

нок существенным образом влияют на морфологические особенности поверхности пленок и эффективность фотопреобразования. Результаты работы могут быть полезны для проектирования тонкопленочных приборов на основе SnS.

#### Литература

1. Башкиров С.А., Гременок В.Ф., Иванов В.А. Физические свойства тонких пленок SnS, полученных методом «горячей стенки». ФТП, 2011, т.45, №6, с. 765–769.
2. Bashkirov S.A., et all. Microstructure of SnS Thin Films Obtained by Hot Wall Vacuum Deposition Method. J. Adv. Microsc. Res., 2011, v. 6, No.2, p. 153–158.
3. Ташлыков И.С., Барайшук С.М. Элементный состав, топография и смачиваемость поверхности графита, модифицированного ионно-ассистированным осаждением хромовых покрытий. Известия вузов. Сер. ПМиФП. – Москва. – №1. – 2008. – С. 30–35.

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОМПОНЕНТОВ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ

Азизов П.М.,

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, РБ*

Моделирование является важным этапом в выборе оптимальной конфигурации комбинированной энергоустановки. Рассмотренная энергоустановка состоит из трех основных подсистем: фотоэлектрического генератора, ветрогенератора и аккумуляторной батареи. Ниже описаны модели компонентов комбинированной энергоустановки.

### 1. Модель фотоэлектрического генератора

Поскольку при эксплуатации фотоэлектрической установки наибольший интерес представляет ее работа в режиме максимальной выходной мощности, для оценки фотоэлектрических систем целесообразным представляется использование моделей, описывающих именно такой режим их работы.

Зная мощность солнечного излучения доступный на единицу площади, температуру окружающей среды и данные, указанные производителем фотоэлектрических модулей, выходную мощность



где  $P_{\text{ветр}}(V)$  – выходная мощность ветрогенератора при скорости ветра  $V$ ,  $P_r$  – номинальная мощность;  $V$  – скорость ветра на высоте турбины,  $V_{ci}$ ,  $V_r$  и  $V_{co}$  – минимальная, номинальная и максимальная скорости ветра, соответственно.

$n$  – число интерполяционных сплайнов, соответствующее  $n+1$  парам значений (скорость ветра, мощность), предоставленных производителем;

$a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  – коэффициенты интерполяционных полиномов, зависящие от типа генератора.

### 3. Модель аккумуляторной батареи

В процессе заряда, когда энергия, вырабатываемая энергоустановкой, превышает потребность нагрузки, величина запасенной энергии в час  $t$  можно рассчитать по следующей формуле:

$$W_{\text{бат}}(t) = W_{\text{бат}}(t-1)(1-\sigma) + \left( W_{\text{солн}}(t) + W_{\text{ветр}}(t) - \frac{W_{\text{нагр}}(t)}{\eta_{\text{инв}}} \right) \eta_{\text{бат}} \quad (8)$$

С другой стороны, если потребность нагрузки превышает вырабатываемую мощность, аккумуляторная батарея разряжается. Следовательно, доступную запасенную энергию в час  $t$  можно выразить следующим образом:

$$W_{\text{бат}}(t) = W_{\text{бат}}(t-1)(1-\sigma) - \left( \frac{W_{\text{нагр}}(t)}{\eta_{\text{инв}}} - (W_{\text{солн}}(t) + W_{\text{ветр}}(t)) \right) \quad (9)$$

где  $W_{\text{бат}}(t)$  и  $W_{\text{бат}}(t-1)$  – запасенная энергия (Вт·ч) в час  $t$  и  $t-1$ , соответственно;  $\eta_{\text{бат}}$  – КПД батареи (при разряде принимается равным 1; при заряде КПД принимается от 0,65 до 0,85 в зависимости от тока заряда).  $\sigma$  – скорость саморазряда (принимается согласно данным производителя).

$W_{\text{солн}}(t)$  и  $W_{\text{ветр}}(t)$  – энергия, выработанная фотоэлектрическим и ветрогенератором соответственно,  $W_{\text{нагр}}(t)$  – потребность нагрузки в час  $t$ ,  $\eta_{\text{инв}}$  – КПД инвертора.

На величину запасенной энергии накладываются следующие ограничения:

$$W_{\text{батmin}} \leq W_{\text{бат}}(t) \leq W_{\text{батmax}} \quad (10)$$

где  $W_{\text{бат min}}$  и  $W_{\text{бат max}}$  – максимальная и минимальная запасенная энергия.

При этом:

$$W_{\text{батmin}} = k_{\text{разр}} \cdot W_{\text{батном}} \quad (11)$$

где  $k_{\text{разр}}$  – максимально допустимая глубина разряда батареи,  
 $W_{\text{бат ном}}$  – номинальная запасаемая энергия.

Рассмотренные математические модели отдельных компонентов комбинированной энергоустановки используются для дальнейшего расчета режимов работы исследуемой энергоустановки при различных параметрах окружающей среды (облученность, скорость ветра) и заданном характере нагрузки, что необходимо для оценки необходимого состава оборудования энергоустановки.

#### Литература

1. Markvard T. 2000. Solar electricity, the second ed, USA. Willey.
2. Yang Lu, L., Burnett, J. H.X. 2002. Investigation on wind power potential on Hong Kong islands-an analysis of wind power and wind turbine characteristics. *Renewable Energy* 27, 1-12.
3. Chedid, R., Rahman, S. 1998. A decision support technique for the design of hybrid solar wind power systems. *IEEE Transactions on Energy Conv.* 13(1), 76-83.
4. Eftichios K., Dionissia K., Antonis P., Kostas K. 2006. Methodology for optimal sizing of stand alone photovoltaic/wind generator systems using genetic algorithms. *Solar Energy* 80, 1072-1088.
5. Lysen, E. H. 1983. Introduction to Wind Energy, second ed., SWD 82-1 Holland.
6. Troen, I, Petersen, EL. 1989. European wind atlas. First ed., Roskilde: Riso National Laboratory.
7. Bueno C, Carta JA. 2005. Technical-economic analysis of wind-powered pumped hydrostorage systems. Part I: Model development. *Solar Energy* 78,382-395.
8. Akai TJ. 1994. Applied numerical methods for engineers, second ed, John Wiley and Sons, New York.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ БИОГАЗОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ В БЕЛАРУСИ**

Капустин Н.Ф., к.т.н., Снежко Э.К, к.т.н., доцент  
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, РБ*

В соответствии с Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 9 июня 2010 г. № 885 к 2015 году в нашей стране должно