

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 621.3

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2026-3-111-119>



Причины и последствия аварийных отключений в сельских электрических сетях 0,4 кВ

А.В. Виноградова^{1,2}, А.В. Виноградов^{2,3}, Ю.Х. Шогенов⁴

¹ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; г. Москва, Россия

² Орловский государственный аграрный университет; г. Орёл, Россия

³ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, Россия

⁴ Российская академия наук; г. Москва, Россия

^{1,2} alinawin@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8935-7086>

^{2,3} winaleksandr@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8845-9718>

⁴ yh1961s@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7588-0458>

Аннотация. Причины аварийных отключений в сельских электрических сетях и их последствия учитываются при прогнозировании вероятных ущербов от отключений и подборе мероприятий по повышению надежности электроснабжения сельских потребителей. Исследования проведены с целью выявления численных показателей количества и последствий аварийных отключений в сельских электрических сетях 0,4 кВ. На основе анализа статистических данных о количестве аварийных отключений и причинах их возникновения в электрических сетях 0,4 кВ Орловской области рассчитали время восстановления и время восстановления электроснабжения, отключенную мощность и количество обесточенных точек подключения в электрических сетях 0,4 кВ. Наиболее частыми причинами отключений отмечены повреждения в сетях потребителей (53%), перегорание предохранителей, схлестывание проводов (6...7%). Невыявленные причины составляют 9...11%. Значимость причин по количеству отключений, времени перерывов в электроснабжении и восстановлению, отключенной мощности может отличаться. Отключенная мощность и количество обесточенных точек напрямую зависят от количества отключений. На основе рассчитанных количественных данных рекомендуем реализовать мероприятия по повышению надежности электроснабжения сельских электрических сетей 0,4 кВ: совершенствовать конфигурацию электрических сетей, провести секционирование линий электропередачи, оснастить сети средствами мониторинга параметров режимов работы, заменить голые провода изолированными. Проведенные исследования решают проблему выявления количества и последствий аварийных отключений в сельских электрических сетях 0,4 кВ при анализе эффективности функционирования систем электроснабжения сельских потребителей.

Ключевые слова: сельские электрические сети; электроснабжение; отключения; причины аварийных отключений; последствия аварийных отключений; отключенная мощность; количество обесточенных точек

Для цитирования: Виноградова А.В., Виноградов А.В., Шогенов Ю.Х. Причины и последствия аварийных отключений в сельских электрических сетях 0,4 кВ // Агроинженерия. 2026. Т. 28, № 3. С. 111-119. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2026-3-111-119>

ORIGINAL ARTICLE

Causes and consequences of emergency shutdowns in rural power grids of 0.4 kV

A.V. Vinogradova^{1,2✉}, A.V. Vinogradov^{2,3}, Yu.Kh. Shogenov⁴

¹ Federal Scientific Center for VIM; Moscow, Russia

² Orel State Agrarian University; Orel, Russia

³ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Moscow, Russia

⁴ Russian Academy of Sciences; Moscow, Russia

^{1,2} alinawin@rambler.ru✉; <https://orcid.org/0000-0002-8935-7086>

^{2,3} winaleksandr@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8845-9718>

⁴ yh1961s@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7588-0458>

Abstract. The causes of emergency outages in rural power grids and their consequences must be considered when predicting probable damage from outages and selecting measures to improve the reliability of power supply to rural consumers. The study aimed to identify numerical indicators of both the frequency and the consequences of emergency outages in 0.4 kV rural power grids. Based on the analysis of statistical data on the number of emergency outages and their causes in 0.4 kV power grids of the Orel region, the authors calculated the following parameters: restoration time, power supply restoration time, interrupted power, and the number of de-energized connection points. The most frequent causes of outages were identified as damage in consumer networks (53%), blown fuses and unidentified causes (9-11% each), and wire clashing (6-7%). However, the significance of each cause varies depending on whether one considers the number of outages, the duration of power supply interruptions, restoration time, or interrupted power. Interrupted power and the number of de-energized points are directly related to the number of outages. Based on the calculated quantitative data, the following measures are recommended to improve the reliability of power supply to 0.4 kV rural power grids: improving the configuration of power grids; sectionalizing power lines; equipping power grids with means for monitoring operating mode parameters; replacing bare wires with insulated ones. This study addresses the problem of identifying the number and consequences of emergency outages in 0.4 kV rural power grids as part of analyzing the operational efficiency of power supply systems for rural consumers.

Keywords: rural power grids; power supply; outages; causes of emergency outages; consequences of emergency outages; interrupted power; number of de-energized points

For citation: Vinogradova A.V., Vinogradov A.V., Shogenov Yu.Kh. Causes and consequences of emergency shutdowns in rural power grids of 0.4 kV. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2026;28(3):111-119. (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2026-3-111-119>

Введение

Системы электроснабжения должны быть устойчивыми, надежными и обеспечивать нормированное качество электроэнергии, поставляемой потребителям. Однако в сельских электрических сетях технологические нарушения (аварийные отключения) наблюдаются довольно часто. Данные обо всех аварийных отключениях заносятся в журналы отключений для дальнейшего анализа количества отказов и выявления их причин.

Анализ аварийности сельских электрических сетей 0,38 кВ, проведенный в Нижегородской области с 2016 по 2019 гг., показал, что удельная частота отказов составила 0,75, а среднее время ремонта – 2,2 ч [1]. Больше половины всех аварийных ситуаций возникает по неизвестным причинам.

Анализ причин отказов электрооборудования распределительных сетей 0,38 и 10 кВ в Рязани

и Рязанской области позволил авторам [2] продемонстрировать влияние природно-климатических факторов на отказы электрооборудования.

В Воронежской области частота отключений составляет 0,25, а среднее время восстановления – 4,5 ч. При этом в сельских сетях 90...95% отключений приходится на линии электропередачи (ЛЭП). Повышение надежности электроснабжения потребителя, резервируемого с помощью системы накопления энергии, позволяет сократить вероятное время отключений конкретного потребителя почти на 60% [3].

На основании комплексного анализа транспорта электрической энергии в распределительных сетях Саратовской и Оренбургской областей дана перспективная оценка надежности их функционирования [4, 5].

В качестве контрмеры по сокращению числа отключений в сельских электрических сетях 0,4 кВ

предложено устройство секционирования и разработан методика выбора мест установки соответствующих устройств [6].

Зависимость числа и продолжительности плановых и аварийных отключений для электрических сетей Орловской области проанализирована в работе [7]. На долю аварийных отключений приходится в среднем около 40% от общего количества отключений.

Анализ причин аварийных отключений и величин недоотпуска электроэнергии с учетом времени года выполняется также зарубежными исследователями. Нарушения в сетях потребителей, разрушение элементов конструкции ЛЭП и климатические условия являются основными причинами отключений [8]. Разрабатываются новые методы прогнозирования катастрофических отказов линий [9]. Интеллектуальная автоматизация и системы распределенной генерации способствуют сокращению времени восстановления электроснабжения и количества отключений за счет сегментирования сетей, обеспечения резервирования и изолированной работы участков сети [10].

Рассматривая причины аварийных отключений в сельских электрических сетях 0,4 кВ Нижегородской области, авторы [1] отмечают, что основными причинами отключений являются климатические воздействия (ветер, осадки) и посторонние воздействия: изменение стрелы провеса, обрывы проводов, недостатки эксплуатации в связи со сложностью контроля за состоянием сетей. Наибольшее количество отключений происходит по невыявленным причинам [1]. В работе¹ подтверждается, что в электрических сетях Нижегородской области частыми причинами отключений являются погодные условия (гроза, порывистый ветер и т.п.), обрывы проводов ввиду посторонних предметов и повреждения изоляторов. При этом около 58% отключений происходит по невыявленным причинам.

Аварийные отключения в Иркутской области связаны с нарушениями в сетях потребителей, повреждением изоляторов, проводов, разрядников, опор ВЛ, а также с климатическими воздействиями (ветер, снег, гололед, перекрытие изоляции и др.) [5]. Аналогичные причины аварийных отключений наблюдаются в Рязанской области [2].

Несмотря на наличие публикаций, освещающих причины аварийных отключений, в них отсутствуют

сведения о последствиях отключений в виде значений отключенной мощности, количества обесточенных точек подключений в привязке к их причинам. Нет таких данных и о причинах отключений, характерных для условий Орловской области.

Цель исследований: на основе анализа статистических данных выявить численные показатели количества и последствий аварийных отключений в сопоставлении с их причинами для сельских электрических сетей 0,4 кВ Орловской области.

Материалы и методы

Выполнен анализ журналов отключений в сельских электрических сетях 0,4 кВ Орловской области за период 2018-2023 гг. Анализируемые электрические сети содержат 12787 воздушных линий электропередачи 0,4 кВ суммарной протяженностью 10829 км. Основная часть сетей находится на балансе филиала ПАО «Россети Центр»-«Орёлэнерго», порядка 400 км электрических сетей находятся на балансе потребителя или бесхозные. Основными потребителями, питаемыми от рассмотренных электрических сетей, являются сельскохозяйственные предприятия и объекты коммунально-бытового сектора, жилые дома. Согласно предоставленным электросетевой организацией данным порядка 74% воздушных линий находятся в эксплуатации в течение более 35 лет, при этом неудовлетворительное состояние имеют только 2% из них. Большая часть сетей выработала свой нормативный срок службы, но за счет реализации программ технического ремонта и обслуживания они характеризуются высоким уровнем технического состояния.

Метод исследований включал в себя анализ журналов отключений по исследуемым сетям с целью сбора статистических данных, структурирование причин отключений с выявлением наиболее значимых причин. Исследовали количество отключений, время восстановления электроснабжения после отключений. Последствия отключений анализировали в сопоставлении с причинами по таким характеристикам, как количество обесточенных точек подключений и значение отключенной мощности.

Результаты и их обсуждение

На основании анализа журналов отключений в «Россети Центр»-«Орёлэнерго» все причины отключений сгруппировали в 19 категорий (табл. 1).

В таблице 2 приведены причины аварийных отключений, структурированные в порядке убывания значений показателей их количества,

¹ 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. EDN: VLTBDM.

**Распределение причин
аварийных отключений по категориям**

Таблица 1

Table 1

Distribution of emergency outage causes by category

Категория	Причина отключений
1	Атмосферные перенапряжения/гроза
2	Внутреннее повреждение автоматического выключателя
3	Гололедно-ветровые нагрузки, ветер, гололед
4	Деятельность сторонних лиц
5	Не выявлено
6	Обрыв провода
7	Падение деревьев, веток
8	Перегорание предохранителя
9	Перекрытие проводов по стороннему предмету
10	Пожар
11	Потребитель
12	Превышение габарита стрелы провеса
13	Пробой изолятора
14	Деятельность животных и птиц
15	Повреждение проводов и опор техникой
16	Схлестывание проводов
17	Падение опоры
18	Окисление контактных соединений
19	Ремонт трансформатора

суммарного времени восстановления и суммарного времени восстановления электроснабжения. Под суммарным временем восстановления, $T_{\text{в}}^{\text{об}}$ (ч), подразумевается сумма времени обнаружения и устранения отказов элементов электрической сети для рассматриваемого количества отказов за заданный период:

$$T_{\text{в}}^{\text{об}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{ав}}} T_{\text{в}i}^{\text{об}},$$

где $T_{\text{в}i}^{\text{об}}$ – время обнаружения и устранения i -го отказа элемента электрической сети (соответствует длительности событий при аварийных отключениях в журнале отключений); $n_{\text{ав}}$ – количество аварийных отключений, ед. за заданный период.

Под суммарным временем восстановления электроснабжения, $T_{\text{в}}$ (ч), понимается сумма времени

обнаружения и устранения аварийного отключения в электрической сети с момента отключения до момента восстановления электроснабжения потребителей для рассматриваемого количества аварийных отключений за заданный период (определяется по сумме длительностей перерывов в электроснабжении при аварийных отключениях в журнале отключений):

$$T_{\text{в}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{ав}}} T_{\text{в}i},$$

где $T_{\text{в}i}$ – время обнаружения и устранения i -го отказа в электрической сети с момента отключения до момента восстановления электроснабжения потребителей (соответствует длительности перерыва в электроснабжении при i -м аварийном отключении в журнале отключений).

В большинстве случаев аварийных отключений в сельских сетях 0,4 кВ значения указанных выше показателей совпадают, но при подаче резервного питания потребителям до устранения повреждения на основной питающей линии время восстановления электроснабжения меньше времени восстановления.

В таблице 2 приведены данные о девяти наиболее частых причинах аварийных отключений в филиале «Россети Центр»-«Орёлэнерго». Остальные причины, с суммарным вкладом в общее количество аварийных отключений менее 5%, объединены в строку «Прочее». Данные получены по результатам обработки журналов отключений за соответствующий период по филиалу «Россети Центр»-«Орёлэнерго».

Распределение причин аварийных отключений по количеству, времени восстановления и времени восстановления электроснабжения представлено на рисунке.

По причине «Потребитель» происходит 52% аварийных отключений. Время восстановления электроснабжения после отключений по данной причине составляет 42% от времени восстановления электроснабжения по всем причинам. Можно сделать вывод о том, что электрические сети, находящиеся на балансе потребителей, имеют низкий уровень технического состояния и обслуживания. Причина «Перегорание предохранителя» привела к 13% случаев аварийных отключений. Время восстановления и время восстановления электроснабжения по данной причине меньше, чем для причины «Обрыв провода», что связано с более продолжительным временем ремонта линии и восстановления электроснабжения при обрывах проводов, нежели при перегорании предохранителей.

Отметим, что невыявленные причины, занимающие третье место по количеству аварийных

Таблица 2

Распределение причин аварийных отключений в «Россети Центр»–«Орёлэнерго» по количеству, среднему времени восстановления и суммарному времени восстановления электроснабжения

Table 2

Distribution of emergency outage causes in Rosseti Center – Orelenergo by number, average restoration time, and total power supply restoration time

Причина отключений и номер ее категории	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Всего за 2018-2023 гг.
Количество отключений, год¹							
Потребитель (11)	412	392	446	488	1027	1748	4513
Перегорание предохранителя (8)	91	86	82	113	383	354	1109
Не выявлено (5)	0	0	0	72	363	361	796
Схлестывание проводов (16)	89	63	39	71	184	140	586
Обрыв провода (6)	108	77	39	63	76	115	478
Падение деревьев, веток (7)	137	92	52	13	20	34	348
Гололедно-ветровые нагрузки, ветер, гололед (3)	17	14	2	19	98	183	333
Атмосферные перенапряжения/гроза (1)	7	2	3	3	65	119	199
Перекрытие проводов по стороннему предмету (9)	3	0	4	29	62	54	152
Прочее	39	34	15	12	34	30	164
Всего	903	760	682	883	2312	3138	8678
Суммарное время восстановления, ч/год							
Потребитель (11)	706,3	433,8	564,7	796,8	1505,4	1833,1	5840,1
Обрыв провода (6)	383,1	241,3	130,2	213,4	280,4	387,5	1635,9
Перегорание предохранителя (8)	156,3	110,2	138,8	176,7	662,2	382	1626,2
Схлестывание проводов (16)	196,7	114,5	77,8	171,1	368,7	245,2	1174
Не выявлено (5)	0	0	0	96,1	517,4	427,8	1041,3
Падение деревьев, веток (7)	433,5	168,9	118,5	26,9	68,2	148,7	964,7
Гололедно-ветровые нагрузки, ветер, гололед (3)	27,1	35,2	2,4	13,8	227,6	194,8	500,9
Перекрытие проводов по стороннему предмету (9)	4,3	0	12,6	47	193,3	136,8	394
Атмосферные перенапряжения/гроза (1)	18,2	1,4	2,6	5,3	61,4	137,5	226,4
Прочее	175,7	61,4	42,9	43	91,4	141,4	555,8
Всего	2101,2	1166,7	1090,5	1590,1	3976	4034,8	13959,3
Суммарное время восстановления электроснабжения, ч/год							
Потребитель (11)	680,5	388,7	542,6	753,9	1366,9	1784,4	5517
Перегорание предохранителя (8)	156,07	110,2	138,8	176,7	661,4	380,9	1624,07
Обрыв провода (6)	381,9	205,7	106	213,4	278,6	382,9	1568,5
Схлестывание проводов (16)	196,2	99,6	77,8	171,1	368,5	245,2	1158,4
Не выявлено (5)	0	0	0	83,3	493,9	427,8	1005
Падение деревьев, веток (7)	433,25	168,9	118,5	26,9	68,2	148,7	964,45
Перекрытие проводов по стороннему предмету (9)	4,3	0	8,5	47	193	136,8	389,6
Гололедно-ветровые нагрузки, ветер, гололед (3)	27,1	35,2	2,4	13,3	59,3	194,7	332
Атмосферные перенапряжения/гроза (1)	18,2	1,4	2,6	5,3	61,3	137,5	226,3
Прочее	175,59	61,31	42,9	43	91,4	121,9	536,21
Всего	2073,11	1071,01	1040,1	1533,9	3642,5	3960,8	13321,53

отключений, по временным показателям находятся на пятом месте. Интересным является тот факт, что до 2020 г. причина «Не выявлено» отсутствовала в журналах отключений, но начиная с 2021 г. стала отмечаться примерно в 10% случаев аварийных отключений. Порядка 3% от общего времени восстановления приходится на данный показатель.

Причины «Атмосферные перенапряжения», «Гололедно-ветровые нагрузки», «Схлестывание

проводов», «Падение деревьев» можно было бы объединить в одну причину – «Влияние природно-климатических факторов». Однако это не сделано в связи с различием мер по предотвращению данных причин и действий по восстановлению электроснабжения.

Помимо временных показателей, в энергосистеме рассмотрены отключенная мощность и количество обесточенных точек в зависимости от причин отключений (табл. 3).

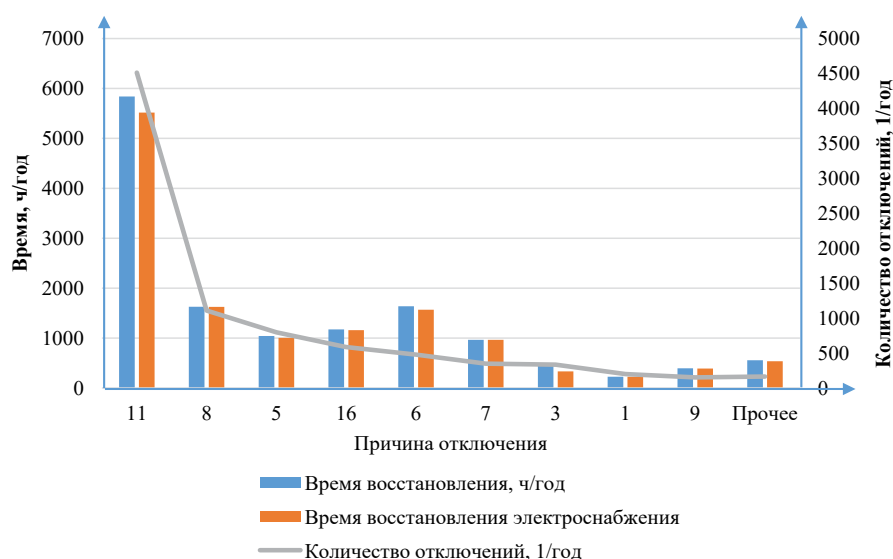


Рис. Распределение причин аварийных отключений по количеству, времени восстановления и времени восстановления электроснабжения

Fig. Distribution of emergency outage causes by number, restoration time, and power supply restoration time

Распределение отключенной мощности и обесточенных точек подключения по причинам отключений

Таблица 3

Distribution of interrupted power and de-energized connection points by outage cause

Table 3

Причина отключений и номер ее категории	Количество отключений, ед.	Отключенная мощность, МВт	Количество обесточенных точек подключения, ед.
Потребитель (11)	4513	81,284	68300
Перегорание предохранителя (8)	1109	13,447	14123
Не выявлено (5)	796	7,819	11402
Схлестывание проводов (16)	586	8,371	8666
Обрыв провода (6)	478	10,368	7749
Падение деревьев, веток (7)	348	5,352	5251
Гололедно-ветровые нагрузки, ветер, гололед (3)	333	2,975	4607
Атмосферные перенапряжения/гроза (1)	199	1,67	3175
Перекрытие проводов по стороннему предмету (9)	152	2,064	2058
Прочее	164	4,3024	3017
Всего	8678	137,6524	128348

Согласно данным таблицы 3 отключенная мощность и количество обесточенных точек подключения напрямую зависят от количества отключений. Потребитель является наиболее значимой причиной аварийных отключений как по отключенной мощности (59%), так и по количеству обесточенных точек подключения (53%).

По показателю отключенной мощности причины «Перегорание предохранителя», «Обрыв провода» составляют примерно по 10%. На причины «Схлестывание проводов» и «Не выявлено» приходится по 5,5...6,0%. Остальные показатели составляют менее 4%.

По показателю количества обесточенных точек подключения причины «Перегорание предохранителя» и «Не выявлено» составляют по 9...11%; «Схлестывание проводов» и «Обрыв провода» – по 6...7%, остальные показатели – менее 4%.

Основными при отключениях в Нижегородской, Иркутской и других областях [1, 2, 5] считаются причины «Невыявленные», «Климатические воздействия», «Обрывы проводов» и т.д. При этом долевое распределение количества отключений по причинам несколько отличается, что связано как с климатическими и географическими, хозяйственно-экономическими особенностями регионов, так и с особенностями классификации причин отключений разных авторов. К сожалению, в источниках [1, 2, 5] не приводятся численные характеристики последствий отключений, что затрудняет их сравнение с последствиями в Орловской области. Это подтверждает актуальность подобных исследований для регионов страны. Такие исследования позволят выявить особенности последствий отключений и выработать наиболее эффективные меры по их снижению.

На показатели последствий аварийных отключений влияют и особенности конфигурации электрических сетей. В частности, отсутствие средств секционирования в электрических сетях 0,4 кВ приводит к тому, что любая причина влечет за собой отключение всех потребителей, подключенных к одной ЛЭП. Отсутствие решений по резервированию электроснабжения приводит к увеличению времени восстановления электроснабжения до значений времени восстановления. Следовательно, внедрение средств мониторинга в электрических сетях позволит быстрее выявлять отключения, места повреждения, причину, а также сокращать время

восстановления электроснабжения. Применение средств управления конфигурацией, в частности, средств секционирования электрических сетей, позволит снизить число отключенных точек подключения и отключенную мощность за счет локализации мест повреждения ЛЭП по причине обрыва провода, схлестывания проводов и др. Применение средств сетевого резервирования позволиткратно снизить время восстановления электроснабжения, поскольку по резервным линиям будет подано напряжение потребителям независимо от времени восстановления основных питающих линий. Замена голых проводов изолированными самонесущими позволит снизить число и последствия отключений, связанных с схлестыванием проводов, перекрытием по ветвям деревьев и по ряду других причин. Следует анализировать все меры по предотвращению аварийных отключений, вызванных разными причинами.

Выводы

1. Аварийные отключения в сельских электрических сетях 0,4 кВ Орловской области чаще всего (52% случаев) вызваны повреждениями в потребительских сетях. Около 5...13% отключений связано с такими причинами, как «Перегорание предохранителя», «Не выявлено», «Схлестывание проводов» и «Обрыв провода». По остальным причинам: «Падение деревьев, веток», «Гололедно-ветровые нагрузки», «Атмосферные перенапряжения», «Перекрытие проводов по стороннему предмету» – это происходит в 2...4% случаев.

2. Аварийные отключения характеризуются количеством, временем восстановления электроснабжения и временем восстановления. Последствия отключений можно оценить количественно через отключенную мощность и количество обесточенных точек подключения. Причиной аварийных отключений в 59% случаев по отключенной мощности и 53% по количеству обесточенных точек подключения является потребитель. Значимость причин по количеству отключений, времени восстановления электроснабжения и восстановления, отключенной мощности может различаться.

3. Внедрение средств мониторинга в электрических сетях и применение средств секционирования и резервирования позволят сократить количество и последствия аварийных отключений, вызванных разными причинами.

Список источников

1. Сбитнев Е.А., Жужин М.С. Анализ аварийности сельских электрических сетей 0,38 кВ нижегородской энергосистемы // Вестник НГИЭИ. 2020. № 11 (114). С. 36-47. EDN: KEJHDX
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. EDN: OFSKQV
3. Извеков Е.А., Картавец В.В. Оценка повышения надежности электроснабжения потребителя, резервируемого с помощью системы накопления энергии // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2 (73). С. 53-63. EDN: EUOHQX
4. Наумов И.В. Перспективная оценка надежности функционирования электрических сетей (на примере филиала ПАО «Россети Волги»-«Саратовские распределительные сети») // Журнал Сибирского федерального университета. Серия «Техника и технологии». 2024. Т. 17, № 3. С. 360-377. EDN: MOAVXR
5. Наумов И.В., Полковская М.Н. Аналитическая оценка функционирования распределительных электрических сетей ПАО «Россети Волга»-«Оренбургэнерго» // Журнал Сибирского федерального университета. Серия «Техника и технологии». 2024. Т. 17, № 8. С. 988-1006. EDN: XTMYNH
6. Виноградов А.В., Сейфуллин А.Ю., Букреев А.В. Определение рациональных мест размещения мультиточечных коммутационных систем // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2024. Т. 18, № 3. С. 82-90. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2024-18-3-82-90>
7. Виноградова А.В., Виноградов А.В., Букреев А.В. Удельные показатели надежности электрических сетей 0,4 кВ // Агроинженерия. 2024. Т. 26, № 6. С. 77-85. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-6-77-85>
8. Breido I., Kaverin V., Ivanov V. Telemetric Monitoring Insulation Condition of High Voltage Overhead Power Lines. *Proceedings of the 29th DAAAM International Symposium*, 2018. Pp. 0319-0328. <https://doi.org/10.2507/29th.daaam.proceedings.046>
9. Chatterjee S., Roy B. Prediction of line contingency catastrophic failures using synchrophasor measurements. *Journal of Control Automation and Electrical Systems*. 2019;30(6):1107-1115. <https://doi.org/10.1007/s40313-019-00501-x>
10. Böhm R., Rehtanz Ch., Franke J. Strategy for implementing black start and islanded operation capabilities on distribution system level. *Energy Systems Research*. 2018;1(1):9-20. <https://doi.org/10.25729/esr.2018.01.0001>

Информация об авторах

Виноградова Алина Васильевна, канд. техн. наук, доцент; Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5; Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина; 302019, Российская Федерация, Орловская обл., г. Орёл, ул. Генерала Родина, 69; alinawin@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8935-7086>; SPIN-код: 8836-8684, AuthorID: 717846

Виноградов Александр Владимирович, д-р техн. наук, доцент, профессор; Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина; 302019, Российская Федерация, Орловская обл., г. Орёл,

References

1. Sbitnev E.A., Zhuzhin M.S. Accident rate analysis of rural electric networks 0.38 kV of the Nizhny Novgorod power system. *Vestnik NGIEI*. 2020;11:36-47. (In Russ.)
2. Vasilyeva T.N., Lopatin E.I. The analysis of causes of failures of the electric equipment of distributive networks 0,38 ... 10 kV. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2011;3:64-66. (In Russ.)
3. Izvekov E.A., Kartavtsev V.V. Evaluation of reliability improvement of electric power supply to a consumer reserved with the help of an energy storage system. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):53-63. (In Russ.)
4. Naumov I.V. A prospective assessment of the functioning electric networks reliability using the example of the PJSC Rosseti Volga – Saratov distribution networks branch. *Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies*. 2024;17(3):360-377. (In Russ.)
5. Naumov I.V., Polkovskaya M.N. Analytical assessment of the functioning of distribution electric networks of PJSC Rosseti Volga – Orenburgenergo. *Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies*. 2024;17(8):988-1006. (In Russ.)
6. Vinogradov A.V., Seyfullin A.Yu., Bukreev A.V. Determining the optimal location for multi-contact switching systems. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024;18(3):82-90. (In Russ.) <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2024-18-3-82-90>
7. Vinogradova A.V., Vinogradov A.V., Bukreev A.V. Study of specific reliability indicators of 0.4 kV power networks. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2024;26(6):77-85. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-6-77-85>
8. Breido I., Kaverin V., Ivanov V. Telemetric Monitoring Insulation Condition of High Voltage Overhead Power Lines. *Proceedings of the 29th DAAAM International Symposium*, 2018. Pp. 0319-0328. <https://doi.org/10.2507/29th.daaam.proceedings.046>
9. Chatterjee S., Roy B. Prediction of line contingency catastrophic failures using synchrophasor measurements. *Journal of Control Automation and Electrical Systems*. 2019;30(6):1107-1115. <https://doi.org/10.1007/s40313-019-00501-x>
10. Böhm R., Rehtanz Ch., Franke J. Strategy for implementing black start and islanded operation capabilities on distribution system level. *Energy Systems Research*. 2018;1(1):9-20. <https://doi.org/10.25729/esr.2018.01.0001>

Author Information

Alina V. Vinogradova, CSc (Eng), Associate Professor; Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 109428, Russia, Moscow, 1st Institutskiy Proezd Str., 5; Orel State Agrarian University; 302019, Russian Federation, Orel, Generala Rodina Str., 69; alinawin@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8935-7086>; Scopus ID: 5720415240; Researcher ID AAM-9111-2021

Aleksandr V. Vinogradov, DSc (Eng), Associate Professor; Orel State Agrarian University; 302019, Russian Federation, Orel, Generala Rodina Str., 69; Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; winalleksandr@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8845-9718>;

ул. Генерала Родина, 69; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; winaleksandr@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8845-9718>; SPIN-код: 6652-9426, AuthorID: 690615

Шогенов Юрий Хасанович, академик РАН, д-р техн. наук, начальник сектора механизации, электрификации и автоматизации отдела сельскохозяйственных наук; Российская академия наук; 119991, Российская Федерация, г. Москва, Ленинский пр-т, 14; yh1961s@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7588-0458>; SPIN-код: 7335-0970; Researcher ID AAR-1140-2020

Вклад авторов

Виноградова А.В. – концептуализация, формальный анализ, создание черновика рукописи, визуализация;
Виноградов А.В. – концептуализация, методология, проведение исследований, ресурсы, создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование;
Шогенов Ю.Х. – методология, верификация данных, создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила 21.10.2025, после рецензирования и доработки 18.05.2026, принята к публикации 20.05.2026

Scopus Author ID: 57201923234; Researcher ID AAW-4375-2021

Yuriy Kh. Shogenov, Full Member of the Russian Academy of Sciences, DSc (Eng), Head of the Mechanization, Electrification, and Automation Sector of the Agricultural Science Department; Russian Academy of Sciences, 119991, Russian Federation, Moscow, Leninskiy Ave., 14; yh1961s@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7588-0458>; Researcher ID AAR-1140-2020

Author Contribution

A.V. Vinogradova – conceptualization, formal analysis, writing – original draft, visualization
A.V. Vinogradov – conceptualization, methodology, investigation, resources, writing – review and editing of the manuscript
Yu.Kh. Shogenov – methodology, data curation, validation, writing – review and editing of the manuscript

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interest and are responsible for plagiarism.

Received 21.10.2025; Revised 18.05.2026; Accepted 20.05.2026