

# К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОИСКА МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ ПРИ АВАРИЙНЫХ ОТКЛЮЧЕНИЯХ НА ВЛ В МЭС ВОСТОКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЛНОВЫХ ПРИБОРОВ ОМП

АВТОР:

А.П. ЛЬВОВ,  
ФИЛИАЛ «РОССЕТИ ФСК  
ЕЭС» — МЭС ВОСТОКА

**П**роцесс эксплуатации линий электропередачи связан с различного рода природными воздействиями, негативное влияющими на надежность элементов и узлов электросетевых объектов. Большинство отключений ВЛ носят неустойчивый характер, при котором благодаря успешному АПВ воздушная линия остается в ра-

боте. Это усложняет процесс поиска повреждения при послеаварийном обходе и увеличивает значимость точных и надежных приборов определения места повреждения.

В статье рассмотрены актуальные вопросы оптимизации проведения послеаварийных обходов ЛЭП МЭС Востока.

**Ключевые слова:** линия электропередачи; аварийное отключение; фактические затраты; приборы определения места повреждения; послеаварийный обход; опыт короткого замыкания.

ВЛ могут отключаться вследствие многих причин. Большую роль в локализации зоны послеаварийного обхода играет точность приборов ОМП



Нормативно-правовые акты [1] регламентируют единый подход при оценке надежности электроснабжения потребителей, которая определяется количеством отключений потребителей ( $P_{saif}$ ), средней продолжительностью таких отключений ( $P_{sai}$ ) и недоотпуском электроэнергии ( $P_{ens}$ ). Эти показатели надежности применяют для нормирования услуг электроснабжения в ведущих мировых экономиках [2].

В связи с этим задача быстрого определения места повреждения (ОМП) при повреждении на ВЛ становится особенно актуальной.

Воздушные линии электропередачи в зоне эксплуатационной ответственности филиала «Россети ФСК ЕЭС» — МЭС Востока (далее — МЭС Востока) эксплуатируются в сложных условиях и подвергаются воздействию со стороны различных погодных факторов. При этом большинство ВЛ проходит по залесенной или болотистой местности, и в случае повреждения поиск места его возникновения может быть довольно долгим. Высоковольтные линии

## КОЛИЧЕСТВО АВАРИЙНЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ НА ВЛ МЭС ВОСТОКА С 2017 ПО 2021 Г.



Рис. 1

электропередачи могут отключаться вследствие различных причин. В табл. 1 приведена статистика аварийных отключений (без учета объединения аварийных отключений по устойчивости повреждения) на ВЛ в МЭС Востока за период 2017–2021 гг.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АВАРИЙНЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ НА ВЛ МЭС ВОСТОКА ПО ПРИЧИНАМ ЗА ПЕРИОД 2017–2021 ГГ.

Причина отключения ВЛ	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Итого	
						абс.	%
Грозовые явления	81	31	50	51	54	267	47,9
Жизнедеятельность птиц	24	28	26	22	24	124	22,3
Возгорание на трассе	11	19	11	3	7	51	9,2
Дефекты изготовления и монтажа	5	7	5	8	8	33	5,9
Воздействие посторонних лиц (техники)	8	5	5	8	5	31	5,6
Природно-климатические воздействия (ветровые нагрузки)	7	3	6	10	4	30	5,4
Износ оборудования	4	3	1	1	1	10	1,8
Недостатки проекта	0	3	0	1	3	7	1,3
Налипание снега и льда	0	1	1	1	1	4	0,7
Всего	140	100	105	105	107	557	

Таблица 1

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АВАРИЙНЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ НА ВЛ ПО ПРИЧИНАМ С 2017 ПО 2021 Г.

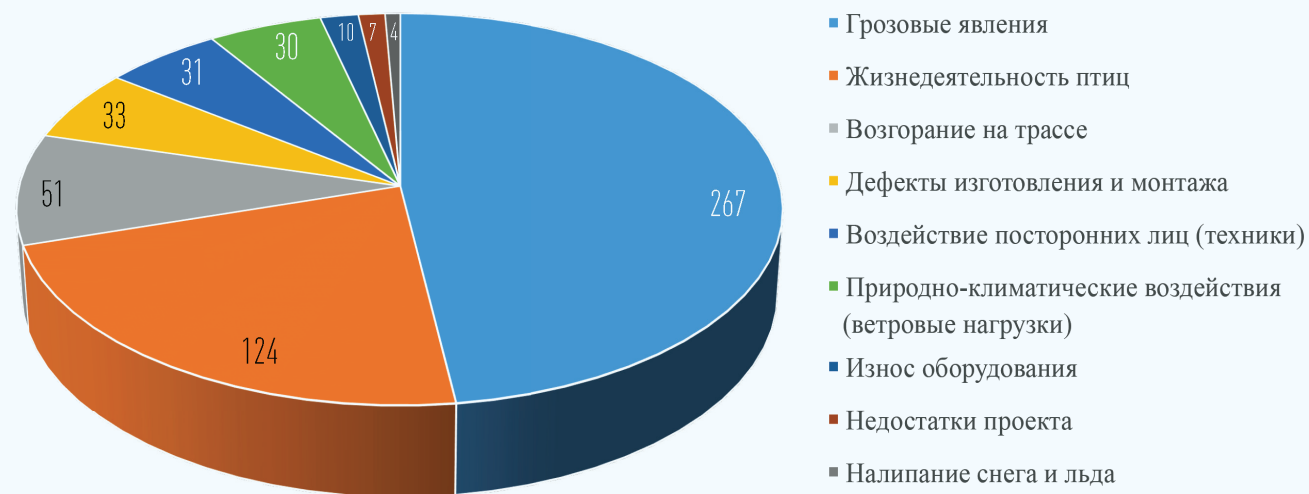


Рис. 2

## СЛЕДЫ КЗ НА ПРОВОДЕ ВЛ 220 КВ НОВОКИЕВКА — ФЕВРАЛЬСКАЯ



Рис. 3

Более 80% отключений ВЛ носят неустойчивый характер, при котором благодаря успешному АПВ воздушная линия остается в работе. Это усложняет процесс поиска повреждения при послеаварийном обходе и увеличивает значимость точных и надежных приборов ОМП.

На рис. 3 показан пример следов короткого замыкания — КЗ (22.04.2019 в 05:23 на ВЛ 220 кВ Новокиевка — Февральская) в случае неустойчивого повреждения, которые практически невозможно определить при низовом послеаварийном обходе без проведения верхового осмотра и анализа фотоматериалов. Поиск места КЗ длился 11 дней (табл. 4).

В результате обхода, организованного 22.04.2019, обследован участок опор № 213–270 на предмет установления причины отключения ВЛ. Следы КЗ (причиной отключения явилась жизнедеятельность птиц) удалось выявить только при верховом

## ФАКТИЧЕСКИЕ ЗАТРАТЫ НА ПРОВЕДЕНИЕ ПОСЛЕАВАРИЙНЫХ ОСМОТРОВ ЗА ПЕРИОД 2017—2021 ГГ., РУБ.

Предприятие	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Хабаровское ПМЭС	966 519	919 852	2 599 367	2 120 249	3 141 948
Приморское ПМЭС	256 184	454 486	1 352 146	1 195 309	1 255 583
Амурское ПМЭС	6 295 789	4 411 720	9 795 083	5 643 492	4 641 223
МЭС Востока	7 518 492	5 786 058	13 746 596	8 959 050	9 038 754

Таблица 2

## ЗАТРАТЫ НА ПРОВЕДЕНИЕ ПОСЛЕАВАРИЙНОГО ОСМОТРА ЗА ПЕРИОД 2017–2021 ГГ.

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Итого за пять лет
Число аварийных отключений на ВЛ	140	100	105	105	107	557
Фактические затраты на проведение осмотров, тыс. руб.	7 518	5 786	13 746	8 959	9 038	45 047
Средние затраты на проведение осмотра, тыс. руб.	53	57	130	85	84	81,8

Таблица 3

осмотре и анализе фотоматериалов, линия проложена на железобетонных опорах. Участок обхода составил 12 км протяженности ВЛ.

В табл. 2 приведены фактические затраты на проведение послеаварийных осмотров ВЛ МЭС Востока за период 2017–2021 гг. Так как данные работы не могут быть предусмотрены планом технического обслуживания и ремонта, их выполнение отвлекает персонал от проведения плановых работ и, как следствие, вынуждает корректировать план.

Увеличение средних затрат в 2019 г. связано с фактом неустойчивых

повреждений на ряде отдаленных участков ВЛ (в результате атмосферных перенапряжений и жизнедеятельности птиц), где поиск мест короткого замыкания занял много времени.

Очевидно, что целесообразно вести работу по снижению не только аварийности на ВЛ, но и средних затрат на проведение послеаварийных обходов. Для этого необходимо применение точных приборов ОМП. ОМП ВЛ напряжением 110 кВ и выше с помощью фиксирующих приборов (индикаторов) является неотъемлемой частью технического обслуживания электрических сетей [1].

### ИНФОРМАЦИЯ

#### Новый национальный стандарт строительства ЛЭП низкого напряжения с учетом современных технологий

Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.07.2022 № 698-ст утвержден и введен в действие Национальный стандарт РФ «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Установки электрические. Правила устройства. Воздушные линии электропередачи напряжением до 1 кВ. Общие требования» (ГОСТ Р 70237–2022).

Стандарт разработан Группой «Россети» для обновления требований к проектированию и строительству линий электропередачи напряжением до 1 кВ.

Документ преимущественно касается строительства воздушных линий с самонесущими изолированными проводами в соответствии с современными и инновационными решениями, применяемыми при построении распределительных сетей ПАО «Россети».

Группа «Россети» проводит системную работу в области актуализации или отмены устаревших требований и нормативных документов, в том числе утвержденных в советские годы. В частности, сейчас пересматриваются Правила устройства электроустановок и утверждаются на их основе ряд национальных стандартов.

Текст стандарта



## ЗАТРАТЫ НА ПРОВЕДЕНИЕ НАИБОЛЕЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫХ ПОСЛЕАВАРИЙНЫХ ОСМОТРОВ В 2019 Г.

Объект	Длительность поиска повреждения, сутки	Трудозатраты на проведение послеаварийных осмотров, человеко-часы	Фактическая сумма затрат на проведение послеаварийных осмотров, руб.
ВЛ 220 кВ Амурская — НПС-26	9	291	244 092
ВЛ 220 кВ Свободненская ТЭС — Амурская № 2	10	311	233 556
ВЛ 220 кВ Е. Павлович/т — Чичатка	6	176	201 521
ВЛ 220 кВ РГРЭС — Завитая № 1	3	64	796 539
КВЛ 220 кВ Тында — Дилкун	7	206	200 669
ВЛ 220 кВ Новокиевка — Февральская	11	336	1 469 344
ВЛ 220 кВ Юктали — Хани с отп. на Олекма	5	120	928 369
ВЛ 220 кВ Лопча — Юктали	11	328	297 335
ВЛ 220 кВ Нижний Куранах — НПС-15	12	360	422 274
ВЛ 220 кВ Олекминск — Сунтар	14	448	547 564

Таблица 4

## УСТАНОВЛЕННЫЕ НА ОБЪЕКТАХ ВЛ МЭС ВОСТОКА УСТРОЙСТВА РЕГИСТРАЦИИ АВАРИЙНЫХ СОБЫТИЙ (РАС), ОМП И ВОМП

Устройство	Производитель	Название	Количество устройств	
			абс.	%
ОМП по параметрам аварийного режима	АО «Радиус Автоматика», «НПП Бреслер», ООО НПП «ЭКРА»	ИМФ-3Р, Сириус-2, Бреслер-0107.ОМП, БЭ2704	408	65
РАС	ПО «Госан», «НПП Бреслер», Prosoft, НПФ «ЭНЕРГО-СОЮЗ», ООО НПП «ЭКРА»	Черный ящик, Бреслер, РЭС-3, НЕВА, БЭ2704	195	31
ВОМП	ООО «Релематика», Qualitrol, «НПП Бреслер», Система мониторинга грозовых разрядов (СМГР) производства филиала «НТЦ Россети ФСК ЕЭС»		29	4

Таблица 5

Организация поиска места повреждения зависит от информации, которой обладает руководство ПМЭС. При определении места повреждения с помощью приборов ОМП у организаторов поиска возникает вопрос доверия к указанному месту повреждения. Если доверие высокое, то достаточно с ближайшей точки заезда направить бригаду по ремонту и обслуживанию ВЛ в расчетное место, которая именно там находит точку короткого замыкания. Однако, если в расчетном месте не найдено место повреждения, возникает вопрос о дальнейших действиях.

Для нахождения места повреждения, как правило, требуется привлечение к осмотру еще одной (а иногда и большего количества) бригады, в том числе для верхового осмотра. Применение вертолета не решает всех задач, так как при неустойчивых КЗ характер повреждения таков, что повреждение неразличимо на расстоянии, определяемом высотой движения вертолета. В связи с этим при повреждении на ответственных ВЛ на обход выходят несколько бригад, направляемых, как правило, в противоположные стороны от места заезда. Это влечет за собой увеличение затрат на проведение обхода и потерю времени.

Расчетная зона обхода должна быть настолько широкой, чтобы практически все фактические места повреждения лежали внутри этой зоны, и в то же время настолько небольшой, чтобы поиск места повреждения привел к результатам. Эти два противоречивых требования и определяют суть зоны обхода. Другими словами, можно определить это понятие как такую часть ВЛ по обе стороны от расчетного места повреждения, чтобы с высокой степенью вероятности фактическое повреждение лежало в ее пределах. Зона обхода является фундаментальным понятием ОМП.

## СХЕМА И ФОТОГРАФИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА КЗ НА ОПОРЕ

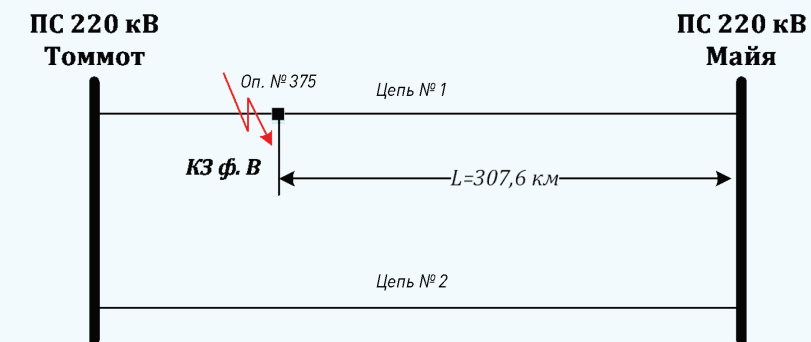


Рис. 4

В филиале МЭС Востока по состоянию на 2022 г. оснащенность ВЛ напряжением 110–500 кВ протяженностью более 20 км приборами ОМП составляет 100%. В табл. 5 приведено распределение устройств ОМП, при этом количество установленных волновых приборов ОМП (ВОМП) на данный момент сравнительно невелико.

При повреждении на ВЛ, оснащенных устройствами ВОМП, продолжительность проведения послеаварийных обходов и затраты на их проведение существенно снижаются. Средние затраты на проведение одного обхода на ВЛ МЭС Востока, оснащенных устройствами ВОМП, составляют 67,9 тыс. руб., что меньше средних затрат на проведение послеаварийного обхода по МЭС Востока на 16,9%.

Причиной является более точное определение зоны обхода со стороны ВОМП, что позволяет оптими-



## СХЕМА И ФОТОГРАФИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА КЗ НА ДЕРЕВО

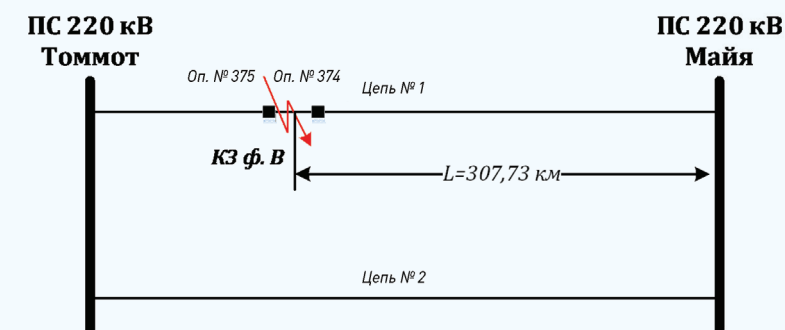


Рис. 5

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОМП ПРИ КЗ НА ОПОРЕ

Устройство ОМП	Показания устройств ОМП от ПС 220 кВ «Майя», км	Фактическое расстояние до места повреждения от ПС 220 кВ «Майя», км	Относительная погрешность, %
ТОР-300 ВОМП	308,2	307,6	0,13
ИМФ-ЗР	327		4,50
ДЗЛ (7SD522)	332		5,54

Таблица 6

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОМП ПРИ КЗ НА ДЕРЕВО

Устройство ОМП	Показания устройств ОМП от ПС 220 кВ «Майя», км	Фактическое расстояние до места повреждения от ПС 220 кВ «Майя», км	Относительная погрешность, %
ТОР-300 ВОМП	308,04	307,73	0,07
ИМФ-ЗР	328,20		4,71
ДЗЛ (7SD522)	329,40		4,98

Таблица 7

зировать затраты на проведение послеаварийных обходов. Это иллюстрируют натурные испытания, проведенные в 2021 г. на КВЛ 220 кВ Томмот — Майя 1 с применением устройств ВОМП [4].

Было выполнено два опыта однофазных КЗ на землю — через металлическую опору № 375 и в седине пролета между опорами № 374 и № 375 КВЛ 220 кВ Томмот — Майя 1 через установленное под первой цепью КВЛ срубленное дерево.

Относительная погрешность волновых приборов ОМП значительно меньше погрешности традиционных приборов ОМП. При этом пока еще высокая стоимость подобных приборов ограничивает возможность их массового применения. Решить этот

## УТВЕРЖДЕН НОВЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ О ЗАЩИТЕ ИНФОРМАЦИИ



Новый национальный стандарт ГОСТ Р 70262.1–2022 «Защита информации. Идентификация и аутентификация. Уровни доверия идентификации» утвердило Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии.

Новый стандарт устанавливает единообразную организацию процесса идентификации субъектов и объектов доступа в средствах защиты информации, средствах вычислительной техники и автоматизированных системах независимо от сферы их применения.

вопрос может применение устройств ВОМП, устанавливаемых на системах (секциях) шин подстанций 220–500 кВ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высоковольтные линии электропередачи могут отключаться вследствие различных причин. При этом более 80 % отключений носит неустойчивый характер, что усложняет процесс поиска места повреждения. Большую роль в локализации зоны послеаварийного обхода играет точность приборов ОМП. Относительная погрешность устройств ВОМП значительно меньше погрешности традиционных приборов ОМП, но высокая стоимость ограничивает возможность их массового применения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Минэнерго России от 29.11.2016 № 1256 «Об утверждении методических указаний по расчету уровня надежности и качества поставляемых товаров и оказываемых услуг для организации по управлению единой национальной (общероссийской) электрической сетью и территориальных сетевых организаций». URL: <https://base.garant.ru/71578114/>
2. Овсянников А.А. Методика управления затратами на повышение надежности функционирования межрегиональных распределительных электросетевых компаний // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2012. № 1 (29). С. 49–54.
3. Правила устройства электроустановок: 7-е издание (ПУЭ)/Главгосэнергонадзор России. Москва: Изд-во ЗАО «Энергосервис», 2007.
4. Лачугин В.Ф., Панфилов Д.И., Попов С.Г., Платонов П.С., Алексеев В.Г., Ключкин Н.Г., Подшивалин А.Н. Разработка и применение устройств определения места повреждения на линиях электропередачи с использованием волновых методов // Энергия единой сети. 2021. № 5–6. С. 50–66.



РОССЕТИ

ФСК ЕЭС

Научно-технический центр

## «НТЦ РОССЕТИ ФСК ЕЭС»

600

высококвалифицированных специалистов

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

- научно-исследовательская деятельность
- разработка программных решений
- разработка программ развития электрических сетей
- проектирование и строительство инновационных объектов
- производство инновационного оборудования
- аттестация и испытания оборудования

75

лет научных исследований и разработок

5

регионов присутствия

Контакты:

Тел: +7 (495) 727-19-09

Факс: +7 (495) 727-19-09

115201, Россия, Москва, Каширское ш., д. 22 к. 3