

Наименование проекта: ИРН АР14872147 «Разработка эффективной системы электроснабжения автономных потребителей на базе ветроэлектростанции специальной конструкции».

Актуальность: В условиях роста потребления энергии важно снизить затраты в системе электроснабжения. Это актуально для автономных потребителей, которые, как правило маломощные, а в сельском хозяйстве потребление электроэнергии может носить и сезонный характер, что приводит к большим затратам.

Использование возобновляемой энергии позволит снизить затраты на потребляемую энергию путем замещения органического топлива. Климатические и природные условия Республики Казахстан предоставляют широкие возможности для использования энергии ветра.

Решение данной проблемы возможно путем совершенствования ветроустановки с применением специальной конструкции. Предлагается принцип вращения якорной и индукторной частей генератора от отдельных встречно вращающихся ветроколес.

Цель: Целью проекта является разработка для автономных потребителей эффективной системы электроснабжения на базе ветроэлектростанции специальной конструкции с повышенной выработкой электрической энергии.

Ожидаемые результаты за 2022 год.

Провести сравнительный анализ различных схем электроснабжения автономных потребителей электрической энергии. Провести анализ существующих систем электроснабжения на базе традиционно используемых энергоресурсов. Провести анализ состояния и развития систем электроснабжения на базе возобновляемой энергии. Провести анализ состояния и развития систем электроснабжения на базе ветроэлектрических установок.

За период реализации в научный проект привлекались молодые специалисты, в том числе два PhD докторанта.

В процессе проведенных исследований в 2022 году были достигнуты следующие основные результаты.

Системно проанализирован опыт и условия использования возобновляемой энергии в системе электроснабжения и приведены структуры системы электроснабжения с использованием ветроэлектрической установки.

Проведено изучение отечественной и зарубежной научно-технической и патентно-лицензионной информации по направлению исследования. Проанализировано 129 источников информации. Большое внимание при проведении исследования уделено различным схемам электроснабжения автономных потребителей электрической энергии. Выявлена большая востребованность малых ветроэлектрических установок для сельскохозяйственных объектов, что создает предпосылки в исследовании и разработке энергоэффективных ветроэлектрических систем автономного электроснабжения.

Систематизирован опыт и условия использования традиционных источников энергии в системе автономного электроснабжения. Проведенный анализ показал, что существующие схемы электроснабжения промышленных предприятий отвечают необходимым требованиям по электроснабжению. Несколько иначе выглядит электроснабжение сельскохозяйственных потребителей и населённых пунктов в сельской местности в виду своей особенности, наличием большого числа маломощных и рассредоточенных на большой территории потребителей электрической энергии. Передача электрической энергии по сельским электрическим сетям из-за протяженности требует больших затрат на их эксплуатацию. При этом в стоимости электроэнергии 75% приходится на ее передачу.

В целях поддержания продовольственной безопасности необходимо развивать сельское хозяйство. Важным фактором развития является энергообеспеченность потребителей, в первую очередь обеспеченность качественной электрической энергией.

Систематизирован опыт и условия использования возобновляемой энергии для автономного электроснабжения.

Проведен анализ литературных источников и опыт использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) за рубежом и в Республике Казахстан.

Проведенный анализ показал, что развитие ВИЭ наблюдается во всех странах мира и в том числе в Республике Казахстан. При этом, важное значение имеет Государственная политика на поддержание механизмов по развитию ВИЭ.

Динамика ввода новых мощностей на базе ВИЭ за последнее десятилетие показывает стабильный прирост новых мощностей и установленная мощность почти удваивается. При этом наибольший прирост наблюдается в ветро- и гелиоэнергетике.

Систематизирован опыт и условия использования энергии ветра для автономного электроснабжения.

При проведении анализа литературных источников было выявлено, что главным показателем, позволяющим оценить эффективность ветроэнергетики, являются эффективные конструкции для территории с малой скоростью ветровых потоков. Порядка 50% территории Казахстана имеет среднегодовую скорость ветра 4-5 м/с, а ряд районов имеет скорость ветра 6 м/с и более, что предопределяет очень хорошие перспективы для развития ветроэнергетики малой мощности.

В существующих ветроэлектрических установках (ВЭУ), ветроколеса начинают вращаться при скорости ветра 3-4 м/с и на номинальный режим выходят при скорости 9-11 м/с. Поэтому разработка ВЭУ малой и средней мощности, работающих в районах с малой скоростью ветра является актуальной задачей.

В этих условиях разработка маломощных ВЭУ специальной конструкции, вырабатывающие электрическую энергию при малой скорости ветра, позволят повысить эффективность ветроиспользования. Такие ВЭУ

востребованы для электроснабжения маломощных сельскохозяйственных потребителей, и более актуальны для удаленных, где требуется автономные источники питания.

По результатам проведенных исследований, согласно календарного плана опубликована 1 (одна) научная статья в журнале, рекомендованном КОКСНВО МНВО РК и поданы 2 (две) заявки на патенты или полезные модели:

1. С.С. Исенов, А.Б. Кайдар, Б.К. Шапкенов, С.К. Шерьязов Исследование ветроустановки в системе автономного электроснабжения. // Вестник Торайгыров университета, Павлодар. Энергетическая серия, № 3. 2022. с. 80-97. ISSN 2710-3420. Научный журнал рекомендован КОКСОН МОН РК. <http://vestnik-energy.tou.edu.kz/storage/journals/165.pdf>.

2. Подана заявка на получение 1 (одного) патента или полезной модели Республики Казахстан. Заявке присвоен регистрационный номер №2022/0738.1 от 21.11.2022 г.

3. Подана заявка на получение 1 (одного) патента Евразийской патентной организации. Входящий номер национального ведомства 2022-53506. Регистрационный номер заявки в национальном ведомстве 2022/066 от 22.11.2022 г.

Ожидаемые результаты за 2023 год.

В ходе исследования будут определены: основные конструктивные и режимные параметры ветроустановки специальной конструкции со встречно вращающимися ветроколесами и смоделирован процесс электрогенерации на принципе встречного вращения якоря и индуктора генератора. Будут разработаны модели взаимодействия ветрового потока с ветроколесами; исследованы основные параметры ветроустановки специальной конструкции; смоделирован режим электрогенерации с установлением взаимосвязи исследуемых параметров. Будут разработаны лабораторные модели: ветроустановки специальной конструкции на основе двухветроколес и вращающимся индуктором и якорем генератора и исследована ее работоспособность; электрогенератора и ветроустановки в целом. Будут разработаны: опытно-конструкторский образец ветроустановки специальной конструкции; ветромеханическая часть опытно-конструкторского образца ветроустановки; электрогенератор и в целом опытно-конструкторский образец ветроустановки.

За период реализации в научный проект привлекались молодые специалисты, в том числе два PhD докторанта.

В процессе проведенных исследований в 2023 году были достигнуты следующие основные результаты.

В ходе исследования определены основные конструктивные и режимные параметры ветроустановки специальной конструкции и установлены их взаимосвязь на основе моделирования режима выработки электроэнергии. Смоделирован процесс электрогенерации на принципе встречного вращения. Исследованы параметры ветрового потока и

ветроколеса в результате их взаимодействия. При этом для моделирования взаимодействия ветрового потока с ветроколесом определены ветроэнергетические характеристики ветрового потока. В ходе моделирования предложено определять среднюю скорость ветра, обеспечивающая среднюю мощность за расчетный период, которая отличается от средней скорости ветра и установлена связь рассматриваемых скоростей ветра. В качестве основных параметров рассмотрены ее мощность и количество ожидаемой выработки, скорость ветра, при которой ожидается номинальная мощность и ожидаемая площадь или диаметр ветроколеса. Для максимальной выработки исследована рабочая скорость ветра ветроколеса. В ходе исследования удельной ожидаемой выработки от рабочей скорости ветроколеса установлена, что существует скорость ветра, при которой ожидается максимальная выработка электрической энергии. В ходе исследования определены основные конструктивные и режимные параметры ветроустановки специальной конструкции и на принципе встречного вращения якоря и индуктора генератора установлена их взаимосвязь на основе моделирования режима выработки электроэнергии.

Исследованы параметры ветрового потока и ветроколеса в результате их взаимодействия. Ветроколесо характеризуется минимальной V_0 , номинальной (рабочей) V_p и максимальной V_m скоростью ветра. Ветроколесо, при скорости ветра ниже минимальной и выше максимальной, не вращается или выводится из под ветра и соответственно нет выработки электрической энергии. В условиях, когда скорость ветра выше минимальной и ниже максимальной мощность на валу ветроколеса зависит от куба скорости ветра. При этом, ветроколесо вращается номинальной скоростью при скорости ветра равной рабочей и выше, до максимальной. В этих условиях важно смоделировать рабочие скорости ветра для ветроколеса. Для моделирования взаимодействия ветрового потока с ветроколесом определены ветроэнергетические характеристики ветрового потока. При этом, в ходе исследования важно было определить скорость ветра, когда ожидается максимальное поступление энергии ветра, которую можно принять в качестве рабочей скорости ветра для ветроколеса. Поскольку мощность и энергия ветрового потока зависит от куба скорости ветра, то нельзя пользоваться величиной средней скорости ветра. В ходе исследования определены основные конструктивные и режимные параметры ветроустановки специальной конструкции и на принципе встречного вращения якоря и индуктора генератора установлена их взаимосвязь на основе моделирования режима выработки электроэнергии. На основе проведенных исследований разработана модель взаимодействия ветрового потока с ветроколесами.

Исследованы основные параметры ветроустановки специальной конструкции. В качестве основных параметров рассмотрены ее мощность и количество ожидаемой выработки, скорость ветра, при которой ожидается номинальная мощность и ометаемая площадь или диаметр ветроколеса. Для получения максимальной выработки от ветроустановки специальной

конструкции исследована рабочая скорость ветра ветроколеса. При этом предложено смоделировать процесс ожидаемой выработки с удельной площади ветроколеса. В ходе исследования удельной ожидаемой выработки от рабочей скорости ветроколеса установлена, что существует скорость ветра, при которой ожидается максимальная выработка электрической энергии. При этом данная скорость ветра V_m в отличие от скорости ветра, обеспечивающая среднюю мощность. Так, в районе, где $V_{ср.м} = 10,9$ м/с, V_m равен 14 м/с, а при $V_{ср.м} = 6$ м/с - $V_{м.в} = 8,5$ м/с. В ходе исследования параметров ветроустановки установлена связь рассматриваемых скоростей ветра $V_{м.в} = 1,8 + 1,14 V_{ср.м}$ или $V_{м.в} = 3,4 + 1,25 V_{ср.}$ В ходе исследований определены аэродинамические характеристики ветроколеса с определением основных параметров и показателей, как быстроходность ветроколеса, развиваемый момент и т.п.

В ходе проведенных исследований смоделирован режим электрогенерации на принципе встречного вращения якоря и индуктора генератора. В ходе исследования установлено влияние ветрового потока на работу ветроколес и их взаимосвязь. Для изучения взаимосвязи конструктивных и режимных параметров ветроустановки произведено моделирование режима выработки электрической энергии. Проведено совместное исследование показателей вращения ветроколес с выходными данными генератора и установление необходимых зависимостей для определения вырабатываемой электроэнергии предлагаемой ветроэлектрической установкой. В ходе моделирования процесса поступления энергии ветрового потока предложено определять среднюю скорость ветра, обеспечивающая среднюю мощность за расчетный период $V_{ср.м}$, которая отличается от средней скорости ветра $V_{ср.}$. Так установлено, что при средней скорости ветрового потока 4,2 м/с, $V_{ср.м} = 6$ м/с и при $V_{ср.} = 8,6$ м/с - $V_{ср.м} = 10,9$ м/с. В ходе моделирования установлена связь рассматриваемых скоростей ветра $V_{ср.м} = 1,4 + 1,1 V_{ср.}$. Проведенные исследования показывают установление взаимосвязи параметров ветроколеса и генератора с выходными показателями режима выработки электроэнергии. Смоделирован режим электрогенерации с установлением взаимосвязи исследуемых параметров. Промоделирован процесс взаимодействия ветрового потока ветроколеса-электрогенератора.

Проанализирована научно-методическая и научно-техническая литература по теме исследования и выделены особенности ветроустановок специальной конструкции на основе двухветроколес и вращающимися индуктором и якорем генератора. Изучены технические требования при разработке лабораторной модели ветроустановки специальной конструкции. Определены основные конструктивные решения для ветроустановок специальной конструкции подобного типа. Определены технические требования для разработки чертежной документации ветроустановки специальной конструкции на основе двухветроколес и вращающимися индуктором и якорем генератора. Разработана лабораторная модель

ветроустановки специальной конструкции на основе двухветроколес и вращающимся индуктором и якорем генератора.

При создании опытно-конструкторского образца ветроустановки специальной конструкции проводились следующие основные этапы разработки. Разработка технических требований для разработки чертежной документации. Изготовление опытно-конструкторского образца устройства. Испытания устройства. Доработка чертежной документации по результатам испытаний. Создание опытно-конструкторского образца ветроустановки специальной конструкции.

По результатам проведенных исследований, согласно календарного плана: опубликовано 2 (две) статьи в рецензируемом научном издании имеющем процентиль по CiteScore в базе Scopus не менее 35 (тридцати пяти); опубликовано 3 (три) научные статьи в журнале, рекомендованном КОКСНВО МНВО РК; поданы 2 (две) заявки на патенты или полезные модели РК; поданы 2 (две) заявки на патенты Евразийской патентной организации.

Зарубежные публикации:

1. Koshumbaev, M., Issenov, S., Iskakov, R., Bulatbayeva, Y. (2023). Development of a vortex wind device. Eastern- European Journal of Enterprise Technologies, 1 (8 (121)), 22–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.274199>. (SCOPUS per.47).

<https://journals.uran.ua/eejet/article/view/274199>.

2. Nurmaganbetova, G., Issenov, S., Kaverin, V., & Issenov, Z. (2023). Development of a virtual hardware temperature observer for frequency-controlled asynchronous electric motors. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(1 (123), 68–75. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.280357>. (SCOPUS per.47). <https://journals.uran.ua/eejet/article/view/280357>.

Отечественные публикации:

3. Исенов С.С., Кайдар А.Б., Искаков Р.М., Шапкенов Б.К., Шерьязов С.К. Классификация и анализ ветроэнергетических установок. // Вестник Торайгыров университета. Павлодар. Серия энергетическая. № 4. 2022. с. 111-129. ISSN 2710-3420. Научный журнал рекомендован КОКСНВО МНВО РК. <https://doi.org/10.48081/XJFT7363>

4. Исенов С.С., Шерьязов С.К. Анализ состояния и развития систем электроснабжения на базе возобновляемых источников. // Вестник Торайгыров университета, Павлодар. Энергетическая серия, № 2. 2023. с. 140-152. ISSN 2710-3420. Научный журнал рекомендован КОКСНВО МНВО РК. <https://doi.org/10.48081/BEXD7601>.

5. Кошумбаев М.Б., Хацевский К.В., Исенов С.С., Нурмаганбетова Г.С., Искаков Р.М. Разработка ветрового устройства специальной конструкции для отдаленных сельскохозяйственных объектов. // Труды университета №3 (92), Раздел 5: «Автоматика. Энергетика. ИКТ». Караганда, 2023. с. 489-495. DOI 10.52209/1609-1825_2023_3_489.

Подача заявок на патент и (или) полезную модель РК:

6. Подана заявка на проведение экспертизы на получение 1 (одного) патента Республики Казахстан «Ветрогенератор с изменяемым моментом вращения ветроколеса». Заявке присвоен регистрационный номер №2023/0313.1 от 05.05.2023 г.

7. Подана заявка на проведение экспертизы на получение 1 (одного) патента Республики Казахстан «Ветроэлектрическая станция». Заявке присвоен регистрационный номер №2023/0407.1 от 09.06.2023 г.

Подача заявок на патенты Евразийской патентной организации:

8. Подана заявка на получение 1 (одного) патента Евразийской патентной организации «Ветрогенератор с изменяемым моментом вращения ветроколеса». Евразийской заявке присвоен в ЕАПВ регистрационный номер 202391983 от 08.08.2023 г.

9. Подана заявка на получение 1 (одного) патента Евразийской патентной организации «Ветроэлектрическая станция». Заявке присвоен номер KZ2023/054 от 24.07.2023 г.

Информация для потенциальных пользователей: Для распространения результатов работ среди потенциальных пользователей, сообщества ученых и широкой общественности, результаты проекта будут докладываться на научных конференциях, семинарах, форумах, публиковаться в отечественных и зарубежных изданиях.

Дополнительная информация: Будет получен высокий социальный и экономический эффект.