

УДК 621.311.001.57

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ

Д. И. Зализный

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

В последние годы в Республике Беларусь активно создаются фотоэлектрические станции, являющиеся самыми современными источниками электроэнергии. Однако один из основных недостатков таких электростанций – большое количество фотоэлектрических модулей (панелей), которые в соответствии с теорией надежности с течением времени начнут выходить из строя или резко снижать свою эффективность работы. Поэтому очевидно, что фотоэлектростанции нуждаются в периодических обследованиях с целью раннего предупреждения возможных аварий.

Для диагностики фотоэлектрических модулей (ФЭМ) используется специальное электронное оборудование. Наиболее известен комплекс приборов фирмы *HT ITALIA*, позволяющий анализировать как отдельные модули электростанции, так и ее остальные силовые элементы.

Диагностирование ФЭМ осуществляется на основе их схем замещения с последующим анализом их вольт-амперных характеристик (ВАХ). Классическая схема замещения и вольт-амперные характеристики ФЭМ показаны на рис. 1.

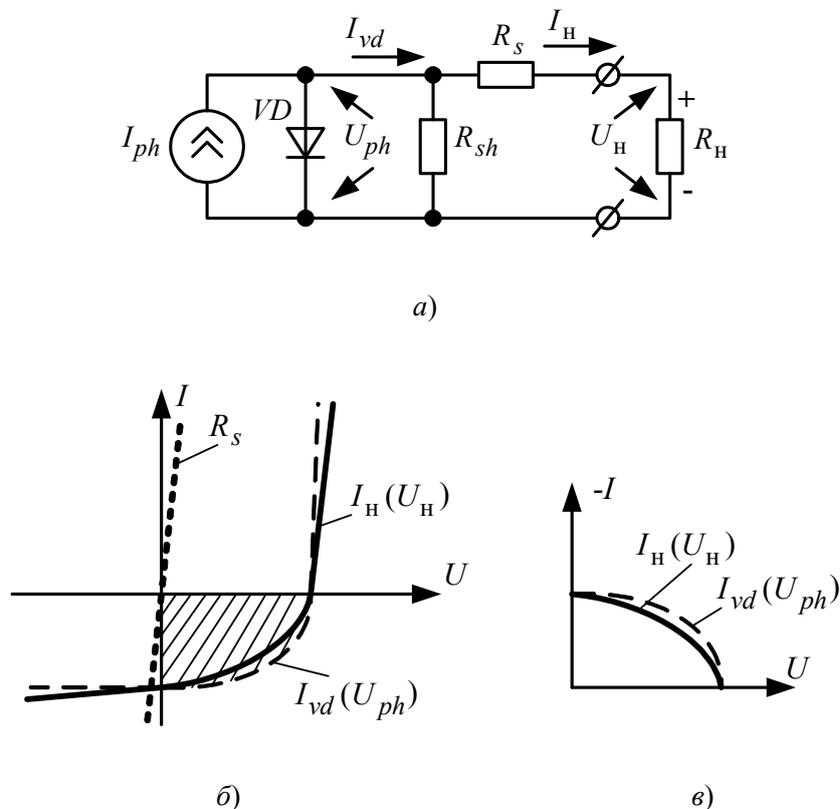


Рис. 1. Схема замещения (а) и вольт-амперные характеристики (б – исходные; в – инверсные для генераторного режима) фотоэлектрического модуля

На схеме замещения представлены следующие обозначения: VD – эквивалентный диод; R_{sh} – параллельное сопротивление; R_s – последовательное сопротивление; R_n – сопротивление нагрузки; I_{ph} – ток, генерируемый за счет солнечного излучения.

Источник тока I_{ph} и диод VD формируют исходную ВАХ ФЭМ как зависимость $I_{vd}(U_{ph})$ в соответствии с формулой

$$I_{vd} = I_0 \left(e^{\frac{q \cdot U_{ph}}{K_B \theta}} - 1 \right) - I_{ph} \approx I_0 \left(e^{\frac{q \cdot U_{ph}}{K_B \theta}} - 1 \right) - K \cdot S, \quad (1)$$

где I_{vd} – суммарный ток через $p-n$ переходы ФЭМ, А; I_0 – обратный ток $p-n$ переходов при отсутствии солнечного излучения, А; q – заряд электрона, Кл; K_B – постоянная Больцмана, Кл·В/К; U_{ph} – напряжение, генерируемое $p-n$ переходами ФЭМ, В; θ – температура $p-n$ переходов модуля, К; K – коэффициент пропорциональности; S – солнечное излучение, Вт/м².

В формуле (1) величины θ и S являются исходными данными и зависят от условий окружающей среды. Величины I_0 и K – это параметры, рассчитываемые для каждой разновидности ФЭМ. В данном исследовании предлагается методика расчета этих величин.

Предположим, что имеется экспериментальная ВАХ $I(U)$ некоторого ФЭМ, содержащего n фотоэлементов. Рассмотрим две крайние точки на этой ВАХ – одну, близкую к режиму короткого замыкания со значениями I_1 и U_1 , а другую – близкую к режиму холостого хода со значениями I_2 и U_2 . Приняв допущение, что все фотоэлементы модуля идентичны по параметрам, в соответствии с (1) получим систему уравнений:

$$\begin{cases} I_1 = I_0 \left(e^{\frac{11594,2 \cdot U_1}{n \cdot \theta}} - 1 \right) - I_{ph}; \\ I_2 = I_0 \left(e^{\frac{11594,2 \cdot U_2}{n \cdot \theta}} - 1 \right) - I_{ph}, \end{cases} \quad (2)$$

где θ – температура ФЭМ во время проведения эксперимента, К; n – количество фотоэлементов в ФЭМ.

Выразив из (2) неизвестные, с учетом (1) запишем необходимые расчетные соотношения:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_0 = \frac{I_1 - I_2}{e^{\frac{11594,2 U_1}{\theta n}} - e^{\frac{11594,2 U_2}{\theta n}}}; \\ I_{ph} = I_0 \left(e^{\frac{11594,2 U_1}{\theta n}} - 1 \right) - I_1; \\ K = \frac{I_{ph}}{S}, \end{array} \right. \quad (3)$$

где S – значение солнечного излучения во время эксперимента, Вт/м².

На кафедре «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого были выполнены измерения ВАХ ФЭМ Orange Solar OSP ХТР 250. Получены результаты: $I_0 = 1,514 \cdot 10^{-8}$ А; $K = 8,222 \cdot 10^{-3}$ А · м²/Вт, которые могут быть использованы для задач диагностики ФЭМ.