

УДК 620.9+327

Квасов Андрей Иванович

Восточно-Казахстанский Государственный

Технический Университет

Республика Казахстан, Усть-Каменогорск

Профессор

Доктор технических наук

e-mail: kvasov05@mail.ru

Квасов Иван Андреевич

АНО ВО «Институт экономики и антикризисного управления»

Россия, Москва

Доцент

Кандидат технических наук

e-mail: iakvasov@mail.ru

**Повышение энергоэффективности автономного объекта при
помощи SMART технологий управления**

**Increasing energy efficiency of an Autonomous object with the help of
SMART control technologies**

Аннотация

Статья посвящена проблемам повышения энергоэффективности индивидуальных автономных объектов, которые должны решаться путем интеграции производственных, автоматизированных и управленческих технологии. Получение значительного экономического эффекта обусловлено Платформенным подходом и выделением SMART центра управления, использующего программно-аппаратные средства учета, анализа и оценки данных. Данный подход апробирован на конкретном жилом доме, имеются свидетельство об программе для ЭВМ и патент, подтверждающие значимость проведенных исследований.

Abstract

The article is devoted to the problems of improving the energy efficiency of individual Autonomous objects, which should be solved by integrating production, automated and management technologies. The significant economic effect is due to the Platform approach and the allocation of a SMART control center using software and hardware accounting, analysis and evaluation of data. This approach has been tested on a particular residential building, there is a certificate of the computer program and a patent confirming the importance of the research.

Ключевые слова

Повышение энергоэффективности, платформенный подход, информационные технологии, цифровая экономика, индивидуальный автономных объект, автоматизация, интеграция технологий, синергетический эффект, программное обеспечение.

Keyword

Energy efficiency improvement, platform approach, information technology, digital economy, individual Autonomous object, automation, technology integration, synergetic effect, software.

Вопросы повышения энергоэффективности уже достаточно давно находятся в центре внимания руководства страны. В частности, В.В. Путин еще в 2008 году поставил задачу «...обеспечить снижение энергоемкости ВВП к 2020 году на 40%». Причем было уточнено, что речь, прежде всего, идет о создании новых технологичных сфер бизнеса и модернизации. В дальнейшем Президент давал поручение российскому правительству уделять особое внимание повышению энергоэффективности экономики, в том числе созданию возобновляемых источников энергии как при разработке всех документов стратегического планирования, так и планов действий правительства до 2025 годы. На заседаниях Правительства РФ проблемы

повышения энергоэффективности поднимаются не реже двух раз в год, где с отчетным докладом и планом действий на будущее традиционно выступают Министр экономического развития и Министр энергетики.

Несмотря на сложность и многоаспектность поставленных задач можно отметить два ключевых направления их решения:

- полномочия по управлению энергосбережением и энергоэффективностью, а также повышенная ответственность переносятся на региональный и местный уровень;
- инструментами повышения энергоэффективности являются программно-целевой и платформенный подход.

Министерство энергетики РФ ежегодно представляет рейтинг энергоэффективности российских регионов, особенностями последнего явилось то, что с одной стороны все субъекты федерации были разбиты на 3 группы по показателю бюджетной обеспеченности, а с другой место в классификации в большей степени зависит от управленческих усилий властей. На наш взгляд, удачно была сформулирована цель составления рейтинга – активизировать работу местных властей в области повышения энергоэффективности бюджетного сектора.

Лидером как своей группы (регионов с высокой бюджетной обеспеченностью), так и всего рейтинга, стал Санкт-Петербург. Это обусловлено, главным образом, высокими темпами внедрения индивидуальных тепловых пунктов с автоматическим погодным регулированием (АИТП) в бюджетном секторе. Кроме того, по показателю энергоэффективности теплоснабжения бюджетного сектора Северная столица – абсолютный лидер (набраны 9,6 балла из 10 возможных). Мы склонны считать, что такие результаты были показаны потому, что в городе была установлена практика включения доли внедрения АИТП в суммарный показатель КРІ глав администраций муниципальных районов. Кроме того, Комитет по энергетике и инженерному обеспечению г. Санкт-Петербурга

имеет самостоятельно разработанную комплексную программу развития систем коммунальной инфраструктуры до 2025 года.

Анализ указанного рейтинга, а также управленческих практик энергообеспечения регионов властей, проведенный в [1] анализ, показал, что успешные субъекты федерации (города) концентрируют внимание в области энергосбережения (кроме использования АИТП) еще в двух направлениях – внедрении светодиодных технологий в освещении (поскольку они в 10 раз эффективнее ламп накаливания и в 3-4 раза лучше люминесцентных) и использовании администрацией энергосервисных договоров, позволяющих за счет взятых кредитов поставить оборудование и технологии, а потом погасить эти кредиты вследствие экономии света и тепла.

Энергоэффективность – одна из самых молодых областей (сфер) национальной экономики. Она формируется на стыке как традиционных отраслей, так совершенно новых, сформированных в рамках «цифровой экономики». Однако, ошибкой будет внедрение передовых [2], но уникальных и не интегрируемых друг с другом решений, продуктов, технологий. Поэтому, абсолютно правильным, на наш взгляд, является использование платформенного подхода, всем участникам отрасли предлагается прозрачная, понятная, описанная стандартами цифровая среда взаимодействия. В настоящее время, в электроэнергетике реализуется 4 технологические платформы, так или иначе связанные с повышением энергоэффективности. Считаем, что только в рамках технологической платформы, с обязательным выделением центра SMART – управления [3] возможно получение системного синергетического эффекта. Синергетический эффект повышения энергоэффективности получается за счет объединения в одну систему двух технологических контуров – производственного и управленческого. Только при совместном использовании производственно-хозяйственных и управленческих технологий на базе цифровизации и автоматизации этих процессов возможно кардинальное повышение эффективности.

Авторами [4;5] разработана система комплексного управления энергообеспечением на базе SMART технологий управления. Комбинированная автоматизированная система энергообеспечения автономного объекта использует установки, работающие на возобновляемых источниках энергии, таких как солнечная панель и ветровая установка.

В производственном контуре необходимо, выполнить оценки как потребности в электро и теплоэнергии, так и генерирующих источников, обеспечивающих требуемую нагрузку. Для чего нужно выбрать имитационную модель и создать базы данных для последующего сбора соответствующей информации, а также нужных сведений о климатических характеристиках места расположения автономного объекта. Методика расчета приведена [6].

Имитационная модель системы электроснабжения, представлена на рисунке 1 и реализованная в программе SimPowerSystems пакета MatLab.

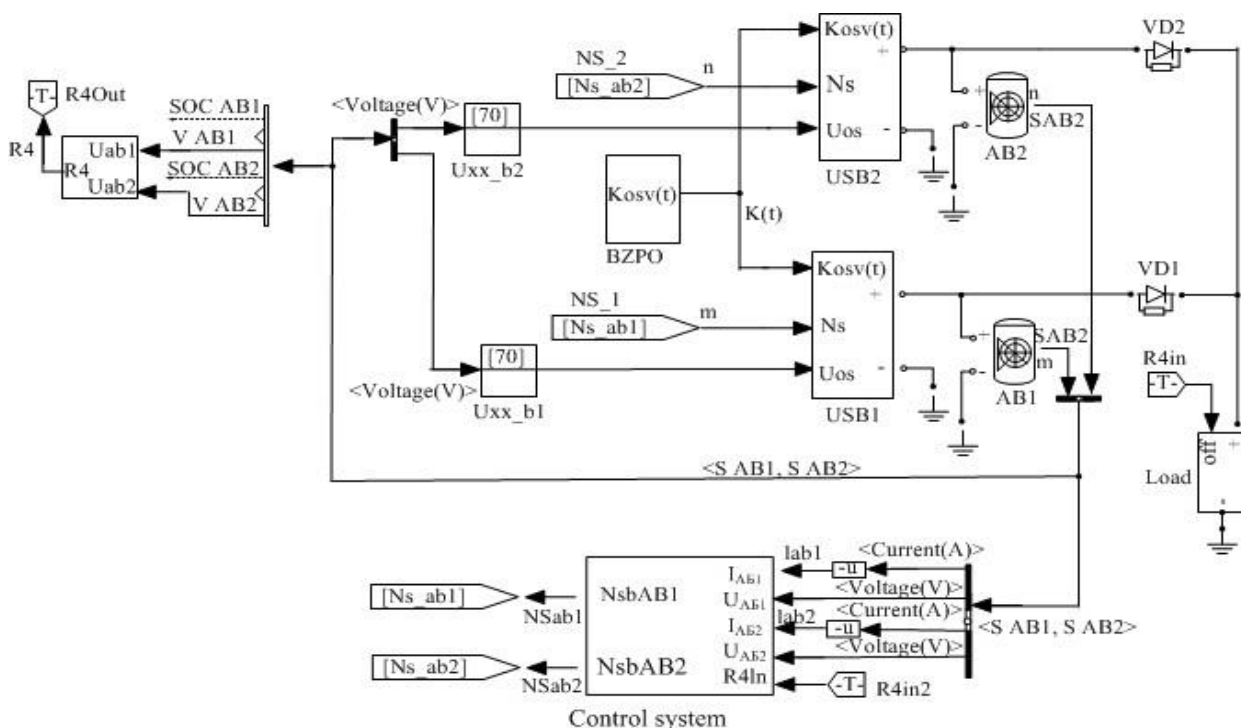


Рис. 1. Имитационная модель в программном пакете MatLab

Модель нагрузки Load состоит из блоков программы Simulink и SimPowerSystems и представляет собой зависимый источник тока,

реализующий функцию преобразования одной энергии в другую. Функция мощности $P(t)$ задана в виде прямоугольных импульсов, а напряжение $U(t)$ поступает с датчика напряжения выходной шины.

Оценка освещенности проведена на основе моделирования коэффициента освещенности $K(t)$ реализованного в блоке программы Simulink и зависящего от изменение угла наклона плоскости солнечной панели к лучу солнца (см. рис. 2).

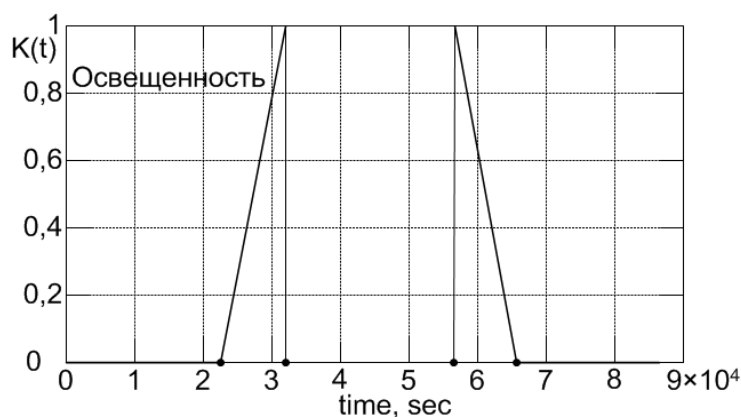


Рис. 2. Оциллограмма модели циклограммы освещенности солнечной панели

Весь производственный контур состоит из генерирующих источников (возобновляемых источников энергии), резервных (аварийных) источников энергии – аккумуляторных батарей (АБ). Возобновляемыми источниками энергии выбраны солнечные панели (СП), ветровая установка (ВУ). По мере необходимости эти оборудования могут работать одновременно и каждый по отдельности. Все данные о работе системы энергообеспечения передаются в систему управления энергообеспечения (СУ СЭО) Структура модели системы энергообеспечением (производственный контур) на рисунке 3.

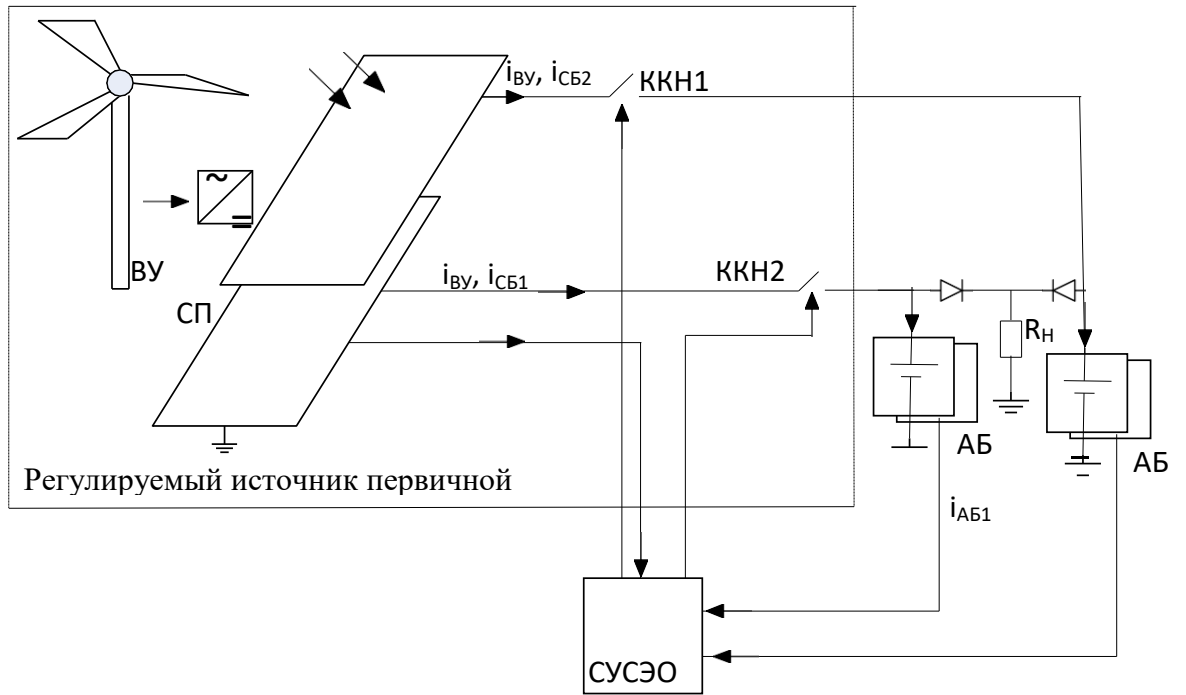
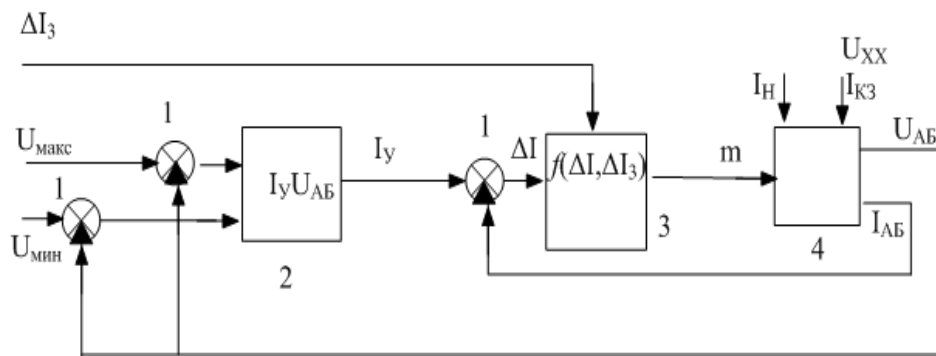


Рис. 3. Структура модели системы энергообеспечения

Для индивидуального типового дома площадью 100 м^2 в результате расчетов выбраны стандартные аккумуляторные батареи (АБ) в количестве 4 штук, которых образуют две последовательно соединенные пары, для образования напряжения 24В , расположенные друг к другу параллельно.

Уровень заряда аккумуляторной батарей организовано по принципу подчиненного регулирования напряжения АБ, структурная схема которого показано на рисунке 4. В нормальном режиме работы принцип действия системы электроснабжения основан на поддержании достаточного уровня мощности на шинах аккумуляторов.



1 – задатчик, 2 – регулятор $I_y (U_{АБ})$, 3 – регулятор тока, 4 – система электроснабжения

Рис. 4 Структурная схема подчиненного регулирования напряжения АБ

Детально работа системы регулирования напряжения описана в [4].

Для комплексного управления и контроля системы электроснабжения используется управленческий контур, в дальнейшем именуемый как SMART технологии управления системой энергообеспечения автономного объекта.

В состав SMART технологии управления системой электроснабжения автономного объекта входят ключи коммутационной нагрузки, управляемые ключи солнечной батареи, контроллерная система управления, щит управления ключами солнечной батареи, управляющее устройство ключами коммутационной нагрузки, датчики тока аккумулятора, солнечной батареи и ветровой установки, датчик напряжения аккумуляторной батареи, блок сбора информации и источник питания. Структурная схема SMART технологии управления системой энергообеспечения автономного объекта показана на рисунке 5.

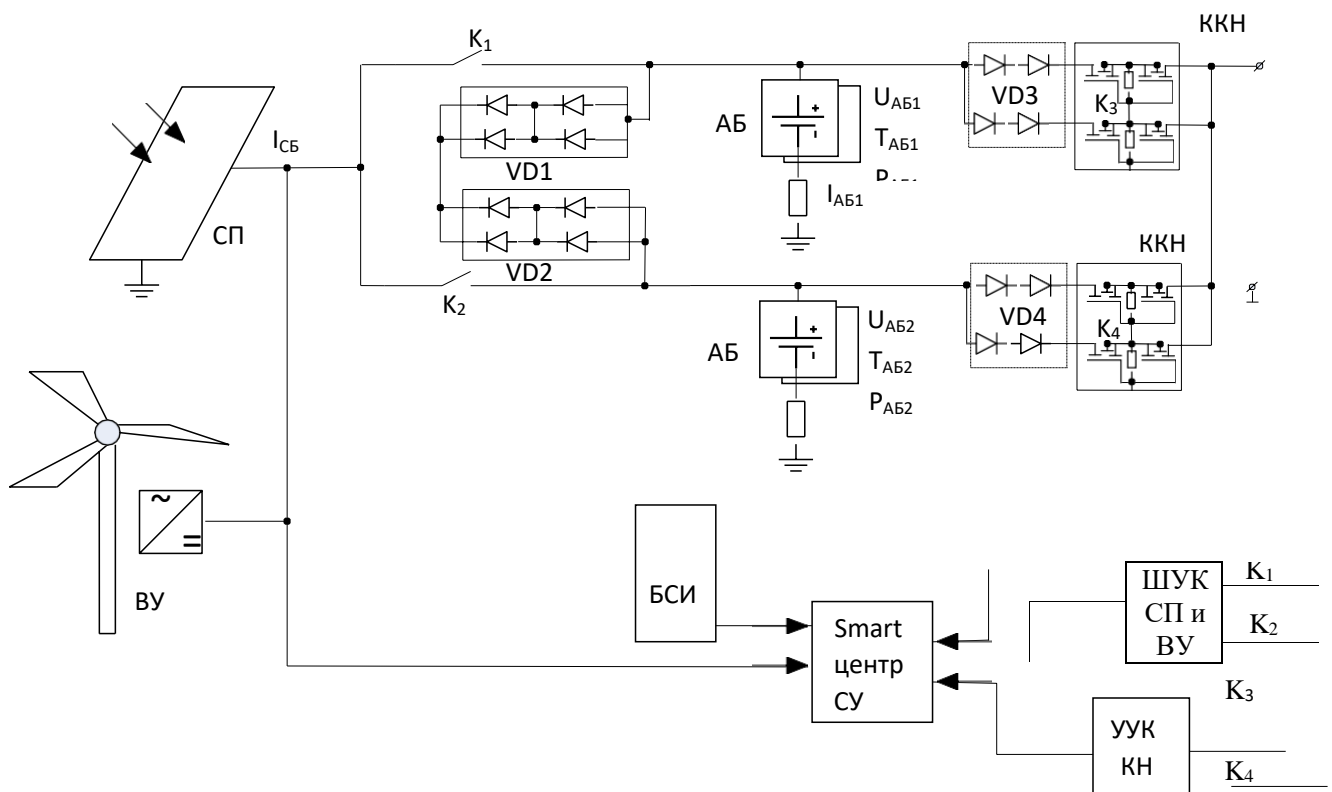


Рис. 5. Структурная схема SMART технологии управления системой электроснабжения автономного объекта

Система управления осуществляет управление силовыми ключами с помощью драйвера, расположенных в блоках ШУКСП и ВУ и УУККН.

Коммутация ключей осуществляется таким образом, что к солнечной батарее может быть подключена одна пара аккумуляторных батарей или две пары сразу в зависимости от заряда аккумуляторов. При аварийных ситуациях система электроснабжения автономного объекта осуществляется от аккумуляторных батарей или ветровой установки. В случае возникновения аварийных ситуаций в ночное время суток при снижении заряда аккумуляторных батарей формируется аварийный сигнал, который поступает в Smart центр. В свою очередь Smart центр переключает электроснабжение объекта на другой вид возобновляемого источника энергии [7].

В таком сочетании элементов система электроснабжения объектов еще не использовалась, поэтому ее исследовали с помощью имитационной модели. Структура такой модели представлена на рисунке 6 и состоит из блока – задатчика параметров СП и ВУ, имитирующего угол освещения солнечной панели скорости и ветра в процессе функционирования СЭО, имитирующего требуемую выходную нагрузку; Smart центр управления системой электроснабжения автономного объекта, имитирующего работу ключей солнечной панели и ветровой установки (КСПиВУ), работу СЭО в нормальном и аварийном режимах R и работу системы управления (СУ). В структуре имеются две аккумуляторные батареи АБ1 и АБ2, которые образуют общую шину нагрузкой R_n , изменяющейся по времени. Система управления имитационной моделью (СУ ИМ СЭО) предназначена для задания параметров названных блоков, монитор для визуализации контролируемых параметров моделируемых процессов.

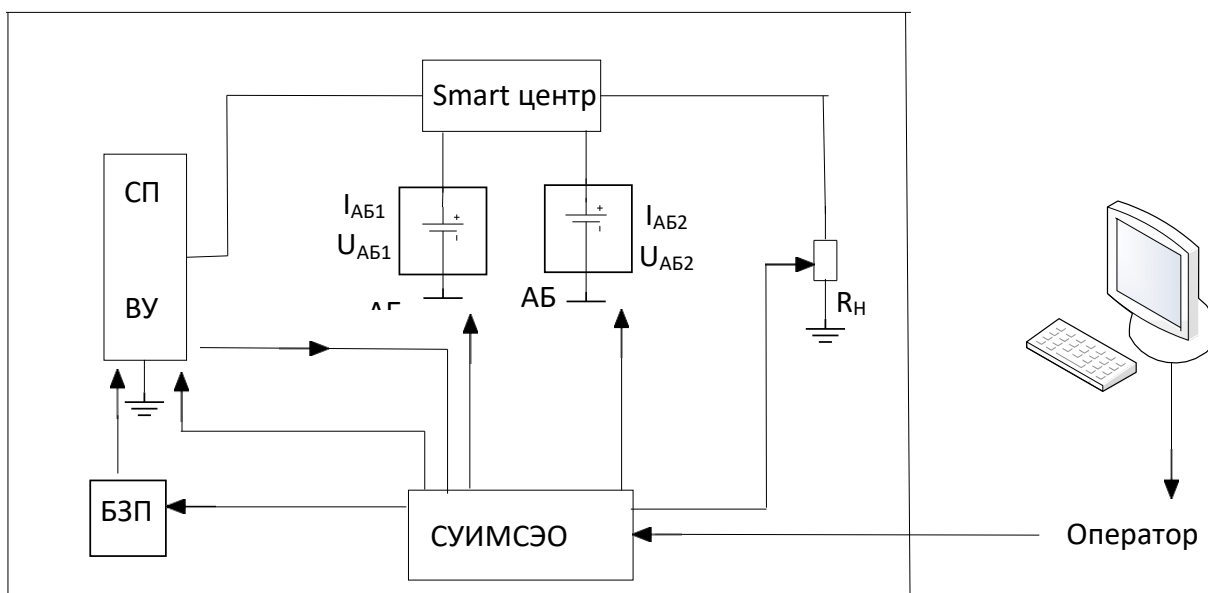


Рис. 6. Структура модели системы электроснабжения

Данная модель наглядно представляет интеграцию производственного и управленческого контура.

Чтобы модель позволяла гибко управлять ключами солнечной батареи и ветровой установки, предложена схема замещения системы энергообеспечения автономного объекта, в которой регулируемый источник первичной энергии для шин аккумуляторной батареи, замещен управляемыми солнечными батареями и ветровой установкой (см. рис. 7), которые имитируют ступенчатое увеличение или уменьшение токовой составляющей вольт – амперной характеристики солнечной батареи и ветровой установки в соответствии с внешними управленческими сигналами (m и n) и $K(t)$ – сигналом коэффициента освещенности блока - датчика параметров освещенности объекта.

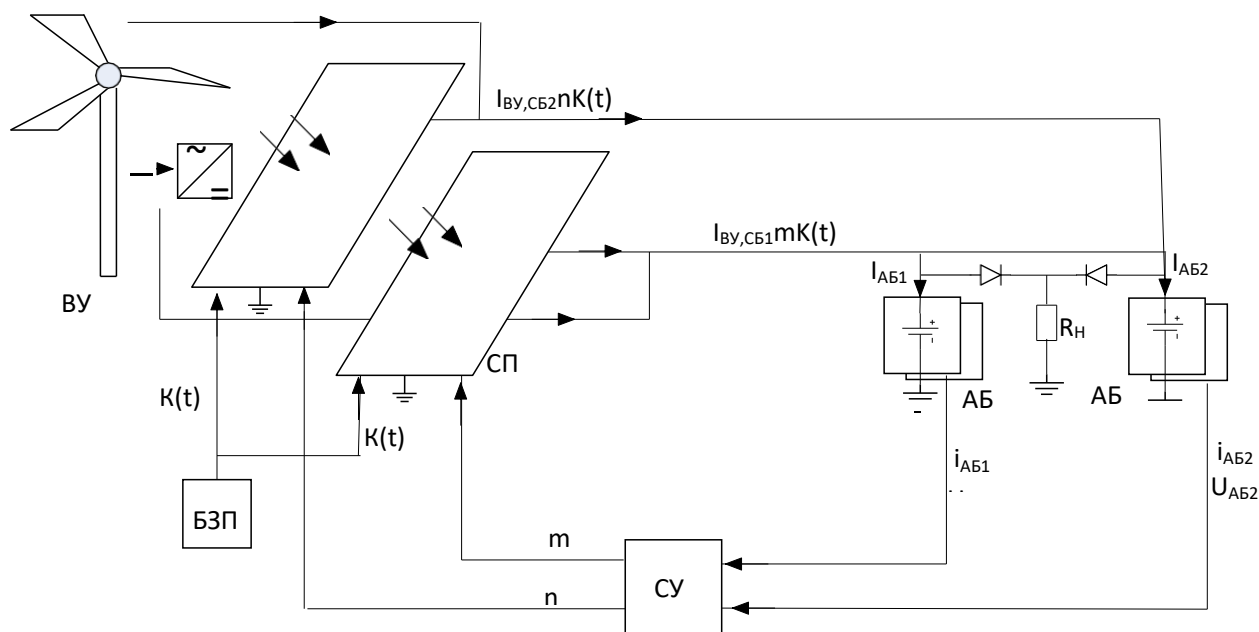


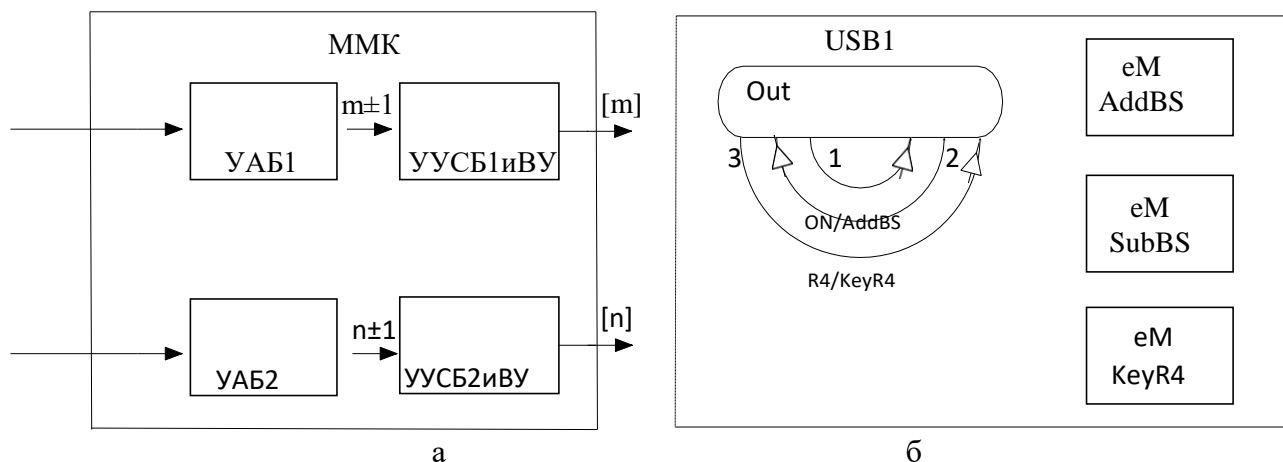
Рис. 7. Схема замещения структуры системы электроснабжения

Таким образом, задавая максимальные значения внешних параметров n и m и предельно настраивая выходные параметры солнечной батареи при полной освещенности и ветровой установки, получаем математическое описание модели регулируемого источника первичной энергии, которое возможно реализовать в пакете MatLab. Функциональная связь силы тока и напряжения описана в блоке Simulink.

Модель (см. рис. 8) имитирует схему включения аварийного режима и реализована из блоков программы Simulink. При моделировании отслеживается напряжение на АБ и в случае достижения на любой из них минимального допустимого уровня вырабатывается сигнал для отключения нагрузки и перехода в аварийный режим работы системы управления (СУ) – Control system. При достижении максимально допустимого уровня сигнал снимается и возобновляется обычный режим работы.

Структурно модель микроконтроллеров (ММК) разделена на две группы программных блоков (ПБ) (см. рис.8 а). Один моделируемый такт поочередно вызывается все ПБ, т.е. работают параллельно друг с другом и каждый из них составляет различные режимы работы основного алгоритма в конкретном состоянии. Между состояниями происходят переходы в ответ на

инициирующие условия (см. рис.8 б). В результате переходов производятся необходимые операции, выдаются сигналы для других ПБ.



где а – структура программного обеспечения ПО;

б – диаграмма состояний программного блока

Рис. 8. Программное обеспечение модели СУ на языке UML

Таким образом в результате проведенных исследований:

- Показана возможность использования низковольтной системы питания для освещения автономного объекта и для заряда аккумуляторной батареи, без потерь энергии при преобразовании от 24 В постоянного тока в 220 В переменного тока;

- В результате моделирования установлено, что, что при положительном энергобалансе напряжения на АБ1 и АБ2 находятся в заданном режиме 24/220В, и при этом обеспечивается полное функционирование нагрузки. При отрицательном энергобалансе функционирование нагрузки прекращается в момент достижения допустимого значения напряжения на АБ1 и АБ2, при этом СЭО переходит в аварийный режим работы и заряжает аккумуляторы;

- В результате анализа работы модели показано, что имитационная модель СЭО построена и функционирует в соответствии с заложенной в нее логикой работы. С помощью этой модели можно наглядно имитировать различные режимы работы СЭО;

- В программе Simulink и Simpowersystems, входящей в состав пакета MATLAB разработана имитационная модель управления контроллером энергообеспечения автономного объекта с элементами Smart технологии. Эта модель позволяет реально отображать логику работы солнечной панели и ветровой установки;

- Разработана модель оптимального управления ощущаемой температуры в автономном объекте

- Представленные модели легли в основу при проектировании Smart технологии управления системами энергообеспечения автономного объекта [12], интегрированной с новой системой освещения [13].

Список использованной литературы:

1. Квасов И.А. Моделирование размещения объектов энергетики с учетом инвестиционной привлекательности регионов Казахстана и России - М., Научные технологии, 2014 г. 234 с.
2. Пантелеева Т.А., Гордеева Е.А. Эффективность труда и пути ее повышения / Вестник Института мировых цивилизаций. 2018. Т.9. №2(19) с.14-18
3. Квасов И.А. Формирование системы SMART управления в распределенной энергетике / Интернет-журнал «Наукovedение» Том 8, №2(2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/121TVN216.pdf>
4. Zhararova A., Kvasov A., Gyorok G. Autonomous light-emitting-diode (LED) low voltage systems of lighting integrated into “smart home” // 9th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas “New Faculty, New Ability!” (AIS-2014). –Szekesfehervar. Hungary. 2014. –pp. 102-106
5. Жапарова А.Т., Квасов А.И., Титов Д.Н. Исследования эффективности включения светодиодных осветительных приборов и использование низковольтной системы питания // Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева.

–Усть-Каменогорск. 2015. №2. С.45-53

6. Жапарова А.Т., Квасов А.И., Бакланов А.Е. Методика обеспечения заданных режимов работы системы питания с использованием солнечной батареи как элемент Smart технологий // Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева. – Усть-Каменогорск. – 2016. №2. С.83-88
7. Жапарова А.Т., Квасов И.А., Бакланов А.Е., Приходько М.Е. «Программа «КАЭС-1» Конструирование и качественный анализ электрических схем» // Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права. Комитет по правам интеллектуальной собственности Республики Казахстан №1605
8. Жапарова А.Т., Бакланов А.Е., Квасов А.И. Исследование показателей качества электрической энергии и автоматическое управление параметрами электрической энергии и автоматическое управление параметрами электрической схемы // Вестник КазНИТУ –Алматы. 2016 №3 (115). – с.461-467
9. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей / Г. Раушенбах; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат. – 1983. – 360 с.
10. Романенко А.С., Кобзев А.Б., Семенов В.Д. Энергобаланс в автономной системе электроснабжения с регулятором мощности на основе матричного преобразования тока солнечной батареи // ТУСУР. – 2013. – №4. – С. 115-119.
11. Квасов И.А. Цифровизация и интеграция технологий и управления – механизм повышения эффективности. –М.: Научные технологии, 2017 – 303 с.
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ Управление энергообеспечением индивидуального жилья и других автономных объектов № 2017592469 от 10.08.17 Правообладатели Квасов Иван Андреевич, Двинских Владимир Васильевич, Леонтьев Владимир Викторович Авторы Квасов Иван Андреевич, Двинских Владимир Васильевич, Леонтьев Владимир Викторович

13.Мутанов Г.М., Квасов А. И., Бакланов А.Е. Осветительный прибор
Патент Республики Казахстан на полезную модель, №684 от 13.05.16г.