

its average grain length is 6.29 mm, width 4.25 mm, thickness 3.96 mm. Seeds of varieties "Turan" and "Kahrabo" are of medium size, the average length of seeds is 5.85 mm and 5.58 mm, width is 4.25 and 4.16 mm, thickness is 3.68 mm and 3.96 mm. The smallest grain sizes belong to the Radost varieties, the sizes of which are determined at the level of 4.58 mm, 3.46 mm and 3.60 mm, respectively. According to studies, harvested mung beans contain about 11.1-11.4% other impurities, loose and broken seeds about 1.9-3.4% and must be separated before use or shipping. divided into fractions according to grain size.

Keywords: mung, beans, grain size, grain mixture, technology, process, varieties.

МРНТИ 44.29.39

DOI <https://doi.org/10.37884/2-2024/48>

С.А.Кешуов¹, Г.Д.Турымбетова², Н.И.Молдыбаева*¹, А.С.Талдыбаева¹, С.Т. Демесова¹,
Е.С. Ержигитов¹

¹Казахский Национальный Аграрный Исследовательский Университет, Алматы,
Казахстан

keshuov@mail.ru, moldybayeva78@mail.ru, taldybaeva_aigul@mail.ru,
saule.demesova@mail.ru, ergigitov.erken@mail.ru

²Южно-Казахстанский университет им. М.Ауезова, Шымкент, Казахстан
gulzuhra0110@mail.ru

МАТРИЦА ПОИСКА РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

Аннотация

Основной задачей при использовании возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в автономных энергосистемах является оптимизация, проблема выявления закономерностей выбора систем автономного энергоснабжения объектов сельского хозяйства с использованием ВИЭ и на их основе повышения их энергетической эффективности. Эффективным инструментом, определения зон оптимального применения различных видов ВИЭ, является системный подход, который позволяет провести комплексный анализ объекта и строго систематизировать исследования, а также осуществить синтез, т.е. найти систему, оптимальную для заданных условий.

В данном исследовании рассматриваются вопросы выявления закономерности распределения зон оптимального использования ВИЭ, так же рассматривается метод системного анализа, который может быть применен в определении зон оптимального использования фотоэлектрической, ветроэнергетической, гидравлической и интегрированной электростанций автономного энергоснабжения объектов агропромышленного комплекса (АПК), а так же вопросы построения оптимальных систем автономного энергоснабжения объектов агропромышленного комплекса с использованием ВИЭ.

Для определения зон оптимального использования различных типов ВИЭ используется системный подход, позволяющий провести всесторонний анализ объекта, строго систематизировать исследования, и осуществляет синтез, то есть поиск оптимальной системы в заданных условиях. Учтен уровень функционально-структурного совершенства систем, произведенный путем оценки их внутренних характеристик при помощи функционально-структурного подхода с использованием структурного, функционального и функционально-структурного описания систем, каждое из которых порождает соответствующие виды моделей.

Исследования по выбору оптимальной системы автономного энергоснабжения с использованием ВИЭ имеют практическое значение, так как дают возможность минимизировать ошибки по выбору типов ВИЭ на стадии их проектирования.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, системный анализ, функциональный анализ, синтез оптимальной структуры системы.

Введение

Спрос на электроэнергию увеличивается из-за экспоненциального роста потребления в жилом, промышленном и транспортном секторах [1]. Истощение запасов ископаемого топлива и растущее беспокойство по поводу глобального потепления стимулировали использование ВИЭ [2,3]. По сравнению с одним источником, сочетание возобновляемых источников, таких как ветер и солнечная энергия, с резервными установками дает более надежное, экологически чистое и экономичное питание нагрузки [4]. Однако использование только устойчивых энергетических ресурсов не может гарантировать непрерывное энергоснабжение из-за их непредсказуемости и сильной зависимости от условий окружающей среды, а также от колебаний нагрузки [5,6]. Ввиду значимости экологических аспектов моделирование таких систем ВИЭ должно выполняться с наименьшими затратами и загрязнением окружающей среды [7]. При выборе систем ВИЭ, потребители сталкиваются с вопросом эффективности использования, критериями оценки их видов, потребители зачастую выбирают не самый выгодный тип систем ВИЭ или их сочетания. Перспективным направлением использования ВИЭ является АПК, районы не подключенные к сети, где часть электроэнергии по-прежнему вырабатывается дизельными генераторами, которые дороги в эксплуатации и ответственны за значительные выбросы углерода [8]. Электрификация таких изолированных регионов может быть обеспечена либо одним видом возобновляемой энергии, либо гибридной возобновляемой энергией, где солнечная фотоэлектрическая энергия в сочетании с ветровыми источниками энергии является сегодня наиболее используемой комбинацией из-за их взаимодополняемости [9].

Развитие животноводство –находится в числе приоритетов нашего государства, которая имеет большое значение для страны не только с экономической, но и с социальной точки зрения. В этих условиях как никогда актуален вопрос системного подхода в развитии казахстанского животноводства как отрасли сельского хозяйства. В настоящее время, с целью стимулирования АПК в Казахстане функционирует более 4500 малых и средних фермерских и крестьянских хозяйств, занятых животноводством [10].

Использование многих ВИЭ может повысить надежность системы и значительно снизить затраты на выработку энергии [11]. Следует отметить, что следует учитывать не только уровень надежности, но и инвестиционные затраты [12]. Главным приоритетом является оптимизация конфигурации системы для снижения затрат [13].

Методы и материалы

Системный подход к обоснованию зон эффективного применения различных видов ВИЭ.

Категории непрерывность, сложность и организационность являются основными принципами системного подхода. Принцип унификации системы подразумевает раздельное изучение конкретного объекта с учетом связи исследуемого объекта с другими объектами. Согласно принципу сложности, внутренние процессы системы рассматриваются как комплексно зависящие как от внешних, так и от внутренних факторов. Важным преимуществом системного подхода является то, что он не только выполняет анализ объектов, но и осуществляет синтез, тем самым находя оптимальную систему для заданных условий.

Система энергоснабжения с использованием ВИЭ представляет собой довольно сложную систему из натуральных и искусственных материалов, которая интегрирована путем выполнения множества задач. Согласно принципу целостности, границы исследуемого объекта определяются путем разделения его на три части, которые преобразуют, накапливают и обеспечивают энергией потребителя, эта система сама может рассматриваться как некоторая самостоятельная «система возобновляемого энергоснабжения» (СВЭ), далее система S, другие – ВИЭ и потребитель (технологическое устройство ТУ), как внешняя среда. Все вместе – «метасистема возобновляемого энергоснабжения» (МСВЭ).

Целью системы является преобразование энергии ВИЭ в электроэнергию и передача ее потребителю, и в соответствии с иерархией целей подчиняется цели метасистемы. Цель метасистемы – обеспечение потребителей электроэнергией без ущерба для окружающей среды.

Диаграмма функции СВЭ, совмещенная с ее схемой, составленная по принципам соответствия системы цели в составе метасистемы показана на рисунке 1.

Состав системы: 1) преобразователь возобновляемой энергии ПВЭ, 2) аккумулятора энергии АЭ, 3) устройства обеспечения необходимых качественных показателей энергии УОКЭ, 4) устройства передачи энергии УПЭ с соответствующими выполняемыми функциями.

Выделенная часть МСВЭ обладает всеми системообразующими признаками. Отличительной особенностью анализируемого объекта является полная детерминированность номенклатуры, количества элементов и связей внутри системы, а также основных связей с внешней средой, что способствует эффективному решению поставленной задачи.

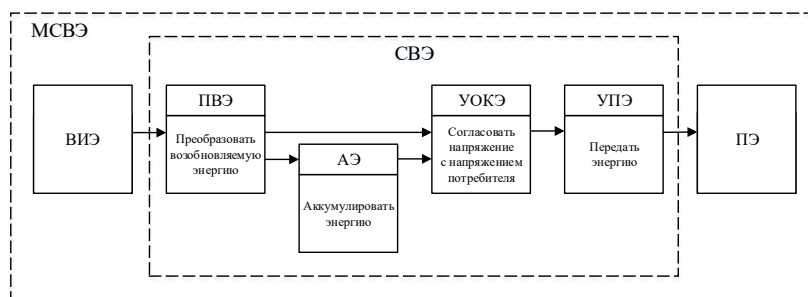


Рисунок 1 - Диаграмма функций СВЭ совмещенная с ее схемой

Система должна быть проанализирована во времени и пространстве. Анализируя систему в пространстве, определили ее границы и внешнюю среду, описывая ее во времени используем генеральный период жизненного цикла. Согласно, жизненный цикл системы понимается как последовательность процессов, описывающих состояние системы от стадии формулирования технических требований до стадии вывода из эксплуатации. Период жизненного цикла это целевое функционирование, состоящее из этапов транспортировки к месту применения, пуско-наладочных работ, использования по назначению, чередующегося с ним технического обслуживания и ремонта, хранения и модернизации. Самой важной в жизненном цикле является стадия использования, единственная в жизненном цикле, имеющая положительную экономическую эффективность.

Следовательно, для решения поставленной задачи, целесообразно различные типы систем передачи энергии сравнивать для отрезка времени, соответствующего стадии использования по назначению.

Исходя из вышеприведенного, поиск зон оптимального использования различных типов систем СВЭ базируется на следующих принципах и допущениях:

- объектом изучения является система, состоящая в общем случае из преобразователя возобновляемой энергии ПВЭ, аккумулятора энергии АЭ, устройства передачи энергии УПЭ и устройства управления УУ;
- цель системы – преобразование энергии ВИЭ в электроэнергию и доставка ее потребителю;

- сравнение видов системы производим для отрезка времени, соответствующего стадии использования по назначению.

Определение зон оптимального использования различных типов систем СВЭ сводится к синтезу оптимальной структуры системы. Обоснование исходных данных является первым этапом синтеза структуры системы. Факторы, влияющих на качество системы по признаку отношения к ней, разделили на три совокупности: внутренние, относящиеся непосредственно к системе, внешние, характеризующие окружающую среду, и ограничения на структуру и параметры системы. Внутренними факторами системы S выступают эксплуатационные свойства, выраженные вектором $K = \langle K_э, C \rangle$ показателей качества системы, где $K_э$ – эффективность системы, характеризующий качество выполнения системой цели функционирования, C – экономические свойства, характеризующие затраты, расходуемые на выполнение цели.

Эффективность является функцией показателей качества системы

$$K_э = f(K_n, K_T, K_{эH}, K_{эк}), \quad (1)$$

где K_n – надежность; K_T – технические показатели; $K_{эH}$ – энергетические показатели; $K_{эк}$ – экологические показатели.

Надежность системы представлена вероятностью безотказной работы $p(t)$; техническим показателем - типоразмерный ряд T_p , определяющий выпускаемую промышленностью номенклатуру оборудования по мощности; энергетические показатели является к.п.д. η ; экологические показатели включают безвредность B_b и безопасность B_o . Тогда, $K_n = \{p(t)\}$, $K_T = \{T_p\}$, $K_{эH} = \{\eta\}$, $K_{эк} = \{B_b, B_o\}$. Экономические свойства C характеризуем приведенными затратами, состоящими из затрат на амортизацию A и годовых текущих затрат, т.е. издержек производства I

$$C = A + I \quad (2)$$

Чтобы проанализировать закономерности изменения показателей и упростить исследование, проводим синтез на основе нескольких отдельных показателей, представив их в виде комплексных показателей качества, принимая во внимание некоторые из оставшихся отдельных показателей, искусственно вводя другие показатели. Такими показателями являются надежность, к.п.д. и стоимость [14,15]. Показатели серии типоразмеров, эффективности и стоимости системы, например, учитывают использование системами СВЭ мощности большей, чем необходимо для редкого масштаба серии типоразмеров, что приводит к увеличению стоимости системы и снижению ее эффективности. Другие показатели - безвредность и безопасность сравниваемой системы определяется выполнением технических мероприятий, которые приводят к изменению надежности и увеличению затрат, т.е. рассматриваются по выбранным показателям [16, 17, 18]. Комплексные показатели надежность, к.п.д. и стоимость объединяют все 6 единичных показателей.

Тогда эффективность запишем как

$$K_э = f[p(t), \eta]. \quad (3)$$

Внешними факторами, влияющими на качество системы, являются условия эксплуатации

$$Y = \{Y_n, Y_b, Y_p\}, \quad (4)$$

где Y_n – условия использования; Y_b – дестабилизирующие воздействия; Y_p – режим работы.

Условия использования характеризуются показателем метасистемы, определяющим параметры объекта - потребляемой технологическим процессом мощностью P . Следовательно $Y_n = \{P\}$.

Дестабилизирующие воздействия включают совокупность факторов внешней среды, вызывающее отклонение показателей свойства надежности системы СВЭ от номинальных значений и приводящее к отказам оборудования, а также влияющее на устойчивость работы системы. Климатические условия относятся к первичному показателю этих воздействий. Режим работы системы — это график потребления энергии потребителем во времени.

Последняя группа факторов – ограничения O_S , накладываемые на структуру и параметры систем. Приняты следующие ограничения на структуру систем СВЭ: дискретное ограничение O_{SM} множества M_{CA} строго допустимых систем. Рассматриваемые виды систем – с использованием энергии солнца S_C , энергии ветра S_B , энергии потока воды S_V ; ограничение O_{SK} позволяющее в системах использовать только серийные оборудование и приборы; ограничение O_{SP} на мощность системы и расстояние, на которое передается энергия $O_{SP} = \{P \leq P_{max}, L \leq L_{max}\}$.

Тогда

$$O_S = \{O_{SM}, O_{SK}, O_{SP}\}. \quad (5)$$

Совокупность исходных данных возможно записать: $D = \{CK_{\mathcal{E}}, Y, O_S\}$. Символ $CK_{\mathcal{E}}$ означает, что речь идет не о величине составляющих вектора K , а лишь о составе этого вектора.

В рассматриваемом случае, ввести обоснованный объективными методами результирующий показатель эффективности $K_{\mathcal{E}}$, являющийся известной функцией $f(k \dots)$ показателей качества, не удастся. Поэтому, зависимость (3) была сформирована эвристическим методом, в частности, методом экспертных оценок в виде целевой функции.

$$\left. \begin{aligned} K_{\mathcal{E}} &= \sum_{i=1}^m C_{Bi} K_i; \\ K_i &= 1 - K_i / K_{i0}, \quad i = 1, m; \\ \sum_{i=1}^m C_{Bi} &= 1, \quad C_{Bi} > 0, \quad i = 1, m, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где K_i – единичный показатель качества; K_i и K_{i0} – численное значение показателя качества и его базисное значение; C_{Bi} – весовые коэффициенты или «веса» единичных показателей. Результаты обработки мнений экспертов даны в таблице 1.

Таблица 1. Результаты ранжирования показателей эффективности системы СВЭ.

Показатель	Надежность	к.п.д.
Ранг	1	2
«Вес»	0,751	0,249

Тогда, целевая (6) запишется как

$$K_{\mathcal{E}} = C_{B1} p(t) + C_{B2} \eta = 0,751p(t) + 0,249\eta. \quad (7)$$

Результаты ранжирования, дополнительно оцененные по степени согласованности, показывают, что показатель надежности обладает явным преимуществом перед показателем к.п.д., что соответствует сложившейся практике сравнительного анализа различных автономных систем электроснабжения.

Эксплуатационные свойства являются выходными параметрами системы. Для того, чтобы учесть при синтезе уровень функционально-структурного совершенства или организованности системы, необходимо оценить и внутренние характеристики самих систем путем использования функционально-структурного подхода.

При функционально-структурном подходе объект рассматривается не в его конкретной форме, а как совокупность функций. Поскольку функции реализуются лишь в структуре, абстрагируясь от связей системы с внешней средой, изучается структура системы, т.е. элементы и их взаимосвязи внутри системы.

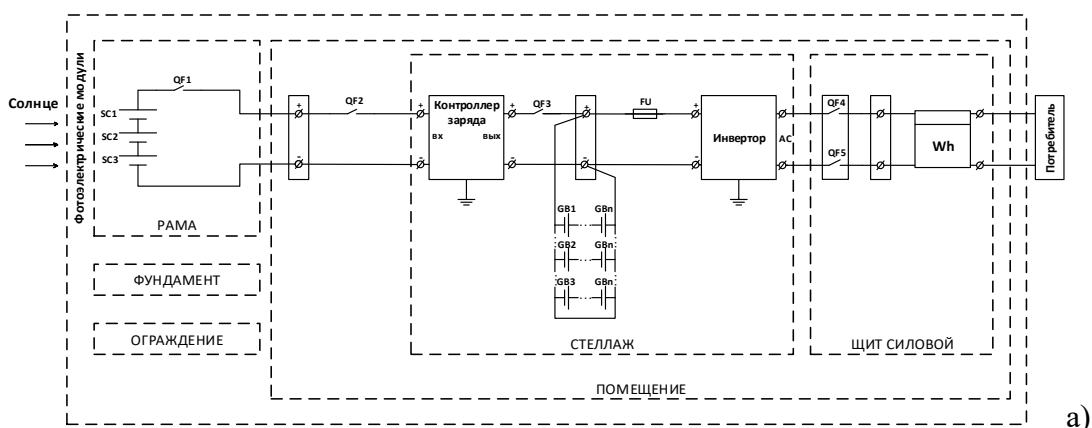
Для проведения функционально-структурного анализа систем, в соответствии с ограничением O_{SM} на их структуру, были предварительно рассмотрены устройство рассматриваемых систем [19,20,21].

Система S_C представляет собой совокупность устройств для преобразования солнечной энергии и передачи полученной энергии потребителю с заданным качеством. Она состоит из солнечных элементов СЭ, аккумуляторных батарей АБ с контроллером заряда КЗ, инвертора постоянного тока в переменный ИТ, аппаратуры защиты электрооборудования АЗ, кабельной линии КЛ, автоматов QF1... QF5 осуществляющих отключение цепи и максимальную токовую защиту (рисунок 2 а).

Система S_B это совокупность устройств для преобразования кинетической энергии ветрового потока в механическую энергию вращающегося ротора с последующим её преобразованием в электрическую энергию и передачи полученной энергии потребителю с заданным качеством. Она состоит из аккумуляторных батарей АБ; ветрогенератора G; контроллера заряда КЗ; электрического тормоза предназначенного для замедления лопастей при сильных порывах ветра ТЭ; механического тормоза ТМ предназначен для торможения и/или стопорения ветрогенератора при монтаже или во время технического обслуживания; автоматических выключателей QF1...QF5 для защиты цепи от перегрузок и короткого замыкания; инвертора ИТ, который защищен плавким предохранителем FU; электросчетчик для учета электроэнергии Wh. (рисунок 2 б).

Система S_r - совокупность устройств для преобразования кинетической энергии воды и передачи полученной энергии потребителю с заданным качеством. Она состоит из устройства подвода воды к турбине ПВ, направляющего поток воды к гидротурбине ГТ. При этом кинетическая энергия потока воды преобразуется во вращательное движение вала гидротурбины, который соединен с валом генератора G. В качестве генератора используется трехфазный электродвигатель.

В генераторе вырабатывается трехфазный переменный ток. Система возбуждения СВ предназначена для питания обмотки возбуждения генератора, а также для поддержания напряжения на выводах генератора. Автоматический выключатель QF1 предназначен для защиты генератора от токов короткого замыкания и перегрузки. Электросчетчик Wh служит для учета электроэнергии, а автоматический выключатель QF2 предназначен для защиты от токов короткого замыкания и перегрузки. (рисунок 2 в). Помимо перечисленных элементов системы содержат: огороженные площадки или мачту с растяжками для установки оборудования, стеллажи для приборов и оборудования, устройства, повышающие безопасность систем и некоторые другие элементы.



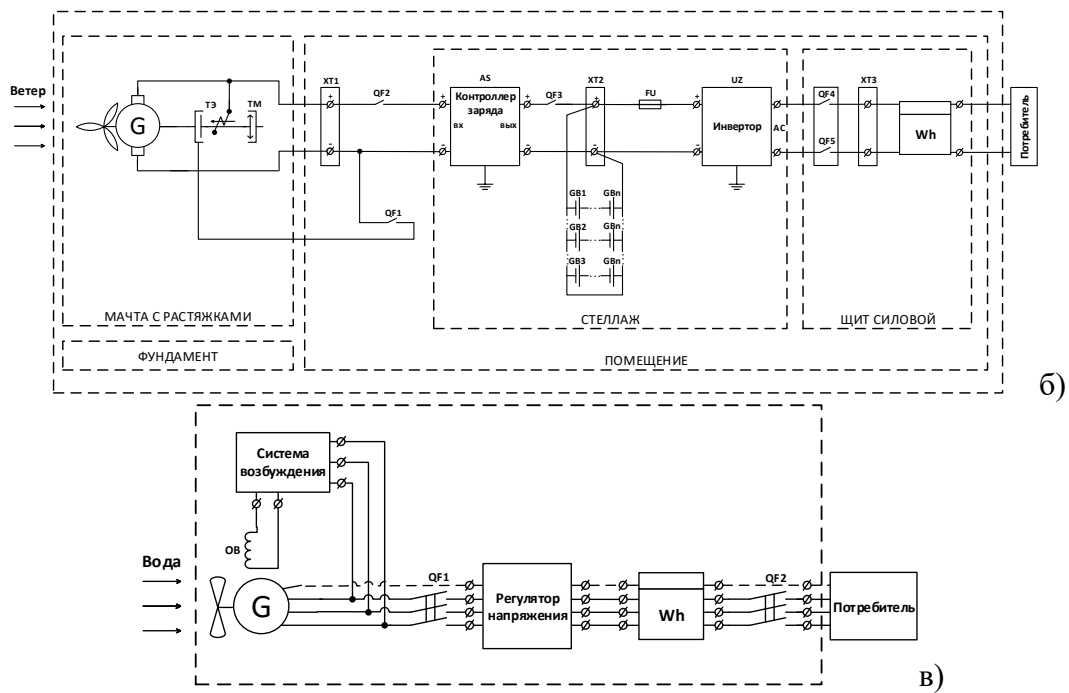


Рисунок 2 – Принципиальные схемы систем СВЭ.

- а) с использованием солнечной энергии; б) с использованием энергии ветра;
 в) с использованием энергии потока воды.

Комплексный анализ приведенных систем передачи энергии и исследование их структуры и функций проводим путем представления их моделями, получаемыми с помощью различных методов описания. Воспользуемся структурным, функциональным и функционально-структурным описанием систем, каждое из которых порождает соответствующие виды моделей.

Структурное описание системы, ориентированное на материальное строение объекта, осуществим посредством графической структурной модели – упорядоченного изображения элементов системы и отношений между ними, дающего представление о материальных составляющих объекта, их основных взаимосвязях и уровнях иерархии. Структурная модель системы СВЭ с использованием солнечной энергии, энергии ветра и энергии потока воды составленных на основе их принципиальной схем. Структурная модель имеет вид связанного графа типа дерева, основанием которого являются комплексы преобразователя, например, солнечной энергии в электрическую, аккумулятора электрической энергии, инвертора постоянного тока в переменный, аппаратуры защиты электрооборудования, и кабельной линии.

Комплексы в свою очередь содержат комплекты солнечных элементов, конструкции для установки солнечных элементов и аккумуляторов. Комплекты однозначно распадаются на сборочные единицы или элементы: солнечные элементы, трекер, металлическая рама и другие.

Аккумуляторы, инвертор и защитная аппаратура должны находиться в изолированном помещении. Модель не содержит контуров и перекрестных связей между элементами различных уровней и представляет собой «скелет» системы со строгой и однозначной соподчиненностью материальных элементов, расположенных по уровням иерархии (комплексы – комплекты – сборочные единицы).

Количественно система СВЭ с использованием солнечной энергии состоит из 14, с использованием энергии ветра из 18 и с использованием энергии потока воды из 11 элементов. Дополнительные сведения о свойствах системы можно получить через динамические связи, которые происходят в процессе функционирования системы. Возможность изучения этих

своих свойств появляется при функциональном описании системы, т.е. логической формулировке и определении взаимосвязей функций.

В нашем случае, для полного функционального описания системы, нужно использовать метод логической цепочки, основанный на постепенном раскрытии всей цепи последовательно связанных функций, характеризующих структуру анализируемого объекта. При этом логическое описание и систематизацию функций объекта выполнили на основе диаграммы функций, процедура построения которых обобщена в методике FAST (Functional Analysis System Technique).

Практическим инструментом определения взаимосвязи функций является повторяемая постановка двух основных вопросов «почему?» и «как?», которыми определяются непосредственно предшествующая и непосредственно последующая функция: –Необходимо обеспечить потребителя электроэнергией. – Как? – Передать к нему электрическую энергию переменного тока. – Как? – Инvertировать постоянный ток в переменный. – Как? – Преобразовать энергию солнца в энергию постоянного тока. – Как? – Снять энергию Солнца.

Правильность расположения функций критического пути проверяем, задавая вопрос «почему?» и двигаясь при этом в обратной последовательности: - Снять энергию Солнца. – Почему? – Чтобы преобразовать энергию солнца в энергию постоянного тока. – Почему? – Чтобы инvertировать постоянный ток в переменный, и т.д. Вопрос «когда» позволяет выявить вспомогательные функции, выполняемые одновременно с той или иной функцией критического пути или обусловленные ею.

Так, кроме выполнения основных функций, система вдоль всего критического пути, должна обеспечить безопасность и удобство обслуживания, для получения электрической энергии необходимо установить преобразователь и обеспечить его поворот вслед за Солнцем, для непрерывного получения переменного тока нужно обеспечить аккумулирование электрической энергии и защиту электрооборудования и т.д.

На основе структурных моделей и диаграмм функций строим функциональную модель системы СВЭ – логико-графическое изображение состава и взаимосвязей функций объекта. Функциональные модели систем даны на рисунках 3...5.

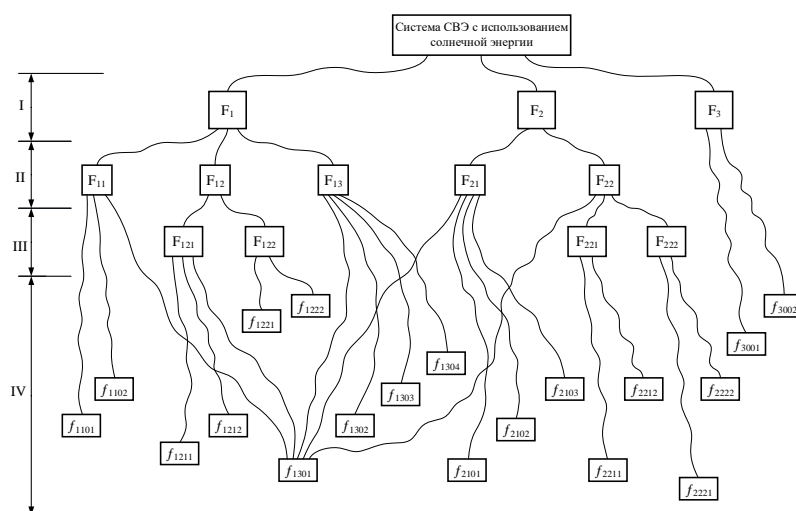


Рисунок 3 – Функциональная модель системы СВЭ с использованием солнечной энергии

F1 – обеспечить потребителя электрической энергией; F2 – обеспечить надежность электроснабжения; F3 – обеспечить безопасность эксплуатации; F11 – преобразовать энергию солнца в электрическую энергию; F12 – согласовать напряжение преобразователя с напряжением потребителя; F13 – передать электрическую энергию потребителю; F21 – защитить электрооборудование; F22 – обеспечить хранение электроэнергии; F121 – инvertировать постоянный ток в переменный; F122 – обеспечить качество напряжения; F221 – обеспечить работу аккумуляторных батарей; F222 – оптимизировать режим зарядки аккумуляторных батарей.

1-й уровень модели составляют главная функция системы, заключающаяся в обеспечении потребителя электрической энергией, и сопутствующие ей второстепенные функции – обеспечить надежность электроснабжения и безопасность эксплуатации. Последняя, является внешней.

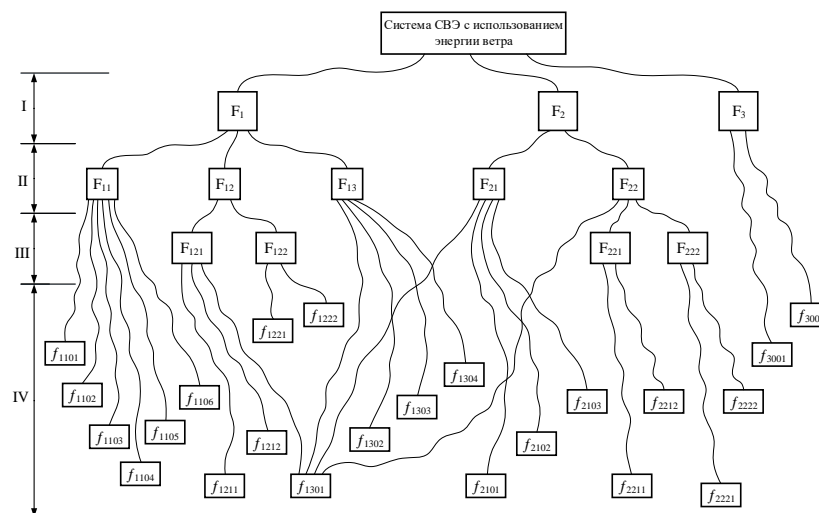


Рисунок 4 – Функциональная модель системы СВЭ с использованием энергии ветра

F1 – обеспечить потребителя электрической энергией; F2 – обеспечить надежность электроснабжения; F3 – обеспечить безопасность эксплуатации; F11 – преобразовать энергию ветра в электрическую энергию; F12 – согласовать напряжение преобразователя с напряжением потребителя; F13 – передать электрическую энергию потребителю; F21 – защитить электрооборудование; F22 – обеспечить хранение электроэнергии; F121 – инвертировать постоянный ток в переменный; F122 – обеспечить качество напряжения; F221 – обеспечить работу аккумуляторных батарей; F222 – оптимизировать режим зарядки аккумуляторных батарей.

Функции, характеризующие последовательность преобразований и соответствующие принципу действия системы, определяют состав основных функций, входящих во II уровень модели.

Дифференциация основных функций на вспомогательные, происходит на III и IV уровнях.

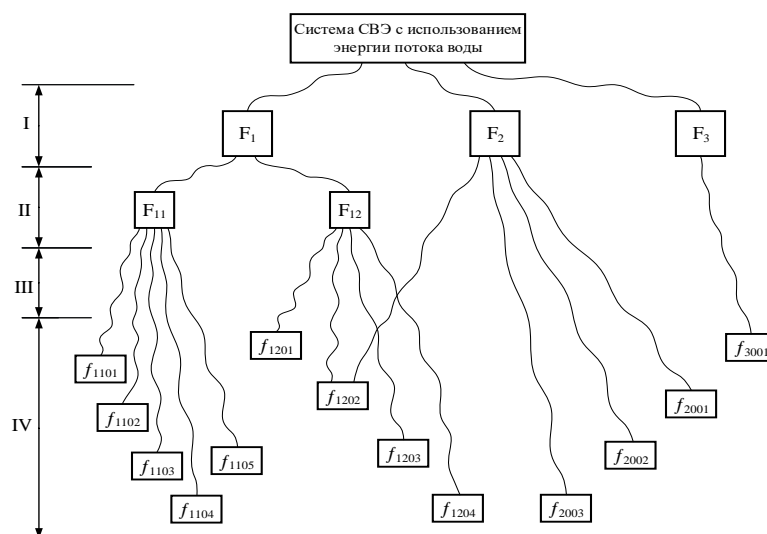


Рисунок 5 – Функциональная модель системы СВЭ с использованием энергии потока воды

F₁ – обеспечить потребителя электрической энергией; F₂ – обеспечить надежность электроснабжения; F₃ – обеспечить безопасность эксплуатации; F₁₁ – преобразовать энергию потока воды в электрическую энергию; F₁₂ – передать электрическую энергию потребителю.

Выявление связей между элементами системы осуществляем по матрицам связей «элемент-элемент» (рисунок 6...8), в которых явные контактные (физический контакт) связи отмечены буквой «ф», неявные корреляционные (косвенные воздействия) – «К».

Элементы, материальные носители	Солнечные элементы	Автоматический выключатель	Рама	Автоматический выключатель	Контроллер заряда	Автоматический выключатель	Аккумулятор	Плавкая вставка	Инвертор	Счетчик электроэнергии	Автоматический выключатель	Кабель	Защита и крепление кабеля	Электропровода
Солнечные элементы	Ф п (+)	Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	к п (+)	к п (+)						Ф п (+)
① Автоматический выключатель	Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)									Ф п (+)
Рама	Ф п (+)	Ф п (+)												
② Автоматический выключатель	Ф о (+)	Ф о (+)		Ф п (+)										Ф п (+)
Контроллер заряда	Ф о (+)	Ф о (+)		Ф о (+)	Ф п (+)	Ф с (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф с (+)					Ф п (+)
③ Автоматический выключатель				Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)					Ф п (+)
Аккумулятор	к о (+)			Ф с (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)					Ф п (+)
Плавкая вставка				Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)					Ф п (+)
Инвертор	к о (+)			Ф с (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)
Счетчик электроэнергии									Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)
④ Автоматический выключатель									Ф о (+)	Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)
Кабель									Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф п (+)	Ф о (+)	к п (+)
Защита и крепление кабеля												Ф п (+)		
Электропровода	Ф п (+)	Ф п (+)		Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	к п (+)		Ф п (+)

Рисунок 6 – Матрица связей элементов системы СВЭ с использованием солнечной энергии

Внутри каждой разновидности связей выделяем вредные (-), нейтральные (±), полезные (+), а также прямые «П», обратные «О» и выполнения функции согласования «С».

Элементы, материальные носители	Турбина	Генератор	Система возбуждения	Автоматический выключатель	Устройство подвода воды к турбине	Счетчик электроэнергии	Автоматический выключатель	Кабель	Защита и крепление кабеля	Электропровода
Турбина		Ф п (+)			Ф о (+)					
Генератор	Ф о (+)		Ф о (+)	Ф п (+)		Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)		Ф п (+)
Система возбуждения		Ф п (+)								Ф п (+)
① Автоматический выключатель		Ф о (+)				Ф п (+)				Ф п (+)
Устройство подвода воды к турбине	Ф п (+)									
Счетчик электроэнергии		Ф о (+)	Ф о (+)				Ф п (+)	Ф п (+)		Ф п (+)
② Автоматический выключатель		Ф о (+)				Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)		Ф п (+)
Кабель		Ф о (+)				Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)
Защита и крепление кабеля								Ф п (+)		
Электропровода		Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)		Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)

Рисунок 7 - Матрица связей элементов системы СВЭ с использованием энергии воды

Связи, находящиеся внутри рамок обведенных жирной линией, являются внутренними относящимися к данному комплекту оборудования (подсистеме), связи вне рамок – внешние, показывающие связи с другими комплектами.

Элементы, материальные носители	Ветроколесо	Генератор	Система возбуждения	Тормоз электрический	Тормоз механический	Электромагнитный пускатель	Мачта	Автоматический выключатель	Контроллер заряда	Автоматический выключатель	Аккумулятор	Плавкая вставка	Инвертор	Счетчик электроэнергии	Автоматический выключатель	Кабель	Защита и крепление кабеля	Электропровода
Ветроколесо		Ф п (+)																
Генератор	Ф о (+)		Ф о (+)	Ф п (+)		Ф п (+)	Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)									Ф п (+)
Система возбуждения		Ф п (+)						Ф п (+)	Ф п (+)									Ф п (+)
Тормоз электрический	Ф п (+)	Ф о (+)				Ф о (+)												
Тормоз механический	Ф п (+)																	
Электромагнитный пускатель		Ф о (+)		Ф п (+)														
Мачта	Ф о (+)	Ф п (+)																
Ⓞ Автоматический выключатель	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)					Ф п (+)										Ф п (+)
Контроллер заряда	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)					Ф о (+)	Ф п (+)	Ф с (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф с (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)
Ⓞ Автоматический выключатель								Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)
Аккумулятор	к о (+)								Ф о (+)	Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)
Плавкая вставка									Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)
Инвертор	к о (+)								Ф с (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)
Счетчик электроэнергии													Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)
Ⓞ Автоматический выключатель													Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф п (+)
Кабель																	Ф о (+)	к п (+)
Защита и крепление кабеля																	Ф п (+)	к п (+)
Электропровода	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)					Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)

Рисунок 8 - Матрица связей элементов системы СВЭ с использованием энергии ветра

Результаты и обсуждение

Функциональную организованность системы зависит от его соответствия принципам актуализации, сосредоточения, совместимости и гибкости. Для определения этих характеристик используют соответствующие коэффициенты, которые рассчитываются на основе анализа структурной, функциональной, функционально-структурной моделей, а также матрицы связей системы.

Коэффициент актуализации функций K_{aF} , элементов K_{aN} и связей K_{aC} определяют как

$$K_{aF} = \frac{F_{п}}{F_{об}}, \quad K_{aN} = \frac{N_{п}}{N_{об}}, \quad K_{aC} = \frac{C_{п}}{C_{об}}, \quad (7) \quad (8) \quad (9)$$

где $F_{п}$ – необходимые (позитивные) функции; $F_{об}$ – общее количество действительных функций; $N_{п}$ – количество полезных (функциональных) элементов; $N_{об}$ – общее количество элементов; $C_{п}$ – количество полезных (функциональных) связей; $C_{об}$ – общее число связей.

Коэффициенты функционального воплощения (концентрации) функции $K_{кF}$, элементов $K_{кN}$ и связей $K_{кC}$

$$K_{кF} = \frac{F_{осн}}{F_{об}}, \quad K_{кN} = \frac{N_{осн}}{N_{об}}, \quad K_{кC} = \frac{C_{вн}}{C_{вн} + C_{вн}}, \quad (10) \quad (11) \quad (12)$$

где $F_{осн}$ – количество основных функций; $N_{осн}$ – количество материальных носителей основных функций; $C_{вн}$ и $C_{вн}$ – соответственно количество внешних и внутренних связей.

Коэффициенты совместимости по функциям $K_{сF}$, материальным элементам $K_{сN}$ и связям $K_{сC}$

$$K_{сF} = 1 - \frac{F_c}{F_{об}}, \quad K_{сN} = 1 - \frac{N_c}{N_{об}}, \quad K_{сC} = 1 - \frac{C_c}{C_{об}}, \quad (13) \quad (14) \quad (15)$$

где F_c – число функций согласования (компенсации); N_c и C_c – соответственно количество элементов – посредников и связей, выполняющих функции согласования.

Коэффициент функциональных возможностей (широты)

$$K_{ш} = \frac{F_{осн} + F_p}{F_{осн}}, \quad (16)$$

где F_p – количество потенциальных функций.

Результаты расчетов по (7) ... (16), а также значения коэффициента функциональной организованности, найденные как среднее четырех предыдущих, для рассматриваемых систем приведены в таблице 4. При этом величины, входящие в формулы, соответственно для систем S_C , S_B и S_Γ , составили = 19, = 19, = 13, = 13, = 26, = 38, = 12, = 6, = 23, = 15, = 5, = 2, = 2, = 0, = 23, = 23, = 17, = 17, = 30, = 58, = 3, = 12, = 28, = 30, = 5, = 3, = 2, = 0, = 13, = 13, = 11, = 11, = 11, = 18, = 8, = 6, = 11, = 7, = 2, = 0, = 0, = 0.

Зная коэффициент функциональной организованности системы $k_{орг}$, скорректированный показатель эффективности систем $K'_э$ находим как

$$K'_э = \frac{K_э}{k_{орг}}. \tag{17}$$

Таблица 2 – Коэффициенты функционально-структурного совершенства систем передачи энергии

СВЭ	Коэффициенты													Функциональн ой широты $k_{ш}$	Функциональн ой коэффициент
	Актуализации				Сосредоточение				Совместимости						
	Функций	Элементы	Связей $k_{ас}$	Среднее k_a	Функций $k_{ф}$	Элементов $k_{э}$	Связей $k_{кс}$	Среднее k_k	Функций $k_{сф}$	Элементов $k_{сн}$	Связей $k_{св}$	Среднее $k_{св}$			
S_C	1	1	0,68	0,89	0,63	0,46	0,60	0,57	0,74	0,85	0,95	0,84	1	0,77	
S_B	1	1	0,52	0,84	0,13	0,71	0,48	0,44	0,82	0,82	0,82	0,82	1	0,70	
S_Γ	1	1	0,61	0,87	0,62	0,54	0,61	0,59	0,85	1	1	0,95	1	0,85	

Функциональная организованность системы зависит от его соответствия принципам актуализации, сосредоточения, совместимости и гибкости. Для определения этих характеристик использованы соответствующие коэффициенты, которые рассчитаны на основе анализа структурной, функциональной, функционально-структурной моделей, а также матрицы связей системы.

Коэффициент актуализации функций $K_{аФ}$, элементов $K_{аН}$ и связей $K_{ас}$ определяют как

$$K_{аФ} = F_{п}/F_{об}, \quad K_{аН} = N_{п}/N_{об}, \quad K_{ас} = C_{п}/C_{об}, \tag{8} \tag{9} \tag{10}$$

где $F_{п}$ – необходимые (позитивные) функции; $F_{об}$ – общее количество действительных функций; $N_{п}$ – количество полезных (функциональных) элементов; $N_{об}$ – общее количество элементов; $C_{п}$ – количество полезных (функциональных) связей; $C_{об}$ – общее число связей.

Коэффициенты функционального воплощения (концентрации) функции $K_{кФ}$, элементов $K_{кН}$ и связей $K_{кС}$

$$K_{кФ} = F_{осн}/F_{об}, \quad K_{кН} = N_{осн}/N_{об}, \quad K_{кС} = C_{вш}/C_{вш} + C_{вн}, \tag{11} \tag{12} \tag{13}$$

где $F_{осн}$ – количество основных функций; $N_{осн}$ – количество материальных носителей основных функций; $C_{вш}$ и $C_{вн}$ – соответственно количество внешних и внутренних связей.

Коэффициенты совместимости по функциям $K_{сФ}$, материальным элементам $K_{сН}$ и связям $K_{сС}$

$$K_{сФ} = 1 - F_c/F_{об}, \quad K_{сН} = 1 - N_c/N_{об}, \quad K_{сС} = 1 - C_c/C_{об}, \tag{14} \tag{15} \tag{16}$$

где F_c – число функций согласования (компенсации); N_c и C_c – соответственно количество элементов – посредников и связей, выполняющих функции согласования.

Коэффициент функциональных возможностей (широты)

$$K_{ш} = \frac{F_{осн} + F_p}{F_{осн}}, \quad (17)$$

где F_p – количество потенциальных функций.

Коэффициент функциональной организованности $k_{орг}$ каждой из рассматриваемых систем, найдем как среднее четырех вышеприведенных [19,20,21].

Зная коэффициент функциональной организованности системы, показатель эффективности систем $K_э$ из (6) находим как

$$K_э = k_{орг} \sum_{i=1}^m C_{Vi} K_i. \quad (18)$$

Выводы

Для определения зон оптимального применения различных видов ВИЭ, выбран метод системного анализа. Определены пространственные и временные границы исследуемого объекта.

Факторы, влияющие на качество системы, разделены на внутренние, внешние и ограничения на структуру и параметры системы. Внутренние факторы системы приведены к комплексным единичным показателям – вероятности безотказной работы, к.п.д., и приведенным затратам. Внешние факторы – к виду потребляемой энергии, мощности, климатическим условиям и режимам работы.

Эвристическим методом сформирована целевая функция показателя эффективности. На основе анализа структурной, функциональной, функционально-структурной моделей, а также матрицы связей систем оценена функциональная организованность систем СВЭ.

Исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы по программно-целевому финансированию по линии Министерства образования и науки Республики Казахстан по теме № BR05236498 "Разработка элементов и построение оптимальных систем автономного электроснабжения объектов агропромышленного комплекса с использованием возобновляемых источников энергии» на 2018-2020 годы по приоритетному направлению "Энергетика и машиностроение".

Список литературы:

1. Kassem, Y.; Al Zoubi, R.; Gökçekeş, H. The Possibility of Generating Electricity Using Small-Scale Wind Turbines and Solar Photovoltaic Systems for Households in Northern Cyprus: A Comparative Study. *Environments* 2019, 6, 47. <https://doi.org/10.3390/environments6040047>
2. Matera, N.; Mazzeo, D.; Baglivo, C.; Congedo, P.M. Energy Independence of a Small Office Community Powered by Photovoltaic-Wind Hybrid Systems in Widely Different Climates. *Energies* 2023, 16, 3974. <https://doi.org/10.3390/en16103974>
3. Strielkowski, W.; Civin, L.; Tarkhanova, E.; Tvaronavičienė, M.; Petrenko, Y. Renewable Energy in the Sustainable Development of Electrical Power Sector: A Review. *Energies* 2021, 14, 8240. <https://doi.org/10.3390/en14248240>
4. Khamees, A.K.; Abdelaziz, A.Y.; Eskaros, M.R.; Attia, M.A.; Badr, A.O. The Mixture of Probability Distribution Functions for Wind and Photovoltaic Power Systems Using a Metaheuristic Method. *Processes* 2022, 10, 2446. <https://doi.org/10.3390/pr10112446>
5. Alturki, F.A.; Awwad, E.M. Sizing and Cost Minimization of Standalone Hybrid WT/PV/Biomass/Pump-Hydro Storage-Based Energy Systems. *Energies* 2021, 14, 489. <https://doi.org/10.3390/en14020489>
6. Bakht, M.P.; Salam, Z.; Gul, M.; Anjum, W.; Kamaruddin, M.A.; Khan, N.; Bukar, A.L. The Potential Role of Hybrid Renewable Energy System for Grid Intermittency Problem: A

- Techno-Economic Optimisation and Comparative Analysis. *Sustainability* 2022, 14, 14045. <https://doi.org/10.3390/su142114045>
7. Chowdhury, T.; Hasan, S.; Chowdhury, H.; Hasnat, A.; Rashedi, A.; Asyraf, M.R.M.; Hassan, M.Z.; Sait, S.M. Sizing of an Island Standalone Hybrid System Considering Economic and Environmental Parameters: A Case Study. *Energies* 2022, 15, 5940. <https://doi.org/10.3390/en15165940>
 8. Reuchlin, S.; Joshi, R.; Schmehl, R. Sizing of Hybrid Power Systems for Off-Grid Applications Using Airborne Wind Energy. *Energies* 2023, 16, 4036. <https://doi.org/10.3390/en16104036>
 9. Manusov, V.; Beryozkina, S.; Nazarov, M.; Safaraliev, M.; Zicmane, I.; Matrenin, P.; Ghulomzoda, A. Optimal Management of Energy Consumption in an Autonomous Power System Considering Alternative Energy Sources. *Mathematics* 2022, 10, 525. <https://doi.org/10.3390/math10030525>
 10. Eltamaly A.& Mohamed M. (2015). Sizing and techno-economic analysis of stand-alone hybrid photovoltaic/wind/diesel/battery power generation systems. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*. 7. 063128. 10.1063/1.4938154.
 11. Shao Z.& L. Kwok. (2016). An Overview of Research on Optimization of Integrated Solar/Wind Power Generation Systems. *World Journal of Engineering and Technology*. 04. 35-42. 10.4236/wjet.2016.43D005.
 12. Z. Wang *et al.*, "Study on the Optimal Configuration of a Wind-Solar-Battery-Fuel Cell System Based on a Regional Power Supply," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 47056-47068, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3064888.
 13. Akhtar I., Kirmani S. Reliability assessment of power systems considering renewable energy sources. *Materials Today: Proceedings*. 2021, 46, P.10593-10596, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.326>(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321004156>)
 14. Кешуов С.А. Надежность и зоны использования автономных систем электроприводов мобильных машин. Повышение надежности электрооборудования в системах электроснабжения; Межвуз. сборник №1. Под ред. Хомутова О.И.. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, 1992.-С.56-60.
 15. Кешуов С.А. Функциональный анализ: выявление, определение и классификация функций / Кузьмин А.М., Барышников А.А. // *Машиностроитель*. - 2001. - № 9. - С. 33.
 16. Кешуов С.А., Байсенова Г.С., Молдыбаева Н.И. Синтез структуры систем автономного энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии; *НАО Вестник АУЭС* изд. №51., Алматы, 2020.-С.27-40
 17. Кешуов, С. А., Михайлов, Л., Молдыбаева, Н.И. Выбор оптимального состава систем энергоснабжения объектов сельского хозяйства на основе возобновляемых источников энергии в условиях Алматинской области. *Вестник КазАТК*, 127(4), Алматы, 2023. 454–470.
 18. Справочник по гидротурбинам. Под ред. Н.Н. Ковалева. Л., ЛО «Машиностроение», 31984.- 498
 19. E-solarpower.ru. [https://e-solarpower.ru/solar/solar-panels/mono-panel/solnechnaya-panel-sila-250vt/\(29.01.2022\)](https://e-solarpower.ru/solar/solar-panels/mono-panel/solnechnaya-panel-sila-250vt/(29.01.2022))
 20. Best-energy.com.ua. [https://best-energy.com.ua/product/ups/ukraine-ups/multiplus-38028,\(29.01.2022\)](https://best-energy.com.ua/product/ups/ukraine-ups/multiplus-38028,(29.01.2022))

References

1. Kassem, Y.; Al Zoubi, R.; Gökçekuş, H. The Possibility of Generating Electricity Using Small-Scale Wind Turbines and Solar Photovoltaic Systems for Households in Northern

- Cyprus: A Comparative Study. *Environments* 2019, 6, 47. <https://doi.org/10.3390/environments6040047>
2. Matera, N.; Mazzeo, D.; Baglivo, C.; Congedo, P.M. Energy Independence of a Small Office Community Powered by Photovoltaic-Wind Hybrid Systems in Widely Different Climates. *Energies* 2023, 16, 3974. <https://doi.org/10.3390/en16103974>
 3. Strielkowski, W.; Civin, L.; Tarkhanova, E.; Tvaronaviciene, M.; Petrenko, Y. Renewable Energy in the Sustainable Development of Electrical Power Sector: A Review. *Energies* 2021, 14, 8240. <https://doi.org/10.3390/en14248240>
 4. Khamees, A.K.; Abdelaziz, A.Y.; Eskaros, M.R.; Attia, M.A.; Badr, A.O. The Mixture of Probability Distribution Functions for Wind and Photovoltaic Power Systems Using a Metaheuristic Method. *Processes* 2022, 10, 2446. <https://doi.org/10.3390/pr10112446>
 5. Alturki, F.A.; Awwad, E.M. Sizing and Cost Minimization of Standalone Hybrid WT/PV/Biomass/Pump-Hydro Storage-Based Energy Systems. *Energies* 2021, 14, 489. <https://doi.org/10.3390/en14020489>
 6. Bakht, M.P.; Salam, Z.; Gul, M.; Anjum, W.; Kamaruddin, M.A.; Khan, N.; Bukar, A.L. The Potential Role of Hybrid Renewable Energy System for Grid Intermittency Problem: A Techno-Economic Optimisation and Comparative Analysis. *Sustainability* 2022, 14, 14045. <https://doi.org/10.3390/su142114045>
 7. Chowdhury, T.; Hasan, S.; Chowdhury, H.; Hasnat, A.; Rashedi, A.; Asyraf, M.R.M.; Hassan, M.Z.; Sait, S.M. Sizing of an Island Standalone Hybrid System Considering Economic and Environmental Parameters: A Case Study. *Energies* 2022, 15, 5940. <https://doi.org/10.3390/en15165940>
 8. Reuchlin, S.; Joshi, R.; Schmehl, R. Sizing of Hybrid Power Systems for Off-Grid Applications Using Airborne Wind Energy. *Energies* 2023, 16, 4036. <https://doi.org/10.3390/en16104036>
 9. Manusov, V.; Beryozkina, S.; Nazarov, M.; Safaraliev, M.; Zicmane, I.; Matrenin, P.; Ghulomzoda, A. Optimal Management of Energy Consumption in an Autonomous Power System Considering Alternative Energy Sources. *Mathematics* 2022, 10, 525. <https://doi.org/10.3390/math10030525>
 10. Eltamaly A.& Mohamed M. (2015). Sizing and techno-economic analysis of stand-alone hybrid photovoltaic/wind/diesel/battery power generation systems. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*. 7. 063128. 10.1063/1.4938154.
 11. Shao Z.& L. Kwok. (2016). An Overview of Research on Optimization of Integrated Solar/Wind Power Generation Systems. *World Journal of Engineering and Technology*. 04. 35-42. 10.4236/wjet.2016.43D005.
 12. Z. Wang *et al.*, "Study on the Optimal Configuration of a Wind-Solar-Battery-Fuel Cell System Based on a Regional Power Supply," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 47056-47068, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3064888.
 13. Akhtar I., Kirmani S. Reliability assessment of power systems considering renewable energy sources. *Materials Today: Proceedings*. 2021, 46, P.10593-10596, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.326>(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321004156>)
 14. Keshuov S.A. Nadezhnost' i zony ispol'zovaniya avtonomnykh sistem ehlektroprivodov mobil'nykh mashin. Povyszenie nadezhnosti ehlektrooborudovaniya v sistemakh ehlektrosnabzheniya; Mezhevuz. sbornik №1. Pod red. KHomutova O.I. Altajskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet im. I.I. Polzunova, Barnaul, 1992.-S.56-60.
 15. Keshuov S.A. Funktsional'nyj analiz: vyyavlenie, opredelenie i klassifikatsiya funktsij / Kuz'min A.M., Baryshnikov A.A. // *Mashinostroitel'*. - 2001. - № 9. - S. 33.
 16. Keshuov S.A., Bajsenova G.S., Moldybaeva N.I. Sintez struktury sistem avtonomnogo ehnergosnabzheniya na osnove vozobnovlyaemykh istochnikov ehnergii; NAO Vestnik AUEHS izd. №51., Almaty, 2020.-S.27-40

17. Keshuov, S. A., Mikhajlov, L., Moldybaeva, N.I. Vybor optimal'nogo sostava sistem ehnergosnabzheniya ob"ektov sel'skogo khozyajstva na osnove vozobnovlyaemykh istochnikov ehnergii v usloviyakh Almatinskoy oblasti. Vestnik KazATK, 127(4), Almaty, 2023. 454–470.
18. Spravochnik po gidroturbinam. Pod red. N.N. Kovaleva. L., LO «Mashinostroenie», 31984.-498
19. E-solarpower.ru. [https://e-solarpower.ru/solar/solar-panels/mono-panel/solnechnaya-panel-sila-250vt/\(29.01.2022\)](https://e-solarpower.ru/solar/solar-panels/mono-panel/solnechnaya-panel-sila-250vt/(29.01.2022))
20. Best-energy.com.ua. [https://best-energy.com.ua/product/ups/ukraine-ups/multiplus-38028,\(29.01.2022\)](https://best-energy.com.ua/product/ups/ukraine-ups/multiplus-38028,(29.01.2022))

*С.А. Кешуов¹, Г.Д. Турымбетова², Н.И. Молдыбаева^{*1}, А.С. Талдыбаева,
С.Т. Демесова¹, Е.С. Ержигитов¹*

*¹Қазақ Ұлттық Ағарлық Зерттеу Университет, Алматы, Қазақстан
keshuov@mail.ru, moldybayeva78@mail.ru, taldybaeva_aigul@mail.ru,
saule.demesova@mail.ru, ergigitov.erken@mail.ru*

*²М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан
gulzuhra0110@mail.ru*

ЖАҢАРТЫЛАТЫН ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІ БАР АГРОӨНЕРКӘСІПТІК КЕШЕНДЕРДІ АВТОНОМДЫ ЭЛЕКТРМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕЛЕРІ ҮШІН ШЕШІМ ІЗДЕУ МАТРИЦАСЫ

Андатпа

Автономды энергия жүйелерінде жаңартылатын энергия көздерін (ЖЭК), пайдалану кезіндегі негізгі міндет - оңтайландыру, ЖЭК пайдалана отырып ауыл шаруашылығы нысандарын автономды энергиямен жабдықтау жүйелерін таңдау заңдылықтарын анықтау және олардың энергетикалық тиімділігін арттыру мәселесі болып табылады. ЖЭК-тің әртүрлі түрлерін оңтайлы қолдану аймақтарын анықтаудың тиімді құралы - бұл объекті нысанды жан-жақты талдауға және зерттеулерді қатаң жүйелеуге, сондай-ақ синтезді жүзеге асыруға мүмкіндік беретін жүйелік тәсіл, яғни, берілген жағдайлар үшін оңтайлы жүйені табу.

Бұл зерттеуде ЖЭК оңтайлы пайдалану аймақтарын бөлу заңдылығын анықтау мәселелері қарастырылады, сондай-ақ агроөнеркәсіптік кешен (АӨК) нысандарын автономды энергиямен жабдықтаудың фотоэлектрлік, жел энергетикасы, гидравликалық және интеграцияланған электр станцияларын оңтайлы пайдалану аймақтарын анықтауда қолдануға болатын жүйелік талдау әдісі, сондай-ақ ЖЭК пайдалана отырып, агроөнеркәсіптік кешен нысандарын дербес энергиямен жабдықтаудың оңтайлы жүйелерін құру мәселелері қарастырылады.

ЖЭК-тің әртүрлі түрлерін оңтайлы пайдалану аймақтарын анықтау үшін нысанды жан-жақты талдауға, зерттеулерді қатаң жүйелеуге мүмкіндік беретін жүйелік тәсіл қолданылады және синтезді жүзеге асырады, яғни берілген жағдайларда оңтайлы жүйені іздейді. Жүйелердің құрылымдық, функционалдық және функционалдық-құрылымдық сипаттамаларын қолдана отырып, олардың ішкі сипаттамаларын бағалау арқылы өндірілген жүйелердің функционалдық-құрылымдық жетілу деңгейі ескеріледі, олардың әрқайсысы модельдердің тиісті түрлерін тудырады.

ЖЭК-ті қолдана отырып, оңтайлы автономды энергиямен жабдықтау жүйесін таңдау бойынша зерттеулер практикалық маңызға ие, өйткені олар жобалау кезеңінде ЖЭК түрлерін таңдау бойынша қателерді азайтуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: жаңартылатын энергия көздері, жүйелік талдау, функционалдық талдау, жүйенің оңтайлы құрылымын синтездеу.

*S. Keshuov¹, G. Turymbetova², N. Moldybaeva*¹, A. Taldybayeva¹
S.T. Demessova¹, Y. Yerzhigitov¹*

*¹Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan
keshuov@mail.ru, moldybaeva78@mail.ru, taldybaeva_aigul@mail.ru,
saule.demesova@mail.ru, ergigitov.erken@mail.ru*

*²South Kazakhstan University named after M. Auezov, Kazakhstan
gulzuhra0110@mail.ru*

MATRIX OF SOLUTION SEARCH FOR AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEMS OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEXES WITH RENEWABLE ENERGY SOURCES

Abstract

The main task when using renewable energy sources in autonomous energy systems is optimization, the problem of identifying patterns in the choice of autonomous energy supply systems for agricultural facilities using renewable energy sources and on their basis increasing their energy efficiency. An effective tool for determining the areas of optimal use of various types of renewable energy is a systematic approach that allows for a comprehensive analysis of the object and strictly systematize research, as well as to carry out synthesis, i.e. to find a system optimal for given conditions.

This study examines the issues of identifying patterns of distribution of zones of optimal use of renewable energy sources (RES), as well as a method of system analysis that can be applied in determining the zones of optimal use of photovoltaic, wind energy, hydraulic and integrated power plants of autonomous energy supply of agro-industrial complex (AIC) facilities, as well as the issues of building optimal systems of autonomous energy supply to agro-industrial facilities using RES.

To determine the zones of optimal use of various types of renewable energy, a systematic approach is used, which allows for a comprehensive analysis of the object, strictly systematize research, and carries out synthesis, that is, the search for the optimal system under specified conditions. The level of functional and structural perfection of systems is taken into account, produced by evaluating their internal characteristics using a functional and structural approach using structural, functional and functional-structural descriptions of systems, each of which generates appropriate types of models.

Research on the choice of an optimal autonomous energy supply system using renewable energy sources is of practical importance, as it makes it possible to minimize errors in choosing types of renewable energy sources at the design stage.

Keywords: renewable energy sources, system analysis, functional analysis, synthesis of optimal system structure.

МРНТИ 68.85.29

DOI <https://doi.org/10.37884/2-2024/49>

A.S. Rzaliev, S.A. Nurgojaev, V.P. Goloborodko, D.K. Karmanov, S. Bekbosynov*

*¹ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии»
Алматы, Республика Казахстан
rzaliyev@mail.ru, spcae@yandex.kz, goloborodko-50@mail.ru, darhankk_85@mail.ru,
serik.bek@bk.ru*

КОМБИНИРОВАННОЕ ОРУДИЕ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И ЗАДЕЛКИ СИДЕРАТОВ В ПОЧВУ В ЮЖНОЙ ЗОНЕ КАЗАХСТАНА