

САМОСТОЯТЕЛНИ ФОТОВОЛТАИЧНИ СИСТЕМИ

Недко Пашамов, Юрий Дачев, Димитър Димитракиев
ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“

Резюме: Сферата на предназначение и приложение на самостоятелните фотоволтаични инсталации е децентрализираното, безмрежово електроснабдяване на електрически консуматори. Основното им предимство се състои в децентрализацията и модулния характер на фотоволтаичните модули.

Ключови думи: Фотоволтаична система, соларен генератор, акумулатор, регулатор на зареждането.

SEPARATE PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Nedko Pashamov, Yuriy Dachev, Dimitar Dimitrakiev
Nikola Vaptsarov Naval Academy

Abstract: The field and application of separate photovoltaic systems is the decentralized, gridless electricity supply to electricity consumers. Their main advantage is the decentralization and modular nature of photovoltaic modules.

Keywords: Photovoltaic system, solar generator, battery, charge regulator.

Въведение

Фотоволтаичната система или соларният генератор в зависимост от желаната мощност и напрежение, се състои от определен брой паралелно и/или последователно свързани фотоволтаични модули. Те са закрепени на алуминиева конструкция. Фотоволтаичният генератор може да бъде разположен на земя или на покрива на сграда. Това са системи при които произведената енергия се използва за собствено захранване на консуматорите, като в същото време те не са свързани към националната електропреносна система. Това е причината тези системи да се наричат автономни (Off Grid). Освен това те са и самостоятелни системи, защото могат да предоставят електрическа мощност само за обекта, за който е проектирана.

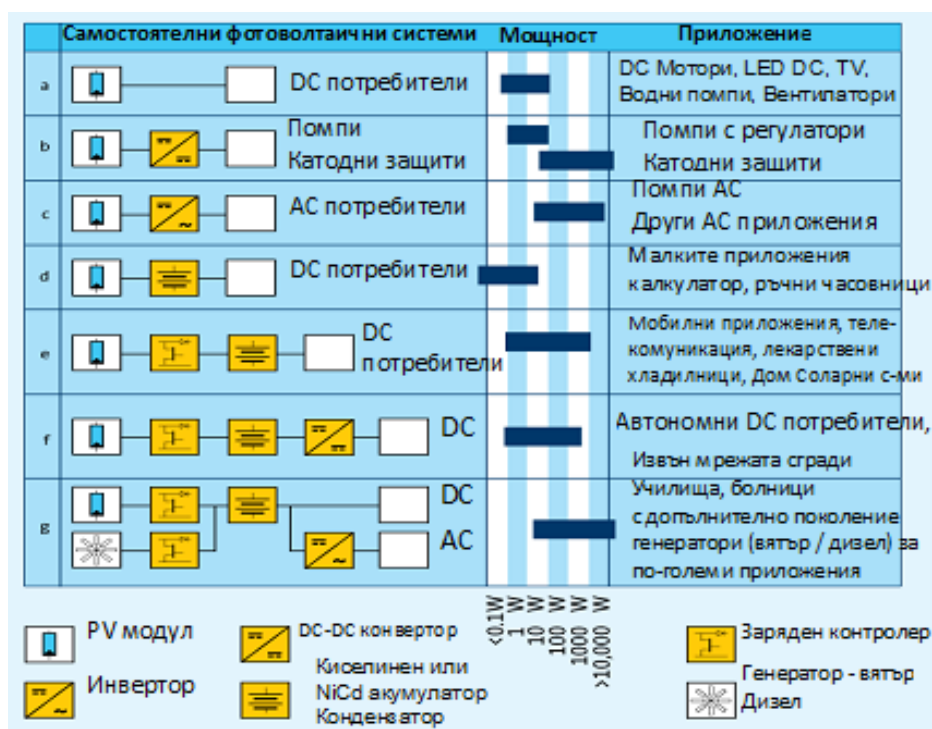
1. Видове самостоятелни фотоволтаични системи

Самостоятелните фотоволтаични системи могат да бъдат изградени от един или повече соларни модули в зависимост от предназначението и капацитета им (фиг. 1):

- Системи за постоянен ток и напрежение (DC):
 - система с директно захранване от соларния модул (модул – консуматор);
 - система със заряден контролер и акумулатор към консуматора;
 - система с постояннотоков конвертор (за консуматори с по-ниско захранващо напрежение /DC- DC конвертер)

Обикновено това са фотоволтаични системи изградени с един или повече модули с мощност от 5 W до 160 W при напрежение $U_{mp} \approx 17 \text{ V}$. Известни са като 12 V системи.

- Системи за променлив ток и напрежение (AC):
 - система със заряден контролер, акумулатор и инвертор;
 - система с допълнителен генератор;



Фиг. 1 Самостоятелни фотоволтаични системи по мощност и предназначение.

В нормалният случай съотношението между количеството слънчево лъчение и консумацията е „лошо”, поради което е необходимо използване на средство за акумулиране на енергията. Поради тази причина класическите автономни фотоволтаични системи се състоят от:

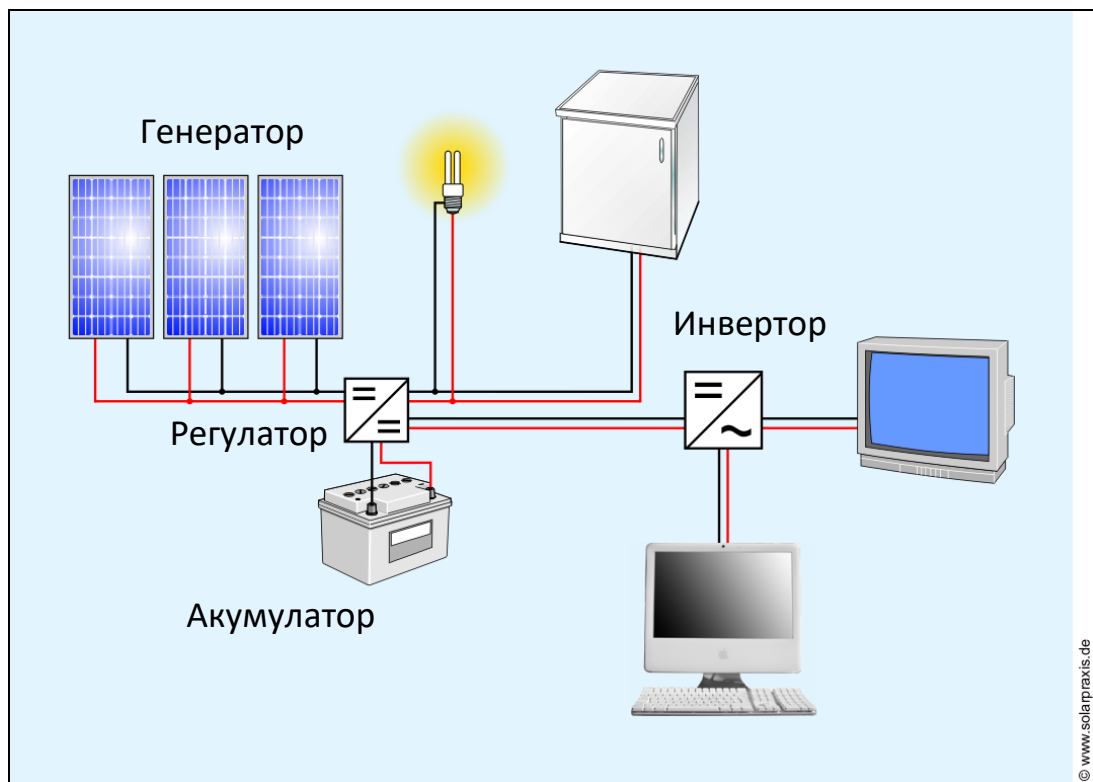
- соларен генератор;
- акумулатор;
- регулатор на зареждане;
- консуматор.

При малки автономни системи, в които консуматора е с незначителна мощност или работи продължително време в режим на стендбай, може да не се използва регулатор на заряда. При големи системи, които се използват ежедневно, е задължително да се включи регулатор на зареждане.

2. Принципна схема и компоненти на автономна фотоволтаична система

„Сърцето“ на автономната фотоволтаична система е регулатора. Той служи за защита на акумулатора и има следните функции (фиг. 2):

- Защита на акумулатора от дълбоко разреждане;
- Защита на акумулатора от презареждане. Повечето регулатори на зареждане са оборудвани с допълнителна опция за удължаване на експлоатационния срок на батерията.



Фиг. 2 Принципна схема на автономна фотоволтаична система.

Соларните регулатори на зареждането се класифицират според системното напрежение (12 V или 24 V) и максимално допустимия ток на соларния модул. (фиг. 3)



Фиг. 3 Соларен регулатор.

Най-елементарният принцип на регулиране на един регулатор на зареждане е този на паралелен регулатор.

Защитата от презареждане се осъществява по следният начин: При достигане на максималното напрежение за зареждане на акумулатора, регулаторът за зареждане понижава тока на стъпки, при което входа на модула се свързва на късо съединение. Алгоритъмът за регулиране измества работната точка на характеристикната крива винаги към по-малките напрежения. Случаят на късо съединение върху характеристикната линия на соларен модул е допустима работна точка.

Защитата от дълбоко разреждане се реализира с разединяване на товара. При достигане на напрежението на дълбоко разреждане консуматорите се разединяват от акумулатора.

При регулатори, използващи шунтове, фактическото напрежение на модулните клеми е винаги малко над напрежението на акумулатора. При това модулите почти никога не се експлоатират в тяхната точка на максимална мощност. Оказва се, че винаги съществува известно напасване на недостига. За да се избегне това, при по-големите системи се използва MPP-регулатор. Той съдържа допълнително устройство за настройка на постоянния ток, което измества работната точка на соларните модули в тяхната максимална мощност.

Съществен компонент на самостоятелните фотоволтаични системи е акумулатора. Той позволява ползването на електроенергия в периодите, когато липсва слънчево лъчение. При работа на соларният регулатор с различни акумулатори режимът на експлоатация на регулатора е различен.

При работа с оловно-киселинен акумулатор регулаторът на зареждане работи над определеното минимално напрежение и под крайното напрежение на зареждане. Едва когато при разреждане се надхвърли

„долното номинално напрежение“, при следващия процес на зареждане се пуска процес на „кипене“ и напрежението се повишава над крайното напрежение на зареждане. По този начин се увеличава експлоатационния срок на годност на акумулатора.

При използване на акумулатор с установен електролит, процесът на кипене трябва да бъде деактивиран. При слизване под долната граница на напрежението на дълбоко разреждане, консуматорите се разединяват от регулатора и при достигане на напрежението на включване, се захранват отново от акумулатора.

Правилният избор и монтаж на соларния акумулатор в голяма степен определя ефективността на цялата фотоволтаична система. Затова на този компонент се отдава специално значение. Основни параметри на акумулатора са:

- напрежение;
- капацитет;
- дълбочина на разреждане;
- максимален ток (максимална мощност);
- саморазреждане;
- цикли на зареждане (срок на експлоатация);
- защита от изтичане;
- газове;
- разходи.

Основни характеристики на соларният акумулатор са:

- капацитет;
- к.п.д.;
- брой цикли.

В зависимост от размера на системата, целите на нейното предназначение и на експлоатационния ѝ живот, се предлагат различни типове акумулатори:

- акумулатор с панцерни плочи;
- акумулатор олово-гел защитен от изтичане;
- батерия с влакнеста маса (AGM);
- NiCd - подходящи за ниски температури;
- NiMH - с по-голям брой цикли;
- Li-йонни с голяма плътност на енергия и намалено саморазреждане.

За пример се прави сравнение между стартерен и соларен акумулатор.

Конвенционалният стартерен акумулатор има основна задача да достави за относително кратък времеви интервал силен ток. Това се осъществява чрез сравнително голяма активна повърхност на клемите. Електродите му са конструирани с голям брой тънки пластини.

За разлика от стартерните акумулатори соларните акумулатори са с по-здрави пластини, които имат добавка от антимон (Sb). По този начин се постига по-голям брой цикли. За предотвратяване на собствената корозия и за увеличаване на продължителността на експлоатационната годност, концентрацията на електролитната киселина е по-ниска отколкото при стартерните акумулатори. В таблица 1 е направено сравнение на различни видове акумулатори:

Таблица 1

Вид на акумулатора	Енергия	
	Отнесена към масата	Отнесена към обема
Оловно киселинни	0,04 kWh/kg	0,10 kWh/l
NiMH	0,09 kWh/kg	0,35 kWh/l
Li-Ion	0,16 kWh/kg	0,40 kWh/l
Li-Polymer	0,18 kWh/kg	0,50 kWh/l

Срокът на експлоатация на соларните акумулатори зависи от броят цикли (процеси на зареждане и разреждане), дълбочинното разреждане и максималния ток за зареждане и разреждане

Краят на експлоатационния живот на един акумулатор се достига когато в заредено състояние той постига само 80% от своя първоначален номинален капацитет.

За дълга и безаварийна работа на акумулаторите е необходимо те да се поддържат експлоатационно. При оловно-киселинни акумулатори трябва през регулярни интервали 1 или 2 пъти годишно да се проверява нивото на

киселината и при нужда да се допълва с дестилирана вода. При соларните акумулатори без изключение става дума за краткотрайни акумулатори. Затова при тях не е възможно трансформираната през лятото енергия да се прехвърля в „слабите“ на слънчево лъчение зимни месеци. Решението на въпроса със съхранението на енергията е важен.

Ако инсталациите са по-големи и броят на консуматорите нараства, често пъти тяхното ползване се затруднява сериозно. Допълнителен недостатък на системите с постоянно напрежение са по-високите загуби при провеждане от високите възникващи токове, които могат да се компенсират само с големи сечения на избраните проводници. Помощ в такива случаи оказва ползването на автономен преобразовател на постоянното напрежение и ток в променливо напрежение и ток. Той се нарича инвертор. Той доставя повече или по-малко идентично на мрежовото изходно напрежение така, че всички налични 230 V консуматори могат да се използват.

3. Самостоятелни фотоволтаични системи за големи консуматори.

Това са системи с включен инвертор (преобразовател) от 12/24/36 и 48 V на 230 V.

Инверторите които се използват в самостоятелната фотоволтаична система са (фиг. 4):

- с модифицирана синусоида (правоъгълен, триъгълен, трапецовиден или друг сигнал), използващи се за малки консуматори;
- с чиста синусоида, използващи се при големи консуматори.



Фиг. 4 Автономен инвертор SMASI-6,0 (6000 W) с дистанционен контрол.

Възможностите на автономните инвертори са различни. Те поемат целият процес на експлоатационно управление на консуматорите. За да остане ниска консумацията на уредите, преобразувателите (инверторите) трябва да разполагат с опция режим на готовност. В случая става дума за автоматично разпознаване на товара от инвертора, като подава периодични контролни сигнали и по този начин разпознава консуматора. Освен това трябва да се постигне максимално висок к.п.д. на трансформация.

При по-големи автономни инсталации, които разполагат с моторно задвижван генератор за второ захранване, съществува възможността инверторите да се използват с функция за зареждане на акумулатора. Те отчасти работят като непрекъсваемо електрозахранване и в случай на работа на генератора зареждат едновременно и акумулаторите. Налице са уреди, които в зависимост от напрежението на акумулатора могат да предизвикат стартиране на генератора.

Всичко това налага използването на хибридни системи. Особено при големи автономни системи, като например захранването на жилищни сгради, се поставят високи изисквания към сигурността на захранването при зимна експлоатация. Тук се предлага интегрирането на допълнителни енергоносители в системата. В случая се препоръчва включването на моторен генератор. При подходящо местоположение свързването с ветрогенератор предлага идеално изравняване, тъй като наличието на слънчева светлина в съчетание с ветрова енергия се допълват много добре. Чрез тези хибридни системи може съществено да се увеличи сигурността на захранването на автономната система при поносими разходи. (фиг. 5)



Фиг. 5 Автономна фотоволтаична система 10 kW с хибридна схема.

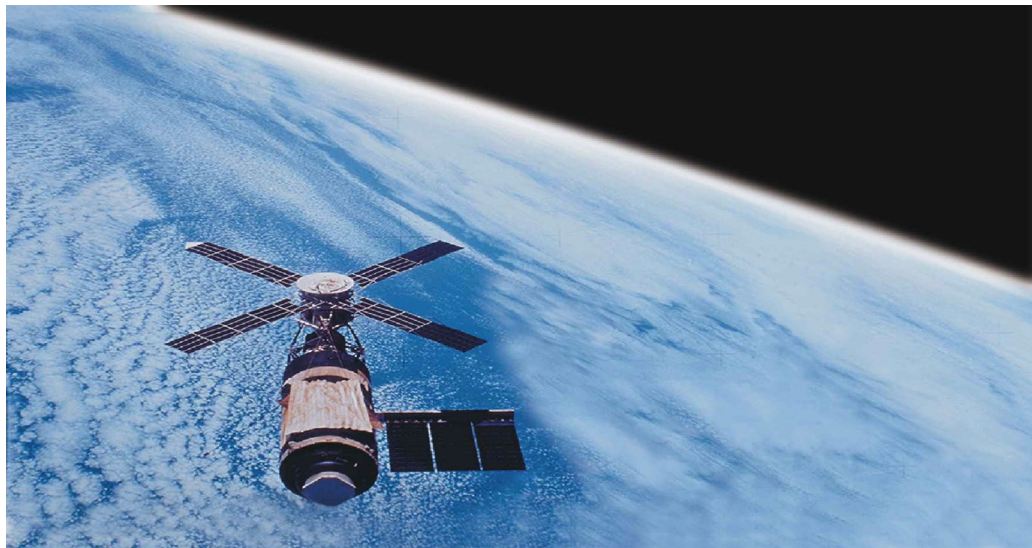
Както всички електрически системи, така и самостоятелните фотоволтаични системи имат определени предимства и недостатъци.

Предимствата на автономната система са: бърз и лесен монтаж, директно използване (без акумулатор /помпи), няма загуби от пренос по електрическата мрежа, възможност за надграждане, чиста енергия без замърсители, дълъг експлоатационен живот за по-голяма част от материалите.

Недостатъците на автономната система са: къс срок на експлоатация на акумулатора, скъп инвертор (при чиста синусоида), загуби при използване на постоянен ток при големи системи, оскъпяване при надграждане при грешно изчислена система, отделно помещение при използване на оловно-киселинни акумулатори, висока цена при избор на качествена система.

Заклучение

Самостоятелните фотоволтаични системи намират голямо приложение в различни области. В повечето от тях се използва смарт управление:



Фиг. 6 В космическите станции и спътници.



© www.solarpraxis.de / Antony

Фиг. 7 В средствата за навигационно осигуряване на безопасността на корабоплаването.



© Solarpolis, www.solarpolis.de

Фиг. 8 В морски и речни плавателни средства.



© Solarpolis, www.solarpolis.de

Фиг. 9 В малки въздухоплавателни апарати.



Фиг. 10 За туристически цели.

Самостоятелните фотоволтаични системи се използват още за захранване с електричество на къщи, вили, хижи, каравани, оранжерии, смарт улично и преносимо осветление, мобилни устройства, видеокамери, електропастири и др.

Литература:

1. Пашамов Н., Въведение във фотоволтаиката, изд. Макрос, Пловдив, 2019, ISBN 978-954-561-485-9.
2. Pearce J., Photovoltaics - A Path to Sustainable Futures, Futures 34 (7), The Pennsylvania State University, USA, 2002.
3. Peet J., Energy and the ecological economics of sustainability, Washington, D.C: Island Press, 1992.
4. Flavin C., Building a bridge to sustainable energy, In Brown L. editor, State of the World 1992, New York: Worldwatch Institute and Norton, 1992.
5. Carlson D. E., Fossil fuels, the greenhouse effect and photovoltaics, IEEE Photovoltaic Specialists Conference 1988, 1-7.