

*Тимофеев А.О.,  
старший преподаватель кафедры Электронной инженерии  
Уфимский государственный авиационный технический университет  
Россия, г. Уфа  
Чуйкина И.Н.,  
студент  
3 курс, факультет Авионики, энергетики и инфокоммуникаций,  
кафедра Электронной инженерии  
Уфимский государственный авиационный технический университет  
Россия, г. Уфа*

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

***Аннотация:** В статье рассматривается создание программно-аппаратного комплекса для мониторинга состояния воздушных линий электропередачи. Мониторинг ведется с учетом погодных факторов, влияющих на состояние воздушных линий электропередачи (гололед, пляска проводов, и др.). В программно-аппаратном комплексе используются беспроводные средства телеметрии, позволяющие получать информацию о состоянии линий электропередачи в режиме реального времени, а также дистанционно управлять процессом плавки гололеда.*

***Ключевые слова:** Воздушная линия электропередачи, гололедообразование, искусственный интеллект, беспроводная передача данных, автономные средства измерения.*

***Annotation:** The article discusses the creation of a software and hardware complex for monitoring the state of overhead power lines. Monitoring is carried out taking into account weather factors that affect the state of overhead power lines (ice,*

wire dancing, etc.). The software and hardware complex uses wireless telemetry tools to receive information about the state of power lines in real time, as well as remote control of the ice melting process.

**Key words:** Overhead power line, icing, artificial intelligence, wireless data transmission, autonomous measuring tools.

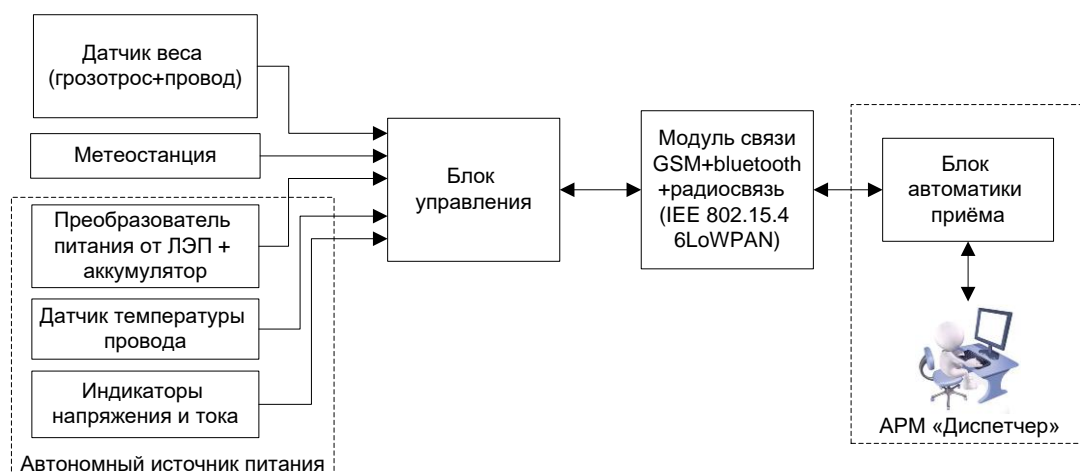
Обеспечение потребителей электроэнергией является наиболее важной задачей энергетики – при выходе из строя любого из элементов системы электропередачи останавливаются производственные циклы и нарушается процесс жизнеобеспечения. Передача электроэнергии происходит в большинстве случаев по воздушным линиям электропередачи (ЛЭП), которые состоят из непосредственно кабельных линий и вспомогательного оборудования для преобразования напряжения и согласования с нагрузкой. Согласно отчету Министерства Энергетики Российской Федерации за 2016 г. [1] доля отказавшего оборудования более чем на 75 % приходится непосредственно на воздушные ЛЭП. При этом в 2015 году произошло 145 аварий в единой энергетической системе Российской Федерации, приведших к прекращению электроснабжения потребителей на величину 10 МВт и более.

Указанные аварии происходят как по причине резкого ухудшения погодных факторов (усиление ветра, образование гололеда и др.), так и в результате отклонения от нормального эксплуатационного режима (ненадлежащее техническое обслуживание компонентов ЛЭП, недостаточный контроль за состоянием ЛЭП). Эти факторы, влияющие на аварийность ЛЭП, могут появляться внезапно, поэтому время реагирования на возникновение предаварийных состояний должно быть минимальным.

Существуют программно-аппаратные комплексы, основанные на применении беспилотных летательных аппаратов. Такие комплексы позволяют добиться высокой автономности наблюдений и достичь большого охвата (длины контролируемой ЛЭП). Однако недостатком такой технической

реализации программно-аппаратного комплекса является невысокая точность определения вида неисправности, невозможность контроля изменения состояния ЛЭП, а также невозможность работы в режиме реального времени.

Для снижения вероятности аварий ЛЭП предлагается программно-аппаратный комплекс мониторинга, позволяющий осуществлять мониторинг состояния ЛЭП, контролировать параметры ЛЭП и передавать информацию о результатах контроля по радиоканалу на диспетчерский пункт. Также в разрабатываемом комплексе предполагается наличие контроллера с искусственным интеллектом и базой знаний, который позволит прогнозировать состояния гололедных отложений на ЛЭП и оценивать эффективность плавки льда. Структурная схема предлагаемого комплекса представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1. Структурная схема программно-аппаратного комплекса**

Особенностью разрабатываемого программно-аппаратного комплекса является применение автономных датчиков мониторинга. Такие датчики оборудованы собственным преобразователем электропитания с ЛЭП и могут функционировать неограниченное время. Кроме этого, в программно-аппаратный комплекс введены датчики для контроля процесса плавки гололеда, что значительно облегчает и удешевляет этот процесс.

Модули телемеханики могут быть поставлены в двух исполнениях: «GSM + Bluetooth» или «Радиоканал + Bluetooth». Первый вариант подходит для использования в зонах покрытия сотовой связи, второй – для автономной передачи информации без доступа к сотовой связи. Экономическая целесообразность выбора варианта реализации модулей телемеханики определяется для каждого случая индивидуально с учетом стоимости оборудования и тарифов оператора сотовой связи.

Определение возможного гололедообразования, а также управление процессом гололедоудаления осуществляется с участием средств искусственного интеллекта. Обучение искусственной нейросети производится на данных, полученных с экспериментального исследования одного из участков ЛЭП. Применение указанного комплекса позволит ускорить процесс цифровизации мониторинга состояния линий электропередачи. Все указанные преимущества программно-аппаратного комплекса позволят увеличить эффективность транспортирования электроэнергии, повысить надежность линий электропередачи, а также своевременно локализовать аварийную ситуацию в ЛЭП при её возникновении.

#### **Использованные источники:**

1. Ежемесячные и годовые отчёты о функционировании электроэнергетики [Электронный ресурс]. URL: [https://rosenergo.gov.ru/services/godovie\\_otchety?ysclid=l5104vp13s336191158](https://rosenergo.gov.ru/services/godovie_otchety?ysclid=l5104vp13s336191158) (дата обращения: 30.06.2022).
2. Дьяков А.Ф. Информационная система контроля гололедообразования на воздушных линиях электропередачи / Дьяков А.Ф., Левченко И.И., Засыпкин А.С. // Энергетик. – 2005. – № 11. – С. 10–14