

УДК 621.311

## **АНАЛИЗ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Береснев Е.И., студент гр. ЭПм-161, II курс.  
Научный руководитель: Непша Ф.С., старший преподаватель.  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Надежность электроснабжения потребителей в значительной мере зависит от схемы распределительных сетей 6-10 кВ, которая предопределяет возможности резервирования питания нагрузок и эффективность устанавливаемых в сети коммутационных аппаратов, устройств автоматики, определения места повреждения и др. Данные сети имеют особую важность, так как в городских районах встречаются потребители всех категорий по надежности электроснабжения [1]. Объектом анализа повреждаемости электрооборудования 6-10 кВ были выбраны сети ООО "Ленинск-Кузнецкая Электросеть" в г. Ленинск-Кузнецкий. Надежность, эффективность и качество работы городского электросетевого комплекса в значительной мере предопределяются работой ООО "Ленинск-Кузнецкая Электросеть".

Обслуживаемое электрохозяйство ООО «Ленинск-Кузнецкая Электросеть» в г. Ленинск-Кузнецкий на 2017 год включает:

- 798,11 км линий электропередач, в том числе:
- 591,15 км воздушных линий (2,5 км – ВЛ 110 кВ; 157,55 км – ВЛ 6-10 кВ; 431,1 км – ВЛ 0,4 кВ);
- 206,96 км - кабельных линий (15,7 км – КЛ 10 кВ; 154,16 км – КЛ 6 кВ; 37,1 – КЛ 0,4 кВ);
- 262 трансформаторные подстанции;
- 23 распределительных пункта;
- Двухтрансформаторную подстанцию 110/6 кВ «Химзаводская».

Кабельные сети 6-10 кВ построены по петлевой смешанной схеме питания ТП, или в виде 2-х лучевых, кольцевых схем питания двухсекционных, двухтрансформаторных подстанций. В качестве силовых кабелей проложены в основном бронированные кабели с бумажной изоляцией с алюминиевыми жилами.

Воздушные линии 6 кВ имеют смешанные схемы, с преобладанием петлевых, закольцованных схем питания трансформаторных подстанций 6-10/0,4 кВ.

Воздушные линии (ВЛ) 0,38 кВ построены по радиальному принципу. На воздушных линиях использованы, в основном, алюминиевые провода ма-

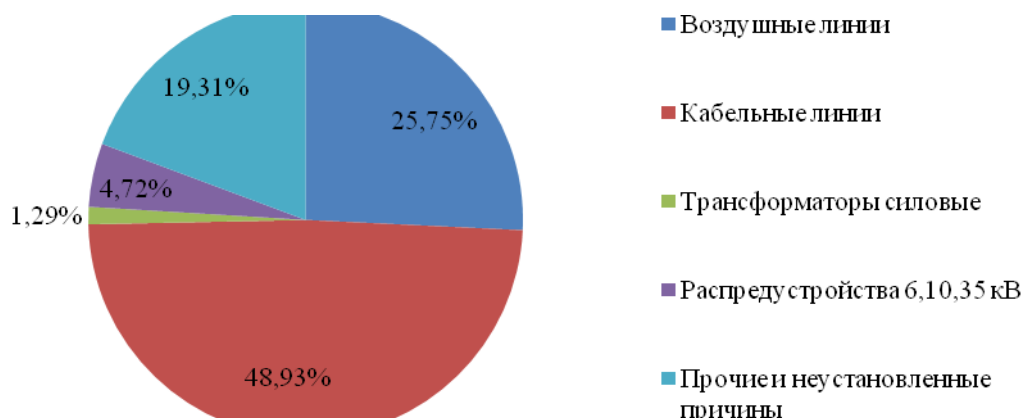
лых сечений, деревянные и железобетонные опоры с механической прочностью не более 27 кН·м. Сети проектировались по критерию минимума затрат на расчетные нагрузки 5-10 лет. Линии ВЛИ выполнены самонесущим изолированным проводом, в основном типа СИП-2, что составляет 49% от общей протяженности.

Трансформаторные подстанции 6-10/0,4 кВ, одно и двухтрансформаторные с трансформаторами мощностью от 0,63 до 1000 кВА, масляным охлаждением типов ТМ и ТМГ, большей частью кирпичные, построенные по типовым проектам. Имеются металлические КТП киоскового типа, меньше - КТП мачтовые. В последнее время практикуется строительство БКТП.

Распределительные пункты 6-10 кВ, кирпичные, большей частью совмещённые с двухтрансформаторными ТП 6-10/0,4 кВ. Продолжается эксплуатация маломасляных выключателей. В настоящее время производится замена маломасляных выключателей на вакуумные.

По данным технических отчетов ООО «Ленинск-Кузнецкая Электросеть» за период с 2012 по 2017 годы произведен анализ основных показателей аварийности и повреждаемости. Суммарное время длительности восстановления повреждений составляет 439,63 часа [3].

В электрических сетях 6-10 кВ ООО «Ленинск-Кузнецкая Электросеть» происходит ежегодно в среднем 40 аварийных отключений. В общее количество отключений включены, потребительские отключения, отключения из-за повреждения ВЛ и КЛ, трансформаторов, оборудования ТП и РП. Соотношение количества повреждений элементов сети 6-10 кВ приведено на рисунке 1.



*Рисунок 1 Соотношение повреждений элементов сети 6-10*

Данные рисунка 1 показывают, что самым ненадежным элементом системы электроснабжения являются кабельные (48,9%) и воздушные (25,8%) линии электропередачи из-за их большой протяженности и влияния на них большого числа различных внешних воздействий. За исследуемый период 74,7% отключений пришлось на долю ЛЭП.

Причинами повреждения КЛ являются: нарушение их механической прочности строительными машинами и механизмами при производстве зем-

ляных работ, старение межфазной и поясной изоляции, электрическая и механическая коррозия покрытия, перегрузка кабеля, попадание влаги в кабель, дефект монтажа соединительных муфт и др. В результате повреждения КЛ 6-10 кВ в 2012-2017 годах в г. Ленинск-Кузнецкий произошло 114 отключений. Их причины приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Причины повреждения кабельных линий 6-10 кВ

Причина повреждения	Количество от общего числа повреждений, шт.	Отношение к общему числу повреждений, %
Механическое повреждение	28	24,56
Слабый контакт	7	6,14
Повреждение изоляции, пробой	72	63,16
Моральный и физический износ	3	2,63
Погодные условия	4	3,51

Наиболее часто в КЛ причинами отключения являются повреждения и пробой изоляции. Кабельные линии всех классов напряжения повреждаются из-за дефектов прокладки, старения защитных покровов, брони, оболочки и, как следствие, ухудшения изоляционных свойств бумажной изоляции (увлажнение, усыхание, потеря эластичности и др.) кабеля, механических повреждений, заводских дефектов, почвенной коррозии и по прочим причинам. Соотношение причин повреждения кабельных и воздушных линий приведено на рисунке 2.

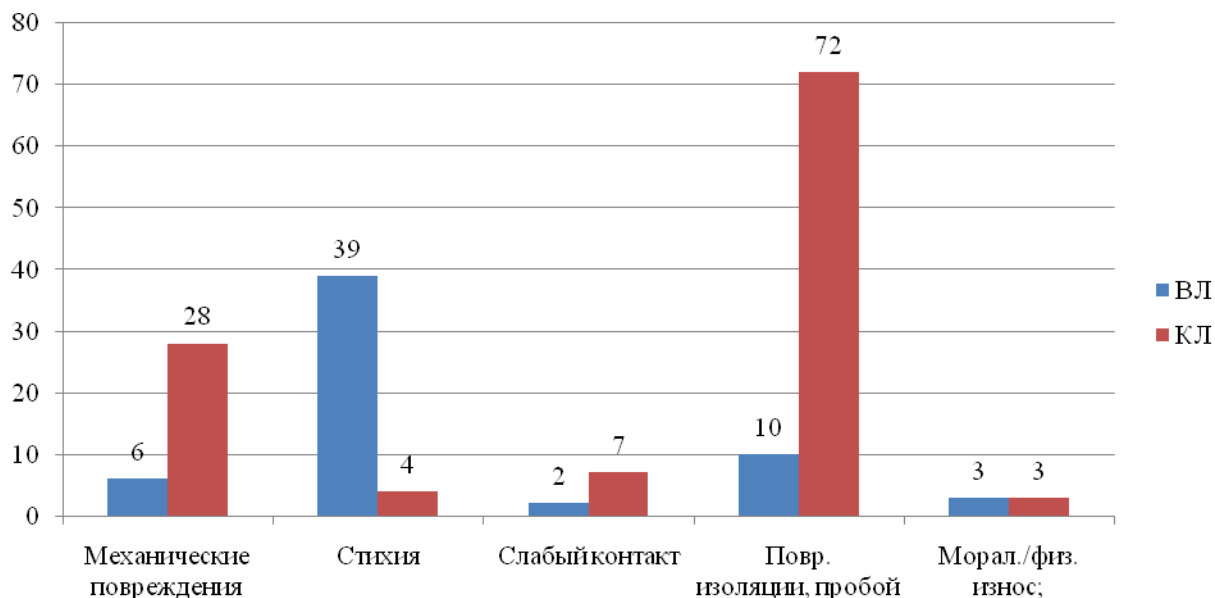


Рисунок 2 Соотношение причин повреждения кабельных и воздушных линий 6-10 кВ

Представленные на рисунке 2 данные показывают, что КЛ 6-10 кВ намного чаще, чем ВЛ, повреждаются механически. В то же время КЛ 6-10 кВ имеют меньшую долю повреждений из-за воздействия стихии (в т.ч. грозовые воздействия, ветер, паводки). Важно отметить, что кабельные линии регулярно и в большом количестве выходят из строя по причине повреждения изоляции и пробоев.

На ВЛ 6-10 кВ за период 2012-2017гг произошло 60 аварийных отключений, связанных главным образом с воздействием стихии.

Стабильность электроснабжения во многом определяется надежностью работы воздушных линий. В сетях ООО «Ленинск-Кузнецкая Электросеть» за исследуемый период зафиксировано 60 повреждений ВЛ6-10 кВ. Их причины указаны в таблице 2.

Таблица 2 - Анализ причин повреждений воздушных линий напряжением 6-10 кВ

Причины повреждения	Количество от общего числа повреждений, шт.	Отношение к общему числу повреждений, %
Механические повреждения	6	10
Стихия (гроза ,ветер, паводок)	39	65
Слабый контакт	2	3,33
Повреждение изоляции, эл.пробой	10	16,67
Моральный и физический износ	3	5

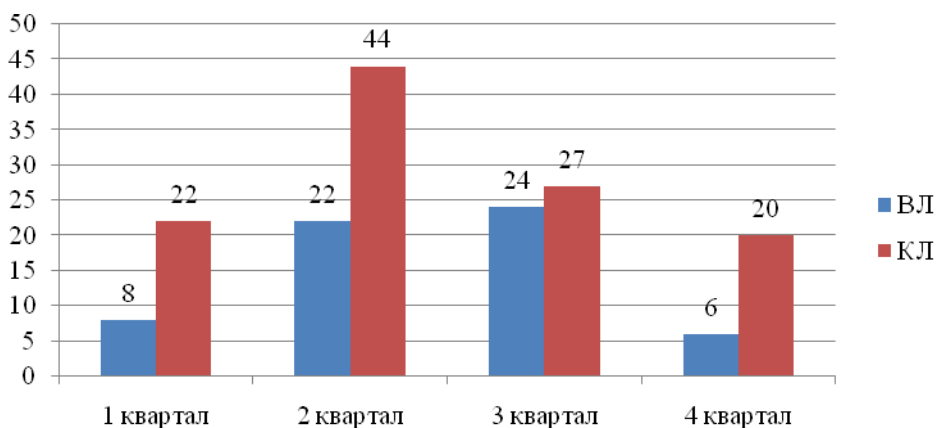


Рисунок 3 Поквартальное сравнение повреждений КЛ и ВЛ 6-10 кВ с 2012 по 2017гг

Рисунок 3 содержит данные о соотношении повреждений КЛ и ВЛ поквартально. Можно заметить резкое увеличение повреждений во втором квартале и стабильно высокое количество в третьем, что можно связать главным образом с грозовым сезоном, а также с весенним таянием снега и, как следствие, увлажнением почвы и снижением сопротивления изоляции.

На долю отказов электрооборудования РУ ТП и РП приходится всего 6% [3] от общего количества отказов, но они приводят к большим материальным затратам и наносят большой экономический ущерб предприятию вследствие нарушения электроснабжения значительного числа потребителей. Наиболее актуальными причинами для названных электроустановок являются перекрытие рубильника, перегорание высоковольтных предохранителей, пробой проходных изоляторов, попадание воды на оборудование, повреждение контактных соединений на шпильках трансформатора, замыкание в обмотках трансформатора.

Одним из самых дорогостоящих элементов электрооборудования ТП является силовой трансформатор. Его восстановление в случае повреждения связано с большими затратами труда и денежных средств [4, с. 41]. Основными причинами повреждения силовых трансформаторов являются повреждения шпилек, переключателей, сгоревшие обмотки. Большинство отказов в работе трансформаторов связано с повреждением контактных соединений, возникающих из-за нарушения целостности и плотности контакта, что приводит к перегоранию шины, наконечника кабеля, шпильки трансформатора.

Таким образом, анализ показал, что наиболее часто отключения происходят на ЛЭП, что связано с их высокой протяжённостью, изношенностью и большим числом влияющих на них факторов. Очевидно: на сегодняшний день часть сетей 6-10 кВ ООО «Ленинск-Кузнецкая Электросеть» требует модернизации или замены. Существует необходимость разработки мероприятий по предотвращению аварийных отключений и по устранению дефектов, определяемых технологией монтажа, изготовления и возрастной структурой сетей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анищенко В. А., Колосова И. В. Основы надежности систем электропитания. Мн. : БИТУ, 2007 г.
2. Положение ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе. М. : ОАО «Россети», 2013. 196 с.
3. Турускова Г.И. Отчеты по аварийности в сетях 6-10кВ. Технические отчеты ООО «Ленинск-Кузнецкая Электросеть». - Ленинск-Кузнецкий, 2012-2017гг.;
4. Гутов А. И. Электроснабжение промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Ползуновский альманах. № 1. 2004.
5. Лещинская Т. Б., Наумов И. В. Электроснабжение сельского хозяйства. Москва. : КолосС, 2008. 655 с. : ил. (Учебники и учеб.пособия для студентов высш. учеб. заведений).
6. Горюнов В. Н., Бубенчиков А. А., Гиршин С. С., Петрова Е. В., Левченко А. А. Эффективность применения самонесущих изолированных проводов в современных электроэнергетических системах. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-samonesuschih-izolirovannyh-provodov-v-sovremennyh-elektroenergeticheskikh-sistemah>.
7. Гуль В. И. Координация изоляции и перенапряжения в электрических высоковольтных сетях. Нижегородский В. И., Хоменко И. В., Шевченко С. Ю., Чевычелов В. А.;
8. Виноградов А. В., Кашеваров С. Г., Павелко Н. Ю. Проблема, задачи и решения по осуществлению контроля состояния электросетевого оборудования // Международный научный журнал «Инновационная наука», 2015. № 7. т. 1. С. 16-20;
9. Виноградов А. В., Виноградова А. В. Секционированный пункт для линий электропередач 0,38 кВ. // Техника в сельском хозяйстве. № 5. 2014. С.4-6