

DOI: 10.24143/1812-9498-2019-1-48-56
УДК 621.311.1.019.3(470.46)

КЛАССИФИКАЦИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ ПО АСПЕКТАМ НАДЕЖНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА ПАО «МРСК ЮГА» – «АСТРАХАНЬЭНЕРГО»)

С. В. Головки, А. М. Кубенова

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

Распределительные электрические сети являются важным звеном в системе производства, передачи и потребления электрической энергии. Большое значение для надежной работы электросетей имеют правильное выполнение и настройка устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики, в том числе правильный выбор рабочих параметров срабатывания аппаратуры релейной защиты и автоматики. Проблемы электроснабжения могут проявляться либо в недостаточном качестве электроэнергии (нестабильности напряжения, искажении его формы и колебания его частоты, недостаточной мощности электросети), либо в ненадежности (т. е. пропадании) напряжения. За последнее время в Астраханской области в связи с увеличением количества различных предприятий и наращиванием потребления электроэнергии в промышленности и в быту произошел рост электрических нагрузок. Поиск вариантов уменьшения капитальных вложений в процессе масштабного и дорогостоящего энергетического строительства, а также выбор простых и актуальных предложений по развитию и разработке систем электроснабжения являются важными вопросами проектирования линий электропередач. Выполнен анализ показателей надежности электрических сетей филиала публичного акционерного общества «МРСК Юга» – «Астраханьэнерго».

Ключевые слова: электрическая энергия, электроснабжение, технологические нарушения (аварии), энергообъект, причины повреждения оборудования, экономический ущерб.

Для цитирования: Головки С. В., Кубенова А. М. Классификация составляющих электросетей по аспектам надежности на территории Астраханской области (на примере филиала ПАО «МРСК Юга» – «Астраханьэнерго») // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2019. № 1(67). С. 48–56. DOI: 10.24143/1812-9498-2019-1-48-56.

Введение

Показателями надежности называют количественные свойства одного либо нескольких параметров электронной системы (ЭС), составляющих ее надежность.

Проблема надежности электроснабжения появляется на стадии формирования определенных систем электроснабжения. Электроснабжение характеризуется 2-мя причинами – качеством электричества и его надежностью. Но даже наилучшие системы производства и распределения электроэнергии не могут быть абсолютно надежными источниками качественного электропитания. Чем дальше от источника, тем вероятнее возникновение рисков, связанных с качеством и надежностью электроснабжения [1].

Расследованию и учету подлежат действия (именуемые в дальнейшем «технологические нарушения (аварии)»), не связанные с нарушением в схемах бытовой сети зданий и сооружений субъекта электроэнергетики. Расследование и учет нарушений в работе энергообъектов, эксплуатируемых в составе электросетевого комплекса, обязательны для исполнения в дочерних и зависимых обществах публичного акционерного общества «Россети» (далее – ДЗО ПАО «Россети») и в обществах, дочерних и зависимых по отношению к ДЗО ОАО «Россети». Расследование оснований чрезвычайных обстановок, образовавшихся вследствие технологических нарушений (аварий) на объектах электроэнергетики и (или) энергопринимающих установках потребителей электроэнергии, исполняется в порядке, установленном законодательством Российской Федерации в области защиты населения и земель от чрезвычайных обстановок.

Классификация составляющих электросетей по аспектам надежности на территории Астраханской области

Ведущими задачами расследования и учета технологических нарушений считаются:

– установление событий, оснований и предпосылок нарушений для разработки организационно-технических, профилактических событий по предотвращению аналогичных нарушений;

- выявление повторяющихся (в том числе системных) причин технологических нарушений для разработки целевых программ, направленных на снижение аварийности в электросетевом комплексе;
- проведение анализа качества используемого в электросетевых компаниях оборудования и эффективности используемой системы управления активами;
- учет экономического ущерба для сетевой организации, в том числе количества недоотпущенной электроэнергии;
- учет количества отключаемых потребителей (точек присоединения), длительности перерывов в электроснабжении потребителей и времени, затраченного на восстановление нормального режима работы распределительного электросетевого комплекса;
- ведение статистического учета количества технологических нарушений (аварий) и отключаемых (в том числе с повреждением) энергообъектов.

События по устранению и предотвращению аварий на энергообъекте подлежат незамедлительному устранению в установленные сроки, за исключением событий, неактуальность которых подтверждена обоснованным особым мнением.

В зависимости от характера и тяжести результатов (воздействия на персонал, потери стойкости электросети, масштабов повреждения оснащения и пр.) технологические нарушения (аварии) в работе электроустановок подразделяются:

- на технологические нарушения (аварии), расследуемые комиссией Ростехнадзора либо его территориальных органов;
- технологические нарушения (аварии), расследуемые комиссией субъектов электроэнергетики (в том числе управляющих компаний) или их филиалов, производственных отделений, эксплуатирующих поврежденное (отключенное) электросетевое оборудование, находящееся в их собственности, аренде или обслуживании;
- технологические нарушения, расследуемые комиссиями структурных подразделений филиалов эксплуатирующих организаций или производственных отделений [2].

Технологические нарушения, в том числе с интервалом электроснабжения потребителей вследствие отключения оснащения электросетевых организаций, произошедшие по причине нарушения работоспособности установок, являющихся собственностью покупателя или же сторонней организации, независимо от результатов обозначаются потребительскими отключениями, за исключением случаев, когда установка передана в эксплуатацию (на основании соответствующих договоров, аренды и т. п.) в ДЗО ПАО «Россети», осуществляющие деятельность по передаче и распределению электрической энергии. Учет указанных технологических нарушений ведется в общем порядке. В случае если технологическое несоблюдение (авария) содержит два и более учетных признака, в акте расследования технологического нарушения (аварии), по заключению комиссии, указывается один учетный признак по более тяжелому последствию. В случае если результаты технологического нарушения (аварии) охватили энергообъекты нескольких электросетевых компаний или же их отделений, оформляется обобщенный акт с указанием учетных признаков по каждой электросетевой организации или же ее структурному филиалу.

Согласно приказу от 6 февраля 2017 г. № 74 «О внесении изменений в некоторые нормативные правовые акты Министерства энергетики Российской Федерации по вопросам расследования причин аварий в электроэнергетике», выделяют классификационные признаки *организационных причин* аварии и классификационные признаки *технических причин* повреждений оборудования [3].

К классификационным признакам организационных оснований аварии с кодом организационных оснований относят:

- 3.4.1. Неверные или некорректные действия оперативного и (или) диспетчерского персонала.
- 3.4.2. Неверные или некорректные действия (или бездействие) персонала служб (подразделений) организации.
- 3.4.3. Неверные или некорректные действия командировочного персонала, выполняющего работу по договору.
- 3.4.4. Неверные или некорректные действия собственного ремонтного или наладочного персонала организации.
- 3.4.5. Неверные или некорректные действия (или бездействие) руководящего персонала.
- 3.4.6. Неудовлетворительное качество производственных или должностных инструкций, иных локальных актов/документов организации.

–3.4.7. Несоблюдение технического обслуживания или ремонта оснащения и приборов (3.4.7.1. Нарушение сроков ТО и ремонта оборудования, устройств; 3.4.7.2. Нарушение объемов ТО и ремонта оснащения, устройств; 3.4.7.3. Несвоевременное выявление дефектов; 3.4.7.4. Прочие нарушения).

–3.4.8. Влияние сторонних лиц и организаций, не участвующих в технологическом процессе (3.4.8.1. Проведение несанкционированных погрузочно-разгрузочных и строительных работ в охранных зонах объектов электросетевого хозяйства; 3.4.8.2. Проезд крупногабаритной техники; 3.4.8.3. Несанкционированная рубка лесных насаждений; 3.4.8.4. Наброс сторонних предметов на высоковольтные линии (далее – ВЛ); 3.4.8.5. Иные воздействия).

–3.4.9. Влияние организаций, участвующих в технологическом процессе (3.4.9.1. Отключение (повреждение) оборудования в смежной электросети; 3.4.9.2. Отключение (повреждение) электрооборудования на объекте генерации; 3.4.9.3. Отключение (повреждение) электрооборудования покупателей электроэнергии).

–3.4.10. Влияние животных и птиц.

–3.4.11. Превышение характеристик влияния стихийных явлений.

–3.4.12. Влияние циклических стихийных явлений (3.4.12.1. Гололедно-изморозевые отложения; 3.4.12.2. Ветровые нагрузки; 3.4.12.3. Атмосферные перенапряжения (гроза); 3.4.12.4. Природные пожары; 3.4.12.5. Иные влияния неблагоприятных природных явлений).

–3.4.13. Недостатки плана, системы, изготовления, монтажа (3.4.13.1. Дефекты проекта; 3.4.13.2. Дефекты конструкции; 3.4.13.3. Недостатки изготовления; 3.4.13.4. Недостатки монтажа; 3.4.14.5. Невыявленные предпосылки) [3].

Основными организационными причинами технологических нарушений в 2017 г. в филиале ПАО «МРСК Юга» – «Астраханьэнерго» явились (рис. 1):

– 3.4.7. Несоблюдение технического обслуживания или ремонта оснащения и приборов.

– 3.4.7.4. Прочие нарушения.

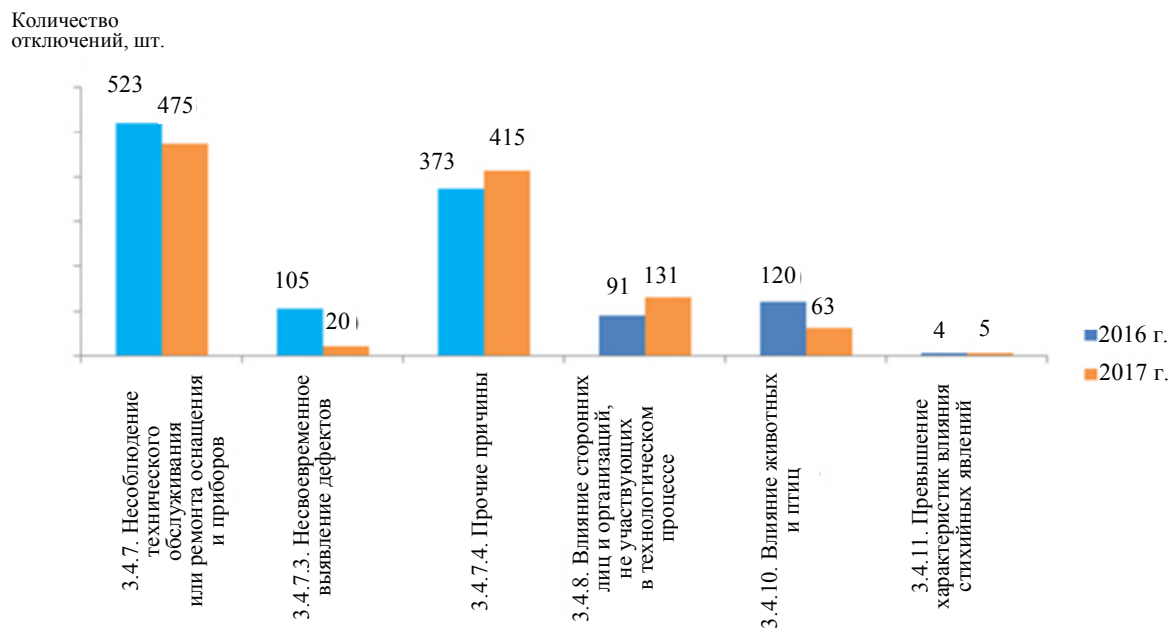


Рис. 1. Основные организационные причины технологических нарушений в филиале ПАО «МРСК Юга» – «Астраханьэнерго» за 2016 и 2017 гг.

В 2017 г. организационная причина «3.4.7. Несоблюдение технического обслуживания или ремонта оснащения и приборов» установлена в 475 случаях, тогда как в 2016 г. она была причиной 523 отключений. Таким образом, в 2017 г. произошло снижение количества отключений на 9,17 % по данной организационной причине.

По организационной причине «3.4.7.4. Прочие причины» в 2017 г. произошло 415 отключений, тогда как в 2016 г. – 373 отключения. Произошел рост количества отключений на 11,2 %, причиной которого стал технический износ материалов оборудования в процессе продолжительной эксплуатации.

К классификационным признакам технических оснований повреждений оснащения с кодом технических оснований относят:

- 4.1. Нарушение структуры материала.
- 4.2. Эксплуатационный износ, неудовлетворительная смазка.
- 4.3. Нарушение механического соединения.
- 4.4. Наружное механическое воздействие.
- 4.5. Золовой износ.
- 4.6. Коррозионно-эрозионный износ.
- 4.7. Нарушение герметичности.
- 4.8. Несоблюдение обычного вибросостояния.
- 4.9. Взрыв, загорание, пожар.
- 4.10. Термическое повреждение, перегрев, пережог.
- 4.11. Электродуговое повреждение.
- 4.12. Нарушение электрической изоляции.
- 4.13. Нарушение электроконтакта, размыкание, обрыв цепи.
- 4.14. Механическое разрушение (повреждение), деструкция, перекус.
- 4.15. Разрушение фундамента, стройсистем, ослабление крепления оборудования к фундаменту.
- 4.16. Исчерпание ресурса.
- 4.17. Загрязнение, попадание посторонних предметов.
- 4.18. Недостаток сварного соединения (шва).
- 4.19. Увеличение давления, гидравлический удар.
- 4.20. Сбой/дефект программного обеспечения.
- 4.21. Невыявленные предпосылки [3].

Значимыми техническими причинами повреждений оборудования в 2017 г. в филиале ПАО «МРСК Юга» – «Астраханьэнерго» явились (рис. 2):

- 4.12. Нарушение электроизоляции.
- 4.13. Нарушение электроконтакта, размыкание, обрыв цепи.

Количество отключений, шт.

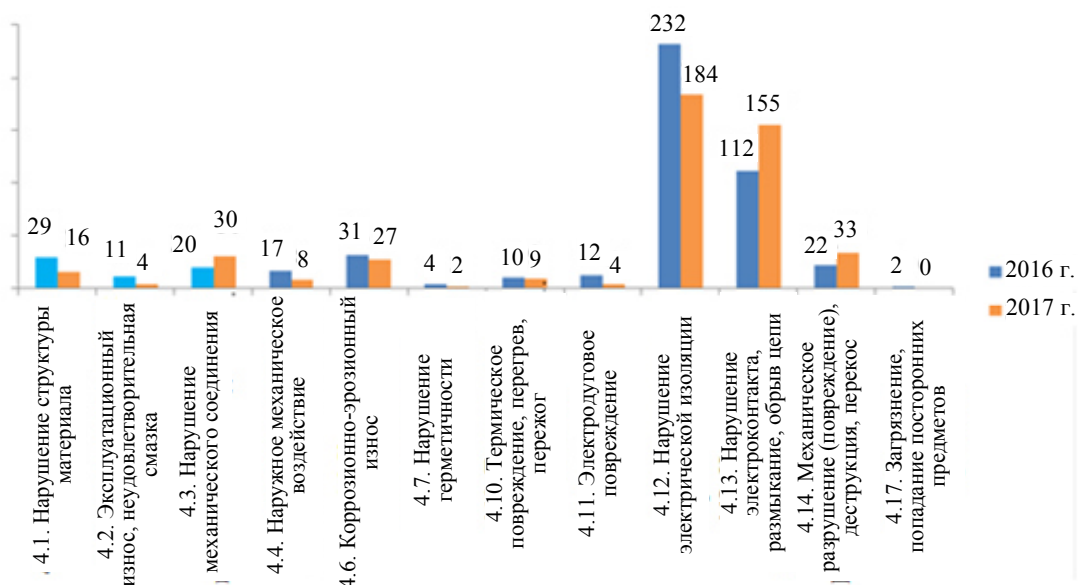


Рис. 2. Значимые технические причины повреждений оборудования в филиале ПАО «МРСК Юга» – «Астраханьэнерго» за 2016 и 2017 гг.

В 2017 г. техническая причина «4.12. Нарушение электрической изоляции» установлена при 184 отключениях, в то время как в 2016 г. по данной причине отмечалось 232 отключения электрического оборудования филиала, произошло снижение количества отключений на 20,6 %.

По технической причине «4.13. Нарушение электроконтакта, размыкание, обрыв цепи» в 2017 г. произошло 155 отключений, в 2016 г. – 112 отключений. Произошел рост числа отключений по данной причине на 38,3 %.

Общее число аварий в филиале ПАО «МРСК Юга» – «Астраханьэнерго» уменьшилось с 863 в 2016 г. до 770 в 2017 г. (на 10,7 %). Недоотпуск электрической энергии в 2017 г. уменьшился (на 21,9 %) и составил 926,7 тыс. кВт · ч против 1 187,6 тыс. кВт · ч в 2016 г. Также в 2017 г. снизилась суммарная продолжительность технологических нарушений, вызвавших интервал электроснабжения потребителей, – с 1 977,5 ч в 2016 г. до 1 565,9 ч в 2017 г. (на 19,4 %). Увеличился экономический ущерб – с 2 310,8 тыс. руб. в 2016 г. до 2 374,9 тыс. руб. в 2017 г. (увеличение на 2,6 %) (табл., рис. 3).

**Динамика технологических нарушений (аварий)
в филиале ПАО «МРСК Юга» – «Астраханьэнерго» в 2016, 2017 гг.**

Количество технологических нарушений (аварий)		Количество технологических нарушений (аварий) с ошибками персонала		Недоотпуск, тыс. кВт·ч		Экономический ущерб, тыс. руб.		Суммарная длительность технологических нарушений (на оборудовании 6 кВ и выше), вызвавших перерыв электроснабжения потребителей, ч	
2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.
863	770	0	0	1 187,6	926,7	2 310,8	2 374,9	1 944,2	1 565,9

Ошибок персонала за отчетные периоды не допущено.

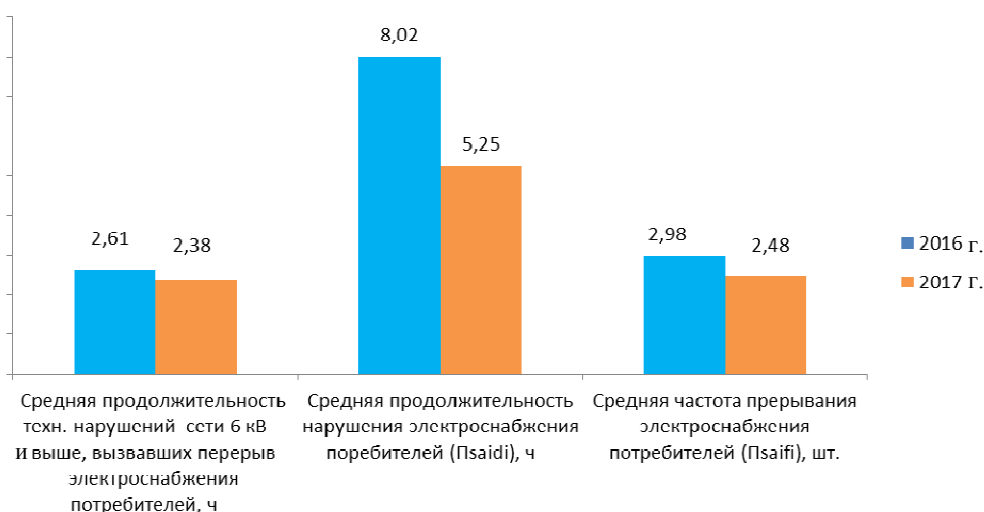


Рис. 3. Итоговые значения показателей надежности в филиале ПАО «МРСК Юга» – «Астраханьэнерго» за 2016, 2017 гг.

Средняя длительность технологических нарушений (аварий) в филиале в сети 6 кВ и выше в 2016 г. составила 2,61 ч, тогда как в 2017 г. данный показатель составил 2,38 ч. По итогам 2017 г. произошло снижение средней длительности аварии на 8,8 %. Показатель P_{saidd} (средняя продолжительность нарушения электроснабжения потребителей) в 2016 г. составил 8,02 ч, в 2017 г. – 5,25 ч, снижение в 2017 г. на 34,5 %. Показатель P_{saifi} (средняя частота прерывания электроснабжения потребителей) в 2016 г. составил 2,98 шт., в 2017 г. – 2,48 шт., снижение в 2017 г. на 16,7 %.

В 2017 г. в рамках реализации мероприятий, направленных на повышение эффективности и надежности энергоснабжения потребителей, в филиале ПАО «МРСК Юга» – «Астраханьэнерго» основная задача производственной деятельности – обеспечение качественного и бесперебойного электроснабжения потребителей – в целом была выполнена. В целях повышения надежности работы оборудования, в соответствии с инвестиционной и ремонтными программами филиала, в 2017 г. проведена целенаправленная работа по обеспечению надежного электроснабжения потребителей, в частности:

- замена высоковольтных вводов 110 кВ силового трансформатора Т-1 подстанции (ПС) 110/10 кВ (2 шт.) Косика;
 - замена высоковольтных вводов масляного выключателя ОМВ-110 кВ ПС 110/10 (4 шт.) Капустин Яр;
 - замена опорно-стержневых изоляторов на присоединениях ПС 110/35/6 кВ Лесная-Новая, ПС 110/6 кВ Джелга, ПС 110/35/10 кВ ЦРП, ПС 110/6 кВ Судостроительная – в количестве 26 шт.;
 - замена разрядников 10 кВ на ОПН в количестве 3 шт. на ПС 110/35/6 кВ Красный Яр;
 - установка ОПН 110 кВ в количестве 6 шт. на ПС 110/6 кВ Восточная, ОПН 10 кВ на ПС 110/35/10 кВ ЦРП;
 - установка и замена разъединителей 110 кВ в количестве 18 шт. на ПС 110/6 кВ Восточная;
 - замена ОД и КЗ 110 кВ на элегазовые В-110 кВ в количестве 2 шт. на ПС 110/6 кВ Восточная;
 - замена масляных выключателей на вакуумные выключатели в количестве: 1 шт. на ПС 110/10/6 кВ Южная, 1 шт. на ПС 110/35/10 кВ Володаровка, 2 шт. на ПС 110/35/10 кВ ЦРП;
 - установка 1 шт. вакуумного выключателя на ПС 110/35/10 кВ Володаровка;
 - замена ТСН 6/10 кВ (2 шт.) на ПС 110/35/6 кВ Лесная-Новая;
 - замена ТДК 6/10 кВ (1 шт.) на ПС 35/6 кВ Трусовская;
 - вновь установлены трансформаторы тока 110 кВ в количестве 9 шт. на ПС 110/35/6 кВ Лесная-Новая и ПС 110/6 кВ Восточная;
 - замена трансформаторов тока 110 кВ в количестве 3 шт. на ПС 110/35/10 кВ ЦРП.
- Выполнена расчистка трасс ВЛ от древесно-кустарниковой растительности в объеме:
- а) по ВЛ 35–110 кВ – 310 га (или 100 % от плана года);
 - б) по ВЛ 0,4–10 кВ – 127,43 га (или 115,6 % от плана года).

Проведено техническое освидетельствование электросетевого оборудования, производственных зданий и сооружений с участием специализированных организаций за 2017 г. в полном объеме с привлечением представителей Ростехнадзора и подрядных организаций. Технологическое оборудование, прошедшее техническое освидетельствование, признано пригодным к последующей эксплуатации до следующего технического освидетельствования.

В соответствии с планами обследования проведен тепловизионный контроль в количестве 186 проверок на оборудовании подстанций и 53 проверки на оборудовании ВЛ 35–110 кВ, 28 проверок зданий и сооружений, при этом выявлено 183 дефекта. Выявленные дефекты устранены в установленные сроки. Согласно планам организационно-технических мероприятий по филиалу за 2017 г. все мероприятия, включающие в себя повышение надежности и эффективности эксплуатации, технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования, ремонта оборудования, выполнены в срок.

В 2017 г. проведены реконструкция, техническое перевооружение и новое строительство объектов в объеме инвестиций 82 085 тыс. руб.

Введено в эксплуатацию 22,74 МВА трансформаторной мощности и 129,74 км ЛЭП напряжений 0,4–6–10 кВ. Источники финансирования вышеуказанных мероприятий по инвестиционной программе – собственные средства, в том числе амортизация, учтенная в тарифе.

В филиале ПАО «МРСК Юга» – «Астраханьэнерго» разработана и действует с 2014 г. целевая программа по замене голого провода ВЛ на самонесущий изолированный провод (СИП). Программа предусматривает замену голого провода на СИП на ВЛ, проходящих по территории образовательных и дошкольных учреждений, в целях снижения травматизма и соответствия требованиям правил устройств электроустановок. В рамках данной программы в 2016 г. проведена замена голого провода на СИП общей протяженностью 5,13 км, в 2017 г. – 3,45 км. Все плановые показатели выполнены.

Выполнение вышеуказанных мероприятий в 2017 г. позволило не только повысить надежность, безопасность и эффективность работы электросетевого комплекса филиала, но и, как следствие, повысить уровень удовлетворенности потребителей услугой поставки электроэнергии.

Количество отключений электросетевого оборудования филиала в 2017 г. снижено, по сравнению с 2016 г., на 10,7 %, недоотпуск электроэнергии потребителям в 2017 г. относительно 2016 г. снижен на 21,9 %, суммарная длительность технологических нарушений в 2017 г. снижена на 19,4 %. Общее количество отключений с повреждением электросетевого оборудования филиала в сети 6–110 кВ в 2017 г. снижено на 5,5 %.

Выводы

1. Выполнен анализ основных *организационных* причин повреждений оборудования в филиале ПАО «МРСК Юга» – «Астраханьэнерго» за 2016 и 2017 гг.

Основными организационными причинами технологических нарушений в 2017 г. в филиале явились «3.4.7. Несоблюдение технического обслуживания или ремонта оснащения и приборов» и «3.4.7.4. Прочие причины». По организационной причине «3.4.7. Несоблюдение технического обслуживания или ремонта оснащения и приборов» в 2017 г. произошло снижение количества отключений на 9,17 %. По организационной причине «3.4.7.4. Прочие причины» в 2017 г., по сравнению с 2016 г., произошел рост отключений на 11,2 %. Причиной роста явился технический износ материалов оборудования в процессе продолжительной эксплуатации.

2. Выполнен анализ основных *технических* причин повреждений оборудования в филиале ПАО «МРСК Юга» – «Астраханьэнерго» за 2016 и 2017 гг. Основными техническими причинами повреждений оборудования в 2017 г. в филиале явились «4.12. Нарушение электрической изоляции» и «4.13. Нарушение электроконтакта, размыкание, обрыв цепи». В 2017 г., по сравнению с 2016 г., по технической причине «4.12. Нарушение электрической изоляции» произошло снижение отключений на 20,6 %. По технической причине «4.13. Нарушение электроконтакта, размыкание, обрыв цепи» в 2017 г. произошел рост отключений на 38,3 % по сравнению с 2016 г.

3. Выявлена динамика технологических нарушений (аварий) в филиале ПАО «МРСК Юга» – «Астраханьэнерго» за 2016 и 2017 гг.

Общее число аварий в филиале уменьшилось в 2017 г. на 10,7 %. Недоотпуск электрической энергии в 2017 г. уменьшился (на 21,9 %) и составил 926,7 тыс. кВт·ч против 1 187,6 тыс. кВт·ч в 2016 г. Например, в 2017 г. на 19,4 % понизилась суммарная продолжительность технологических нарушений, вызвавших интервал электроснабжения потребителей.

Вырос экономический ущерб – с 2 310,8 тыс. руб. в 2016 г. до 2 374,9 в 2017 г., увеличение на 2,6 %. Ошибок персонала за отчетные периоды не допущено.

4. По итоговым значениям показателей надежности в филиале ПАО «МРСК Юга» – «Астраханьэнерго» за 2016 и 2017 гг. средняя длительность технологических нарушений (аварий) в сети 6 кВ и выше в 2016 г. составила 2,61 ч, тогда как в 2017 г. данный показатель составил 2,38 ч. По итогам 2017 г. произошло снижение средней длительности аварии на 8,8 %. Показатель Psaidi (средняя продолжительность нарушения электроснабжения потребителей) в 2016 г. составил 8,02 ч, в 2017 г. – 5,25 ч, снижение в 2017 г. на 34,5 %. Показатель Psaiifi (средняя частота прерывания электроснабжения потребителей) в 2016 г. составил 2,98 шт., в 2017 г. – 2,48 шт., снижение в 2017 г. на 16,7 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Китушин В. Г. Надежность энергетических систем. М.: Высш. шк., 2014. 256 с.
2. *Об утверждении* формы акта о расследовании причин аварий в электроэнергетике и порядка ее заполнения: приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 02 марта 2010 г. № 90 (с изменениями на 27 июля 2017 г.). URL: <https://base.garant.ru/12175335/> (дата обращения: 11.02.19).
3. *О внесении* изменений в некоторые нормативные правовые акты Министерства энергетики Российской Федерации по вопросам расследования причин аварий в электроэнергетике: Приказ Минэнерго России от 06 февраля 2017 г. № 74. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71533536/> (дата обращения: 11.02.19).

Статья поступила в редакцию 10.03.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Головко Сергей Владимирович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук; доцент кафедры электрооборудования и автоматики судов; g_s_v_2007@mail.ru.

Кубенова Айслу Муратовна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; магистрант кафедры электрооборудования и автоматики судов; arsenal2910@yandex.ru.



CLASSIFICATION OF POWER NETWORK ELEMENTS
ON RELIABILITY-RELATED ASPECTS IN THE ASTRAKHAN REGION
(ON THE EXAMPLE OF “ASTRAKHANENERGO” -
A BRANCH OF PJSC “IDNC OF THE SOUTH”)

S. V. Golovko, A. M. Kubenova

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

Abstract. Distribution electric networks are an important link in the system of production, transmission and consumption of electric energy. The precise configuration and setting up the relay protection and emergency automation devices, including the right choice of the device working parameters, are of great importance for the reliable operation of power grids. Problems with power supply may appear either as poor quality of electricity supply (instability or distortion of voltage, its frequency fluctuation, low capacity of the power grid), or as its unreliability voltage loss. Recently, in the Astrakhan region there has been recorded an increase of electrical loads due to the growing number of enterprises and energy supply building in industry and household. The search for variants with reduced capital investments in the process of the large-scale and expensive energy construction, as well as the selection of simple and relevant proposals for the development and elaborating power supply systems are important issues for designing power lines. The analysis of the electrical network reliability factors of “Astrakhanenergo”, the branch of “IDGC of the South”, PJSC has been done.

Key words: electric power, power supply, technological emergencies, power facility, reasons of equipment damage, economic damage.

For citation: Golovko S. V., Kubenova A. M. Classification of power network elements on reliability-related aspects in the Astrakhan region (on the example of “Astrakhanenergo” - a branch of PJSC “IDNC of the South”). *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2019;1(67):48-56. (In Russ.) DOI: 10.24143/1812-9498-2019-1-48-56.

REFERENCES

1. Kitushin V. G. *Nadezhnost' energeticheskikh sistem* [Reliability of energy systems]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2014. 256 p.
2. *Ob utverzhdenii formy akta o rassledovanii prichin avarii v elektroenergetike i poriadka ee zapolneniia: prikaz Ministerstva energetiki Rossiiskoi Federatsii ot 02 marta 2010 g. № 90 (s izmeneniami na 27 iuliia 2017 g.)* [On approval of the form of the act of investigating the causes of accidents in power industry and the procedure of filling it out: Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation No. 90 dated March 2, 2010 (as amended on July 27, 2017)]. Available at: <https://base.garant.ru/12175335/> (accessed: 11.02.19).
3. *O vnesenii izmenenii v nekotorye normativnye pravovye akty Ministerstva energetiki Rossiiskoi Federatsii po voprosam rassledovaniia prichin avarii v elektroenergetike: Prikaz Minenergo Rossii ot 06 fevralia 2017 g. № 74* [On amendments to regulatory acts of the Ministry of Energy of the Russian Federation on the issues of investigating the causes of accidents in power industry: Order of the RF Ministry of Energy No. 74 dated February 06, 2017]. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71533536/> (accessed: 11.02.19).

The article submitted to the editors 10.03.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Golovko Sergey Vladimirovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Ship Automation Systems; g_s_v_2007@mail.ru.

Kubenova Aislu Muratovna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Master's Course Student of the Department of Ship Automation Systems; arsenal2910@yandex.ru.

