

Практическое занятие 2.1. Расчет надежности систем без учета процесса восстановления

1. Основные теоретические сведения

Для расчета надежности системы, включающей в себя несколько элементов, необходимо составить структурную схему надежности. Структурная схема надежности – условная схема, которая показывает связи между элементами и учитывает влияние отказов отдельных элементов на работоспособность всей системы.

Различают два основных способа соединения элементов в систему в структурной схеме надежности – последовательное и параллельное.

Соединение элементов называется последовательным (рисунок 1), если отказ хотя бы одного элемента приводит к отказу всей системы.



Рисунок 1 – Структурная схема надежности при последовательном соединении элементов

Вероятность безотказной работы системы с последовательным соединением элементов равна:

$$P(t) = \prod_{i=1}^N P_i(t), \quad (1)$$

где N – число элементов в системе; $P_i(t)$ – вероятность безотказной работы i -го элемента.

Сущность самого расчета состоит в определении вероятности безотказной работы всей системы $P_c(t)$ по известным значениям вероятностей безотказной работы отдельных элементов $P_i(t)$.

Соединение элементов называется параллельным (рисунок 2), если отказ в системе наступает только после отказа всех элементов.

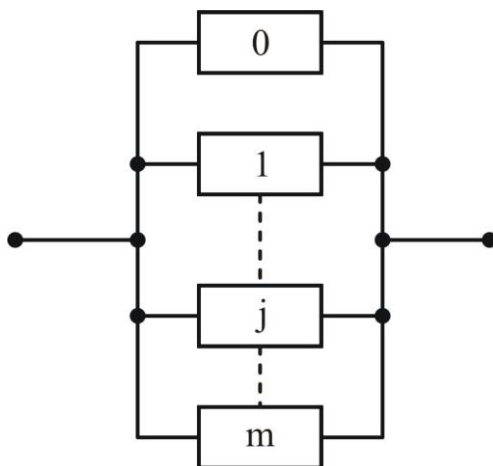


Рисунок 2 – Структурная схема надежности при параллельном соединении элементов

Вероятность отказа для системы с параллельным соединением элементов:

$$Q(t) = \prod_{j=0}^M Q_j(t), \quad (2)$$

где M – число элементов в системе; $Q_j(t)$ – вероятность отказа j -го элемента.

Сущность самого расчета состоит в определении вероятности безотказной работы всей системы $P_c(t)$ по известным значениям вероятностей безотказной работы отдельных элементов $P_i(t)$.

Расчеты структурной надежности схем со смешанным соединением элементов производятся с использованием выражение (1) и (2). При расчете схема последовательно эквивалентруется аналогично тому, как это делается в расчете сопротивлений при смешанном соединении.

Интенсивность отказов связана однозначной зависимостью с вероятностью безотказной работы (*основной закон надежности*):

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} . \quad (3)$$

Как показывает опыт эксплуатации, интенсивность отказов $\lambda(t)$ электрооборудования является достаточно сложной функцией во времени. В общем виде ее можно представить в виде графика (рисунок 3).

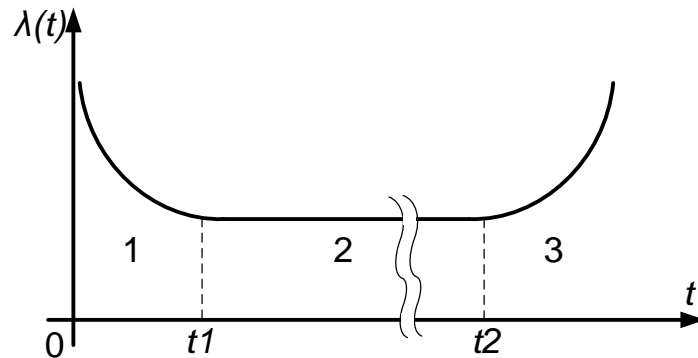


Рисунок 3 – Общий вид зависимости интенсивности отказов от времени

График зависимости интенсивности отказов от времени можно условно разбить на три интервала. Интервал «1» – от 0 (ввод в эксплуатацию) до момента времени t_1 соответствует периоду приработки оборудования и характеризуется повышенной интенсивностью отказов (низкой надежностью). Интервал «2» – от момента времени t_1 до момента времени t_2 соответствует периоду интенсивной эксплуатации и характеризуется практически установившимся достаточно низким значением интенсивности отказов, $\lambda(t) \approx const$ (надежность максимальна). Интервал «3» – от момента времени t_2 и далее соответствует периоду ускоренного износа (надежность резко снижается).

Для практических расчетов основной интерес представляет период интенсивной эксплуатации (как наиболее длительный из всех). В этом случае (при $\lambda(t) \approx const$) основной закон надежности преобразуется в экспоненциальный закон:

$$P(t) = e^{-\lambda t} , \quad (4)$$

что существенно облегчает расчеты.

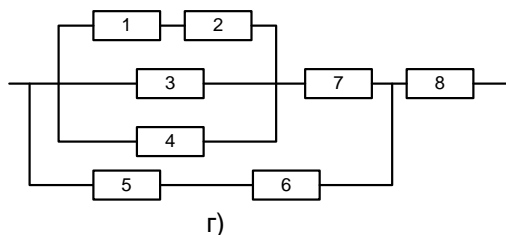
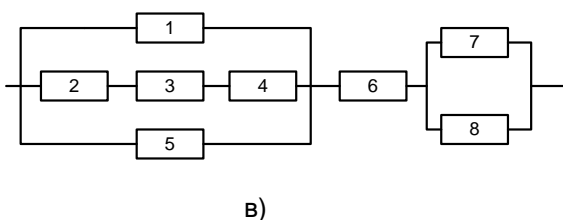
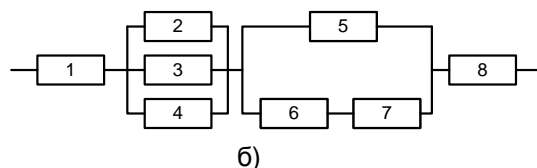
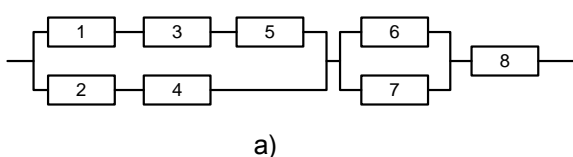
Через вероятность безотказной работы наработка до отказа вычисляется следующим образом:

$$T_1 = \int_0^{\infty} P(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}. \quad (5)$$

2. Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Система состоит из 8 элементов. На заданном интервале времени вероятности безотказной работы каждого из элементов равны $P_i(t)$. Определить вероятность безотказной работы системы.

Исходные данные:



Варианты структурных схем надежности

(по первой цифре варианта а – 0; б – 1; в – 2; г – 3).

Исходные данные (по второй цифре варианта)

Вариант	Вероятность безотказной работы элементов							
	$P_1(t)$	$P_2(t)$	$P_3(t)$	$P_4(t)$	$P_5(t)$	$P_6(t)$	$P_7(t)$	$P_8(t)$
0	0,5	0,4	0,95	0,6	0,9	0,65	0,75	0,55
1	0,7	0,45	0,9	0,95	0,6	0,75	0,55	0,65
2	0,8	0,5	0,4	0,45	0,75	0,55	0,9	0,95
3	0,7	0,8	0,75	0,55	0,45	0,5	0,6	0,9
4	0,55	0,7	0,5	0,75	0,9	0,45	0,4	0,8
5	0,75	0,55	0,8	0,4	0,7	0,7	0,45	0,5
6	0,9	0,75	0,7	0,5	0,55	0,4	0,8	0,45

7	0,95	0,9	0,45	0,8	0,4	0,6	0,5	0,4
8	0,6	0,95	0,55	0,7	0,5	0,8	0,7	0,75
9	0,65	0,6	0,7	0,9	0,8	0,4	0,95	0,7

Задача 2. Определить вероятность безотказной работы в течение 2 лет и наработку до отказа системы состоящей из линии 10 кВ длиной L_{10} , трансформатора, распределительного устройства 0,4 кВ и линии 0,4 кВ длиной $L_{0,4}$. при расчете использовать экспоненциальный закон надежности.

Исходные данные:

Расчетные значения показателей надежности основных элементов СЭС

Элемент	Условное обозначение на схемах	Интенсивность отказов, λ , год ⁻¹	Среднее время восстановления, T_B , ч	Интенсивность преднамеренных отключений, ν , год ⁻¹	Среднее время обслуживания, T_O , ч
ВЛ 6, 10 кВ одноцепная, на 1 км длины	Л	0,25	6	0,25	5,8
ВЛ 0,4 кВ, на 1 км длины	Л	0,2	4	0,3	5
Трансформатор с ВН 6, 10 кВ	Т	0,035	8	0,3	8
Сборка НН – 0,4 кВ ТП	С 0,4	0,007	4	0,2	5

Исходные данные к задаче 2 (по первой цифре варианта)

Длина линии 10 кВ	Вариант			
	0	1	2	3
L_{10} , км	1,5	2	2,5	3

Исходные данные к задаче 2 (по второй цифре варианта)

Длина линии 0,4 кВ	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$L_{0,4}$, м	500	400	300	200	250	350	450	550	600	650