

## Алгоритъм за работа и структура на електронна система за управление на автономна фотоволтаична инсталация

Иван Евстатиев

**Operation algorithm and structure of an electronic system for control of an autonomous PV installation:** *The methods to accumulate maximum energy output from a PV panel considering the current solar radiation have been investigated and analyzed in this study. An operation algorithm and a structure of an electronic system for control of an autonomous PV installation have been developed. The operation algorithm determines the optimal work point, for which the maximal energy output is accumulated by the PV module.*

**Key words:** *electronic system, PV installation, operation algorithm.*

Работата на фотоволтаичните инсталации зависи от редица фактори, основен от които е слънчевата радиация. Интензитетът на слънчевата радиация за текущия ден от годината по часове се определя чрез статистическа обработка на данни [1, 3, 5] или чрез използването на модели [2, 4].

Управлението на автономните фотоволтаични инсталации има за основна задача да осигури максимален добив на енергия от фотоволтаичния панел (PV панел), като отчита влиянието на редица фактори. Втора задача на системата е да управлява нормалната експлоатация на акумулаторите – при пълно зареждане да прекратява подаването на електроенергия и при пълно разреждане да прекратява консумацията на енергия от тях [7]. Трета важна задача е да се осигури необходимото качество на хранените постояннотокови и променливотокови консуматори.

**Цел на изследването** е да се разработи алгоритъм и структура на електронна система за управление на автономна фотоволтаична инсталация, осигуряваща правилната експлоатация на елементите на инсталацията и максимален добив на енергия от фотоволтаичните панели.

**За критерии на управление на инсталацията** се предлагат:

- управление на натоварването на фотоволтаичните панели с цел осигуряване на максимален добив на енергия;
- управление заряда на акумулатора;
- поддържане на параметрите на подаваната електроенергия съгласно изискванията на стандарта.

**Обект на изследването**

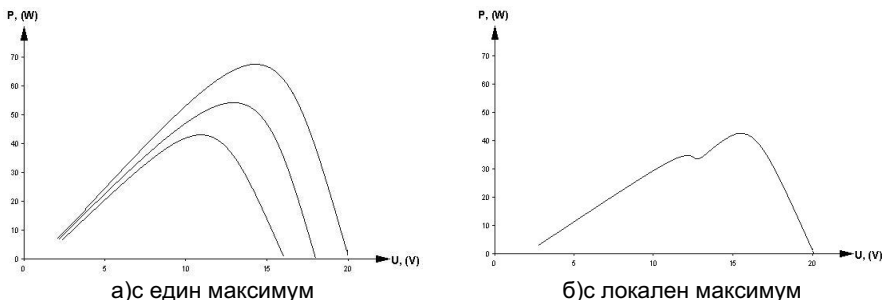
Обект на изследването са процесите в автономна фотоволтаична инсталация. В инсталацията се предвижда акумулиране на енергия през периода на добиване от слънцето в акумулатори, които се използват за осигуряване на енергия през тъмната част от денонощието.

За изпълняването на критерия управление на натоварването на фотоволтаичните панели с цел осигуряване на максимален добив на енергия се използват волт-амперната, напреженово-мощностната или токово-мощностната характеристики на фотоволтаичен панел. В зависимост от нивото на слънчевата радиация, напреженово-мощностната характеристика (фиг. 1) има изразен максимум за стойности на напрежението около 75% от напрежението на празен ход. От фигурата следва, че за да се постигне максимален добив на енергия от PV панела е необходимо да се поддържа такъв товар на панела, при който съотношението напрежение-ток осигурява постигането на максимална добивана мощност за нивото на слънчевата радиация.

Съществуват редица методи за търсене на оптималната работна точка. Често използвани са [6]:

- методи “отклонение-наблюдение”;

- методи, базирани на наблюдението на напрежението;
- методи, базирани на наблюдението на тока;
- методи, следящи "инкременталната проводимост".



Фиг.1. Напряженово-мощностни характеристики на фотоволтаичен панел

Управлението на заряда на акумулатора изисква контрол на напрежението на клемите му. При превишаване на максимално допустимото напрежение трябва да се прекрати зареждането. Важно е също след разреждането на акумулатора да се изключат консуматорите, за да се предпази той от повреда.

#### Алгоритъм за работа

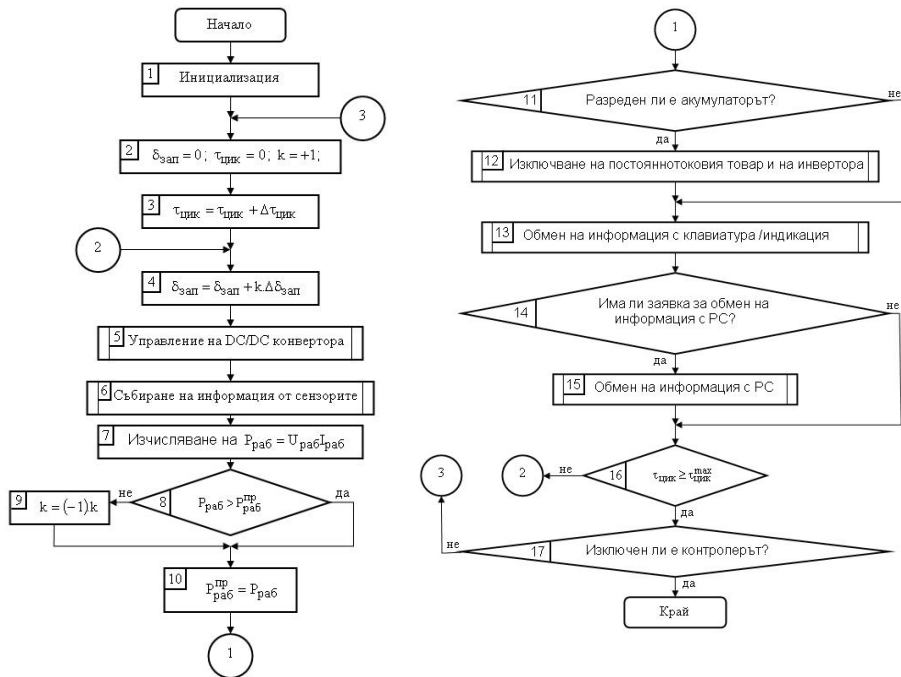
На фиг.2 е представен алгоритъм за работа на електронна система за управление на автономна фотоволтаична инсталация. За реализиране на максимален добив на енергия от PV панелите е приложен методът „отклонение – наблюдение“.

За целта се увеличава или намалява токът на фотоволтаика, като се променя запълването на импулсите на DC/DC конвертора и се сравняват получената мощност с предходната. Ако новата мощност е по-голяма от старата, се прави извод, че посоката на изменение е правилна и „запълването“ се изменя в същата посока. При по-малка стойност на новополучената мощност се сменя посоката на изменение на „запълването“. По този начин чрез изменение на запълването се следи системата да осигурява максимално възможната мощност, отдавана от PV панелите.

Периодично през определен интервал от време се измерва напрежението на празен ход на PV панелите. На базата на него се определя условно оптималното напрежение  $U_{\text{усл}}^{\text{опт}} = 0,75 \cdot U_{\text{ПХ}}$ . Запълването на импулсите на DC/DC конвертора  $\delta_{\text{зап}} = 0$  отговаря на празен ход на конвертора. Напрежението на празен ход е близко до търсеното  $U_{\text{усл}}^{\text{опт}} = 0,75 \cdot U_{\text{ПХ}}$ . Тази особеност предполага периодично да се измерва напрежението на празен ход и от него да се започва търсенето на оптималното напрежение. По този начин, ако по някаква причина системата попадне в локален екстремум (фиг.1.Б), чрез периодичното започване на търсене на максимум от точката на празен ход се излиза от локалния екстремум.

В блок 1 се извършва инициализация на контролера. В блок 2 се задава запълване на DC/DC конвертора  $\delta_{\text{зап}} = 0$ , с което се започва да се търси оптималната точка, от позицията - напрежение на празен ход ( $U_{\text{ПХ}}$ ). В същия блок се нулира цикълът за евентуално излизане от локален екстремум. В блокове 3 и 16 се организира изменението на този цикъл.

В блок 4 се изменя запълването. Първоначално в блок 2 се задава стойност  $k = +1$  на коефициента, определящ посоката на изменение на запълването на DC/DC конвертора. Ако се окаже, че е достигнат търсеният максимум, в блок 9 се сменя знакът на коефициента ( $k = (-1)k$ ). На всяка следваща итерация се сменя знакът на  $k$ , като по този начин се поддържа работната точка в зоната на максимума.



Фиг.2.Алгоритъм за работа на електронна система за управление на автономна фотоволтаична инсталация

След като е изменено запълването в блок 5, то се задава като задание за работа на DC/DC конвертора. Следва събиране на информация от сензорите в блок 6 и изчисляване на текущата работна мощност, получавана от инвертора (блок 7). След уточняване в блокове 8 и 9 на коефициента, определящ посоката на изменение на запълването, в блок 10 на  $P_{раб}^{пр}$  се присвоява новата текуща мощност.

Блокове 11 и 12 управляват изключването на постояннотоковия и променливотоковия товари при разреждане на акумулаторите.

За целта постояннотоковите товари се изключват чрез контактор, а променливотоковите - чрез подаване команда за спиране на инвертора (блок 12).

В блок 13 се извършва обмен на информация с клавиатура/индикация.

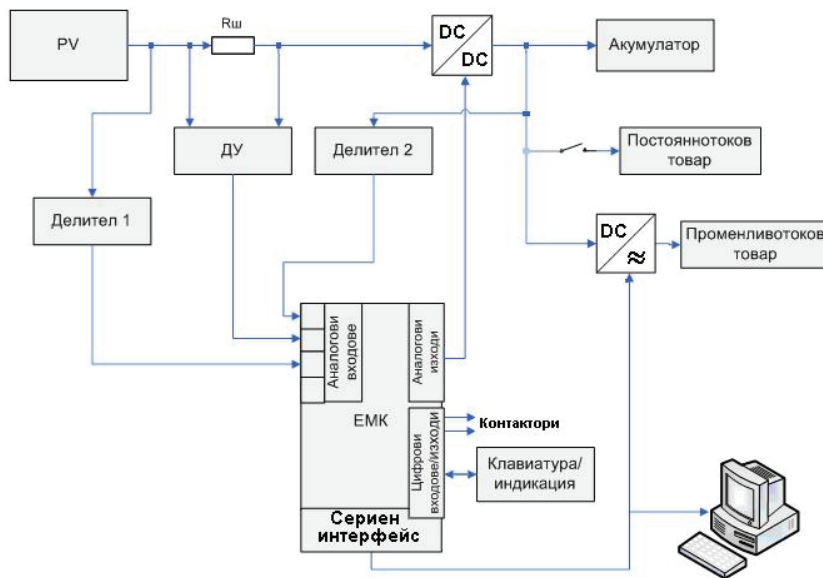
В блокове 14 и 15 се извършва обмен с персонален компютър (PC) с цел осигуряване на информация за мониторинговата система или за издаване на команди за управление на контролера. Обменът на информация става след заявка от страна на PC.

В блок 16 се проверява, дали е изтекло времето на цикъла за проверка за евентуално излизане от локален екстремум (фиг.1.б). Ако времето не е изтекло,

цикълът се затваря преди блок 4, а ако е изтекло - се затваря преди блок 2, след проверка в блок 17 за изключен контролер.

**Структура на електронна система** за управление на автономна фотоволтаична инсталация е представена на фиг.3.

Системата контролира напрежението и тока на изхода от PV панела и напрежението на заряда на акумулатора. Напреженията се измерват чрез делител на напрежение. Измерването на тока след PV панела е чрез шунт. Пада на напрежение при протичане на ток през него се измерва с диференциален усилвател (ДУ). Сигналите от делителите на напрежение и от ДУ постъпват на аналогови входове на управляващия контролер. Когато разполагането на делителите на напрежение и на токовия трансформатор е отдалечено от входовете на контролера, за намаляване на смущенията се използват трансмитери, преобразуващи сигнала в токов кръг.



Фиг.3. Структура на електронна система за управление на автономна фотоволтаична инсталация

В схемата е предвидено управлението на DC/DC конвертора да се изпълни чрез аналогов сигнал (възможно е управлението да е посредством сериен интерфейс). Аналоговият сигнал се формира от аналогов изход на контролера.

Управлението на инвертора се осъществява чрез сериен интерфейс. Чрез цифрови изходи и контактори се включва и изключва постояннотоковия товар. Изключването е необходимо при разреждане на акумулаторите. Променливотоковия товар се изключва от инвертора.

За въвеждане на информация и визуализиране на данни са предвидени клавиатура/индикация.

Към системата е включен PC с цел осигуряване на мониторингова система за работата на инсталацията и за подаване на команди за управление работата на контролера. Наличието на PC е също предпоставка да се използва модел на процеса и системата да се управлява, като се използва симулация с модела. Чрез

симулацията се търсят подходящи управляващи въздействия, осигуряващи максимален добив на ел.енергия от инсталацията.

#### **Резултати и изводи**

В публикацията са изследвани и анализирани методите, при които от фотоволтаичния панел се добива максимална енергия от текущото състояние на слънчевата радиация.

Разработен е алгоритъм за работа на електронна система, осигуряващ максимален добив на енергия по метода "отклонение-наблюдение".

Алгоритъмът предвижда периодично започване на "следенето" на максимума на добиваната енергия от напрежението на празен ход, с което се излиза от евентуално попадане в локален максимум.

Разработена е структура на електронна система за управление на автономна фотоволтаична инсталация, осигуряваща заряд на акумулатор и захранване на потребители на постояннотокова и променливотокова енергия.

#### **Литература**

- [1] Михайлов Н., И. Евстатиев, И. Стоянов, К. Габровска. Изследване на слънчевото радиационно излъчване за условията на регион Русе през есенния сезон. Трудове на научната сесия РУ'2004, 1-3 ноември 2004, Русе, 114-118.
- [2] Gabrovska K., Software modeling of stochastic climatic processes, Proc. Of the int. Conference on Computer Systems and Technologies – CompSysTech'2007, 14-15 June 2007, Rouse, Bulgaria, VI.12-1 – VI.12-6.
- [3] Mihailow N., K. Gabrovska. Computer informational system for solar radiation analysis. EE&EA'2002-International Scientific Conference, April 2002, Rouse, Bulgaria, 75-81.
- [4] Mihailow N., K. Gabrovska. A Computer System for Measurement of Solar Radiation for the Region of Rouse. Proceedings of the 33. International Symposium on Agricultural Engineering, 21-25 February 2005, Opatija, Croatia, 301-305.
- [5] Stoyanov, I. Determination of the Electrical Energy, Obtained From Direct Transformation of Solar Energy from a PV Generator. Proceedings of Twelfth International Conference On Electrical Machines, Drives And Power Systems, ELMA2008, 16 – 18 October, 2008, Sofia, Bulgaria, 336-340.
- [6] <http://engineering-review.bg/engineering-statii.aspx?br=39&rub=405&id=1046>, Посетен на 27.07.2011г.
- [7] <http://www.planetbatt.com/sistemi-monitoring.php> , Посетен на 27.07.2011г.

#### **За контакти:**

Доц. д-р Иван Евстатиев, Катедра "Електроника", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888-772, e-mail: [ievstatiev@uni-ruse.bg](mailto:ievstatiev@uni-ruse.bg)

**Докладът е рецензиран.**