

2015 — 44 с.: 21 рис. цв., ч/б. – ISBN 978-5-905563-57-7

2. **Баграмов Р.А.** Буровые машины и комплексы: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1988 – 501 с.

3. Буровое оборудование: учебное пособие / В.Г. Крец, Л.А. Саруев, В.Г. Лукьянов, А.В. Шадрин, В.А. Шмурыгин, А.Л. Саруев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011 – 121 с.

4. **Арсентьев, О.В.** Особенности проектирования частотнорегулируемых асин-

хронных двигателей / О.В. Арсентьев, Ю.В. Коновалов // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2007. Т.1. № 1. – С. 90-92.

5. **Крюков, А.В.** Применение интеллектуальных технологий для электротехнических комплексов на нефтегазодобывающих предприятиях / А.В. Крюков, Ю.В. Коновалов // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2018. Т.1. № 15. – С. 162-169.

УДК 621.311

Голованов Игорь Григорьевич,
к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: golovanov_ig@mail.ru

Дукова Валентина Николаевна,
студентка группы ЭЭ-25-1,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: dukovav@mail.ru

Дюндик Сергей Евгеньевич,
студент группы ЭЭз-24-1,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: neo@list.ru

Нефёдова Регина Алексеевна,
студентка группы ЭЭ-23-1,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: orlova-r2@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ И СТРОИТЕЛЬСТВА НОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Golovanov I.G., Dukova V.N., Dyundik S.E., Nefedova R.A.

FEATURES OF MODERNIZATION AND CONSTRUCTION OF NEW ELECTRIC GRIDS IN THE IRKUTSK REGION

Аннотация. Рассмотрены основные причины снижения надёжности линий электропередачи в системах электроснабжения Иркутской области и определены пути повышения надёжности и эффективности электропитания потребителей Восточно-Сибирского региона.

Ключевые слова: высоковольтная линия, система электроснабжения, электрическая сеть, надёжность системы электроснабжения, отказы воздушных линий.

Abstract. The main reasons for the decline in the reliability of power lines in the power supply systems of the Irkutsk region are considered, and ways to improve the reliability and efficiency of power supply to consumers in the East Siberian region are identified.

Keywords: high-voltage line, power supply system, electric network, reliability of the power supply system, failures of overhead lines.

Иркутская область - крупная энергетическая база РФ, дающая более 6% [1, 2] вырабатываемой в России электроэнергии, и является областью-донором, как поставщик самолётов, ядерного топлива, слюды, поваренной соли, золота, алюминия и других ме-

таллов, древесины, химической и нефтехимической, целлюлозно-бумажной продукции, пушно-мехового сырья, пищевой продукции. А также Иркутская область поставляет электрическую энергию в республики Бурятия и Тыва в Восточной Сибири.

Основной задачей разработки системы и программы развития (СиПР) Иркутской области с 2022 по 2026 является обеспечение надежного функционирования энергосистемы. СиПР Иркутской области предполагает: развитие электрических сетей номинальным классом напряжения 110 кВ и выше (по объемам и срокам реконструкции действующих и вводам новых электросетевых объектов) для обеспечения надёжного функционирования в долгосрочной перспективе. Одним из направлений развития электрических сетей является применение новых конструкций и материалов, позволяющих довести срок службы вновь строящихся и реконструируемых линий до 70 и более лет. Износ электросетевого хозяйства Иркутской области составляет более 60 %, что существенно влияет на надёжность электроснабжения.

Анализ причин технологических нарушений в работе энергосистемы позволил классифицировать отказы воздушных линий

(ВЛ), и, в частности, аварий, вызванных нарушением работоспособности отдельных элементов ВЛ. Линии электропередачи подвержены старению и износу от коррозии и знакопеременных нагрузок, а также от влияния внешней среды. Количество отказов составляет от 3 до 5% в год [3, 4]. Этот анализ показывает, что значительное число отказов ВЛ является следствием повреждения проводов, изоляторов, а также отключений из-за грозовых перенапряжений. По тяжести отказов, приводящих к авариям для ВЛ, на первом месте стоят опоры, затем провода, арматура, изоляция. Опоры являются достаточно надёжным элементом линий электропередачи, однако разрушения опор создают наиболее тяжелые последствия и приводят к большим затратам, связанным с восстановлением ВЛ и недоотпуском электроэнергии. В таблице 1 представлено распределение отказов по элементам воздушной линии, без учёта и с учётом грозовых перенапряжений в сети.

Таблица 1 – Распределение отказов по элементам воздушной линии

Элементы воздушных линий	Число отказов в % от общего количества	
	Без учёта грозовых перенапряжений	С учётом грозовых перенапряжений
Опоры	9	13
Провода и тросы	37	52
Изоляторы	23	31
Арматура	3	4

На рисунке 1 а), представлено повреждение опоры ВЛ (трещины в опоре), которые привели к наклону железобетонной опоры. На рисунке 1 б) представлено оголение арматуры железобетонной опоры. Такие повреждения снижают надёжность ВЛ.

Основными факторами, разрушающими железобетонные опоры, являются: действие коррозии, протекающей под действием внешнего агрессивного воздействия окружающей среды, и внутренней деградации железобетонной стойки от ветровой или гололёдной механической нагрузки, температурных перепадов. Для металлических конструкций ВЛ основным фактором, повреждающим металлическую опору, является коррозия металла, которая зависит от внешней среды,

температурных перепадов, ветровой и гололёдной нагрузки.

В Иркутской области ещё местами используются деревянные опоры для сетей 0,4; 6 и 10 кВ. Основное повреждение деревянных опор – это гниение древесины под действием внешних факторов: осадки, температурные перепады, ветровая и гололёдная механические нагрузки. Для деревянных опор долговечность определяется от 30 до 40 лет (при обработке опоры антисептиком). Срок службы железобетонных опор достигает от 50 до 70 лет при эксплуатации в нормальных климатических условиях и перепадах температур от минус 55 градуса Цельсия до плюс 55 градусов Цельсия. Срок эксплуатации металлических опор ВЛ устанавливается с учё-

том климатической зоны, условий эксплуатации и типа конструкции. Для оцинкованных стальных опор в средней полосе он составляет от 40 до 60 лет, в северных регионах с агрессивной атмосферой – может сокращаться до 25 лет [4, 5]. На долю ВЛ районных, питающих, системообразующих приходится значительная часть отказов и отключений электрического оборудования системы электроснабжения, и достигают до 50 % от всех повреждений. Все виды повреждения опор ВЛ существенно влияют на предельное состояние линий электропередачи. Предельное состояние ВЛ характеризуется износом электрооборудования, которое зависит от:

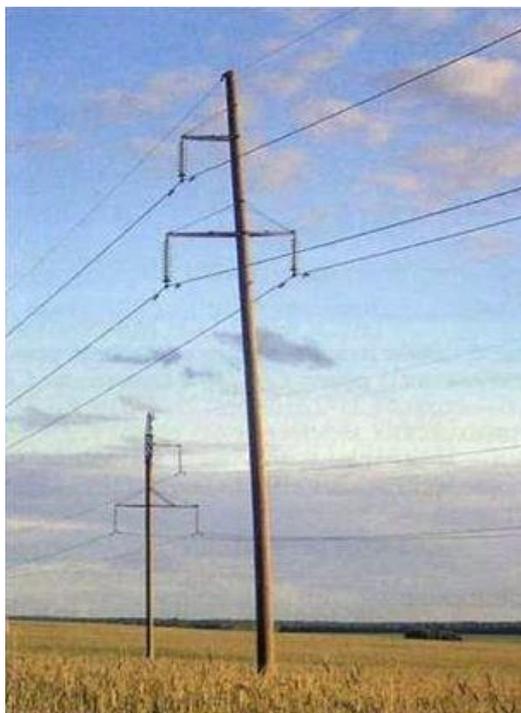
- физического износа ВЛ, это основной износ, который оказывает самое сильное влияние на надёжность электрооборудования;

- технического износа ВЛ, когда состояние электрооборудования не обеспечивает, определённое ГОСТом качество электрической энергии;

- экологического износа ВЛ, когда электрооборудование может оказать негативное влияние на окружающую среду;

- социального износа ВЛ, когда требования к электрооборудованию перестают соответствовать стандартам по обеспечению безопасности обслуживающего персонала, людям, животным и т.д.;

- экономического (морального) износа ВЛ, когда с появлением нового более эффективного электрооборудования необходимо выполнить модернизацию электрооборудования ВЛ с целью повышения эффективности и надёжности работы электросети.



а)



б)

Рисунок 1 – Наклон железобетонной опоры из-за трещин в опоре – а); оголение арматуры железобетонной опоры – б)

Каждый элемент ВЛ оказывает определённое воздействие на надёжность электросети. Их отказы приводят к существенным ущербам в системе электроснабжения.

Отказы проводов и грозозащитных тросов ВЛ по статистике составляет от 40 до 55% от общего количества всех повреждений ВЛ. Основные причины повреждения проводов и грозозащитных тросов – грозы, пре-

вышение гололедных нагрузок, износ от действия вибрации, пляски и коррозии. Основной причиной нарушения работоспособности арматуры являются дефекты изготовления, монтажа, ремонта, которые составляют 50% от общего числа повреждений. Второе место среди причин повреждений занимают знакопеременные нагрузки – 33,4%. Пляска является одной из наиболее опасных разновидно-

стей колебаний для арматуры. Анализ пляски проводов на ВЛ показывает, что до 90% случаев пляски приводят к повреждению арматуры ВЛ, причем только в 30% случаев ВЛ отключаются кратковременно, а в остальных случаях отключения длятся от нескольких часов до нескольких суток. В процессе пляски провода и линейная арматура испытывают действия поперечных и продольных нагрузок, величина которых достигает от 1 до 4 тонн. Это приводит к разрушению подвесной, сцепной арматуры, защитной арматуры, проводов и грозозащитных тросов. По статистике повреждение изоляторов на ВЛ составляет от 23 до 31% от общего количества нарушений. Основными причинами повреждения изоляции являются атмосферные перенапряжения – около 60% от всех отказов, связанных с повреждением изоляции [5].

В таблице 2 показано распределение

Таблица 2 – Распределение отказов в зависимости от вида опор (в %)

Причина отказов	Металлические	Железобетонные	Деревянные
Нагрузки и воздействия: -ветер выше расчётного; -ветер и гололед выше расчётного. Итого:	33,7 13,2 46,9	21,7 24,8 46,5	52,2 5 57,2
Качество проектирования и строительства	9,2	35,5	1,5
Качество эксплуатации	26,9	18	41
Разбор конструкции посторонними лицами	16,9	–	0,3

Многогранные опоры на базе одного модуля позволяют собирать порталные опоры для районных, питающих и системообразующих ВЛ. Их использование снижает расход металла до 20%, по сравнению с другими типами опор ВЛ, и уменьшает стоимость новых ВЛ на 5-10% по сравнению с другими опорами ВЛ.

Защита металлических опор от коррозии путем применения метода горячего оцинкования при сооружении новых линий и при ремонте старых, существенно увеличивает срок службы опор ВЛ [6]. В последнее время в нашей стране и за рубежом нашли применение композиционные опоры. Композитные опоры изготавливаются из армированных полимерных материалов – чаще все-

отказов опор воздушных линий от различных факторов, которые снижают их надёжность. Среди новых конструкций для ВЛ рассматривается применение стальных многогранных оцинкованных опор закрытого профиля, устанавливаемых на буронабивных, а в пучинистых грунтах – на шпунтозабивных фундаментах.

Испытание таких опор проводилось на БАМе, которые показали хорошие результаты при эксплуатации. Многогранные опоры имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с другими металлическими и железобетонными конструкциями.

К достоинству этих опор можно отнести то, что они технологичны при изготовлении и монтаже, позволяют в короткие сроки строить и восстанавливать ВЛ; а также долговечны за счет обтекаемой формы, отсутствия мест скопления влаги.

го это стекло или угле волокно, связанное с эпоксидной, полиэфирной или винил эфирной матрицей. Они обладают высокой устойчивостью к коррозии, не боятся ультрафиолета, не накапливают влагу и не подвержены разрушению от кислот, щелочей или солей. Однако, как и любые инженерные изделия, они подвержены естественному старению, особенно под действием климатических факторов. Композитные материалы не подвержены линейному старению – разрушение происходит лавинообразно после достижения критического порога. Поэтому композиционные опоры требуют регулярного мониторинга. Срок службы композиционных опор от 60 до 100 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области. // Развитие электроэнергетики Иркутской области. URL: <https://38.gosstat.gov.ru/storage/media-bank/2024.pdf>. (дата обращения: 09.10.2025).

2. Коновалов, Ю.В. Анализ качества электроэнергии на предприятии / Ю.В. Коновалов, И.И. Воробьев // Вестник Ангарской государственной технической академии. 2014. № 8. – С. 57-60

3. Каверина Р., Коган Ф., Яковлев Л. Повышение надёжности воздушных линий 35–750 кВ // Комплекс работ и предложений. URL: <http://news.elteh.ru/arh/2007/47/12.php>. (дата обращения: 09.10.2025).

4. Kononov, Y.V. Optimization of power supply system reactive power compensa-

tion at the oil field electrical substation / Y.V. Kononov, D.N. Nurbosynov // 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017 - Proceedings. electronic edition. 2017. – С. 8076228.

5. Повреждения опор высоковольтных линий электропередачи // Примеры повреждения ЛЭП. URL: <https://stroystandart.info/index.php?name=pages&op=view&id=1195>. (Дата обращения 09.10.2025 г.)

6. Сравнение характеристик высоковольтных опор // Деревянные, железобетонные и металлические опоры. URL: https://omek.ru/index.php?route=octemplates/blog_article&oc_blog_article_id=117. (дата обращения 09.10.2025 г.).

УДК 621.311

Засухина Ольга Александровна,

доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: olga_a_z@mail.ru

Корпан Вадим Ярославович, Зайцев Станислав Александрович, Ткач Денис Сергеевич,
студенты группы ЭЭ-24-1 ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail: Thegrimreaperdecadal@gmail.com

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗ ДАННЫХ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Zasukhina O.A., Korpan V.Ya., Zaitsev S.A., Tkach D.S.

PROBLEMS OF USING DATABASES IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Аннотация. Рассмотрены назначение, виды, технологии, методы и проблемы использования баз данных в электроэнергетике.

Ключевые слова: базы данных, программный комплекс, электроэнергетика, цифровизация, консолидация данных, структурирование, автоматизация.

Abstract. The purpose, types, technologies, methods, and problems of using databases in the electric power industry are considered.

Keywords: databases, software complex, electric power industry, digitalization, data consolidation, structuring, and automation.

Базы данных (БД) используются в электроэнергетике для структурирования и организации информационных потоков, связанных с мониторингом, управлением и анализом данных в энергосистемах [1]. Это позволяет:

- хранить данные о состоянии оборудования, параметрах сети, результатах ремонтов и проверок;
- интегрировать информацию из различных источников, чтобы исключить дублирование данных;

- использовать специализированные системы управления базами данных (СУБД) для управления большими потоками информации.

Для служб режимов энергосистем в электроэнергетике используются базы данных, которые содержат информацию о нагрузках, перетоках мощности, потерях мощности и электроэнергии, параметрах работы энергосистем, оборудовании и процессах, связанных с управлением режимами. Эти базы данных используются в автоматизи-