

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY**

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING**

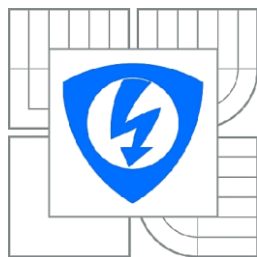
VYPRACOVÁNÍ STUDIE PŘIPOJITELNOSTI PRO FV ELEKTRÁRNU

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE
AUTHOR**

TOMÁŠ KREJČÍ

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Tomáš Krejčí

ID: 119497

Ročník: 3

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Vypracování studie připojitelnosti pro FV elektrárnu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Připojovací podmínky malých zdrojů do DS.
2. Problematika fotovoltaických systémů
 - definice FV systému,
 - komponenty FV systému,
 - vliv FV systému na síť.
3. Studie připojitelnosti pro konkrétní lokalitu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 7. 2. 2011

Termín odevzdání: 26. 5. 2011

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D.

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

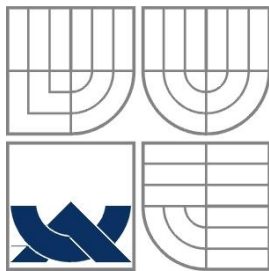
Bibliografická citace práce:

KREJČÍ, T. *Vypracování studie připojitelnosti pro FV elektrárnu*. BRNO: VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 59 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D..

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

Zároveň bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Petru Mastnému Ph.D. za rady a připomínky k mé práci a svým rodičům za podporu během mého studia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

Vypracování studie připojitelnosti pro FV elektrárnu

Tomáš Krejčí

Vedoucí: doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2011

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering**

Bachelor's Thesis

Study of connectivity for PV power station

by

Tomáš Krejčí

Supervisor: doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D.

Department of Electrical Power Engineering

Brno University of Technology, 2011

Brno

ABSTRAKT

Bakalářské práce se zabývá studií připojitelnosti pro FVE do distribuční soustavy. První částí, jsou zpracovány podmínky připojení nových zdrojů do distribuční soustavy se zaměřením na fotovoltaiku. Jednotlivé body jsou převzaty z Pravidel provozu distribuční soustavy, které vydává Energetický regulační úřad. Ve druhé části, je uvedena problematika FVS. Je zde uvedena stručně historie fotovoutaiky. Podrobněji je popsán FV článek, jeho princip, jednotlivé typy FV článku, skladba FV panelu. Dále jsou zde uvedeny způsoby provozu FVS. V poslední části je navrhuta FVE přes PC program. A uvedení způsobu vypočítání studie připojitelnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA: připojovací podmínky; distribuční soustava; fotovoltaická elektrárna; elektrizační soustava; studie připojitelnosti; fotovoltaický článek; střídač; nosná konstrukce; transformátor.

ABSTRACT

Bachelor's thesis focused on studying connectivity of PV plant station into the distribution system.. The first parts are processed by the conditions of connection of new resources into the distribution system with a focus on photovoltaics. Individual points are taken from the rules of the road grid, which gives the Energy Regulatory Authority. In the second part is given FVS problem. There is a brief history of photovoltaics. More details are described photovoltaic element, its principles, and different types of PV article composition PV panel. There are presented methods of operation FVS. The last section is designed to PVP via PC software. And an indication of the study calculates connectivity.

KEY WORDS: connecting conditions; distributive system; photovoltaic power plant; elektric network; feasibility study; photovoltaic element; inverter; supporting structure; transformer.

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	10
SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	12
1 ÚVOD	13
2 CÍLE PRÁCE	14
3 PŘIPOJOVACÍ PODMÍNKY MALÝCH ZDROJŮ DO DS.....	15
3.1 DEFINICE	15
3.2 VŠEOBECNÉ	15
3.3 PŘIHLAŠOVACÍ ŘÍZENÍ.....	16
3.3.1 POSKYTNUTÍ ÚDAJŮ	16
3.3.2 ŽÁDOST O PŘIPOJENÍ	17
3.3.3 POSOUZENÍ ŽÁDOSTI O PŘIPOJENÍ VÝROBNY	17
3.3.4 STUDIE PŘIPOJITELNOSTI VÝROBNY	18
3.3.5 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE.....	19
3.3.6 ZMĚNY ŽÁDOSTI O PŘIPOJENÍ.....	20
3.4 PŘIPOJENÍ K SÍTI.....	20
3.5 ELEKTROMĚRY, MĚŘICÍ A ŘÍDÍCÍ ZAŘÍZENÍ.....	21
3.6 SPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ	21
3.7 OCHRANY	22
3.8 ŘÍZENÍ JALOVÉHO VÝKONU	23
3.8.1 ZDROJE PŘIPOJOVANÉ DO SÍTÍ NN	23
3.8.2 ZDROJE PŘIPOJOVANÉ DO SÍTÍ VN	23
3.9 PODMÍNKY PRO PŘIPOJENÍ.....	24
3.9.1 ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ	24
3.10 ZMĚNY NAPĚTÍ PŘI SPÍNÁNÍ	26
3.11 ZPĚTNÉ VLIVY NA NAPÁJECÍ SÍŤ	27
3.11.1 ZMĚNA NAPĚTÍ.....	28
3.11.2 FLIKR.....	28
3.11.3 PROUDY HARMONICKÝCH	29
4 PROBLEMATIKA FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ	32
4.1 DEFINICE FV SYSTÉMU	32
4.2 KOMPONENTY FV SYSTÉMU	32
4.2.1 FOTOVOLTAICKÉ PANELY	32
4.2.2 MĚNIČ	41
4.2.3 KABELÁŽ	42
4.2.4 ELEKTROMĚRY	42
4.2.5 TRANSFORMÁTOR	42
4.2.6 KONSTRUKČNÍ PRVKY	42

4.3	TYPY FOTOVOLTAICKÝCH INSTALACÍ.....	45
4.3.1	GRID-OFF – AUTONOMNÍ (OSTROVNÍ) SYSTÉMY	45
4.3.2	GRID-ON – SYSTÉMY PŘIPOJENÉ NA SÍŤ	47
4.4	VLIV FV SYSTÉMU NA SÍŤ	50
5	STUDIE PŘIPOJITELNOSTI PRO KONKRÉTNÍ LOKALITU	51
5.1	LOKALITA.....	51
5.2	NÁVRH ELEKTRÁRNY.....	51
5.2.1	VÝSLEDNÉ PARAMETRY.....	51
5.3	STUDIE PŘIPOJITELNOSTI.....	52
5.4	ŘEŠENÍ.....	52
5.4.1	PŘÍKLAD VÝPOČTU	53
6	ZÁVĚR.....	55
	POUŽITÁ LITERATURA	57
	PŘÍLOHA A KATALOGOVÝ LIST CENTRÁLNÍHO MĚNIČE SUNNY CENTRAL 630MV.....	59
	PŘÍLOHA B KATALOGOVÝ LIST FV PANELU SUNCLASS SC 220-60P	59

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 4-1 Posloupnost prvků FV panelu.....	33
Obr. 4-2 Konstruktivní řešení FV panelu s krystalickými křemíkovými články	33
Obr. 4-3 Detail konstrukce FV panelu	33
Obr. 4-4 Schematické znázornění struktury polovodiče.....	34
Obr. 4-5 Schéma FV článku a princip činnosti	35
Obr. 4-6 Ingot monokrystalického křemíku.....	37
Obr. 4-7 Výroba křemíkových pásků	37
Obr. 4-8 Článek monokrystalu a polykrystalu	37
Obr. 4-9 Amorfni křemíkový panel.....	38
Obr. 4-10 Struktura článku s oxidem titaničitým a organickým barvivem	39
Obr. 4-11 Schematické znázornění vícepřechodové struktury článku	41
Obr. 4-12 A – Centrální, B – řetězcové, C – modulové měniče	42
Obr. 4-13 Zobrazení pohybu v jedné ose	43
Obr. 4-14 Pohyblivý stojan TRAXLE	44
Obr. 4-15 Dvouosý polohovací systém.....	44
Obr. 5-7 Idealizovaná závislost okamžitého výkonu dodávaného fotovoltaickými solárními systémy různých konstrukcí.	45
Obr. 4-16 Systém s přímým napájením	46
Obr. 4-17 Systém s akumulací el. energie (12/24V).....	46
Obr. 4-18 Systém s akumulací el. energie (12 i 230V).....	46
Obr. 4-19 Hybridní ostrovní systém	47
Obr. 4-20 Systém pro vlastní spotřebu a prodej přebytků do sítě.....	48
Obr. 4-21 Systém pro výhradní prodej elektrické energie do sítě.....	49
Obr. 4-22 Systém Sluneční elektrárny.....	49
Obr. 5-1 Schéma elektrického vedení 22kV v lokalitě.....	51
Obr. 5-2 Zjednodušené přehledové schéma zapojení sítě 22kV v okolí	52

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 3-1 Ochrany a jejich nastavení pro vn</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 3-2 Ochrany a jejich nastavení pro nn.....</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 3-3 Vztažné hodnoty proudu pro harmonické u nn</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 3-4 Vztažné hodnoty proudu pro harmonické u vn</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 3-5 Hodnoty výkonu, které je možno připojit bez posouzení.....</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 5-1 Popis schéma zapojení.....</i>	<i>52</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Značka	Veličina	Značka jednotky
AC	střídavý proud	
DC	stejnoseměrný proud	
DS	Distribuční soustavy	
$\cos \varphi$	účinník	
ČR	Česká republika	
ERÚ	Energetický Regulační Úřad	
FV	fotovoltaický	
FVE	fotovoltaická elektrárna	
HDO	signál hromadného dálkového ovládání	
nn	nízké napětí	
PDS	provozovatel distribuční soustavy	
PPDS	pravidla provozování distribučních soustav	
vn	vysoké napětí	
vvn	velmi vysoké napětí	
η	účinnost	
E	energie	[kWh]
I	proud	[A]
f	frekvence	[Hz]
P	činný výkon	[kW]
Q	jalový výkon	[kVAr]
S	zdánlivý výkon	[kVA]
U	napětí	[V]

1 ÚVOD

Současný svět je značně závislý na jedné komoditě, a tou je energie v různém stavu. Jednou z nejdůležitějších je elektrická energie. Veškeré moderní zařízení potřebuje ke svému chodu elektřinu. Hlavní důvod pro používání elektrické energie je její snadný transport a použití, navíc se dá relativně snadno přeměnit na všechny ostatní formy energie. Elektrickou energii používáme každý den, ať už jen doma na rozsvícení žárovky, ve městech pro dopravní prostředky jako je metro, trolejbusy, tramvaje. Tak v neposlední řadě v průmyslu, který vyrábí produkty používané každý den, od potravin a oblečení, až k různým věcem, jež nám usnadňují a zpříjemňují život.

Většina energie pochází z fosilních paliv (ropa, uhlí, zemní plyn), které zde po miliony let ukládaly rostliny. Doplnění fosilních paliv v dostatečně krátkém časovém intervalu není možné, a bohužel pro nás celosvětová výroba energie značí exponenciální nárůst, kdy v roce 2000 překročila hodnotu $E = 10^{14}$ kW.h.rok⁻¹. Za necelých 100 let při současném rozvoji by hodnota dosáhla $E = 10^{17}$ kW.h.rok⁻¹ [2]. S touto hodnotou by naše zásoby fosilních paliv byly během chvilky spotřebovány, a pokud bychom k tomu uvažili i negativní vlivy spalování fosilních paliv (jedovaté a škodlivé plyny, popílek atd.), žilo by se na zemi těžko.

Částečnou pomoc by mohly poskytnout obnovitelné zdroje energie jako je voda, vítr a sluneční záření. Potřeba elektrické energie je dána okamžitou hodnotou. Přes den je určitě více potřeba než v noci, tak proč nevyužít právě takový zdroj, který by dokázal denní dodávku energie zajistit. Tento „ohromný“ zdroj je naše Slunce. Během jedné hodiny dorazí na povrch Země ze Slunce tolik energie, kolik celé lidstvo spotřebuje za rok. Pokud bychom tuto energii dokázali v dostatečné efektivitě využívat, nemuseli bychom si s nedostatkem elektrické energie dělat starosti. Ovšem je zde mnoho problémů, které je potřeba vyřešit. V této práci bych rád nastínil technologické a konstrukční problémy přeměny slunečního záření na elektrickou energii.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je teoreticky popsat přípojovací podmínky nových zdrojů do distribuční soustavy, podle PPDS. Následně rozebrat problematiku FVS, vysvětlit základní pojmy. Popsat jsou popsány důležité komponenty FV systému, z kterých se skládá samotná FVE. V další části je cílem zpracovat studii připojitelnosti pro konkrétní lokalitu a navrhnout FVE.

3 PŘIPOJOVACÍ PODMÍNKY MALÝCH ZDROJŮ DO DS

3.1 Definice

Všechny připojené zdroje elektrické energie do distribuční soustavy se musí řídit jednotnými pravidly provozování distribuční soustavy.

Distribuční soustavy jsou vzájemně propojené soubory vedení a zařízení 110 kV (s výjimkou vybraných vedení a zařízení 110 kV, která jsou součástí přenosové soustavy) a vedení a zařízení o napětí 0,4/0,23 kV, 3 kV, 6 kV, 10 kV, 22 kV a 35 kV, sloužící k zajištění distribuce elektřiny na vymezených územích ČR, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky. DS jsou zřizovány a provozovány ve veřejném zájmu.

Pravidla provozování distribuční soustavy je soubor veřejně dostupných dokumentů specifikujících zásady působnosti provozovatele a uživatelů DS, schválený ERU

Podmínky připojení k DS jsou podmínky, které musí být splněny před připojením uživatele k DS, specifikované v zákonech a vyhláškách.

Energetický regulační úřad ústřední správní úřad pro výkon regulace v energetice, v jehož působnosti je ochrana zájmů spotřebitelů a držitelů licence v těch oblastech energetických odvětví, kde není možná konkurence, s cílem uspokojení všech přiměřených požadavků na dodávku energií. [5]

3.2 VŠEOBECNÉ

Při zřizování vlastní výroby je zapotřebí dbát na plátna nařízení a předpisy, na to, aby byla vhodná pro paralelní provoz se sítí PDS a aby bylo vyloučeno rušivé zpětné působení na síť nebo zařízení dalších odběratelů.

Při zřizování a provozu elektrických zařízení je zapotřebí dodržovat:

- současně platné zákonné a úřední předpisy, především [6], [7] a [8]
- platné normy ČSN, PNE, případně PN PDS
- předpisy pro ochranu pracovníků a bezpečnost práce
- nařízení a směrnice PDS.

Projektování, výstavbu a připojení vlastní výroby k síti PDS je zapotřebí zadat odborné firmě. Připojení k síti je třeba projednat a odsouhlasit s PDS.

PDS může ve smyslu zákona [6] požadovat změny a doplnění na zřizovaném nebo provozovaném zařízení, pokud je to nutné z důvodů bezpečného a bezporuchového napájení, popř. též z hlediska zpětného ovlivnění distribuční soustavy. Konzultace s příslušným útvarem PDS by proto měly být prováděny již ve stadiu přípravy, nejpozději při projektování vlastní výroby. [9]

3.3 PŘIHLAŠOVACÍ ŘÍZENÍ

3.3.1 Poskytnutí údajů

Výrobci elektřiny se podle velikosti instalovaného výkonu a napěťové úrovně, do které pracují, dělí do tří, základních kategorií. Každá kategorie výrobců musí při vyřizování žádosti o připojení nebo na vyžádání PDS poskytnout nejméně dále uvedené informace:

a) Údaje o výrobě (pro jednotlivé generátory)

- 1) jmenovité výstupní napětí
- 2) jmenovitý zdánlivý výkon kVA
- 3) jmenovitý činný výkon kW
- 4) maximální dodávaný činný výkon, případně požadavky na jalový výkon (kVAr)
- 5) druh generátoru- synchronní, asynchronní, apod.
- 6) pohon
- 7) očekávaný provozní režim výroby elektřiny, např. trvalý, přerušovaný, pouze ve špičce apod.
- 8) příspěvek ke zkratovému proudu
- 9) řízení napětí (typ regulátoru a event. možnost připojení do automatické sekundární regulace napětí)
- 10) údaje o transformátoru, do kterého je generátor vyveden
- 11) požadavky pro krytí vlastní spotřeby a/nebo pohotovostní dodávky
- 12) schopnost ostrovního provozu a startu ze tmy
- 13) výsledky měření na zdroji potřebné pro posuzování připojitelnosti ve smyslu Přílohy 4 PPDS
- 14) způsob vyvedení výkonu od generátoru po předávací místo

b) Řešení místa připojení

- 1) způsob synchronizace mezi PDS a uživatelem
- 2) podrobné údaje o řešení způsobu provozu uzlu té části soustavy výrobce, která je přímo připojena k DS
- 3) způsob připojení a odpojení od DS
- 4) údaje o síťových ochranách.
- 5) situační plán, na kterém jsou vyznačeny hranice pozemku a místo výstavby včetně širších vztahů
- 6) přehledové schéma celého elektrického zařízení se jmenovitými hodnotami použitých zařízení (jednopolové schéma postačí) vč. údajů o vlastních přípojných vedeních a rozvodném zařízení výrobce elektřiny
- 7) údaje o zkratové odolnosti předávací stanice

- 8) elektrická data napájecího/ch transformátoru/ů, tzn. výkon, převod, napětí nakrátko, spojení vinuti, ztráty naprázdno a nakrátko atd.
- 9) popis ochran s přesnými údaji o druhu, výrobci, zapojení a funkci
- 10) příspěvek vlastní výroby k počátečnímu zkratovému proudu v místě připojení k síti
- 11) popis druhu a způsobu provozu pohonu, generátoru a případně střídače stejně jako způsob připojení k síti včetně technických dat a zkušebních protokolů
- 12) u střídačů, měničů frekvence a synchronních generátorů s buzením napájeným usměrňovači: zkušební protokoly k očekávaným proudům harmonických a mezipharmonických

[9]

3.3.2 ŽÁDOST O PŘIPOJENÍ

Základní náležitosti žádosti výrobce o připojení zařízení k DS jsou uvedeny v Příloze č. 1 vyhlášky [7] a v PPDS č. 3.8.3.[5] především je zapotřebí přiložit vyplněný formulář PDS.

Součásti podkladů dále jsou:

- souhlas vlastníků nemovitosti dotčených výstavbou výroby
- souhlas obce a příslušného stavebního úřadu s realizací výroby (v případě vyroben, které nebudou Součástí stávajících objektů)
- požadovaná hodnota rezervovaného výkonu
- stávající hodnota rezervovaného příkonu a výkonu
- studie připojitelnosti výroby k DS - v těch případech, kdy to PDS vyžaduje

V případě, že žádost neobsahuje všechny uvedené náležitosti, nebude ze strany PDS přijata jako odpovídající a žadatel bude neprodleně vyzván k doplnění žádosti. Na základě neúplné žádosti lze vystavit pouze vyjádření nemá vymezenou časovou platnost.

V odůvodněných případech může PDS požadovat do 10 dnů doplnění dalších údajů, nezbytných k posouzení žádosti. Žadatel je povinen tyto údaje PDS poskytnout.

Za termín přijetí žádosti se považuje datum doložení všech úplných uvedených náležitostí žádosti o připojení výroby.

[9]

3.3.3 POSOUZENÍ ŽÁDOSTI O PŘIPOJENÍ VÝROBY

PDS po obdržení žádosti rozhodne do 30-ti dnů od doručení žádosti (dle charakteru výroby a navrhovaného místa připojení), zda je nutné, aby žadatel nechal možnost připojení výroby k DS ověřit studií připojitelnosti.

- a) PDS vyžaduje studii připojitelnosti v případě, že je požadováno zpracování studie. Vystaví PDS žadateli do 30 dnů od doručení žádosti stanovisko s pouze předběžným určením místa (míst) připojení, pro které je možně připojitelnou výroby ve studii posuzovat vyjádření nelze použít pro účely územního nebo stavebního řízení.

Součástí stanoviska je upozornění PDS na související provozované, odsouhlasené a dříve požadované výroby (v době platnosti příslušných závazných vyjádření). Tyto informace budou

pouze obecné a budou upřesněny při předávání platných podkladů pro zpracování studie. Dále budou ve stanovisku uvedeny příslušné parametry DS a souvisejících výroben, potřebné pro zpracování požadované studie připojitelnosti. Žadatel a zpracovatel studie jsou povinni tyto údaje použít pouze k uvedenému účelu a nesmí je bez souhlasu PDS poskytovat třetím osobám.

Termín pro předložení studie je určen na 90 dnů. Po tuto dobu je požadavek žadatele evidován. Uvedeny termín lze na žádost žadatele 1 x prodloužit za předpokladu doložení zadání zpracování studie a uvedení konečného závazného termínu jejího předložení. V případě požadavku na nezdůvodněné prodloužení termínu je PDS oprávněna žádost zamítnout, respektive navrhovaný termín odpovídajícím způsobem zkrátit. Po předložení studie s kladným výsledkem je do 30-ti dnů žadateli vystaveno vyjádření dle bodu b).

- b) V případě, že není předložení studie připojitelnosti výrobní nutné anebo již byla žadatelem studie se souhlasnými výsledky dle bodu a) předložena a ze strany PDS odsouhlasena, je žadateli do 30 dnů od doručení žádosti vystaveno závazné stanovisko, které obsahuje všechny náležitosti v souladu s §5 vyhlášky [7]. Součástí stanoviska jsou požadavky na předložení platného územního rozhodnutí a prováděcí projektové dokumentace výrobní včetně jejího připojení k DS. Platnost tohoto vyjádření je omezena na 180 dnů. Lze ji prodloužit pouze na základě splnění některé z podmínek, uvedených v §5, odst. 5 vyhlášky [7] nebo v případě doložení průběhu řízení pro posouzení vlivu stavby na životní prostředí. [9]

3.3.4 STUDIE PŘIPOJITELNOSTI VÝROBNY

Studie připojitelnosti výrobní (dále jen studie) musí obsahovat technické posouzení možného připojení výrobní s ohledem na:

- napěťové poměry ve všech posuzovaných uzlech sítě při jejím maximálním a minimálním zatížení
- zatížitelnost jednotlivých prvků sítě
- dodržení parametrů zpětných vlivů na DS dle části PODMÍNKY PRO PŘIPOJENÍ, tj. – zejména změny napětí vyvolané trvalým provozem výrobní, změny napětí při spínání, útlumu signálu HDO, flikru, harmonických a dalších kritérií daných PPDS (dle charakteru výrobní).

Provozovatel DS doporučí žadateli vhodné zpracovatele studie připojitelnosti.

Náklady na zpracování studie hradí jejímu zpracovateli žadatel.

Podklady pro tvorbu studie připojitelnosti zpravidla obsahují:

- a) zkratový výkon vvn nebo vn v napájecí rozvodně nebo místě od kterého bude vliv počítán
- b) stávající a výhledové hodnoty zatížení v soustavě
- c) související zdroje připojené k DS v předmětné části DS
- d) platné požadavky na připojení zdrojů k DS v předmětné části DS
- e) parametry transformátoru vvn/vn
- f) stávající a výhledový stav HDO
- g) parametry vedení k místu připojení – délka, typ, průřez

- h) možné provozní stavy (základní zapojení + zapojení při náhradních dodávkách)
- i) zjednodušený mapový podklad.

Posuzování připojitelnosti ve zpracovávané studii je nutné provádět postupy uvedenými v části PODMÍNKY PRO PŘIPOJENÍ s ohledem na dosažení co nejnižšího zpětného ovlivnění DS provozem výroby a využívat při tom všech provozních možností připojovaného zařízení (např. určení provozního účinníku s ohledem na co nejnižší změnu napětí vyvolanou provozem výroby). Ve studii je nutné vycházet z podmínky dodržení účinníku v předávacím místě v celém rozsahu výkonu výroby v rozmezí $\cos \varphi = 0,95$ až 1 induktivního charakteru. PDS může v opodstatněných případech a vzhledem k místním podmínkám požadovat kontrolu pro jiné nastavení účinníku.

Provozovatel DS má právo si vyžádat kopie dokladů z kterých zpracovatel studie čerpal při výpočtu. Jedná se především o zkušební protokoly, atesty zkušeben, použité výpočetní metody apod. V případě, že zpracovatel studie není schopen doložit dokumenty, z kterých čerpal technické údaje a postupy při výpočtech, má PDS právo považovat studii za nehodnověrnou a nemusí ji akceptovat.

[9]

3.3.4.1 Rozsah studie

U zdrojů, připojovaných do sítě nn a vn je rozsah dán zpravidla stanicí s napájecím transformátorem sítě a vedením (vedeními) s doporučeným přípojným bodem zdroje. Je-li to pro ověření připojitelnosti zdroje důležité, může být rozsah studie rozšířen o další stanice a vedení se zahrnutím provozovaných či plánovaných zdrojů i zátěží těchto vedení. Posuzován je základní provozní stav, případně v závislosti na požadované zabezpečení dodávky do DS i další reálné provozní varianty.

[9]

3.3.5 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE

Požadovaná prováděcí projektová dokumentace dle vyhlášky 499/2006, předložena PDS k odsouhlasení musí obsahovat minimálně tyto základní podklady:

- realizaci požadavků PDS dle vyjádření (bod č.2.3.3.b))
- délky, typy a průřezy vedení mezi výrobnou a místem připojení k DS, parametry použitých transformátorů
- situační řešení připojení výroby k DS
- typy, parametry a navržené hodnoty nastavení el. ochrany výroby souvisejících s DS
- návrh provedení obchodního měření
- potřebné údaje k rozhraní pro dálkové přenosy a dálkové ovládání (bylo-li požadováno)

K projektové dokumentaci vystaví PDS do 30ti dnů vyjádření, jehož součástí bude požadavek na předložení výchozích revizních zpráv výroby, jejího připojení k DS, ochrany souvisejících s DS a dále místních provozních předpisů.

V případě, že připojení výrobní připojením výrobní vzniká narok PDS na úhradu podílu za připojení dle vyhlášky [7] žadatelem, bude žadateli zaslán také návrh smlouvy o připojení k DS. V opačném případě lze smlouvu o připojení uzavřít až v rámci zahájení zkušebního provozu.

[9]

3.3.6 ZMĚNY ŽÁDOSTI O PŘIPOJENÍ

a) Změny, které lze provést v rámci evidované žádosti o připojení.

- snížení celkového instalovaného výkonu výrobní
- změna typu a počtu vyroben do výše původně požadovaného celkového instalovaného výkonu
- změna umístění výrobní s podmínkou zachování stanoveného místa a způsobu připojení k DS
- změna místa a způsobu připojení výrobní k DS s podmínkou zachování umístění výrobní

V případě požadavku na tyto uvedené změny žádosti je nutné znovu doložit všechny podklady, které jsou požadovanou změnou dotčeny. Změněná žádosti bude znovu posouzena a PDS žadateli vystaví do 30-ti dnů nové stanovisko.

b) Změny, které nelze provést v rámci evidované žádosti o připojení.

- zvýšení celkového instalovaného výkonu výrobní
- změna druhu výrobní
- změna umístění výrobní s návaznou změnou místa připojení k DS
- rozdělení žádosti (rezervovaného výkonu) mezi různé subjekty

V případě požadavku na tyto uvedené změny žádosti je nutné podat novou žádost o připojení.

[9]

3.4 PŘIPOJENÍ K SÍTI

Vlastní výrobní, popřípadě zařízení odběratelů s vlastními výrobními, které mají být provozované paralelně se sítí PDS, je zapotřebí připojit k síti ve vhodném předávacím místě.

Způsob a místo připojení na síť stanoví PDS s přihlédnutím k daným síťovým poměrům, výkonu a způsobu provozu vlastní výrobní, stejně jako k oprávněným zájmům výrobce. Tím má být zajištěno, že vlastní výrobní bude provozovaná bez rušivých účinků, neohrozí napojení dalších odběratelů.

Posouzení možnosti připojení z hlediska zpětných vlivů na síť vychází z impedance sítě ve společném napájecím bodě (zkratového výkonu), připojovaného výkonu, stejně jako druhu a způsobu provozu vlastní výrobní.

Připojení k síti PDS se děje ve předávacím místě s oddělovací funkcí, přístupném kdykoliv personálu PDS. Požadavek na kdykoliv přístupné spínací místo s oddělovací funkcí je u jednofázových zdrojů do 4,6 kVA a trojfázových do 30 kVA splněn, pokud jsou tyto zdroje vybaveny zařízením pro sledování stavu sítě s přiřazeným spínacím prvkem. Spínací prvek může být samostatný nebo být součástí střídače. Princip může být sledování impedance a

vyhodnocování její změny, trojfázové sledované napětí či změna fázoru napětí. Toto zařízení musí být ověřeno akreditovanou zkušebnou.

[9]

3.5 ELEKTROMĚRY, MĚŘICÍ A ŘÍDÍCÍ ZAŘÍZENÍ

Druh a počet potřebných měřících zařízení (elektroměrů PDS) a řidičích přístrojů (přepínačů tarifů) se řídí podle smluvních podmínek pro odběr a dodavku elektřiny příslušného PDS. Proto je nutné projednat jejich umístění s PDS již ve stadiu projektu.

Elektroměry pro účtování a jim přiřazené řídící přístroje jsou uspořádány na vhodných místech udaných PDS.

Měření se volí podle napětíové hladiny, do které výrobná pracuje a podle jejího výkonu typicky

- nízké napětí: podle výkonu výrobný buď přímé (do 80 A) nebo polopřímé
- vysoké napětí: do výkonu transformátoru 630 kVA včetně - měření na straně nn, polopřímé od výkonu 630 kVA měření na straně vn - nepřímé
- 110 kV: měření na straně 110 kV, nepřímé.

Elektroměry pro polopřímé a nepřímé měření se volí elektronické, čtyřkvadrantové. Dodavku a montáž elektroměrů zajišťuje PDS, náklady na jejich instalaci hradí výrobce.

Přístrojové měřicí transformátory napětí či proudu jsou součástí zařízení výrobný. Přístrojové měřicí transformátory musí být schváleného typu, požadovaných technických parametrů a úředně ověřeny.

V případě oprávněných zájmů PDS musí výrobce vytvořit podmínky pro to, aby přes definované rozhraní mohly být na příslušný dispečink PDS přenášeny další údaje důležité pro bezpečný a hospodárny provoz, například hodnoty výkonu a stavy vybraných spínačů.

[9]

3.6 SPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ

Pro spojení vlastní výrobný se sítí PDS musí být použito spínací zařízení (vazební spínač) minimálně se schopností vypínání zátěže (např. vypínač, odpínač s pojistkami, úsekový odpínač), kterému je předržena zkratová ochrana podle části 2.7. Tento vazební spínač může být jak na straně nn, tak i na straně vn nebo 110 kV. Pokud se nepředpokládá ostrovní provoz, lze k tomuto účelu použít spínací zařízení generátoru.

spínací zařízení musí zajišťovat galvanické oddělení ve všech fázích.

U vlastních vyroben se střídači je třeba spínací zařízení umístit na střídavé straně střídače. Při společném umístění ve skříni střídače nesmí být spínací zařízení vyřazeno z činnosti zkratem ve střídači.

Při použití tavných pojistek jako zkratové ochrany u nn generátorů je zapotřebí dimenzovat spínací zařízení minimálně podle vypínacího rozsahu předřazených pojistek.

Výrobce musí prokázat zkratovou odolnost celého zařízení. K tomu mu PDS udá velikost příspěvku zkratového ekvivalentního oteplovacího proudu a velikost nárazového zkratového proudu ze sítě. Způsobí-li nova výrobná zvýšení zkratového proudu v síti PDS nad hodnoty, na

které je zařízení sítě dimenzováno, pak musí výrobce učinit opatření, která výši zkratového proudu z této výroby nebo jeho vliv patřičně omezí, pokud se s PDS nedohodne jinak.

[9]

3.7 OCHRANY

Opatření na ochranu vlastní výroby (např. zkratovou ochranu, ochranu proti přetížení, ochranu před nebezpečným dotykem) je zapotřebí provést podle části 3.5.9 Zásady navrhování zařízení v DS [5]. U zařízení schopných ostrovního provozu je třeba zajistit chránění i při ostrovním provozu.

K ochraně vlastního zařízení a zařízení jiných odběratelů jsou potřebná další opatření využívající ochran, které při odchylkách napětí a frekvence vybaví příslušná spínací zařízení podle části 2.6.

[9]

Je zapotřebí zajistit ochrany s následujícími funkcemi:

Tab. 3-1 Ochrany a jejich nastavení pro vn

Funkce	rozsah nastavení	Příklad nastavení	Časové zpoždění	Příklad nastavení
Podpětí 1. stupeň $U<$	$0.70 U_n$ až $1.0 U_n$	$90 \% U_n$	$t_{U<}$	0,5 s
Podpětí 2. stupeň $U<<$	$0.70 U_n$ až $1.0 U_n$	$80 \% U_n$	$t_{U<<}$	0,1 s
Přepětí 1. stupeň $U>$	$1.0 U_n$ až $1.2 U_n$	$110 \% U_n$	$t_{U>}$	0,5 s
Přepětí 2. stupeň $U>>$	$1.0 U_n$ až $1.2 U_n$	$120 \% U_n$	$t_{U>>}$	0,1 s
Podfrekvence 1. stupeň $f<$	48 Hz až 50 Hz	49,8 Hz	$t_{f<}$	0,5 s
Podfrekvence 2. stupeň $f<<$	48 Hz až 50 Hz	49,5 Hz	$t_{f<<}$	0,1 s
Nadfrekvence $f>$	50 Hz až 52 Hz.	50,2 Hz	$t_{f>}$	0,5 s

Po dohodě s PDS lze upustit od 2. stupně uvedených ochran.

Pro ochrany zdrojů s fázovými proudy do 16 A provozovaných paralelně s distribuční sítí nn, na které se vztahuje ČSN EN 50438 platí následující tabulka..

Tab. 3-2 Ochrany a jejich nastavení pro nn

Parametr	Maximální vypínací čas [s]	Maximální nastavení pro vypnutí
nadpětí	0,2	230 V + 15 %
podpětí	0,2	230 V - 15 %
nadfrekvence	0,2	50,5 Hz
podfrekvence	0,2	49,5 Hz

V některých případech může být s ohledem na síťové poměry třeba jiné nastavení ochran. Proto je jejich nastavení vždy nutné odsouhlasit s PDS. Vhodným podkladem pro tato nastavení jsou

studie dynamického chování zdrojů v dané síti. Podpěťová a nadpěťová ochrana musí být trojfázová. Podfrekvenční a nadfrekvenční ochrana může být jednofázová.

Při připojení vyroben k síti PDS provozované s OZ, které mohou tyto výrobní ohrozit, je zpoždění vypínání přípustné jen tehdy, když je pro nezpožděné odpojení výrobní při OZ k dispozici zvláštní ochrana.

Na rozpoznání stavu odpojení zdroje od sítě PDS může být použita též ochrana na skokovou změnu vektoru napětí nebo relé na výkonový skok.

K provádění funkčních zkoušek ochrany je zapotřebí zřídit rozhraní (např. svorkovnici s podélným dělením a zkušebními svorkami).

Výrobce je povinen si zajistit sám, aby spínání, kolísání napětí, krátkodobá přerušení vč. OZ nebo jiné přechodové jevy v síti PDS nevedly ke škodám na jeho zařízení.

S PDS je zapotřebí dohodnout, které ochrany budou případně zaplombované.

[9]

3.8 ŘÍZENÍ JALOVÉHO VÝKONU

Obecně způsob řízení jalového výkonu závisí vždy na konkrétním místě distribuční soustavy a určuje ho PDS po konzultaci s výrobcem.

3.8.1 ZDROJE PŘIPOJOVANÉ DO SÍTÍ NN

3.8.1.1 Zdroje do 16 A/fázi včetně

Účinník zdroje za normálních ustálených provozních podmínek při dovoleném rozsahu toleranci jmenovitého napětí musí být podle meze 0,95 kapacitní a 0,95 induktivní za předpokladu, že činná složka výkonu je nad 20 % jmenovitého výkonu zdroje.

3.8.1.2 FVE do 4.6 kVA/fázi včetně

U fotovoltaických elektráren do výkonu 4.6 kVA/fázi se kompenzace účinníku nepožaduje.

3.8.1.3 Ostatní zdroje

Účinník zdroje za normálních ustálených provozních podmínek při dovoleném rozsahu toleranci jmenovitého napětí musí být mezi 0,95 kapacitní a 0,95 induktivní za předpokladu, že činná složka výkonu je nad 3 % jmenovitého výkonu zdroje.

U výrobců druhé kategorie musí být při dodávce činného výkonu do DS a při dovoleném rozsahu toleranci jmenovitého napětí účinník v předávacím místě mezi 0,95 kapacitní a 0,95 induktivní za předpokladu, že činná složka výkonu je nad 3 % jmenovitého proudu (transformátoru proudu) předávacího místa.

3.8.2 ZDROJE PŘIPOJOVANÉ DO SÍTÍ VN

Tyto zdroje musí být při dodávce činného výkonu P vybaveny pro některý z následujících režimů řízení jalového výkonu v předávacím místě (u výkonu do 400 kW postačí vybavení pro řízení podle bodu a)):

- a) udržování pevné hodnoty zadaného účinníku $\cos \varphi$
- b) udržování hodnoty účinníku $\cos \varphi = f(P)$

- c) udržování zadané hodnoty jalového výkonu (odběr/dodávka) v rámci provozního diagramu stroje (PQ diagramu)
- d) udržování napětí v předávacím místě (na výstupu generátoru, za blokovým transformátorem nebo v pilotním uzlu DS) v rámci omezení daných PQ diagramem stroje.

Zdroj musí být schopen dodávat jmenovitý činný výkon v rozmezí účinníku $\cos \varphi = 0,85$ až 1 (dodávka jalového výkonu) a účinníku až $\cos \varphi = 1$ až 0,95 (odběr jalového výkonu) při dovoleném rozsahu napětí na svorkách generátoru $\pm 5\% U_n$ a při kmitočtu v rozmezí 48,5 až 50,5 Hz. Při nižších hodnotách činného výkonu se dovolené hodnoty jalového výkonu zjistí podle tzv. „Provozních diagramů“, které musí být součástí provozně-technické dokumentace zdroje. Pokud technologie vlastní spotřeby elektrárny a zajištění napojení vlastní spotřeby neumožňuje využití výše uvedeného dovoleného rozsahu (napětí vlastní spotřeby by se dostalo mimo dovolené meze), lze zvýšit regulační rozsah generátoru např. použitím odbočkového transformátoru napájení vlastní spotřeby s regulací pod zatížením.

Uvedeny základní požadovaný regulační rozsah jalového výkonu může být modifikován, tedy zúžen nebo rozšířen.

Důvodem případné modifikace může být např. odlišná (nižší/vyšší) potřeba regulačního jalového výkonu v dané lokalitě DS nebo zvláštní technologické důvody (výrobní s asynchronními generátory, fotovoltaiky, větrné elektrárny). Taková modifikace předpokládá uzavření zvláštní dohody mezi provozovatelem výrobní a PDS.

[9]

3.9 PODMÍNKY PRO PŘIPOJENÍ

K zabránění zavlečení zpětného napětí do sítě PDS je zapotřebí zajistit technickými opatřeními, aby připojení vlastní výrobní k síti PDS bylo možné pouze tehdy, když jsou všechny fáze sítě pod napětím.

K připojení může být použit jak spínač, který spojuje cele zařízení odběratele se sítí, tak i spínač, který spojuje generátor popřípadě více paralelních generátorů se zbylým zařízením odběratele. Zapnutí tohoto vazebního spínače musí být blokováno do té doby, dokud není na každé fázi napětí minimálně nad rozběhovou hodnotou podpětíové ochrany.

K ochraně vlastní výrobní se doporučuje časově zpoždění mezi obnovením napětí v síti a připojením výrobní v rozsahu minut.

Časové odstupňování při připojování více generátorů v jednom společném předávacím místě je zapotřebí odsouhlasit s PDS.

[9]

3.9.1 ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ

Zvýšení napětí vyvolané provozem připojených vyroben nesmí v nejnepříznivějším případě (přípojném bodu) překročit 2 % pro výrobní s přípojným místem v síti vn a 110 kV ve srovnání s napětím bez jejich připojení

$$\Delta u_{vn,110} \leq 2\% \quad (3.1)$$

pro výrobní s přípojným místem v síti nn nesmí překročit 3 %, tedy

$$\Delta u_{nn} \leq 3\% \quad (3.2)$$

Pokud je v síti nn a vn jen jedno přípojně místo, je možné tuto podmínky posoudit jednoduše pomocí zkratového poměru výkonů

$$k_{k1} = \frac{S_{kV}}{\sum S_{Amax}} \quad (3.3)$$

kde S_{kV} je zkratový výkon v přípojném bodu a $\sum S_{Amax}$ je součet maximálních zdánlivých výkonů všech připojených/plánovaných výroben.

V případě jediného předávacího místa v síti bude podmínka pro zvýšení napětí dodržena vždy, když zkratový poměr výkonů k_{k1} je pro výroby s předávacím místem v síti vn

$$k_{k1vn} \geq 50 \quad (3.4)$$

podobně pro výroby s předávacím místem v síti nn

$$k_{k1nn} \geq 33 \quad (3.5)$$

Pokud je síť nn a vn silně induktivní, pak je posouzení pomocí činitele k_{k1} příliš konzervativní, tzn., že dodávaný výkon bude silněji omezen, než je zapotřebí k dodržení zvýšení napětí. V takovém případě je zapotřebí provést výpočet s komplexní hodnotou impedance sítě s jejím fázovým úhlem Ψ_{kV} , který poskytne mnohem přesnější výsledek.

Podmínka pro maximální výkon pak je pro výroby s předávacím místem v síti vn

$$S_{Amax\ vn} \leq \frac{2\% \cdot S_{kV}}{|\cos(\Psi_{kV} - \varphi)|} = \frac{S_{kV}}{50 \cdot |\cos(\Psi_{kV} - \varphi)|} \quad (3.6)$$

pro výroby s předávacím místem v síti nn

$$S_{Amax\ nn} \leq \frac{3\% \cdot S_{kV}}{|\cos(\Psi_{kV} - \varphi)|} = \frac{S_{kV}}{33 \cdot |\cos(\Psi_{kV} - \varphi)|} \quad (3.7)$$

kde φ je fázový úhel mezi proudem a napětím výroby při maximálním zdánlivém výkonu S_{Amax} .

U výroben, které dodávají do sítě jalový výkon (např. přebuzené synchronní generátory, pulzní měniče), přitom platí:

$$P > 0 \text{ a } Q > 0$$

$$0^\circ \leq \varphi_E \leq 90^\circ.$$

U výroben, které odebírají ze sítě jalový výkon (např. asynchronní generátory, podbuzené synchronní generátory, síti řízené střídače) platí:

$$P > 0 \text{ a } Q < 0$$

$$270^\circ \leq \varphi_E \leq 360^\circ \text{ } (-90^\circ \leq \varphi_E \leq 0^\circ).$$

Pokud pro cosinovy člen, $\cos(\psi_{kV} - \varphi)$ v rovnici (2.6 a 2.7) vychází hodnota menší než 0,1, pak se zřetelem na nejistoty tohoto výpočtu, odhaduje 0,1.

V mnoha případech je v praxi udán maximální připojitelný výkon S_{Amax} , pro který je pak zapotřebí určit zvýšení napětí v přípojném bodu. K tomu je používán následující vztah:

$$\Delta u_{AV} = \frac{S_{Amax} \cdot \cos(\Psi_{kV} - \varphi)}{S_{kV}} \quad (3.8)$$

V propojených sítích, v sítích 110 kV a/nebo při provozu více rozptýlených vyroben v síti je zapotřebí určovat zvýšení napětí s pomocí komplexního chodu sítě. Přitom musí být dodržena Podmínka pro Δu v nejnepříznivějším přípojném bodě.

Při posuzování připojitelnosti vyroben se vychází z neutrálního účinku v předávacím místě do DS, pokud PDS vzhledem k místním podmínkám (bilance jalové energie, napětí v síti) nestanoví jinak. V tomto případě je pak zapotřebí doložit podrobnějšími výpočty bilanci ztrát v síti bez zdroje a při jeho provozu.

[9]

3.10 ZMĚNY NAPĚTÍ PŘI SPÍNÁNÍ

Změny napětí ve společném napájecím bodě, způsobené připojováním a odpojováním jednotlivých generátorů nebo zařízení, nevyvolávají nepřijatelné zpětné vlivy, pokud největší změna napětí pro výrobní s předávacím místem v síti nn nepřekročí 3 %

$$\Delta u_{\max,nn} \leq 3\% \quad (3.9)$$

pro výrobní s předávacím místem v síti vn platí

$$\Delta u_{\max,vn} \leq 2\% \quad (3.10)$$

Toto platí, pokud spínání není častější než jednou za 1,5 minuty.

Při velmi malé četnosti spínání, například jednou denně, může PDS připustit větší změny napětí, pokud to dovolí poměry v síti.

Pro výrobní v síti 110 kV platí pro omezení změny napětí vyvolané spínáním:

a) Normální provoz:

Spínání jedné výrobní jednotky (např. jednoho generátoru větrné turbíny)

$$\Delta u_{\max} \leq 0,5\% \quad (3.11)$$

Spínání celého zařízení (např. větrného parku)

$$\Delta u_{\max} \leq 2\% \quad (3.12)$$

b) Poruchový provoz

Pro změnu napětí při spínání celého zařízení platí

$$\Delta u_{\max} \leq 5\% \quad (3.13)$$

V závislosti na zkratovém výkonu S_{kV} v síti PDS a jmenovitém zdánlivém výkonu S_{nE} jednotlivé výrobní lze odhadnout změnu napětí

$$\Delta u_{\max} = k_{i\max} \cdot \frac{S_{nE}}{S_{kV}} \quad (3.14)$$

Činitel $k_{i\max}$ se označuje jako “největší spínací raz” a udává poměr největšího proudu, který se vyskytuje v průběhu spínacího pochodu (např. zapínací raz I_a) ke jmenovitému proudu generátoru nebo zařízení, např.

$$k_{i\max} = \frac{I_a}{I_{nG}} \quad (3.15)$$

Výsledky na základě tohoto “největšího zapínacího rázu” jsou na bezpečné straně.

Pro činitel zapínacího rázu platí následující směrné hodnoty:

$k_{i\max} = 1$ synchronní generátory s jemnou synchronizací, střídače

$k_{i\max} = 4$ asynchronní generátory, připojované s 95 až 105 % synchronních otáček, pokud nejsou k dispozici přesnější údaje o způsobu omezení proudu. S ohledem na krátkodobost přechodového jevu musí přitom být dodržena dále uvedena podmínka pro velmi krátké poklesy napětí

$k_{i\max} = I_a/I_{nG}$ asynchronní generátory motoricky rozbíhané ze sítě

$k_{i\max} = 8$ pokud není známo I_a .

[9]

3.11 ZPĚTNÉ VLIVY NA NAPÁJECÍ SÍŤ

Aby nebyla rušena zařízení dalších odběratelů a provozovaná zařízení PDS, je zapotřebí omezit zpětné vlivy místních vyroben. Pro posouzení je třeba vycházet ze zásad pro posuzování zpětných vlivů a jejich přípustných mezí.

Bez další kontroly zpětných vlivů mohou být výrobní připojeny, pokud poměr zkratového výkonu sítě S_{kV} ke jmenovitému výkonu celého zařízení S_{rA} je větší než 500.

Pokud výrobce nechá své zařízení ověřit v uznávaném institutu, pak lze do posuzování připojovacích podmínek zahrnout příznivější činitel S_{kV}/S_{rG} (<500).

Pro individuální posouzení připojení jedné nebo více vlastních vyroben v jednom společném napájecím bodu je třeba vycházet z následujících mezních podmínek:

[9]

3.11.1 ZMĚNA NAPĚTÍ

$$\Delta u \leq 3\% \cdot U_n \text{ (pro společný napájecí bod v síti nn)}$$

$$\Delta u \leq 2\% \cdot U_n \text{ (pro společný napájecí bod v síti vn a 110 kV- viz těž část 2.9).}$$

3.11.2 FLIKR

DLOUHODOBY FLIKR

Pro posouzení jedné nebo více vyroben v jednom předávacím místě je zapotřebí se zřetelem na kolísání napětí vyvolávající flikr dodržet ve společném napájecím bodě nn a vn mezní hodnotu

$$P_{lt} \leq 0,46 \quad (3.15)$$

ve společném napájecím bodě 110 kV mezní hodnotu

$$P_{lt} \leq 0,37 \quad (3.16)$$

Dlouhodobá míra flikru P_{lt} jednoho zdroje může být určena pomoci činitele flikru c jako

$$P_{lt} = c \cdot \frac{S_{nE}}{S_{kV}} \quad (3.17)$$

S_{nE} je jmenovitý výkon zařízení.

Pokud je hodnota vypočtena podle předchozí rovnice větší než 0,46, je možné do výpočtu zahrnout fázové uhly a počítat podle následujícího vztahu

$$P_{lt} = c \cdot \frac{S_{nE}}{S_{kV}} |\cos(\Psi_{kV} + \varphi_i)| \quad (3.18)$$

Pozn.: Je-li ve zkušebním protokolu zařízení vypočítána hodnota činitele flikru c pro úhel impedance sítě ψ a tím je udána jen hodnota $c\psi$, použije se tato hodnota flikru. Přitom je však třeba vzít v úvahu, že v tomto případě se už kosinový člen nerespektuje, event. se dosazuje roven 1.

U výroby s více jednotlivými zařízeními je zapotřebí vypočítat P_{lt} pro každé zvlášť a výslednou hodnotu pro flikr ve společném napájecím bodě určit podle následujícího vztahu

$$P_{lt-res} = \sqrt{\sum_i P_{lt-i}^2} \quad (3.19)$$

U zařízení s n stejnými jednotkami je výsledný činitel pro flikr

$$P_{lt-res} = \sqrt{n} \cdot P_{lt-i} = \sqrt{n} \cdot c \cdot \frac{S_{nE}}{S_{kV}} \quad (3.20)$$

3.11.3 PROUDY HARMONICKÝCH

Harmonické vznikají především u zařízení se střídači nebo měniči frekvence. Harmonické proudy emitované těmito zařízeními musí udat výrobce, např. zprávou o typové zkoušce.

3.11.3.1 Výrobní v síti nn

Za předpokladu, že do sítě nn nemohou být připojeny více, než dvě větší vlastní výrobní s maximálním výkonem po 10 % jmenovitého výkonu distribučního transformátoru, mohou být pro posouzení harmonických proudů (I_v) použita následující jednoduchá kritéria:

$$\text{Přípustný proud } I_{vnn} = \text{vztažný proud } i_v \cdot \frac{S_{kV}}{\sin \Psi_{kV}} \quad (3.21)$$

$\sin \psi_{kV} = X_k/Z_k$ (≈ 1 , když je předávací místo blízko transformátoru vn/nn).

vztažný proud i_v je uveden v tabulce.

Tab. 3-3 Vztažné hodnoty proudu pro harmonické u nn

řád harmonické v	vztažný proud i_v : (A/MVA)
5	3.0
7	2.5
11	1.5
13	1.0

Tento výpočetní postup nemůže být použit, pokud je společný napájecí bod v síti vn (např. větrná elektrárna).

3.11.3.2 Výrobní v síti vn

Pro pouze jediné předávací místo v síti vn lze určit celkové v tomto bodě přípustné harmonické proudy ze vztažných proudů $i_{vpř}$ z Tab.2-4 násobených zkratovým výkonem ve společném napájecím bodu

$$I_{vpř} = i_{vpř} \cdot S_{kV} \quad (3.22)$$

Pokud je ve společném napájecím bodu připojeno několik zařízení, pak se určí harmonické proudy přípustné pro jednotlivá zařízení násobením poměru zdánlivého výkonu zařízení S_A k celkovému připojitelnému nebo plánovanému výkonu S_{AV} ve společném napájecím bodu

$$I_{vpř} = i_{vpř} \cdot \frac{S_A}{S_{SA}} = i_{vpř} \cdot S_{kV} \cdot \frac{S_A}{S_{SA}} \quad (3.23)$$

U zařízení sestávajících z jednotek stejného typu lze za S_A dosadit ΣS_{nE} . To platí též pro větrné elektrárny. U zařízení z nesterýných typů jde pouze o odhad.

Celkově přípustné harmonické proudy pro síť vn, vztažené na zkratový výkon, které jsou vyvolány zařízením přímo připojeným do této sítě, jsou uvedeny v Tab.2-4.

Pro harmonické s řady násobků tři platí hodnoty v Tab.2-4 pro nejbližší řad, a to pouze, pokud se nulová složka proudů z výroby neuzavírá do sítě.

Tab. 3-4 Vztažné hodnoty proudu pro harmonické u vn

Řád harmonické μ, ν	Přípustný vztažný proud harmonických $i_{\mu \nu}$ [A/MVA]		
	Síť 10 kV	Síť 22 kV	Síť 35 kV
5	0,115	0,058	0,033
7	0,082	0,041	0,023
11	0,052	0,026	0,015
13	0,038	0,019	0,011
17	0,022	0,011	0,006
19	0,016	0,009	0,005
23	0,012	0,006	0,003
25	0,01	0,005	0,003
>25 nebo sudé	0,06/ μ	0,03/ μ	0,017/ μ
$\mu < 40$	0,06/ μ	0,03/ μ	0,017/ μ
$\mu > 40$	0,16/ μ	0,09/ μ	0,046/ μ

[9]

3.11.3.3 OVLIVNĚNÍ ZAŘÍZENÍ HDO

Zařízení hromadného dálkového ovládání (HDO) jsou obvykle provozována s frekvencí v rozmezí 183,3 až 283,3 Hz. Místně použitou frekvenci HDO je zapotřebí zjistit u PDS. Vysílací úroveň je obvykle 1,5 % až 2,5 % U_n . Vysílače HDO jsou dimenzovány na zatížení, jež do určité míry vychází z 50 Hz zatížení sítě, kterou napájí svým signálem. Výrobní připojené do přípojnice, do níž se vysílá signál HDO ho ovlivňují přídavným zatížením vysílačů HDO, které plyne z:

- vlastního zařízení výroby
- zvýšeného zatížením sítě, které je v důsledku výroby k síti připojeno.

V těchto případech se posuzuje vliv výroby na zatížení vysílače HDO. Vychází se z informace PDS o jeho zatížení a jmenovitém proudu. Přípustné zvýšení zatížení vysílače do 110 kV a vn je 5 % jmenovitého proudu.:

Výrobní připojované k síti mimo přípojnicí, do níž se vysílá signál HDO smí způsobit snížení úrovně signálu HDO maximálně o 5% za předpokladu, že bude dodržena minimální přípustná úroveň signálu HDO určena měřeními. Tato úroveň musí být zaručena i při mimořádných zapojeních sítí. Pro frekvence 194 – 283,3 Hz jsou minimální úrovně signálu HDO:

- NN 150% U_f ,
- VN 190% U_f ,

- 110 kV 200% U_f .

U_f je náběhové napětí přijímače, které obvykle bývá v rozmezí 0,8 – 0,9 U_n .

Nepřípustným změnám hladiny signálu HDO v přípojném bodu, je obecně zapotřebí zamezit odpovídajícími technickými opatřeními, zpravidla hradicími členy. Jejich technické parametry musí být odsouhlaseny PDS.

Při posuzování poklesů hladiny signálu HDO výrobny je zapotřebí uvažovat následující hlediska:

- Zdroje připojené statickými střídači bez filtrů zpravidla nezpůsobují významné snížení hladiny signálu HDO. Pokud jsou vybaveny filtry nebo kompenzačními kondenzátory, pak je zapotřebí přezkoušet sériovou rezonanci s reaktancí nakrátko transformátoru výroby.
- Zdroje, jejichž synchronní nebo asynchronní generátory jsou připojeny do sítě přes transformátor, vyvolávají tím nižší pokles signálu, čím je vyšší zkratová reaktance generátoru a transformátoru, čím je vyšší frekvence HDO a zkratový výkon sítě.

Kromě omezení poklesu hladiny signálu HDO nesmí být též produkována nežádoucí rušivá napětí.

Obecně platí:

- výrobnou vyvolané rušivé napětí, jehož frekvence odpovídá místně použité frekvenci HDO nebo leží v bezprostřední blízkosti, nesmí překročit 0.1 % U_n
- napětí produkováná výrobnou, jejichž frekvence je do 100 Hz pod nebo nad místně použitou frekvenci HDO, nesmějí v přípojném bodu překročit 0.3 % U_n .

Výše uvedené hodnoty 0.1% U_n resp. 0.3% U_n vycházejí z předpokladu, že v síti nn nejsou připojeny více, než dvě vlastní výroby. Jinak jsou zapotřebí zvláštní výpočty.

Pokud vlastní výroba nepřípustně ovlivňuje provoz zařízení HDO, je zapotřebí, aby její provozovatel učinil opatření potřebná k odstranění ovlivnění, a to i když ovlivnění je zjištěno v pozdějším čase.

Bez posouzení je možné připojit k síti výroby, nepřesáhne-li jejich výkon v přípojném bodu a výkon v celé síťové oblasti hodnoty uvedené v Tab. 2-5.

Tab. 3-5 Hodnoty výkonu, které je možno připojit bez posouzení

Napěťová úroveň [kV]	Celkový výkon výrobních zařízení	
	V přípojném bodu	V síťové oblasti
0,4	10 kVA	20 kVA
VN	2MVA	4MVA
110	20 MVA	40 MVA

4 PROBLEMATIKA FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ

4.1 Definice FV systému

FV systém vyrábí elektřinu ze sluneční energie. Samotný FV systém se skládá z několika komponentů.

- FV panel – slouží pro přeměnu sluneční energie na stejnosměrné hodnoty elektrické energie
- propojovací kabel – slouží pro propojení více FV panelů, připojení k měniči napětí a připojení do sítě přes elektroměr.
- Měnič – slouží k přeměně stejnosměrného proudu na střídavý
- Konstrukční prvky – slouží k upevnění FV panelu na příslušné místo
- Elektroměry – používají se pro měření spotřeby či dodávky elektrické energie

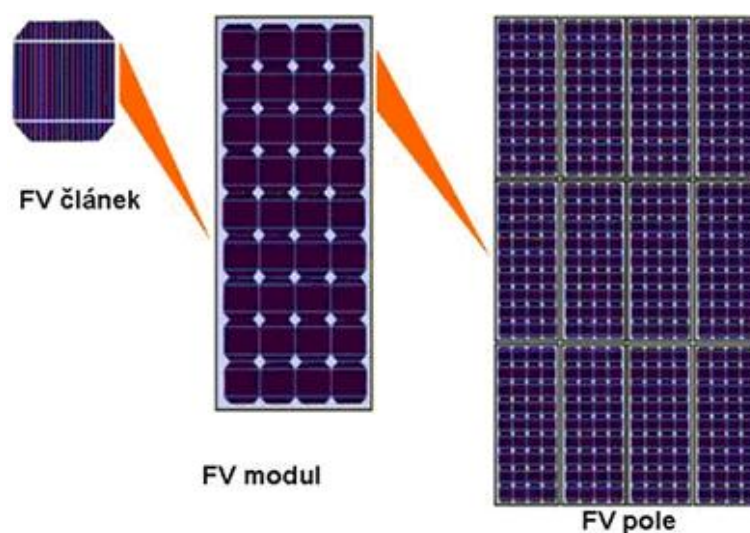
4.2 Komponenty FV systému

4.2.1 Fotovoltaické panely

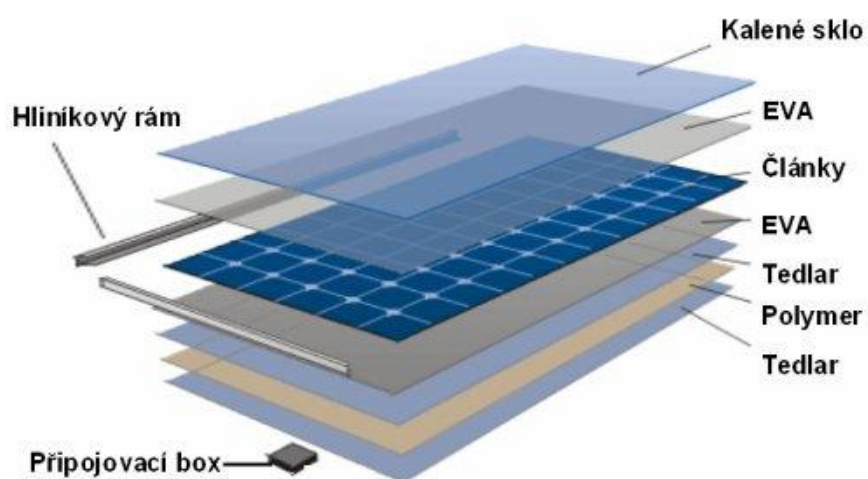
Samostatný FV článek má jen velmi malé využití. Výstupní napětí i výkon je pro většinu aplikací příliš malý. Proto se články podle požadovaného napětí a odebíraného proudu spojují a tak společně vytvářejí FV panel (modul) Obr. 3-1 [14]. Spojením více panelů vzniká rozměrné FV pole, které je možno instalovat například na střechy budov (šikmé, ploché), případně fasády. Pro dosažení vysoké životnosti se moduly uzavírají nejčastěji do duralových rámců s eloxovou úpravou povrchu. Panely jsou opatřeny vysoce průhledným tvrzeným sklem, vyznačujícím se vysokou stálostí propustnosti světla a organickou komfortní EVA folií (etylen vinyl acetát) pro bezpečné uložení. Tyto úpravy chrání moduly před povětrnostními vlivy a také proti mechanickému poškození, ke kterému může během instalace dojít. Konstrukce je zobrazena na Obr. 3-2 a Obr. 3-3 [22]. [12]

Pomocí této konstrukce dokáže FV panel dobře odolávat větru, mrazům, případně silnému krupobití. Přirozeně lepší volbou je FVS již při instalaci pojistit proti živelné pohromě. Deklarovaná životnost od výrobce se pohybuje v intervalu 20 – 25 let. Jelikož průběhem používání FV panely degradují, garantována účinnost během prvních 10 let se pohybuje kolem hranice 90 %, po 25 letech pak účinnost 80 %. [13]

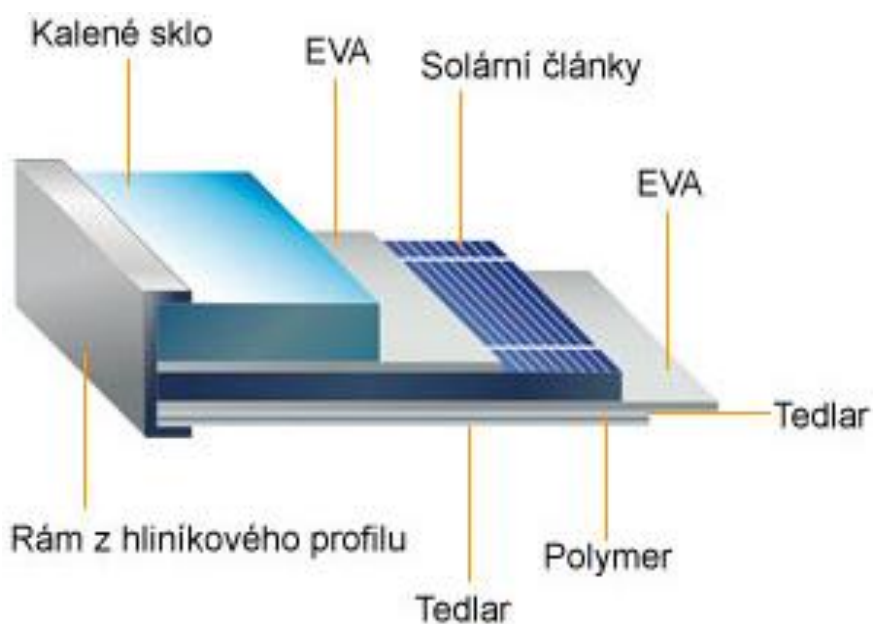
K nejvíce rozšířeným FV panelům současnosti patří křemíkové.



Obr. 4-1 Posloupnost prvků FV panelu



Obr. 4-2 Konstrukční řešení FV panelu s krystalickými křemíkovými články

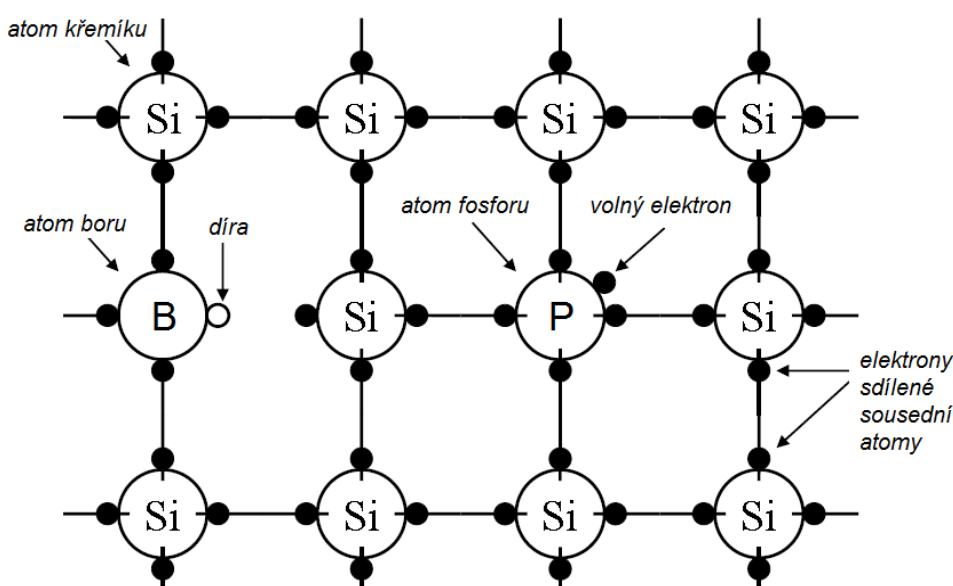


Obr. 4-3 Detail konstrukce FV panelu

4.2.1.1 FV článek

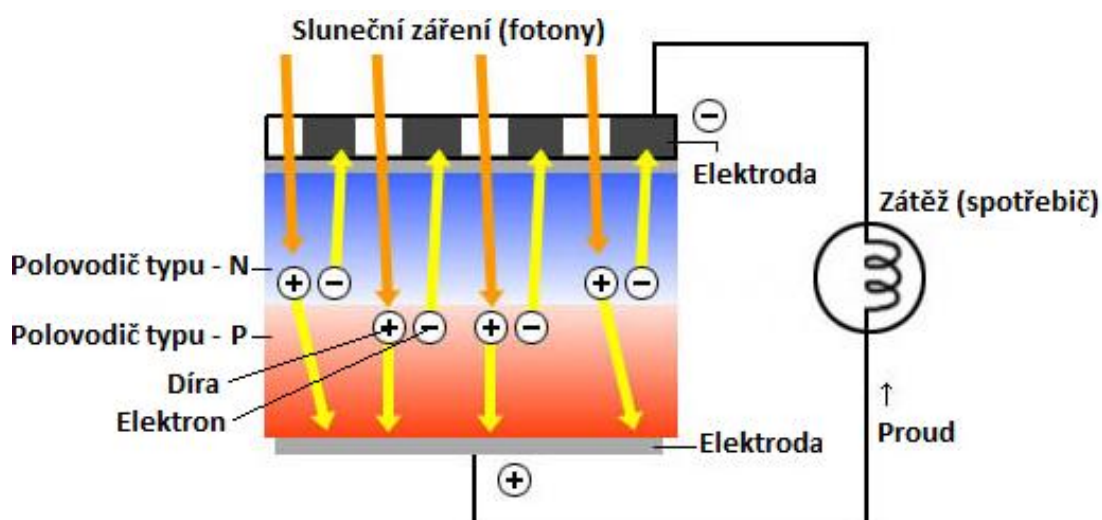
Fotovoltaický jev

Je část studie o fotoelektrickém jevu nazývaného vnitřní fotoelektrický jev. Jak už bylo řečeno, fotovoltaický jev objevil A.D. Becquerel. Tento jev si můžeme jednoduše prakticky předvést s použitím obyčejné LED diody. Pokud LED diodu osvětlíme, vznikne na jejích kontaktech (anodě a katodě) elektrické napětí. Jedná se o opačný děj, než pro který je dioda používána tj. přeměna elektrické energie na světlo. Fyzikální popis tohoto principu, na kterém je založena přeměna energie fotonu na elektrickou energii je značně obsáhla. Detailní proces lze nalézt v kterékoliv knize, ve které se probírá problematika Fyzika v pevných látkách. Pokud chceme přeměnit energii fotonu (záření) potřebujeme pouze volné elektrony a elektrické pole, které je uvede do pohybu směrem ze zdroje do spotřebiče (zátěže). Volné elektrony nalezneme v kovech, ovšem přinutit elektrony, aby prošly elektrickým obvodem a předali energii získanou ze slunečního záření spotřebiči ve formě užitečné práce je značně obtížné. Mnohem snadněji uvolníme elektrony u polovodiče. Nejpoužívanějším polovodičovým materiálem je křemík. U něj se sice volné elektrony nevyskytují, ale poměrně snadno mohou vzniknout např. teplem nebo slunečním zářením, a tím dochází ke zvýšení jeho vodivosti. Křemík je krystalická látka se strukturou podobnou diamantu, obsahuje čtyři valenční elektrony. Při absorpci fotonu ze záření dojde k přenosu jeho energie na elektron ve valenční vrstvě některého atomu křemíku. Elektron se uvolní a v mřížce zůstane jeden přebytečný kladný náboj (díra). Do této díry mohou přejít elektrony z jiného atomu křemíku a díra se může volně pohybovat. Díra se pak chová jako kladný náboj. Pokud ovšem chceme donutit uvolněné elektrony a díry, aby prošly vnějším obvodem, musíme je od sebe nejdříve oddělit. FV článek proto není vyroben z čistého křemíku, ale ze dvou vrstev, které naschvál „znečistíme“ tak, aby jedna vrstva obsahovala příměs prvku s menším počtem valenčních elektronů (trojmocný prvek), např. boru nebo india, potom se jedná o polovodič typu p (pozitivní, protože zde jeden elektron chybí a vznikla díra se chová jako kladná částice) a druhá vrstva s větším počtem valenčních elektronů (pětimocný prvek), např. fosfor nebo antimonu, pak se jedná o polovodič typu n (negativní, protože v něm přebývají záporné nosiče náboje elektrony) znázornění na Obr. 3-4. [1]



Obr. 4-4 Schematické znázornění struktury polovodiče

Jejich spojením vznikne tzv. p-n přechod, který je základem v diodách a tranzistorech, které obsahuje dnešní elektroniky. Základem FV článku je tedy jeden velký p-n přechod. Tyto nosiče mohou volně procházet, elektrony z vrstvy, kde je jich více do vrstvy, kde je jich méně. Tím to jevem vznikne na p-n přechodu elektrické pole, které dalšímu přesunu elektronu zabrání (dojde k ustavení dynamické rovnováhy). Elektrické pole oddělí elektrony a díry vzniklé absorpcí fotonu. Elektrony vzniklé v polovodiči p propustí p-n přechod do polovodiče typu n a elektrony vzniklé v polovodiči n jsou elektrickým polem odpuzovány od polovodiče p. Elektrony se tak hromadí v polovodiči n. Díry se chovají přesně naopak, ty se koncentrují v polovodiči p. Tyto koncentrace mají za následek vznik elektrického napětí, které za pomoci sběrných kontaktů (elektrod) připojené na spotřebič zapříčiní průchod proudu, který vykoná na spotřebič práci. FV článek slouží jako zdroj elektrického proudu díky tomu, že elektrony uvolněné absorpcí fotonů ze slunečního záření musí napřed projít přes zátěž, a teprve potom se mohou opět spojit s dírami (rekombinovat) zobrazení na Obr. 3-2 [10]. [3]



Obr. 4-5 Schéma FV článku a princip činnosti

4.2.1.2 Typy fotovoltaických článků

A) Generační rozdělení

První generace:

FV články se vyskytují nejčastěji z desek monokrystalického křemíku, které společně tvoří PN přechod. FV články se prodávají již od sedmdesátých let a to až do dnes, kde tvoří převážnou část trhu a to asi 90%. Jsou charakterizovány velmi dobrou životností při zachování účinnosti, ta se v sériové výrobě pohybuje od 14% do 17%. Při výrobě speciální, pro laboratorní účely, může účinnost dosahovat až 25 %. Nevýhodou je to, že pro výrobu se musí používat velké množství velmi čistého křemíku [20],[21].

Druhá generace:

Zde dochází k výraznému snížení množství čistého křemíku. Zároveň se začínají používat jiné prvky než křemík. Nejčastěji jde o nahrazování polykrystalickým a amorfním křemíkem s podstatně tenčí vrstvou oproti předchozí generaci a to až 1000 krát. Snížení množství křemíku negativně ovlivňuje účinnost panelu (okolo 10 %), na stranu druhou nám tenký profil přináší úsporu hmotnosti a zlepšení mechanických vlastností, zejména pružnosti. Dnes již lze i v komerčním sektoru zakoupit futuristické studie batohů a dalšího vybavení s integrovanými FV

panely. Zajímavé řešení víceúčelovosti můžeme najít na tzv. FV foliích splňujících izolační požadavky pro ploché střechy se současnou výrobou elektrické energie [20],[21].

Třetí generace:

Oblast, na které stále intenzivně probíhají výzkumné práce. Snaha o maximální využití energie dopadajících fotonů slunečního záření, nejčastěji ve formě několikanásobných přechodů tenkých vrstev. Sledovat lze také snahu o použití jiné metody oddělování nábojů, než PN přechody. Fotoelektrochemické (fotogalvanické) články nebo použití nanostruktur ve formě uhlíkových tyček a trubiček, nebo kvantových teček nanesených na vhodné podložky. Cíleně je zde pak možno ovlivňovat elektrické a optické vlastnosti pro nejefektivnější využití.

[20],[21]

Čtvrtá generace:

Posledním vývojovým stupněm rozumíme vícevrstvé profily plně využívající širokého slunečního spektra. Vrstvení profilů je založeno na principu naladění vrstev na různé vlnové délky. Vlnová délka záření se často mění. Při dopadu slunečního záření na vrstvu, která ho nedokáže využít, pak dochází k propuštění záření k vrstvě, jejíž vlnová délka odpovídá vhodnému využití.

[20],[21]

B) Fotovoltaické články na bázi křemíku

Od výroby prvního sériově vyráběného FV článku až po současnost byla vyzkoušena různá řada prvků. Ale nejrozšířenějším prvkem je doposud křemík, jeho zastoupení ve FV článcích je 90%. Značnou míru na tom má celkové zastoupení křemíku v elektronice ale i to že se jedná o prvek, který je v zemské kůře zastoupen z 26% celkově je na druhém místě. Cena je závislá na čistotě požadovaného křemíku. Pro elektroniku se pohybuje čistota až 99,9999999%

[1]

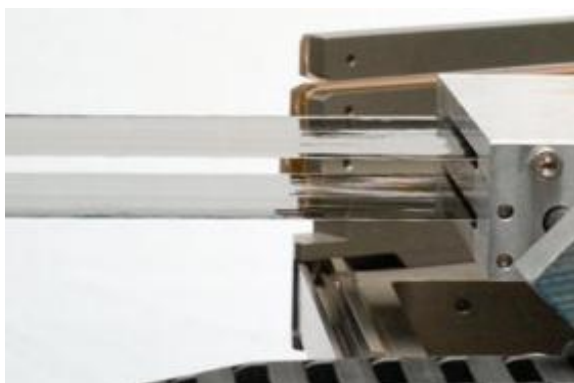
Křemíkové monokrystalické články

První FV články se vyráběli z monokrystalického křemíku, nejčastěji Czochralského metodou tažením zárodků krystalu z taveniny v ingoty (Obr. 3-6 [23]), které se poté řezou pomocí drátové pily na tenké plátky. Přirozenou snahou je co nejtenčí řez, při němž dochází k nejnižším materiálovým ztrátám. Dále dochází k opracování plátek, odstraňují se nečistoty a dosahujeme geometrických požadavků pro jejich vrstvení. Pro vytvoření PN přechodu se přidává fosfor, který vytváří podmínky pro vznik N vrstvy. Odpad při řezání a náročnost této technologie patří k hlavním negativním aspektům této technologie. Jiná možnost nabízí přímé tažení křemíkových pásků (Obr. 4-7 [15]) z taveniny (technologie Ribbon Silicon). Rozřezávání těchto polotovarů probíhá již snadněji a umožňuje výrobu větší plochy. Bohužel účinnost článků vyrobených touto metodou nedosahuje účinnosti článků z vrstev z rozřezaných ingotů.

[1]



Obr. 4-6 Ingot monokrystalického křemíku



Obr. 4-7 Výroba křemíkových pásků

Křemíkové polykrystalické články

V zásadě se skládají z většího množství různě velkých krystalů křemíku. Vyrábí se odléváním do forem nejčastěji čtverec možno jiný tvar. Výroba je sice levnější a rychlejší, ale křemík je méně čistý a má menší účinnost okolo 13% až 16%, která je způsobena ztrátami proudu na hranicích jednotlivých krystalů. V praxi má o lepší účinnost při difúzním záření je proto vhodnější na stacionární plochy. Rozdíl mezi monokrystalem a polykrystalem je patrný pouhým okem a je zobrazen na Obr. 3-8., kde je vidět jasné hranice zrn. [1]



Obr. 4-8 Článek monokrystalu a polykrystalu

Amorfní křemíkové články

Jedná se o články, které mají nepravidelnou krystalovou strukturu s velkým počtem poruch. Jejich sinost se pohybuje okolo 5% až 7%. Amorfní články se vyrábí pomocí rozkladu vhodných sloučenin křemíku ve vodíkové atmosféře, což umožňuje vyrobit velmi tenké vrstvy, a to znamená výrazný pokles ceny a zároveň s vysokou hodnotou pohltivosti slunečního záření. Tyto tenké vrstvy vykazují vynikající pružnost. Vrstvy se dají nanášet na různý povrch sklo, plast, nerez. Používají se na krycí fólie, dají se našít na oblečení a batohy. Nepravidelná struktura pochopitelně přináší vady, vedoucí na jistou nestabilitu způsobenou přítomností vodíku. Hlavním rysem nestability je zpočátku klesající účinnost. K ustálení účinnosti dochází až po určitém čase.

[1].



Obr. 4-9 Amorfní křemíkový panel

C) Nové trendy - Fotovoltaické články na bázi jiných prvků než křemík

Vývoj FV článků z jiného prvku než křemík se v poslední době zase obnovil a to ne kvůli kosmickému výzkumu, kdy hledali co nejlepší výkon a největší odolnost nehlédě na cenu. Dnešní vývoj chce najít co možná nejlepší poměr ceny a výkonu. Do značné míry se vědci pokouší najít jiné materiály, které by nahradily křemík. Většina nově zkoumaných článků je tenkovrstvá, která se dají vyrábět napařováním nebo jinými metodami, při kterých není potřeba takové množství, a proto jsou do budoucna velice slibné, co se týče produktivity za nízkých nákladů.

[11]

Galiumarsenid (GaAs)

Jde o monokrystalické tenkovrstvé články, které se dají vyrobit s odlišnými vlastnostmi pro určitý účel. Změna poměru Ga a As spolu s použitím různých přísad (Al, P, Sb, In) se dá vytvořit p-n přechod. Články mají vysokou absorpci záření. Vrstva o tloušťce několika mikronů pohltí skoro všechno záření. Mají lepší teplotní závislost než křemíkové články, u kterých se s rostoucí teplotou účinnost snižuje. Nevýhodou článku je dostupnost galia, které je vzácnější než zlato a arsen je jedovatý prvek.

[1]

Diselenid mědi a india (CuInSe, CIS)

Tyto články jsou velice tenké a mají velikou absorpci. V prvním mikrometru tloušťky se pohltí 99% slunečního záření. Dosahují účinnosti 18%. Mají velký potenciál vzhledem k nízké spotřebě materiálu. Články CIS, které obsahují galium, mají podobné vlastnosti. Pro srovnání z FV panelu (za dobu jeho životnosti) obsahujícího 1kg CIGS získáme více energie než 5 kg obohaceného uranu.

[1]

Telurid kadmia (CdTe)

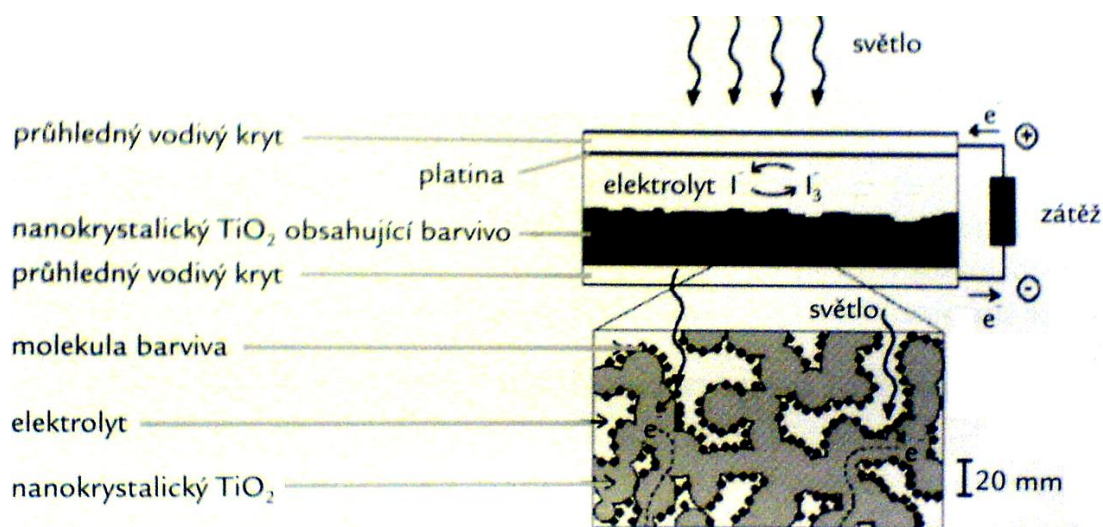
Tento materiál má skoro ideální vzdálenost valenčního a vodivostního pásu 1,44 eV a velkou absorpci slunečního záření, která není lepší jak křemík za běžných podmínek. Tento článek lze vyrábět nízkonákladovými technologiemi. Hlavní výhodou by měla být nízká cena za W výkonu a krátká energetická návratnost (5 měsíců). [1]

D) Články využívající organické látky

Jejich vývoj je zaměřen na nízkou cenu, pružnost a ohebnost. Ačkoliv se vytvořil celý obor „Flexible Electronics“, který se zabývá různého využití organických látek v elektronice. V současné době ovšem je velice nepřehledný a ne zcela praktický využitelný. Je zde několik možností jak vytvořit FV článek za pomoci organické sloučeniny.:

Fotogalvanické články s organickým barvivem (Tekuté články)

V 90. letech vytvořil Grätzel FV články s organickým barvivem, které se podle něho jmenují Graetzelovy články. Průhledné elektrody slunečního článku jsou tvořeny sklem pokrytým tenkou vrstvou SnO_2 či ZnO . Vrstva oxidu titaničitého tzv. nanokrystalický TiO_2 je nanosená na jednu elektrodu, po sintraci na vzduchu při 450°C vznikne vysoce porézní vrstva, která rozptýluje světlo. Vrstva je nasáknuta vodným roztokem elektrolytu obsahující redox dvojici (jód, jodid) a vhodného barviva. Absorpce světla nastává v tomto barvivu. Elektrolyt je roztok jodidu draselného v etylenglykolu, druhou elektrodu tvoří grafit, nanesený opět na "vodivém skle". Celá struktura je utěsněna proti ztrátě elektrolytu. Tyto články mají nesporné výhody vůči klasickým PV článkům na bázi křemíku, germania apod. Vzhledem k dostupnosti TiO_2 , dosahujeme nižší náklady spojené s přepracováním a přípravou substrátů. Dále pak lehko dostupný základní materiál, s teplotou se zvyšuje výkon. Nevýhodou je potíž s kapalným a korozivním elektrolytem, který musí být dostatečně izolován. Navíc použité barvivo musí vydržet dlouhou dobu slunečního svitu a nesmí se rozkládat. Struktura tekutého článku je zobrazena na Obr. 3-10. [1]



Obr. 4-10 Struktura článku s oxidem titaničitým a organickým barvivem

E) Nanostruktury

S postupem času dokážeme manipulovat s těmi nejmenšími stavebními prvky našeho světa. Dosáhli jsme doby, kdy manipulujeme s jednotlivými atomy. Dokážeme sestavit strukturu tzv. kvantové destičky, kde nastavujeme potřebnou velikost šíře zakázaného pásma. Takové struktury dokážou na jeden foton uvolnit dva až tři elektrony.

Mnohem slibnější se zdá využití nanotechnologií pro vytváření matných povrchů, které odrážejí jen malou část dopadajícího záření. Lesklý namodralý vzhled běžných typů FV článků nám napovídá, že část slunečního záření v modré oblasti spektra se odráží. Tím pochopitelně klesá jejich účinnost. V krátké době jsme v této oblasti zaznamenali velký pokrok – od jednoduchého převrstvení křemíkového povrchu nanočásticemi křemíku metodou rotačního pokrytí až po složité vícevrstevné struktury. Sedm vrstev tvořených střídavě nakloněnými sloupečky nanometrových rozměrů z oxidu křemičitého nebo oxidu titaničitého, každá o síle 50 až 100 nm, vytvoří povrch, který pohltí přes 96 % dopadajícího slunečního záření (bez ohledu na úhel dopadu). Složité struktury je třeba vytvářet proto, že nestačí pouze foton pohltit, ale především zachycenou energii efektivně přenést do fotovoltaicky aktivního materiálu.

[11]

F) Fotogalvanické články z vodivých polymerů

Do značné míry se jedná o analogii s články s p-n přechodem. Ve směsi vodivých polymerních molekulách, kdy jedna s elektroakceptorové a druhé elektrondonorové vlastnosti. Nízká cena a nenáročná příprava kompenzují nízkou účinnost konverze, která dosahuje maximálně 7 %. Problémem všech doposud připravených vodivých polymerů zůstává i jejich chemická a fotochemická nestabilita, především rozklad vlivem ultrafialového záření a oxidace vzdušným kyslíkem. Přes veškerá zmíněná negativa je výzkum v oblasti organických fotovoltaických materiálů velmi perspektivní.

[1]

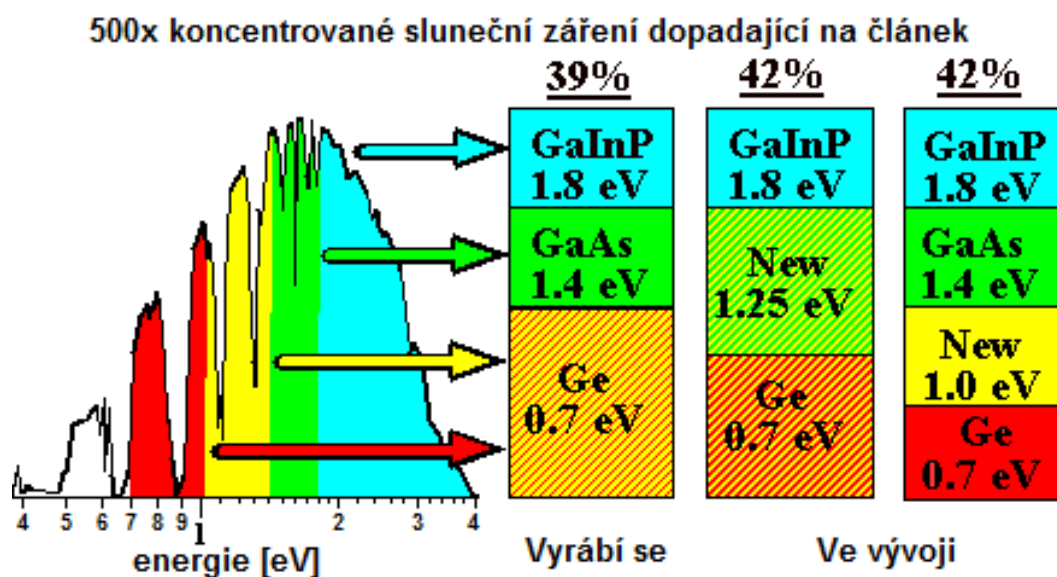
G) Biologické systémy

Dlouhodobě velká pozornost je věnována fotosyntetickému systému rostlinných buněk, který se pro vybrané vlnové délky viditelného záření vyznačuje takřka stoprocentní energetickou účinností. Během fotosyntézy dochází k absorpci fotonů chlorofylem, obdobně jako u FV článků modifikovaných barviv. Výsledkem složitého sledu následných reakcí však není přímo zisk elektrické energie, ale syntéza energeticky bohatých sloučenin, především cukrů. Vysokou energetickou účinnost chloroplastů – center fotosyntézy – zajišťuje složitý komplex mnoha velkých molekul s překrývajícími se orbitaly. Zatím se nikomu nepodařilo napodobit fotosyntézu in vitro, nicméně první dílčí úspěchy již byly zaznamenány.

[11]

H) Vícepřechodové struktury (multijuncion)

Rozpor mezi velikostí zakázaného pasu a účinností se dá do značné míry vykompenzovat za použitím vícepřechodového přechodu, kdy každý přechod bude optimalizovaný pro určitou část slunečního spektra. Bude využívat fotony z různé energie. Dosáhneme tak mnohem lepší využitelnosti energie dopadajícího záření. Výsledkem je sice menší proud ale větší napětí článku. Teoreticky je možné využít celé sluneční spektrum ovšem praktický by to bylo dosti obtížné. Předpokládá se ovšem jejich vysoká cena, proto se uvažují používat s koncentrátory slunečního světla (čočky, zrcadla), které by záření soustředili na malou plochu a nabylo by potřeba tak velká a tudíž drahá plocha. Obrázek 3-11 [3]. Zobrazuje 3 a 4 přechodové vrstvy, kdy každá vrstva pro překonání zakázaného pásu potřebuje jinou hodnotu energie tj. fotony o různé energii. [1]



Obr. 4-11 Schematické znázornění vícepřechodové struktury článku

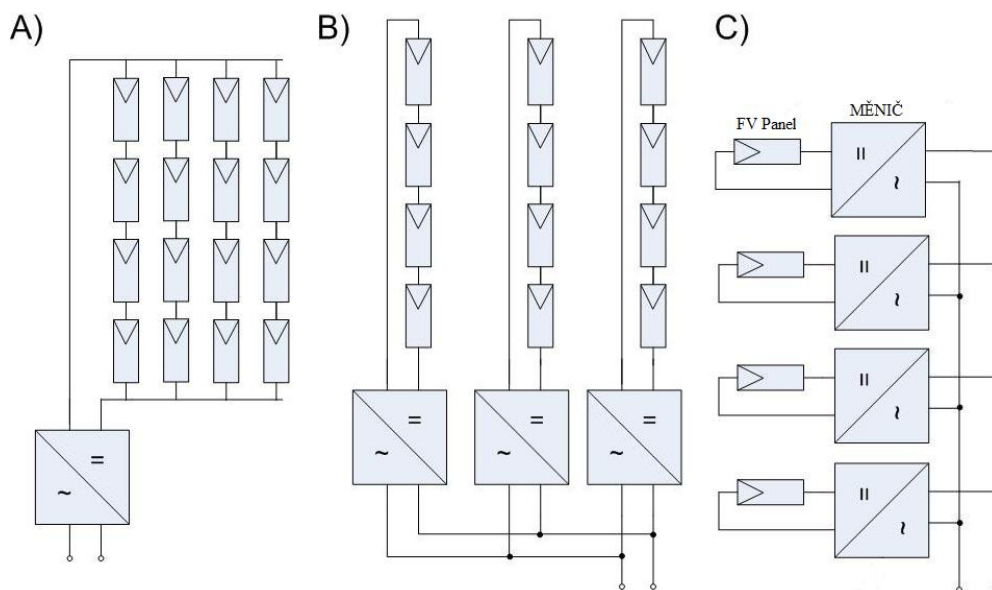
4.2.2 Měníč

Samostatné FV panely, jako bylo popsáno v teoretické části, vyrábí pouze stejnosměrný proud, který je nutno změnit na proud střídavý aby ho bylo možno připojit do elektrické rozvodné sítě. Zařízení umožňující tuto přeměnu je měnič nebo tzv. invertor. Používané měniče jsou také schopny poskytovat informace o vlastní výrobě elektrické energie.

Střídač musí dodávat co nejvyšší výkon. To je zajištěno především odstraněním transformátoru s následným snížením tepelných ztrát a užitím zařízení pro sledování bodu max. výkonu, které změnou vstupního odporu zajišťuje optimální chod střídače. Přifázování střídače (připojení energie z panelů do sítě) je plně automatizováno. Na dlouhou životnost střídačů má mimo jiné vliv i speciální konstrukční řešení - chlazení přirozenou cirkulací vzduchu bez použití ventilátoru.

Pro konkrétní použití se vyrábějí měniče: ostrovní a síťové. Ostrovní generují svůj vlastní kmitočet, který odpovídá kmitočtu rozvodné sítě ($f = 50 \text{ Hz}$). Tak je možno použít v této síti běžné elektrické spotřebiče střídavého proudu. Síťové měniče synchronizují svůj kmitočet a napětí s aktuálními parametry rozvodné sítě.

Z hlediska výkonů se dělí na tzv. modulové střídače (střídač je připojen pouze k jednomu FV modulu), řetězcové nebo stringové (každý střídač je připojen k několika FV panelům vzájemně propojeným do série, případně i paralelně) a velké centrální střídače (připojené na stovky až tisíce FV panelů). S modulovými střídači se setkáme velmi zřídka, výlučně u malých systémů. Středně velké elektrárny využívají řetězcových střídačů. V případě velkých elektráren se používá koncept jak velkých centrálních střídačů, tak i velkého množství řetězcových střídačů.



Obr. 4-12 A – Centrální, B – řetězcové, C – modulové měniče

[12]

4.2.3 Kabeláž

Ve FVS se rozlišují tři základní typy kabelů: kabely pro moduly a řetězce modulů (DC), hlavní DC kabel, výstupní AC kabel

Kabely pro moduly jsou umístěny ve venkovním prostředí. Z důvodu ochrany proti nežádoucímu uzemnění a zkratu jsou kladný a záporný vodič vedeny odděleně samostatnými kabely. Jako spolehlivé se ukázaly být jednovodičové kabely s dvojitou izolací. Tyto kabely musí být odolné mechanickému namáhání, UV záření, vlivům počasí a velkým teplotním rozdílům (cca -35°C až $+90^{\circ}\text{C}$). Moduly jsou většinou přizpůsobeny pro připojení kabelů o průřezu $1.5\text{--}6.0\text{mm}^2$.

[12]

4.2.4 Elektroměry

Volba elektroměry se provádí podle vybraného způsobu výkupu elektrické energie dotace – Výkupní cena nebo Zelený bonus. Pokaždé budou použity dva elektroměry. V případě Výkupní ceny se použijí dva dvoukvadrantové elektroměry. První elektroměr zaznamenává spotřebu celého domu. Druhý elektroměr měří produkci FVE a musí být volně přístupný pro odečet. V případě zeleného bonusu je jeden elektroměr dvoukvadrantový a druhý čtyřkvadrantový. Dvoukvadrantový elektroměr je umístěn kdekoliv v objektu a měří produkci FVE. Zatímco čtyřkvadrantový elektroměr je umístěn v hlavní domovní skříni a zaznamenává jak přebytky prodané do DS, tak počet nakoupených kWh.

[12]

4.2.5 Transformátor

Transformátor slouží k přeměně napětí na požadovanou hodnotou napětí. Používá se pokud FV elektrárnu je nutné připojit do sítě vn hlavně u větších elektráren zhruba od 50 kW.

4.2.6 Konstrukční prvky

Nezanedbatelnou částí FVE je bezesporu nosná konstrukce pro panely. Konstrukční systémy se dají rozdělit podle typu instalace na:

Konstrukce pro sedlové střechy. Vhodná pro malé instalace na rodinné domy se sedlovou střechou se sklonem přibližně 35° a orientací k jihu nebo jihozápadu. Nosným prvkem zde jsou hliníkové profily přichycené speciálními háky ke konstrukci střechy. K profilům jsou připevněny FV panely. Tato konstrukce je snad vůbec nejpoužívanější zejména pro její jednoduchost, snadnou montáž a nízkou cenu.

Konstrukce pro ploché střechy. Tyto konstrukce jsou většinou tvořeny ocelovými pozinkovanými profily trojúhelníkového tvaru, které jsou vzájemně „zavětrované“ a podélně spojené hliníkovým profilem pro uchycení FV panelů. Konstrukce se ke střeše připevňuje buď napevno chemickými kotvami, nebo se zatíží betonovými bloky či dlaždicemi. Toto řešení je pracnější a nákladnější než konstrukce na sedlové střeše.

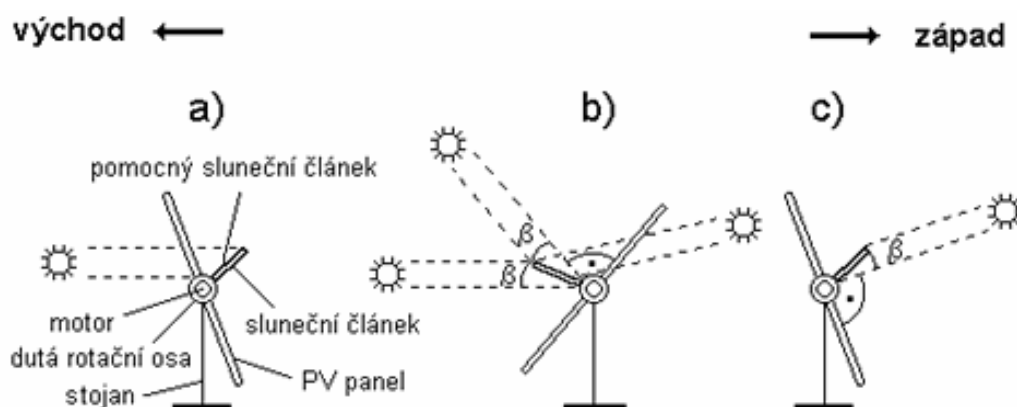
Konstrukce pro volná prostranství. Stejně řešení jako u plochých střech se používá u větších elektráren postavených na volných prostranstvích s tím rozdílem, že konstrukce se spojuje pevně se zemí a to buď závrtnými šrouby, pozinkovanými profily zatlačenými do země, nebo betonovými základy. Tyto konstrukce bývají komplikované a nákladné, protože musejí odolávat mnohem tvrdším povětrnostním podmínkám a vlivům, zejména pak silnému větru.

Polohovatelné systémy. Dalším možným, a co do výtěžnosti, nejlepším způsobem pro uchycení FV panelů jsou polohovatelné systémy tzv. trackery. Tracker automaticky otáčí a naklání panely ke slunci dle jeho astronomické dráhy a umožňuje tedy maximální výtěžnost z FVS. Zkušenosti hovoří o 30-35% nárůstu výtěžnosti oproti běžným pevným instalacím. Nevýhodou ovšem zůstávají zvýšené počáteční náklady, vlastní spotřeba elektrického proudu a nutná údržba.

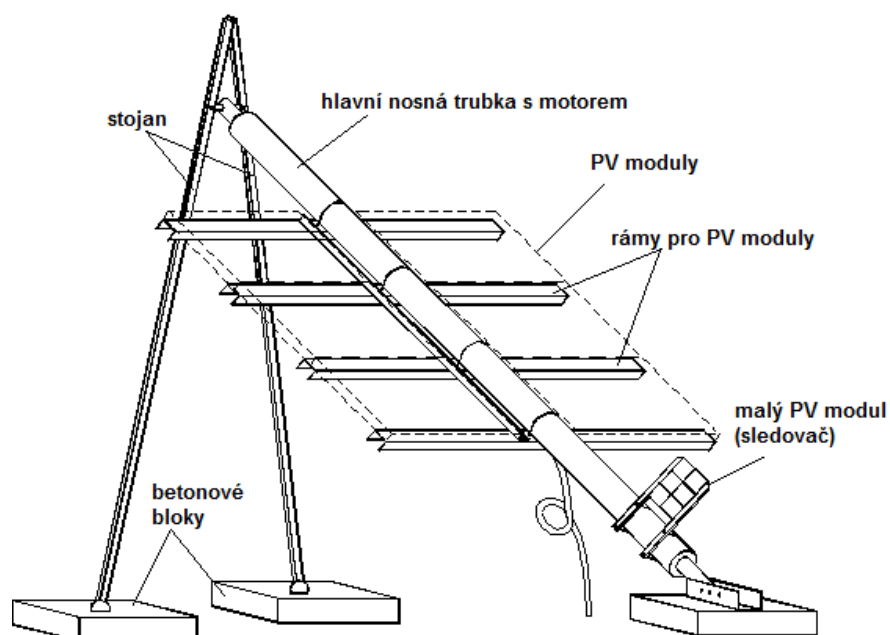
[12]

4.2.6.1 Pohyb v jedné ose

Pomocí automatického natáčení kolem jedné osy dokáže panel sledovat pohyb slunce během dne po obloze. Samotný sklon ve druhé ose tj. změna výšky slunce nad obzorem se mění několikrát do roka manuálně. Automatické natáčení lze realizovat několika způsoby z pomoci tzv. sledovačů. Například pomocí dvojice čidel, kterými jsou malé FV panely. Jejich signál je veden do stejnosměrného motoru, který je závislý na rovnováze těchto signálů (napětí). Rovnovážný stav nastává, pokud na oba dva pomocné panely dopadá stejné množství záření. Pokud je rovnováha porušena například po východu slunce dopadá na jeden článek světla více a vzniklý proud pootočí motorem, až dokud se proudy opět nevyrovnají. [2]



Obr. 4-13 Zobrazení pohybu v jedné ose

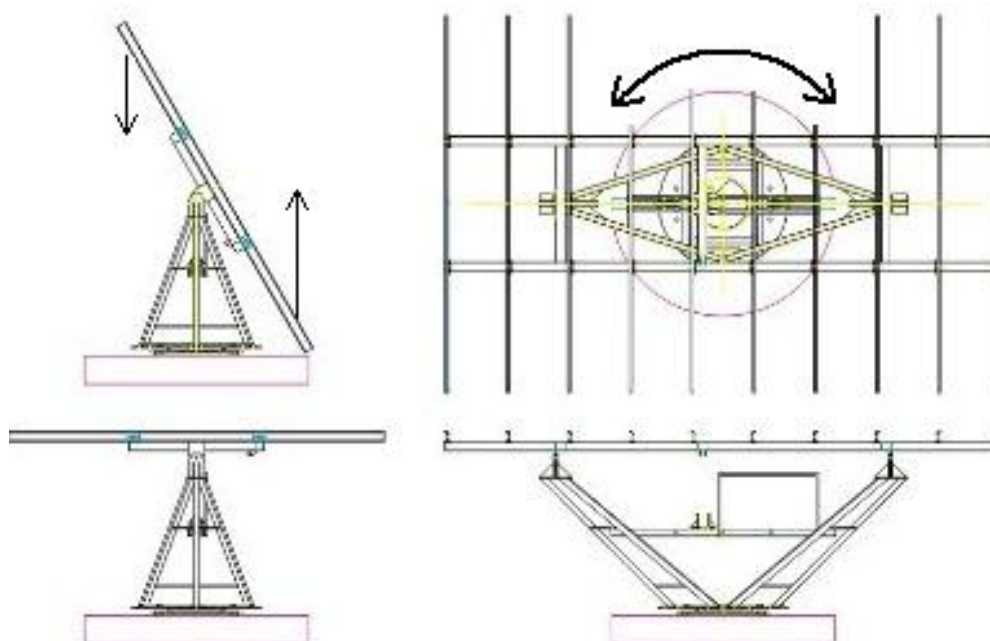


Obr. 4-14 Pohyblivý stojan TRAXLE

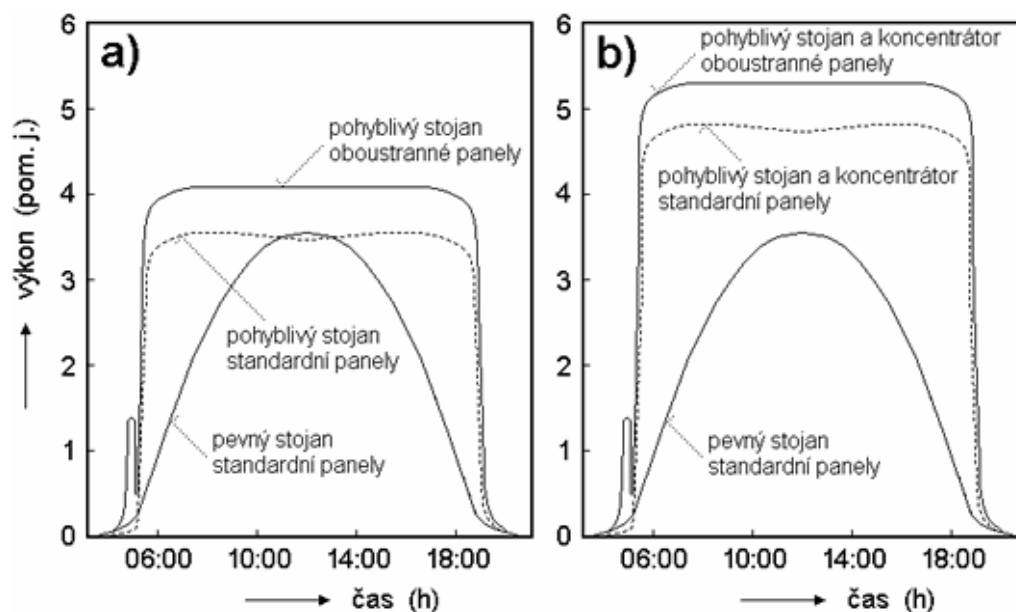
Pro tento systém natáčení je výhodnější použít spíše polykrystalické moduly. Toto polohování je schopno zvýšit výstup z modulů oproti klasické pevné instalaci zhruba o 5-10%. Výstup závisí na jemnosti a četnosti nastavování systému. [13]

4.2.6.2 Pohyb ve dvou osách

Dvouosé polohování je nejlepším možným způsobem instalace FV modulů z hlediska jejich optimálního výkonu (Obr.3-14 [14]). Funkční plocha modulů je natáčena (azimut) a naklápěna zároveň (elevace). Pro tyto polohovací jednotky je nejvýhodnější použít monokrystalické moduly s vyšší účinností. Celkovou výtěžnost lze zvýšit asi o 35 % oproti pevnému stojanu. Tento systém však zvýší také investiční náklady a vyžaduje i údržbu a reinvestice. Natáčením za sluncem se nejčastěji provádí přes počítač, kdy se přesně definuje pohyb slunce. [13]



Obr. 4-15 Dvouosý polohovací systém



Obr. 4-16 Idealizovaná závislost okamžitého výkonu dodávaného fotovoltaickými solárními systémy různých konstrukcí.

4.3 Typy fotovoltaických instalací

Na světě se provozují FVS různým způsobem. Základních rozdělení provozu FVS je Grid – of a Grid – on.

4.3.1 Grid-off – Autonomní (ostrovní) systémy

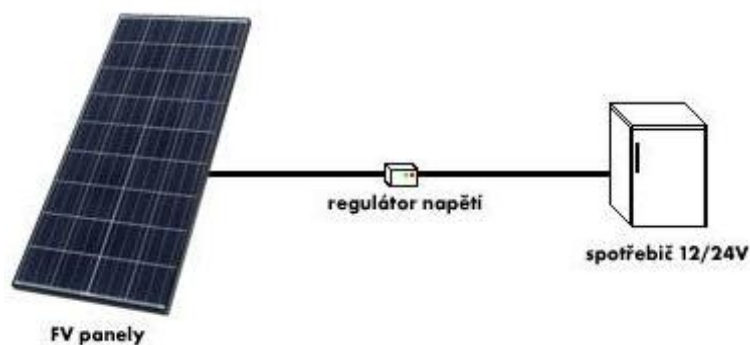
Tento systém je výhodný v oblastech, kde připojení k rozvodné síti není možné, nebo kde by zavedení kabelu bylo finančně náročné (chatové oblasti, obytné automobily, lodě). Nevýhodou ostrovních FVS je nutnost zapojení baterie, která uchovává vyrobenou energii na dobu, kdy není dostatečné množství slunečního záření. Vzhledem k tomu, že většina baterií dnes obsahuje nezanedbatelné množství olova, ekologičnost získané energie se tím pádem snižuje.

Při konstrukci ostrovního FVS je třeba mít na paměti nejen průměrné hodnoty slunečního svitu a účinnost FVS, ale především pak celkovou spotřebou všech používaných zařízení, které budou k systému připojeny. [15]

Dále je možno ostrovní systémy dělit na následující systémy.

4.3.1.1 Systém s přímým napájením

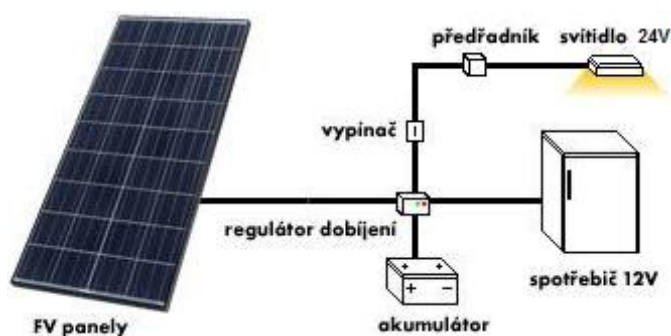
Jde o systém, kdy se používá výstupní stejnosměrné napětí z panelu a je pouze regulován pomocí regulátoru napětí. Z regulátoru jde pak přímo do spotřebiče, kterým může být čerpadlo pro načerpání vody do zásobníku ze studny, nabíjení malých spotřebičů (mobil, notebook).



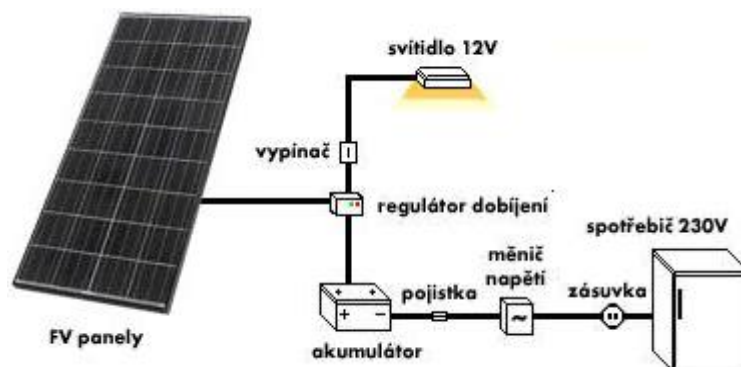
Obr. 4-17 Systém s přímým napájením

4.3.1.2 Systém s akumulací elektrické energie

Používá se v případech, kdy potřeba elektřiny je nutná i v době bez slunečního záření. Akumulace elektrické energie je zabezpečena speciálním akumulátorem (baterií), konstruované pro pomalé nabíjení i vybíjení. Běžné autobaterie se nehodí, ty jsou sestaveny pro velký proud na krátký čas. Optimální nabíjení a vybíjení akumulátorů je zajištěno regulátorem dobíjení. K ostrovnímu systému lze připojit spotřebiče napájené stejnosměrným proudem (napětí systému bývá zpravidla 12 nebo 24 V), případně běžné síťové spotřebiče 230 V/~50 Hz napájené přes napěťový střídač. Tyto systémy získávají uplatnění například jako zdroj elektrické energie pro chaty a další objekty, napájení dopravní signalizace, telekomunikačních zařízení nebo monitorovacích přístrojů v terénu, u zahradního osvětlení, světelné reklamy nebo při campingu a jachtingu. [15]



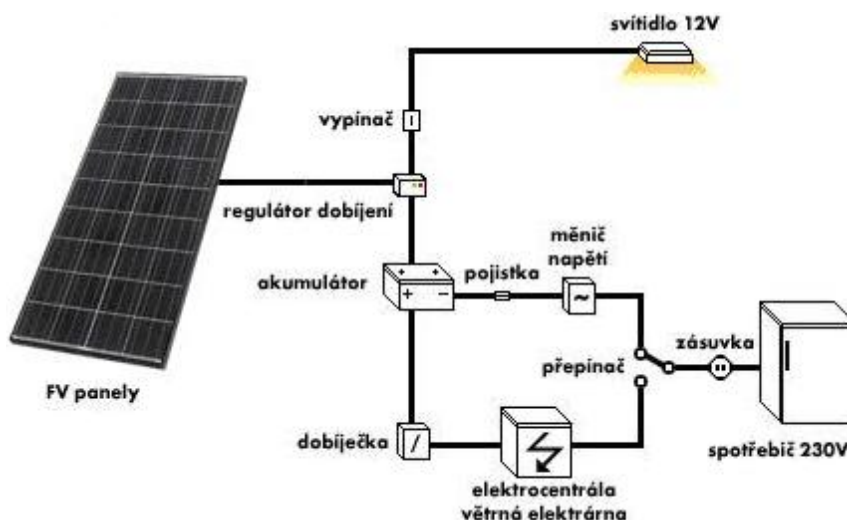
Obr. 4-18 Systém s akumulací el. energie (12/24V)



Obr. 4-19 Systém s akumulací el. energie (12 i 230V)

4.3.1.3 Hybridní ostrovní systémy

Hybridní ostrovní systémy se používají tam, kde je nutný celoroční provoz a kde je občas používáno zařízení s vysokým příkonem. V zimních měsících je možné získat z FV zdroje podstatně méně elektrické energie než v letních měsících. Proto je nutné tyto systémy navrhovat na zimní provoz, což má za následek zvýšení instalovaného výkonu systému a podstatné zvýšení pořizovacích nákladů. Výhodnější alternativou proto je rozšíření systému doplňkovým zdrojem elektřiny, který pokryje potřebu elektrické energie v obdobích s nedostatečným slunečním svitem a při provozu zařízení s vysokým příkonem. Takovým zdrojem může být větrná elektrárna, elektrocentrála, kogenerační jednotka apod.. [15]



Obr. 4-20 Hybridní ostrovní systém

4.3.2 Grid-on – Systémy připojené na síť

Systémy připojené k rozvodné síti jsou nejrozšířenějším způsobem provozu systému. Systémy nejsou vzhledem k relativně kvalitní distribuční síti a stálosti dodávek elektřiny instalovány z důvodu nedostatku elektrické energie, jako je tomu u ostrovních systémů. Důvodem instalace FVS je zpravidla vidina úspory potažmo i zisku, který může z takové investice plynout další důvod je ekologický přínos v tom, že při výrobě této elektřiny není vypouštěn žádný oxid uhličitý. Systémy připojené na síť jsou zpravidla budovány na rodinných domech nebo v průmyslových objektech, přičemž energie vyrobená systémem je buď spotřebována přímo v daném objektu a případné přebytky jsou prodány do distribuční sítě, nebo je systém určen výhradně k výrobě a dodávání za výkupní cenu do distribuční sítě, tedy bez žádné vlastní spotřeby v místě instalace. Pokud je elektrická energie vyrobená solárním systémem spotřebována přímo tam, kde je vyrobena, ušetří investor cenu energie, kterou by musel jinak nakoupit a za tuto energii navíc inkasuje od distributora tzv. zelený bonus - systémy s vlastní spotřebou jsou tedy vůbec nejvýhodnější možnou investicí. V systémech připojených na síť se neinstalují žádné akumulátory. V tomto případě nejsou akumulátory potřeba, je-li pro vlastní spotřebu energie nadbytek pak do sítě dodáváme energii, pakliže je energie málo tak si ze sítě energii odebírám. Tento postup se provádí naprosto automaticky díky moderním měničům, které se sami sfázují se sítí a při poklesu napětí se automaticky odpojí. [15]

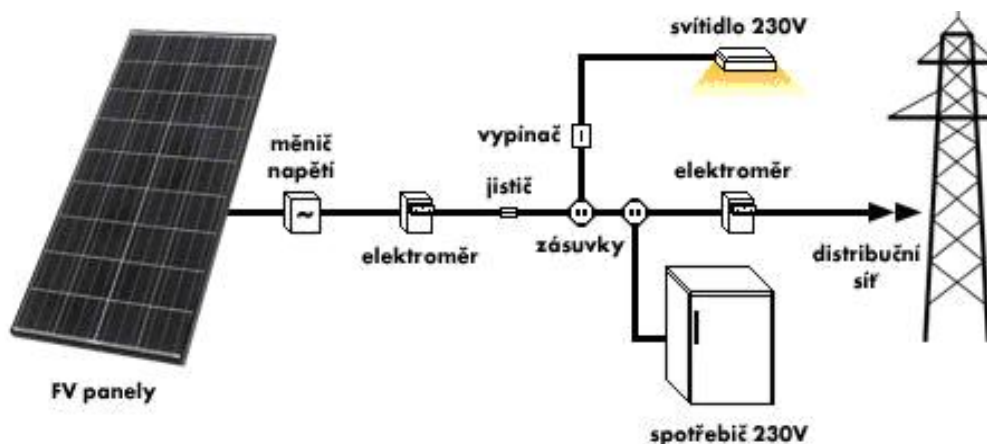
4.3.2.1 Systémy pro vlastní spotřebu a prodej přebytků (ZELENÝ BONUS)

Systém v této konfiguraci obsahuje FV panely připojené na napěťový měnič pro přeměnu stejnosměrného proudu na proud střídavý a zvláštní elektroměr pro odpočet energie vyrobené fotovoltaikou. Celý tento okruh je připojen na samostatný jistič a přepětovou ochranu do rozvaděče v daném objektu. Solární systém je připojen za hlavní elektroměr (z pohledu distribuční společnosti), je tedy možné dodávat energii spotřebičům v objektu (a tím šetřit náklady na odebranou elektřinu) nebo ji v případě přebytků přes hlavní čtyřkvadrantní elektroměr předávat do sítě. V obou případech je za vyrobenou elektřinu inkasován tzv. zelený bonus, v případě prodeje přebytků do sítě navíc výrobce inkasuje rozdíl mezi výkupní cenou a zeleným bonusem.

Fotovoltaické systémy pro prioritní odběr spotřebiči s možností prodeje přebytků jsou nejvýhodnější variantou, protože v případě vlastní spotřeby nenakupujeme elektřinu ze sítě (úspora) a naopak navíc inkasujeme od provozovatele distribuční sítě zelený bonus za výrobu elektřiny čistým způsobem.

Dodavatel si ale může domluvit svého odběratele a nasmlouvat prostřednictvím distributora svoji obchodní cenu (za nespotřebovanou energii, kterou si sám vyrobil).

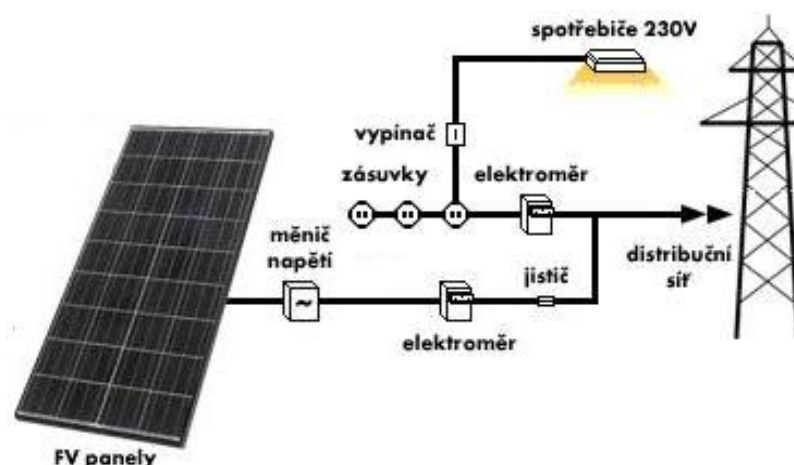
[15]



Obr. 4-21 Systém pro vlastní spotřebu a prodej přebytků do sítě

4.3.2.2 Systémy pro prodej elektrické energie do sítě (PŘÍMÝ PRODEJ)

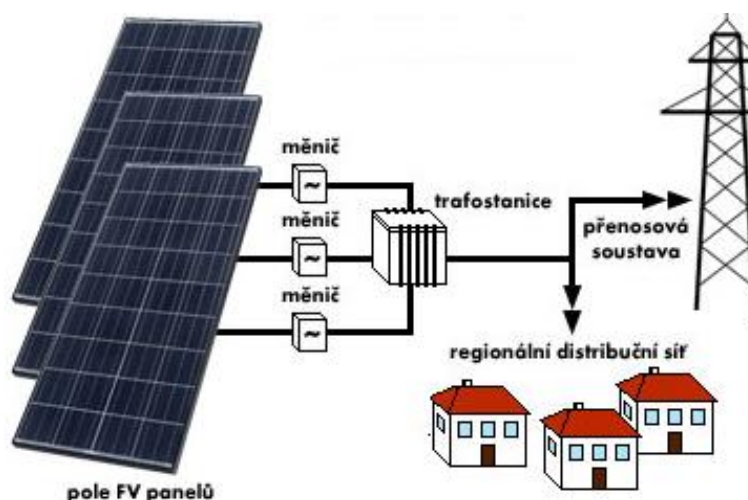
Systém, který produkuje elektrickou energii výhradně pro výkup, obsahuje FV panely připojené na napěťový měnič, který přemění stejnosměrný proud na proud střídavý a elektroměr pro odpočet energie vyrobené fotovoltaikou. Tento okruh je přes jistič a přepětovou ochranu připojen ještě před hlavní elektroměr v objektu (z pohledu distribuční společnosti). Veškerá vyrobená elektrická energie je tedy dodávána do distribuční sítě za výkupní cenu. [15]



Obr. 4-22 Systém pro výhradní prodej elektrické energie do sítě

4.3.2.3 Velké solární elektrárny, solární parky

Umístění se snažíme volit co nejvýhodnější, zejména k blízkosti vysokonapěťového vedení 22 kV. Další výraznou výhodou představuje blízkost rozvodny o napětí 110/22 kV. Solární parky se rozhodně neobejdou bez údržby, mezi kterou patří údržbu prostředí a okolí FV elektrárny, údržbu nosných konstrukcí, nebo odklizení sněhu. Nutnost oplocení celého pozemku je základní předpoklad k pojištění parku. Solární park obsahuje větší počet FV panelů, jejichž okruhy jsou obvyklým způsobem vyvedeny na napěťové měniče a následně připojeny na trafostanici. Nezbytnost vedení vysokého napětí, případně jeho výstavbu dle vyhlášky 51/2006 Sb. má za povinnost financovat distribuční společnost. Výsledné náklady na vybudování přípojky se rozdělí mezi investora provozující FV park a distribuční společnost. Již vybudovaná přípojka v místě FV parku podstatně ulehčí investičním nákladům, proto prvotní úvaha by měla směřovat na myšlenku, zda neexistuje možnost umístit solární park do míst bývalých výrobních areálů. Solární parky nejsou již tak běžné a člověk na ně narazí jen zřídka. V České republice u obce Vepřek na Mělnicku vyrostla nová FVE dosahující výkonu až 35 MW, Největší solární elektrárna v Evropě se provozuje ve Španělsku o výkonu 60 MW. [15]



Obr. 4-23 Systém Sluneční elektrárny

4.4 Vliv FV systému na síť

Ke dnu 1. 4. 2011 bylo Energetickým regulačním úřadem registrováno 12909 výroben o celkovém instalovaném výkonu 1958,63MW. Přičemž v roce 2008 to bylo pouze 3,4MW. Takto prudký nárůst byl způsoben vysokými výkupními cenami elektrické energie z FVE. Vysoké cenný byly způsobeny dotacemi, aby ČR splnila podíl výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů udanou Evropskou Unií. Na rok 2011 byly výkupní ceny dramaticky sníženy. V únoru 2010 přestaly distributoři povolovat další žádosti o připojení do distribuční sítě. Důvodem byl strach o stabilitu přenosové soustavy, kdy provozovatel přenosové soustavy měl strach z důsledků velkého počtu FV elektráren větších výkonů. Jedná se totiž o zdroj, který je silně závislý na okamžité hodnotě intenzity dopadající na FV panel. Z toho vyplývá, že výrobny nejsou schopny dodávat stále konstantní výkon. V létě FVE můžou svým výkonem způsobit značné problémy v regulaci celé elektrizační soustavy.

5 STUDIE PŘIPOJITELNOSTI PRO KONKRÉTNÍ LOKALITU

5.1 Lokalita

Lokalita okolí městyse Měřín v okrese Žďár nad Sázavou, kraj Vysočina. Pozemek plánované výroby se nachází na mírném svahu orientovaný na východ. Navržená FV elektrárna bude připojena do distribuční soustavy do hladiny 22kV. Vedení se nachází bezprostřední blízkosti výroby jak je patrné z Obr. 5-1. Vedení je přivedeno z transformační stanice 110kV/22kV u Velkého Meziříčí vzdáleného 12 Km od místa připojení FVE.



Obr. 5-1 Schéma elektrického vedení 22kV v lokalitě

5.2 Návrh elektrárny

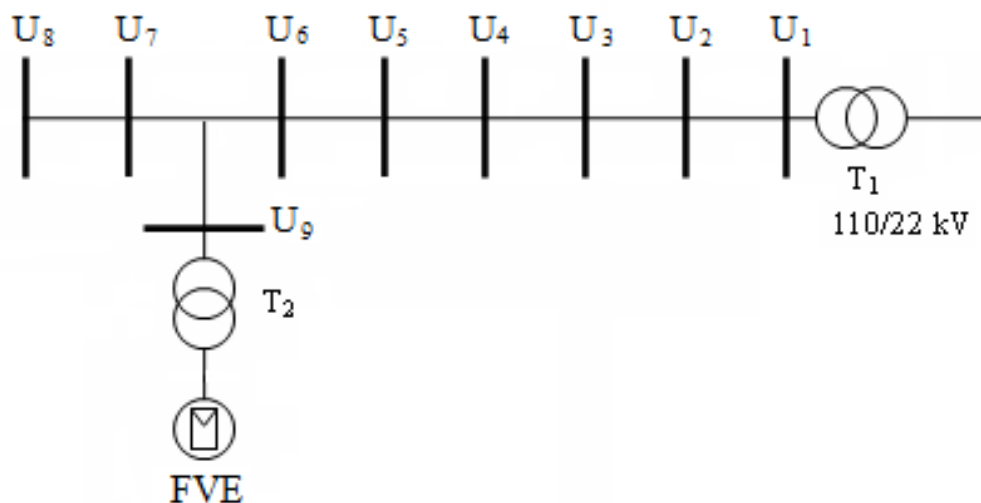
Návrh je proveden přes program SMA Sunny Design 2 dostupný na [24]. V programu jsem zvolil typ FV panelu. Zvolil jsem SunClass 220Wp. Technické parametry jsou uvedeny v Příloze B.

Dále jsem zvolil centrální měnič SUNNY CENTRAL 630MV, který slouží pro přímé připojení do sítě vysokého napětí (obsahuje transformátor na hladinu 22kV). Technické parametry měniče jsou uvedeny v Příloze A.

5.2.1 Výsledné parametry

Pomocí programu jsem nastavil nejdříve počet panelů ve větvi (stringu) na 22 získal jsme 589 V . Omezujícím parametrem je hodnota Max.DC napětí udaná měničem. Následně jsem nastavil 132 větví pro zvýšení celkového proudu dodávaného do měniče na 1000,6A. Z toho vyplývá celkový počet panelu 2904 použitých v elektrárně o celkové ploše 4760 m² a špičkovém výkonu 638,88 kWp.

5.3 Studie připojitelnosti



Obr. 5-2 Zjednodušené přehledové schéma zapojení sítě 22kV v okolí

Tab. 5-1 Popis schéma zapojení

Označení	Popis uzlů	Pozn.
T ₁	Transformátor	110kV/22kV
U ₁	Hrbov	
U ₂	Lavičky	
U ₃	Kochánov	
U ₄	Blížkov	
U ₆	Měřín	
U ₇	Černá	
U ₈	AGRO Měřín	
U ₉	připojení T ₂	
T ₂	SUNNY CENTRAL	S _T = 630 kVA, U ₁ = 22kV
FVE	elektrárna	P _{DC} = 638,88 kWp

5.4 ŘEŠENÍ

Početní operace pro výpočet studie jsou poměrně obtížné. Pro zjednodušení by bylo možné použít některý z mnoha výpočetních programů. Například program e E-vlivy, který dovede spočítat potřebné hodnoty pro vytvoření kompletní studie připojitelnosti. Programem je možné graficky navrhovat jednotlivé prvky sítě. Pomocí programu by bylo možno namodelovat zadanou síť Obr.5-2.

Od provozovatele distribuční sítě by bylo nutné požádat o parametry jednotlivých prvků sítě. V zadaném případě se jedná o rozvodnu Velké Meziříčí 110/22 kV což je napájecí uzel celé sítě dále pak o jednotlivé parametry vedení mezi odběrnými místy jako jsou hodnoty vzdálenosti, kapacitní susceptance, kondukce, induktivní reaktance, rezistence a typ použitého vedení. Protože transformátor T₂ je součástí centrálního měniče Sunny Central 630MV jsou potřebné hodnoty uvedeny v příloze A.

5.4.1 Příklad výpočtu

Z uvedených hodnot lze spočítat minimální průřez kabelu použitého pro vývod výkonu do distribuční sítě. Za předpokladu:

Kabel je uložen v zemi v elektroinstalační trubce (Charakteristika uložení D)

Teplota prostředí (země) $\vartheta_0 = 20^\circ\text{C}$ (přepočítávací koeficient $k = 1$)

Počáteční rázový zkratový proud $I_k'' = 2 \text{ kV}$ v uzlu U_9 (Jedná se o zvolenou hodnotu konkrétní hodnota by byla vypočtena programem E – vlivy.)

Doba zkratu $t_k = 1 \text{ s}$ (zvolené hodnota)

Jmenovitý proud tekoucí kabelem na připojení k DS

$$I_n = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 22} = 16,5 \text{ A} \quad (5.1)$$

Hodnota proudu odpovídá hodnotě jmenovitého proudu, která je uveden v technických parametrech výstupu centrálního měniče viz Příloha A.

5.4.1.1 Kontrola průřezů vodičů na tepelné účinky zkratového proudu

Výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu bude:

$$I_{ke} = I_k'' \cdot k_e \quad (5.2)$$

kde $k_e = 1,01$ byl určen z Tab. 21 z [25] pro síť vn a $t_k = 1 \text{ s}$.

$$I_{ke} = 2 \cdot 1,01 = 2,02 \text{ kA}$$

Výpočet minimálního průřezu vodiče

$$S_{\min} = \frac{I_{ke} \cdot \sqrt{t_k}}{k} \quad (5.3)$$

k je konstanta kterou získáme vyřešením rovnice :

$$k = \sqrt{\frac{c_o \cdot (\vartheta + 20) \cdot \ln \frac{\vartheta + \vartheta_k}{\vartheta + \vartheta_z}}{\rho_{20}}} \quad (5.3)$$

kde $c_o = 2,417 \text{ J/cm}^3/^\circ\text{C}$ je specifické teplo

$\vartheta_f = 228^\circ\text{C}$ je fiktivní teplota

$\rho_{20} = 0,02941 \text{ } \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ je specifický odpor při 20°C

určeno z materiálových konstant Tab. 19 z [25]

$\vartheta_k = 250^\circ\text{C}$ je nejvyšší dovolená teplota při zkratu

$\vartheta_l = 90^\circ\text{C}$ je nejvyšší dovolená provozní teplota

určeno z Tab. 37 [24] pro zesíťný polyetylén

Dosazením do rovnice 5.3 získáme hodnotu konstanty

$$k = \sqrt{\frac{2,417 \cdot (228 + 20)}{0,02941}} \cdot \ln \frac{228 + 250}{228 + 90} = 91,14$$

Dosazením konstanty k a hodnoty I_{ke} do rovnice získáme minimální průřez vodiče

$$S_{\min} = \frac{2020 \cdot \sqrt{1}}{91,14} = 22,17 \text{ mm}^2$$

Pro připojení FVE k DS jsem vybral kabel 22-AVXEKVCE 1x25. Jedná se o silový kabel pro napětí 22 kV, který má jedno jádro o průměru 25 mm² z vodotěsného hliníku s materiálem izolace zesíťný polyetylén.

[25]

6 ZÁVĚR

Česká republika se v přístupové smlouvě zavázala ke splnění indikativního cíle ve výši 8% podílu elektřiny z OZE na hrubé domácí spotřebě do roku 2010. A do roku 2020 musí dosáhnout 13% podílu energie z OZE na hrubé konečné spotřebě. K velkému rozmachu výstavby FVE v ČR docházelo zejména díky vysoké výkupní ceně za elektrickou energii. Kdo si podal žádost na připojení do DS do konce ledna roku 2010. A uvedl výrobu do provozu v roce 2010, ten měl garantovanou vysokou výkupní cenu. Pokud někdo nestihl uvést výrobu do provozu, platí pro něj výkupní cena pro rok 2011. Tyto ceny, se již skokově zmenšila z 12,5 Kč/kWh na hodnotu 5,5 Kč/kWh pro instalovaný výkon nad 100 kW, 5,9 Kč/kWh pro instalovaný výkon od 30 kW do 100 kW a 7,5 Kč/kWh pro instalovaný výkonem do 30 kW. Před touto změnou se mohla výkupní cena zmenšit pouze o 5%. Tyto ceny změnila vláda v důsledku velkého počtu žádostí registrovaných u distribučních společností. Kdy se vláda obávala, výrazného zdražení prodávané elektrické energie ze strany výrobců, aby si distribuční společnosti kompenzovali vysokou výkupní cenu, které podle zákona musí od každého výrobce z FVE vykupovat. Nově nastavené výkupní ceny zvýhodňují především malé FVE, které nemají příliš velký vliv na přenosovou soustavu. Energie vyrobená těmito zdroji se do značné míry spotřebuje v daném objektu anebo v jeho blízkém okolí. Často se jedná o FVE instalované na střechách budov ať už šikmých nebo rovných.

První část této práce obsahuje teoreticky popsané připojovací podmínky do distribuční sítě, jak jsou uvedeny v PPDS. Jsou zde uvedeny podmínky, normy a předpisy, které je zapotřebí dodržovat při zřizování a provozu elektrického zařízení. Dále pak je zde uvedeno samotné přihlašovací řízení, které obsahuje soupis potřebných údajů týkajících se dané výroby. Následují nutné dokumenty, které musí obsahovat žádost o připojení a reakce provozovatele DS, který danou žádost posuzuje. Z velké části práce obsahuje, jaké náležitosti jsou nutné při zpracování studie připojitelnosti. Zejména jsou zde způsoby výpočtu zpětných vlivů, jako je zvýšení napětí, změna napětí při spínání, flickr, proudy jednotlivých harmonických složek, ovlivnění HDO. Také jsou zde uvedeny požadavky na elektroměry, měřicí a řídicí zařízení, spínací zařízení, požadavky na ochrany a řízení jalového výkonu.

Ve druhé části práce je popsána problematika FVS. Jsou zde popsány jednotlivé komponenty FVS. Zejména je zde popsán FV panel. Jeho konstrukce, která se používá v praxi. Práce obsahuje částečnou problematiku fyzikální přeměny slunečního záření na elektrickou energii. Jsou zde uvedeny materiály, které se v současné době používají ve FV článku ale i materiály, které jsou zkoumány pro budoucí použití. Je zde popsán funkce a typy měničů. Dále pak práce obsahuje konstrukci pro upevnění FV panelu. V neposlední řadě jsou zde uvedeny možné způsoby zapojení FVS do elektrické soustavy a způsoby výkupu elektrické energie.

Poslední část práce obsahuje výběr lokality pro návrh studie připojitelnosti. Lokalita je situovaná na Vysočině u Měřína. Pozemek pro FVE je do 100 m od vedení vn 22 kV. Návrh je proveden pouze za pomoci programu SMA Sunny Design 2. Jelikož se jedná o FVE s pevnou konstrukcí je lépe vybrat polykrystalický panel ten oproti monokrystalickému má lepší účinnost při difúzním záření. Pro návrh byl vybrán panel od výrobce SunClass SC220 s účinností 13,4%. Jako měnič byl vybrán centrální měnič SMA SUNNY CENTRAL 630MV, který díky tomu že neobsahuje transformátor nízkého napětí, dosáhne vyšších energetických výnosů při nižších současných nákladech na střídač. Vybraná konfigurace spojení FV panelu je 22 v jedné větvi a počet větví je 132. Díky čemu bylo dosaženo provozní napětí o velikosti 589 V a vstupní proud do měniče 1000,6 A. Celkový počet instalovaných panelů je 2904 o špičkovém výkonu

638,88kWp. Pomocí mapy vedení vn 22 kV bylo vytvořeno, zjednodušené přehledové schéma s popisem jednotlivých uzlů. Práce neobsahuje konkrétní výpočet studie připojitelnosti. Pouze je zde uveden způsob řešení za použití programu E-vlivy.

Je zde proveden výpočet kabelu, kterým je vyveden výkon z centrálního měniče až do místa připojení v DS. Pro zvolené hodnoty počátečního zkratového proudu a doby zkratu byl vypočítán za pomoci kontroly průřezu vodiče na tepelné účinky zkratového proudu minimální průřez vodiče. Protože FVE je v blízkosti vedení 22 kV způsob uložení byl zvolen jako uložení v zemi v elektroinstalační trubce. Z vypočteného průřezu byl vybrán kabel s označením 22-AVXEKVCE 1x25. Kabel by bylo nutné použít celkem třikrát pro každou fázi jeden.

Dokud nebude vynalezen dostatečně spolehlivý a ekonomický způsob uchování elektrické energie. Nebude možné s FVE počítat jako se stabilní výrobou schopnou dodávat elektrickou energii stále. Jak je známo výkon FVE závisí na aktuální intenzitě dopadající na FV panel. Pokud intenzita není konstantní, značně se omezí produkce elektrické energie a v elektrické síti by došlo k výpadkům, z důvodu nedostatku elektrické energie. Použití FVE je možný proto, že jsou připojeny k velkým sítím, které umožňují eliminaci jejich výrobních výkyvů. Mezi výhody FVE patří bezhlučný provoz, téměř bezúdržbový provoz a snadné sestavení celého systému.

Na Zemi je asi 22 milionů km² pouští, které nelze využít ani v zemědělství, ani k chovu dobytka (Sahara, Kalahari, Atakama). Jejich obrovské rozlohy však mohou být alespoň zčásti využity k přeměně sluneční energie na elektřinu. Pro Evropu je nejbližší Sahara, která má rozlohu 7 milionů km². Jednoduchý výpočet ukáže, že jen z jedné desetiny Sahary by dnešní technikou slunečních elektráren bylo možné získat asi 50 terawattů, což je 5krát více, než lidstvo potřebuje.

Důvodem využívání obnovitelných zdrojů je šetření životního prostředí a úspory zásob fosilních paliv.

POUŽITÁ LITERATURA

Knihy

- [1] MURTINGER, K., BERANOVSKÝ J., TOMEŠ M.. Fotovoltaika. Elektrická energie ze slunce. EkoWatt, Praha 2009, 93 stran, ISBN:978-80-87333-01-3
- [2] LIBRA, M., POULEK, V. Fotovoltaika – Teorie i praxe využití solární energie. ILSA Praha, 2010, 165 stran, ISBN 978-80-904311-5-7
- [3] MURTINGER, K., TRUXA J. Solární energie pro váš dům. Computer Press, EkoWatt Brno 2010, str. 61-87, ISBN 978-80-251-3241-8
- [4] LIBRA, M., POULEK, V. Zdroje využití energie. ČZU v Praze, 2007, str. 50-64, ISBN 978-80-213-1647-8

Elektronické zdroje

- [5] Provozovatelé distribučních soustav ČEZ Distribuce a.s. E.ON Distribuce a.s. PREdistribuce a.s., Pravidla provozu distribučních soustav [on line]. Energetický regulační úřad, 20.3 2011, 86 stran, http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/fileother/distribuce/energeticka-legislativa/ppds/2009/ppds_2009.pdf
- [6] Zákon č. 91/2005 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu statní správy v energetických odvětvích (Energetický Zákon)
- [7] Vyhláška ERU 51/2006 Sb o podmínkách připojení k elektrizační soustavě <http://www.tzb-info.cz/download.py?file=docu/predpisy/download/V51-2006.pdf>
- [8] ČSN EN 50160 (33 0122): Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě
- [9] Provozovatelé distribučních soustav ČEZ Distribuce a.s. E.ON Distribuce a.s. PREdistribuce a.s., Pravidla provozu distribučních soustav Příloha 4 Pravidla pro paralelní provoz zdrojů se sítí provozovatele distribuční soustavy [on line]. Energetický regulační úřad, 20.3 2011, 52 stran, http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/ppds/2009/ppds_priloha_4_2009.pdf
- [10] Virtual Center for Environmental Technology Exchange [online]. c2007 [cit. 2010-10-27]. Dostupný z WWW: < <http://www.apec-c.or.jp/e/modules/tinyd00/index.php?id=74> >.
- [11] ABS . [online]. c2010 [cit. 2010-10-27]. Dostupný z WWW: < <http://www.asb-portal.cz/tzb/energie/nove-trendy-ve-vyvoji-fotovoltaickych-clanku-2032.html> >
- [12] Czech RE Agency. *Fotovoltaika pro každého* [online]. c2003-2007 , 2009 [cit. 2009-03-22]. Dostupný z WWW: < <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika#hist> >.
- [13] ENERGO CONSULT. *Nízkoenergetické a pasivní domy : fotovoltaika* [online]. 2009 [cit. 2009-03-24]. Dostupný z WWW: < <http://www.vyjimecnedomy.cz/fotovoltaika> >.
- [14] ELEKTROVEGA *elektromontáže, fotovoltaické* [online]. c2009 [cit. 2010-10-27]. Dostupný z WWW: < http://elektrovega.cz/image/grafika_panely.gif >.

-
- [15] SOLARSERVER.COM [online]. c2010 [cit. 2010-10-27]. Dostupný z WWW: <
http://www.solarserver.com/uploads/pics/evergreen_slices.jpg>
- [16] TZB-info [online] c2001-2010 ISSN 1801-4399 [cit.2010-10-27]. Dostupný z WWW:
< <http://www.tzb-info.cz/4536-moznosti-instalace-fotovoltaickych-elektren>>.
- [17] Mecasolar [online]. c2004 [cit. 2010-11-26]. Dostupný z WWW:
<http://www.mecasolar.com/pub/doc/File/ingl/triptico_mecasolar_2ejes.pdf>.
- [18] OZE Solar.cz [online]. c2009 [cit. 2010-10-27]. Dostupný z WWW: <
http://www.ozesolar.cz/index.php?page=solarni_systemy&solarpage=system_solarni_energie&ssepage=typy_fotovoltaickych_instalaci>.
- [19] Energetický regulační úřad. [online]. [2010] [cit. 2010-11-26]. Dostupný z WWW: <
http://eru.cz/user_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/2_2010_OZE-KVET-DZ%20final.pdf>
- [20] Centrum pro obnovitelné zdroje energie. [online]. [2010] [cit. 2010-10-27]. Dostupný z WWW: <
<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/energie-slunce---vyroba-elektřiny>>.
- [21] Isolar [online]. c2010 [cit. 2010-10-27]. Dostupný z WWW:
< <http://www.isolar.cz/technologie.html>>
- [22] TZB-info [online] c2001-2010 ISSN 1801-4399 [cit.2010-10-27]. Dostupný z WWW:
< <http://energie.tzb-info.cz/fotovoltaika/5470-historie-a-perspektivy-oze-fotovoltaika-technologie-krystalickeho-kremiku>>.
- [23] Academic dictionaries and encyclopedias [online]. c2000 [cit. 2010-10-23]. Dostupný z WWW: <
http://de.academic.ru/pictures/dewiki/77/Monokristalines_Silizium_fur_die_Waferherstellung.jpg>.
- [24] SMA solar technology [online]. c2011 Dostupný z WWW: <
<http://www.sma.de/en/products/software/sunny-design.html>>.
- [25] ORSÁGOVÁ, Jaroslava. Rozvodná zařízení. Brno: VUT Brno, 2007.

**PŘÍLOHA A KATALOGOVÝ LIST CENTRÁLNÍHO
MĚNIČE SUNNY CENTRAL 630MV**

**PŘÍLOHA B KATALOGOVÝ LIST FV PANELU
SUNCLASS SC 220-60P**

SUNNY CENTRAL 400MV / 500MV / 630MV



Účinný

- Bez transformátoru nízkého napětí: vyšší účinnost systému díky přímému připojení k síti vysokého napětí

Na klíč

- Kompletní, vybavený transformátorem vysokého napětí a betonovou stanicí pro venkovní použití

Volitelně

- Rozvodny vysokého napětí pro flexibilní výstavbu velkých FV parků
- Předávací stanice AC s měřením

- Transformátory vysokého napětí pro jiná síťová napětí (odlišná od 22 kV)

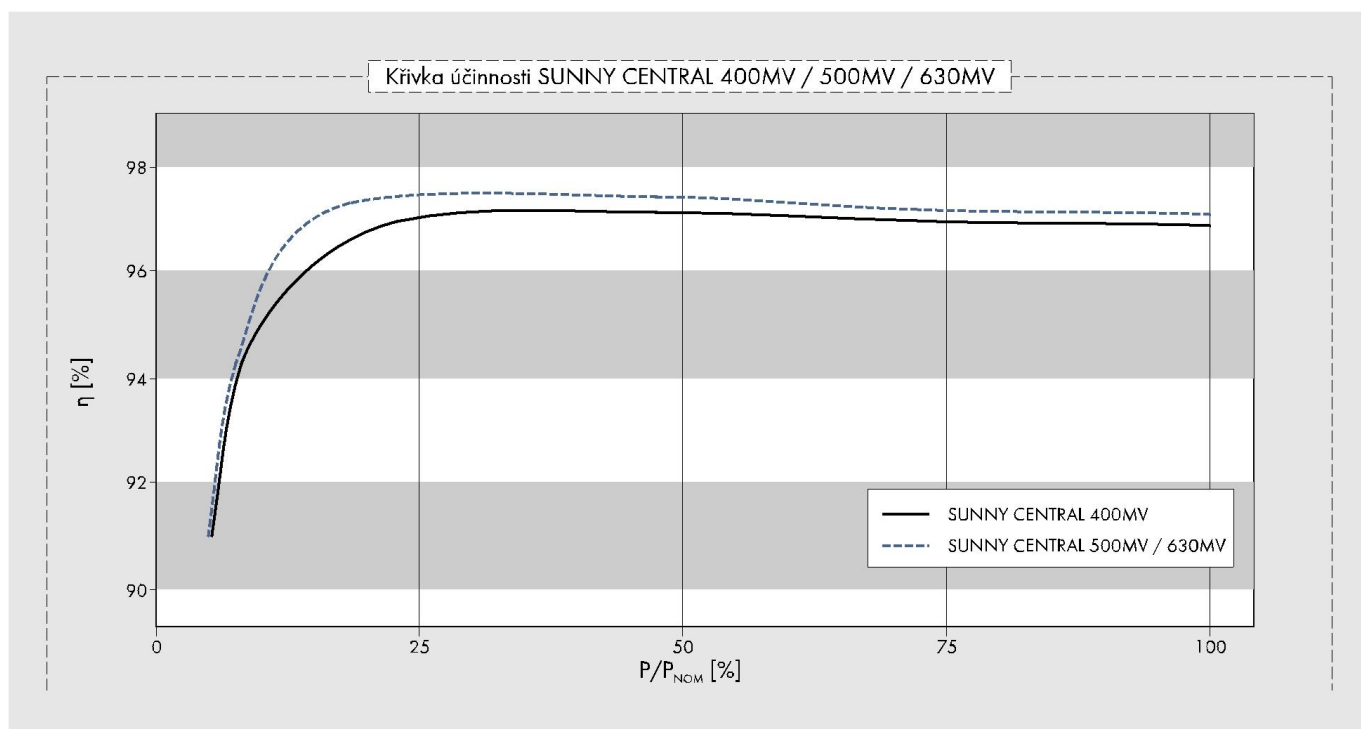
SUNNY CENTRAL pro přímé připojení do sítě vysokého napětí 400MV / 500MV / 630MV

Kompaktní stanice pro spolehlivou správu distribuční sítě

Stanice zahrnuje vše: Je vybavená centrálním střídačem nové rodiny HE od společnosti SMA a transformátorem vysokého napětí. Střídač Sunny Central MV je tak připojen přímo do sítě vysokého napětí. Výhoda: Protože není třeba použít transformátor nízkého napětí, dosáhne provozovatel systému vyšších energetických výnosů při nižších současných nákladech na střídač. Pro venkovní instalaci se střídač Sunny Central MV dodává „na klíč“ jako betonová kompaktní stanice. Kromě toho se střídač Sunny Central MV aktivně podílí na správě distribuční sítě. Splňuje tak všechny požadavky směrnice pro vysoké napětí, která v Německu vstoupila v platnost v červenci 2010.

SUNNY CENTRAL 400MV / 500MV / 630MV

Technické údaje	Sunny Central 400MV	Sunny Central 500MV	Sunny Central 630MV
Hodnoty vstupu			
Jmenovitý DC výkon	408 kW	509 kW	642 kW
Max. DC výkon	450 kWp ¹⁾	560 kWp ¹⁾	705 kWp ¹⁾
MPP rozsah napětí	450 V – 820 V ⁵⁾	450 V – 820 V ⁵⁾	500 V – 820 V ^{5) 7)}
Max. povolené DC napětí	1000 V	1000 V	1000 V
Max. povolený DC proud	993 A	1242 A	1422 A
Počet jištěných DC vstupů	(8 + 8) + 2 DCHV	(8 + 8) + 2 DCHV	(8 + 8) + 2 DCHV
Hodnoty výstupu			
Jmenovitý AC výkon při 45 °C	400 kVA	500 kVA	630 kVA
Trvalý AC výkon při 25 °C	440 kVA	550 kVA	700 kVA
Jmenovité AC napětí	22000 V	22000 V	22000 V
Jmenovitý AC proud	10,5 A	13,1 A	16,5 A
AC síťová frekvence 50 Hz	•	•	•
AC síťová frekvence 60 Hz	•	•	•
Účinník (cos φ)	0,9 induktivní ... 0,9 kapacitní		
Zkreslení síťového proudu	< 3 %	< 3 %	< 3 %
Příkon			
Vlastní spotřeba při provozu	< 1500 W ⁴⁾	< 1500 W ⁴⁾	< 1500 W ⁴⁾
Vlastní spotřeba v pohotovostním režimu	< 100 W + 720W	< 100 W + 720 W	< 100 W + 800 W
Napětí externího pomocného zdroje	3 x 230 V, 50/60 Hz	3 x 230 V, 50/60 Hz	3 x 230 V, 50/60 Hz
Externí předřazené jištění pomocného zdroje	B 20 A, 3pól.	B 20 A, 3pól.	B 20 A, 3pól.
Rozměry a hmotnost			
Výška	3600 mm	3600 mm	3600 mm
Šířka	5300 mm	5300 mm	5300 mm
Hloubka	2500 mm	2500 mm	2500 mm
Hmotnost	30000 kg	30000 kg	30000 kg
Účinnost ²⁾			
Maximální účinnost	97,5 %	97,7 %	97,8 %
Euro-Eta	97,1 %	97,3 %	97,4 %
Stupeň krytí a podmínky prostředí			
Stupeň krytí podle normy EN 60529	IP54	IP54	IP54
Povolené teploty okolí	-20 °C ... +45 °C	-20 °C ... +45 °C	-20 °C ... +45 °C
Relativní vlhkost vzduchu	15 % ... 95 %	15 % ... 95 %	15 % ... 95 %
Spotřeba čerstvého vzduchu	6200 m ³ /h	6200 m ³ /h	6200 m ³ /h
Max. nadmořská výška	1000 m	1000 m	1000 m



	Sunny Central 400MV	Sunny Central 500MV	Sunny Central 630MV
Vybavení			
Displej řádkový / grafický	●/—	●/—	●/—
Kontrola zemního spojení	●	●	●
Vytápění	●	●	●
Nouzový vypínač	●	●	●
Nouzový vypínač AC strany	pojistkový odpínač zátěže	pojistkový odpínač zátěže	pojistkový odpínač zátěže
Výkonový vypínač DC strany	odpínač zátěže s motorem	odpínač zátěže s motorem	odpínač zátěže s motorem
Sledování stavu svodičů přepětí AC / DC	●/●	●/●	●/●
Sledování stavu svodičů přepětí pomocného zdroje	●	●	●
Rozhraní SCC (Sunny Central Control)			
Komunikace (NET Piggy-Back, volitelně)	analogově, ISDN, Ethernet	analogově, ISDN, Ethernet	analogově, ISDN, Ethernet
Analogové vstupy	5 x A _{in} ³⁾	5 x A _{in} ³⁾	5 x A _{in} ³⁾
Přepětíová ochrana pro analogové vstupy	○	○	○
Připojení pro přístroj Sunny String-Monitor (COM1)	RS485	RS485	RS485
Připojení pro počítač (COM3)	RS232	RS232	RS232
Beznapěťový kontakt (ext. hlášení poruch)	1	1	1
Normy			
EMC	EN 61000-6-2 EN 61000-6-4		
Shoda s CE	●	●	●
BDEW-MSRL / FGW / TR8 ⁶⁾	●	●	●
RD 1633 / 2000	●	●	●
Arrêté du 23/04/08	●	●	●
● Standardní vybavení ○ Volitelné vybavení — není součástí vybavení			
Typové označení	SC 400MV-11-CZ	SC 500MV-11-CZ	SC 630MV-11-CZ

HE: High Efficiency, střídač s vysokou účinností bez galvanického oddělení pro připojení k transformátoru vysokého napětí (s ohledem na specifikaci společnosti SMA pro daný transformátor)

1) Údaje platí pro hodnoty ozáření pod STC

2) Stupeň účinnosti měřený bez vlastního napájení při $U_{DC} = 500 \text{ V}$

3) 2 vstupy pro externí jmenovité hodnoty činného a jalového výkonu, 1 externí výstražný vstup, 1 čidlo vyzařování, 1 pyranometr

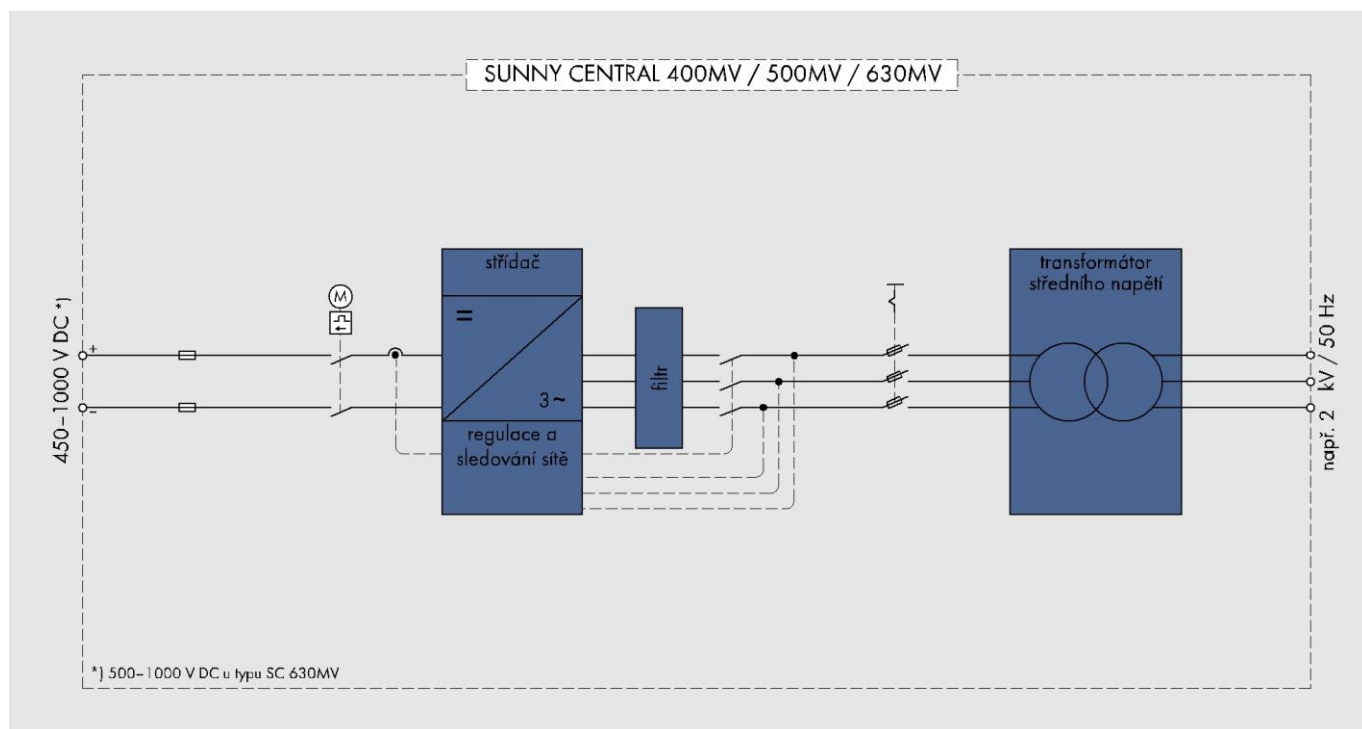
4) Příkon při jmenovitém výkonu

5) Při $1,05 U_{AC, nom}$ a $\cos \varphi = 1$

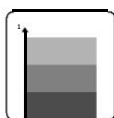
6) S omezenou podporou dynamické sítě

7) Při $f_{grid} = 60 \text{ Hz}$: 510 V - 820 V

Poznámka: V některých zemích se mohou stanice lišit od stanic zde vyobrazených.

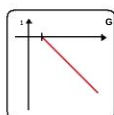


ÚČINNÉ FUNKCE PRO SPRÁVU SÍTĚ



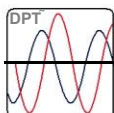
Dálkově řízené omezení proudu při přetížení sítě

Jako ochranu před jakýmkoliv krátkodobým přetížením sítě operátor nastaví nominální činný výkon, na který střídač přejde do 60 sekund. Jmenovitá hodnota se přenáší do střídačů prostřednictvím přijímače dálkového ovládání a omezovače SMA. Typicky bývají limitními hodnotami 100, 60, 30 nebo 0 procent jmenovitého výkonu.



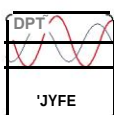
Frekvenční regulace činného výkonu

Od frekvence 50,2 Hz střídač automaticky omezuje činný výkon napájení podle určené charakteristické křivky, a pomáhá tím stabilizovat frekvenci sítě.



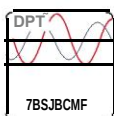
Stabilizace statického napětí podle jalového výkonu

Střídače SMA se podílejí na stabilizaci napětí v síti dodávkou podílu jalového výkonu. Dostupné jsou tři režimy :



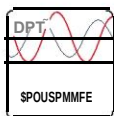
a) Hodnoty jalového výkonu napevno určeny provozovatelem distribuční sítě

Provozovatel distribuční sítě určí pevné hodnoty jakového výkonu nebo faktor změn účinníků $\cos(\varphi)_{\text{indukční}} = 0,90$ a $\cos(\varphi)_{\text{kapacitní}} = 0,90$.



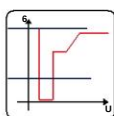
b) Určení dynamické požadované hodnoty jalového výkonu provozovatelem distribuční sítě

Provozovatel distribuční sítě dynamicky určuje průběh všech změn hodnot účinníků $\cos(\varphi)_{\text{indukční}} = 0,90$ a $\cos(\varphi)_{\text{kapacitní}} = 0,90$. Přenosy se uskutečňují prostřednictvím komunikačního zařízení a vyhodnocení a zpracování zajišťuje SMA Power Reducer Box.



c) Regulace jalového výkonu podle charakteristické křivky

Jalový výkon resp. jeho změny se řídí určeným průběhem charakteristické křivky v závislosti na velikosti činného výkonu dodávaného do sítě nebo napětí v síti.



Přechodné dynamické zálohování distribuční sítě

Střídač napájí síť při krátkodobém výpadku – do okamžiku, kdy napětí v síti dosáhne určené hodnoty.

Příloha B

SunClaSS SC 220-60P

Electrical data

Maximum Power ($\pm$ % 3) (Wp)	220	230	240
Voltage at point of max. power (V)	29	29,4	29,4
Current at point of max. power (A)	7,58	7,82	8,16
Open-circuit voltage (V)	36,3	36,5	36,5
Short-circuit current (A)	8,1	8,3	8,5
Maximum system voltage (V)	1000	1000	1000
Module efficiency (%)	13,6	14,2	14,8
STC standard test conditions	Irradiation: 1000 W/m ² AM: 1,5 Temperature: 25°C		

Mechanical data

Length	1652 mm
Height	992 mm
Width	50 mm
Weight	19 kg
Cable	900 / 900 mm ($\varnothing$ 4mm ²)
Glass	3,2 mm
Foil	EVA
Backsheet	TPT/TPE
Frame	Al (Aluminium anodized)
Cell	60 pcs, size: 156 x 156 mm (6")
Junction	IP65 junction box with bypass diodes
Connector	MC-4 compatible

Temperature coefficients

α_{Pm}	- 0,47 % / °C
α_{Isc}	+ 0,1 % / °C
β_{Voc}	- 0,38 % / °C

Application areas

Temperature	- 40°C to + 85°C
Hail	up to 25 mm hailstone size at 80 km/h
Surface max. stress	540 kg/m ²

Guarantee

Product guarantee	12 years
Out-put guarantee	10 years for a power output of 90 % 20 years for a power output of 83 % 25 years for a power output of 80 %

Certifications / Qualifications

Periodic Inspection IEC 61215 (1000 V) IEC 61730 Protection Class II (1000 V) CE Marking	 
--	--

