

## ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. [http://anl.az/el/c/cm\\_ares.pdf](http://anl.az/el/c/cm_ares.pdf)
2. [Электронный ресурс]. Режим доступа:  
<http://www.dissercat.com/content/povyshenieeffektivnosti-solnechnykh-kollektorov-svakuumirovannyimi-stekloraketami/> (дата обращения: 20.03.2018).
2. [Электронный ресурс]. Режим доступа:  
<http://uza.uz/ru/business/energiya-solntsaenergiya-budushchego-12.11.2013-26028/> (дата обращения: 02.03.2018).
3. [Электронный ресурс]. Режим доступа:  
<http://kommersant.uz/kejs/solnechnayaenergetika/> (дата обращения: 15.03.2018).
5. <https://energo-24.ru/sector/alternativnaya-energetika/solnechnaya-energetika/11049.html>
6. <https://solarfox-energy.com/primenenie-solnechnoj-energii-v-selskom-hozyajstve/>
7. <https://tarfin.com/blog/tarimda-gunes-enerjisi-kullanimi>
8. <https://powergreen.pro/novosti/79-solnechnaya-energiya-v-selskom-khozyajstve>
9. <https://www.booksite.ru/fulltext/1187192/text.pdf>
10. <https://otoplenieblog.ru/tsentralnoe-otoplenie/geliosistemy/kak-ustanovit-solnechnoetoplenie-teplitsy-svoimi-rukami.html>

## РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ АВТОНОМНОЙ ГИБРИДНОЙ СОЛНЕЧНО-ВЕТРОВОЙ УСТАНОВКИ

Доц. Э. Н. Гусейнов, А.Э. Мовсум-заде

E-mail: movsumzade1@gmail.com

**Аннотация:** Гибридные системы благодаря своему преимуществу взаимозаменяемости, бесперебойности, а также экологически чистому источнику электроэнергии получили признание по всему миру, в том числе и в Азербайджане. Наиболее используемыми источниками альтернативной энергии считаются солнечная и ветровая энергии. Азербайджан – это богатая и благоприятная страна с точки зрения климатических условий для использования данного вида энергий. **Целью статьи** является расчёт параметров автономной гибридной ветро-

солнечной установки для снабжения люминесцентных ламп мощность 1 кВт, где на долю солнечных панелей приходится 900 Ватт, а на долю ветрогенератора 100 Ватт мощности. **Новизна работы** заключается в расчётном проектировании данного типа установки на территории Азербайджана, в городе Баку. Такая установка хорошо подходит для снабжения электричеством автономного объекта.

**Ключевые слова:** гибридная система, фотоэлектрические панели, ветрогенератор, территория Баку.

Гибридную систему можно характеризовать как систему, состоящую из двух или более источников энергии, работающих совместно для выработки электрической энергии. Такие системы служат для обеспечения бесперебойного снабжения электричеством нагрузки и могут быть независимыми от центральной сети или подключенными к ней. Преимуществом гибридной установки в отличие от одного источника энергии, заключается в способности подачи электроэнергии из одного источника в случае отказа или ослабления другого источника [2]. Целью данной статьи является расчет параметров гибридной солнечно-ветряной установки, обеспечивающей удовлетворения среднесуточной потребности в течении 5 часов электрической энергии для люминесцентных ламп, мощность которых составляет  $20 W \times 50 = 1000 W$ . Выработка электроэнергии от фотоэлектрических панелей и ветряных турбин варьируется от месяца к месяцу для города Баку. Данные расчета показывают, что наилучшим выбором является соотношение 900 Вт солнечной энергии и 100 Вт ветровой энергии. Для того, чтобы выбрать нужные элементы с подходящими параметрами, для обеспечения бесперебойного снабжения электричеством нужно в обязательном порядке следовать нижеперечисленным процедурам: 1) расчет и выбор солнечных панелей 2) расчет и подбор ветроустановок 3) расчет и выбор мощности инвертора 4) расчет и подбор контроллера заряда 5) расчет и выбор аккумулятора.

Ежедневная потребность в электроэнергии за счет солнечных панелей, при условии, что они рассчитаны на мощность в 900 Вт, и суточная потребность составляет 5 часов, вычисляется по формуле:

$$E_{\text{сп}} = P_{L1} \times t = 900 \times 5 = 4500 \text{ Вт ч/день} \quad (1)$$

Суточная выработка электроэнергии с учётом того, что КПД инвертора и контроллера составляют соответственно 90% и 95% определяется по формуле:

$$PPC = E_{\text{сп}} \div \eta_{\text{инв}} \div \eta_{\text{контр}} = 4500 \div 0.95 \div 0.9 = 5263.2 \text{ Вт ч/день} \quad (2)$$

Общая мощность с учётом потерь, которые составляют 10% при наихудших условиях, происходящих в системе, вычисляется:

$$E_{\text{нагр}} = PPC \times 1.1 = 5263,2 \times 1.1 \cong 5790 \text{ Вт ч/день} \quad (3)$$

Суточная потребляемая энергия в ампер часах:

$$E_{\text{Ач}} = E_{\text{нагр}} \div U_{\text{сист}} = 5790 \div 12 = 483 \text{ Ач/день} \quad (4)$$

Необходимое значения тока фотоэлектрической панели определяется из среднего значения солнечного излучения за год на территории Баку:

$$I_{\text{сп}} = E_{\text{Ач}} \div 9 = 483 \div 9 = 53.6 \cong 54 \text{ А} \quad (5)$$

Для расчёта тока было определено среднее значение пиковых солнце-часов для территории Баку в 2021 году на основе данных, полученных от метеостанции [4]. Учитывая характеристики выбранной панели и ток в формуле (5), следует использовать 10 параллельно соединенных панелей. Характеристики солнечный панелей указаны в Таблице 1. [6]

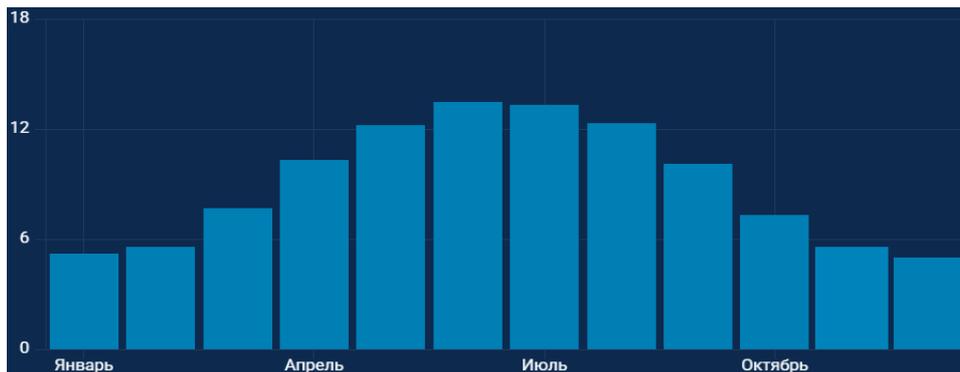


Рис. 1. Число солнце-часов помесячно в Баку за 2021 год.

Таблица 1. Характеристики солнечных панелей

Мощность	100 Вт
Напряжение при $P_{\text{макс}}(V)$	18.29 В
Ток при $P_{\text{макс}}(I)$	5.47 А
Напряжение разомкнутой цепи $V_p$	22.8 В
Ток короткого замыкания $I_{\text{кз}}$	5.85 А

Аналогичные расчёты проводятся для подбора ветрогенератора [5]. Учитывая, что мощность источника ветра составляет 100 Вт суточная выработка электроэнергии составит:

$$E_{\text{вт}} = P_{L2} \times t = 100 \times 5 = 500 \text{ Вт ч/день} \quad (6)$$

По форме (2), (3), (4) определяется общая мощность и потребляемая энергия в сутки:

$$E_{\text{нагр}} = (E_{\text{вт}} \div \eta_{\text{инв}} \div \eta_{\text{контр}}) \times 1.1 = 2339.2 \times 1.1 \cong 643.3 \text{ Вт ч/день} \quad (7)$$

$$E_{\text{Ач}} = E_{\text{нагр}} \div U_{\text{сист}} = 643.3 \div 12 \cong 54 \text{ Ач/день} \quad (8)$$

Теоретически извлекаемая мощность потока воздуха будет равна:

$$P = \frac{1}{2} \times C_p \times \pi \times R^2 \times \rho \times V^3 = \frac{1}{2} \times 1.123 \times 3.14 \times 0.66^2 \times 1.23 \times 6.8^3 \cong 109 \text{ Вт} \quad (9)$$

Коэффициент  $C_p$  принимается от 0.2-0.45 для установки, имеющей более двух лопастей. Плотность воздуха  $\rho = 1.123$ . Радиус лопасти турбины  $R = 0.66$ . По данным, полученным от метеостанции, следует, что средняя скорость ветра в год составляет 6.8 м/с [4]. Выбираем ветрогенератор мощностью 100 Вт модели RX-100НЗ. Характеристики ветрогенератора следующие: Мощность (P) - 100 Вт. Пиковая мощность ( $P_{\text{пик}}$ ) - 120 Вт. Количество лопастей - 3. Напряжение (V) - 12/24 V DC. Скорость ветра при запуске - 2 м/с. Макс. выдерживаемая скорость ветра - 50 м/с.

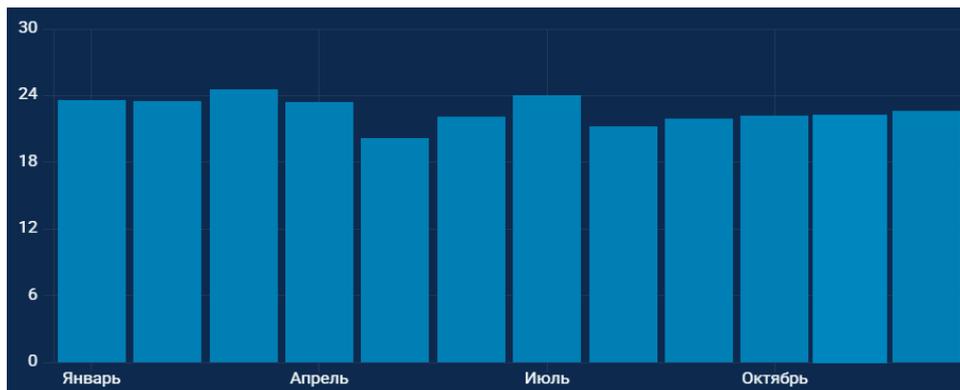


Рис. 2. Ежемесячная скорость ветра в Баку за 2021 год (км/ч).

Третий и четвертый пункт определяют выбор инвертора и контроллера заряда соответственно. Целесообразно выбрать инвертор с характеристиками указанными в Таблице 2. Вспомним, что КПД инвертора составляет 90%, тогда мощность будет равна [3]:

$$P_{\text{инв}} = [P_{L1} + P_{L2}] \div \eta_{\text{инв}} = [900 + 100] \div 0.9 \cong 1111 \text{ Вт} \quad (10)$$

Таблица 2. Характеристики инвертора.

Мощность (P)	1.5 кВт
Пиковая мощность ( $P_{\text{пик}}$ )	3 кВт
Входное/выходное U	12/220 V AC
Выходной сигнал	Чистый синус

Ток заряда контроллера [3]:

$$I_{\text{заряда}} = P_{\text{инв}} \div U_{\text{бат}} = 1111 \div 12 = 92.6 \text{ А} \quad (11)$$

Оптимальным решением будет выбор контроллера типа MPPT 100, поскольку эффективность заряда этого типа на 30% больше, чем у типа PWM. Зарядный ток этого контроллера составляет 100 А, напряжение системы 12, 24, 36 В.

Далее следует провести расчёт и выбор аккумулятора:

$$E_{\text{ач}} = E_{\text{нагр}} \div U_{\text{сист}} = 6433 \div 12 = 536 \text{ Ач/день} \quad (12)$$

Учитывая то, что глубина разряда аккумулятора составляет 20%:

$$C_{\text{бат}} = E_{\text{ач}} \times 1.2 = 536 \times 1.2 = 643.2 \text{ Ач/день} \quad (13)$$

Наиболее используемыми в гибридных солнечно-ветровых системах являются аккумуляторы типа HZ12Y-100. Модель гелевого типа с ёмкостью 100 А/ч. Для удовлетворения нужды сопоставимой с рассчитанной ёмкостью следует установить параллельно 7 батарей. Данный тип батарей имеет большое количество заряда-разряда и глубокую возможность заряда.

**Выводы:** Была спроектирована автономная гибридная солнечно-ветровая установка мощностью 1000 Вт и определены параметры ее компонентов. По данным расчёта следует, что необходимо выбрать 10 параллельно соединённых панелей мощность 100 Вт, один ветрогенератор мощностью 109 Вт и количеством лопастей - 3, учитывая среднемесячную скорость ветра на территории Баку, инвертер мощностью 1.5 кВт, контроллер разряда типа MPPT 100 с системным током 100 А, и семь параллельно соединённых аккумуляторов типа HZ12Y-100.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Елистратов В.В. Автономное энергоснабжение энергокомплексами на базе возобновляемых источников энергии // Энергетический вестник 2016 - №21 - С.42.
2. Митрофанов С.В., Немальцев А.Ю., Байкасов Д.К. Принципы построения системы управления и контроля ветро-солнечной электростанции // Состояние и перспективы развития электро- и тепло-технологии (XXI Бенардосовские чтения): материалы междунар. науч.-технической конф., Иваново, 02-04 июня 2021 года. Иваново: Ивановский государственный технический университет им. В.И. Ленина, 2021. С 229-232.
3. Обухов С. Г., Плотников И. А. Моделирование и исследование режимов работы солнечной фотоэлектрической станции с контроллером максимальной

мощности // Альтернативная энергетика и экология: международный научный журнал. 2015. № 13-14. С. 38-50.

4. Погода круглый год в любой точке Земли. Режим доступа: <https://anyroad.ru/city/weather/november/%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D1%83,az>.

5. Сабурова Е.А., Цыцельская В.А. Ветроэнергетика, принцип работы ветрогенераторов и перспективы развития // Сборник докладов XXI Международной научно-практической конференции. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. С. 460-465.

6. Солнечный модуль Mono 100W Solar panel. Режим доступа: [https://dahua.az/catalog/100w\\_mono\\_solar\\_panel.html](https://dahua.az/catalog/100w_mono_solar_panel.html).

7. Amir A., Amir A., Che H.S.6 et al. Comparative analysis of high voltage gain DC-DC converter topologies for photovoltaic systems // Renewable Energy. 2019. Т. 136. С. 1147-1163.

8. Odou O.D.T., Bhandari R., Adamou R. Hybrid off-grid renewable power system for sustainable rural electrification in Benin // Renewable Energy. - 2020. - Т. 145.

9. Off-grid Renewable Energy Solutions: Global and Regional Status and Trends / IRENA, 2018, Abu Dhabi.

10. Singh S.S., Fernandez E. Modeling, size optimization and sensitivity analysis of a remote hybrid renewable energy system // Energy. - 2018. - Vol. 143. - P. 719-731. DOI: 10.1016/j.energy.2017.11.053.

## **ELEKTRİK SİSTEMLƏRİNDƏ ENERJİSİ İTKİLƏRİ**

A.M.Qasımzadə

[arzu1996.09@gmail.com](mailto:arzu1996.09@gmail.com)

**Xülasə:** Elektrik enerjisinin sərfinin miqdarı həm sənayeləşmə, həm də ölkənin inkişaf göstəricisi üçün çox vacibdir. İstehsal olunan elektrik enerjisinin istehlakçılara çatdırılması zamanı sistemdə itkilər baş verir. Baş verən itkilər əsasən paylanma sistemlərində baş verir. Çünki paylanma sistemlərində gərginlik səviyyəsi aşağı, cərəyanı isə yüksək olur. Paylanma sistemlərində gərginliyin yüksəldilməsi elektrik itkisinin azaldılmasında effektivdir. Ölkəmizdə istifadə olunan enerjide tələbatçıların iştirakı böyük olduğundan və itkilərə məruz qalması əsasən paylama sistemlərindən irəli gəlir.