

# Разработка программы цифровой реализации для функции разворота усилителей ветропотока

<sup>1</sup>ХАБДУЛЛИН Асет Бакирович, PhD, старший преподаватель, a.khabdullin@kazatu.edu.kz,

<sup>1</sup>ТАТКЕЕВА Галина Галимзяновна, д.т.н., зав. кафедрой, tatkeeva@mail.ru,

<sup>1</sup>БАУЫРЖАНҰЛЫ Мәди, магистр, старший преподаватель, m.bauyrrzhanuly@kazatu.edu.kz,

<sup>2\*</sup>АЛИНА Гаухар Жуманжапаровна, докторант, diamond\_gaxa@mail.ru,

<sup>1</sup>АСАИНОВ Гибрат Жоламанович, PhD, старший преподаватель, asainovgibrat@gmail.com,

<sup>1</sup>НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Казахстан, Астана, пр. Женис, 62,

<sup>2</sup>НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», Казахстан, Астана, ул. Сатпаева, 2,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** Использование технических и программных средств для контроля и принятия решения по оптимизации процесса производства электроэнергии поможет решить проблему ограниченности экономических и трудовых ресурсов. Результаты, полученные в ходе данного исследования, позволяют решить проблему экономии электроэнергии в городах Казахстана. Пока существуют только крупные ветряные электростанции, что не всегда приемлемо в простых городских условиях. Более того, разработанное в ходе исследования программное обеспечение позволит осуществлять автономный контроль и анализ поведения ветряной электростанции с учетом различных погодных условий. Осуществлено построение системы принятия решений по управлению щитовыми конструкциями ветряного генератора. По результатам экспериментов установлено, что автоматическое управление щитовыми конструкциями позволяет специалистам увеличить мощность на 25%. Таким образом, выявлена нелинейная зависимость между мощностью вырабатываемой энергии, скоростью и направлением ветра.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, машинное обучение, web-приложение, Django, Arduino, ветер, «зеленая» энергетика, цифровая платформа.

## Введение

Данное исследование посвящено разработке программного обеспечения для повышения эффективности автономных ветрогенерирующих подстанций с использованием панельных конструкций, что позволит использовать энергию ветра для выработки электроэнергии с минимальными потерями и для жизнеобеспечения зданий и сооружений, которое выполнено в рамках научно-исследовательской работы АР14871978 грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан. В ходе работы был разработан программно-аппаратный комплекс с функциональной схемой для проведения экспериментальных измерений. В работе также описан процесс моделирования ветрогенерации, сбора и передачи данных в реальном времени на веб-сервер по HTTP-протоколу.

**Целью** исследования является создание экспериментальной площадки для сбора и хранения данных в режиме реального времени, передаваемых с датчиков скорости и направления ветра, а также прототипирование системы

ветрогенерации.

Таким образом, планируется подготовить цифровую платформу для дальнейшего моделирования направления ветровых потоков по полученным данным для усиления самого ветрового потока и проектирования ветрогенератора.

Планируется подготовить цифровую платформу для моделирования направления ветровых потоков по полученным данным для усиления самого ветрового потока. Провести сравнительное исследование экспериментальных характеристик (скорость и направление ветра). На основе полученных данных с системы ветрогенерации разработать интеллектуальную систему для управления и оптимизации процесса генерации энергии.

### Задачи исследования

Для достижения цели решаются следующие задачи:

- Проведение сравнительного исследования экспериментальных характеристик (скорость и направление ветра). Разработка моделей и методов, выявляя зависимости и закономерности процесса оптимизации генерации энергии.

- Провести разведывательный анализ данных:

выбор наиболее важных переменных, обнаружение отклонений и аномалий, проверка основных гипотез, разработка начальных моделей;

- Определение типа задачи прогнозирования;
- Разработка алгоритма управления интеллектуальной системой;

- Смоделировать направление ветрового потока и тем самым увеличить ветровой поток для ветрогенератора в моделируемой среде;

- Разработать скрипт приема и обработки данных, получаемых в режиме реального времени с датчиков информации;

- Разработать веб-приложение для мониторинга данных о ветроэнергетике.

- Разработать автоматизированный механизм управления щитовыми конструкциями ветрогенератора с системой поддержки принятия решений.

Предпосылкой для реализации данного исследования послужило создание ветроустановки на базе панельных установок для повышения эффективности выработки электроэнергии. Несомненным преимуществом перед существующими разработками является возможность работы установки автономно. В [1] проведен анализ данных о ветре с целью определения потенциального места применения энергии ветра. Исследование сопровождалось введением нового метода оценки классификации бортов на основе таких факторов, как сила ветра, турбулентность. Однако это исследование не имело практической составляющей в виде программного обеспечения для получения постоянно актуальных данных. В другом замечательном примере [2] обсуждается разработка IoT-системы для мониторинга параметров погоды и газообразных загрязнителей в воздухе с помощью веб-приложения. В статье представлена методика отправки всех данных параметров. Существенным недостатком данной работы является отсутствие применения полученных результатов для конкретной отрасли, в данном случае энергетики.

В [3] предложены методы разработки алгоритмов мониторинга параметров в реальном масштабе времени. Следует отметить, что платформа, на которой разрабатывалась программная часть, не является кроссплатформенной, поэтому возникает проблема внедрения и сопровождения.

В работе [4] рассматривается разработка системы дистанционного управления сельскохозяйственными работами с использованием аппаратной платформы на базе микроконтроллера Raspberry Pi. Результатом этого исследования стало изобретение АГРИПИ, однако оно решает узкий круг задач, касающихся проблем сельского хозяйства. В работе [5] рассмотрен проект системы мониторинга гидропонного процесса посадки на базе Интернета вещей, где в качестве основного контроллера используется плата микроконтроллера ESP32. В этом случае параметрами, которые отслеживались и собирались, были условия ги-

дропонной среды для выращивания. Достижения в области технологий упростили внедрение IoT, например, как авторы [6] разработали систему безопасности, с помощью которой можно контролировать жилые дома. Авторы [7] решили проблему управления кондиционированием воздуха, предложив систему, способную заставить вентилятор работать по принципу автоматического включения/выключения и регулирования скорости вращения двигателя в соответствии с требованиями температуры в помещении. В [8] предложена система передачи данных, передаваемых от датчиков, к микроконтроллеру по беспроводной сети.

Оценка погодных условий также полезна при определении потенциала использования энергии ветра. Разработать теорию генерации энергии ветра [9, 10], а именно планирование хранения энергии базовых станций, оценку отходов лопастей в Германии. Эффективность возобновляемых источников энергии рассматривалась в [11]. По вопросу полностью возобновляемой энергетики в США были изучены работы [12].

Исследование позволит решить задачу выявления наличия закономерностей и зависимостей между значениями скорости и направления ветра и мощностью вырабатываемой энергии.

Есть модель нестандартной ветряной электростанции, которая включает в себя ветряную электростанцию и щитовые конструкции. Ветряная электростанция представляет собой полотно с группой лопастей, на передаточных механизмах расположено. Энергия, вырабатываемая этими лопастями, передается через редуктор и накапливается в специальной батарее. Щитовые конструкции предназначены для увеличения ветрового потока и позволяют значительно повысить КПД ветроустановок, ничего не меняя в их конструкции.

При разработке программно-аппаратного комплекса основной упор будет сделан на простоту освоения и масштабируемость. Программная часть должна была иметь возможность автоматически регулировать щитовые конструкции ветрогенератора, а также увеличивать ветровой поток в районе его расположения с целью получения максимальной мощности тока.

Сервоприводы установлены с 4 сторон макета ветрогенераторной установки и управляются стандартным способом с помощью программного скрипта поворачивания на нужный угол. Логика управления сервоприводами заложена в специальном скрипте, написанном на C++ для скетча Arduino. Схема расположения сервоприводов для щитовых конструкций ветрогенераторной установки изображена на рисунке 1.

Для разработки программно-аппаратного комплекса был использован электронный конструктор, платформа быстрой разработки электронных устройств – микроконтроллер Arduino Mega 2560. Схема подключения аппаратной части

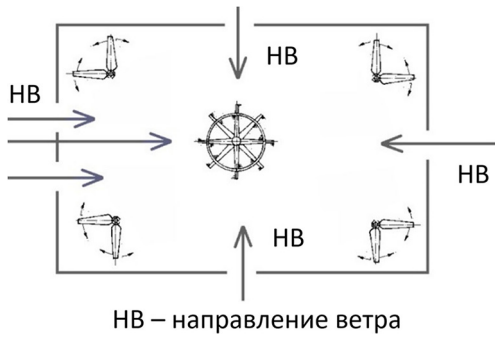


Рисунок 1 – Схема расположения ветрогенераторной установки

показана на рисунке 2.

Данные скорости и направления ветра одновременно передаются на веб-сервер через HTTP-метод GET в виде строковых параметров, после чего веб-сервер приступает к их обработке в режиме реального времени. Схема передачи данных изображена на рисунке 3.

Для хранения поступающих показаний была создана реляционная база данных на основе СУБД PostgreSQL, состоящая из двух таблиц: indications, rotations. Структура таблиц базы данных приведена в таблицах 1 и 2.

Линейный алгоритм движения потока данных изображена на рисунке 4.

Алгоритм хода процессов изображен на рисунке 5.

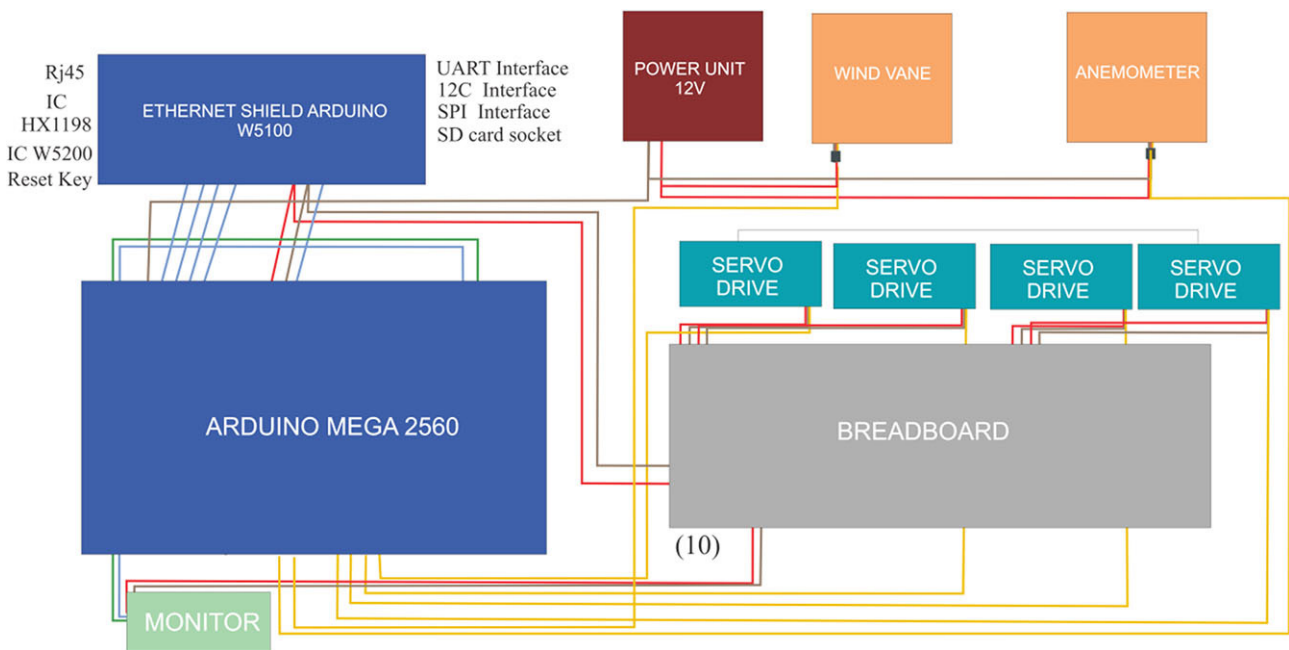


Рисунок 2 – Схема подключения аппаратной части

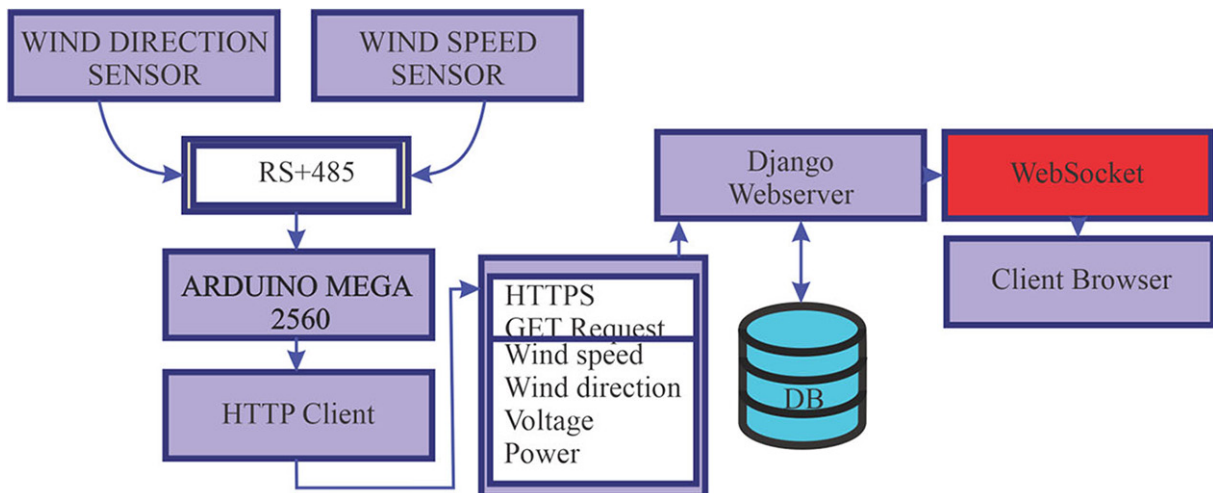


Рисунок 3 – Схема передачи данных

Поле	Тип
id	Integer, Primary key
wind_speed	Float
wind_direction	Integer
power	Float
voltage	Float
date_time	Datetime

Поле	Тип
id	Integer, Primary key
servo_motor_1	Integer
servo_motor_2	Integer
servo_motor_3	Integer
servo_motor_4	Integer
indication_id	Integer, Foreign key



Рисунок 4 – Алгоритм движения потока данных

Согласно направлению и скорости ветра изменяются положения щитов с помощью вращения сервоприводов на определенный угол. Здесь важно отметить, что в данном исследовании осуществлялся именно сбор данных, поэтому величина угла поворота каждого сервопривода была экспериментальной. Решение о вращении нужного сервопривода исходило из направления ветра. При процессе вращения также учитывалась величина мощности, вырабатываемой ветрогене-

раторной установкой. Вращение имело постепенный характер с шагом 10 градусов и временным интервалом 10 секунд. Если в течение 10 секунд вырабатываемая мощность увеличивалась на соответствующую величину, то вращение продолжалось, и наоборот, при уменьшении мощности, сервопривод возвращался в исходное положение.

Бэкенд веб-приложения был разработан на фреймворке Django языка программирования Python. При разработке использовался паттерн Model-Template-View (MTV), который подразумевает разделение проекта на слои бизнес-логики, доступа к данным и клиентской части.

Мониторинг данных осуществлялся в режиме реального времени с помощью протокола вебсокетов. Логика функции мониторинга разработана с помощью библиотеки asyncio языка Python. В веб-приложении реализована возможность визуализации параметров в виде таблиц и графиков, полученных с датчиков.

Этот тест был проведен, чтобы выяснить, может ли основная схема контроллера в этом случае Arduino Uno с Ethernet Shield функционировать должным образом или нет. Тест включал тест подключения Arduino к последовательному порту компьютера и добавленному Ethernet Shield на плате Arduino. Цель состоит в том, чтобы добавить возможности Arduino для подключения к компьютерным сетям.

Чтобы проверить соединение Arduino, USB-кабель подключается от компьютера к серии Arduino, затем запускается программное обеспечение Arduino IDE. Если Arduino подключен к компьютеру, Arduino IDE предоставляет соединение через последовательный порт на компьютере, который использует Arduino. Для теста с Ethernet Shield модуль подключается путем размещения печатной платы Ethernet Shield на плате Arduino. Кабель UTP с разъемом RJ-45, пересеченный кроссовером, соединял локальные хост-компьютеры с Ethernet Shield. В Arduino IDE были загружены примеры программ из библиотеки Ethernet, IP-адрес компьютера с Ethernet Shield, настроенного на одну сеть. Если Arduino работает правильно, на мониторе Arduino IDE будет отображаться соединение, а на последовательной ширине монитора отображается порт, используемый Arduino, как

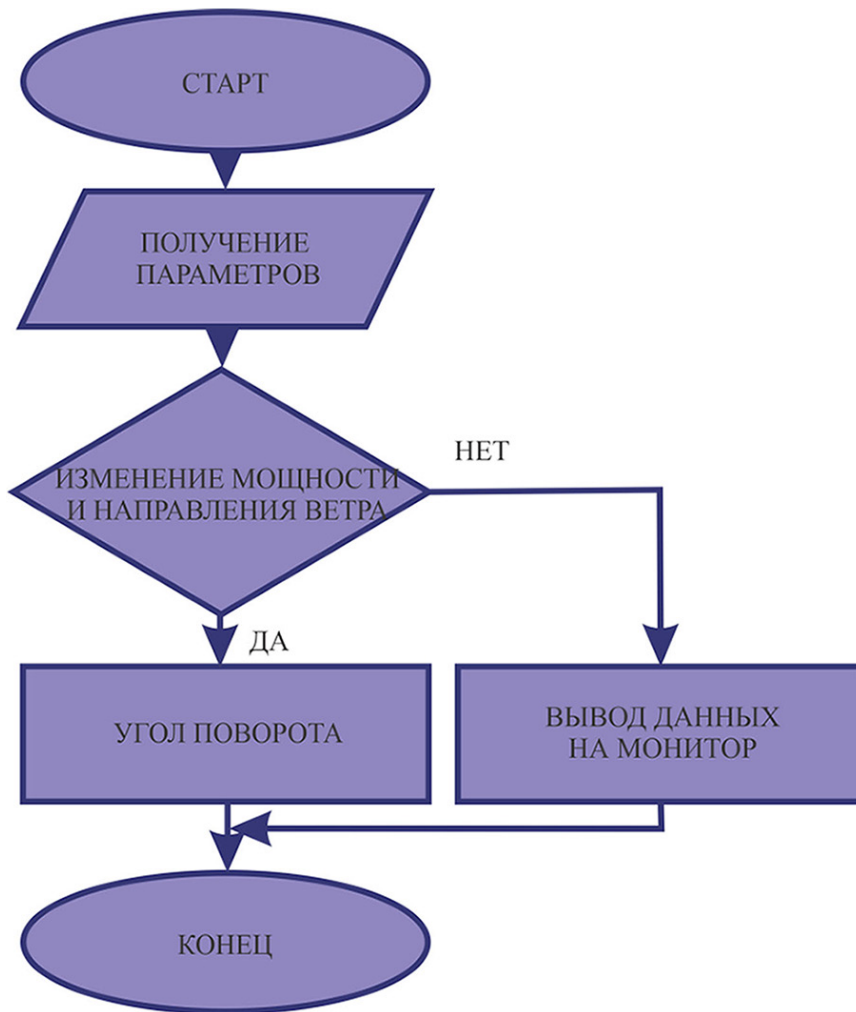


Рисунок 5 – Алгоритм работы программы

показано на рисунке 2.

Направление ветра тестировалось подключением датчика направления ветра к аналоговому входу микроконтроллера Arduino. Скрипт получения данных с этого датчика показан в программном коде:

```
int VaneValue = analogRead(A1);
int Direction = map(VaneValue, 0, 1023, 0, 360);
Serial.println(Direction);
```

Как показано в программном коде, диапазон значений из 0-1023 пропорционально преобразовывается в диапазон от 0 до 360, что соответствует направлению ветра, где 0 настроен на север.

Тестирование веб-приложения осуществлялось при помощи инструмента тестирования фреймворка Django. Для тестирования использовались юнит-тесты и интеграционные тесты. Вид формы пользовательского интерфейса веб-приложения показан на рисунке 6.

На рисунке 7 видно как меняется скорость ветра с применением щитов.

На рисунке 8 видна разница выходного напряжения.

На рисунке 9 изображен график мощности.

Всего за время моделирования было собрано

350 тысяч записей в базе данных. Фрагмент собранных данных приведен в таблицах 3 и 4.

Далее приведена интерпретация результатов по полученным данным.

### Заключение

Согласно полученным данным, можно сказать, что вырабатываемая мощность увеличивается примерно на четверть от той, замеры которой производились без применения боковых щитовых конструкций. Это, в первую очередь, позволяет говорить о том, что имеет место утверждение об эффективности применения щитовых конструкций для выработки электрической энергии с помощью ветра.

Проведенные эксперименты показали, что эффективность применения щитовых конструкций и использование программно-аппаратного комплекса для управления ими повышает мощность вырабатываемой энергии ветра. Мониторинг данных в режиме реального времени с помощью разработанного веб-приложения позволяет своевременно реагировать на изменения метеоданных, а именно, скорости и направления ветра. Создание централизованной базы данных откры-

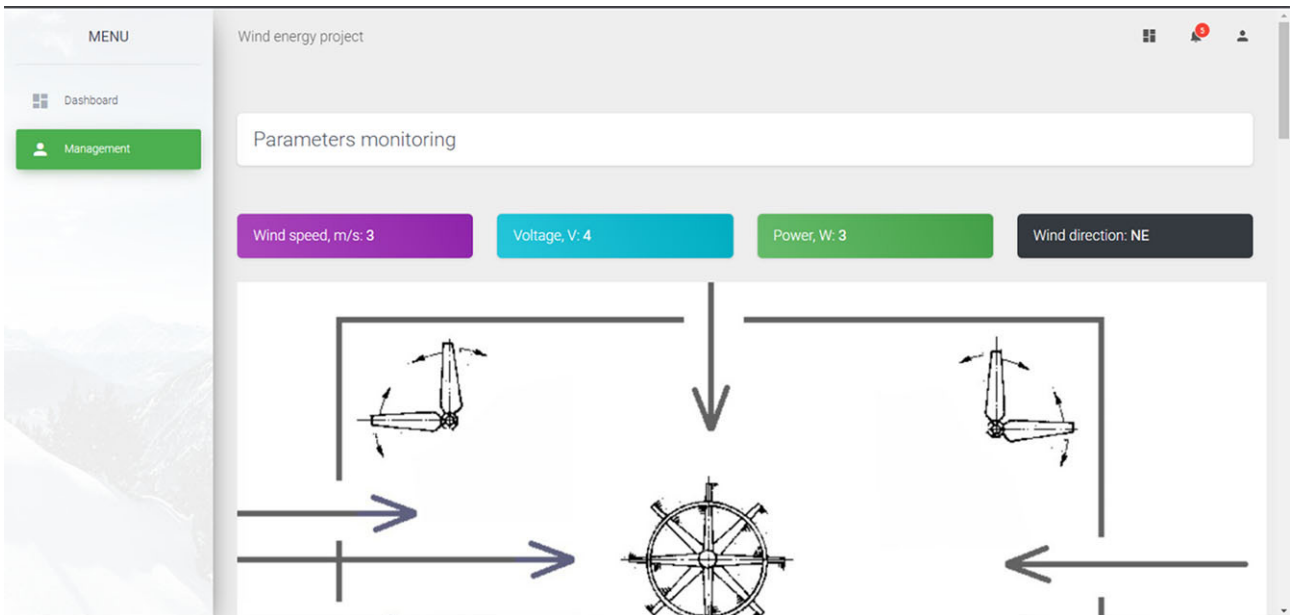


Рисунок 6 – Тест веб-приложения

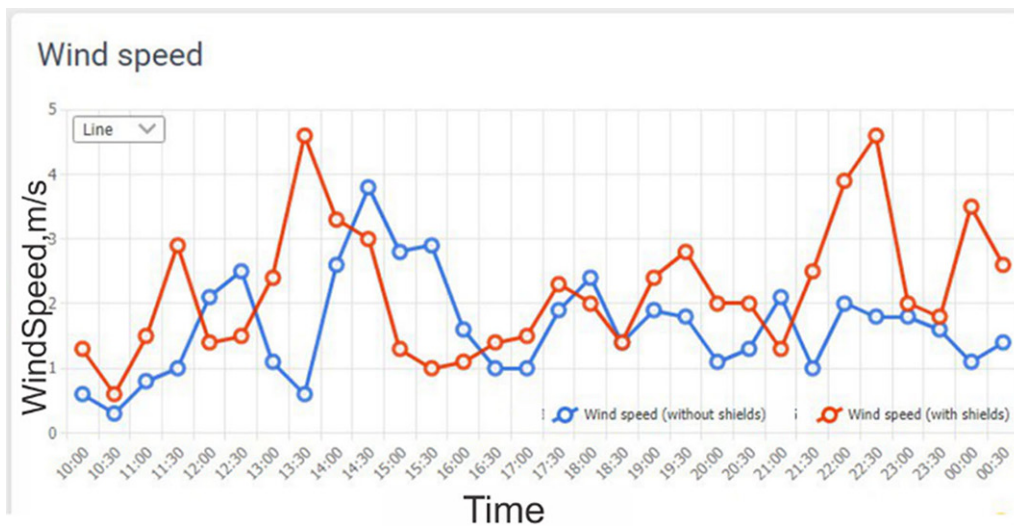


Рисунок 7 – Эффективность применения щитов усиления ветра

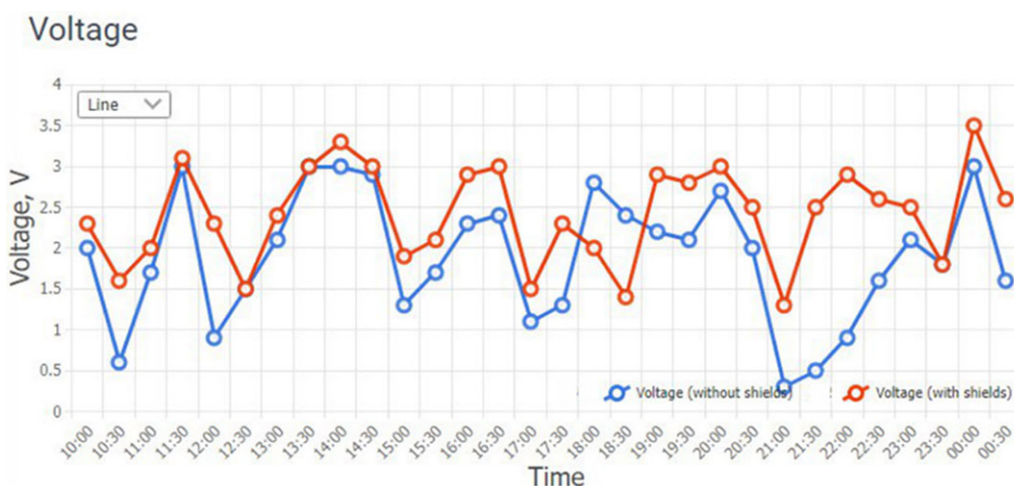


Рисунок 8 – Разница выходного напряжения

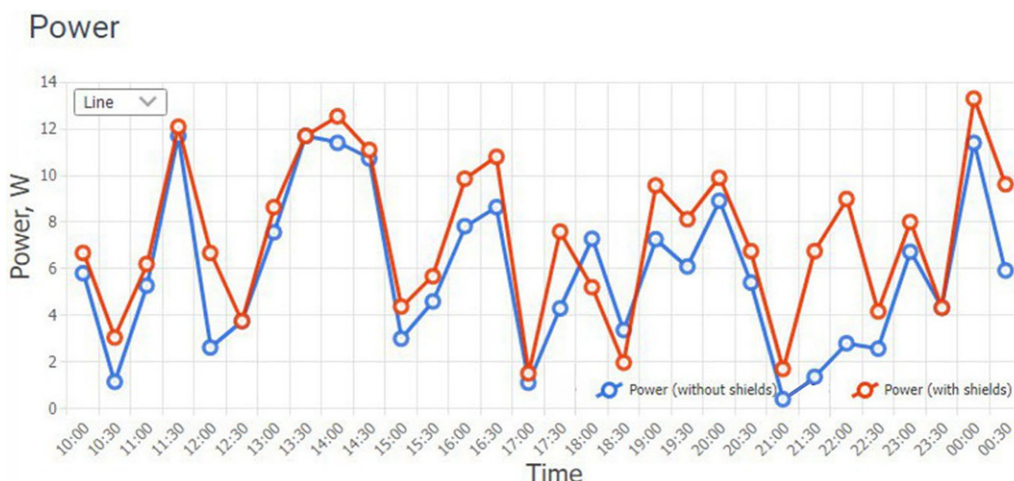


Рисунок 9 – Расчет мощности

Таблица 3 – Фрагмент полученных данных без применения щитовых конструкций

Время	Скорость ветра, м/с	Направление ветра N – север S – юг W – запад E – восток	Мощность, W	Напряжение, V
10:00	0.6	SW	5.8	2.0
10:30	0.3	SW	1.1	0.6
11:00	0.8	S	5.3	1.7
11:30	1.0	S	11.7	3.0
12:00	2.1	SW	2.6	0.9
12:30	2.5	S	3.8	1.5
13:00	1.1	SW	7.6	2.1

Таблица 4 – Фрагмент полученных данных

Время	Скорость ветра, м/с	Направление ветра N – север S – юг W – запад E – восток	Мощность, W	Напряжение, V
10:00	1.3	SE	6.7	2.3
10:30	0.6	S	3.0	1.6
11:00	1.5	SE	6.2	2.0
11:30	2.9	SE	12.1	3.1
12:00	1.4	S	6.7	2.3
12:30	1.5	S	3.8	1.5
13:00	2.4	SE	8.6	2.4

вает возможности объединить несколько таких ветрогенераторных установок в единый комплекс управления генерацией электроэнергии.

Применение программно-аппаратного ком-

плекса для управления щитовыми конструкциями ветрогенераторной установки позволит решить снизить энергозатраты, что в конечном итоге будет выгодно экономически.

Благодаря полученным в процессе моделирования данным можно будет в будущем провести интеллектуальный анализ для выявления зако-

номерностей и зависимостей между величинами вырабатываемой мощности, скорости и направления ветра.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Strickland, M.D., E.B. Arnett, W.P. Erickson, D.H. Johnson, G.D. Johnson, M.L., Morrison, J.A. Shaffer, W. Warren-Hicks. «COMPREHENSIVE GUIDE TO STUDYING WIND ENERGY/WILDLIFE INTERACTIONS». National Wind Coordinating Collaborative, 2011.
2. Megantoro P., Pramudita B.A., Vigneshwaran P., Yurianta A., Winarno H.A. Real-time monitoring system for weather and air pollutant measurement with html-based ui application (2021) Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, 10 (3), pp. 1669-1677, DOI: 10.11591/eei.v10i3.3030.
3. S. Navulur, A.S. C.S. Sastry, and M.N. Giri Prasad, «Agricultural management through wireless sensors and internet of things», Int. J. Electr. Comput. Eng., vol. 7, no. 6, pp. 3492-3499, 2017, doi: 10.11591/ijece.v7i6.pp3492-3499.
4. Megantoro P., Prastio R.P., Kusuma H.F.A., Abror A., Vigneshwaran P., Priambodo D.F., Alif D.S. Instrumentation system for data acquisition and monitoring of hydroponic farming using ESP32 via Google Firebase (2022) Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 27 (1), pp. 52-61, DOI: 10.11591/ijeecs.v27.i1.pp52-61.
5. T. Chaudhuri, V. Nyamati and K. Jayavel, «Design and implementation of IoT framework for Home Automation and Monitoring», 2018 2nd International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)-I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), 2018 2nd International Conference on, 2018, pp. 5-11, doi: 10.1109/I-SMAC.2018.8653724.
6. Robson W., Ernawati I., Nugrahaeni C. Design of multisensor automatic fan control system using sugeno fuzzy method (2021) Journal of Robotics and Control (JRC), 2 (4), pp. 302-306, DOI: 10.18196/jrc.2496.
7. Das B., Jain P.C. Real-time water quality monitoring system using Internet of Things (2017) 2017 International Conference on Computer, Communications and Electronics, COMPTHELIX 2017, art. no. 8003942, pp. 78-82, DOI: 10.1109/COMPTHELIX.2017.8003942.
8. Y. Peng, Y. Shi, J. Li and Y. Hu, «Optimal Scheduling of 5G Base Station Energy Storage Considering Wind and Solar Complementation», 2022 4th Asia Energy and Electrical Engineering Symposium (AEEES), 2022, pp. 384-389, doi: 10.1109/AEEES54426.2022.9759744.
9. Volk, Rebekka & Stallkamp, Christoph & Herbst, Magnus & Schultmann, Frank. (2021). Regional rotor blade waste quantification in Germany until 2040. Resources, Conservation and Recycling. 172. 105667. 10.1016/j.resconrec.2021.105667.
10. Bezrukikh P.P., Bezrukikh P.P. (Ml.), Karabanov S.M. O balansakh proizvodstva elektroenergii v mire i Rossii [On balances of electricity production in world and in Russia]. Vestnik Moskovskogo energeticheskogo instituta. Vestnik MEI, 2020, no. 4, pp. 21-28.
11. Ергешов А.А., Ергеш Н.А. Математическая модель ВЭУ на базе асинхронных машин для оценки возможности подключения и совместной работы таких ВЭУ в составе ЭЭС // ВЕСТНИК НАУКИ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА, 2018. № 2 (2). С. 56-63.
12. Быков Н.Д., Максимов Ю.П. Применение асинхронного генератора в ветроэнергетических установках // Материалы научно-практической конференции ДНИ науки студентов ИАСЭ-2020, 2020. С. 149-154.
13. Никитенко Г.В., Коноплев Е.В. Ветроэнергетические установки в системах автономного электроснабжения: Монография. – Ставрополь: Издательство «Агрус», 2008. 152 с.
14. Бубенчикова Т.В., Молодых В.О., Руденок А.И., Данилов Д.И., Шевченко Д.Ю. Выбор электрогенераторов для ВЭУ // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 12-3 (54). С. 43-50.

### **Жел ағынын күшейткіштерді бұру функциясы үшін цифрлық іске асыру бағдарламасын әзірлеу**

<sup>1</sup>**ХАБДУЛЛИН Асет Бакирович**, PhD, аға оқытушы, a.khabdullin@kazatu.edu.kz,

<sup>1</sup>**ТАТКЕЕВА Галина Галимзяновна**, т.ф.д., кафедра меңгерушісі, tatkeeva@mail.ru,

<sup>1</sup>**БАУЫРЖАНҰЛЫ Мәди**, магистр, аға оқытушы, m.bauyrrzhanuly@kazatu.edu.kz,

<sup>2</sup>**\*АЛИНА Гаухар Жуманжапаровна**, докторант, diamond\_gaxa@mail.ru,

<sup>1</sup>**АСАИНОВ Ғибрат Жоламанұлы**, PhD, аға оқытушы, asainovgibrat@gmail.com,

<sup>1</sup>«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Қазақстан, Астана, Жеңіс даңғылы, б2,

<sup>2</sup>«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Астана, Сәтпаев көшесі, 2,

\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** Электр энергиясын өндіру процесін оңтайландыру үшін бақылау және шешім қабылдау үшін техникалық және бағдарламалық құралдарды пайдалану экономикалық және еңбек ресурстарының шектеулілігі мәселесін шешуге көмектеседі. Осы зерттеу барысында алынған нәтижелер Қазақстан қалаларында электр энергиясын үнемдеу мәселесін шешуге мүмкіндік береді. Әзірге тек ірі жел электр станциялары бар, бұл қарапайым қалалық жағдайларда әрқашан қолайлы бола бермейді. Сонымен қатар, зерттеу барысында әзірленген бағдарламалық қамтамасыз ету жел электр станциясының мінез-құлқын әртүрлі ауа-райын ескере отырып, дербес бақылауға және талдауға мүмкіндік береді. Жел генераторының қалқан құрылымдарын басқару бойынша шешім қабылдау жүйесін құру жүзеге асырылды. Эксперименттердің нәтижелері бойынша қалқан конструкцияларын автоматты басқару мамандарға қуатты 25%-ға арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды. Осылайша, өндірілетін энергияның қуаты, желдің жылдамдығы мен бағыты арасындағы сызық-

тық емес байланыс анықталды.

**Кілт сөздер:** жасанды интеллект, машинамен оқыту, web-қосымша, Django, Arduino, жел, «Жасыл» энергетика, цифрлық платформа.

### **Development of a Digital Implementation Program for the Reversal Function of Wind Flow Amplifiers**

<sup>1</sup>**KHABDULLIN Asset**, PhD, Senior Lecturer, a.khabdullin@kazatu.edu.kz,

<sup>1</sup>**TATKEYEVA Galina**, Dr. of Tech. Sci., Head of Department, tatkeeva@mail.ru,

<sup>1</sup>**BAUYRZHANULY Madi**, Master, Senior Lecturer, m.bauyrrzhanuly@kazatu.edu.kz,

<sup>2</sup>**\*ALINA Gaukhar**, Doctoral Student, diamond\_gaxa@mail.ru,

<sup>1</sup>**ASSAINOV Gibrat**, PhD, Senior Lecturer, asainovgibrat@gmail.com,

<sup>1</sup>NCJSC «S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Kazakhstan, Astana, Zhenis Avenue, 62,

<sup>2</sup>NPJSC «L.N. Gumilyov Eurasian National University», Kazakhstan, Astana, Satpayev Street, 2,

\*corresponding author.

**Abstract.** The use of technical and software tools to control and make decisions to optimize the electricity production process will help solve the problem of limited economic and labor resources. The results obtained during this study solve the problem of saving electricity in the cities of Kazakhstan. So far, there are only large wind farms, which is not always available in simple urban conditions. Moreover, the software developed during the study will allow autonomous control and analysis of the behavior of the wind farm taking into account various weather conditions. Implemented a construction of decision-making system for control of wind generator panel structures. According to the results of experiments, it was found that automatic control of shield structures allows specialists to increase power by 25%. Thus, a nonlinear relationship between the power of the generated energy, wind speed and direction has been revealed.

**Keywords:** artificial intelligence, machine learning, web application, Django, Arduino, wind, Green energy, digital platform.

## REFERENCES

1. Strickland, M.D., E.B. Arnett, W.P. Erickson, D.H. Johnson, G.D. Johnson, M.L., Morrison, J.A. Shaffer, W. Warren-Hicks. «COMPREHENSIVE GUIDE TO STUDYING WIND ENERGY/WILDLIFE INTERACTIONS». National Wind Coordinating Collaborative, 2011.
2. Megantoro P., Pramudita B.A., Vigneshwaran P., Yurianta A., Winarno H.A. Real-time monitoring system for weather and air pollutant measurement with html-based ui application (2021) Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, 10 (3), pp. 1669-1677, DOI: 10.11591/eei.v10i3.3030.
3. S. Navulur, A.S. C.S. Sastry, and M.N. Giri Prasad, «Agricultural management through wireless sensors and internet of things», Int. J. Electr. Comput. Eng., vol. 7, no. 6, pp. 3492-3499, 2017, doi: 10.11591/ijece.v7i6.pp3492-3499.
4. Megantoro P., Prastio R.P., Kusuma H.F.A., Abror A., Vigneshwaran P., Priambodo D.F., Alif D.S. Instrumentation system for data acquisition and monitoring of hydroponic farming using ESP32 via Google Firebase (2022) Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 27 (1), pp. 52-61, DOI: 10.11591/ijeecs.v27.i1.pp52-61.
5. T. Chaudhuri, V. Nyamati and K. Jayavel, «Design and implementation of IoT framework for Home Automation and Monitoring», 2018 2nd International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)/I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), 2018 2nd International Conference on, 2018, pp. 5-11, doi: 10.1109/I-SMAC.2018.8653724.
6. Robson W., Ernawati I., Nugrahaeni C. Design of multisensor automatic fan control system using sugeno fuzzy method (2021) Journal of Robotics and Control (JRC), 2 (4), pp. 302-306, DOI: 10.18196/jrc.2496.
7. Das B., Jain P.C. Real-time water quality monitoring system using Internet of Things (2017) 2017 International Conference on Computer, Communications and Electronics, COMPTTELIX 2017, art. no. 8003942, pp. 78-82, DOI: 10.1109/COMPTTELIX.2017.8003942.
8. Y. Peng, Y. Shi, J. Li and Y. Hu, «Optimal Scheduling of 5G Base Station Energy Storage Considering Wind and Solar Complementation», 2022 4th Asia Energy and Electrical Engineering Symposium (AEEES), 2022, pp. 384-389, doi: 10.1109/AEEES54426.2022.9759744.
9. Volk, Rebekka & Stallkamp, Christoph & Herbst, Magnus & Schultmann, Frank. (2021). Regional rotor blade waste quantification in Germany until 2040. Resources, Conservation and Recycling. 172. 105667. 10.1016/j.resconrec.2021.105667.
10. Bezrukikh P.P., Bezrukikh P.P. (M.I.), Karabanov S.M. O balansakh proizvodstva elektroenergii v mire i Rossii [On balances of electricity production in world and in Russia]. Vestnik Moskovskogo energeticheskogo instituta. Vestnik MEI, 2020, no. 4, pp. 21-28.
11. Ergeshov A.A., Ergesh N.A. Matematicheskaya model' VEU na baze asinhronnyh mashin dlya ocenki vozmozhnosti podklyucheniya i sovmestnoj raboty takih VEU v sostave EES // VESTNIK NAUKI YUZHNOGO KAZAHSTANA, 2018. No. 2 (2). Pp. 56-63.
12. Bykov N.D., Maksimov YU.P. Primenenie asinhronnogo generatora v vetroenergeticheskikh ustanovkakh // Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii DNI nauki studentov IASE-2020, 2020. Pp. 149-154.
13. Nikitenko G.V., Konoplev E.V. Vetroenergeticheskie ustanovki v sistemah avtonomnogo elektrosnabzheniya. Monografiya. – Stavropol': Publ. «Agrus», 2008. 152 p.
14. Bubenchikova T.V., Molodyh V.O., Rudenok A.I., Danilov D.I., Shevchenko D.YU. Vybor elektrogeneratorov dlya VEU // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2016. No. 12-3 (54). Pp. 43-50.