

УДК 622:621.311.019.3(043)

А.Г. Захарова, Н.М. Шаулема

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ СТАЦИОНАРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ КУЗБАССА

Как известно, к стационарным электросетям относятся воздушные линии электропередач (ВЛ), питающие подстанции разрезов, отдельных участков или распределительные пункты (РП), электрооборудование этих подстанций, а также комплектные стационарные трансформаторные подстанции 110/35/6 кВ и 35/6 кВ.

Стационарные линии электропередачи разрезов (СЛЭПР) выполняются в одно- или двухцепном исполнении с ответвлениями к подстанциям или РП.

Основные характеристики стационарных ВЛ угольных разрезов, входящих в состав ОАО «УК» «Кузбассразрезуголь», приведены в табл. 1.

На надежность стационарных ВЛ разрезов оказывают влияние в основном погодные условия и некоторые факторы горного производства: запыленность воздуха, случайные повреждения

опор и проводов большегрузными самосвалами, бульдозерами и экскаваторами при перемещении в пределах горного отвода, а также автотранспортом при перевозке крупногабаритных грузов – стрел мехлопат и драглайнов, больших ковшей и др. Для получения статистической информации анализировались журналы учета работ по нарядам и распоряжениям, которые ведутся на подстанциях в качестве обязательной документации, журналы телефонограмм и оперативные журналы производства работ в электроустановках, заполняемые энергодиспетчером и сменными механиками разрезов. В табл. 2 приведено распределение наиболее характерных отказов стационарных ВЛ 6 кВ.

Очевидно предположить, что основная причина отказов – погодные условия и случайные повреждения средствами транспорта. Для определения

Таблица 1. Основные характеристики стационарных ВЛ угольных разрезов Кузбасса

Наименование показателя	Значение показателя		
	минимальное	среднее	максимальное
Общая протяженность ВЛ, км			
110 кВ	15	36	42
35 кВ	3	10	23
6 кВ	0,4	2,8	7,8
Число ответвлений от ВЛ, шт.			
110 кВ	2	3	4
35 кВ	1	3	5
6 кВ	1	3	7
Длина одного ответвления, км			
110 кВ	2,0	2,6	6,0
35 кВ	0,8	2,6	4,5
6 кВ	0,1	0,9	2,9
Число подстанций, РП или КТП, присоединенных к ВЛ, шт.			
110 кВ	1	2	3
35 кВ	1	2	3
6 кВ	1	3	7

Таблица 2. Распределение отказов стационарных ВЛ

Виды повреждений	Количество отказов, %, к общему числу
	ВЛ на железобетонных опорах
Разрушение изоляторов	21,9
Обрывы проводов	39,0
Падение опор	8,7
Отгорел провод	8,7
Схлестывание проводов	8,7
Падение деревьев на ВЛ	13,0

Таблица 3. Показатели надежности стационарных ВЛ разрезов 6 и 35 кВ

Напряжение, кВ	Закон распределения	Средняя наработка на отказ t_0 , ч	Интенсивность отказов $\lambda \cdot 10^4$, 1/ч
6	Вейбулла-Гнеденко	3912	2,56
35	экспоненциальный	6479	1,15

Примечание: наработка на отказ и интенсивность отказов ВЛ здесь отнесены к 1 км длины.

Таблица 4. Удельный вес отключений по длительности стационарных ВЛ 35 и 6 кВ

Напряжение стационарных ВЛ, кВ	время действия АПВ	Удельный вес отключений по длительности, %, к общему числу отключений			
		до 1 ч	1 – 2 ч	2 – 4 ч	более 4 ч
6	–	16	37	27	20
35	71	29	–	–	–

ния показателей надежности стационарных ВЛ в ОАО «КузбассЭлектро» получена статистическая информация о времени наработки на отказ с 2005 по 2007 гг. СЛЭПР напряжением 35 и 6 кВ на подстанциях четырех разрезов – «Краснобродском», «Кедровском», «Сартакинском» и «Осинниковском». Для СЛЭПР напряжением 110 кВ за 3 года зарегистрировано всего 5 отказов. В двух случаях отказы были вызваны случайными факторами (падение веток деревьев на ВЛ), один отказ вызван разрушением изолятора, и в остальных случаях осуществлялось успешное автоматическое повторное включение (АПВ) при неустановленной причине. Ни одно из этих отключений не привело к простою потребителей. Установить законы распределения времени безотказной работы стационарных ВЛ 110 кВ в связи с повреждениями не представляется возможным.

По стационарным ВЛ напряжением 35 и 6 кВ было зарегистрировано соответственно 7 и 30 отключений, вызванных разными причинами. В результате обработки статистических данных по стандартным программам для ПК было установлено, что распределение наработки на отказ СЛЭПР 6 кВ наиболее хорошо согласуется с законом Вейбулла-Гнеденко с функцией плотности распределения вида

$$f(t) = abt^{b-1} \exp(-at^b),$$

где $a = 4161,649$; $b = 1,2$.

Для выявления закона распределения ВЛ 35 кВ использовался метод малых выборок [1]. Распределение наработки на отказ ВЛ 35 кВ соответствует экспоненциальному закону с функцией плотности распределения вида

$$f(t) = \frac{1}{t_0} \exp\left(-\frac{t}{t_0}\right),$$

где $t_0 = 6479$ ч.

Статистическое и теоретическое распределения согласовывались по критерию Пирсона

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(P_i - P_i^*)^2}{P_i},$$

где k – число разрядов статистического ряда;

P_i^* , P_i – статистическая и теоретическая частоты i -го разряда.

На рис. 1 приведены гистограммы распределения наработки на отказ.

В табл. 3 приведены показатели надежности СЛЭПР 6 и 35 кВ. При этом относительная ошибка δ не превышает 11 %.

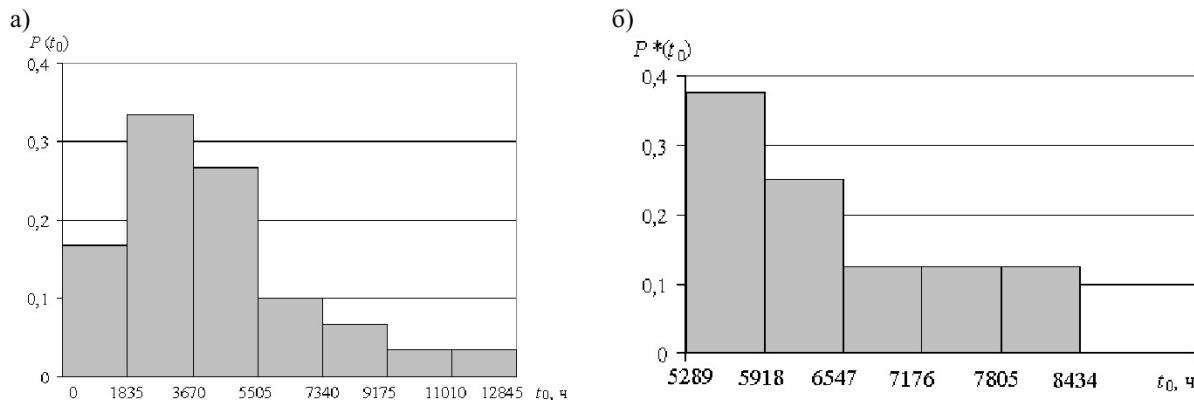


Рис. 1. Гистограммы распределения наработки на отказ стационарных ВЛ:
а) 6 кВ; б) 35 кВ

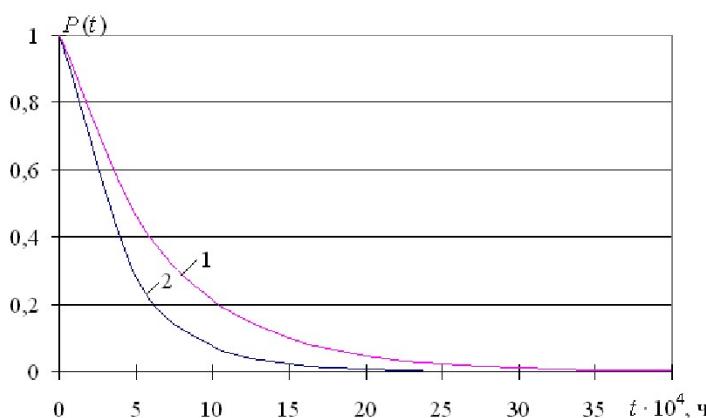


Рис. 2. Вероятность безотказной работы:
1—стационарных ВЛ 35 кВ; 2—стационарных ВЛ 6 кВ

Из полученных распределений следует, что наибольшая вероятность приходится на относительно небольшие продолжительности безотказной работы – в пределах 5289–6534 ч для ВЛ 35 кВ и 1835–5505 ч – для 6 кВ.

Длительность перерывов электроснабжения разрезов определяется характером повреждения элементов сети и возможностями эксплуатационного персонала по поиску и ликвидации повреждения. Определенный вывод о преобладании тех или иных причин отказов можно сделать из анализа времени восстановления напряжения на линии после ее отключения. Очевидно, что при разрушении изоляторов, обрыве проводов, падении опор и других отказах, приведенных в табл. 3, длительность простоев линии в отключенном состоянии не может быть менее 2 ч. Это объясняется сложившимся характером ликвидации последствий подобных отказов. Обычно много времени затрачивается на выяснение причин отключения линии, вызов бригады ремонтников, оформление наряда и допуска к работе, наложения заземления и его снятие перед началом работ и после окончания соответственно и, наконец, требуется время на восстановление отказавшего устройства. С учетом этих замечаний были проанализированы временные ряды длительности отключения стационарных ВЛ 35 и 6 кВ по статистическим данным. Эти результаты приведены в табл. 4, откуда следует, что вероятность длительных простоев стационарных ВЛ 6 кВ более чем в 30 раз выше, чем при

напряжении 35 кВ. Одним из объяснений этого может служить замена на ВЛ 35 кВ фарфоровых и стеклянных изоляторов на полимерные. При этом исчезла причина – раскол изолятора, тогда как в ВЛ 6 кВ на долю простоев по этой причине приходится почти 22 %.

С помощью данных табл. 4 можно ориентировочно оценить среднюю наработку на одно повреждение, требующее проведения восстановительных работ. Расчеты показали, что в стационарных ВЛ 35 кВ одно повреждение может возникнуть через 13140 ч, а в сетях 6 кВ через 4380 ч. Такие события можно считать редкими, вероятность появления которых может быть определена по формуле Пуассона

$$P(\tau) = \frac{a^\tau}{\tau!} e^{-a}, \quad (1)$$

где $P(\tau)$ – вероятность появления числа отказов в заданном интервале времени τ , а – среднее число отказов, приходящееся на интервал времени τ

Из (1) можно получить вероятность того, что ни одно повреждение не произойдет, то есть вероятность безотказной работы будет

$$P_0(0) = P(0) = \exp(-t/T_{cp}) = \exp(-\lambda t).$$

На рис. 2 приведены кривые вероятности безотказной работы стационарных ВЛ 35 и 6 кВ, построенные с учетом приведенных выше результатов исследований.

Таким образом, на основе выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

- основная часть отключений стационарных ВЛ 35 вызвана повреждениями, не требующими восстановительных работ. Напряжение на линиях восстанавливается после отключения неисправных потребителей или за счет действия АПВ;

- время безотказной работы между повреждениями, требующими проведения восстановительных работ, имеет экспоненциальное и Вейбулла-Гнеденко распределения, а собственно события могут рассматриваться как редкие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. – М.: Мир, 1980. – 604 с.

□ Авторы статьи:

<p>Захарова Алла Геннадьевна –докт. техн. наук, проф. каф. электропривода и автоматизации КузГТУ. e-mail: zaharova@gmail.com</p>	<p>Шаулема Надежда Михайловна старший преп. каф. электропривода и автоматизации КузГТУ. e-mail: ANAA5283@mail.ru</p>
--	--