

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ  
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКРЫТЫХ  
ПРОВОДОВ НА ЛИНИЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 10 КВ**

О.Ю. Пухальская, К.М. Медведев  
УО «ГГТУ им. П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

*Аннотация. В статье рассматриваются вопросы повышения надёжности электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения. Приводится анализ применения покрытых проводов на воздушных линиях напряжением 10 кВ в сравнении с голыми проводами с точки зрения повышения надёжности. Выполнены расчёт и оценка степени снижения количества внезапных отключений на участках воздушных линий с покрытыми проводами, проложенных по территории лесных массивов, в сравнении с участками линий с голыми проводами. Замена голых проводов на покрытые на участках ВЛ 10 кВ, проходящих через лес, позволяет уменьшить количество внезапных отключений линии, и, следовательно, повысить надёжность электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения. Степень снижения аварийности зависит от процентного соотношения длин участков ВЛ, выполненных в виде ВЛП, и всей линии.*

*Ключевые слова. Надёжность электроснабжения, воздушные линии, покрытые провода, количество отключений.*

**Введение.** Надёжность электроснабжения – это способность электрической системы в любой момент времени обеспечивать присоединённых к ней потребителей электрической энергией в требуемых количествах и необходимого качества.

Потребители сельскохозяйственного назначения в современных условиях предъявляют к надёжности электроснабжения обоснованные повышенные требования, и эти требования необходимо удовлетворять за счёт внедрения соответствующих мероприятий.

Основной целью мероприятий по повышению надёжности электроснабжения является снижение количества отключений потребителей, среднего времени восстановления электроснабжения и ущерба от недоотпуска при перерывах в подаче электроэнергии.

Одним из таких мероприятий является использование на воздушных линиях (ВЛ) напряжением 10 кВ покрытых проводов. Такие линии являются самым ненадёжным элементом цепи «источник-

потребитель», поскольку на их долю приходится порядка 70% общего числа отключений [1]. Это связано с большой протяжённостью линий и, в некоторых случаях, условиями их прохождения через лесные массивы.

Целью исследований является оценка эффективности применения на ВЛ напряжением 10 кВ покрытых проводов с точки зрения повышения надёжности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей.

**Основная часть.** Мероприятия по повышению надёжности электроснабжения можно разделить на две группы – технические и организационно-технические [2, 3] (рисунок 1).

Технические мероприятия и средства повышения надёжности электроснабжения потребителей требуют дополнительных капиталовложений на развитие схем электроснабжения и обновление электрооборудования.

Организационно-технические мероприятия не требуют дополнительных капиталовложений, так как связаны с квалифицированным управлением и рациональной организацией работ эксплуатирующих и обслуживающих организаций.



Рисунок 1 – Классификация мероприятий по повышению надёжности электроснабжения потребителей

Изменение климатических условий в Республике Беларусь, произошедшие с 1989 года, вызвали значительный рост механических

нагрузок на ВЛ от давления ветра и гололёдных образований на проводах, опорах и элементах линейной арматуры [4].

Климатические аномалии, связанные с ростом интенсивности и частоты возникновения гололёдных явлений и сильных ветров, в настоящее время являются причиной от 80% до 90% общего числа повреждений ВЛ, которое также зависит от качества строительно-монтажных и ремонтных работ на ВЛ, применяемых узлов, деталей и материалов, грамотности проектных решений [4].

Согласно [5], ВЛ напряжением 10 кВ, проходящие по землям лесного фонда и населённым пунктам, следует выполнять с применением покрытых проводов (линии ВЛП), а на территориях II района по гололеду и выше использовать ВЛП рекомендуется. При новом строительстве или реконструкции в лесных массивах и зеленых насаждениях следует также применять ВЛП.

Преимуществами ВЛП по сравнению с традиционными ВЛ с неизолированными проводами являются [2, 4, 6]:

- существенное уменьшение междуфазных коротких замыканий и замыканий на землю;
- повышение надежности работы при образовании гололёда;
- уменьшение требуемой ширины просеки в лесных массивах;
- повышение электробезопасности, т.к. снижается риск поражения электрическим током эксплуатационного персонала и населения;
- уменьшение габаритов до земли и инженерных сооружений;
- сокращение эксплуатационных расходов;
- несколько меньшее реактивное сопротивление линий.

Расчёт количества внезапных отключений потребителя  $N_{10}$  из-за повреждений на питающей его ВЛ 10 кВ выполняется по методике, изложенной в [7]. В формуле для расчёта количества повреждений ВЛ 10 кВ детально учитывается состав и повреждаемость элементов линии.

В качестве исходной информации о распределительной сети 10 кВ приняты:

- схемы ВЛ с обозначением длин участков, марки и сечения проводов, трансформаторных подстанций (ТП) с диспетчерским номером и установленной мощностью, коммутационных аппаратов с диспетчерскими номерами, точек нормального токораздела;
- паспортные данные ВЛ 10 кВ – сведения о количестве элементов различных видов на линии (рисунок 2).

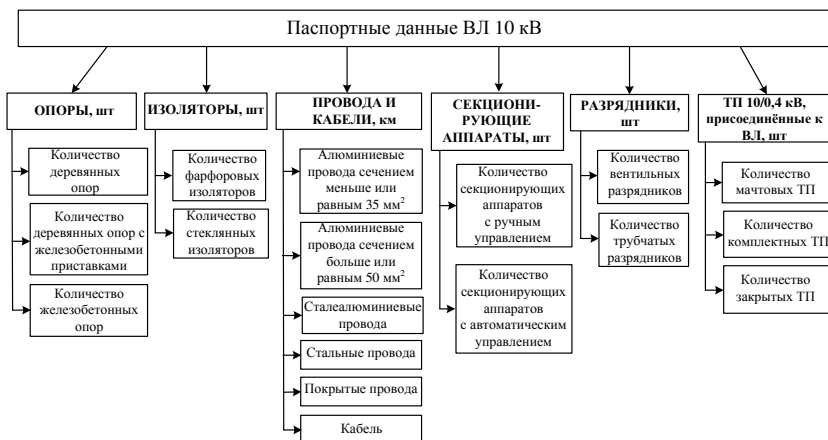


Рисунок 2 – Паспортные данные ВЛ напряжением 10 кВ

В случае, когда ВЛ 10 кВ выполнена с применением покрытых проводов, можно использовать статистические данные для распределительных сетей 10 кВ, собранные ОАО “Фирма ОРГРЭС” [8]. Полученное по методике, изложенной в [7], количество внезапных отключений  $N_{10}$  пересчитывается по следующей формуле:

$$N'_{10} = \frac{L_{ам} + L_{аб} + L_{ас} + L_{ст} + L_{к}}{L} N_{10} + \frac{L_{ВЛП}}{L} \frac{N_{10}}{5,14},$$

где  $L_{ам}$  – протяженность участков ВЛ 10 кВ, выполненных алюминиевыми проводами сечением 35 мм<sup>2</sup> и ниже, км;

$L_{аб}$  – протяженность участков ВЛ 10 кВ, выполненных алюминиевыми проводами сечением 50 мм<sup>2</sup> и выше, км;

$L_{ас}$  – протяженность участков ВЛ 10 кВ, выполненных сталеалюминиевыми проводами, км;

$L_{ст}$  – протяженность участков ВЛ 10 кВ, выполненных стальными проводами, км;

$L_{к}$  – протяженность участков ВЛ 10 кВ, выполненных кабелем, км;

$L_{ВЛП}$  – протяжённость участков ВЛ, выполненных покрытыми проводами, км;

$L$  – общая протяжённость ВЛ 10 кВ, км.

Расчёт количества аварийных отключений ВЛ 10 кВ выполнен для следующих случаев:

- существующая схема ВЛ 10 кВ с неизолированными проводами на протяжении всей трассы;
- участки ВЛ 10 кВ, проходящие по лесным массивам, выполнены с использованием покрытых проводов, на остальных участках трассы неизолированные провода.

Расчёт проводился для восьми ВЛ 10 кВ нескольких сельских районов электрических сетей (РЭС) Республики Беларусь.

Результаты расчёта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчёта количества внезапных отключений ВЛ напряжением 10 кВ

№ ВЛ	Длина всей ВЛ $L$ , км	Длина $L_{ВЛП}$ участков ВЛ, проходящих через лес		Количество $N_{10}$ внезапных отключений ВЛ в год		Снижение числа внезапных отключений, %
		км	%	вся ВЛ с неизолированным и проводами	участки, проходящие через лес, выполнены в виде ВЛП	
1	20,06	1,39	6,93	4,37	4,12	5,7
2	13,875	1,58	11,4	2,34	2,12	9,2
3	10,039	4,56	45,4	3,66	2,32	36,6
4	12,812	5,3	41,4	2,25	1,49	33,6
5	17,05	4,93	28,91	2,8	1,62	42,1
6	29,98	8,88	29,62	3,84	2,93	23,9
7	9,768	5,528	56,59	1,64	0,89	45,7
8	9,87	1,56	15,81	2,3	2,01	12,7

### Выводы

1. Замена голых проводов на покрытые на участках ВЛ 10 кВ, проходящих через лес, позволяет уменьшить количество внезапных отключений линии, и, следовательно, повысить надёжность электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения.

2. Степень снижения аварийности зависит от процентного соотношения длин участков ВЛ, выполненных в виде ВЛП, и всей линии.

### Список использованных источников:

1. Русан В.И., Пухальская О.Ю. Повышение надёжности электроснабжения потребителей агропромышленного комплекса //

Энергетика – Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2009. – №3. – С. 41-49.

2. Алферова Т.В., Пухальская О.Ю., Алферов А.А. Надёжность электроснабжения потребителей агропромышленного комплекса: учебное пособие. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2017. – 112 с.

3. Пухальская О.Ю., Медведев К.М. Направления повышения надёжности электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения // Современные информационные технологии, средства автоматизации и электропривод: материалы Всеукраинской науч.-техн. конф., посвященной 60-летию ДГМА, Краматорск, 17-21 декабря 2012 г. / Донбас. гос. машиностроит. акад.; редкол.: А. Ф. Тарасов [и др.]. – Краматорск, 2012. – С. 171-173.

4. Короткевич А.М., Кудряшов В.Ф., Драко М.А. Повышение надёжности ВЛ 10 кВ, проходящих через леса, в изменившихся климатических условиях // Энергия и Менеджмент. – 2013. – №4-5. – С. 11-17.

5. Нормы проектирования электрических сетей внешнего электроснабжения напряжением 0,4-10 кВ сельскохозяйственного назначения: ТКП 385-2012 (02230). – Введ. 10.07.2012. – Минск: РУП “Белэнергосетьпроект”, 2012. – 88 с.

6. Фадеева Г.А., Федин В.Т. Проектирование распределительных электрических сетей: учеб. пособие. – Минск: Выш. шк., 2009. – 365 с.

7. Куценко Г.Ф., Пухальская О.Ю. Методика определения расчётного количества внезапных отключений потребителей сельскохозяйственного назначения по цепи “источник–потребитель” // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого. – 2005. – №3. – С. 30-33.

8. Клименко, С.В. Сравнение показателей надёжности сельских распределительных сетей, выполненных с применением изолированных и неизолированных проводов // Известия вузов. Электромеханика. – 2004. – №6. – С. 14-17.

*Пухальская Ольга Юрьевна – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Электроснабжение», Республика Беларусь, Гомель, УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого», [olga.u.p@yandex.ru](mailto:olga.u.p@yandex.ru).*

*Медведев Константин Михайлович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Теоретические основы электротехники», Республика Беларусь, Гомель, УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого», [konsmedvedev@yandex.ru](mailto:konsmedvedev@yandex.ru).*

## IMPROVING THE POWER SUPPLY RELIABILITY OF AGRICULTURAL CONSUMERS BY THE USE OF COVERED WIRES ON LINES WITH VOLTAGE 10 KV

O.Yu. Poukhalskaya, K.M. Medvedev  
Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoy, Gomel,  
Republic of Belarus

**Abstract.** The article discusses the issues of improving the power supply reliability to agricultural consumers. The analysis is given of the use of coated wires on 10 kV in comparison with the bare wires in terms of improving reliability is given. The calculation and estimation of the degree of reduction in the number of sudden outages on the sections of overhead lines with covered wires laid along the territory of forests, in comparison with the sections of lines with bare wires were performed.

**Key words:** power supply reliability, overhead lines, covered wires, number of outages.

*O.Yu. Poukhalskaya – master of technical sciences, senior lecturer of Power Supply department, Republic of Belarus, Gomel, Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoy, [olga.u.p@yandex.ru](mailto:olga.u.p@yandex.ru).*

*K.M. Medvedev – candidate of technical sciences, associate professor, the head of the department "Theoretical bases of electrical engineering", Republic of Belarus, Gomel, Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoy, [konsmedvedev@yandex.ru](mailto:konsmedvedev@yandex.ru).*