

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ GSM.

Искандаров Усмонали Умарович

доцент Ферганского государственного технического университета

usmonaliiskandarov7@gmail.com

Искандаров Нуриддин Усмонали угли

ассистент Ферганского государственного технического университета

nuriddiniskandarov@gmail.com

Аннотация: Современные гибридные электростанции, объединяющие солнечные и ветровые генераторы и накопители энергии, часто расположены в удалённых районах без стабильного доступа к интернету, что затрудняет контроль их состояния. В работе предложена система дистанционного мониторинга гибридной электростанции, использующая сети мобильной связи стандарта GSM для обработки информации управления и мониторинга и оповещения. Цель теоретического исследования данной темы заключается в разработке и экспериментальной проверки прототипа, обеспечивающего контроль основных параметров станции.

Ключевые слова: телекоммуникационные объекты, базовая станция, дистанционный мониторинг, GSM, SMS, SIM800L, Arduino, микроконтроллер, электропитание, аварийное оповещение.

Annotatsiya: Quyosh va shamol energiyasidan foydalanuvchi generatorlar hamda energiya saqlash qurilmalarini o'z ichiga olgan gibrid elektr stansiyalarining uzluksiz va ishonchli ishlashini ta'minlash muhim masalalardan biridir. Bunday stansiyalar ko'pincha internet tarmog'iga ulanish imkoniyati cheklangan hududlarda joylashganligi sababli, ularning ish holatini masofadan nazorat qilish muayyan qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi. Ushbu maqolada GSM mobil aloqa tarmog'i orqali gibrid elektr stansiyasining asosiy ish parametrlarini masofadan kuzatish va SMS-xabarnomalar orqali ma'lumot uzatishga mo'ljallangan monitoring tizimini ishlab chiqish masalasi ko'rib chiqiladi. Tadqiqotning maqsadi Arduino mikrokontrolleri va SIM800L GSM moduli asosida monitoring tizimi prototipini yaratish hamda uning ishlash samaradorligini tajriba-sinov yo'li bilan baholashdan iborat.

Kalit so'zlar: telekommunikatsiya obyektlari, baza stansiyalari, masofaviy monitoring, GSM, SMS, SIM800L, Arduino mikrokontroller, elektr ta'minoti, ish parametrlarini nazorat qilish.

Abstract: Modern hybrid power plants that integrate solar and wind generators with energy storage systems are often located in remote areas without stable Internet access

s, making it difficult to monitor their operational status. This study proposes a remote monitoring system for hybrid power plants that uses mobile communication networks GSM to transmit data and send alerts to personnel. The aim of the research is to develop and experimentally validate a prototype capable of monitoring the main parameters of the power plant.

Keywords: telecommunication facilities, base station, remote monitoring, GSM, SMS, SIM800L, Arduino, microcontroller, power supply, emergency notification.

Введения: Развитие возобновляемой энергетики приводит к росту числа гибридных электростанций, в которых солнечные и ветровые генераторы работают совместно с накопителями энергии разного типа. Это увеличивает и повышает надёжности системы и снижает зависимость от погодных условий. В стране ведётся активное строительство солнечных и ветровых, геотермальных объектов, интерес к таким системам также растёт. Эффективная эксплуатация гибридной станции невозможна без непрерывного контроля выработки энергии, режимов работы инверторов, уровня заряда и температуры аккумуляторных батарей участвующих в нем видов станций. Несвоевременное обнаружение неисправности приводит к потерям выработки, ускоренному износу ресурсов станций (батарей, систем управлений, коммутаций, генераторов, блоков, эксплуатационных затрат и.т.д).

Для крупных станций мониторинг обеспечивается SCADA-системами (рис 1) с проводными или оптоволоконными каналами связи. Для малых и автономных станций в удалённых районах такие решения слишком дороги и сложны в обслуживании, а стабильный доступ к проводному интернету часто отсутствует, тогда как покрытие мобильной связи, как правило, имеется.



Рис 1. Пример мониторинга станций на платформе SCADA

В существующих исследованиях для дистанционного мониторинга применяются GSM и IoT-платформы. SMS-сообщения через сети GSM не требуют передачи данных, работают в зоне базового покрытия и позволяют оперативно доставлять смс уведомления на обычный телефон. Вместе с тем в работах по GSM-мониторингу, как правило, рассматриваются отдельные установки.

Таким образом, существует научно-техническая проблема: отсутствие недорогой и надёжной системы дистанционного мониторинга гибридных электростанций для условий ограниченной связной инфраструктуры, подтверждённой экспериментальными данными.

Цель исследования: Заключается в разработке и реализации системы дистанционного мониторинга важных параметров системы электропитания малого телекоммуникационного объекта с автоматическим GSM/SMS-оповещением обслуживающего персонала при возникновении неисправности или при изменении параметров.

Обзор литературы: В области дистанционного мониторинга возобновляемых источников энергии существует множество отечественных и зарубежных исследований. Большинство из них посвящено SCADA-системам крупных станций, а также решениям на основе Wi-Fi, ZigBee, GPRS и облачных IoT-платформ. Общим недостатком этих технологий является ограниченная дальность действия, зависимость от стабильного интернет-соединения или отдельной инфраструктуры, поэтому для малых и автономных станций в удалённых районах они оказываются дорогими и сложными. Технология GSM/SMS, напротив, работает без сети передачи данных в зоне базового покрытия и доставляет оповещения на обычный телефон. Вместе с тем в работах по GSM/SMS-мониторингу, как правило, рассматриваются отдельные установки (одиночная фотоэлектрическая система или аккумулятор), комплексный контроль гибридной станции не осуществляется, а время доставки и надёжность передачи сообщений в реальных условиях экспериментально не оценивались. Это обуславливает необходимость разработки и испытания системы дистанционного мониторинга гибридной электростанции на основе сетей мобильной связи (GSM/SMS).

Материалы и методы: Объектом исследования является гибридная электростанция, включающая солнечные модули суммарной мощностью 300 Вт, ветрогенератор мощностью 400 Вт, аккумуляторную батарею из двух последовательно соединённых аккумуляторов напряжением 12 В и ёмкостью 100 А·ч каждый (номинальное напряжение батареи 24 В), а также инвертор

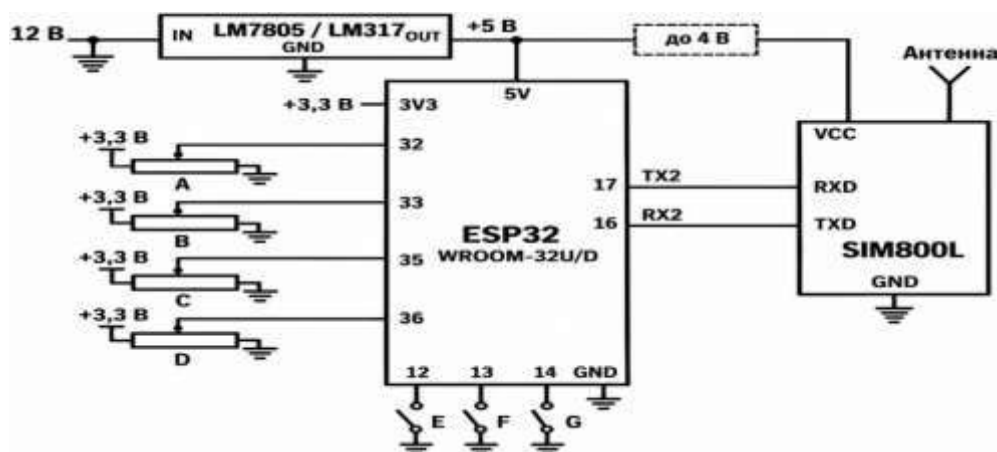


Рис. 2. Принципиальная схема прототипа с GSM/SMS,

Система дистанционного мониторинга состоит из встроенным аналого-цифровым преобразователем (АЦП) микроконтроллера ESP32 с разрядностью 12 бит. Для имитации изменения контролируемых параметров. Моделирования на лабораторном макете используются потенциометры, подключённые к аналоговым входам микроконтроллера. Блок обработки данных построен на микроконтроллере ESP32. Для связи с сетью мобильной связи применён GSM-модуль SIM800, подключённый к ESP32 по интерфейсу UART. Питание узлов прототипа осуществляется от аккумуляторной батареи через понижающий DC-DC преобразователь LM2596, обеспечивающий напряжение 5В/3,8–4,2 в для GSM-Sim 800.

Результаты исследования: Разработан алгоритм контроля параметров и формирования SMS-сообщений (рис. 4). Разработанная система дистанционного мониторинга обеспечивает непрерывный контроль параметров подключённых источников электропитания и автоматическое формирование аварийного SMS-сообщения при выходе контролируемого параметра за установленный допустимый диапазон. Сигналы от контролируемых источников поступают на аналоговые входы микроконтроллера, где преобразуются в цифровые значения и подвергаются программной обработке. В программной реализации для контролируемых каналов установлен диапазон значений 600–800 условных единиц АЦП. Если полученное значение находится в пределах данного диапазона, состояние соответствующего канала определяется как нормальное и система продолжает мониторинг. При выходе значения за установленный диапазон формируется аварийное состояние, после чего запускается процедура передачи SMS-сообщения.

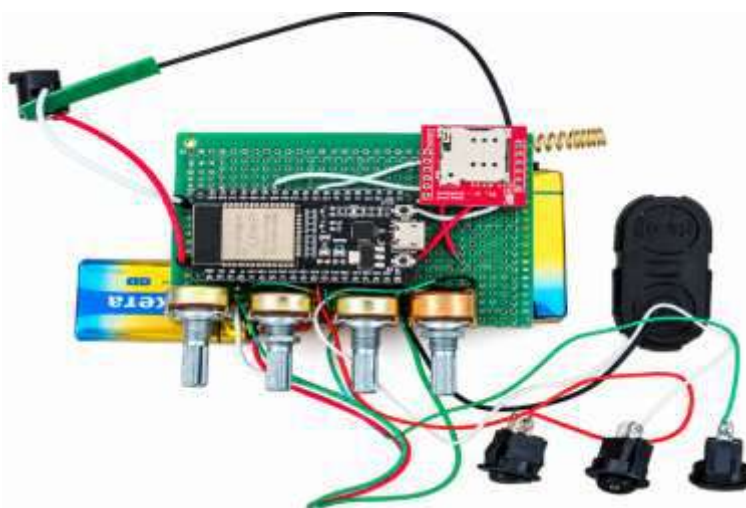


Рис. 3. Экспериментальный макет системы дистанционного мониторинга параметров гибридной электростанции на базе ESP32 и GSM-модуля SIM800L.

В системе предусмотрено пять измерительных каналов — p1, p2, p3, p4 и p5, предназначенных для контроля различных параметров объекта. Каждый канал может быть подключён к соответствующему датчику и использоваться для измерения определённого физического параметра, на пример температуры, влажности, напряжения, тока и других контролируемых величин. Для каждого измерительного канала программно предусмотрена индивидуальная идентификация, позволяющая оператору определить источник полученного измерительного сигнала. При выходе контролируемого параметра за установленный допустимый диапазон система формирует соответствующее сообщение с указанием номера канала. Формирование и передача SMS выполняются с использованием GSM-модуля SIM800L. После обнаружения аварийного состояния микроконтроллер вызывает функцию SendMessage(q), где параметр q — определяет номер контролируемого канала. На первом этапе GSM-модуль переводится в текстовый режим с помощью AT-команды передатчика управления и мониторинга:

$$\text{AT+CMGF}=1$$

Затем задаётся номер получателя посредством команды:

$$\text{AT+CMGS}="<+998903002886$$

После этого микроконтроллер передаёт сформированный текст сообщения, соответствующий обнаруженному аварийному каналу. Завершение передачи SMS осуществляется управляющим символом CTRL+Z. После выполнения процедуры система возвращается к непрерывному контролю входных параметров. Таким образом, последовательность функционирования разработанного механизма имеет следующий вид:

Объединение процедуры контроля параметров, идентификации контролируемого канала и формирования SMS позволяет реализовать автоматическое аварийное оповещение без постоянного участия обслуживающего персонала. При этом оператор получает не только информацию о факте возникновения неисправности, но и сведения о конкретном канале p_1 – p_5 , параметры которого вышли за установленный диапазон.

В результате проведенного исследования разработана и реализована система мониторинга контролируемых параметров с функцией передачи уведомлений посредством SMS. Основу системы составляют микроконтроллер, осуществляющий сбор и обработку входных сигналов, и GSM-модуль SIM800L, обеспечивающий передачу информации оператору.

Разработанный алгоритм функционирует в режиме непрерывного мониторинга. Аналоговый сигнал от контролируемого источника поступает на вход аналого-цифрового преобразователя, после чего полученное цифровое значение обрабатывается микроконтроллером и сравнивается с установленным допустимым диапазоном 600–800. При нахождении значения в заданном диапазоне состояние канала определяется как нормальное, и система продолжает мониторинг без формирования SMS-сообщения.



4-рис. Алгоритм формирования управляющих сигналов системы

При выходе контролируемого параметра за установленный диапазон система определяет аварийное состояние соответствующего канала и запускает функцию SendMessage(q). Сформированное сообщение передаётся на GSM-модуль SIM800L, который осуществляет его отправку через мобильную GSM-сеть на телефон обслуживающего персонала. В сообщении указывается идентификатор неисправного канала, что позволяет оператору оперативно определить источник возникновения неисправности.

Таким образом, результаты исследования подтверждают работоспособность разработанного алгоритма дистанционного мониторинга и SMS-оповещения. Реализованная система позволяет осуществлять непрерывный автоматический контроль параметров (рис 4), своевременно выявлять аварийные состояния и передавать информацию обслуживающему персоналу без необходимости постоянного визуального контроля оборудования. Это повышает оперативность обнаружения неисправностей и может быть использовано для мониторинга энергетического оборудования удалённых объектов.

Достатки и недостатки: Полученные результаты показывают возможность применения GSM/SMS-технологии для организации дистанционного контроля электропитания телекоммуникационных объектов. Одним из преимуществ предложенного решения является простота структуры. Для передачи аварийного сообщения не требуется постоянный обмен большими объёмами данных. Микроконтроллер выполняет локальную обработку измерительного сигнала и передаёт через GSM-модуль только информацию о возникновении неисправности. Другим преимуществом является возможность идентификации конкретного контролируемого канала. При использовании нескольких каналов оператор получает информацию не только о наличии неисправности, но и о том, какой источник или контролируемый параметр вышел за установленный диапазон. Вместе с тем система имеет ряд ограничений. Работа SMS-оповещения зависит от наличия GSM-покрытия и функционирования мобильной сети. Кроме того, пороговые значения должны быть предварительно настроены в соответствии с характеристиками конкретного оборудования и измерительных датчиков. Важным направлением дальнейшего развития системы является расширение количества контролируемых параметров, организация отправки сообщений нескольким ответственным лицам, ведение журнала аварийных событий и объединение SMS-канала с другими каналами передачи данных. При этом SMS может использоваться как резервный канал оповещения: при наличии интернет соединения основная информация может передаваться через сетевой канал, а

при его недоступности система может автоматически использовать GSM/SMS. Разработанная система является прототипом т.е. маломощным предназначенным для малых мощностей.

Заключение: В работе исследовано и разработано прототип системы дистанционного мониторинга параметров исследуемой станции электропитания малой (прототипа) гибридной станций объекта телекоммуникаций с автоматическим GSM/SMS-оповещением. Предложенная система построена на основе микроконтроллера, измерительных каналов и GSM-модуля SIM800L. Реализован алгоритм получения аналоговых сигналов, их аналого-цифрового преобразования, сравнения с установленным диапазоном и определения аварийного состояния. Практическая реализация предусматривает контроль пяти каналов p_1 – p_5 . При выходе контролируемого параметра за диапазон 600–800 условных единиц АЦП запускается процедура формирования аварийного сообщения. Для передачи SMS используется GSM-модуль SIM800L, управляемый посредством AT-команд. В программной реализации предусмотрены установка текстового режима SMS, задание номера получателя, передача индивидуального сообщения для соответствующего канала. Таким образом, основным результатом исследования является создание работоспособного механизма автоматического SMS-оповещения обслуживающего персонала о возникновении неисправности в системе электропитания удалённого телекоммуникационного объекта. Разработанное решение может быть использовано в системах мониторинга базовых станций мобильной связи и других территориально распределённых объектов, для которых требуется оперативное уведомление персонала о нарушении параметров электропитания.

Список литературы:

1. Мухитдинов М.М., Эргашев С.Ф. Солнечные параболоцилиндрические установки: Издательство «ФАН», Ташкент, 1995, 206 с.
2. П.А. Кокуныин, И.И. Латыпов, Л.С. Латыпова Введение в интернет вещей, Учебное пособие, Казань 2022
3. Аккумуляторные батареи для подстанции [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Sacred Sun» URL: <http://sacred-sun.com/akb-dlya-podstantsii> (дата обращения: 10.03.2021)
4. Джейд Картер, IoT Интернет вещей, 2024 года
5. Бекман У., Клейн С. Даффи Д. Расчет систем солнечного теплоснабжения. М.: Энергоиздат. 1982, стр. 27-38.
6. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей. Москва, Энергия. 1983, стр. 180-194.