

4. Шакин, В. М. Моделирование перенапряжений в распределительных электрических сетях / В. М. Шакин, А. О. Добродей // Современные проблемы машиноведения : сб. науч. тр. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь [и др.] ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – Ч. 2. – С. 85–89.
5. Каминский, М. В. Моделирование перенапряжений / М. В. Каминский, А. О. Добродей // Современные проблемы машиноведения : сб. науч. тр. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь [и др.] ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – Ч. 2. – С. 89–92.

УДК 621.315.1:0049-047.36

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

А. А. Белаш

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научные руководители: С. Г. Жуковец, Т. В. Алферова

*Рассмотрены перспективы использования беспилотных летательных аппаратов для мониторинга воздушных линий электропередач на труднодоступных участках. Приведены основные методы мониторинга линий электропередач.*

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты, методы мониторинга, цифровые снимки, дефекты участков линий электропередач.

## PROSPECTS OF USING UAVS FOR MONITORING OVERHEAD POWER LINES

A. A. Belash

*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

Science supervisors: S. G. Zhukovets, T. V. Alferova

*The prospects of using UAVs for monitoring overhead power lines in hard-to-reach areas are considered. The main methods of monitoring power lines are given.*

**Keywords:** UAVs, monitoring methods, digital images, defects of transmission line sections.

Линия электропередач (ЛЭП) – один из важнейших компонентов электрической сети, который является наиболее аварийным элементом системы в целом. Важнейшее мероприятие, позволяющее следить за нормальным состоянием эксплуатируемых элементов ЛЭП, – мониторинг.

Основные задачи, которые ставятся в мониторинге воздушных ЛЭП:

– информирование о нештатных ситуациях на ЛЭП. Это могут быть разные аварийные случаи, которые тем или иным образом будут негативно сказываться на передаче и распределении электроэнергии (упала опора, оборвался кабель, поврежден изолятор);

– оценка текущего технического состояния элементов ЛЭП. Это помогает следить за состоянием элементов ЛЭП и, исходя из этого, принимать решения по техническому обслуживанию, диагностике и ремонту оборудования;

– обеспечение достоверной информации по состоянию участков ЛЭП. Мониторинг поможет нам точно знать, на каком из участков произошла аварийная ситуация и оперативно отреагировать на нее.

Рассмотрим существующие основные методы мониторинга ЛЭП (рис. 1), к которым относятся:

1) *пешие обходы*. В случаях, когда ЛЭП находится в труднодоступных местах, персоналу приходится самостоятельно обходить определенные участки для обнаружения тех или иных повреждений;

2) *лазерное сканирование*. Сканеры обеспечивают съемку и построение высокоточных трехмерных моделей участков ЛЭП для дальнейшего исследования;

3) *съемка из космоса*. Современные технологии позволяют делать снимки участков ЛЭП из космоса для перспективного планирования мест строительства новых воздушных ЛЭП;

4) *аэрофотосъемка*. Благодаря использованию беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) можно быстро, своевременно и точно исследовать те или иные участки ЛЭП.



Рис. 1. Основные методы мониторинга линий электропередач

Технологичность современного мира позволяет оснастить БПЛА большим набором функций для диагностики всех видимых элементов исследуемых участков энергосистемы, например, тепловое сканирование местности и элементов линий электропередач, лазерное сканирование, снятие и построение трехмерных моделей исследуемых участков.

Цифровые снимки, полученные с помощью БПЛА, позволяют проанализировать достаточно большое число дефектов участков ЛЭП, таких, как:

– дефекты опор – отсутствие, отрыв, деформация элементов металлических опор; разрушение верхнего слоя и деформация железобетонных опор; отклонение опор от вертикали; разворот, деформация траверсов на железобетонных опорах; отсутствие натяжения внутренних стяжек и тросовых растяжек; падение, повреждение опор;

– дефекты проводов, линейной и цепной арматуры – разрушение элементов стеклянных и фарфоровых изоляторов; отсутствие гасителей вибрации, отсутствие грузов, потеря работоспособности несущего тросика, смещение виброгасителей вдоль проводов относительно проектного положения; отсутствие и неправильное расположение соединителей проводов; изломы, отрывы лучей дистанционных распорок между проводами расщепленной фазы; обрыв проводов;

– дефекты на трассе – наличие опасной для эксплуатации воздушных ЛЭП растительности; падение деревьев на провода и опоры; наличие древесно-кустарниковой растительности в охранной зоне; наличие строений и прочих объектов в охранной зоне; пересечение с природными и антропогенными объектами; опасные явления (проседание грунта, подтопление) [1].

Таким образом, современные технологии мониторинга воздушных ЛЭП позволяют использовать БПЛА для повсеместного обследования необходимых участков. Они могут решить одну из проблем для выездных бригад – доступ к труднодоступным участкам исследуемой местности. В Республике Беларусь большую территорию занимают лесные массивы и болотные местности. Такая территория создает существенные трудности для выездных бригад, в то время как БПЛА может облететь необходимые участки и дать высокоточную информацию для последующего анализа и проведения ремонтных и восстановительных работ.

#### Л и т е р а т у р а

1. Возможности применения беспилотных авиационных систем для мониторинга воздушных ЛЭП. – Режим доступа: <https://russiandrone.ru/publications/vozmozhnosti-primeneniya-bespilotnykh-aviatsionnykh-sistem-dlya-monitoringa-vozdushnykh-lep/>. – Дата доступа: 05.05.2023.

УДК 621.314

## СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

**В. А. Маркевич**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научные руководители: Т. В. Алферова, Л. И. Евминов

*Рассмотрены способы повышения надежности работы микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики, использующих оптоволоконные каналы связи.*

**Ключевые слова:** сетевое оборудование, оптоволоконные связи, устройства релейной защиты и автоматики, цифровая подстанция, протоколы резервирования, надежность.

## WAYS TO INCREASE RELIABILITY OF RELAY PROTECTION AND AUTOMATION DEVICES

**V. A. Markevich**

*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

Science supervisors: T. V. Alferova, L. I. Evminov

*Ways to improve the reliability of the operation of microprocessor relay protection and automation devices using fiber optic communication channels are considered.*

**Keywords:** network equipment, fiber optic communications, relay protection devices, digital substation, redundancy protocols, reliability.

При проектировании и реконструкции подстанций можно выделить несколько решений, влияющих на надежность работы устройств релейной защиты и автоматики (РЗА), использующих оптоволоконные каналы связи, в сравнении с классической схемой. Условно их можно разделить на три отдельные категории: