

Фотоволтаични системи

Методи за определяне на оптималната работна точка на системата

В продължение на статиите за фотоволтаични системи, публикувани в предишни броеве на сп. **Технологичен дом**, в настоящата статия продължаваме темата с техни характеристики, както и с основни пречки пред масовото им използване у нас.

Роля на постояннотоковия преобразувател в системата

В реалните системи фотоволтаиците не се свързват директно към постояннотоковия товар (фиг. 1). Системата за управление използва постояннотоков преобразувател, който има за задача да преобразува постоянно напрежение на изхода на фотоволтаика до постоянно напрежение с друг волтаж - този на шините на товара. Най-често постояннотоковият преобразувател се реализира като повишаващ преобразувател, чиято схема е показана на фигура 2. Характерно за този тип преобразуватели е, че постоянно напрежение на изхода (от страната на R_T) е по-високо от напрежението на входа. При отпушване на транзистора, токът през индуктивността започва да се повишава, запасвайки в нея енергия. При запушване на транзистора, ЕДН на самоиндукция на индуктивността се сумира с напрежението на фотоволтаика. Логично, кондензаторът се зарежда до сумата от двете напрежения. През времето, когато транзисторът е отпушен, товарът се захранва от запасената в кондензатора енергия.

Коефициент на запълване на конвертора

Отношението на времето, през което транзисторът е отпушен, към периода, когато е запушен, представлява т.нар. коефициент на запълване D на конвертора. Доказва се, че с промяна на коефициента на запълва-

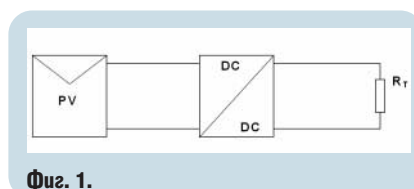
не на конвертора се изменя и еквивалентното му входно съпротивление.

Когато в системата с фотоволтаик е включен конвертор, на практика еквивалентното му входно съпротивление се явява товарно за фотоволтаика, а постояннотоковият товар R_T - изходно съпротивление за конвертора.

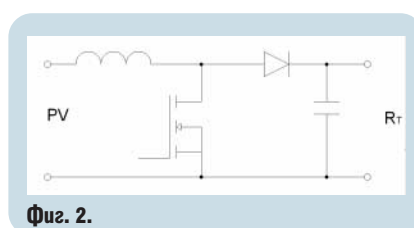
При повишаващия преобразувател, изходното напрежение U_0 (т.е. напрежението върху R_T) е свързано с входното напрежение U_i (т.е. напрежението на фотоволтаика) с формулата: $U_0 = U_i / (1 - D)^2$. За това положение, входното съпротивление на инвертора би могло да се представи с израза: $R_i = R_T (1 - D)^2$, където R_i е входното съпротивление на преобразувателя, а R_T е неговото изходно товарно съпротивление.

Контролерите изменят коефициента на запълване

Тъй като постояннотоковият преобразувател се явява товар за фотоволтаика, то с изменение на коефициента на запълване на преобразувателя се променя и товарното съпротивление на фотоволтаика, което определя и работната му точка - фигура 3. Ако фотоволтаикът е натоварен директно със съпротивлението R_T , т.е. без постояннотоков преобразувател, той би работил в точка А. Тя се явява пресечна на V-A характеристика на фотоволтаика и товарната права. В този случай тя би имала ъглов коефициент $1/R_T$. Както се вижда от втората графика, при



Фиг. 1.



Фиг. 2.

работа в точка А, фотоволтаикът има по-ниска изходна мощност. Ако се въведе постояннотоков преобразувател в системата, работната точка би могла да се измести в точка В, при която фотоволтаикът отдава максимална мощност.

Както вече бе изяснено, работната точка с максимална мощност не е постоянна, а зависи от условията на работа. Затова е важно контролерите адаптивно да изменят коефициента на запълване на преобразувателя, за да поддържат работата на системата оптимална.

Определяне на оптимална работна точка

Съществува голямо разнообразие от алгоритми и средства за „намиране“ на оптималната работна точка. Тъй като по модифицирането и оптимизирането на алгоритмите в момента се работи активно, постоянно се публикуват нови решения. Често използваните алгоритми за определяне на оптимална работна точка могат да се класифицират в следните групи:

- методи „отклонение-наблюдение“;
- методи, следящи „инкрементална проводимост“;

- методи, базирани на наблюдение на напрежението;
- методи, базирани на наблюдение на тока.

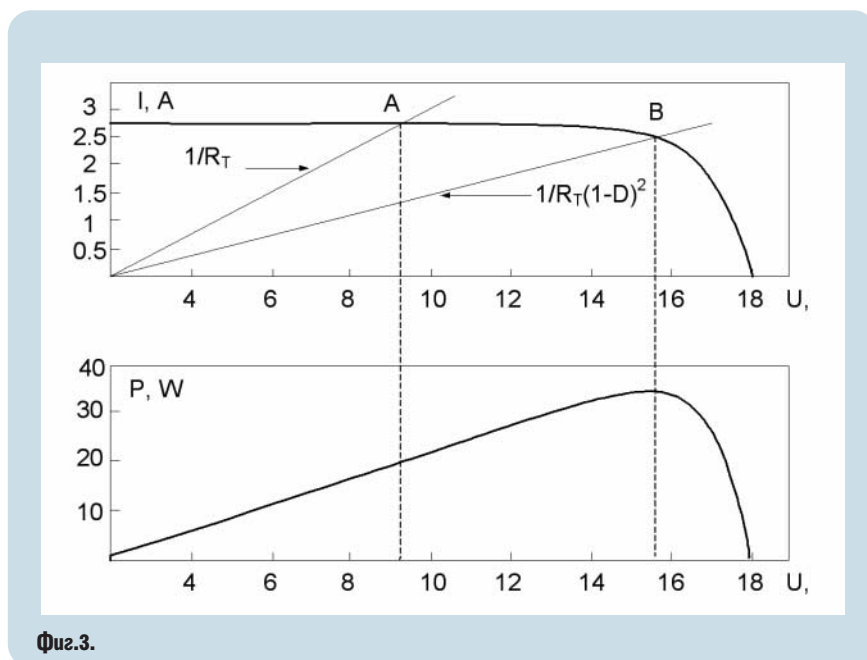
Методи "отклонение-наблюдение"

Характерно за този тип алгоритми е, че се предизвиква леко отклонение от работната точка и се наблюдава изменението на отдаваната от фотоволтаика мощност. Установяването, че мощността нараства означава, че това е правилната посока на изменение и работната точка, и отклонението продължава в същата посока. Ако отдаваната мощност се понижава след отклонението, то необходимо движение на работната точка е в другата посока. Ако при отклонение и в двете посоки, мощността се понижава, следователно текущата работна точка съвпада с максимума.

Методи, следящи

"инкрементална проводимост"

При тази група алгоритми се ра-



Фиг.3.

боти на базата на добре известни зависимости. Известно е, че мощността на фотоволтаика, изразена чрез тока и напрежението на модула, е равна на $P = UI$. След диференциране, по отношение на напрежението, се получава $dP/dU = I + U(dI/dU)$. В точ-

ката на максимума е изпълнено условието: $dP/dU = 0$, откъдето следва, че за нея е в сила зависимостта $I/U = -dI/dU$. Ако работната точка се намира вдясно от максимума, то $dP/dU < 0$ и $I/U < -dI/dU$. Когато работната точка е вляво от максиму-



ма, са в сила зависимостите $dP/dU > 0$ и $I/U > -dI/dU$.

Контролерите, работещи на базата на този алгоритъм, могат по-бързо да намират точката на максимална мощност при бързо променящи се атмосферни условия. Горните три отношения задават както условие за определяне на оптимум, така и посока на изменение за неговото търсене.

Методи, базирани на наблюдение на напрежението и тока

За разлика от двата вече описани метода, при тях се следи напрежението на празен ход или тока на късо съединение на фотоволтаика. Прави се предположението, че работната точка с максимална мощност се намира при напрежение, равно на около 0,75 от напрежението на празен ход, или при ток, равен на около 0,9 от тока на късо съединение.

Контролерите, работещи с този тип алгоритми, отделят за съвсем кратък период от време фотоволтаичния модул от останалата част на системата. Оставят го на празен ход, когато трябва да се измери напрежението на празен ход или го свързват към малко по-стойност, но мощно съпротивление, за да измерят тока на празен ход. Необходимостта от отделяне на фотоволтаика от системата, макар и за кратко, е не-

достатък на тази група методи. Необходимостта от мощно съпротивление за измерване на тока на късо съединение, характерно при някои системи, също се приема като недостатък.

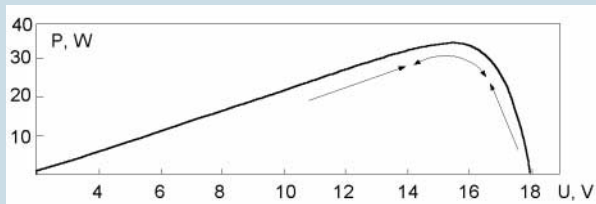
В много случаи контролерите извършват измервания само върху един панел от фотоволтаичната система, след което всички панели се управляват в получената работна точка. Това е така, тъй като се предполага, че те функционират при идентични условия.

Изгодна ли е инвестицията във фотоволтаична централа?

Фотоволтаичните системи в момента са напълно реална алтернатива на конвенционалните източници на

електроенергия. България като член на Европейския съюз е поела конкретни ангажименти по отношение дела на произведената електроенергия от възобновяеми енергийни източници. Законната и нормативната ни база са хармонизирани с европейската. Встрани, обаче, остава основният въпрос, вълнуващ инвеститорите, а именно изгодна ли е инвестицията във фотоволтаична централа. Въпреки че е трудно да се даде еднозначен отговор на този въпрос, според инвеститори основният проблем пред по-широкото им използване е високата себестойност. „Дори при фиксираната изкупна цена на произведената електроенергия от фотоволтаици в размер на над 0,7 лв./kWh, инвестициите във фотоволтаични инсталации се възвръщат след 8 - 10 години. За съжаление, законната и нормативната рамка в областта на фотоволтаичните инсталации оставя много неуредени въпроси и създава условия за корупция“, коментират запознати със състоянието в бранша. „Например в Закона за възобновяемите енергийни източници се казва, че електроразпределителните дружества определят техническите условия за присъединяване към електропреносната мрежа. Веднага би могъл да се направи априорен извод, че след като за дадено дружество е крайно неизгодно да изкупува скъпата енергия от фотоволтаици, то ще се стреми да постави трудноизпълними и неизгодни условия за собственика на слънчевата централа“, допълват те.





Фиг. 4.

Затруднено проучване на нормативната база

„Нормалното функциониране на електроенергийната ни система, както и интересите на НЕК и електроразпределителните дружества също не са защитени от настоящата законова уредба. Фирмите, занимаващи се с разпределение на електроенергия, вече са натрупали извештен опит от присъединяване на частни централи - не само слънчеви, но и вятърни централи и малки ВЕЦ. В редица случаи е налице нелоялност от страна на собствениците на централи - заявяват се едни проектни мощности, а в експлоатация се пускат други. „Това води до ненужен разход за преоразмеряване на участъците от мрежата до тези централи. Еднотипни въпроси се уреждат от няколко различни закона и множество наредби, което затруднява проучването на нормативната база“, твърдят представители на бранша.

„Настоящата идея за насърчаване използването на възобновяеми енергийни източници - и в частност слънчеви централи, не е съвсем обмислена. В момента тя се реализира по начин, който води до несправедливо разпределение на цената на това насърчаване. Изграждането на собствена микро-слънчева централа изисква сериозни инвестиции и на настоящия етап би могло да се осъществи от достатъчно мощни представители на бизнеса. В същото време, високата продажна цена на енергията от фотоволтаици на практика се компенсира с повишена цена на електроенергията за населението“, коментират запознати с темата.

Сериозни усилия с цел стимулиране на прилагането им

Няма никакво съмнение, че е необходимо да се положат сериозни усилия, за да се заменят конвенционалните енергоносители с възобновяеми енергийни източници. „В глобален аспект е възможно да възникне още едно противопоставяне, а именно между биогоривата, получаващи от селскостопански култури, и слънчевите централи. И двата източника на възобновяема енергия изискват свободни площи. Разбира се, възможно е слънчевите централи да се съсредоточат върху неплодородни участъци, а биокултурите да се отглеждат на места с добри почви. В момента проблемът изглежда несъществен. Точно сега, обаче, е времето да се създаде държавна стратегия, която да дава решение на този и всички други въпроси, свързани с възобновяемите източници на енергия“, твърдят представители на бранша.