

УДК 629.7

Расчет эффективности отбора энергии от гелиоустановки в среде MATLAB

Э.М. Аббасов, доцент,

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

В схеме управления мощностью накопителя гелиоустановки проанализированы потери вследствие рассогласования мощности нагрузки и гелиоустановки, связанные с недостаточным быстродействием корректирующих устройств, принцип действия которых основывается на измерении и сопоставлении величин токов и напряжений и наличием во всех импульсных системах импульса «выключено», соизмеримого по времени с импульсом «включено». Проведено исследование качества регулирования напряжения при отборе максимальной энергии от гелиоустановки с помощью компьютерного моделирования в среде Matlab. Представлены результаты моделирования на Matlab-модели.

Компьютерное моделирование, вольтамперная характеристика, регулирование мощности.

Calculation of the Energy Efficiency of Selection in the Environment Solar Systems

E.M. Abbasov, Ph.D., Associate Professor,

State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

In the scheme of power control drive solar analyzed loss due to mismatch load power and solar related to insufficient speed corrective device, whose operation is based on measuring and comparing the values of voltage and current, and the presence of all impulse systems «off» pulse commensurate in time with the pulse «inclusive». A study of voltage quality control in the selection of the maximum energy from the solar thermal system using computer simulation in Matlab environment. The simulation results on Matlab-model.

Computer simulation, the current voltage characteristic, power control.

Введение

Существующие принципы и средства управления гелиоустановки (ГУ) позволяют снизить стоимость преобразованной солнечной энергии и поддержать качество функционирования в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях (погодные и ветровые воздействия) [1...3]. Их недостаток – невысокий КПД зарядного контура, использование свинцово-кислотных АКБ.

Для повышения эффективности использования запасенной энергии применяется технология определения точки отбора максимальной энергии, с помощью которой отслеживаются такие уровни напряжения и тока на входе нелинейного элемента (НЭ), при которых эффективность заряда НЭ ГУ максимальна, как показано на рисунке 1. Использование этой технологии увеличивает общую производительность системы более чем на 30% в зимнее время, когда дополнительная энергия особенно необходима [1]. На рисунке 2 показано, как определение точки максимальной энергии может зависеть от различных условий.

Рассмотрим энергетическую оптимизацию, основанную на отборе максимальной энергии от ГЭ. Мощность ГУ всегда ниже, чем сумма мощностей модулей ГЭ, из которых состоит ГУ, – из-за потерь на рассогласование из-за различия характеристик однотипных модулей. Проанализируем параметры быстродействия и использования запасенной энергии для схемы управления мощностью накопителя ГУ [4].

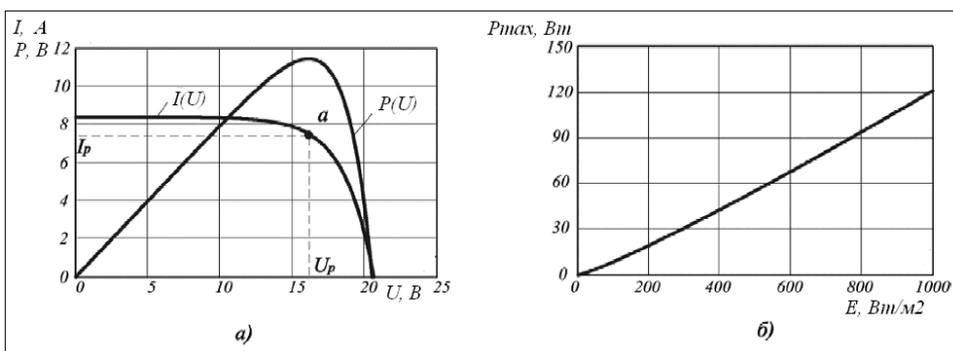


Рисунок 1 – Электрические параметры гелиоэлемента a – ВАХ солнечного модуля, b – зависимость мощности, рассеиваемой в нагрузке, от уровня освещенности

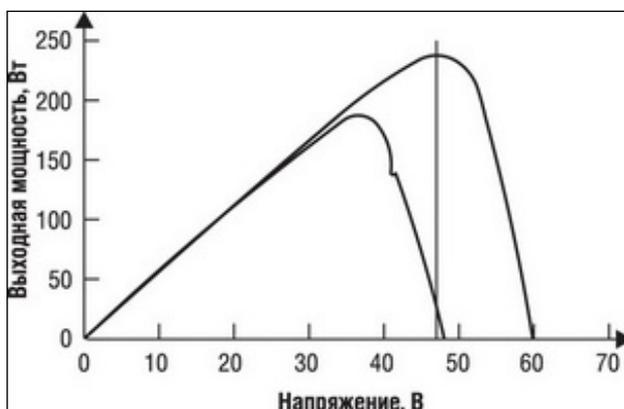


Рисунок 2 – Определение точки максимальной энергии при различных условиях эксплуатации

Быстродействие систем с импульсной стабилизацией с помощью ШИМ выходного напряжения находится в пределах 10^{-1} - 10^{-4} с. Быстродействие гелио

элемента (ГЭ) находится в пределах 10^{-6} - 10^{-8} с [5]. Потери электрической энергии в этом случае будут складываться из следующих составляющих:

1) потери вследствие рассогласования мощности нагрузки и ГЭ, связанные с недостаточным быстродействием корректирующих устройств, принцип действия которых основывается на измерении и сопоставлении величин токов и напряжений, что составляет временной интервал 10^{-2} ...1 с;

2) наличие во всех импульсных системах импульса «выключено», соизмеримого по времени с импульсом «включено», т.е. 10^{-1} ... 10^{-4} с, во время которого отбор энергии от ГЭ не производится.

Для обеспечения постоянного отбора энергии от ГЭ в условиях, близких к точке отбора максимальной энергии, используется конденсатор большой емкости, заряженный до напряжения, соответствующего точке максимальной энергии ГЭ. Напряжение на конденсаторе большой емкости может непрерывно изменяться в пределах от 0 до U_{xx} ГЭ, что позволяет схмотехническими средствами [6...15] обеспечить его согласование с точкой отбора максимальной энергии от каждого ГЭ. Такое согласование осуществляется введением в блок управления пороговых устройств, фиксирующих нижнее и верхнее допустимые значения напряжения на конденсаторе. Величины допустимых значений на конденсаторе определяются из вольт-амперной характеристики ГЭ. Величина емкости конденсатора $C2$ для ГЭ определяется

$$C2 = \frac{I_{\text{ГЭ}} \cdot \tau_{\text{в}}}{\Delta U}, \quad (1)$$

где $C2$ – емкость конденсатора; $I_{\text{ГЭ}}$ – величина максимального тока ГЭ в точке отбора максимальной энергии (для оценок можно допустить $I_{\text{ГЭ}}=I_{\text{кз}}$); ΔU – максимально допустимое отклонение напряжения ГЭ от точки максимальной мощности; $\tau_{\text{в}}$ – время импульса «выключено».

Если значение $U_{\text{ГЭ}}=5$ В, то получим, что допустимое отклонение по напряжению не более 3%, т.е. $\Delta U_{\text{ГЭ}}=0,15$ В, ток ГЭ 10 и 1 А в случаях концентрации солнечного излучения и без него, при $\tau_{\text{в}}=1$ и 0,1 с, соответственно, получим величину емкости конденсатора 67 и 0,67 Ф. При этом разовые потери на начальный заряд емкости конденсатора до напряжения максимальной мощности составят соответственно 837 и 8,4 Дж, что требует работы ГЭ в соответствующем режиме в продолжении 17 и 1,7 с. Для сравнения, потери энергии за каждый импульс «выключено» в системах без применения конденсатора большой емкости составят, [Вт·ч].

$$E = P_{\text{ГЭ}} \cdot \tau_{\text{в}}, \quad (2)$$

соответственно 50 и 0,5 Дж.

Потери в результате тока потерь конденсатора при его величине 20 мкА/Ф составит 6,7 и 0,067 мВА, и ими можно пренебречь в сравнении с соответствующей мощностью ГЭ.

Таким образом, определены условия пригодности конденсатора большой емкости для использования в качестве промежуточного накопителя энергии.

Энергия, накопленная в конденсаторе большой емкости, может эффективно использоваться при изменении величины тока на индуктивной и емкостной нагрузках.

При изменении освещенности в 15 раз $I_{кз}$ изменяется в 12,5 раза, напряжение холостого хода ГЭ U_{xx} в 1,2 раза, мощность ГЭ в 15 раз. Уменьшение $I_{кз}$ при почти постоянном значении U_{xx} означает увеличение внутреннего сопротивления ГЭ $R_{ГЭ}$, которое обратно пропорционально $I_{кз}$. В этом случае эффективность использования запасенной энергии (КПД) определяется, [%]

$$\eta = \frac{R_{н}}{R_{н} + R_{вн}} \cdot 100, \quad (3)$$

где η – КПД при использовании источника энергии; $R_{вн}$, $R_{н}$ – внутреннее сопротивление источника и нагрузки, соответственно, резко уменьшается.

В случае применения в качестве промежуточного НЭ конденсатора большой емкости внутреннее сопротивление такого комбинированного источника энергии по отношению к внешней нагрузке определяется параллельным соединением внутренних сопротивлений ГЭ и конденсатора

$$R_{вн} = \frac{R_{ГЭ} \cdot R_{к}}{R_{ГЭ} + R_{к}}, \quad (4)$$

где $R_{к}$, $R_{ГЭ}$ – внутреннее сопротивление конденсатора и ГЭ, соответственно.

В том случае, если $R_{к} \ll R_{ГЭ}$, то $R_{вн} \approx R_{к}$ и, соответственно

$$\eta = \frac{R_{н}}{R_{н} + R_{к}} \cdot 100, \quad (5)$$

т.е. КПД преобразования солнечной энергии в электрическую энергию перестает зависеть от уровня освещенности ГЭ.

Таким образом, необходимым условием пригодности конденсатора для использования в качестве промежуточного накопителя энергии является его низкое, по отношению к ГЭ, внутреннее сопротивление.

При разработке средств управления отбором максимальной энергии от ГУ надо учитывать следующие факторы:

1) Конденсатор большой емкости более целесообразно использовать для накопления энергии от ГЭ, чем АКБ, так как конденсатор позволяет непрерывно изменять рабочее напряжение от 0 до U_{xx} ГЭ в сочетании с широким диапазоном токов заряда и разряда, а АКБ обеспечивает возможность только дискретного согласования напряжения с ГЭ и имеет ограниченный диапазон токов заряда.

2) Параметры конденсатора по емкости предложено выбирать исходя из величины тока при максимальной освещенности $I_{кз \max}$, максимальной длительности импульса «выключено» $\tau_{в \max}$ и отклонении значения напряжения ΔU_{\max} .

3) Для определения верхнего ограничения емкости C необходимо учесть потери энергии на первоначальный заряд конденсатора. Допустив, что потери на конденсаторе не должны превышать 1% энергии, выработанной ГЭ при минимальном уровне освещенности, получим

$$C \leq \frac{0,02 \cdot I_{кз \min} \cdot t_0}{U_{ГЭ}}, \quad (6)$$

где t_0 – общее время непрерывного освещения ГЭ; $i_{кз \min}$ – ток короткого замыкания ГЭ при минимальном уровне освещенности; $U_{ГЭ}$ – рабочее напряжение ГЭ.

Поскольку в условиях ШИС напряжения величина $\tau_{B \max}$ в значительной степени не определена и может изменяться в диапазоне $10^{-1} \dots 10^{-5}$ с [5], то для числовых оценок возьмем ее максимальное значение 0,1 с. В таком случае для ФЭП на основе монокристаллического кремния диаметром 100 мм, напряжением 0,53 В, током 2 А без концентрирования солнечного излучения и 5 А с концентрированием солнечного излучения, отклонением от напряжения максимальной мощности 3%, т.е. 0,016 В, необходимые емкости составят 12,5 Ф и 31,2 Ф соответственно для токов 2 и 5 А. Допустивши, что минимальный ток ГЭ в 50 раз меньше максимального, т.е. составляет 40 мА, а ГЭ находится в условиях освещенности 10 часов, получим из формулы (4) величину емкости 54 Ф. В отличие от нижнего ограничения емкости, отвечающего за потери энергии в условиях максимальной электрической мощности ГЭ, когда продуктивность ее максимальна, верхнее ограничение отвечает за потери энергии при минимальных мощностях ГЭ и не является жестким. Внутреннее сопротивление $R_{ГЭ}$ описанного выше ФЭП на основе монокристаллического кремния при определенных ранее условиях его освещенности изменяется в пределах от 13,25 до 0,26 Ом без концентрирования солнечного излучения и от 13,25 до 0,11 Ом при концентрировании солнечного излучения. Для реализации условия $R_k < R_{ГЭ}$, необходимого для повышения КПД преобразования электрической энергии при низких уровнях светового потока, в случае описанного выше ФЭП R_k должно быть меньше 0,11 Ом.

Выполнить условия относительно конденсатора емкостью, большей или равной 31,2 Ф с внутренним сопротивлением меньше 0,11 Ом, можно, применив в качестве первичного накопителя энергии конденсатор на двойном электрическом слое [5]. Например, конденсатор, изготовленный по данной технологии, имел диапазон рабочих напряжений от 0 до 1,25 В, емкость 180 Ф и внутреннее сопротивление 0,02 Ом.

Таким образом, в качестве первичного накопителя энергии предложено использовать конденсатор (конденсаторную батарею) на двойном электрическом слое, емкость и внутреннее сопротивление которого (которой) удовлетворяет следующим условиям

$$C \leq \frac{I_{кз \max} \cdot \tau_{B \max}}{\Delta U_{\max}} \quad (7)$$

$$R_k \leq R_{ГЭ \min}, \quad (8)$$

где C – емкость конденсатора (конденсаторной батареи); $I_{кз \max}$ – ток короткого замыкания ГЭ при максимальном уровне освещенности; $\tau_{B \max}$ – максимальное значение импульса «выключено» ППН или интервала между двумя измерениями параметров системой управления; ΔU_{\max} – максимально допустимое отклонение напряжения на конденсаторе от точки максимальной мощности ГЭ; R_k – внутреннее сопротивление конденсатора; $R_{ГЭ \min}$ – минимальное внутреннее сопротивление ГЭ при максимальной освещенности.

В том случае, если вольтамперная характеристика гелио элемента отсутствует, для оценки величины емкости по формуле (7) вместо ΔU_{\max} можно использовать величину 1...3% от напряжения холостого хода ГЭ. Расширение диапазона величины светового потока, воспринимаемого системой отбора электрической энергии ГЭ, до одного-двух порядков величины требует также опреде-

ленности в выборе мощности ППН. Очевидно, ППН должен обеспечивать эффективный отбор энергии от ГЭ в точке максимальной мощности при условии максимальной величины светового потока. Следовательно, мощность ППН должна быть большей или равной максимальной мощности ГЭ. В этом случае, при уменьшении величины светового потока, мощность ППН становится большей, а на нижней границе диапазона светового потока значительно большей, чем мощность ГЭ. Поскольку в случае применения конденсатора большой емкости с низким внутренним сопротивлением в качестве первичного накопителя энергии КПД преобразования электрической энергии не зависит от мощности ГЭ, согласно формуле (4), то при ее уменьшении для поддержания мощности на выходе ППН будет использоваться энергия, собранная первичным накопителем. Это приведет к понижению напряжения на первичном накопителе. Для предотвращения отклонения напряжения на конденсаторе большой емкости от напряжения максимальной мощности ГЭ в том случае, если мощность ППН больше реальной мощности ГЭ, предложено с помощью порогового устройства выключать ППН при достижении напряжением на конденсаторе нижнего допустимого значения. При выключенном ППН энергия ГЭ отводится исключительно в конденсатор большой емкости, что приводит к возрастанию напряжения на нем. При достижении верхнего допустимого значения пороговое устройство включает ППН и обеспечивает отвод энергии от первичного накопителя. В этом случае количество энергии, отводимой с помощью ППН, составляет

$$E_0 = \frac{C(U_{\text{ВК}}^2 - U_{\text{НК}}^2)}{2}, \quad (9)$$

время отведения этой энергии будет равно

$$\tau_i = \frac{C(U_{\text{ВК}}^2 - U_{\text{НК}}^2)}{2P_{\text{п}}}, \quad (10)$$

а время накопления

$$\tau_{\text{н}} = \frac{E_0}{P_{\text{ГЭ}}}, \quad (11)$$

где E_0 – величина энергии, отводимой от первичного накопителя за один раз; C – емкость конденсатора; $P_{\text{ГЭ}}$, $P_{\text{п}}$ – реальная мощность ГЭ в интервале времени $\tau_{\text{н}}$ и ППН, соответственно; $U_{\text{НК}}$, $U_{\text{ВК}}$ – нижнее и верхнее допустимые значения напряжения конденсатора, соответственно; τ_i , $\tau_{\text{н}}$ – время накопления и отведения энергии ГЭ, соответственно.

Таким образом, разработанная система управления выходной мощностью ГЭ из непрерывного слабого потока световой энергии с произвольным часовым распределением с помощью предварительного накопителя энергии, пороговых устройств и ППН формирует импульсы электрической энергии, величина которых задается емкостью первичного накопителя и напряжениями срабатывания пороговых устройств, а мощность и выходное напряжение – параметрами ППН. Величина формируемых электрических импульсов не зависит от изменения параметров ГЭ во времени. Средняя мощность ГЭ за время задает $\tau_{\text{н}}$ скважность этих импульсов.

ППН большой мощности может работать с несколькими ГЭ при произвольной освещенности, осуществляя поочередно отбор энергии от первичного накопителя каждой из них. При этом алгоритм подключения ППН для отбора энергии от каждого из ГЭ может быть различным:

- 1) по максимальному значению напряжения в момент переключения ППН;
- 2) по замкнутому циклу;
- 3) по заранее заданному алгоритму работы.

Первый алгоритм наиболее целесообразно применять в случае существенной разницы в емкостях первичного накопителя и реальных мощностей ГЭ, поскольку скважность каждой реальной пары будет разной, в соответствии с формулой (11).

Второй алгоритм наиболее целесообразно применять при подключении ППН к первичным накопителям при одинаковой скважности работы каждой реальной пары «ГЭ – первичный накопитель».

Третий алгоритм реализуется при необходимости формировать произвольную, заданную наперед, последовательность импульсов.

Предложенное применение конденсатора большой емкости с низким внутренним сопротивлением для первичного накопления электрической энергии от ГЭ, совмещенное с ППН с ШИС, позволяет: схемотехническими средствами легко согласовать ГЭ с нагрузкой в точке отбора максимальной энергии; обеспечить непрерывный отбор электрической энергии от ГЭ в широком диапазоне интенсивностей светового потока; повысить и сделать независимым от интенсивности светового потока КПД при дальнейшем преобразовании солнечной энергии в электрическую энергию в схеме нагрузки; при условии слабого светового потока с произвольным часовым распределением осуществить это преобразование в импульсы электрической энергии заданной величины напряжения и мощности.

Исследование качества регулирования напряжения при отборе максимальной энергии от ГЭ в среде Matlab

Проведено компьютерное моделирование схемы преобразования выходного напряжения ГЭ в среде Matlab для проверки работы повышающего широтно-импульсного преобразователя постоянного напряжения в постоянное напряжение. На рисунке 3 представлена Matlab-модель солнечной энергоустановки с четырехтактным преобразователем напряжения, работающим на активную нагрузку.

Во входную цепь преобразователя включена солнечная панель (блок 1), состоящая из 2260 солнечных модулей. При максимальной мощности модуля 120 Вт и габаритных размерах 1,411x0,691 м, максимальная мощность солнечной электростанции составит 271,2 кВт при общей занимаемой площади 2204 м². Блок 1 реализует солнечную панель, ВАХ которой соответствуют соотношению

$$\frac{dP}{dU_{ППН}} = I_n \left(e^{\frac{qU_p}{kt}} \cdot \left(\frac{qU_p}{kt} + 1 \right) - 1 \right) - \frac{E}{\alpha} = 0. \quad (12)$$

где U_p – рабочее напряжение модуля, при котором его выходная мощность принимает максимально возможное значение.

Во входной порт солнечной панели в качестве задания подается сигнал уровня освещенности E_{ref} .

В качестве IGBT-транзисторов выбраны транзисторные модули фирмы АВВ типа 5SNE 0800M170100, позволяющие шунтировать обратный диод дополнительным диодом, встроенным в модуль. Коллекторный ток такого модуля $I_{кТ}=800$ А, а коллекторно-эмиттерное напряжение $U_{cesкЭ}=1700$ В. Используя 4 модуля 5SNE 0800M170100, получим солнечную панель из 113 параллельно включенных рядов солнечных модулей по 20 последовательно соединенных модулей в ряду. При 8 транзисторах, включенных по 2 в параллель, – 226 рядов по 10 модулей.

Проведено исследование качества регулирования напряжения при отборе максимальной энергии от ГУ, с помощью компьютерного моделирования в среде Matlab. На рисунке 4 представлены результаты моделирования на Matlab-модели ЭКБЭ локального объекта: солнечная энергоустановка – схема преобразования выходной мощности ГЭ – нагрузка.

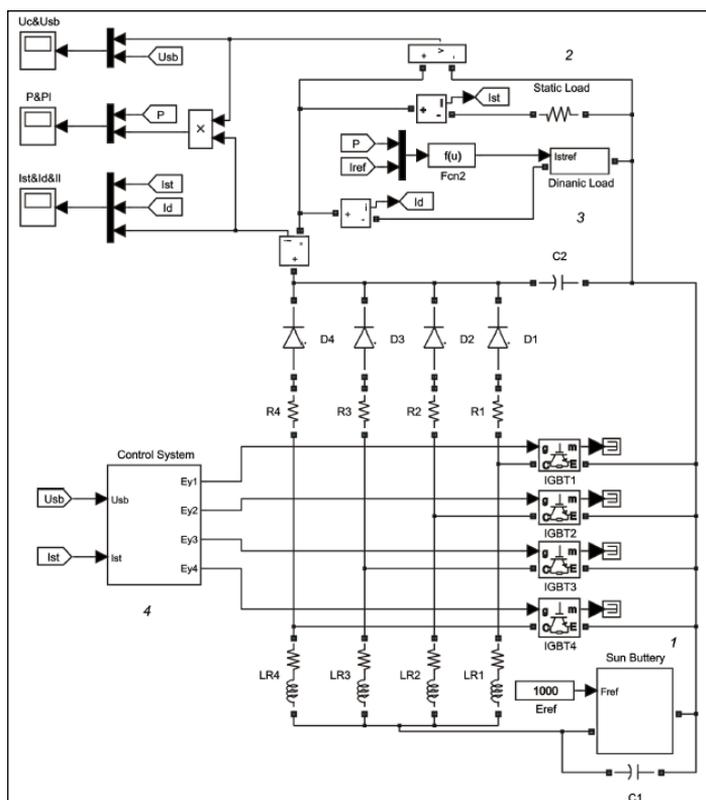


Рисунок 3 – Matlab-модель ГУ, работающей в режиме отбора максимальной энергии

На рисунке 5 приведены осциллограммы для различных условий эксплуатации: июньского и декабрьского дня.

Как видно из осциллограмм рисунков 4 и 5, выходное напряжение для июньского дня U_C и выходное напряжение для декабрьского дня U_C' остается неизменным в течение времени работы ФЭП (для июньского дня около 13 часов, для декабрьского дня около 6 часов)

$$T_p = T_1 - T_2 \quad , \quad T_p' = T_1' - T_2' \quad (13)$$

где T_1, T_2 – соответственно утреннее время включения электроустановки и вечернее время выключения электроустановки в июньский день; T_1', T_2' – соответственно утреннее время включения электроустановки и вечернее время выключения ГУ в декабрьский день, обусловленные критическим уровнем освещенности, ниже которого электроустановка выключена или находится в режиме ожидания.

Таким образом, выходное напряжение остается неизменным и поддерживается на уровне 700 В при скачкообразном изменении напряжения ГЭ. При снижении освещенности солнечных модулей ниже $E_{кр}$, напряжение на выходном конденсаторе преобразователя напряжения начинает снижаться, и поэтому энергоустановка должна быть отключена.

Следует отметить, что уменьшение тока нагрузки при неизменном уровне освещенности модулей, спровоцирует выход ГУ из режима отбора максимальной мощности. Увеличение сопротивления нагрузки вызовет смещение рабочей точки вправо по ВАХ (см. рисунок 1, а). Для того чтобы вернуться в режим отбора максимальной мощности, избыток вырабатываемой мощности целесообразно накапливать в аккумуляторе, подключенном к силовым зажимам энергоустановки.

В таблице 1 приведено сопоставление результатов расчета по (2.15)...(2.17) с результатами, полученными на Matlab-модели ЭКБЭ при изменении освещенности солнечного модуля от 1000 до 387 Вт/м² для июня, в таблице 2 приведены данные для декабря. Расчет и эксперимент проводились для указанных выше характеристик преобразователя.

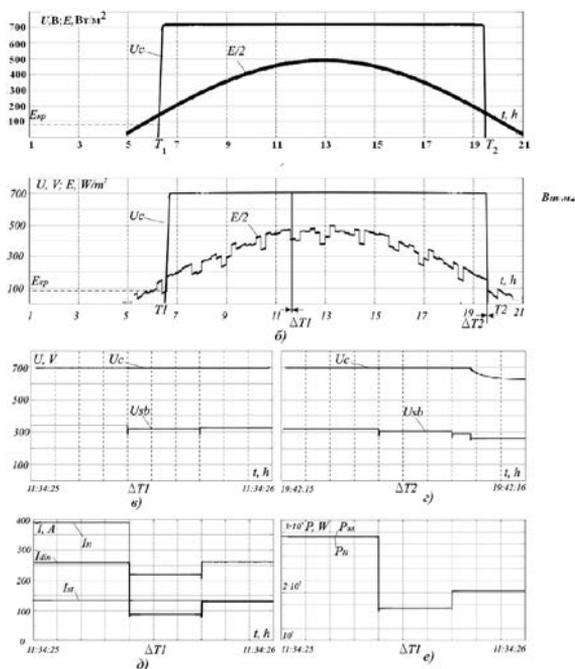


Рисунок 4 – Результаты моделирования работы системы для отбора максимальной энергии от ГЭ в программе MATLAB & Simulink

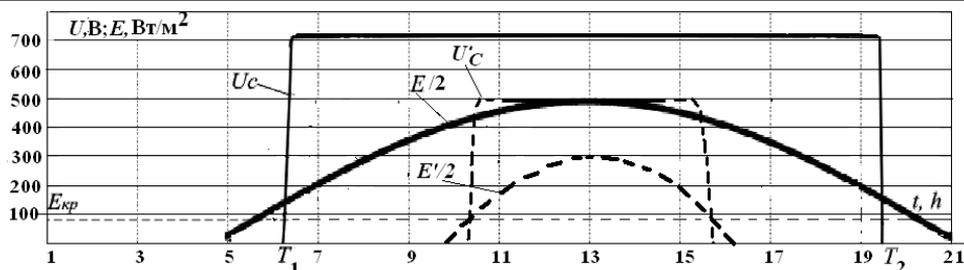


Рисунок 5 – Оциллограммы, соответствующие Matlab-модели солнечных модулей на основе кремниевых ФЭП для июньского и декабрьского дня

Таблица 1 – Анализ расчетных и экспериментальных значений для летнего июньского дня

E, Вт/м ²	1000		900		800		700	
	Расчет.	Экспер.	Расчет.	Экспер.	Расчет.	Экспер.	Расчет.	Экспер.
Iвх, А	844,6	845,3	759,3	759,4	673,9	674,1	588,8	588,8
Iн, А	355,8	356	318,9	319,2	281,3	281,3	243,3	243,4
Рн, кВт	248,9	249,1	223,2	223,3	196,8	196,9	170,3	170,5
η, %	91	91	92	92	92	92	93	93
E, Вт/м ²	600		500		400		390	
	Расчет.	Экспер.	Расчет.	Экспер.	Расчет.	Экспер.	Расчет.	Экспер.
Iвх, А	503,4	503,5	418,4	418,6	335,6	335,7	138,2	135,5
Iн, А	205,9	206,1	168,7	168,8	132,5	132,7	129,9	133,3
Рн, кВт	144,3	144,4	118,2	118,3	91,9	92,1	88,9	92,1
η, %	94	94	94	95	95	96	95	97

Таблица 2 – Анализ расчетных и экспериментальных значений для зимнего декабрьского дня

E, Вт/м ²	350		300		250		200	
	Расчет.	Экспер.	Расчет.	Экспер.	Расчет.	Экспер.	Расчет.	Экспер.
Iвх, А	190,3	198,4	174,8	175,8	158,2	158,2	138,2	135,5
Iн, А	116,1	114,3	81,3	81,5	68,3	68,4	129,9	133,3
Рн, кВт	88,9	92,1	36,6	36,8	28,8	28,9	88,9	92,1
η, %	95	97	92	92	94	95	95	97

Из данных таблиц 2 и 3 видно, что малая интенсивность солнечной энергии при плохих погодных условиях эксплуатации окупается длительностью ее воздействия на окружающую среду, даже в пасмурную погоду уровень солнечной энергии превышает 250...300 Вт/м² (в ясные дни эта величина составляет более 1000 Вт/м²).

На рисунке 6 приведены расчетные и экспериментальные зависимости для входного тока преобразователя, тока нагрузки и мощности нагрузки от различных условий освещенности. На рисунке 7 приведены расчетные и экспериментальные зависимости для КПД от различных условий освещенности.

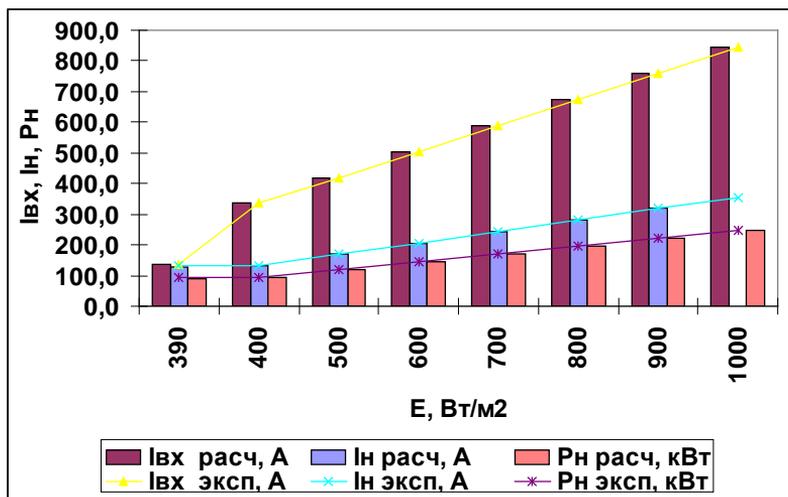


Рисунок 6 – Анализ расчетных и экспериментальных значений параметров при режиме отбора максимальной энергии, при нормальных условиях эксплуатации

Для различных условий эксплуатации нужны дополнительные резервные источники. Работа ББП может обеспечивать резервное время работы до двух недель.

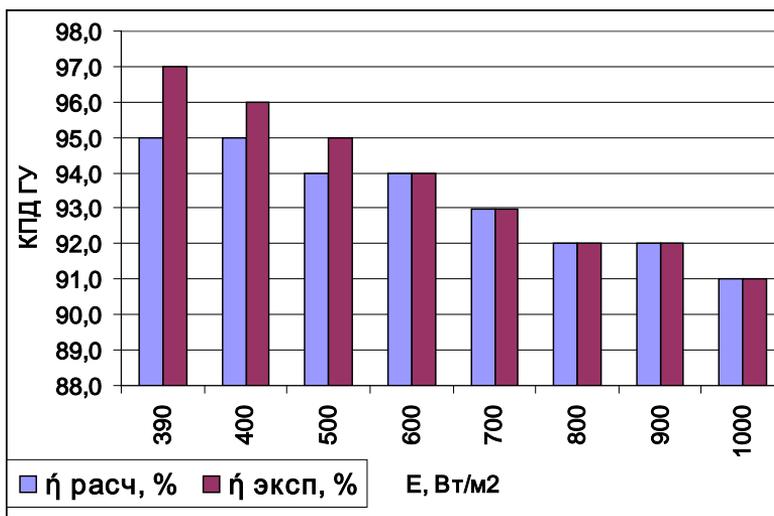


Рисунок 7 – Анализ экспериментальных и расчетных значений КПД при режиме отбора максимальной энергии, при нормальных условиях эксплуатации

Таким образом, результаты, полученные из расчетных формул, совпада-

ют с результатами эксперимента на модели. Эксперимент на модели подтвердил, что в указанном диапазоне изменения освещенности, выходное напряжение поддерживается постоянным.

Выводы

Построена компьютерная Matlab-модель ЭКБЭ локального объекта, включающая в себя ГУ, схему преобразования выходной мощности ГУ и активную нагрузку. Экспериментальная проверка на Matlab-модели расчетных соотношений, определяющих параметры разработанной схемы, подтвердила их справедливость.

Литература

1. Аббасова, Т. С. Оценка влияния КПД гелиоустановки на экологические и экономические показатели / Т. С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2011. – № 2. – т. 7. – с. 3-9.
2. Овсянников, Е. М., Пшеннов, В. Б., Аббасов, Э. М. Расчет гелиоустановки с концентрацией лучистого потока энергии / Е. М. Овсянников, В. Б. Пшеннов, Э. М. Аббасов // Промышленная энергетика. – № 8. – М.: НТФ «Энергопресс». – 2008. – С.46-48.
3. Аббасов, Э. М., Аббасова, Т. С. Исследование структуры и условий работы следящих электроприводов гелиоустановок / Э. М. Аббасов, Т. С. Аббасова // Промышленная энергетика. – 2011. – № 1. – с. 45-49.
4. Аббасова, Т. С. Повышение качества регулирования мощности в системе электропитания с солнечной батареей / Т. С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2010. – № 2. – т.6. – С. 3-10.
5. Аббасова, Т. С. Повышение эффективности систем преобразования солнечной энергии / Т. С. Аббасова // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2011. – № 3. – с. 38-44.
6. Аббасов, А. Э. Оценка качества программного обеспечения для современных систем обработки информации / А. Э. Аббасов, Т. Э. Аббасов // Информационно-технологический Вестник. – № 3(05). – 2015. – С. 15-27.
7. Аббасова, Т. С. Оптимизация схемы электропитания вычислительного оборудования / Т. С. Аббасова // Нелинейный мир. – 2011. – № 3. – т. 9, с. 137-144.
8. Аббасов, А. Э. Оптимизация параметров моделируемых устройств / Инновационные аспекты социально-экономического развития региона / А. Э. Аббасов // сб. тр. по материалам V ежегодной научной конференции аспирантов ФТА. – Королев МО. – 18.12.2014. – С. 10-19.
9. Аббасова, Т. С. Резервирование электропитания вычислительного оборудования электротехнических комплексов / Т. С. Аббасова // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2011. – № 4, с. 35-40.
10. Аббасова, Т. С. Гелиоустановки для автономных объектов / Т. С. Аббасова // Мир транспорта. – 2012. – № 1 (39). – с. 42-51.
11. Аббасова, Т. С. Система наведения концентратора на солнце / Т. С. Аббасова // Мир транспорта. – 2012. – № 3 (41). – с. 44-53.
12. Аббасова, Т. С. Оценка эффективности средств управления отбором энергии от гелиоэлемента и согласования его с нагрузкой / Т. С. Аббасова // ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2013. – № 1. – с. 32-36.
13. Овсянников, Е. М., Аббасов, Э. М., Аббасова, Т. С. Техничко-экономический анализ использования систем преобразования солнечной энергии в другие виды энергии / Е. М. Овсянников, Э. М. Аббасов, Т. С. Аббасова // ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2013. – № 3. – с. 2-6.

14. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С. On-line расчет показателей качества электроэнергии в режиме реального времени / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова // Мир транспорта. – 2013. – № 1 (39). – С. 18-23.
15. Аббасова, Т. С. Оценка экономической эффективности возобновляемых источников энергии для информационно-вычислительных комплексов и управляющих систем / Т. С. Аббасова, Н. П. Сидорова, Н. В. Логачева // Вопросы региональной экономики. – № 4. – 2015. – С. 167-177.