

УДК 620.9.001.5; 621.315

ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ЛЭП-220 КВ ПЕНЗЕНСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Шатова Ю.А.¹, Кривошапов А.А.¹, Алешина Н.Н.¹

¹ФГБОУ ВПО «Пензенский Государственный университет», Пенза, Россия (440026, Пенза, ул. Красная, 40), e-mail: cnit@pnzgu.ru

Проанализирована статистика аварийных отключений воздушных ЛЭП напряжением 220 кВ с 2000 по 2010 г. Представлено распределение аварийных отключений по годам и месяцам рассматриваемого периода, приведена функция распределения аварийных отключений ВЛ-220 кВ. Выявлены причины отказов ЛЭП, основными из которых являются неблагоприятные погодные условия и падение деревьев на провода. В процессе проектирования ЛЭП на выбор ее элементов огромное влияние оказывают географическое и климатическое месторасположение будущего объекта. В последнее время ярко выражена тенденция изменения климата, а значит, что климатические карты, составленные ранее, утратили свою актуальность в некоторых регионах. В связи с этим, предложено усилить конструкции ЛЭП. В отношении отключений, вызванных перекрытиями деревьями, рекомендовано контролировать состояние близко растущих высоких деревьев и своевременно их ликвидировать. Доказывается факт того, что параметр потоков отказов, рассчитанный для конкретной длины ЛЭП, не приемлем для использования при анализе отказов других ВЛ. Авторами подчеркивается важность такого показателя надежности, как параметр потока отказов, определенный на единицу длины ЛЭП.

Ключевые слова: линия электропередачи, аварийное отключение, причина отключения.

INDICATORS OF RELIABILITY LEP-220 KV OF THE PENZA POWER SUPPLY SYSTEM

Shatova Y.A.¹, Krivoshchapov A.A.¹, Aleshina N.N.¹

¹FGBOU VPO "Penza State University", Penza, Russia (440026, Penza, Krasnaya, 40), e-mail: cnit@pnzgu.ru

The statistics of emergency shutdowns of air power lines by tension of 220 kV from 2000 to 2010 is analysed. Distribution of emergency shutdowns on years and months of the considered period is presented, the function of distribution of emergency shutdowns power lines of quarter is given. Power lines causes of failures are revealed, adverse weather conditions and falling of trees on wires are basic of which. In the course of power lines design on a choice of its elements huge influence render a geographical and climatic site of future object. Recently the climate change tendency is brightly expressed, so that, the climatic cards made earlier, lost the urgency in some regions. In this regard, it is offered to strengthen power lines designs. Concerning the shutdowns, caused the condition of close growing high trees was recommended to supervise overlappings by trees and in due time to liquidate them. The fact of is proved that parameter of streams of the refusals, power lines calculated for concrete length we do not accept for use in the analysis of refusals of other power lines. Authors emphasize importance of such indicator of reliability, as parameter of a stream of the refusals, defined on unit of length of power lines.

Key words: power line, emergency shutdown, shutdown reason.

Введение

Расчет и анализ показателей надежности любого объекта возможен либо по некоторым усредненным параметрам, либо с использованием статистической информации. Как правило, при решении задач надежности предпочтение отдается именно статистическим методикам. Важное значение приобретает статистическая информация при исследовании надежности объектов с особыми условиями эксплуатации, в этих случаях использование усредненных параметров в расчетах приводит к значительным искажениям результата.

В связи с этим, авторами была обработана информация по аварийным отключениям воздушных линий электропередачи (ЛЭП) напряжением 220 кВ, относящихся к Пензенской

энергосистеме. ЛЭП-220 кВ были выбраны в качестве объекта исследования, т.к. они выполняют системообразующие функции в Пензенской энергосистеме.

Аналізу подверглись аварийные отключения воздушных ЛЭП-220 кВ, произошедшие в период 2000-2010 гг. Под аварийными отключениями принято понимать отключения ЛЭП, не связанные с проведением плановых ремонтных операций или технического обслуживания, произошедшие автоматически под воздействием сигналов релейной защиты и автоматики [3]. Перечень отключений содержал также информацию о возможной причине, благодаря чему стало возможным выделить отдельные группы отключений.

1 Анализ временной динамики отключений ЛЭП-220 кВ

Рассмотрим динамику изменения общего количества отключений за анализируемый временной интервал. Распределение аварийных отключений по годам анализируемого периода представлено на графике рисунка 1.

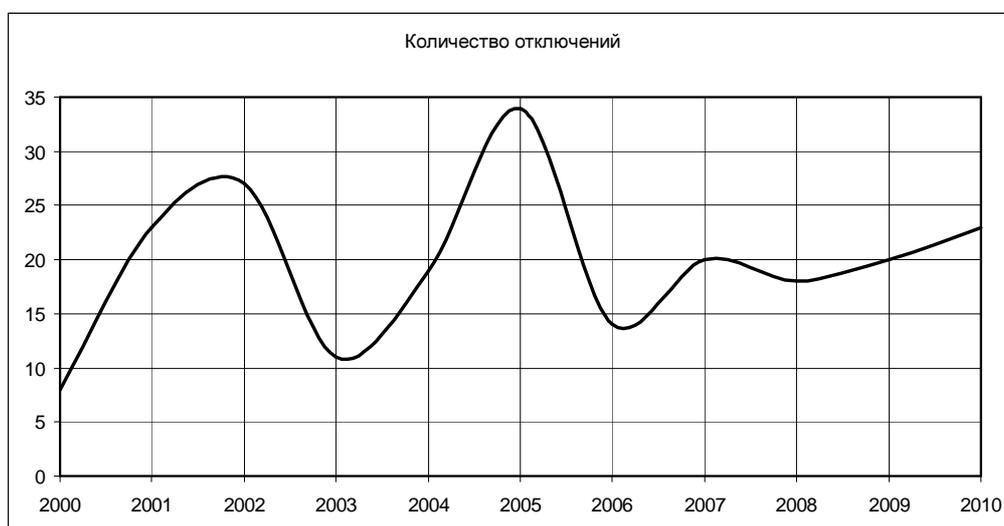


Рисунок 1 - Распределение аварийных отключений в анализируемом периоде времени

Как следует из данного графика, общее количество аварийных отключений состоит из двух слагаемых: постоянной и переменной частей. Причём переменная составляющая изменяется циклически и имеет максимальное значение в 2002 и 2005 гг., а минимальное в 2003 и 2006 гг. В период 2008-2010 гг. наблюдается планомерный рост числа аварийных отключений.

Распределение числа отключений по отдельным объектам в рассматриваемом временном интервале отображено в таблице 1.

Таблица 1

Наименование ЛЭП	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
Пенза-Ключики-1	2	7	5	4	5	12	6	6	7	5	5
Пенза-Ключики-2	2	5	6	5	2	8	3	8	3	5	3

Пенза-Пачелма	1	2	3	0	4	3	2	3	2	2	2
Пенза-Рузаевка	1	2	7	0	3	2	1	1	3	3	8
Ртищев-Сердобск	1	5	1	0	1	4	0	4	2	1	3
Октябрьская	0	1	1	0	0	0	0	1	1	5	0
Пенза-2-Сердобск	0	0	2	2	2	2	1	0	0	0	2

Как видно, наибольший вклад в общее число отключений вносит двухцепная ЛЭП Пенза-Ключики-1, 2. Возможная причина заключается в том, что трасса прохождения этой ЛЭП находится в лесистой местности, а также в том, что ее общая длина намного превышает другие ЛЭП. Более подробно данный вопрос будет рассмотрен ниже.

Разбивка общего количества аварийных отключений ВЛ-220 кВ по месяцам анализируемого периода представлена на рисунке 2.

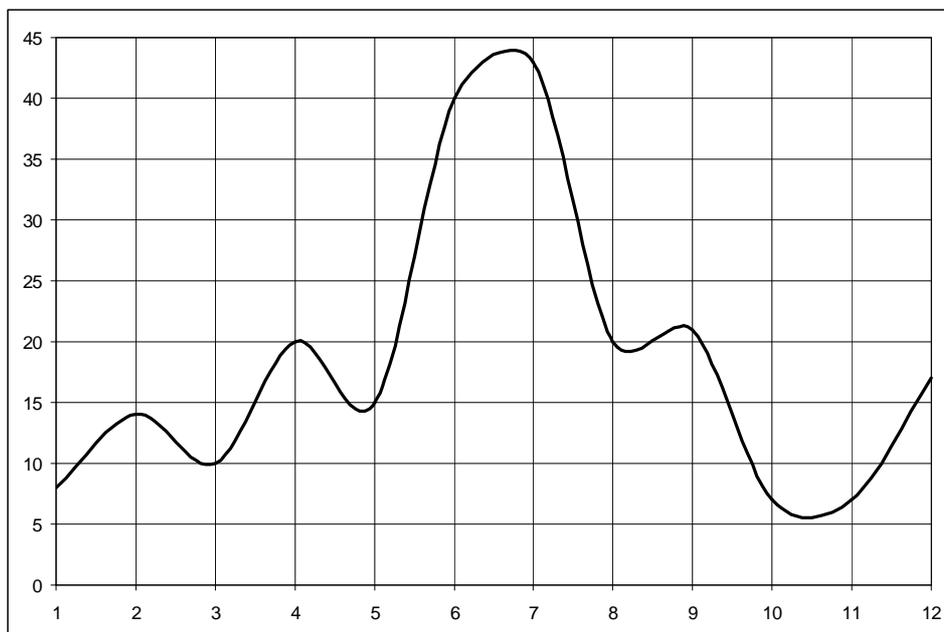


Рисунок 2 - Распределение отключений по месяцам

В литературе [1] приводится аналогичное распределение числа повреждений на ЛЭП-220кВ с грозозащитным тросом. Также утверждается, что оно может быть до некоторой точности представлено с помощью нормального закона распределения.

В этом случае функция распределения аварийных отключений ВЛ-220 кВ записывается следующим образом [1]:

$$F(X_0) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x_0} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma^2}} dx.$$

где σ - среднеквадратичное отклонение случайной величины x ;

m_x - математическое ожидание.

На основании определенной функции распределения аварийных отключений могут быть проведены расчеты показателей надежности, необходимые для организации эффективного процесса управления эксплуатацией электрических сетей.

2 Анализ причин отключений ЛЭП-220 кВ

За указанный период в оперативных журналах диспетчерского персонала всего было зафиксировано 211 аварийных отключений ВЛ-220 кВ. Из них 65 (30,8 % от общего числа) по причинам, оставшимся неустановленными; 1 отключение (0,5 %), вызванное ошибочными действиями персонала; 50 отключений (23,7 %) было связано с неблагоприятными погодными условиями - сильный ветер, гроза, гололедные отложения на проводах; 43 (20,4 %) были вызваны падением крупных веток и сухих деревьев на провода в условиях тихой безветренной погоды; 19 отключений (9 %) произошли по причине повреждения элементов самой ЛЭП; 17 (8 %) - из-за повреждений или отказов соответствующего оборудования подстанции; также были зафиксированы отключения из-за преднамеренных набросов предметов на провода ЛЭП - 7 (3,3 %) и связанных с пожарами в зоне прохождения трассы ВЛ - 9 (4,3 %).

Наглядное представление о вкладе каждого из перечисленных факторов в общее число аварийных отключений даёт диаграмма на рисунке 3.

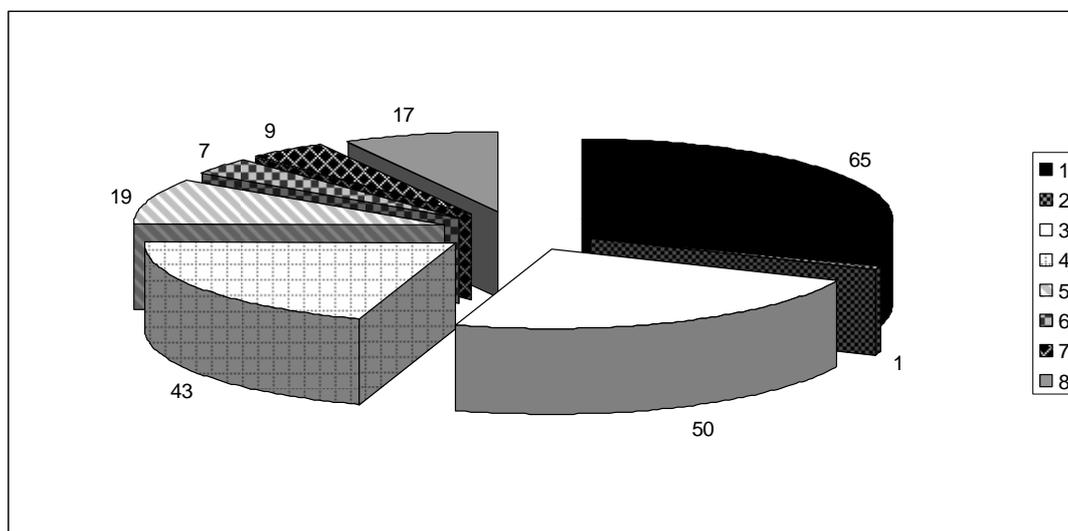


Рисунок 3 - Распределение общего числа аварийных отключений в зависимости от вызвавших их причин:

- 1- причина не установлена; 2 - ошибка персонала; 3 - неблагоприятные погодные условия;
4 - перекрытие деревьями; 5 - повреждение элементов ЛЭП; 6 - набросы посторонних предметов; 7 - пожар; 8 - отказы оборудования подстанции

Как видно, основными факторами, приводящими к аварийным отключениям ВЛ-220 кВ, являются неблагоприятные погодные условия и падение деревьев на провода. Рассмотрим эти явления более подробно.

В процессе проектирования ЛЭП на выбор ее элементов огромное влияние оказывают географическое и климатическое месторасположение будущего объекта. Соответствующие карты районов по ветровой, гололедной нагрузке, количеству грозных часов в году и др. были составлены в период существования СССР. В последнее время во всем мире наблюдается тенденция к изменению климата, в связи с чем карты, составленные ранее, утрачивают свою актуальность в некоторых регионах. Например, зимой 2010-2011 и 2011-2012 гг. на территории Пензенской и других соседних областей наблюдалось атмосферное явление, совершенно не характерное для средних широт Русской равнины и вызвавшее массовую аварийность электрических сетей всех напряжений. Оно получило название «ледяной дождь».

Таким образом, можно предположить, что большое число аварийных отключений ВЛ по погодным причинам может быть снижено при пересмотре климатических карт для новых проектируемых ЛЭП. Существующие ЛЭП должны пройти процесс усиления конструкции.

Как известно, ВЛ имеет охранную зону, внутри которой вырубается вся крупная растительность, - просеку. Её ширина зависит от напряжения ВЛ и для 220 кВ составляет 4-6 м. При этом взрослые деревья иногда в высоту достигают 30 м и более. Это означает, что если на границе просеки ВЛ имеются старые сухие деревья, их падение в сторону ВЛ наверняка будет сопровождаться обрывом проводов или другими аварийными повреждениями. В связи с этим, можно рекомендовать в процессе рубки просеки ВЛ, проводимой ежегодно [5], контролировать состояние близко растущих высоких деревьев и своевременно их ликвидировать.

Одной из частых причин аварийных отключений ВЛ принято считать их перекрытие птицами в весенний период гнездования. Однако, как следует из полученных статистических данных, для ВЛ-220 кВ эта причина не является решающей.

К собственным отключениям ВЛ-220 кВ авторами были отнесены только отключения, вызванные повреждениями оборудования и элементов ЛЭП, а не внешними причинами различного характера. Процентное содержание таких отключений от общего числа сравнительно невелико, однако эти причины наряду с отказами и повреждениями соответствующего подстанционного оборудования являются единственными причинами, подверженными прогнозированию с последующей ликвидацией или снижением их влияния.

У большого количества отключений (30,8 %) причины, их вызвавшие, так и остались неустановленными. В этих случаях оперативно-выездная бригада не обнаружила на ЛЭП никаких следов повреждений или перекрытия. Их можно отнести к отключениям, вызванным погодными явлениями, как например, выпадение сильной росы, значительный перепад температур и т.д.

3 Показатели надежности ВЛ-220 кВ

Различные условия работы ВЛ-220 кВ и их различные параметры не позволяют получить объективных результатов при анализе совокупности всех отказов, поэтому необходимо проводить расчет показателей надежности для каждой ВЛ отдельно.

Основным показателем надежности является параметр потока отказов [4], который представляет собой плотность вероятности возникновения отказа восстанавливаемого объекта и рассчитывается по формуле:

$$\omega(x) = \frac{m}{nT},$$

где m – количество отказов;

n – число элементов в наблюдаемой группе;

T – время наблюдения, лет.

Рассчитанный параметр потока отказов определен для ВЛ определенной длины и не пригоден для использования при анализе отказов других ВЛ. В связи с этим важное значение имеет параметр потока отказов, определенный на единицу длины ЛЭП. Назовем его удельным параметром потока отказов:

$$\omega'(x) = \frac{\omega(x)}{l},$$

где $\omega(x)$ - параметр потока отказов;

l - длина ЛЭП, км.

Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2

Наименование ЛЭП	Параметр потока отказов, 1/год	Длина ЛЭП, км	Удельный параметр потока отказов на 1 км, 1/(год*км)
Пенза-Ключики-1	0,85714	170	0,00504
Пенза-Ключики-2	0,66234	160	0,00414
Пенза-Пачелма	0,33766	109	0,0027
Пенза-Рузаевка	0,42857	113	0,0024
Ртищево-Сердобск	0,2987	34	0,00769
Октябрьская	0,11688	46	0,00198
Пенза-2-Сердобск	0,14286	100	0,00125

Результаты проведенных расчетов опровергают сделанное ранее предположение о наибольшей частоте отключений ВЛ-220 кВ Пенза-Ключики-1,2. А именно, наибольшим удельным параметром потока отказов характеризуется ВЛ-220 кВ Ртищево-Сердобск - 0,00769 1/(год*км). Минимальный параметр потока отказов у ВЛ-220 кВ Пенза-2 - Сердобск, а не у ВЛ-220 кВ Октябрьская, как можно было бы судить по данным таблицы 1.

Следовательно, необходимо использовать именно удельный параметр потока отказов ВЛ в качестве показателя их надежной работы.

Заключение

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Современные методы оценки надежности оборудования предполагают использование статистических данных о работе отдельных видов энергетического оборудования. Эти данные должны содержать информацию, достаточную для анализа причин повреждений и отказов оборудования, а также для оценки надежности и выбора оптимального варианта электрических схем соединений станций, подстанций, электрических сетей и энергосистем в целом.

Для достоверной оценки надежности требуется надлежащая организация сбора статистических данных о повреждаемости, основанного на применении развернутых форм и актов, отражающих нарушения в работе данного оборудования. С помощью этих данных можно установить функциональную зависимость повреждаемости от внешних условий и режимов работы.

2. Основными причинами отказов ВЛ-220 кВ являются неблагоприятные погодные условия и падение деревьев на провода. В связи с этим, можно рекомендовать энергоснабжающим организациям и предприятиям, эксплуатирующим электрические сети напряжением 220 кВ, обратить особое внимание на техническое состояние воздушных линий и их охранных зон, качество и своевременность проведения работ по вырубке просек и ликвидации близко расположенного сухостоя.

3. В процессе оперативного управления энергосистемой регулярно возникают задачи выбора наиболее эффективного пути подачи электроэнергии на объект, в том числе, и по критерию надежности их электроснабжения [2]. Небольшая ошибка в решении этой задачи может привести к повышенной аварийности электрических сетей, причину которой чрезвычайно затруднительно выяснить. Среди диспетчерского персонала традиционным является подход к оценке надежности ВЛ по количеству отказов, что, как доказано выше, не является объективным показателем, т.к. не учитывает длину ВЛ и другие ее особенности.

4. Для повышения надежности работы энергосистем, и, в конечном счете, увеличения эффективности их работы, необходим индивидуальный подход к каждому элементу энергосистемы с учетом особенностей его расположения, длительности эксплуатации, показателей загрузки и других параметров.

Список литературы

1. Гук Ю.Б., Казак Н.А, Мясников А.В. Теория и расчет надежности систем электроснабжения [под ред. Р.Я. Федосеенко]. М.: Энергия, 1970. - 176 с.
2. Лучинкин А.В., Шатова Ю.А., Кривошапов А.А. Проблемы управления режимами работы энергетических систем // Энергосбережение, электромагнитная совместимость и качество в электрических системах: сб. ст. Междунар. науч.-пр. конф. - Пенза, 2012 г. - С. 37-45.
3. РД 34.20.501-95 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации.
4. Розанов М.Н. Надежность электроэнергетических систем. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984. - 176 с.
5. СО 34.04.181-2003 Правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей.

Рецензенты:

Ломтев Евгений Александрович, доктор технических наук, профессор, советник ректора ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», г. Пенза.

Мурашкина Татьяна Ивановна, доктор технических наук, профессор кафедры «Приборостроение» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», г. Пенза.