НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ К ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ*

Какагельды Атаджанович Сарыев,
Кандидат технических наук

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы, связанные с бесперебойным обеспечиванием электроэнергией потребителей, удаленных от центральной электрической станции. В климатических условиях Туркменистана предлагается схема подключения комбинированных фотоэлектрических солнечных и ветряных электростанций к энергосистеме. Подробно объясняется способ подключения к электро-энергетической системе и описывается актуальность проектирования комбинированных систем для производства электроэнергии. Также для надежности в расчетах предлагается в проектной работе методика использования программного обеспечения.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, цифровая система, фотоэлектрические солнечные станции, кадастр солнечной энергетики, ветроэнергетический кадастр, солнечная энергия, ветровая энергия, энергия.

Введение

В электроэнергетике для электроснабжения потребителей, для организации бесперебойного электроснабжения децентрализованных потребителей переменного и постоянного тока с нагрузкой большой мощности используются комбинированные энергоустановки на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ).

Для повышения надёжности бесперебойного электроснабжения децентрализованных потребителей за счёт увеличения длительности режима потребления пиковых нагрузок потребителем, разрабатывается научно-технологическое обоснование использования электрической энергии, подключённой к центральной линии электропередач, тем самым, предусматривается снижения потерь на дополнительное регулирование параметров источника переменного тока комбинированной солнечной и ветровой электрической станции, а также расширение функциональных возможностей за счёт расширения диапазона мощностей энергосистемы. Возможность посезонного отправления электрической энергии, выработанной комбинированными солнечными и ветровыми электрическими станциями, подключёнными к центральной линии электропередачи, решается вопрос о полном использовании мощности электростанции от комбинированных возобновляемых источников энергии. С ростом потребителей электрической энергии, подключаемых к энергосистеме, требует увеличения мощности выработки генерации. При полном использовании мощности электростанции от комбинированных возобновляемых источников энергии сокращается вредные выбросы в атмосферу (CO_2) и продлевается срок службы газотурбинных установок.

При определении мощности потребителей по известному методу, расчёт производится при низкой солнечной инсоляции для декабря (рабочее время фотоэлектрических солнечных

* Сарыев К.А. e-mail: kakageldisaryyev@gmail.com

станций днём 8-10 час). Исходя от этих величин выбираются все составные элементы солнечных фотоэлектрических станций (солнечные панели, контроллеры, сетевые инверторы и т.д.). Такой метод полностью покрывает потребляемую мощность потребителей в дневное время сутки. Но экономический невыгодно в летние время, когда рабочее время фотоэлектрических солнечных станций увеличивается в несколько раз (в июле 12-16 час) и соответственно и выработка мощностей. Это в свою очередь приводит к излишней выработке электрической энергии. Не использование полной мощности выработанной электрической энергии или отключение нескольких панелей и регулирование выработки посезонно приводит к изнашиванию фотоэлектрических солнечных станций (срок службы фотоэлектрических солнечных панелей 25 лет), а также неиспользование мощности энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии (Saryyew, Nazarow, Matyakubow, 2022; Jumayew, Atayew, 2022).

Для того, чтобы установить ветроэнергетические станции, необходимо детально изучить аэрологические и энергетические характеристики ветра отдельного взятого региона. Точные данные возможно получить лишь при длительном измерении средней скорости ветра на основе аэрологических и энергетических характеристик (к ним относятся: среднегодовая скорость ветра, годовое и суточное направление ветра; повторяемость скоростей, типы и параметры функций распределения скоростей ветра; вертикальный профиль средней скорости ветра; удельная мощность и удельная энергия ветра; ветроэнергетические ресурсы региона) создаётся ветроэнергетический кадастр региона. Ветровой потенциал региона даёт возможность выбора типоразмера ветроэнергетической установки.

У ветроэнергетических установок прогнозирование графика выработки энергии зависит от погодных условий. Выход из данной проблемы можно найти с помощью установки гибридных ветроэнергетических установок (это комбинирование фотоэлектрическими солнечными станциями и параллельно с подключением к центральной электроэнергетической системе, т.п.), которые позволяют ветроустановкам бесперебойное снабжения электрической энергие потребляемой мощностью. Таким образом, гибридные ветроэнергетические установки позволяют восполнить недостаток энергии в период безветрия.

Для точного определению среднего значения полной (валовой) солнечной энергии, приходящейся на солнечную панель, установленную в регионах, расположенных на территории Туркменистана, используется цифровая система. Поэтому необходимо использовать спутниковую базу данных НАСА, метеорологических данных по региону, проводить анализ и совершенствовать возможности цифровой системы по расчёту суммарной солнечной радиации и средней скорости ветра в регионах страны. В связи с этим при разработке кадастра солнечной и ветроэнергетики по регионам необходимо обеспечить согласованность крупномасштабных различных источников данных. Одним из обязательных условий является бесперебойная и точная работа технических средств при использовании различных источников данных. Это также объясняется тем, что не учитываются некоторые случайные технические ошибки. В результате это приводит к неточным расчётам, проведённым при реализации проектных работ, продлению сроков реализации проекта и неправильному выбору комплектующих энергетических установок. А это оказывает прямое влияние на цено образование выработанной электрической энергии (на 1 кВт) и технико-экономические показатели проекта. Исходя из этого, к числу основных задач, имеющих важное значение, относятся точная разработка кадастра солнечной и ветровой энергетики по регионам, правильная оценка технических характеристик энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии, решение принципиальных задач по определению надёжности установок на будущее. Основная задача – использование цифровой системы, то есть быструю и надёжную систему через сеть, для эффективного решения предстоящих задач. В выполненных расчётах анализируются возможности практического

использования разработанного программного обеспечения портала «Интернет портал по возобновляемым источникам энергии» в научно-производственном центре «Возобновляемые источники энергии» Государственного энергетического института Туркменистана.

Методология исследования

При определении величин солнечного излучения по регионам используется собранные спутниковыt данных. Эти данные представляют собой значения солнечного излучения падающего на горизонтальную плоскость, на которых установлены солнечные элементы, в определенной точке с определенным оптимальным углом β– относительно горизонтальной плоскости. В этом случае общее количество солнечной энергии, выпадающее на горизонтальную плоскость в течение среднего месяца, можно определить по следующей формуле (Виссарионов, 2008):

$$E_H = R \cdot E \tag{1}$$

где: E — общее количество энергии Солнца, падающей на горизонтальную поверхность за сутки в среднем за месяц; R — соотношение солнечного излучения, падающего на поверхность, наклоненную под определенным углом относительно горизонта, и на горизонтальную поверхность, усредненное за один день в месяце.

Расчетный коэффициент перехода от горизонтальной плоскости к южноориентированной плоскости равен сумме трех составляющих, а именно: прямой, рассеянной и преломленной солнечной радиации:

$$R = (1 - \frac{E_p}{E}) \cdot R_n + \frac{E_p}{E} \cdot \frac{1 + \cos\beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos\beta}{2} \tag{2}$$

где: E_P – количество рассеянной солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность в течение одних суток в среднем за месяц; $\frac{E_p}{E}$ – часть рассеянной солнечной радиации, падающей на горизонт в течение одних суток в среднем за месяц; R_n – коэффициент расчета перехода от горизонтальной плоскости к южноориентированной плоскости, в среднем месяц; β – угол поверхности солнечного элемента относительно горизонта; ρ – коэффициент рассеяния (альбедо) поверхности Земли и тел в горных породах, в нормальных условиях он равен 0,7 для зимних дней и 0,2 для летних дней.

При расчете прямого отражения Солнца в среднем за месяц расчетный коэффициент перехода от горизонтальной плоскости к сжатой плоскости, ориентированной на юг, определяется по приведенной ниже формуле (Бурмистров, Виссарионов, Дерюгина и др., 2009):

$$R_n = \frac{\cos(\phi - \beta) \cdot \cos\delta \cdot \sin\omega_{zn} + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_{zn} \cdot \sin(\phi - \beta) \cdot \sin\delta}{\cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \sin\omega_z + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_z \cdot \sin\phi \cdot \sin\delta} \tag{3}$$

где: ϕ – географическая широта места (в градусах); β – угол отклонения солнечных элементов относительно горизонтальной плоскости (в градусах); δ – угол склонения Солнца:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin(360 \cdot \frac{284 + n}{365}) \tag{4}$$

где: n – порядковое число дней в году, порядковый номер начинается с 1 января (номер дня расчета средней величины для каждого месяца года). Значения угла наклона Солнца можно получить, используя величины, приведённые в таблице-1.

Таблица 1

Угол уклона Солнца

Месяцы	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
n	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
δ **, град**	-20,9	-13	-2,4	9,4	18,8	23,1	21,2	13,5	2,2	-9,6	-18,9	-23

ω_z – часовой угол заката (восхода солнца) для горизонтальной вершины:

$$\omega_z = \arccos(-tg\phi \cdot tg\delta) \tag{5}$$

ω_{zn} – часовой угол захода солнца для сжатой вершины южной ориентации:

$$\omega_{zn} = \arccos\left[-tg(\phi - \beta) \cdot tg\delta)\right] \tag{6}$$

В моделировании солнечных фотоэлектрических станций и технические характеристики расчётов выполнены для солнечных панелей с мощностью 580 Вт (табл. 2-3.). При установлении солнечных панелей необходимо учитывать расстояние между рядами, чтобы избегать затаённости рабочей площадки солнечной панели. Затаённости рабочей площадки солнечной панели напрямую влияют на производительность солнечной электрической станции (Рис. 1.).

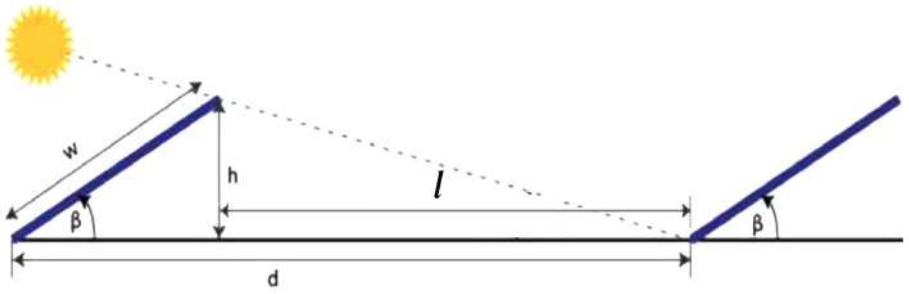

Рисунок 1. Схема для определения размера между рядами солнечных панелей

где: W – длина солнечной панели, м; β_0 – оптимальный уголь наклона солнечной панели на горизонтальную плоскость; D – расстояние между двумя солнечными панелями, м; L – расстояние между двумя рядами солнечных панелей, м; H – высота солнечной панели, м;

Таблица 2

Технические характеристики солнечной панели мощностью 580 Вт

Технология	Monocrystalline PERC Half-Cut
Мощность солнечной панели	580 Вт
Полезный КПД модуля	21%
Размеры	2416 x 1134 x 35 мм
Вес	30,7 кг
Максимальная статическая нагрузка на принимающую плоскость	5400 Па

Максимальная статическая нагрузка на заднюю плоскость	2400 Па
Максимальное напряжение системы	1500V DC
Допустимый предел выходной мощности	0±5W
Рабочая температура	-40°C + 85°C
На материалы и работу гарантия 10 лет	
На дополнительную линейную выходную мощность гарантия 25-летняя	
Фотоэлектрические модули имеют гарантию 93,50% выходной мощности в течение 10 лет и 86% в течение 25 лет	

Таблица 3

Компоненты фотоэлектрических солнечных станций мощностью 7 МВт

№	Наименование оборудования	Количество, штук
1	Суммарная мощность солнечных панелей	7 МВт
2	Количество солнечных панелей, 580 Вт	12150 шт.
3	Тип солнечных батарей	Monocrystalline PERC Half-Cut
4	Занимаемая площадь солнечными батареями	33287,8 м^2
5	Установка солнечных панелей	закреплённый
6	Мощность солнечной панели	580 Вт
7	Коэффициент эффективности солнечных батарей	21%
8	Угол отклонения относительно горизонтальной плоскости	380
9	Ориентация солнечной панели	Юг
10	Количество электроэнергии, производимой в течение среднего солнечного дня	38883,61 кВт·ч
11	Количество электроэнергии, произведённой в среднем за год	14, 192 518·106 кВт·ч = 14, 192 518 млн. кВт·ч

Результаты проведенных исследований

На основании паспортных значений составляем график производительности фотоэлектрических солнечных станций мощностью 7МВт по месяцам в течение года (рис.2). При определении производительности фотоэлектрических солнечных станций были использованы данные, полученные от метеостанции, установленной в районе Туркменского озера «Алтын асыр».

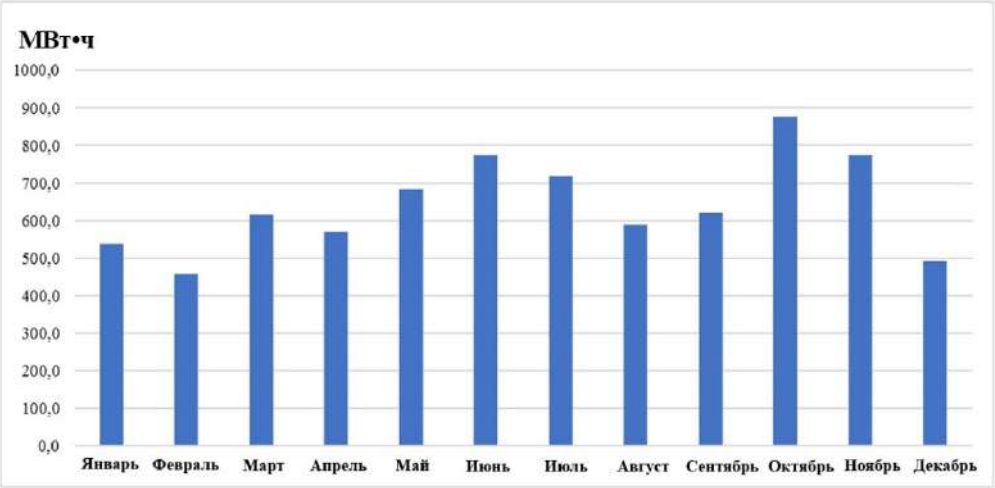

Рисунок 2. Количество электроэнергии, вырабатываемой фотоэлектрической солнечной станцией мощностью 7МВт по месяцам в течение года

Требуемая мощность фотоэлектрической солнечной установки определяется количеством солнечных панелей соответствующей мощности. В соответствии с этой определённой мощностью выбирается мощность инвертора, который преобразует напряжение постоянного тока в напряжение переменного тока, а напряжение и ток, необходимые для питания инвертора, обеспечиваются на основе последовательного и параллельного соединения фотоэлектрических солнечных панелей (рис.3).

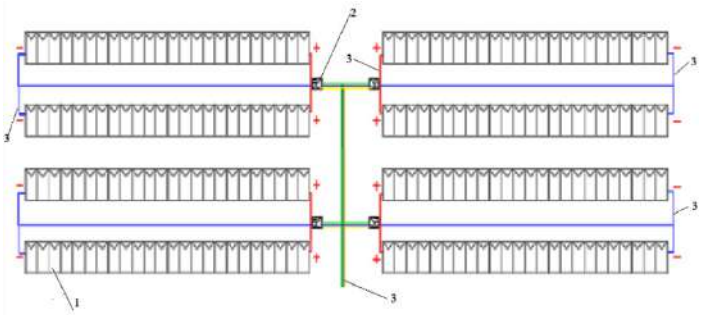

Рисунок 3. Схема соединения солнечных панелей 1-солнечные панели; 2-инверторы; 3-соединители линии электропередачи

Сведения, опыт и методы подключения и режимы эксплуатации крупных электростанций для электроснабжения не могут переноситься на ветроэнергетические установки, включая большие ветроэнергоцентры с множеством ветроэнергетических установок, которые подключаются к сети электроснабжения для ввода энергии. Специалист, ответственный за подключение электростанции к сети электроснабжения для её эксплуатации, является иным, чем специалист, который подключает ветроэнергетическую установку к сети электроснабжения для её эксплуатации.

Производительность ветроэнергетической установки зависит от ветра и должна учитывать источники непостоянной энергии; они обычно не вводят энергию с помощью непосредственно связанного с сетью синхронного генератора в сети электроснабжения, а применяют основанный на напряжении инвертор (преобразователь постоянного тока в переменный); они имеют иной

порядок величины, чем крупные электростанции, они подлежат регулированию обычно другими способами, которые зачастую обеспечивают переодевания мощности операторами электрических подстанций, они вводят энергию обычно в сеть среднего напряжения, в то время как крупные электростанции обычно осуществляют ввод в сеть сверхвысокого напряжения (табл. 4-5).

Параметры для вычисления удельной мощности ветра и энергии на территории определяются по формулам. Мощность поперечного воздушного потока *P*, с попречного сечения *F*, со скоростью *v*, определяется следующим известным выражением (Виссарионов, 2008):

$$P = \rho F \frac{v^2}{2} \tag{7}$$

где: ρ – плотность воздуха, кг/м^3.

Скорость ветра на единицу площади поперечного сечения равна:

$$P_{ud} = \frac{1}{2} \rho v^3 \tag{8}$$

Среднегодовая энергия ветра W_{ud} (энергия ветра, проходящая через 1м^2 поперечного сечения) зависит от повторяемости скоростей ветра, т. е. от того, в какое время года t_i он дует с одинаковой или разной v_i скоростью и определяется следующим выражением:

$$W_{ud} = \sum_{i=1}^{z} P_{ud_i} t_i = \frac{1}{2} \rho T \sum_{i=1}^{z} t_i v_i^3 \tag{9}$$

где T = 8760 – рабочее время в течение года, z – последовательность скоростей ветра (градация).

Таблица 4

Техническая характеристика марки LTW86 ветровой электростанции мощностью 1,5МВт

Номинальная мощность ветрогенератора	1,5 МВт
Количество ветрогенераторов	2
Установочная мощность	3 МВт
Высота мачты	80 м
Минимальная и максимальная допустимая скорость ветра	3 м/с, 25 м/с
Номинальная скорость ветра	10 м/с
Срок службы	20 год
Установление ротора	Максимальное направления ветра
Диаметр ротора	90,3 м
Площадь, занимаемая ротором	6,404 м^2
Материал лопасти	Армированное стекло/эпоксидная смола
Диапазон вращение ротора	6–18 об/мин
Номинальная чистота вращение ротора	15 об/мин
Регулирование мощности и скорости вращение ротора	Ступенчатое активное управление
Тип генератора	Синхронная машина с прямым приводом и постоянными магнитами

Тип преобразователя мощности	4 Q полная мощность – 3-фазный IGBT
Система охлаждение	Ротор с воздушным охлаждением и статор с водяным охлаждением
Основная тормозная система	Вне зависимости от системы аэродинамического ступенчатого управления
Дистанционное управление	SCADA
Производственный коэффициент (P90)	32,5%

Таблица 5

Составные элементы ветровой электростанции мощностью 3МВт

№	Наименование оборудования	Количество, штук
1	Общая мощность ветрогенератора	3 МВт
2	Количество ветрогенератора	1,5 МВт х 2 шт
3	Мощность ветрогенератора	1,5 МВт
4	Количество электроэнергии, производимой в среднем за день	23142,49 кВт·ч
5	Количество электроэнергии, произведенной в среднем за год	8, 447 008·106 кВт·ч = 8, 447 008 млн. кВт·ч

Составляем график производительности для двух ветровой электрической станции мощностью 1,5МВт (марки LTW86) по месяцам в течение года (рис. 4.). При определении производительности ветровой электрической станции были использованы данные, полученные от метеостанции, установленной в районе Туркменского озера «Алтын асыр».

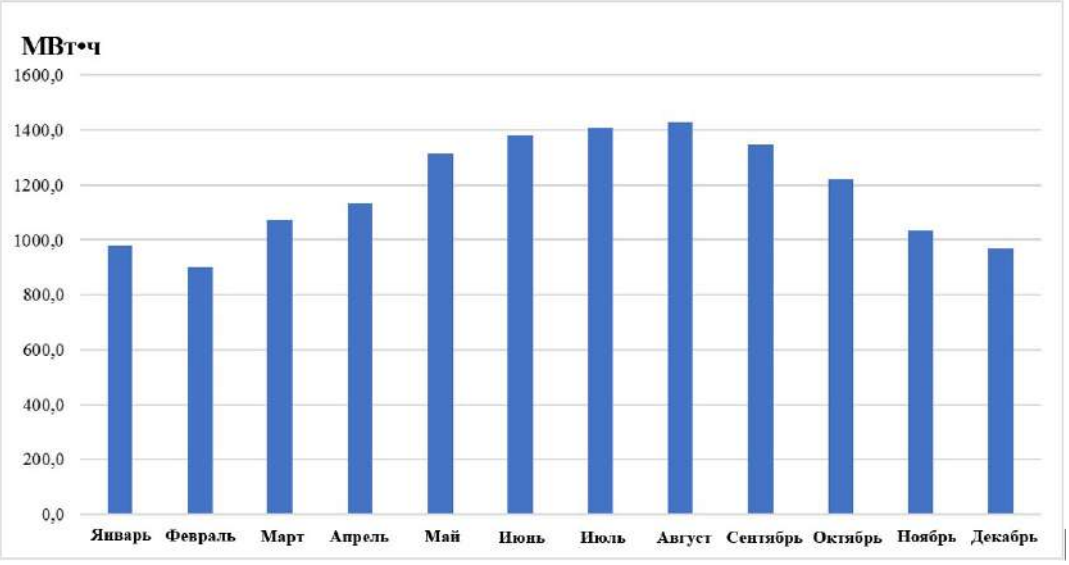

Рисунок 4. Количество электроэнергии, вырабатываемой двухветровой электростанцией мощностью 1,5 МВт по месяцам в течение года

Преобразование электрической энергии, вырабатываемой комбинированными солнечными фотоэлектрическими и ветровыми электростанциями, осуществляется в следующем порядке: фотоэлектрическая станция вырабатывает электрическую энергию постоянного тока, а преобразование на переменный выполняется с помощью инвертора. Ветровая электростанция

вырабатывает электрического энергию переменного тока, а преобразование на электрическую энергию постоянного тока осуществляется с помощью инвертора. Далее в комбинированной системе осуществляется преобразование с помощью инвертора электрической энергии постоянного тока в электрическую энергию переменного тока и выдача её на нагрузку (Рис. 5). Большое значение для эффективного функционирования в децентрализованных сетях имеет грамотно организованная система управления, которая выполняет следующие функции: в автономном режиме поддерживать баланс мощностей; коммутация, управление мощностью регулируемых источников энергии; поддерживание стабильности напряжения и чистоты децентрализованных сетей; обеспечивая сбор и анализ информации, необходимые потребителям для «умного» управления нагрузками.

При этом электрическую энергию из энергосистемы используют по крайней мере, используя одновременно работающие ветровые электрические станции и фотоэлектрические станции, при этом процесс аккумулирования электрической энергии на аккумуляторных батареях не используется, тем самым решается вопрос о технической эксплуатации аккумуляторных батарей как заряд-разряд, т.к. срок эксплуатации зависит от вида аккумуляторных батарей и учитывает местное климатическое условия, соблюдение рабочей температуры (–20°C+50°C).

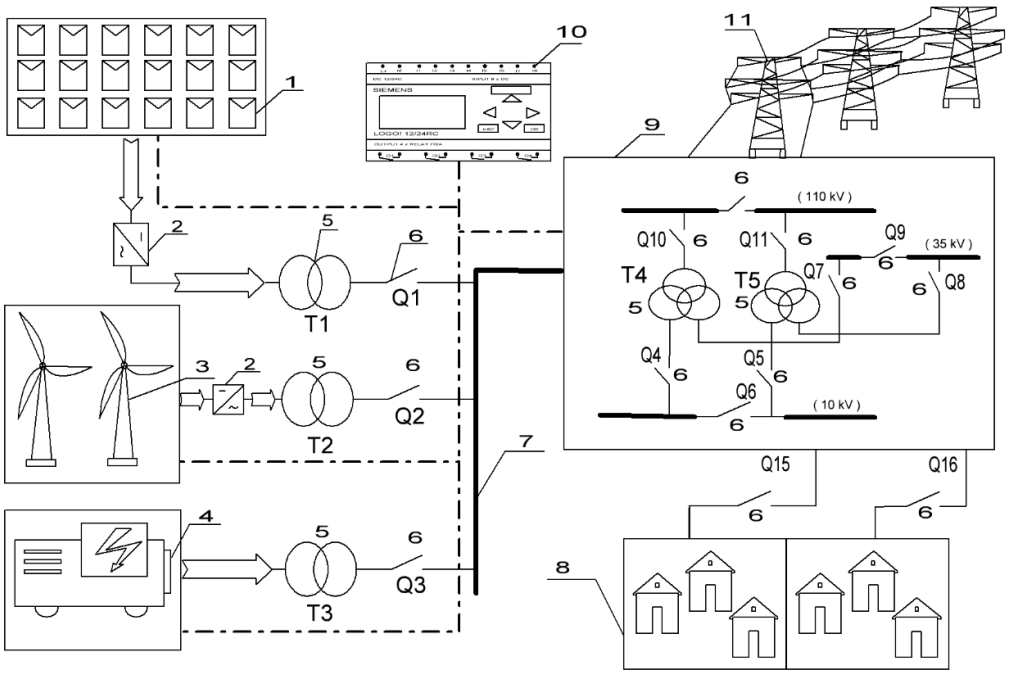

Рисунок 5. Схема последовательного соединения комбинированных электрических станций к потребителю и к линии электропередачи

В некоторых случаях автономную электроэнергетическую сеть целесообразно создавать в случае невозможности присоединения к централизованной линии электропередачи в регионах с большими ресурсами ВИЭ. При этом мощность накопителей энергии должна быть рассчитана с учётом длительности вероятных интервалов времени без ветра и солнечной радиации, а это в свою очередь приводит к удорожанию полученной продукции от фотоэлектрических и ветроэлектрических установок. Возможность организовать работу децентрализованных сетей параллельно с централизованной сетью обернётся значительной выгодой, поскольку снизит уровень капитальных затрат и эксплуатационных расходов.

Техническим результатом научной работы является повышение надёжности электроснабжения потребителей за счёт уменьшения длительности режима потребления пиковых нагрузок потребителем, исключения использования накопителя с требуемой величиной ёмкости за счёт снижения потерь на дополнительное регулирование параметров источника переменного тока, расширения функциональных возможностей за счёт обеспечения расширения диапазона мощностей энергосистемы, значительно превышающих мощности возобновляемых источников энергии, а также за счёт увеличения числа подключаемых к энергосистеме потребителей.

Применение результатов научной работы в энергетику системы при организации электроснабжения ответственных потребителей переменного тока с нагрузкой большой мощности обеспечивает промышленную применимость.

Технологическое обоснование предложенного способа поясняется на чертеже, (рис. 6) на котором представлена блок-схема для параллельного использования комбинированной электрической станции: электроэнергетическая система с комбинированной возобновляемыми источниками энергии, работающими одновременно для электроснабжения потребителей переменного тока; пример создания схемы потребителей переменного и постоянного тока с использованием фотоэлектрической солнечной станций с установленной мощностью 7 МВт и два ветроэлектрической станций установленной мощностью 1,5 МВт. При проектировании комбинированных электрических станций предусмотрено два дизельных генератора мощностью 1МВт.

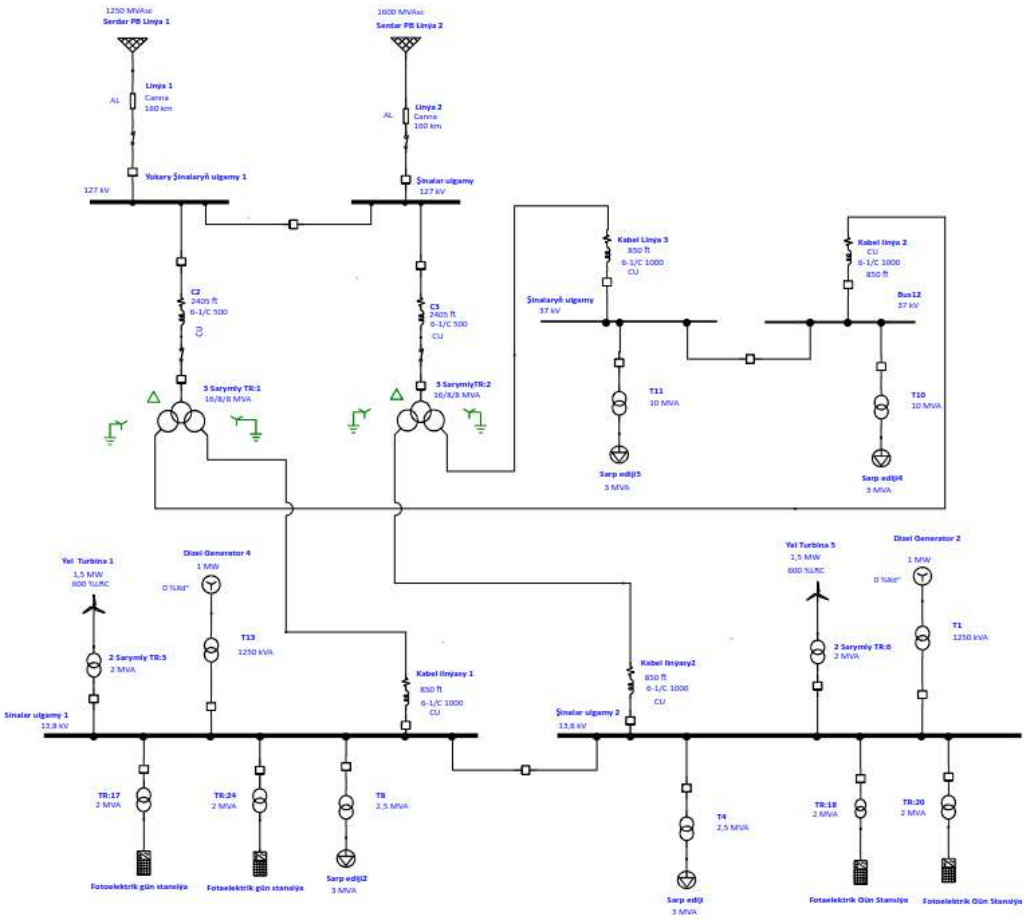

Рисунок 6. Блок-схема для параллельного использование комбинированной электрической станции

Для бесперебойного электроснабжения переменным током потребителей электроэнергетической системы, работающих на основе возобновляемых источников энергии, используют по крайней мере два таких одновременно работающих источника: солнце-ветер (Рис. 5). При этом энергию каждого источника в отдельности преобразуют в электрическую энергию переменного тока. Солнечную энергию преобразуют в электрическую энергию переменного тока с помощью сетевого инвертора, а энергию ветра-генераторами переменного тока, установленными в комплектации ветроагрегатора. Для обеспечения требуемой мощности, необходимой для суточного режима потребления, предусмотрено параллельное соединение линии электропередачи с напряжением 110 кВ.

При увеличении потребления электроэнергии на нагрузке (при пиковых нагрузках), либо при перебоях в генераторных цепях питание потребителей переменного тока осуществляется электрической энергией от линии электропередачи. А дневное время при выработке электроэнергии от возобновляемых источников энергии и избыточная энергия передаётся в линию электропередачи переменного тока через повышающий трансформатор. Это позволяет электроэнергетической системе одновременно управлять всеми источниками и стабилизировать напряжение на них, что обеспечивает энергобаланс в системе при исключении потерь на дополнительное регулирование источников переменного тока в случае увеличения мощностей потребителя.

Технологическое обоснование предложенного способа реализуют с помощью устройства, представленного на (рис.5). Устройство представляет из себя электроэнергетическую систему, содержащую четыре установки, фотоэлектрическую солнечную станцию (1) мощностью 7 МВт, ветроэлектрическую станцию (3) мощностью 3 МВт, использующую энергию первичных разнотипных возобновляемых источников, дизельные генераторы (4) мощностью 2 МВт и линия электропередачи(11) напряжением 110кВ. Эти установки параллельно соединены выпрямителями (2) переменного тока, повышающим трансформатором (5), включателем (6), соединяющий с главным системами шин (7), распределительной подстанцией (9) соединяющей с линией электропередачи с напряжением 110 кВ. Все работы в комбинированной электрической станции, электроснабжение потребителей и соединение с линией электропередачи напряжением переменного тока 110 кВ управляется в контрольном пункте (10).

Генерирующие источники (1) и (3) преобразуют энергию возобновляемых источников в электрическую энергию постоянного тока. В инвертерах (2) преобразуются в энергию переменного тока. Дизельная установка (4) для подключения в качестве резервного источника. В повышающем трансформаторе (5) энергия передаётся напряжением 10 кВ в систему шин (7) и с распределительной подстанции (9) происходит электроснабжение потребителей (8) напряжением 35/10кВ, также соединение напряжением 110кВ с линией электропередачи. При аварийных ситуациях в генераторных цепях и подключении общей нагрузки системы шин (7) также отключается с подачей тока в линию электропередачи для выравнивания тока нагрузки и суммарного тока генераторов. При этом максимальное время аварийной ситуации будет равно максимальному времени дизельного генератора (4). Таким образом, все работы по выработкие энергии от комбинированной электрической станции, электроснабжение потребителей и соединение с линией электропередачи переменного тока на 110кВ управляется в контрольном пункте (10).

Таким образом, предлагаемое научно-техническое обоснование предложенного метода позволяет повысить надёжность электроснабжения потребителя за счёт снижения влияния нестабильных источников переменного тока на режим работы потребителя, а также расширение функциональных возможностей способа за счёт возможности укрупнения энергосистем и обеспечения увеличения мощности нагрузки потребителя и числа подключённых к

энергосистеме потребителей. А это в свою очередь также позволяет унифицировать каждый элемент энергосистемы и организовать посезонно передачу излишков выработанной электрической энергии с подключением комбинированной электростанции в линию электропередачи, что и приведёт к снижению затрат и времени на организацию бесперебойного электроснабжения децентрализованных потребителей.

Применение научно-технического обоснования метода бесперебойного электроснабжения децентрализованных потребителей с подключением к центральной электроэнергетической системе с использованием комбинированных возобновляемых источников энергии позволит создать в короткие сроки энергетические районы, удалённые от линий электропередач с незначительными капитальными вложениями в строительство, обеспечить электроэнергией население в условиях чрезвычайных ситуаций без вредного воздействия на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Allanazarow N., Saryýew K.* we başgalar. Gaýtadan dikeldilýän energiýa çeşmeleriniň internet portaly. // Türkmenistanyň Maliýe we Ykdysadyýet ministrligi. Intellektual eýeçilik boýunça döwlet gullugy. EHM üçin programmanyň şahadatnamasy №290. Döwlet reýestrinde bellige alnan senesi: 25.01.2023.
2. *Jumayev A., Atayev E.* Pilot projects of industrial photovoltaic solar stations. // EEST-2021. IOP Publishing. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 979 (2022) 012142.
3. *Saryyev K., Nazarov S., Matyakubov A*. Scientific and technical basis for the implementation of combined technologies using solar and wind energy in the conditions of Turkmenistan. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1045 012127. ESDCA-II-2022.
4. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии: учебное пособие, А. А. Бурмистров, В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина и др.: под ред. В.И. Виссарионова – М.: Издательский дом МЭИ, 2009, 144с.
5. Солнечная энергетика: учеб. пособие для вузов. // В. И. Виссарионов [и др.]; под ред. В. И. Виссарионова. – М. : МЭИ, 2008. – 276 с.