

УДК. 621.31

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЕКАТЕРИНБУРГА

Джелайни А.Т.

Александрийский университет, г. Александрия (Египет)

Немихин Ю.Е., Щеклеин С.Е.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Фотоэлектрические установки успешно применяются в самых разнообразных специализированных приложениях, включая удаленные связи, космос, и заняли незаменимое место [1], [3] и [4]. В последние десятилетия большой интерес вызывает применение фотоэлектрических станций для энергообеспечения малоэтажных зданий.

В состав фотоэлектрической системы входят не только фотоэлектрические модули, но также много силовой электроники в качестве интерфейса между фотоэлектрическими модулями и нагрузками для эффективного и действенного использования естественно доступной солнечной энергии [5]. Производительность электростанции зависит от ряда факторов, включая проводку, затенение, расположение площадки, климат и нескольких механизмов потерь [6]. Например, грязь и пыль способны блокировать солнечное излучение и уменьшать выработанную мощность до 70% [7]. Постоянный ток, который генерируется ФЭУ, теряется при преобразовании постоянного тока в переменный, но современные инверторы имеют КПД до 98% [6]. В (табл. 1) показаны рассчитанные величины коэффициента PR для ФЭУ с разными местоположениями [6].

Таблица 1. Расчетный коэффициент производительности PR для различных местоположений.

Год	Местоположение	Диапазон	сред значение
1980	Весь мир	0.50-0.75	Индивидуальные оценки
1990	Весь мир	0.25-0.90	0.66
1990	Весь мир	0.50-0.85	0.65-0.70
1990	Германия	0.38-0.88	0.67
2000	Франция	0.52-0.96	0.76
2000	Бельгия	0.52-0.93	0.78
2000	Тайвань	<0.3->0.9	0.74
2000	Германия	0.70-0.90	0.84

Фотоэлектрическая система.

ФЭУ состоит из трех фотоэлектрических блоков мощностью 3050 Вт (750 Вт, 500 Вт и 1800 Вт). Паспортное напряжение и ток холостого хода: 36 вольт и 50 ампер. Банк батарей состоит из 2-х батарей емкостью 100 А. (Рис. 1) и (табл. 2) показывают основные части С системы. Все электрические характеристики фотоэлектрической системы регистрируются с помощью системы мониторинга, которая соединена с лабораторным компьютером [2].

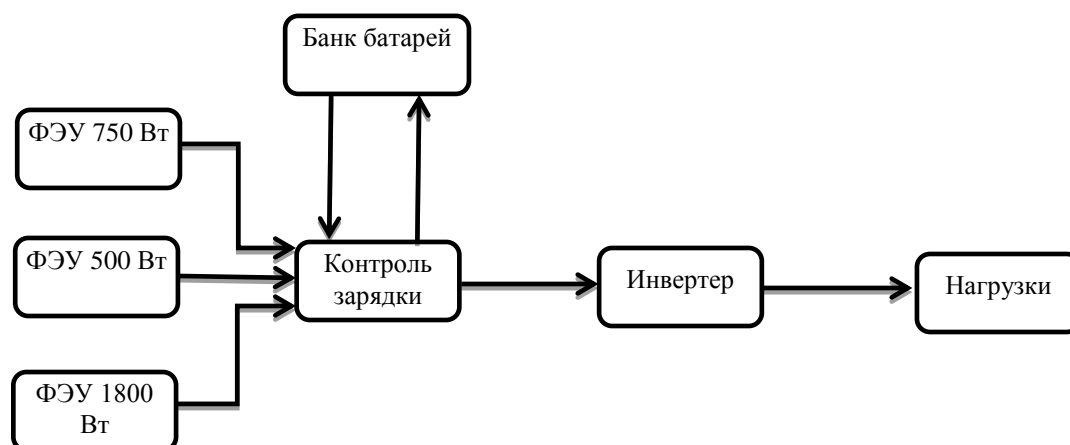


Рис. 1. Экспериментальная ФЭУ. Мощность 3050 Вт, Екатеринбург.

Таблица 2. Характеристики компонентов системы.

Контроль зарядки	Хантрек (XW - MPPT60-150), Напряжение 12,24,36,48,60, диапазон напряжение ФЭУ 140-150 в, ток короткого замыкания ФЭУ 60 А, рабочий диапазон температуры от 20 до 45°C.
Банк батарей	Дельта сериал DTM 100 А·ч - 12 в, Макс. ток 30 А, размер 330*171*214 мм, вес 32 кг.
Инвертор	Мощность 8.8 кВт, автозащита при коротком замыкании, КПД от 85 до 90%, напряжение от 180 до 280 в, время переключения (инвертор - сеть) 5 сек, и (сеть - инвертор) от 15 до 20 сек.

Экспериментальная установка и теоретические основы

Для расчета коэффициента производительности ФЭУ необходим ряд параметров. Эти параметры содержат информацию метеорологического характера (солнечная радиация), которая синхронно получается от метеостанции. Коэффициенты потерь элементов силового оборудования f , который показан в таблице 3 [10], и эффективности фотоэлектрических модулей приведены в паспорте фотоэлектрических модулей.

Коэффициент PR может быть определен следующим образом [8]:

$$PR = \frac{\text{Фактическая выработанная мощность в кВтч}}{\text{Расчетноевыработанная мощностьав кВтч}} \quad (1)$$

$$PR = \frac{E_{pv,AC}}{E_{pv,calc.}} \quad (2)$$

Выработанная мощность ФЭУ может быть определена следующим образом [9]

$$P_{pv} = P_n \times f \times \left[\frac{G_T}{G_{stc}} \right] \times [1 + \alpha (T_s - T_{stc})] \quad (3)$$

Where:

- P_{pv} выработанная мощность солнечной батареи [Вт]
- P_n номинальная мощность солнечной батареи, то есть его мощность при стандартных условиях испытаний [Вт]
- f коэффициент снижения выработки электроэнергии ФЭУ [%]
- G_T солнечная радиация, падающая на солнечный батареи в текущем временном шаге [Вт / м²]
- G_{stc} солнечная радиация при стандартных условиях испытаний [1000W / м²]
- α температурный коэффициент мощности [% / °C]
- T_s температура солнечной батареи в текущем временном шаге [°C]
- T_{stc} температура при стандартных условиях испытаний [25 °C]

Коэффициент снижения выработки электроэнергии ФЭУ, это коэффициент, который может быть применен к учету мощности фотоэлектрических панелей в реальных условиях эксплуатации по сравнению со стандартными условиями, при которых фотоэлектрические панели были оценены. Коэффициент снижения выработки электроэнергии ФЭУ принимает во внимание многие факторы, такие как загрязнение панелей, потери проводки, затенение, снежный покров, старение, и так далее, как показано в (табл. 3) [10].

Таблица 3. Расчет коэффициента снижения выработки электроэнергии СФЭУ при производстве электроэнергии при нормальных условиях [10].

Параметры	Значение	Диапазон
Фотоэлектрический модуль	0.95	0.80 - 1.05
КПД инвертора	0.98	0.88 - 0.97
Схемные потери	0.98	0.97 - 0.995
Коммутационные коробки	0.995	0.99 - 0.997
Потери в кабелях постоянного тока	0.98	0.97 - 0.99
Потери в кабелях переменного тока	0.99	0.98 - 0.993
Загрязнение поверхности	0.95	0.30 - 0.995
Пригодность системы	0.98	0.00 - 0.995
Затемнение	1.00	0.00 - 1.00
Слежение за солнцем	1.00	0.95 - 1.00
Срок старения	1.00	0.70 - 1.00
Полный коэффициент потерь	0.77	

Система мониторинга

Система мониторинга была установлена в Уральском федеральном университете Российской Федерации. Система связана с метеорологией станции, ФЭУ, контроллером заряда, инвертором и нагрузкой сети. Все необходимые данные собираются каждую минут, и может быть получены с помощью компьютерной программы.

Данные выполнялись 9-го декабря 2014 через систему мониторинга, установленной в лаборатории кафедры атомных станций и возобновляемых источников энергии в Уральском федеральном университете, Россия. Синхронно регистрировались: приход солнечной радиации Вт/м², температура окружающей среды, ток I и напряжения V.

Температурный диапазон был от 16 до 19°C и максимальный приход солнечной радиации 209 Вт / м² был в 12:50 часов.

Данные, приведенные (рис. 2), показывают, что в течение дня ожидаемая выработанная мощность увеличивалась до полудня, а после этого снижалась. Это связано с суточным ходом солнечной радиации. Характер суточного изменения мощности ФЭС был таким же.

Как показано рис. 3, рис. 4 коэффициент производительности ФЭУ с номинальной мощностью 750 Вт был в диапазоне от 0,33 до 0,95 с средним значением 0,64. Таким образом, эти значения могут быть сопоставлены со значениями коэффициента эффективности ФЭУ в Германии [7], которые варьировались от 0,38 до 0,88 в зависимости от местоположения.

Значения коэффициента производительности для всех экспериментальных установок изменялись в течение суток вследствие суточного хода солнечной радиации, падающего снега и переменной облачности.

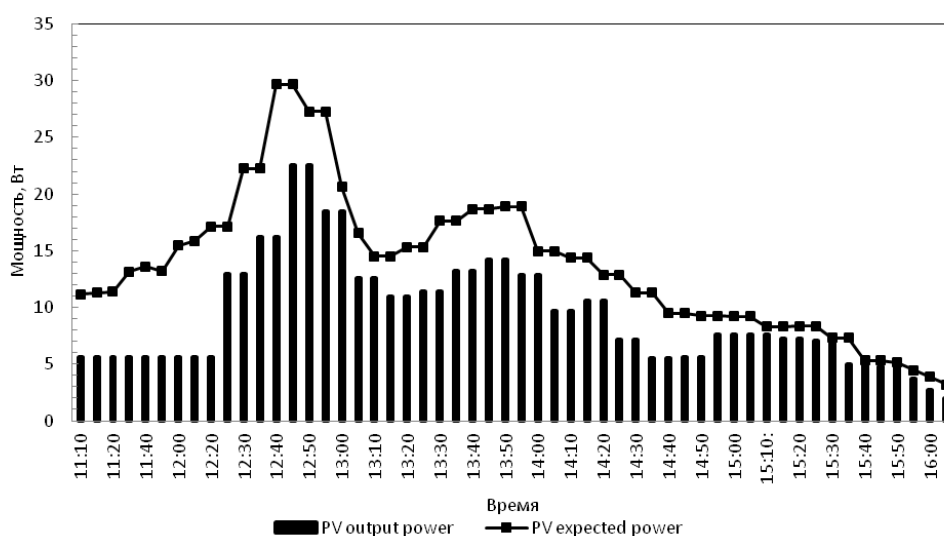


Рис. 2. Ожидаемая и фактическая мощность ФЭУ с номинальной мощностью 750 Вт.

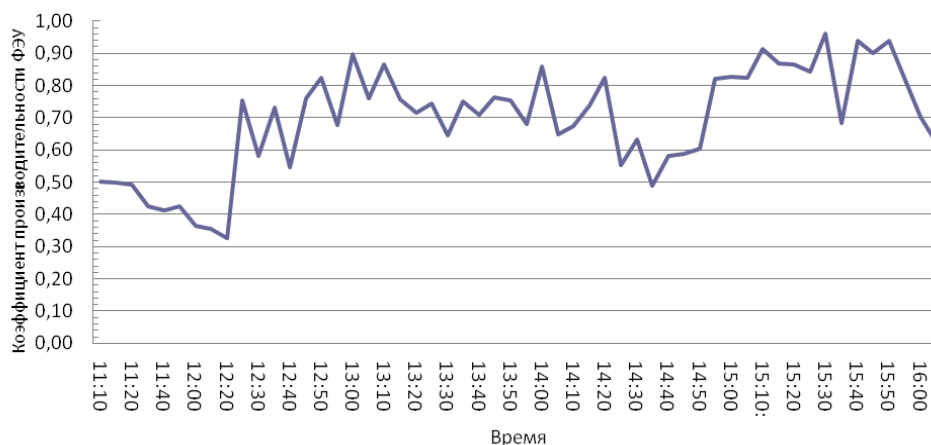


Рис. 3. Коэффициент производительности ФЭУ с номинальной мощностью 750 Вт.

Выводы

Коэффициент производительность (PR) является важным показателем, который позволяет осуществлять контроль эффективности ФЭУ. Это позволяет обнаруживать и оперативно устранять проблемы снижения эффективности.

Коэффициент производительность (PR) ФЭУ в Екатеринбурге колеблется между 0,3 и 0,95 со средними значениями до 0,64. Эти значения будут уменьшать ожидаемую выработанную мощность ФЭУ по сравнению паспортными значениями.

Литература

1. Mary DA, Robert H. Clean electricity from photovoltaic.- London: Imperial College Press, 2001.
2. Щеклеин С.Е., Немихин Ю.Е., Невьянцев С.В., Коржавин С.А. Комплекс дистанционного мониторинга установок возобновляемой энергетики с использованием Wi-Fi каналов и элементов технического зрения.// WIT Transactions on Ecology and The Environment. Volume 2, 2014. S. 1185-1194.
3. SC WANG. Prospect and problems of photovoltaic power. Int Electr Power China 1997; 1(4):21–3.
4. Ming Li, Xu Ji, Guoliang Li, et.al. Performance study of solar cell arrays based on a Trough Concentrating Photovoltaic/Thermal system. Applied Energy 88 (2011), 3218–3227.
5. Savita Nema, R.K.Nema, Gayatri Agnihotri. Matlab / simulink based study of photovoltaic cells / modules / array and their experimental verification. Energy and environment. Volume 1, Issue 3, 2010 pp.487-500.
6. Achime Woyte, Mauricio Richter, David Moser, et.al. Monitoring of photovoltaic system: Good practices and system analysis. 28th European solar energy conference an exhibition, Paris 2013.
7. B. Marion, J. Adelstien, K. Boyle, et.al. Performance parameters grid-connected PV system. 31st IEEE photovoltaic specialists' conference. 2005, pp. 1601- 1606.
8. Cristian P. Chioncel et.al. Performance ratio of a photovoltaic plant.International journal of engineering, ISSN: 1584-2665. 2009.
9. Hofierka, J, and J. Kanuk. 2009. Assessment of photovoltaic potential in urban areas using open-source solar radiation tools. Renewable Energy (34): 2206-2214.
10. National Renewable Energy Laboratory NREL.CSI Incentive Calculator User Guide? http://rredc.nrel.gov/solar/codes_algs/PVWATTS/system.html.