

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА РАЗНОРОДНЫХ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ГИБРИДНЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЗЛОВ СВЯЗИ

Е.В. Казакевич, Д.Д. Корякин, Д.Е. Петрушин, Д.О. Федосеев

В статье рассмотрены подходы к обоснованию выбора альтернативных источников энергии гибридной энергосистемы узлов связи контейнерного исполнения для решения задач в различных климатических условиях. Сущность проблемы заключается в отсутствии методик, позволяющих определить рациональный состав гибридных электроустановок автономного электроснабжения по энергетическим, стоимостным и массогабаритным показателям. Статья содержит пример расчёта технико-экономических показателей альтернативных источников энергии для определения целесообразности использования солнечных и ветроэнергетических установок в отдельных регионах России.

Ключевые слова: узлы связи, альтернативные источники энергии, гибридная система, фотоэлектрическая установка, ветроэлектрическая установка

OPTIMAL RATIO OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN HYBRID POWER SUPPLY SYSTEMS FOR COMMUNICATION CENTERS

Kazakevich E., Koryakin D., Petrushin D., Fedoseev D.

Calculation of hybrid electrical system parameters for communication center, which can be located in different climatic conditions, is presented. The article is generalization of generated power calculations obtained for solar panels and wind turbines for different regions. The essence of the problem is the lack of methods, which allow to determine rational structure of alternative energy sources. The article contains technical and economic indicators analysis of alternative energy sources, wind and solar potential in Russia.

Keywords: military communications, alternative energy sources, hybrid power system, photovoltaic plant, wind power plant

С целью поддержания бесперебойного функционирования мобильных узлов связи необходимо в первую очередь обеспечить бесперебойное электроснабжение, что затрудняется необходимостью постоянного подвоза топлива для дизель-генераторных установок, расположенных вдали от сети единой энергосистемы. Для создания автономной системы электроснабжения узлов связи контейнерного исполнения (СЭС УС КИ) предлагается рассмотреть гибридную систему с использованием альтернативных источников энергии.

На данный момент не существует методик, позволяющих определить рациональный состав альтернативных источников энергии в СЭС УС КИ по энергетическим, стоимостным и массогабаритным показателям с учетом неравномерного распределения потенциала солнечной энергии и энергии ветра по территории России и Северо-Западного федерального округа, в частности.

При оценке целесообразности установки того или иного источника альтернативного электроснабжения для СЭС УС КИ необходимо учитывать его удельные характеристики, а именно удельную массу – килограмм на ватт установленной мощности [кг/Вт] и удельную стоимость [тыс. руб./Вт].

В результате анализа характеристик существующих ветрогенераторов, солнечных панелей и дизель-генераторов разной мощности отечественных и зарубежных производителей выявлена зависимость: при увеличении установленной мощности, удельная масса ветрогенераторов и дизель-генераторов снижается, а солнечных панелей – остаётся постоянной, так как максимальная мощность единичной панели обычно не превышает 300 Вт и дальнейшее увеличение мощности солнечных установок происходит за счёт увеличения их количества (рис. 1).

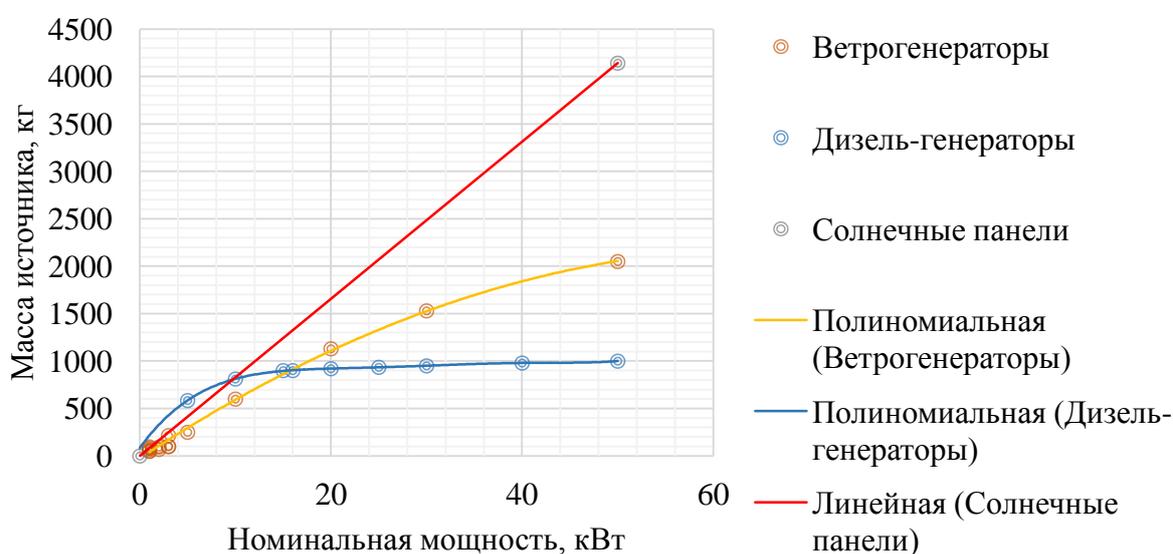


Рис. 1. Зависимость массы источника альтернативного электроснабжения от его номинальной мощности

Существенное снижение удельной массы ветрогенераторов наблюдается при номинальной мощности выше 20 кВт, снижение же удельной массы дизель-генераторов ещё более заметно. Так, дизель-генератор мощностью 50 кВт весит лишь на 10 % больше, чем дизель-генератор мощностью 15 кВт (рис. 1).

При номинальной мощности свыше 10 кВт явное преимущество по удельной массе и стоимости (рис. 2) имеют дизель-генераторные установки (ДГУ). Расчеты приводятся без учета дизельного топлива, масса которого будет увеличиваться пропорционально времени автономной работы ДГУ.

Необходимо учитывать и факт непостоянства выработки электрической энергии первичными источниками, преобразующими энергию солнца и ветра. Например, дизель-генератор гарантированно способен выдать заявленную производителями мощность (и даже допускает перегрузку на 10 %), в то время как ветрогенераторы вырабатывают номинальную мощность только при скорости ветра от 10 м/с, что, кроме побережий, наблюдается крайне редко. Солнечные

панели генерируют номинальную мощность при освещённости 1000 Вт/м^2 . Для сравнения – на широте Санкт-Петербурга даже летом в полдень при безоблачной погоде максимальная освещённость составляет порядка 900 Вт/м^2 , и солнечные панели будут вырабатывать мощность меньше номинальной [1].

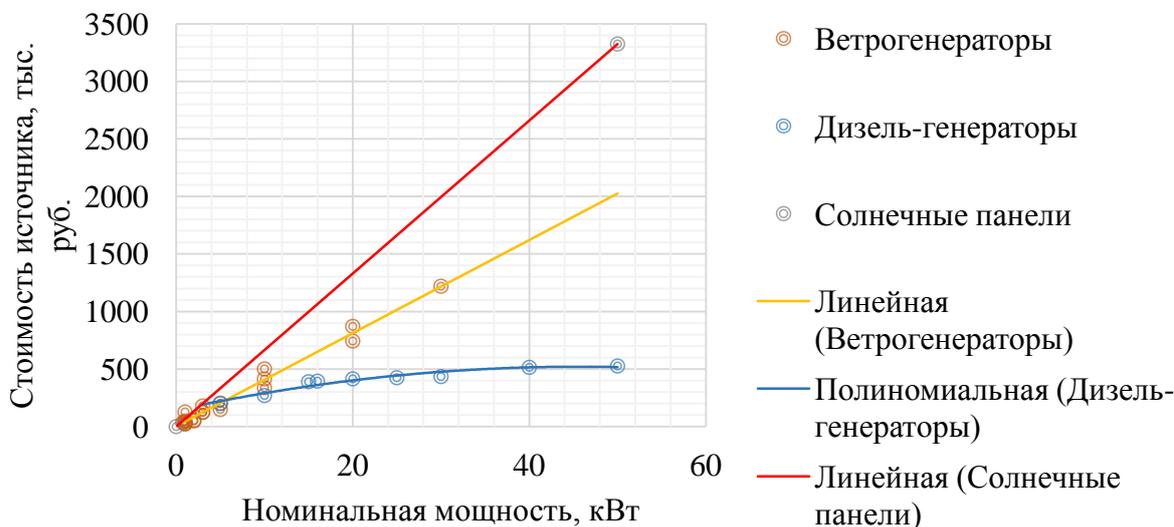


Рис. 2. Зависимость стоимости источника альтернативного электроснабжения от его номинальной мощности

Сезоннозависимость генерации энергии ветрогенераторами и солнечными установками в гибридной СЭС определяет необходимость учета суточных и сезонных изменений скорости ветра и интенсивности солнечного излучения в соответствующих регионах для выработки максимальной мощности [2].

Таким образом, коэффициент использования установленной мощности (КИУМ), равный отношению фактической энерговыработки электроустановки за определённый период эксплуатации к теоретической энерговыработке при работе без остановок на номинальной мощности, для конкретной местности, и будет зависеть от географической широты, облачности и скоростей ветра в регионе:

$$\text{КИУМ}_{\text{с.п.}} = W_{\text{с.п.}} / (P_{\text{с.п.}} \cdot 8760),$$

$$\text{КИУМ}_{\text{в.г.}} = W_{\text{в.г.}} / (P_{\text{в.г.}} \cdot 8760),$$

где $W_{\text{с.п.}}$ и $W_{\text{в.г.}}$ – электроэнергия, которую способны выработать солнечные панели и ветрогенераторы соответственно в течение года, кВт·ч; $P_{\text{с.п.}}$ и $P_{\text{в.г.}}$ – установленная мощность солнечных панелей и ветрогенераторов соответственно, кВт.

Анализ энерговыработки ветрогенераторами и солнечными установками в гибридной СЭС на территории Санкт-Петербурга и Мурманской области показал, что коэффициент использования установленной мощности солнечных панелей $\text{КИУМ}_{\text{с.п.}}$ и ветрогенераторов $\text{КИУМ}_{\text{в.г.}}$ будет находиться в пределах от 4 % до 63 %.

Исходя из полученных результатов и с учётом значений коэффициента использования установленной мощности, выявлены следующие зависимости удельной стоимости и удельной массы электроустановки от мощности:

$$C_{\text{с.п.}} = 66,512 \cdot P_{\text{с.п.}} / \text{КИУМ}_{\text{с.п.}},$$

$$C_{\text{в.г.}} = 40,651 \cdot P_{\text{в.г.}} / \text{КИУМ}_{\text{в.г.}},$$

$$m_{\text{с.п.}} = 82,818 \cdot P_{\text{с.п.}} / \text{КИУМ}_{\text{с.п.}},$$

$$m_{\text{в.г.}} = -0,446 \cdot (P_{\text{в.г.}} / \text{КИУМ}_{\text{в.г.}})^2 + 63,594 \cdot P_{\text{в.г.}} / \text{КИУМ}_{\text{в.г.}}.$$

где $C_{\text{с.п.}}$ – стоимость солнечных панелей, руб./кВт; $C_{\text{в.г.}}$ – стоимость ветрогенератора, руб./кВт; $m_{\text{с.п.}}$ – масса солнечных панелей; $m_{\text{в.г.}}$ – масса ветрогенератора.

Необходимо учитывать, что первоочередное значение для мобильного узла связи имеет масса установки, а для стационарного – её стоимость. Для выбора элементов СЭС УС КИ, который будет транспортироваться к месту развертывания автомобильным, железнодорожным, авиационным или речным транспортом, приоритетным является минимизация массогабаритных характеристик.

Суть равномерной генерации заключается в том, что отношение суммы годовой генерации электроэнергии для солнечных панелей и ветроустановок к максимальной среднемесячной мощности должно быть наибольшим, то есть плотность годового графика нагрузки ρ_P должна быть максимальной:

$$\rho_P = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_{\text{с.п.}}(t) \times K_{\text{с.п.}i} + P_{\text{в.г.}}(t) \times (1 - K_{\text{с.п.}i})}{12 \times \max(P_{\text{с.п.}}(t) + P_{\text{в.г.}}(t))},$$

где ρ_P – плотность годового графика нагрузки; $P_{\text{с.п.}}(t)$ – полученная зависимость выработки мощности солнечными панелями от времени; $P_{\text{в.г.}}(t)$ – полученная зависимость выработки мощности ветрогенераторами от времени; $K_{\text{с.п.}}$ – доля установленной мощности солнечных панелей в гибридной системе (может изменяться в пределах от 0 до 1).

Таким образом, при выборе оптимального соотношения установленной мощности солнечных панелей и ветроэнергетических установок в гибридной системе необходимо учитывать массу и стоимость источника, а также возможную выработку электроэнергии и равномерность суточных и годовых графиков генерации.

В качестве примера были рассчитаны технико-экономические показатели альтернативных источников энергии для гибридной электроустановки мощностью 10 кВт при расположении УС КИ в пос. Малые Кармакулы (Архангельская обл.) и Санкт-Петербурге [3, 4].

Результаты расчета основных характеристик гибридной энергосистемы представлены в таблице.

На основании анализа результатов расчёта можно сделать вывод о существенной зависимости численных значений технико-экономических показателей солнечных и ветроэнергетических установок от их месторасположения. Так, в Санкт-Петербурге будут наиболее эффективны солнечные электроустановки, а для пос. Малые Кармакулы – ветроэнергетические установки.

ТАБЛИЦА. Характеристики гибридной энергосистемы при расположении в пос. Малые Кармакулы и Санкт-Петербурге

Характеристика	Месторасположение	Параметры	
		СЭУ	ВЭУ
КИУМ	Малые Кармакулы	0,12	0,63
	Санкт-Петербург	0,14	0,04
Удельная стоимость, тыс. руб./кВт	Малые Кармакулы	554,3	64,5
	Санкт-Петербург	461,9	1159,7
Удельная масса, кг/кВт	Малые Кармакулы	673	90
	Санкт-Петербург	575	1814
Максимальная плотность графика	Малые Кармакулы	0,65	0,34
	Санкт-Петербург	0,07	0,93

Эффективность использования альтернативных источников энергии напрямую зависит от метеорологических условий района расположения узла связи. Так, Северо-Западный федеральный округ представлен обширной территорией, на которой производительность солнечных электроустановок и ветроэнергетических установок сильно различается, так как для северного побережья преобладает энергия ветра, а в центральной и южной части наблюдается более сильная солнечная инсоляция. Оценка оптимального соотношения установленной мощности альтернативных источников энергии в гибридной СЭС для различных климатических условий размещения узла связи контейнерного исполнения необходима для снижения массогабаритных характеристик установки, повышения стабильности суточной выработки электроэнергии и повышения энергоэффективности автономной системы электроснабжения.

Список используемых источников

1. Пигольцина Г. Б. Ресурсы солнечной радиации Ленинградской области // Общество. Среда. Развитие. 2009. N 2. С. 181–191.
2. Лукутин Б. В., Муравлев И. О., Плотников И. А. Децентрализованные системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. 100 с.
3. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. М.: Издательство стандартов, 2012. 109 с.
4. ООО «Расписание Погоды» [Электронный ресурс]. 2004–2016. URL: <http://rp5.ru/> (дата обращения: 28.01.2016).