

УДК 621.3

ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНЫХ СОЛНЕЧНЫХ-ВЕТРЯНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ХАММЕДОВ А.М.

ОАО Азерэнерджи

Продемонстрирована потенциальная возможность солнечной радиации и ветра для Апшеронского полуострова (крупнейший потребитель электрической энергии) и для Нахичеванской Автономной Республики (регион не имеющий достаточного количества энергоресурсов и находящийся в блокадном режиме). Разработана модель для построения оптимального гибридного (фотоэлектрический/ ветровой) генератора. Изучены особенности применяемого региона для построения оптимального по размеру гибридного генератора (на основе 1кВт класса установленной мощности и фотоэлектрической панели компании AstroPower Co.) с минимальной стоимостью, обеспечивающего требуемой электрической энергией среднее жилое помещение.

Введение

В последнее время становится очевидным тот факт, что объемы сжигаемых топлив не безграничны и увеличивающаяся потребность в этом является одним из главных причин загрязнения окружающей среды и, возможно, глобального потепления. В связи с этим, наблюдается повышенный интерес и активность многих стран в создании и применении альтернативных/возобновляемых источников энергии, таких, как солнечных, способных в ряде случаев заменить сжигание ископаемого топлива. В этом контексте Азербайджанская Республика богата ресурсами альтернативной энергии, в том числе, как высоким уровнем солнечной радиации, так и потенциалом ветра, и является подходящим местом для применения гибридных источников энергии, позволяющих вырабатывать значительное количество энергии. В последние годы правительство Азербайджанской Республики также уделяет особое внимание данному направлению. Ярким примером тому является ряд законов, предусматривающих использование альтернативных источников энергии, постановлений правительства страны и недавний Указ Президента Азербайджанской Республики «Об утверждении Государственной Программы по применению альтернативных и возобновляемых источников энергии в Азербайджанской Республике», датируемый 21 октября 2004 года.

До сих пор в литературе было представлено достаточное количество информации о ресурсах воды, солнца, биомассе и геотермальных источниках энергии в республике Национальной Академией Азербайджанской Республики, Министерством Экономического Развития, Министерством Топлива и Энергетики, ОАО «Азерэнерджи» и другими связанными с тематикой организациями.

По имеющимся данным, в Азербайджанской Республике главным потребителем электрической энергии (приблизительно 70%) является население. В настоящей работе были проанализированы потенциалы солнечной радиации и ветра для разработки гибридных электрических систем обеспечения потребностей в энергии типичных семейных жилых помещений (с ежегодным потреблением электрической энергии 27475 кВт/ч).

В настоящее время невозможно обеспечить электроэнергией потребителей в любой стране лишь использованием возобновляемых источников энергии [1, 2]. Однако вопросы, связанные с окружающей средой, определяют технологию возобновляемой энергии обоснованной. В дополнение к этому, источники возобновляемой энергии могут быть использованы как независимо, так и одновременно с другими источниками энергии, в комбинации 2-х и более типов энергии.

За рубежом, солнечные фотоэлектрические и ветряные генераторы широко используются в удаленных местах от линий электропередач. В то же время эти системы достаточно чувствительны к флуктуациям используемой солнечной энергии или потенциала ветра. Поэтому данные системы предусматривают применение дизельного генератора в моментах дефицита возобновляемой энергии.

До сих пор было сделано значительное количество попыток в нахождении простого метода для разработки гибридного возобновляемого источника энергии. Многие из разработчиков не уделяли достаточного внимания особенностям создаваемых систем.

В связи с тем, что дни сменяются ночью, и погодные условия часто меняются, это накладывает определенное ограничение на производство электрической энергии автономными системами, использующими как солнечную, так и ветряную энергии [3]. Рассмотрение фотоэлектрических/ветряных гибридных систем, как систему для получения электрической энергии, становится все более востребованным и широко применяемым [4,6].

В этой работе предлагается методология расчета оптимального соотношения гибридного фотоэлектрического/ветрового генератора ГФЭВГ. При создании данной модели были сделаны следующие допущения:

- Усредненная потребность в требуемой установленной электрической мощности одной семьи в условиях Азербайджана приравнивается к 350 Вт (смотри ниже);
- Рассмотрены ветровые турбины среди класса турбин с установленной мощностью до 1кВт –TOP 500 (500 W), Atlantis WB 20 (500 W), Inclin 600 (600 W), Molzan MW 2000-4 (600 W), BWC XL.1 (900 W) и подобные турбины (для таких типов турбин диаметр лопастей бывает обычно 2-2.5 м).
- Рассмотрены 2-х типа фотоэлектрических панелей (Si-monocrystalline, Silicon-film) производства ASTROPOWER Co. , имеющие КПД 17% и 14% соответственно.

Целью исследования является:

- Представить потенциал солнечной и ветряной энергий республики;
- Представить точную и практичную модель для характеристики ФЭГ и ВГ для определения оптимальной комбинации гибридной системы, состоящей из фотоэлектрического генератора ФЭГ/ветряного генератора ВГ.
- Связать ежемесячно (при необходимости данные можно уточнить до ежесуточных и ежечасных) измеряемые данные с показателями среднегодового потребления электроэнергии для Апшеронского полуострова и Нахичеванской Автономной Республики - НАР.

Потенциал ветра и солнца

Несмотря на то, что Азербайджан богат наличием многих видов энергоресурсов, их широкое использование связано с некоторыми ограничениями, связанными с выбросами в окружающую среду. Для проведения исследования были выбраны некоторые регионы республики и этот выбор был не случайным.

Одним из регионов является Апшеронский полуостров, с наибольшим значением энергопотребления, имеющий высокий потенциал ветра и солнца, а вторым регионом - Нахичеванская Автономная Республика, находящаяся в изолированном положении, имеющая высокий потенциал солнечной энергии и умеренный потенциал ветра (территория, прилегающая к городу Джульфа).

По предварительным оценкам, среднегодовой потенциал солнечной энергии изменяется от низкого значения 228 кВтч/м² в северных регионах до высоких значений потенциала солнца 360 кВтч/м² в южных регионах республики. Среднегодовая плотность солнечной энергии на Апшеронском полуострове доходит до 279 кВт.ч/м² и для НАР это значение доходит до 354 кВтч/м² в год.

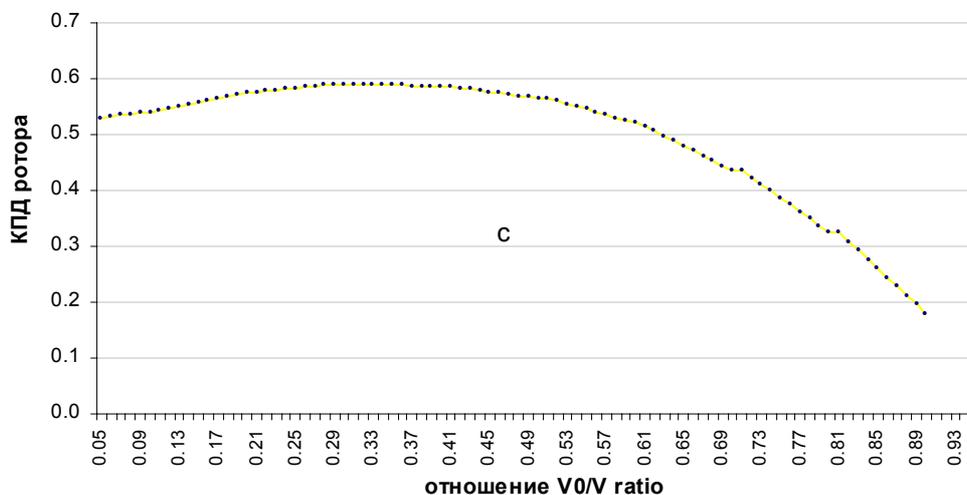
Ветровой генератор

Как известно, мощность ветра определяется энергией ветра, падающей на единицу площади, перпендикулярной к направлению ветра. Потенциал каждого ветрового генератора, расположенного перпендикулярно к потоку ветра, выражается кинетической энергией как:

$$P_B = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot 0.4,$$

где V – скорость ветра (м/с), ρ – плотность воздуха (кг/м³)¹, A – воздушная масса, захваченная ротором, 0.4 – значение КПД. Максимум выходной мощности ветрового генератора можно определить простым выражением $P_B = 0.2 \cdot \rho \cdot V^3$. Введем параметр a_B , который определяет в целом размер и итоговую эффективность ветрового генератора, имеющий связь с КПД ротора, как $a_B = C_p(\pi r^2)$, C_p – КПД, r – радиус ротора. Теоретический максимум для C_p – 0.59, на практике же это значение не доходит до 0.5 – для высоко скоростных, двухлопастных турбин, и значение, равное 0.2-0.4 для малоскоростных, многолопастных ветровых турбин. Ниже представлен рисунок, показывающий относительную эффективность ротора.

Рис.1. Относительная эффективность ротора



Здесь: V – значение скорости ветра на входе лопасти ротора, V_0 – значение скорости ветра на выходе лопасти ротора.

При некотором значении отношения V_0/V ротор имеет максимум КПД и это отношение показывает способность ротора передать энергию ветра электрическому генератору. Фактически полученная энергия ротора – это разница между значениями V и V_0 .

¹ Плотность воздуха на уровне моря с единичным давлением атмосферы и при температуре 15.5 °C значение равно 1.225 кг/м³.

Фотоэлектрический генератор

Для фотоэлектрических генераторов a_c определяется как $a_c = \eta A$, где η КПД модуля и A количество падающих на поверхность m^2 земли лучей. Данное определение совпадает с обычной величиной падающих лучей: a_c численно равно пиковому значению мощности кВт.

В нашем случае максимальный КПД достиг значения 17%. Для сравнительного анализа ветрового и солнечного потенциалов необходимо приведение этих энергий к единице площади ($Вт/m^2$). Для солнечной энергии P_c , искомая величина энергии была определена для модуля с фотоэлементами, направленного перпендикулярно к падающим лучам, что является обычной процедурой для расчетов, использующих сбор метеорологических данных с горизонтальной площадки [5].

Рассматриваемая оценка основывается на средних значениях ежемесячной солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность земли, и на эмпирической взаимозависимости солнечной радиации (использованы данные Государственного Комитета Геодезии и Картографии, Радиационного Сектора НАН и Министерства Экологии и Природных Ресурсов).

Гибридный генератор

Для создания гибридного генератора прежде всего необходимо определить конструкцию гибридного генератора, имеющего оптимальное соотношение a_c и a_w для минимальной стоимости, с целью производства максимальной энергии, удовлетворяющей потребности населения в электроэнергии P_{Π} в течении года [7]. Как было отмечено выше, наиболее приемлемым и востребованным (регион, имеющий одновременно приемлемое значение ветрового и солнечного потенциалов) местом для установки гибридного генератора выбран регион Апшеронского полуострова и Нахичеванской Автономной Республики. Принимая во внимание тот факт, что стоимость гибридного генератора C_H имеет линейную зависимость от размера, то ее можно описать как $C_H = C_c a_c + C_w a_w$, где C_c и C_w – показатели стоимости установки с солнечным и ветровым потенциалами генератора соответственно. Минимальная общая стоимость определяется:

$$P_H = P_c a_c + P_w a_w \geq P_{\Pi}$$

где P_d потребность в электрической энергии, коэффициенты a_w и a_s , учитывающие размер и общую эффективность ветрового и фотоэлектрического генератора соответственно. Как известно потребность в электроэнергии меняется каждый год, тем не менее, расчеты основаны на данных по потреблению в последние годы. Число бытовых потребителей (абоненты) и значение потребляемой электроэнергии составляет 1.5 миллион и 10.5 Млрд.кВтч соответственно².

² Необходимо отметить, что ощутимая часть энергии потребляется беженцами, а также потребителями, не имеющими электрических счетчиков. Согласно оценкам PA Consulting Group, не мене 2,4 млрд. кВтч электрической энергии расходуется только на отопительные нужды и, сбрасывая со счета отопительные нужды населения, средняя требуемая мощность для источника электрической энергии приравнивается к 350 Вт.

Анализ структуры и особенностей электропотребления указывает на то, что требуемая мощность будет составлять примерно 350 Вт на семью. Используя средние значения $P_{\text{П}}$, $P_{\text{С}}$ и $P_{\text{В}}$, можно удовлетворить условие вышепредставленной формулы. На рисунках 2 и 3 представлено исследование, проведенное для Апшеронского полуострова (с большим потенциалом ветра и солнца) и для НАР (высокое значение солнечного потенциала и умеренный потенциал ветра):

Рис. 2. Месячные данные ветра и солнечной радиации по Апшеронскому полуострову

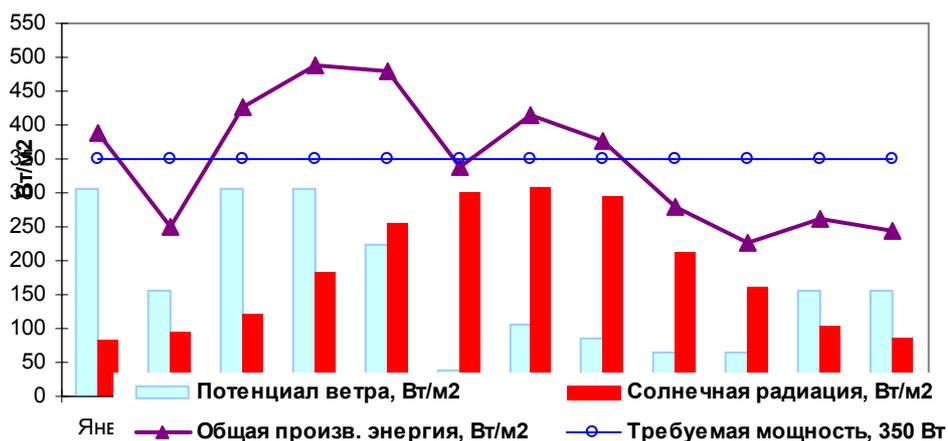
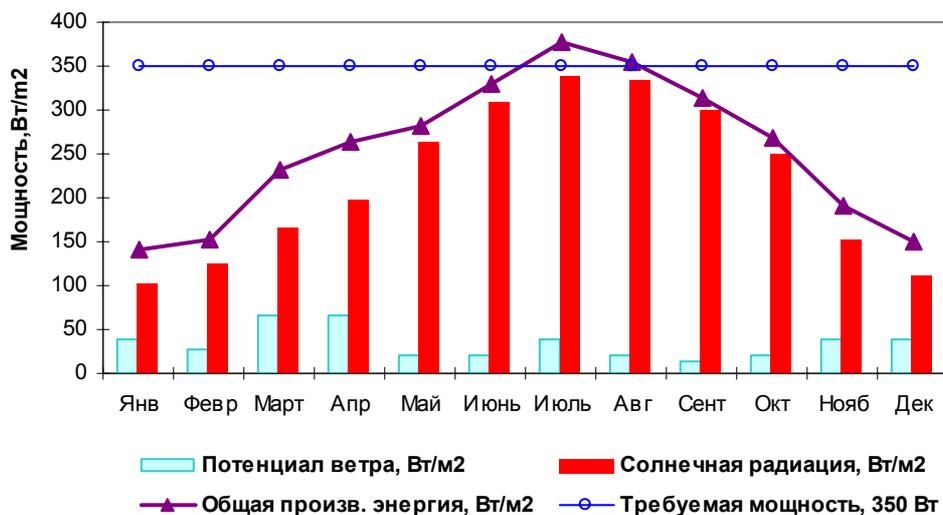


Рис. 3. Месячные данные ветра и солнечной радиации по НАР



Вышепоказанные рисунки отражают среднемесячный потенциал энергии, полученной с 1 м^2 площади.

Как видно из рисунков 2 и 3, незаполненная область между голубой линией (требуемая мощность) и линией, показывающей суммарную мощность гибридного генератора, показывает нехватку энергии. В то время, как ветровая энергия превалирует в Апшеронском полуострове, в НАР преобладает солнечное излучение.

Результаты исследования

Исследование основывается на ежемесячных данных по основным показателям ветра и солнечной радиации. Однако, представляемая модель предусматривает использование ежедневных, ежечасных данных по $a_{\text{В}}$ и $a_{\text{С}}$, в таком случае результаты расчетов будут

более точны. Подобные системы можно моделировать и для любых других регионов. Ниже на рисунках 4 и 5 представлены ежемесячные показатели по показателям a_B и a_C :

Рис.4. Ежемесячные показатели Гибридной Системы на Апшеронском полуострове

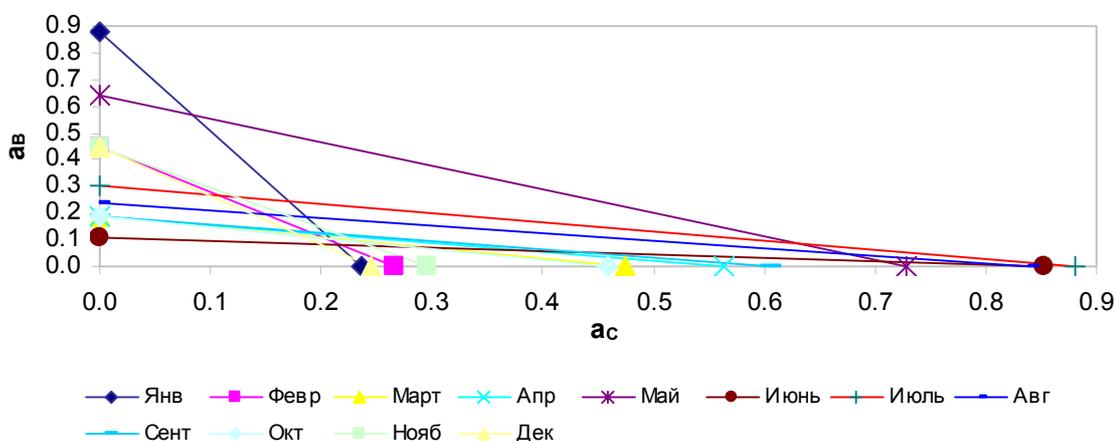
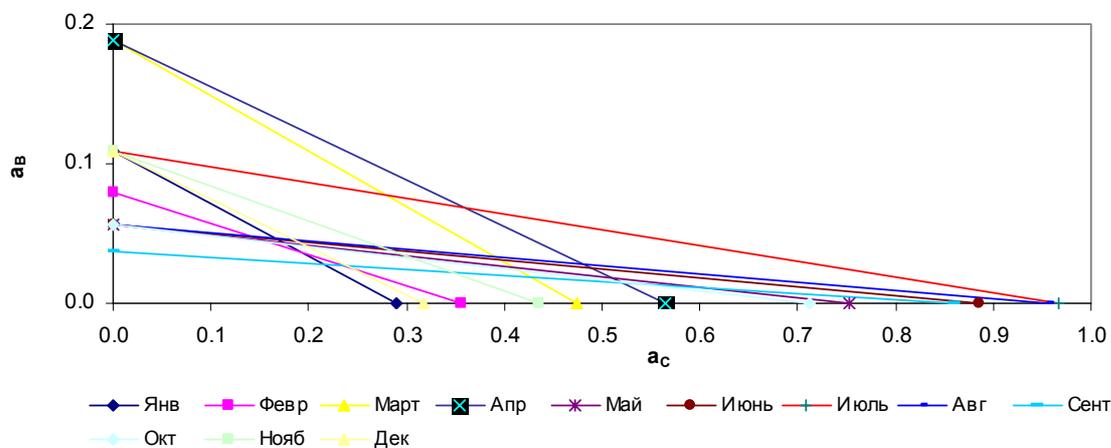


Рис.5. Ежемесячные показатели Гибридной Системы в НАР



Ниже приведены рисунки 6 и 7, показывающие максимальные значения по a_B макс. и a_C макс. для 2-х регионов.

В результате из рисунков можно сделать вывод:

- a_B макс. = 0.89; a_C макс. = 0.88 или $A_{(0.88, 0)}$; $B_{(0, 0.89)}$ – на Апшеронском полуострове
- a_B макс. = 0.18; a_C макс. = 0.97 или $A_{(0.97, 0)}$; $B_{(0, 0.18)}$ – в НАР.

Как было сказано выше, главная цель работы - это определение оптимального соотношения между a_C и a_B для создания минимальной по стоимости гибридной системы и, принимая во внимание то, что стоимость имеет линейную зависимость с размером системы, общая стоимость гибридного генератора C_G определится как $C_G = C_C a_C + C_B a_B$ и соотношение C_C/C_B взято как параметр.

Рис.6. Вариация размеров гибридной системы на Апшеронском полуострове

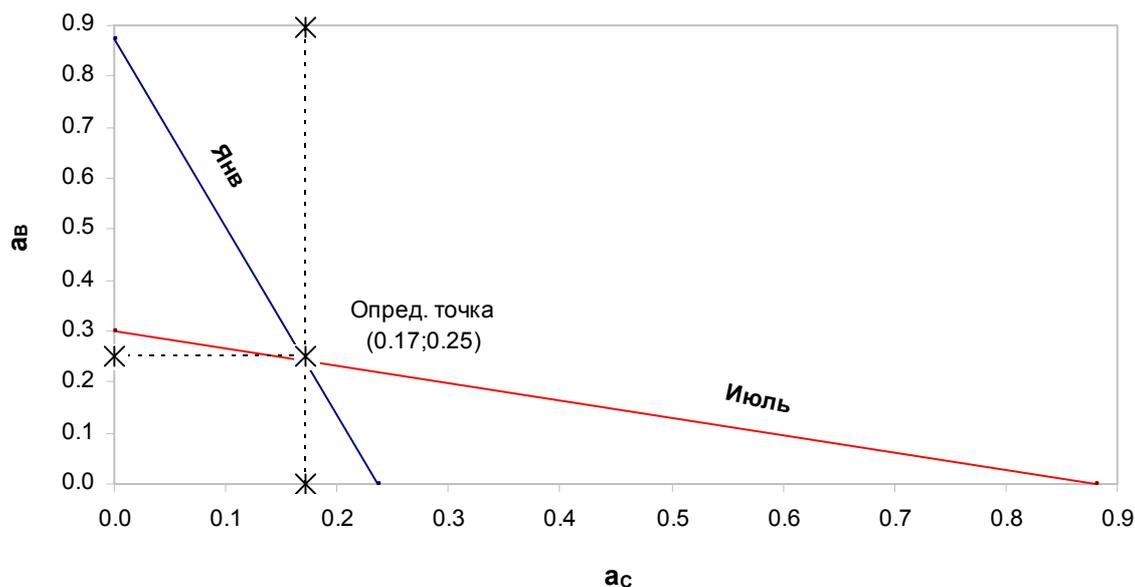
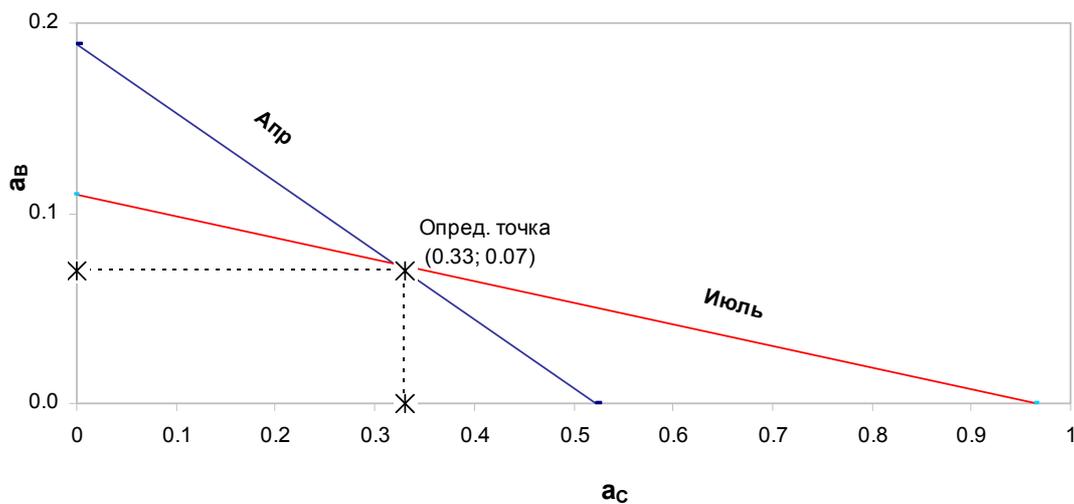


Рис.7. Вариация размеров гибридной системы в НАР



Из рисунков 6 и 7 определены стоимости гибридного генератора:

Таким образом, для Апшеронского полуострова при $C_C/C_B > 0.68$, минимальная общая стоимость (и максимальная выходная мощность) для гибридного генератора значение $a_C = 0.89$, и в случае $C_C/C_B < 0.68$ оптимальной системой будет автономный Фотоэлектрический Генератор.

Для НАР при $C_C/C_B > 4.77$, минимальная общая стоимость (и максимальная выходная мощность) для гибридного генератора значение $a_C = 0.97$, и в случае $C_C/C_B < 4.77$ оптимальной системой будет автономный Фотоэлектрический Генератор.

1. Mukund R. Patel, 2000. Wind and Solar Power Systems.
2. S.M. Shaahid, M.A. Elhadidy. 2003. Opportunities for utilization of stand-alone hybrid (photovoltaic + diesel + battery) power systems in hot climates. Renewable Energy 28, 1741-1753.

3. *B. Ai, I, H. Yang, H. Shen, X. Liao.* 2003. Computer-aided design of PV/wind hybrid system. *Renewable Energy* 28, 1491–1512.
4. *G.C. Bakos, N.S. Tsagas.* 2003. Techno economic assessment of a hybrid solar/wind installation for electrical energy saving. *Energy and Buildings* 35, 139-145.
5. *Richard Spencer.* 2002. Untapped Potential of Wind power *IEEE Power Engineering Review*, 272-1724.
6. *Elisabeth Gratia, Andrea De Herde.* 2003. Design of low energy buildings. *Energy and Buildings* 35, 473-491.
7. *Koray Ulgen, Arif Hepbasli.* 2003. A study on evaluating the power generation of solar-wind hybrid systems in Izmir, Turkey.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASINDA HİBRİD FOTOELEKTRİK GENERATORLARIN/KÜLƏK TURBİN QURĞULARIN İSTİFADƏSİ MÜMKÜNLÜYÜ

XAMMƏDOV A.M.

Abşeron yarımadası (elektrik enerjisinin iri istehlakçısı) və Naxçıvan Muxtar Respublikasının (kifayət qədər enerji mənbəyi olmayan və blokada rejimində yaşayan region) günəş və külək enerjilərinin potensial imkanları göstərilmişdir.

Optimal hibrid fotoelektrik/külək generatorun qurulması üçün model verilmişdir.

Sezilmiş regionların xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq, orta yaşayış sahənin təəblərini ödəyən, ölçü baxımından optimal və minimal qiymətli hibrid qurğunun (1 kVt qoyuluş gücü olan külək generatorları və AstroPower Co. Şirkətinin istehsal etdiyi fotoelektrik pannelləri əsasında qurulan hibrid generator) iş rejimi öyrənilmişdir.

AVAILABILITY OF PHOTOELECTRIC GENERATORS/ WIND TURBINES AT THE TERRITORY OF AZERBAIJAN REPUBLIC

KHAMMEDOV A.M.

The solar and wind power potentials were demonstrated for Apsheron Peninsula – the large electrical power consumer groups and for NAR not having any fossil fuel and living in blockade regime. The simulation method was developed for construction of optimal wind and solar hybrid power generator. Given the peculiarities of applicable place with optimum size of hybrid Wind/PV energy system (based on wind generators with installed capacity up to 1 kW and Photovoltaic Panels from AstroPower Co.) with minimal cost and providing the required power is studied.