
4.3.2. ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 621.311:63

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_103

EDN: LYSOIC

Систематизация причин отключений в сельских электрических сетях

Алина Васильевна Виноградова¹, Александр Владимирович Виноградов^{2✉}

^{1, 2} Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

² winaleksandr@gmail.com✉

Аннотация. Современный этап развития сельского хозяйства характеризуется сложностью и энергоемкостью производственных процессов, ростом мощностей различных машин и агрегатов. Надежная работа электрооборудования и электрических сетей является одним из условий нормального функционирования отрасли. Знание причин отключений позволяет своевременно проводить эксплуатационные мероприятия для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей. Исследование литературных источников выявило отсутствие четкой классификации причин отключений, поэтому целью работы является анализ статистических данных и систематизация причин отключений. Существующие методики оценки причин отключений сельских электрических сетей предусмотрены только для линий электропередачи 35 кВ и выше. На более низкий класс напряжения сетей нормативная документация отсутствует, причины отключений в журналах указываются в свободной форме, что является источником неточностей и затрудняет устранение слабых мест в системе электроснабжения потребителей. Был выполнен анализ статистических данных по отключениям в сельских электрических сетях напряжением 0,4 кВ, имевших место в Орловской области в 2018–2023 гг. Аварийные отключения на более чем 12 000 ВЛ электропередачи общей протяженностью порядка 10 000 км были разбиты по месяцам и причинам. Показано, что наибольшее количество аварийных отключений приходится на период с мая по сентябрь, что связано не только с физическим и моральным износом оборудования при увеличении нагрузок в электрических сетях, но и грозовой активностью и несвоевременными санитарными вырубками вдоль трасс. Предложена классификация, включающая деление отключений по видам на преднамеренные и аварийные с указанием и конкретизацией причин, что упрощает обработку данных по отключениям, позволяет выявлять наиболее значимые их причины и первопричины и проводить мероприятия по повышению надежности электрических сетей. Систематизацию причин рационально закрепить нормативно-правовыми документами в электроэнергетике.

Ключевые слова: аварийные отключения, плановые отключения, сельские электрические сети, статистические данные, журнал отключений

Для цитирования: Виноградова А.В., Виноградов А.В. Систематизация причин отключений в сельских электрических сетях // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 103–111. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_103-111.

4.3.2. ELECTROTECHNICS, ELECTRICAL EQUIPMENT AND ELECTRICAL POWER SUPPLY FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Systematization of causes of power outages in rural electrical networks

Alina V. Vinogradova¹, Aleksandr V. Vinogradov^{2✉}

^{1, 2} Federal Scientific Agroengineering Centre VIM, Moscow, Russia

² winaleksandr@gmail.com✉

Abstract. The current stage of agricultural development is characterized by the complexity and energy intensity of production processes, and the increasing capacity of various machines and aggregates. Reliable operation of electrical equipment and electrical networks is one of the conditions for the normal functioning of the industry. Analysis of the causes of outages in rural electric networks allows timely operational measures to ensure uninterrupted power supply to consumers. A study of literature references revealed the lack of a clear classification of the causes of outages, so the purpose of the work was to study statistical data and systematize the causes of outages. The existing methods for assessing the causes of rural power outages are provided only for power transmission lines of 35 kV and above. There is no regulatory documentation for a lower network

voltage class, and the reasons for outages are indicated in the logs in free form, which is a source of inaccuracies and makes it difficult to eliminate weaknesses in the consumer power supply system. An analysis of statistical data on outages in rural electrical networks with voltage of 0.4 kV in Orel Oblast for the period of 2018-2023 was performed. Emergency shutdowns on more than 12,000 overhead transmission lines with a total length of about 10,000 km were divided according to month and cause. It is shown that the largest number of emergency shutdowns occurs in the period from May to September, which is associated not only with physical and moral wear and tear of equipment with increased loads in electrical networks, but also with thunderstorm activity and untimely sanitary deforestation along the path. A classification is proposed that includes dividing outages by type into intentional and emergency ones, indicating and specifying the causes, which simplifies the processing of data on outages, allows identifying their most significant causes and root causes, and taking measures to improve the reliability of electrical networks. Systematization of the causes should be rationally fixed by regulatory documents in the electric power industry.

Keywords: emergency outages, planned outages, rural electrical networks, statistical data, outage log

For citation: Vinogradova A.V., Vinogradov A.V. Systematization of causes of power outages in rural electrical networks. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):103-111. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_103-111.

Современный этап развития сельского хозяйства характеризуется сложностью и энергоемкостью производственных процессов, ростом мощностей различных машин и агрегатов в целом. Надежная работа электрооборудования и электрических сетей является одним из условий нормального функционирования сельскохозяйственного производства, при этом необходимость повышения эффективности защиты является очевидной, если учесть реальную возможность возникновения нештатных ситуаций в сельскохозяйственном производстве.

Знание причин отключений в сельских электрических сетях позволяет своевременно проводить эксплуатационные мероприятия для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей. Исследование литературных источников выявило отсутствие четкой классификации причин отключений, поэтому целью работы является анализ статистических данных и систематизация причин отключений.

И. Бандурин и О. Садченкова, исследовав возможности повышения надежности электроснабжения распределительных сетей сельскохозяйственного назначения, приводят вариант классификации плановых и аварийных отключений, а также разрабатывают мероприятия по сокращению количества и времени отказов [1]. Авторы предлагают плановые отключения разделить на технические и экономические, а аварийные – на отключения из-за природных явлений и других причин. Следует отметить, что разработанные авторами комплексные мероприятия, включающие как организационные (повышение требований к эксплуатационному персоналу, повышение квалификации персонала), так и технические, связанные с реконструкцией, модернизацией и строительством сетей, позволяют сократить недоотпуск электроэнергии на 20–30% по сравнению со стратегиями, применяющимися в эксплуатации.

Е.А. Сбитнев и М.С. Жужин, рассмотрев статистику аварийности сельских электрических сетей 0,38 кВ Нижегородской области за период 2016–2019 гг., отмечают, что на долю ВЛ 0,38 кВ приходится 43% от всех отключений, на которые помимо эксплуатационных влияют и другие факторы, такие как климатическое (сильный ветер, выпадения агрессивных осадков) и/или постороннее вмешательство (изменения стрелы провеса, обрыв проводов), а также сложность контролирования технического состояния ВЛ и элементов энергосистемы [11]. Авторы акцентируют внимание на то, что самое большое количество аварийных ситуаций по сравнению с другими происходит «по неустановленным причинам».

А.А. Коннов на основе анализа проблем аварийности в электрических сетях Нижегородской области за 2019 г. представляет следующее распределение более 1000 технологических нарушений (ТН) по классам напряжения: 0,4 кВ – 72%; 6–10 кВ – 27%; 35–110 кВ – 1% [7]. Многие технологические нарушения произошли под воздействием погодных условий, таких как гроза, порывистый ветер и др. Показано, что воздушные линии электропередач наиболее подвержены воздействию атмосферных явлений (около 9% ТН произошли в плохую погоду). Наиболее распространенной причиной ТН на линиях электропередач является обрыв проводов из-за посторонних предметов (деревья, ветки, попадание молнии) и повреждения изоляторов. В летние месяцы высокие температуры негативно влияют на работу высоковольтных линий, в то время как в зимнее время года основными причинами обрывов ВЛ являются некачественный монтаж (перетяжка, плохая вязка проводов и др.), образование большого количества наледи и пр. При этом основной вывод автора аналогичен данным других исследователей: около 58% отключений происходит «по неустановленным причинам».

М.Ю. Комаровым дана комплексная оценка технического состояния и уровня эксплуатации оборудования предприятий распределительного комплекса Дальневосточного региона [6]. Автором отмечено, что интенсивность потока аварийных отключений носит сезонный характер и имеет определенную периодичность и закономерность. В сетях напряжением 6–10 кВ выделяются следующие причины отключений: повреждение опоры (11%), повреждение изоляции (22%), повреждения на участках смежных организаций (11%), перекрытия на проводах ВЛ (13%), повреждение провода, грозозащитного троса, шлейфа (17%), падение деревьев на провода (12%), прочие (15%). Предложен алгоритм статистического анализа и использование его результатов в оценке производственной деятельности.

А.В. Виноградовым, М.М. Шабаетовым и Р.С. Юркиным [4] проведено исследование структуры распределительных электрических сетей 10 и 0,4 кВ Кондровского РЭС Калужской области, расположенных на площади 1090 км². Анализ видов и количества повреждений показал, что основными причинами повреждения воздушных линий являются схлестывание и обрыв проводов, грозовые перекрытия изоляции, ветровые нагрузки, ослабление прочности деталей опор и др. Повреждения ВЛ возможны и в нормальных условиях работы из-за повышения фактических электрических нагрузок расчетных значений; дефектов, возникших при изготовлении опор, проводов, изоляторов; нарушение правил монтажа и сооружения ВЛ и др. Сравнение со статистическими данными других регионов показывает, что в целом причины повреждений схожи как по составу, так и по процентному соотношению.

В.А. Листюхиным и Е.А. Печерской выполнен анализ показателей аварийности распределительных электрических сетей номинальным напряжением 0,4–20 кВ, общая протяженность которых в России достигает 1 млн км. Причины отключений ВЛ 0,4–20 кВ авторами классифицируются на несвоевременное выявление дефектов (45%), неудовлетворительное техническое состояние (23%), воздействие неблагоприятных природных явлений (31%) и воздействие сторонних лиц и организаций (1%) [8].

И.В. Наумовым и М.Н. Полковской собраны данные о работе электрических распределительных сетей десяти филиалов Облкоммунэнерго Иркутской области в 2019 г. Выявлены причины аварийных отключений, основными из которых являются

нарушения в сетях потребителей, повреждение изоляторов, проводов, разрядников, опор воздушных линий электропередачи; ветровая нагрузка, снег, гололед, перекрытие изоляции и др. [9]. Схожим образом классифицированы причины аварийных отключений Т.Н. Васильевой и Е.И. Лопатиным [2].

В [12] приводятся предложения по организации телеметрического контроля состояния изоляции воздушных линий электропередачи высокого напряжения для оперативного реагирования на отключения и их профилактики.

В ряде работ рассмотрены и плановые перерывы в электроснабжении. Так, разрабатываются алгоритмы решения задачи комплексной оценки надежности электроснабжения и качества электроэнергии в сельских распределительных сетях с учетом плановых отключений [5].

В этих работах, а также в публикациях других авторов четкой классификации причин отключения не прослеживается. Деление неисправностей происходит произвольным образом, наиболее удобным для каждого автора.

В Приказе Минэнерго РФ № 676 от 26.07.2017 «Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей» оценка технического состояния линий электропередач предусмотрена на напряжение 35 кВ и выше [10]. Перечень неполадок в электрических сетях ниже классом напряжения нигде не регламентируются. В связи с этим, журналы отключений заполняются в свободной форме, что, в свою очередь, вносит неточность в отчетную документацию и затрудняет определение и устранение слабых мест в системе электроснабжения потребителей. Кроме того, уровень образования персонала также влияет на качество и точность формулировок при описании причин отключения электроэнергии.

Все приведенное выше влияет на точность заполнения журналов отключений. Например, указанный в журнале обрыв провода может быть связан с падением дерева на линию электропередачи либо из-за того, что оно было старым, либо из-за сильных порывов ветра, его поваливших. Определить первопричину отключения на основании записи в журнале в этом случае не представляется возможным.

Отсутствие функциональной классификации и систематизации причин приводит зачастую к некорректным формулировкам, затрудняет выбор необходимых мероприятий для снижения числа отключений. Таким образом, на сегодняшний день задача разработки четкой классификации и систематизации причин отключений в сельских электрических сетях остается весьма актуальной.

В распределительных электрических сетях сведения по всем видам отключений с 2018 г. заносят в программный комплекс «Аварийность ЭСК». Были рассмотрены журналы отключений в электрических сетях напряжением 0,4 кВ, имевших место в Орловской области в 2018–2023 гг. В журналах отмечены факты отключения с указанием времени возникновения и окончания, количестве и мощности отключенных потребителей, выявленных причинах. Отключения на более 12 000 воздушных линий электропередачи общей протяженностью порядка 10 000 км были классифицированы по причинам и количеству по месяцам и сведены в таблицу 1. Перечень причин при этом определялся на основе анализа журналов, близкие формулировки причин объединялись и количество отключений по ним суммировалось.

Таблица 1. Классификация причин отключений по месяцам за период 2018–2023 гг. ВЛИ 0,4 кВ

№ п/п	Причина	Месяц												Σ за год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Сети потребителя	220	234	211	218	424	591	663	549	342	455	292	319	4518
2	Перегорание предохранителя	38	35	53	51	109	185	189	110	87	91	65	96	1109
3	Не установлена	33	32	81	69	88	62	83	80	40	76	58	93	795
4	Схлестывание проводов	36	26	36	33	68	80	97	39	43	34	28	41	561
5	Прочее:	25	16	17	30	38	84	118	100	36	33	15	29	541
	9. Перекрытие проводов из-за проникновения посторонних предметов	4	3	5	7	10	35	31	17	11	14	4	11	152
	10. Атмосферные перенапряжения (грозовые разряды)	5	2	2	7	9	31	67	45	16	10	0	5	199
	11. Повреждение проводов и опор техникой	4	1	1	0	1	1	3	27	5	1	3	1	48
	12. Внутреннее повреждение автомата	5	0	3	2	4	4	4	4	1	2	1	4	34
	13. Падение опоры	0	1	4	7	7	4	4	2	0	2	1	0	32
	14. Пробой изолятора	1	0	1	2	2	3	2	1	1	2	3	5	23
	15. Окисление контактных соединений	2	8	1	0	2	1	2	2	0	0	0	1	19
	16. Превышение габарита стрелы провеса	3	1	0	0	0	3	3	0	0	1	0	0	11
	17. Деятельность сторонних лиц	0	0	0	0	1	2	0	1	1	0	1	2	8
	18. Вмешательство животных и птиц	0	0	0	3	0	0	0	1	1	1	1	0	7
	19. Пожары (возгорания)	1	0	0	1	2	0	1	0	0	0	1	0	6
	20. Ремонт трансформатора	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
6	Обрыв провода	16	35	27	25	43	88	84	62	43	26	12	16	477
7	Падение деревьев, веток	11	14	18	45	38	70	57	34	29	8	7	17	348
8	Гололедно-ветровые нагрузки	13	25	16	17	21	33	31	37	17	45	34	44	333
	Всего	392	417	459	488	829	1193	1322	1011	637	768	511	655	8682

На основе анализа данных таблицы 1 можно отметить неравномерность распределения отключений по месяцам и по причинам отказа. В летний период количество отключений заметно увеличивается. Если рассматривать все причины, то в летние месяцы отключений в 2,4 раза больше, чем в зимние, в 2 раза больше, чем в весенние и в

1,8 раза больше, чем в осенние. Рост числа отключений с мая по август связан с высокой грозовой активностью, периодом отпусков и дачным сезоном. В октябре перед началом отопительного сезона и наступлением холодов наблюдается рост количества отключений, связанных с увеличением нагрузки на электрические сети.

Ниже на рисунке приведена диаграмма Парето, позволяющая выделить основные причины отключений среди рассмотренных в таблице 1.

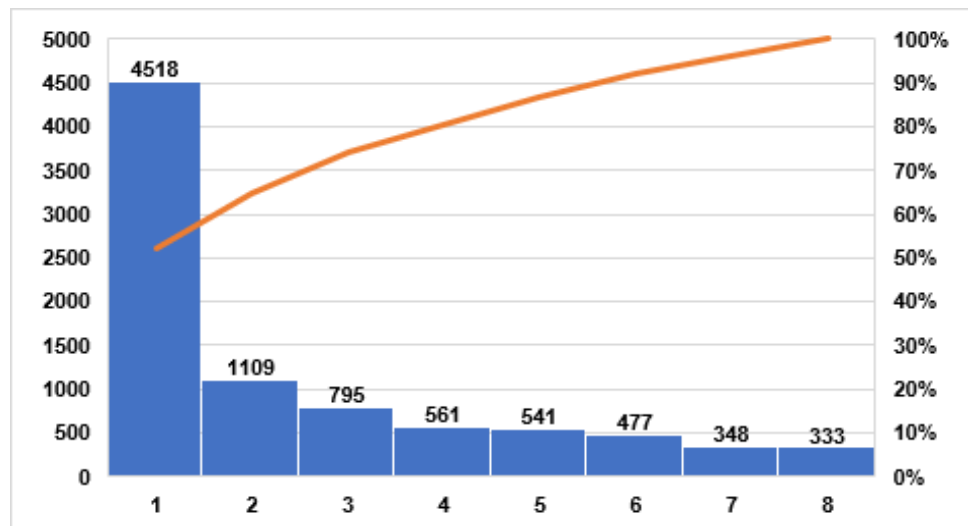


Диаграмма Парето причин отключений в сетях 0,4 кВ

На диаграмме показано, что наибольшее количество причин отключений связано с действиями потребителей (1 – 4518 ед.), то есть отключения происходят из-за повреждений в сети или оборудовании, находящихся на балансе потребителя. Далее в убывающем порядке идут следующие причины: перегорание предохранителя (2 – 1109 ед.); «по неустановленным причинам» (3 – 795 ед.); схлестывание проводов (4 – 561 ед.); обрывы проводов (6 – 477 ед.); падение деревьев, веток (7 – 348 ед.); гололедно-ветровые нагрузки (8 – 333 ед.). В сумме на эти указанные причины приходится 93,76% всех отключений. Остальные 6,24% отключений приходятся на другие причины: в таблице 1 и на диаграмме под № 5 приведена объединяющая группа причин (9–20).

На основе анализа диаграммы Парето можно сделать вывод, что основное внимание сетевых организаций для сокращения числа отключений должно быть сосредоточено на совершенствовании систем мониторинга, защиты и автоматики в сетях 0,4 кВ, позволяющих прогнозировать развитие дефектов, выявлять причины отключений, в том числе в сетях потребителей. Кроме того, актуальным будет использование секционирования линий 0,4 кВ, так как источник причины отключения часто находится не в начале, а в середине или конце линии. Это характерно при потребительских отключениях, схлестывании проводов, падении деревьев и др. Да и перегорание предохранителей часто бывает вызвано замыканиями в конце линии. Секционирование позволит уменьшить число отключенных потребителей и сократить недоотпуск электроэнергии, повысив защищенность линий от удаленных коротких замыканий [3].

Для удобства использования и унификации причин отключений в распределительных электрических сетях предлагается классификация, в соответствии с которой все причины подразделяют на 2 крупных блока по виду технологического отключения: преднамеренные и аварийные. В каждом блоке приводится перечень причин отключений, которые могут быть разбиты еще более подробно.

Например, атмосферные перенапряжения будут отнесены к воздействию природно-климатических факторов при аварийном отключении. При этом для удобства

использования при заполнении журналов отключений предлагается данные причины кодировать, указывая следующую информацию:

- вид отключения (ПО – преднамеренное отключение, АО – аварийное отключение);
- причина отключения (численное обозначение);
- конкретизация причины отключения (численное обозначение);
- примечание (численное обозначение).

В таблице 2 приведена классификация видов и причин отключений с указанием численных значений кода. Для преднамеренных отключений причины приведены в общем виде без детальной конкретизации.

Таблица 2. Классификация причин отключения сельских электрических сетей

Причины отключений	Преднамеренные отключения (ПО)	01	Неотложное
		02	Неплановое
		03	Плановое
		04	Потребительское
	Аварийные отключения (АО)	01	Воздействие природно-климатических факторов
		02	Деятельность сторонних лиц
		03	Не выявлено
		04	Неисправность РЗиА
		05	Падение деревьев, веток
		06	Повреждение оборудования
		07	Повреждение опор и линейной арматуры
		08	Повреждение проводов и кабелей
		09	Пожар (возгорание)
		10	Превышение габарита стрелы провеса
		11	Срабатывание РЗиА без указания причины

Конкретизация причин отключений для преднамеренных отключений разработана, но в таблице 2 не указана в виду большого объема конкретизаций.

Приведем пример конкретизации отдельных причин. В частности, для причины «Воздействие природно-климатических факторов» конкретизация имеет следующие обозначения:

- 01 – атмосферные перенапряжения (грозовые разряды);
- 02 – ветер;
- 03 – воздействие воды, снега, града;
- 04 – гололед;
- 05 – гололедно-ветровые нагрузки;
- 06 – вмешательство животных;
- 07 – вмешательство птиц;
- 08 – другое.

Тогда, например, атмосферные перенапряжения будут иметь шифр АО.01.01, где АО – первая позиция в коде (вид отключения – аварийное отключение), 01 – вторая позиция в коде (причина отключения – воздействие природно-климатических факторов), 01 – третья позиция в коде – конкретизация причины отключения, в данном примере – атмосферное перенапряжение.

Классификация причин отключений позволит значительно упростить обработку данных по отключениям, их сортировку, например, в таблицах Excel с выявлением наиболее значимых причин. Это, в свою очередь, даст возможность более рационально подходить к выбору и разработке мероприятий по повышению надежности электрических сетей. Значительно возрастут возможности использования для этого средств искусственного интеллекта.

Выводы

Анализ литературных источников показал, что отсутствует единая классификация причин отключений в сельских электрических сетях. Авторы приводят деление по причинам отключений произвольно, особенно для электрических сетей классов напряжения 10 кВ. Затруднено определение причин отключений и из-за многообразия факторов и многосторонней их связи между собой, имеется сложность выявления первопричины отключения.

По результатам анализа причин отключений выявлена неравномерность распределения отключений по месяцам и по причинам отказа. В летние месяцы количество отключений в 2,4 раза больше, чем в зимние, в 2 раза больше, чем в весенние и в 1,8 раза больше, чем в осенние. Рост числа отключений с мая по август связан с высокой грозовой активностью, периодом отпусков и дачным сезоном. В октябре перед началом отопительного сезона и наступлением холодов наблюдается рост количества отключений, связанных с увеличением нагрузки на электрические сети.

Наибольшей является доля отключений по вине потребителя – 52% от общего количества, далее по убыванию следуют перегорание предохранителя, «по неустановленным причинам», схлестывание проводов, обрывы проводов, падение деревьев и веток, гололедно-ветровые нагрузки. Остальные причины можно объединить в группу «Прочие», так как их суммарное значение менее 7% от общего количества отключений.

Предложена классификация, основанная на делении отключений по видам на преднамеренные и аварийные с указанием и конкретизацией их причин, что упрощает обработку данных по отключениям, позволяет выявлять наиболее значимые причины и первопричины и проводить мероприятия по повышению надежности электрических сетей. Систематизацию причин рационально закрепить нормативно-правовыми документами в электроэнергетике.

Список источников

1. Бандурин И., Садченкова О. Повышение надежности электроснабжения распределительных сетей сельскохозяйственного назначения // Электроэнергия. Передача и распределение. 2015. № 5(32). С. 46–52.
2. Васильева Т.Н., Лопатин Е.И. Анализ причин отказов электрического оборудования распределительных сетей 0,38...10 кВ // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2011. № 3(11). С. 64–66.
3. Виноградов А.В., Виноградова А.В. Повышение надежности электроснабжения сельских потребителей посредством секционирования и резервирования линий электропередачи 0,38 кВ: монография. Орел: Изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ. 2016. 224 с.
4. Виноградов А.В., Шабаетов М.М., Юдкин Р.С. Некоторые статистические данные о составе распределительных электрических сетей на примере Кондровского РЭС // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век: материалы XVII международной научно-практической конференции (Орел, 02–04 декабря 2019 г.). Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2019. С. 196–201.
5. Ковалев Г.Ф., Чернов Д.В. Методика комплексной оценки надежности электроснабжения и качества электроэнергии в сельских распределительных сетях // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2009. № 5. С. 104–114.
6. Комаров М.Ю. Оценка технического состояния и уровня эксплуатации оборудования предприятий распределительного комплекса Дальневосточного региона на основе статистического анализа отключений энергетического // Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов: сборник трудов 7-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (Благовещенск, 04–06 июня 2013 г.). Благовещенск: Амурский государственный университет, 2013. С. 318–322.
7. Коннов А.А. Анализ аварийности в электрических сетях 0,4 кВ Нижегородской области // Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. № 5-1(61). С. 127–130.
8. Листюхин В.А., Печерская Е.А. Информационно-измерительная система контроля параметров воздушных линий электропередачи распределительных сетей 0,4–20 кВ // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: материалы XVI Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции (Казань, 20–21 октября 2021 г.). Казань: ООО «Издательско-полиграфическая компания «Бриг», 2022. С. 328–330.
9. Наумов И.В., Полковская М.Н. Анализ работы электрических сетей Облкоммунэнерго Иркутской области в 2019 году // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 5(199). С. 118–126.

10. Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей: Приказ Минэнерго РФ № 676 от 26 июля 2017 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71779722/> (дата обращения: 18.11.2024).

11. Сбитнев Е.А., Жужин М.С. Анализ аварийности сельских электрических сетей 0,38 кВ Нижегородской энергосистемы // Вестник НГИЭИ. 2020. № 11(114). С. 36–47. DOI: 10.24411/2227-9407-2020-10104.

12. Breido I., Kaverin V., Ivanov V. Telemetric Monitoring Insulation Condition of High Voltage Overhead Power Lines // Proceedings of the 29th DAAAM International Symposium. Vienna, Austria: DAAAM International Publ., 2018. Pp. 0319–0328. DOI: 10.2507/29th.daaam.proceedings.046.

References

1. Bandurin I., Sadchenkova O. Increasing the reliability of power supply in agricultural distribution networks. *Electric Power. Transmission and Distribution*. 2015;5(32):46-52. (In Russ.).

2. Vasileva T.N., Lopatin E.I. The analysis of causes of failures of the electric equipment of 0,38 ... 10 kv distributive networks. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2011;3(11):64-66. (In Russ.).

3. Vinogradov A.V., Vinogradova A.V. Increasing the reliability of power supply to rural consumers through sectioning and redundancy of 0.38 kV transmission lines: monograph. Orel: Orel State Agrarian University Publishers; 2016. 224 p. (In Russ.).

4. Vinogradov A.V., Shabaev M.M., Yudkin R.S. Some statistical data on the composition of distribution electric networks on the example of one of the districts (Kondrovsky) of electric networks. In: Energy and resource saving in the XXI century: Proceedings of the XVII International Research-to-Practice Conference (Orel, December 02-04, 2019). Orel: Orel State University Publishers; 2019:196-201. (In Russ.).

5. Kovalev G.F., Chernov D.V. A technique for integrated assessment of power supply reliability and power quality in rural distribution networks. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Power Engineering*. 2009;5:104-114. (In Russ.).

6. Komarov M.Yu. Assessment of technical condition and level of operation of equipment of distribution complex enterprises of the Far Eastern region based on statistical analysis of power outages. In: Power engineering: management, quality and efficiency of energy resources use: Proceedings of the 7th All-Russian Research-to-Practice Conference with International Participation (Blagoveshchensk, June 4-6, 2013). Blagoveshchensk: Amur State University Publishers; 2013:318-322. (In Russ.).

7. Konnov A.A. Analysis of emergency in electric networks 0.4 kV Nizhny Novgorod region. *Actual Scientific Research in the Modern World*. 2020;5-1(61):127-130. (In Russ.).

8. Listyukhin V.A., Pecherskaya E.A. Information and measuring system for monitoring the parameters of overhead power transmission lines of 0.4-20 kV distribution networks. In: Dispatching and control in the electric power industry: Proceedings of the XVI All-Russian Open Youth Research-to-Practice Conference (Kazan, October 20-21, 2021). Kazan: Brig Publishing and Printing Company; 2022:328-330. (In Russ.).

9. Naumov I.V., Polkovskaya M.N. The analysis of the operation of electrical networks of the Oblkomunenergo of the Irkutsk region in 2019. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2021;5(199):118-126. (In Russ.).

10. On approval of the methodology for assessing the technical condition of the main process equipment and power transmission lines of electrical stations and electrical networks: Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation of July 26, 2017 No. 676. URL: <https://base.garant.ru/71779722/>. (In Russ.).

11. Sbitnev E.A., Zhuzhin M.S. Accident rate analysis of rural electric networks 0.38 kV of the Nizhny Novgorod power system. *Bulletin NGIEI*. 2020;11(114):36-47. DOI: 10.24411/2227-9407- 2020-10104. (In Russ.).

12. Breido I., Kaverin V., Ivanov V. Telemetric Monitoring Insulation Condition of High Voltage Overhead Power Lines. Proceedings of the 29th DAAAM International Symposium. Vienna, Austria: DAAAM International Publ.; 2018:0319-0328. DOI: 10.2507/29th.daaam.proceedings.046.

Сведения об авторах

А.В. Виноградова – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории электроснабжения, электрооборудования и возобновляемой энергетики ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», alinawin@rambler.ru.

А.В. Виноградов – доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории электроснабжения, электрооборудования и возобновляемой энергетики, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», winaleksandr@gmail.com.

Information about the authors

A.V. Vinogradova, Candidate of Engineering Sciences, Docent, Leading Research Scientist, Laboratory of Electric Power Supply, Electric Equipment and Renewable Energy, Federal Scientific Agroengineering Centre VIM, alinawin@rambler.ru

A.V. Vinogradov, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Chief Research Scientist, Laboratory of Electric Power Supply, Electric Equipment and Renewable Energy, Federal Scientific Agroengineering Centre VIM, winaleksandr@gmail.com

Статья поступила в редакцию 23.11.2024; одобрена после рецензирования 27.12.2024; принята к публикации 15.01.2025.

The article was submitted 23.11.2024; approved after reviewing 27.12.2024; accepted for publication 15.01.2025.

© Виноградова А.В., Виноградов А.В., 2025