

ВЫБОР ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ

© 2016 г. Н.В. РУДЕНКО, В.В. ЕРШОВ

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону,
Северо-Кавказский филиал Московского технического университета
связи и информатики, г. Ростов-на-Дону
e-mail: rnv.09@mail.ru, ervv46@yandex.ru

Постановка задачи. Условием нормального и бесперебойного функционирования любого объекта связи является качественное обеспечение его электроснабжения. Поэтому к электроснабжению таких элементов сети сотовой связи как базовых станций (БС), контроллеров базовых станций (КБС) и т.п. уделяется особое внимание при проектировании и строительстве. Согласно нормативным документам [1, С. 26-27] КБС относится к первой, а БС - ко второй категориям технологических электроприемников по надежности электроснабжения. Это предусматривает отсутствие перерывов в электроснабжении, наличие двух независимых взаимно резервирующих источников питания, а также рекомендуемое наличие двух источников питания от электрических сетей энергосистемы [2, С. 21-22].

На практике возникает множество ситуаций, когда различные группы абонентов территориально удалены от районов с установившейся структурой Госэнергосистемы. На сегодняшний день свыше 65 % территории нашей страны — зона децентрализованного электроснабжения. В этой зоне проживает более 15 млн. человек. Из 225 млн. кВт установленной мощности электростанций России — 17 млн. кВт приходится на электростанции, работающие в зоне децентрализованного электроснабжения. В северных районах нашей страны работает свыше 6000 дизельных электростанций (ДЭС), которые имеют мощность свыше 3 млн. кВт. Около половины этих ДЭС работает ненадежно, что связано с перебоями в поставках топлива и высокими ценами на привозное топливо [3].

Кроме этого, подключение к существующим электросетям является очень дорогостоящим. Так согласно существующим тарифам [4] на строительство воздушных линий электропередачи в Ростовской области на первом уровне напряжения длиной 5 км, на организационные, технические мероприятия, а также на оформление соответствующей проектной документации по ориентировочным расчётам потребуется более 1млн. рублей.

Следовательно, строительство общенациональных сетей сотовой связи с электропитанием базовых станций на основе возобновляемых источников энергии в регионах России, где отсутствует централизованное электроснабжение, является актуальной научно-технической задачей.

Наиболее популярны сегодня гибридные солнечно-ветровые установки, представляющие собой комбинацию солнечных панелей с ветрогенераторами и часто дополненные дизельным генератором. Они успешно заменяют газотурбинные установки малой мощности, мазутные котельные и дизельные генераторы, особенно расположенные в зоне децентрализованной энергетики. В них используются все преимущества и компенсируются недостатки отдельных источников. К 2020 г. мировой рынок таких установок может составить 65 млрд. долларов. Их использование позволит увеличить к 2035 г. долю возобновляемых источников в производстве электроэнергии с 5% до 15% [5; 6, С. 44].

Таким образом, для обеспечения требуемой надёжности и бесперебойности электроснабжения автономных систем электропитания базовых станций (АСЭП БС) их целесообразно проектировать на базе гибридных солнечно-ветро-дизельной установки (ГСВДУ). Рынок предлагает широкий ассортимент таких установок, однако в настоящее время отсутствуют показатели эффективности для выбора и эксплуатации ГСВДУ применительно к нуждам мобильной связи.

Материалы исследования. Задача формулируется следующим образом. Разработать показатели эффективности для выбора и эксплуатации ГСВДУ применительно к нуждам мобильной связи.

При разработке указанных показателей эффективности необходимо учитывать следующие требования и допущения [6, С. 46; 7, С.798; 8, С. 39-40]:

1. Выбор установленной мощности ветроэнергетической установки (ВЭУ), солнечной энергетической установки (СЭУ) и дизель-электрической установки (ДЭУ) необходимо выполнять с учетом того, что ДЭУ должна генерировать весь поток энергии при отсутствии ветра и солнца, а установленная мощность ВЭУ и СЭУ может быть долевой от номинальной согласно конкретным климатическим условиям. Учитывая, что предполагается раздельная работа ДЭУ и совместно ВЭУ и СЭУ, суммарные номинальные установленные мощности принимаются равными, т.е.

$$P_{нд} = P_{нв} + P_{нс}.$$

При этом под номинальной мощностью ВЭУ и СЭУ понимается соответственно мощность, развиваемая ВЭУ при расчётной скорости ветра, а также мощность СЭУ при расчётном потоке солнечной энергии.

2. ГСВДУ, состоящая из ВЭУ, СЭУ и ДЭУ должна обеспечивать бесперебойное электроснабжение базовой станции сотовой связи в течение гарантийного ресурса не менее 5 лет с требуемыми показателями качества. Генерируемая суммарная мощность должна быть не менее 5 кВт, напряжение должно быть однофазным/трёхфазным номиналом 220/380 В и иметь частоту 50 Гц. Преобразование переменного тока в ток, с характеристиками и параметрами, требуемыми для работы телекоммуникационного оборудования (обычно это постоянный ток напряжением 48 В). Источник питания не только преобразует, но и стабилизирует параметры в достаточно жестких пределах – вплоть до 1-2%.

3. В состав входят потребители переменного и постоянного тока. Постоянным током обеспечиваются системы телекоммуникационного оборудования, переменным – потребители собственных нужд.

4. Затраты на выработку требуемого количества электроэнергии W включают в себя единовременные капитальные вложения K на приобретение оборудования ВЭУ, СЭУ и ДЭУ, а также эксплуатационные расходы E , затрачиваемые ежегодно при эксплуатации ГСВДУ.

Показатель эффективности для выбора ГСВДУ. Анализ подходов к выбору показателей эффективности автономных источников энергии позволяет сделать вывод о наиболее целесообразном использовании в качестве такого показателя **удельную стоимость производимой электроэнергии** [8, С.40]. Если в качестве удобного периода исследования выбрать 1 год, то средняя годовая стоимость электроэнергии ГСВДУ может быть определена по формуле:

$$C_{cp} = \frac{K + E}{W}, \quad (1)$$

где W - годовая выработка электроэнергии ГСВДУ, кВт · ч.

Годовую выработку электроэнергии ГСВДУ можно представить как сумму электроэнергии, вырабатываемой ДЭУ (W_d) и электроэнергии, вырабатываемой совместно ВЭУ и СЭУ ($W_v + W_c$) при условии их раздельной работы:

$$W = W_d + W_v + W_c \quad (2)$$

Единовременные капитальные вложения K определяются по формуле:

$$K = K_{уд} \cdot P_{нд} + K_{ув} \cdot P_{нв} + K_{ус} \cdot P_{нс}, \quad (3)$$

где $K_{уд}$ - стоимость 1 кВт установленной мощности ДЭУ, руб/кВт; $K_{ув}$ - стоимость 1 кВт установленной мощности ВЭУ, руб/кВт; $K_{ус}$ - стоимость 1 кВт установленной мощности СЭУ, руб/кВт;

Ежегодные эксплуатационные расходы определяются следующим образом:

$$E = E_T + E_M + E_{тж} + E_{то} + E_{пр}, \quad (4)$$

где E_T - годовые затраты на топливо, руб.; E_M - годовые затраты на масло, руб.; $E_{тж}$ - годовые затраты на технические жидкости (электролит, дистиллированная вода, антифрикционные присадки и др.), руб.; $E_{то}$ - годовые затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования, руб.; $E_{пр}$ - прочие расходы (заработная плата персонала, амортизационные отчисления и т.д.), руб.

После подстановки уравнений (3) - (4) в уравнение (1) получим

$$C_{ср} = \frac{K_{уд} \cdot P_{нд} + K_{ув} \cdot P_{нв} + K_{ус} \cdot P_{нс} + E_T + E_M + E_{тж} + E_{то} + E_{пр}}{W}. \quad (5)$$

Полученный показатель эффективности позволяет оценить среднюю годовую стоимость электроэнергии и по её минимальному значению из ряда предложений рынка выбрать наилучшую комплектацию ГСВДУ.

Показатели эффективности для эксплуатации ГСВДУ. При эксплуатации автономных гибридных установок необходимо минимизировать эксплуатационные расходы. В связи с этим в качестве показателя эффективности для эксплуатации целесообразно выбрать **ежегодные эксплуатационные расходы, приведённые к выработанной за год электроэнергии:**

$$C_{ср.э} = \frac{E_T + E_M + E_{тж} + E_{то} + E_{пр}}{W}. \quad (6)$$

Анализ выражения (6) позволяет сделать следующие выводы.

1. Преимущественное использование ВЭУ и СЭУ при использовании ДЭУ только как резервного источника энергии позволит сэкономить за год около 10 тысяч литров дизельного топлива из расчета на один сетевой объект, т.е. 40-50% топлива [9]. Если в сети сотни или тысячи объектов работают на ДЭУ, то можно сэкономить немалый объем топлива (т.е. сократить E_T).

2. Объем планового технического обслуживания ДЭУ значительно превосходит объемы планового технического обслуживания ВЭУ и СЭУ с аккумуляторными батареями [10, 11, 12]. Если использовать ДЭУ только как резервного источника энергии и перевести его на обслуживание по фактическому техническому состоянию, то можно значительно сократить расходы на техническое обслуживание ДЭУ (т.е. сократить $E_{то}$).

Кроме этого, при эксплуатации ГСВДУ **необходимо учитывать назначенный ресурс** всех её каналов преобразования энергии и экономить ресурс тех её элементов, которые имеют наименьший назначенный ресурс. Так срок службы ветрогенератора 15-20 лет, солнечных панелей 35-40 лет, контроллера и инвертера 15-20 лет, аккумуляторов в зависимости от типа и характера использования - 4-10 лет [13]. В то же время срок службы дизель-генераторов составляет 5-10 лет [14]. Средний ресурс ДЭУ до капитального ремонта принимают равным 20000 часов [8, С. 38], т.е. назначенный ресурс ДЭУ является наименьшим.

Следовательно, определяющим с точки зрения эффективности функционирования такой ГСВДУ является максимизация времени ее автономной и бесперебойной работы при безусловном обеспечении требуемых основных технико-экономических и эксплуатационных характеристик. Для решения этой задачи необходимо реализовать такое управление ГСВДУ, при котором максимально полезно используется энергия ветра и солнца, и минимально задействуется ДЭУ как резервный источник, который при этом сохраняет свой ресурс и обеспечивает тем самым автономность и бесперебойность электроснабжения оборудования БС.

Выводы

1. Предложенный показатель эффективности ГСВДУ - средняя годовая стоимость электроэнергии - позволяет по её минимальному значению из ряда предложений рынка выбрать наилучшую комплектацию.

2. Предложенный показатель эффективности ГСВДУ - ежегодные эксплуатационные расходы, приведённые к выработанной за год электроэнергии - позволяет определить общие принципы эффективного управления ГСВДУ путём использования ДЭУ только как резервного источника энергии, что позволит значительно сократить расходы на дизельное топливо и техническое обслуживание.

3. Учёт назначенного ресурса всех каналов преобразования энергии ГСВДУ и экономия ресурса тех её элементов, которые имеют наименьший назначенный ресурс (ДЭУ и аккумуляторы), позволят реализовать управление, направленное на продление времени автономной и бесперебойной работы при безусловном обеспечении требуемых основных технико-экономических и эксплуатационных характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Библиотека гостов и нормативов. РД 45.162-2001 «Ведомственные нормы технологического проектирования. Комплексы сетей сотовой и спутниковой подвижной связи общего пользования». [Электронный ресурс]: URL: //http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/10/10939/99047 (дата обращения 24.09.2016 г.)
2. Библия электрика: ПУЭ, МПОТ, ПТЭ. М: Эксмо, 2010. 752 с.
3. Возобновляемая энергетика для регионов. Интернет портал сообщества ТЭК: [Электронный ресурс]: URL: // http://www.energyland.info/analitic-show-99047 (дата обращения 24.09.2016 г.).
4. Официальный портал ОАО «Донэнерго». Тарифы. [Электронный ресурс]: URL: // http://www.donenergo.ru/consumer/rates/ (дата обращения 24.09.2016 г.)
5. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Научные подразделения. Институт статистических исследований и экономики знаний. Форсайт-центр. Новости. Солнечно-ветровые установки повысят эффективность преобразования энергии. [Электронный ресурс]: URL: // https://foresight.hse.ru/news/152660612.html (дата обращения 25.09.2016 г.).
6. Rudenko N.V., Sukiyazov A.G., Shokova Yu.A. Adaptive control efficiency enhancement for hybrid solar-wind energy farms // 7th International Scientific Conference Science and Society. Held by SCIEURO in London. 25-26 November 2014. P.43-50.
7. Руденко Н.В. [и др.] О целесообразности использования альтернативных источников энергии для бесперебойного электроснабжения базовых станций сотовой связи // Научный альманах. 2015. №7(9). С. 790-801. DOI: 10.17117/na.2015.07.790 [Электронный ресурс]: URL: // http://ucom.ru/doc/na.2015.07.790.pdf (дата обращения 25.09.2016 г.).
8. Толмачев В.Н., Орлов В.А., Булат В.А. Эффективное использование энергии ветра в системах автономного энергообеспечения. ВИТУ. СПб., 2002. 203 с.
9. Альтернативные источники питания базовых станций. Интернет портал: [Электронный ресурс]: URL: // http://www.mforum.ru/090241.htm (дата обращения 25.09.2016 г.)
10. Термодинамика. Альтернативная энергия. Плановое техническое обслуживание системы ветрогенератора. [Электронный ресурс]: URL: // http://www.termocool.ru/products/planovoe-tehnicheskoe-obsluzhivanie-sistemy-vetrogeneratora (дата обращения 25.09.2016 г.).
11. Термодинамик. Альтернативная энергия. Плановое техническое обслуживание системы на солнечных батареях. [Электронный ресурс]: URL: // http://www.termocool.ru/products/planovoe-tehnicheskoe-obsluzhivanie-sistemy-na-solnechnyh-batareyah (дата обращения 25.09.2016 г.).
12. Техническое обслуживание дизель-генераторов и электростанций. Интернет портал компании «ДизельЭнерго»: [Электронный ресурс]: URL: // http://dizel-energo.ru/uslugi/remont/tehnicheskoe-obsluzhivanie_dizel_generatorov.php (дата обращения 25.09.2016 г.).
13. Цены на различные системы ветрогенераторов. Интернет портал компании «СветДВ»: [Электронный ресурс]: URL: // http://svetdv.ru/veter/price.shtml (дата обращения 25.09.2016 г.).
14. Дальневосточный фонд экологического здоровья. Общее описание гибридных ветро-солнечных систем зеленой энергии. [Электронный ресурс]: URL: // http://www.dvfond.ru/veter/comparison.shtml (дата обращения 25.09.2016 г.).