

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4**  
**Порядок расчета показателей**  
**вероятности безотказной работы**  
**кабельной линии.**

## 1.1. Анализ и характеристика получаемых при измерениях данных.

Полученные в результате измерений данные обрабатываются с помощью программного обеспечения Baur Software. Обработка данных производится согласно инструкций, предоставленных предприятием изготовителем приборного комплекса.

При проведении измерений с помощью приборного комплекса получают следующие данные:

Значение тангенса дельта (Tan-Delta), на каждой токопроводящей жиле на трех испытательных напряжениях:  $1U_0$ ;  $1,5U_0$ ;  $2U_0$ .

Значение уровня частичных разрядов в каждой токопроводящей жиле.

Тангенс дельта является важной характеристикой изоляции кабелей высокого напряжения. Диагностика с использованием измерения тангенса угла потерь предоставляет информацию относительно характеристик старения кабелей как с СПЭ так и с бумажно-пропитанной изоляцией. Можно различать новые, слегка и сильно поврежденные кабели.

Измерение тангенса угла диэлектрических потерь позволяет:

- выявить наиболее проблемные кабели, требующие повышенного внимания;
- разработать оптимальную стратегию модернизации кабельного хозяйства системных предприятий

## 1.2. Порядок расчета показателей вероятности безотказной работы кабельной линии.

1. Результаты измерений для анализа и оценки результатов представляются в форме, представленной в табл. 8.3.

Таблица 8.3. Результаты измерений

№ П/П	Фидер	Марка	Год прокладки	Длина, м	Ном, кВ	нагрузка, кВА	Тангенс			ЧР		
							Фаза	6, кВ	9, кВ	12, кВ	Расстояние, м	Уровень ЧР, pC
1	фидер 202-22	ААШВ 3х95	2004	45	10	351	L1	342,833	328,93	313,64	10	500
							L2	274,532	287,64	292,44	10	500
							L3	400,54	377,32	370,66	10	500

2. Используя значения измерений, внесенных в табл.8.3, рассчитываем значения  $m_z$  – оценку математического ожидания тангенса угла диэлектрических потерь и оценку математического ожидания уровня частичных разрядов для исследуемого кабеля по формуле:

$$m_z = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n z_j$$

где  $z_j$  – результаты измерений тангенса угла диэлектрических потерь и уровней частичных разрядов данного кабеля,  $n$  – количество измерений из табл.8.3.

3. Сравниваем полученные значения с оценками математических ожиданий для генеральной совокупности (данные получены при обработке статистических материалов в НИР).

$$m^*_{my} = 130,5; m^*_{чр} = 825,6;$$

Если значения не превышает значение  $m^*$ , вероятность безотказной работы данного кабеля  $P=1$ .

Когда значение превышает значение  $m^*$ , производим расчет значения показателя надежности (функции  $P_{п}$ ) согласно формуле:

$$P_{п} = \Phi\left(\frac{R_{в} - m_z}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{R_{н} - m_z}{\sigma}\right)$$

Значения реализации несмещенной оценки  $\sigma$ , а также верхнего и нижнего пределов по величине частичного разряда и тангенсу угла дельта были рассчитаны (данные получены при обработке статистических материалов в НИР).

$$\sigma_{my} = 104; \sigma_{чр} = 672,787$$

4. Для расчета  $R_{п}$  необходимо пользоваться таблицей значений функции Лапласа (приложение 1) . В случаях, когда  $\Phi (x > 5)$ .
5. В случаях, когда разница между вероятностными характеристиками по тангенсу угла диэлектрических потерь и по величине частичных разрядов практически противоположны, необходимо проверить правильность полученных экспериментальных данных, путем проведения повторного эксперимента.
6. Полученные вероятностные характеристики необходимо занести в форму содержащуюся в табл. 8.4.

**Таблица 8.4. Форма для хранения экспериментальных данных по кабельным линиям**

**ААШВ 3\*95 10 кВ.**

№ П/П	Дата проведения	Фидер	Марка	Год прокладки	Длина, м	Но м, кВ	нагрузка, кВА	Тангенс				ЧР		Значение $R_{г\gamma}$	Значение $R_{чр}$
								Фаза	3,5, кВ	5,2, кВ	7, кВ	Расстояние, м	Уровень ЧР, рС		
1	02.10.2010	фидер 202-22	ААШВ 3х95	2004	45	10	351	L1	342,833	328,93	313,64	10	500	0,86	1
								L2	274,532	287,64	292,44	10	500		
								L3	400,54	377,32	370,66	10	500		
2	03.11.2011	фидер 202-22	ААШВ 3х95	2004	45	10	351	L1	350,1	330,2	294,5	10	830	0,79	0,49
								L2	256,5	401,3	389,2	10	800		
								L3	405,1	421,1	410,5	10	900		
3	04.10.2012	фидер 202-22	ААШВ 3х95	2004	45	10	351	L1	569,1	600,7	571,6	10	1000	0,1	0,1
												25	2500		
								L2	620,2	547,2	630,2	10	1500		
								L1	558,3	623,1	598,9	10	1500		
												24	3600		
												35	4000		

### 1.3. Анализ полученных данных.

Для систематизации данных предлагается вести базу по проведенным измерениям кабельных линий. Наиболее удобным и общедоступным инструментом для аккумуляции данных является программа из пакета MicrosoftOfficeExcel.

В табл. 8.4 предлагается форма для хранения массива экспериментальных данных по кабельным линиям, на которых были проведены экспериментальные исследования. Порядок расчета значений  $P_{ту}$  и  $P_{чр}$  описан в пункте 1.2.

Для отслеживания динамики состояния кабельной линии с помощью стандартных инструментов присутствующих в программе MicrosoftOfficeExcel предлагается строить графические зависимости вероятностных единиц во времени. Для приведенного выше примера получим зависимость изображенную на рис. 8.1.

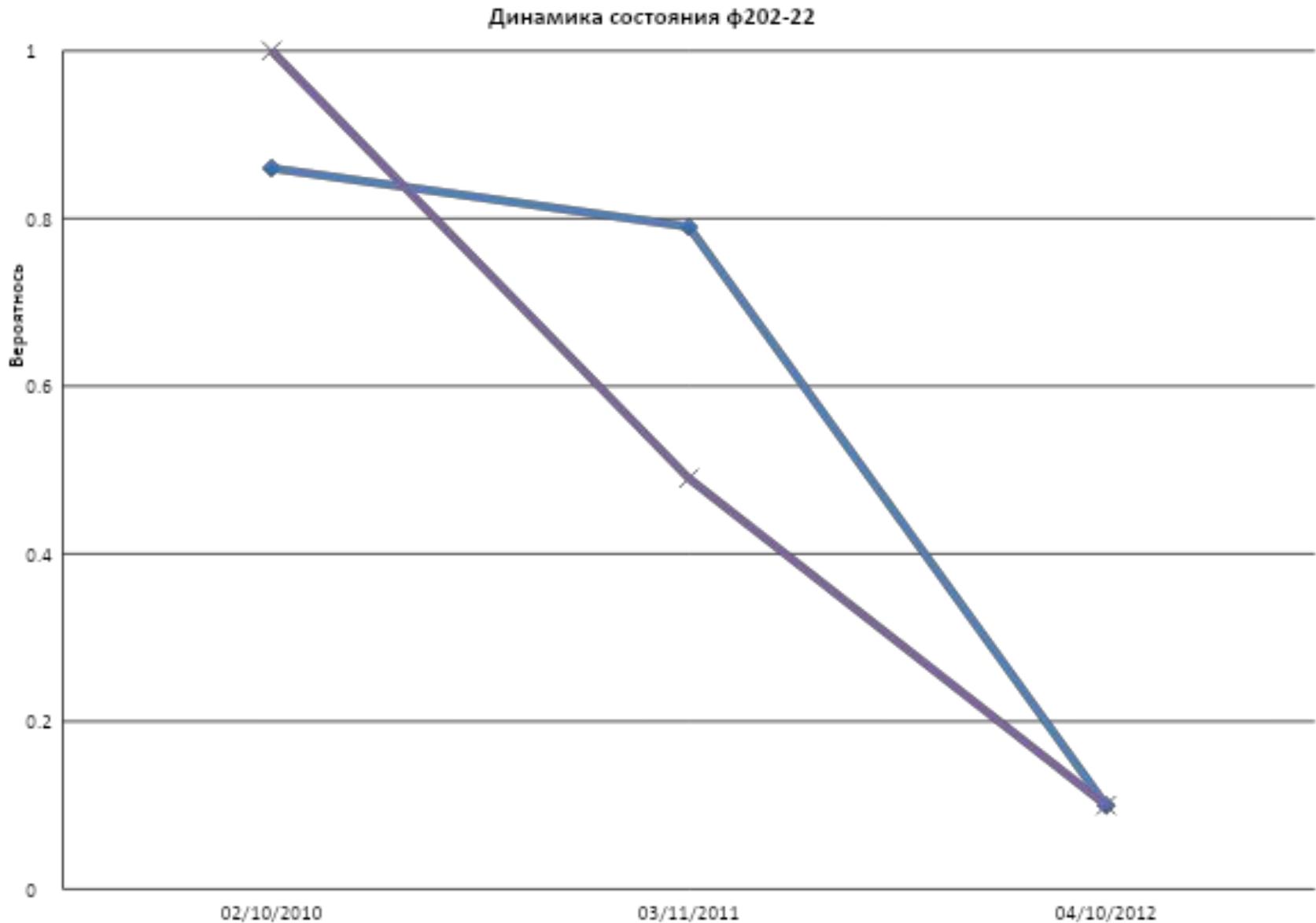


Рис.8.1. Динамика технического состояния кабельной линии ф 202-22 с 2.10.2010 по 4.10.2012.

## 1.4. Прогнозирование срока эксплуатации испытываемого объекта.

Об остаточном ресурсе кабеля можно судить, рассматривая вероятность безотказной работы кабельной линии. Привяжем остаточный ресурс к вероятности безотказной работы кабельной линии по величине частичного разряда. Значения остаточного ресурса кабельной линии с бумажно-масляной изоляцией приведены в табл. 9.1.

**Таблица 9.1.** Значения остаточного ресурса кабельной линии с бумажно -

$m_z$	$P_{чр}$	Рекомендации
0-825	$\approx 0,75 - 1$	Проверку технического состояния данной линии необходимо провести через 5 лет.
825-2000	$\approx 0,75 - 0,25$	Проверку технического состояния данной линии необходимо провести через 3 года.
2000-7000	$\approx 0,25 - 0$	Проверку технического состояния данной линии необходимо провести через 1 год.
$\geq 7000$		Подлежит замене

## 1.5. Порядок оценки экспериментальных данных при значительных разностях показателей частичного разряда по различным фазам кабельной линии.

*В случае разности измеренных значений величина частичных разрядов кабеля более чем в три раза, оценку технического состояния необходимо производить пофазно.*

Пример использования модели надежности ЭПО для оценки показателя надежности кабеля с бумажно-масляной изоляцией ААШВ3х120 6 кВ. Значения тангенса угла диэлектрических потерь и величины частичных разрядов приведены в табл.п.2-1.

**Таблица п.2-1.** Сводная таблица данных бумага 6кВ

№ П/П	Фидер	Марка	Год прокладки	Длина, м	Ном, кВ	нагрузка, кВА	Тангенс			ЧР		
							Фаза	3,5, кВ	5,2, кВ	7, кВ	Расстояние, м	Уровень ЧР, pC
20	фидер 66-12	ААШВ 3х120	2008	45	6	103, дв800+1600	L1	24,321	25,422	28,15	10,6	700
							L2	13,948	15,478	18,82	12,7	>10500
							L3	22,241	24,224	27,953	18,7	>10500

Оценка вероятности безотказной работы кабеля ААШВ 3х120 6 кВ по величине тангенса угла диэлектрических потерь.

Рассчитываем:

$$m_z = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n z_j$$

$$m_z = 22$$

$$\sigma = 104; 5 \begin{array}{|c|} \hline \square \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \square \\ \hline \end{array}$$

$$5 \begin{array}{|c|} \hline \square \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \square \\ \hline \end{array}$$

Так как значение  $m_z = 22 < m_{z_{my}}^* = 130,5$  показатель надежности будет  $P_{my} = 1$ , а вероятность условно безотказной работы кабельной линии  $P_{my} = 1$

Оценка вероятности безотказной работы кабеля ААШВ 3х120 6 кВ по величине частичных разрядов.

$$m_{z\phi 1} = 700; m_{z\phi 2} = 10500; m_{z\phi 3} = 10500; \sigma = 673; R_{н my} = 0; R_{в my} = 1497.$$

Так как значение  $m_{z\phi 1} = 700 < m_{z\phi 1}^* = 825,6$  показатель надежности будет равен  $P_{чр} = 1$ , а вероятность условно безотказной работы кабельной линии  $P_{чр\phi 1} = 1$ .

Так как значение  $m_{z\phi^2} = 10500 > m_{z\phi^*} = 825,6$  показатель надежности будет меньше 1 ( $P_{чр} < 1$ ) и его значение необходимо рассчитывать.

$$P_{чр\phi^2} = \Phi((1497-10500)/673) - \Phi((0-10500)/673) = \Phi(-13,37) + \Phi(15,6) = -0,5 + 0,5 = 0.$$

В случае, когда  $\Phi(x > 5) = 0,5$   $P_{чр\phi^2} = 0$

Так как значение  $m_{z\phi^3} = 10500 > m_{z\phi^*} = 825,6$  показатель надежности будет меньше 1 ( $P_{чр} < 1$ ) и его значение необходимо рассчитывать.

$$P_{чр\phi^3} = \Phi((1497-10500)/673) - \Phi((0-10500)/673) = \Phi(-13,37) + \Phi(15,6) = -0,5 + 0,5 = 0.$$

$$P_{чр\phi^3} = 0$$

Вероятность безотказной работы кабеля ААШВ3х120 6 кВ по результатам испытаний оценивается по тангенсу угла диэлектрических потерь равной 1, а по величине частичных разрядов 0.

*В данном случае необходимо повторить измерения в связи с*

## **Лабораторная работа №4.**

**Цель работы:** Изучить порядок оценки технического состояния кабельных линий методами диэлектрических потерь и частичных разрядов.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить методику оценки экспериментальных данных.
2. Составить таблицу для данных содержащихся в:  
«Сводная таблица данных ААШВ 3\*120 6кВ».
3. Построить график (см. рис. 8.1.)
4. В форме графика (пример рис. 8.1) провести анализ состояния кабельной линии по годам эксплуатации. Данные для расчета необходимо брать из таблицы:  
«Сводная таблица данных ААШВ 3\*120 6кВ».
5. Полученные результаты представить в виде письменного отчета в конце учебного занятия.

## Сводная таблица данных ААШВ 3\*120 6кВ.

№ П/П	Фидер	Марка	Год прокладки	Длина, м	Ном, кВ	нагрузка, кВА	Тангенс			ЧР		
							Фаза	3,5, кВ	5,2, кВ	7, кВ	Расстояние, м	Уровень ЧР, рС
1	фидер 36-17	ААШВ 3х120	2007	70	6	2864	L1	200,41	186,52	173,36	40,7	500
							L2	188,557	175,53	163,41	72,8	3300
							L3	199,106	185,16	172,14	41,5	1200
											72,9	2350
											41,1	1100
											73,2	3200
2	фидер 41-10	ААШВ 3х120	2008	60	6	954	L1	400,008	411,49	451,52	50,7	120
							L2	719,134	733,4	724,58	50,7	120
							L3	755,254	781,15	856,85	50,7	120
3	фидер 66-12	ААШВ 3х120	2008	45	6	103, дв800+ 1600	L1	24,321	25,422	28,15	10,6	700
							L2	13,948	15,478	18,82	12,7	>10500
							L3	22,241	24,224	27,953	18,7	>10500
4	фидер 123-10	ААШВ 3х120	2009	40	6		L1	64,21	53,56	55,17	37,2	180
							L2	87,409	72,001	64,448	37,9	180
							L3	71,728	59,731	58,131	37,2	180
5	фидер 158-07	ААШВ 3х120	2003	80	6		L1	61,426	59,781	58,313	86,7	38
											101,5	55
							L2	66,111	64,914	63,78	80,7	20
											101,3	55
							L3	56,953	55,291	53,935	101,2	57
6	фидер 158-16	ААШВ 3х120	2003	80	6		L1	243,305	237,392	226,366	60	170
							L2	243,944	235,198	223,036	57,5	170
							L3	252,737	241,291	227,939	58,3	170