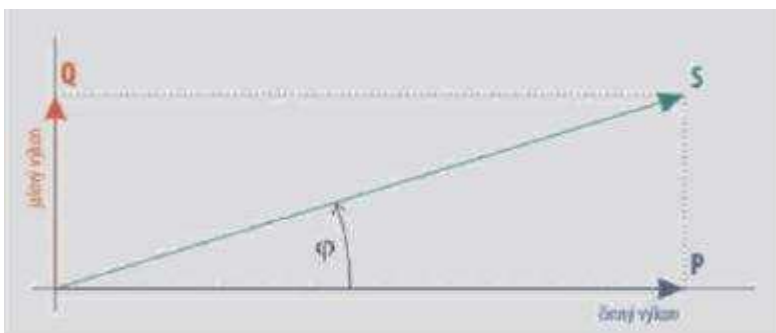
Z obou obrázků je zřejmé, že následkem reaktance přípojky vzniká mezi oběma vektory napětí navíc fázový posun θ .

V praxi to znamená, že u malých výkonů FVE a přípojek, které nejsou dlouhé, tento problém nenabere číselně takové hodnoty, abychom se jimi museli zabývat. S přibývajícím výkonem FVE a s rostoucí délkou přípojky, nebo přesněji s rostoucí reaktancí přípojky, se však musíme tímto problémem zabývat z pohledu napětí v místě FVE, abychom se dostali do tolerančního pásma daného PPDS, potažmo příslušným stanoviskem k připojení výroby. Zde je třeba upozornit, že za nepříznivých okolností může napětí narůst tak, že napěťová ochrana měniče nebo autonomní napěťová ochrana odpojí FVE od sítě, protože potřebné napětí na měniči se dostane mimo toleranční pásmo.

Zelený bonus

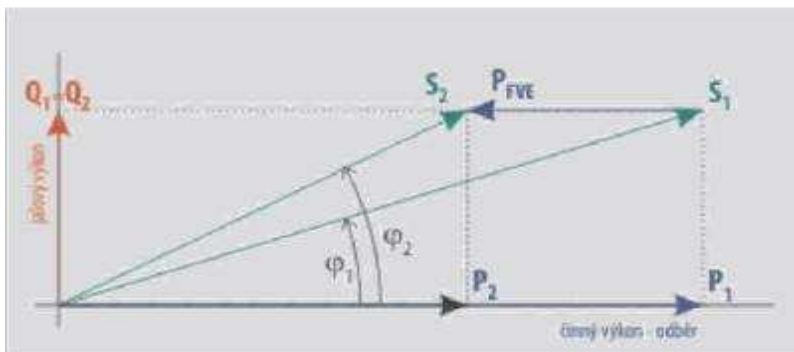
Jiná situace však je v případě, že z elektrického hlediska je FVE zapojena na již existující odběrné místo, které má svou vlastní, mnohdy velmi velikou spotřebu, a do sítě jsou dodávány jen případné přebytky energie vyrobené FVE.

Pro tyto případy slouží následující rozbor situace.

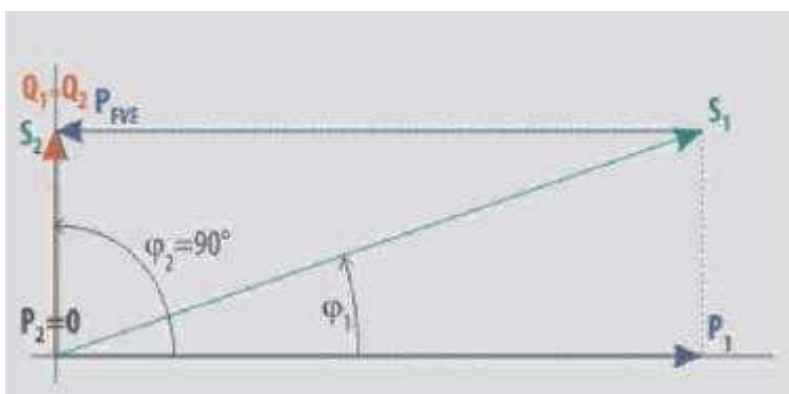


Nejdříve předpokládejme běžný odběr průmyslového objektu, kdy je ze sítě odebírán činný výkon P a jalový výkon Q . Podle poměru těchto výkonů vychází nějaká hodnota účinníku \cos . Na obrázku jsou zobrazeny poměry pro \cos .

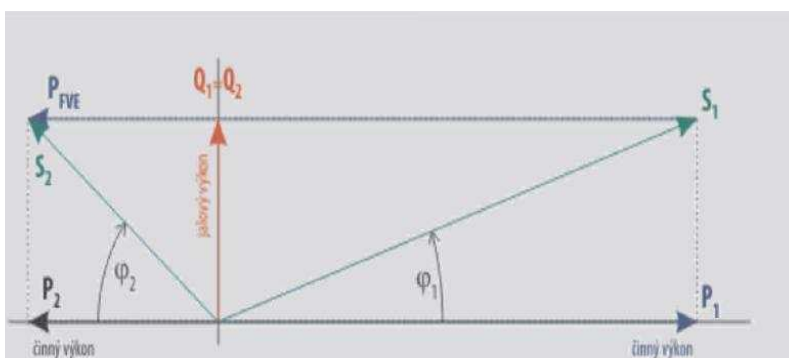
V dalším kroku budeme předpokládat, že FVE pokryje část původní spotřeby výkonem P_{FVE} . Tím dojde ke snížení odběru činného výkonu ze sítě na hodnotu P_2 . Protože měniče nedodávají jalový výkon, bude ze sítě odebírána původní hodnota $Q_1=Q_2$. Následkem toho se sice sníží hodnota zdánlivého výkonu na hodnotu S_2 , ale současně dojde ke snížení hodnoty účinníku na hodnotu $\cos \varphi_2$.



Zvláštní situace nastane v případě, že činný výkon dodávaný FVE bude stejně veliký jako činná spotřeba objektu. V tomto případě dochází k tomu, že ze sítě je odebírána čistá jalovina s induktivním účinníkem $\cos \varphi = 0$



Ke zcela zvláštní situaci dochází v případě, že se realizuje dodávka přebytků do sítě. V tomto případě je totiž do sítě dodáván činný výkon a odebírána induktivní jalovina, což je v konečném důsledku je totéž jako kdyby byl do sítě dodávána nevyžádaná kapacitní práce.



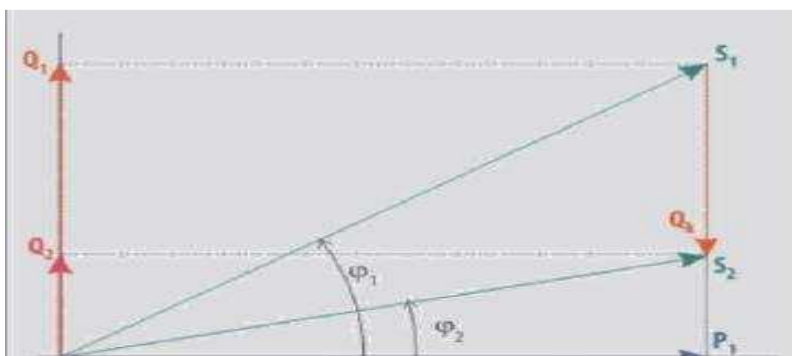
Abychom byli v souladu s tarifní politikou je v těchto případech třeba řešit řízení jalového výkonu pomocí k tomu upraveného kompenzátoru.

Kompenzace

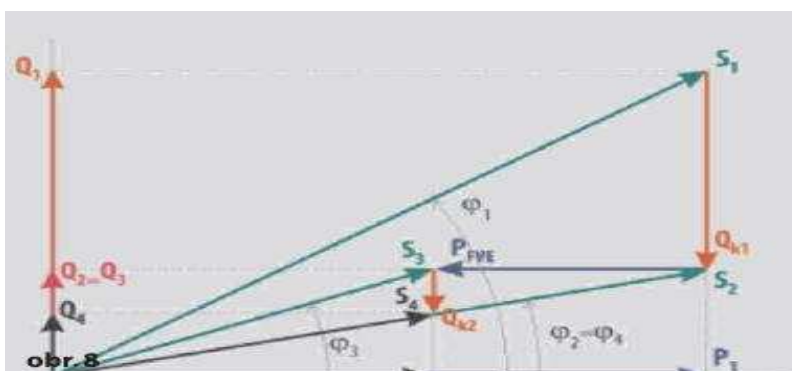
Pokusme se nyní popsat funkci kompenzátoru v normálním režimu (bez FVE), a dále požadavky na něj kladené v případě, že použijeme FVE v režimu podpory zelený bonus. Za normálních okolností odebírá instalovaná technologie elektrickou energii s nějakým účinníkem, který vznikne jako vektorový součet odběrů všech spotřebičů v průmyslovém objektu. Pro názornost je možná dobré zmínit, že elektromotor podle konstrukce a zatížení pracuje s účinníkem 0,7 - 0,9, avšak naprázdno pouze s účinníkem 0,3. Výsledný účinník celého nekompenzované zařízení bývá obvykle menší než 0,95, což je spodní hranice neutrálního pásma.

Aby zákazník dostal účinník do neutrálního pásma používá kompenzace.

Na dalším obrázku je znázorněn stav, kdy výkon kompenzátoru Q_K snižuje původní zdánlivý výkon S_1 na hodnotu S_2 , kdy současně dochází ke zlepšení účinníku na hodnotu $\cos\phi_2$, který je v neutrálním pásmu.



Připojíme-li v této situaci FVE, která bude dodávat část činného výkonu P_{FVE} , dojde ke zmenšení zdánlivého výkonu na hodnotu S_3 ale současně ke zhoršení účinníku na hodnotu $\cos\phi_3$. Abychom dosáhli stejného účinníku jako v předchozím případě, když FVE nebyla připojena, potřebujeme zvýšit výkon kompenzace o hodnotu Q_{k2} .



Uvedené skutečnosti lze shrnout do konstatování, že v případě provozu FVE v režimu zeleného bonusu je pro udržení účinníku v neutrálním pásmu zapotřebí zvětšit výkon stávající kompenzace.

Závěr

Cílem tohoto příspěvku bylo na základě jednoduchého rozboru poukázat na technické potřeby, možnosti a případně nastínit vhodné postupy uplatnění zařízení upravujících jalový výkon, a to jak při návrhu, tak i při provozu FVE.