



Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

НАДЕЖНОСТЬ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль подготовки Электрооборудование и энергохозяйство горных и
промышленных предприятий
Уровень высшего образования бакалавриат
(бакалавриат, специалитет, магистратура)

Автор - разработчик: Засыпкина С. А., канд. техн. наук, доцент
Рассмотрено на заседании кафедры энергетики
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Контрольная работа является составной частью самостоятельной работы. Выполнение контрольных работ имеет целью закрепление полученных на лекциях теоретических знаний и практического опыта, приобретенного на практических занятиях, путем самостоятельной работы.

Контрольная работа часть 1: задание - «Определение количественных характеристик надежности аппаратов»;

Контрольная работа часть 2: задание – «Определение структурной надежности электроустановки».

Общая часть

Контрольная работа заключается в составлении на компьютере документа с использованием программы Excel и Word. Выполнение первой части контрольной работы заключается в определении количественных характеристик надежности аппаратов. Во второй части необходимо определить структурную надежность электроустановки. Сформированный документ должен отвечать всем требованиям по выполнению контрольной работы. В Приложении 1 можно ознакомиться с примером титульного листа.

1 Методические указания к заданию

Надежность является одним из важнейших показателей качества электрических машин и аппаратов (ЭМ и А), характеризующих их с технико-экономической точки зрения.

Обеспечению надежности ЭМ и А предшествует обычно разработка методов и средств определения их надежности, включая выбор математического аппарата теории надежности, разработка методов и средств испытаний и расчетов надежности, создание соответствующей аппаратуры, испытательных камер, стендов и т.д.

Задачей студентов является разобраться с программными вопросами с использованием рекомендованной литературы и получить навыки практических расчетов ЭМ и А и их узлов на надежность.

Решение задач необходимо сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями. Графические пояснения, показывающие количественные изменения какого-либо параметра, выполнять по правилам построения диаграмм с соблюдением масштабов.

Номер варианта задания назначается преподавателем.

Варианты задания приведены в табл. 1

Таблица 1 – Варианты домашнего задания № 1

Вариант	Задание	Вариант	Задание	Вариант	Задание
1	В5	9	В3	17	В6
2	В3	10	В9	18	В8
3	В2	11	В9	19	В11
4	В1	12	В11	20	В6
5	В1	13	В7	21	В8
6	В5	14	В2	22	В10
7	В4	15	В10	23	В11
8	В7	16	В4	24	В7

2 Задачи к заданию

Задача №1. На испытании находилось N_0 образцов неремонтируемых электрических аппаратов. Число отказов n (Δt_i) фиксировалось через каждые 100 час. ($\Delta t_i=100$ час.). Данные о количестве образцов и об отказах приведены в таблице 2 и таблице 3 соответственно. Необходимо определить количественные характеристики надежности аппаратов $P(t)$, $a(t)$, $\lambda(t)$, T_{cp} и построить зависимость характеристик от времени. Испытания проводились в течение 3000 часов ($t=3000$ час.). По расчетным данным установить время нормальной эксплуатации аппаратов.

Таблица 2 – Данные о количестве образцов

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
№, шт.	1400	1300	1200	1100	1000	900	800	700	600	500	450	1500	1600

Таблица 3 – Данные об отказах - n (Δt_i)

Интервал времени, (Δt_i), часы	Вариант												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0-100	75	71	65	58	51	47	42	37	32	26	24	90	105
100-200	60	56	51	46	39	35	32	28	24	21	19	75	90
200-300	47	43	40	36	31	27	24	21	18	16	14	62	77
300-400	38	36	34	31	26	22	19	17	15	13	12	53	69
400-500	31	29	27	25	19	17	16	14	13	11	10	46	62
500-600	26	24	22	20	16	15	13	12	11	9	8	41	55
600-700	24	22	20	18	16	14	12	11	9	8	7	36	49
700-800	24	22	20	18	16	14	12	11	9	8	7	31	43
800-900	23	21	19	17	15	13	12	11	9	8	7	32	42
900-1000	23	21	19	17	14	12	11	9	8	7	6	31	42
1000-1100	24	22	20	18	16	14	12	11	9	8	7	32	43
1100-1200	23	21	19	17	15	13	12	11	8	7	6	31	41

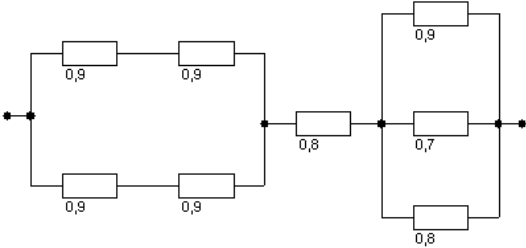
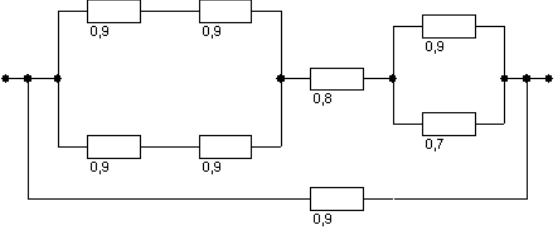
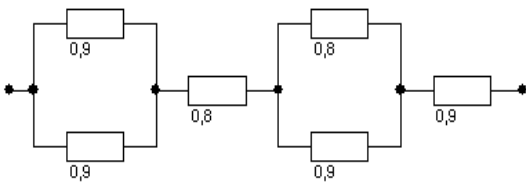
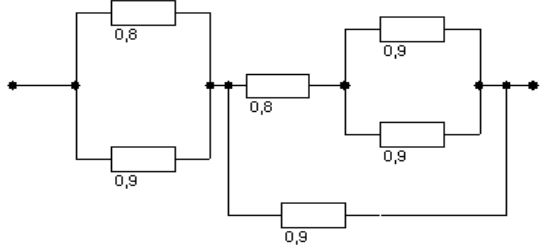
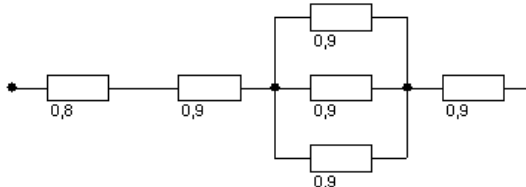
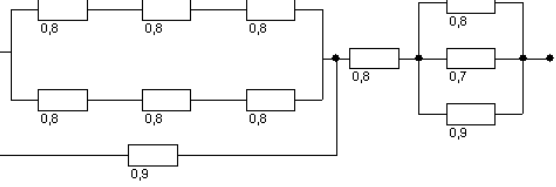
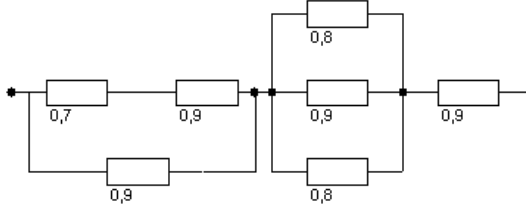
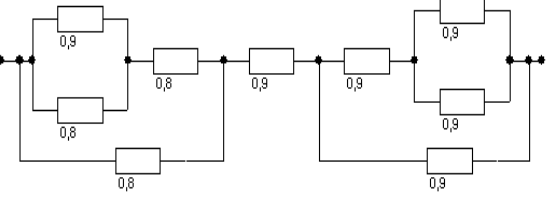
Продолжение таблицы 3

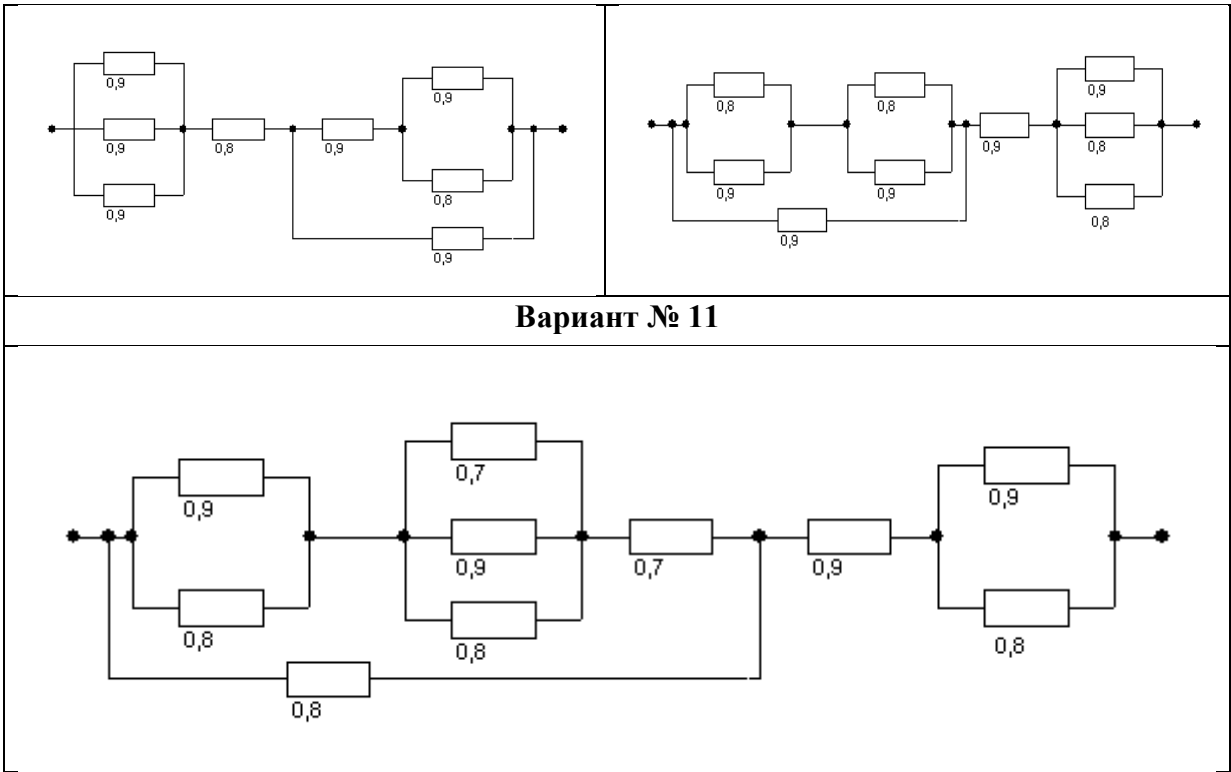
1200-1300	22	20	18	16	14	12	11	10	8	7	6	31	42
1300-1400	22	20	18	16	13	11	10	8	7	6	5	32	42
1400-1500	23	21	19	17	14	12	11	10	8	7	6	32	43
1500-1600	22	20	18	16	13	11	10	8	7	6	5	31	42
1600-1700	22	20	18	16	13	11	10	8	7	6	5	30	41
1700-1800	23	21	19	17	13	11	10	8	7	6	5	30	42
1800-1900	23	21	19	17	14	12	11	10	8	7	6	31	41
1900-2000	21	19	17	15	12	11	10	9	7	6	5	30	41
2000-2100	21	19	17	15	12	11	10	9	7	6	5	31	42
2100-2200	22	20	18	16	13	11	10	9	8	7	6	31	41
2200-2300	22	20	18	16	13	11	10	9	8	6	5	32	42
2300-2400	23	21	19	17	14	12	11	10	8	7	6	33	43
2400-2500	23	21	19	17	14	12	11	10	8	7	6	33	44
2500-2600	25	23	21	19	16	14	12	11	9	8	7	34	45
2600-2700	31	29	26	23	21	19	17	15	13	11	10	37	46
2700-2800	36	34	31	29	26	24	21	18	16	14	12	42	52
2800-2900	42	40	38	35	30	28	26	22	19	17	15	48	59
2900-3000	51	49	47	44	41	39	37	35	27	23	20	59	71

Задача №2. Дана с точки зрения надежности структурная схема электроустановки, содержащая в виде блоков электродвигатели, трансформаторы, пускорегулирующую аппаратуру и др. Известны вероятности безотказной работы входящих в нее элементов (указаны на схеме). Требуется найти вероятность безотказной работы всей

электроустановки в целом. Варианты структурных схем приведены в табл.4. В случае неудовлетворительной (низкой) результирующей вероятности безотказной работы требуется внести дополнения (изменения) в структурную схему электроустановки и расчеты повторить, сохранив предшествующий результат. Принимаемое решение следует обосновать. По полученным результатам сделать выводы.

Таблица 4 – Структурные схемы электроустановок

<p style="text-align: center;">Вариант № 1</p> 	<p style="text-align: center;">Вариант № 6</p> 
<p style="text-align: center;">Вариант № 2</p> 	<p style="text-align: center;">Вариант № 7</p> 
<p style="text-align: center;">Вариант № 3</p> 	<p style="text-align: center;">Вариант № 8</p> 
<p style="text-align: center;">Вариант № 4</p> 	<p style="text-align: center;">Вариант № 9</p> 
<p style="text-align: center;">Вариант № 5</p>	<p style="text-align: center;">Вариант № 10</p>



Вариант № 11

Методические указания к решению задачи №1

Так как испытуемые электрические аппараты относятся к классу неремонтируемых изделий, то критериями надежности будут $P(t)$, $a=f(t)$, $\lambda=f(t)$, T_{cp} . Вероятность безотказной работы $p(t)$ можно вычислять по формуле:

$$\bar{P}(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad (\text{ПА.1})$$

где N_0 – число изделий в начале испытания;
 $n(t)$ – число отказавших изделий за время t или $\sum \Delta t$.

Частота отказов $\bar{a}(t)$ согласно определению определяется по формуле:

$$\bar{a}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \cdot \Delta t}, \quad (\text{ПА.2})$$

где $n(\Delta t)$ – число отказавших изделий в интервале времени от $t - \Delta t/2$ до $t + \Delta t/2$

Интенсивность отказов $\bar{\lambda}(t)$ согласно определению определяется по формуле:

$$\bar{\lambda}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp} \cdot \Delta t}, \quad (\text{ПА.3})$$

где $N_{cp} = (N_i + N_{i+1})/2$ - среднее число изделий, исправно работающих в интервале времени Δt ;

N_i - число изделий, исправно работающих в начале интервала времени Δt ;

N_{i+1} - число изделий, исправно работающих в конце интервала времени Δt .

Результаты расчетов $\bar{P}(t), \bar{a}(t), \lambda(t)$ целесообразно сводить в таблицу.

Средняя наработка до первого отказа может определяться по формуле:

$$T_{cp} \approx \left(\sum_{i=1}^m n_i \cdot t_{cp.i} \right) / N_0^*, \quad (\text{ПА.4})$$

В выражении (ПА. 4) $t_{cp.i}$ и m находятся по следующим формулам:

$$t_{cp.i} = (t_{i-1} + t_i) / 2; \quad (\text{ПА.5})$$

$$m = t_k / \Delta t, \quad (\text{ПА.6})$$

где t_{i-1} - время начала i - го интервала;

t_i - время конца i - го интервала;

t_k - время, в течение которого вышли из строя все элементы;

$\Delta t = t_{i-1} - t_i$ - интервал времени;

N_0^* - число отказавших изделий за время испытаний

Зависимость $\bar{a}(t)$ и $\bar{\lambda}(t)$ целесообразно строить в одной координатной системе.

Методические рекомендации к решению задачи №2

Структурной надежностью системы называется результирующая надежность при заданной структуре и известных значениях надежности всех входящих в нее блоков или элементов.

Расчет надежности при последовательном (основном) соединении элементов.

Когда отказ технического изделия наступает при отказе одного из его узлов, то такое изделие имеет последовательное соединение элементов. Например, электрическая машина практически всегда представляется в виде последовательного соединения узлов.

Если надежность отдельных узлов (элементов) P_1, P_2, \dots, P_n не зависит друг от друга, то надежность системы, состоящей из N узлов, определяется по формуле:

$$P_c = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \dots P_n = \prod_{i=1}^N P_i \quad (\text{ПБ. 1})$$

Расчет надежности при параллельном соединении элементов (резервирование).

Для повышения надежности часто используется резервирование или дублирование. Например, применяется параллельная работа трансформаторов и синхронных генераторов в энергосистемах, в электронных системах часто используется параллельное включение диодов и т.д. Если в структурной схеме имеется M параллельных ветвей, то результирующая для них вероятность безотказной работы определяется по формуле:

$$P_c = 1 - \prod_{j=1}^M (1 - P_j) \quad (\text{ПБ. 2})$$

Расчет надежности при параллельно - последовательном (смешанном) соединении элементов.

Методику расчета надежности рассмотрим на двух наиболее характерных случаях параллельно-последовательных соединений.

В первом случае (его называют общим резервированием с постоянно включенным резервом и целой кратностью) система состоит из M параллельных цепочек по N блоков в каждой (см. рис. ПБ. 1).

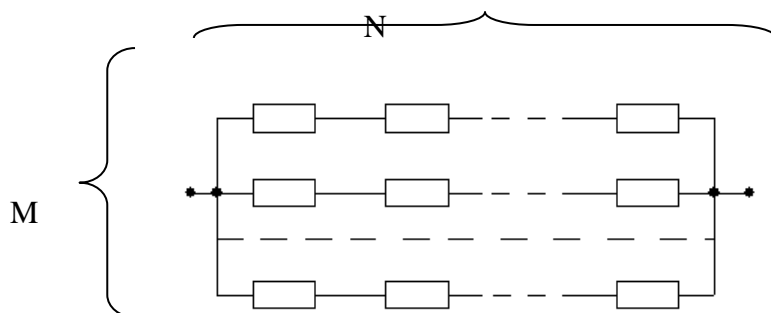


Рисунок ПБ. 1 – Последовательно-параллельное соединение блоков.

Результирующая вероятность безотказной работы всей системы определяется по формуле:

$$P_c = 1 - (1 - \rho_i^N)^M \quad (\text{ПБ.3})$$

Во втором случае (его также называют отдельным резервированием с постоянно включенным резервом и целой кратностью) система состоит из последовательно соединенных N групп, состоящих из M параллельно включенных блоков (см. рис. ПБ. 2)

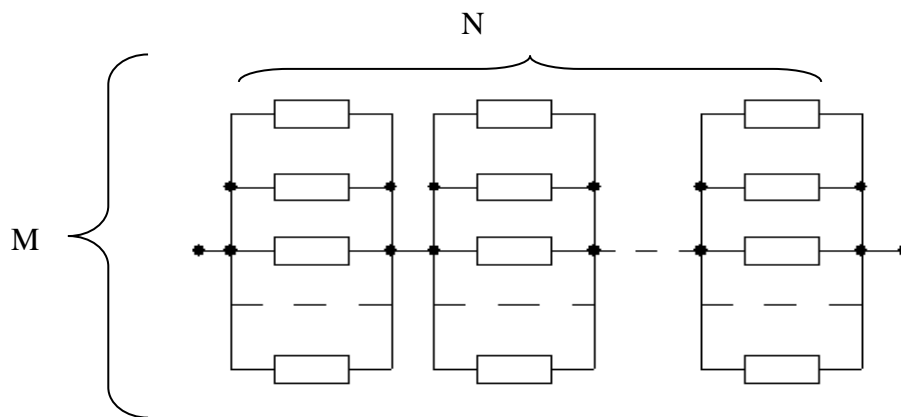


Рисунок ПБ. 2 – Параллельно – последовательное соединение блоков

Результирующая вероятность безотказной работы всей системы определяется по формуле:

$$P_c = \prod_{i=1}^N \left[1 - \prod_{j=1}^M (1 - P_j) \right], \quad (\text{ПБ.4})$$

Пример. Дана структурная схема блока пускорегулирующей аппаратуры (см. рис. ПБ. 3) с известными вероятностями безотказной работы входящих в нее элементов,

указанными на рисунке. Требуется найти вероятность безотказной работы всей системы в целом.

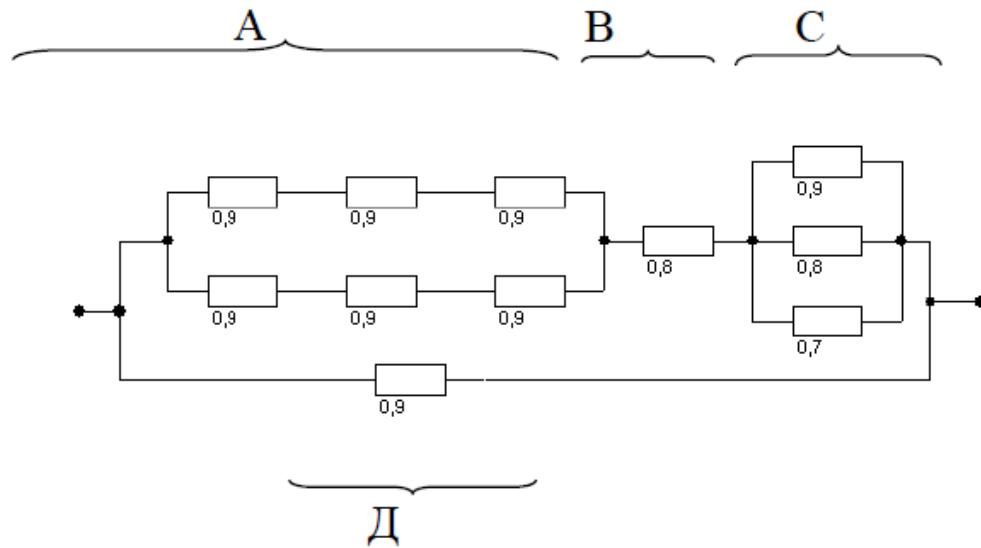


Рисунок ПБ. 3 – Структурная схема

Решение. Представленная система состоит из двух (цепи ABC и Д) параллельных цепей различной надежности. Разберем цепочку ABC, которая состоит из трех блоков. На основании формулы (ПБ.3) определим надежность блока А:

$$P_A = 1 - (1 - 0,9^3)^2 \approx 0,93$$

Блок В нерезервируемый и имеет надежность $P_B=0,8$.

Надежность работы блока С определяется по формуле (ПБ.2):

$$P_C = 1 - (1 - 0,9)(1 - 0,8)(1 - 0,7) = 0,994$$

Вероятность цепочки ABC будет равно:

$$P_{ABC} = P_A \cdot P_B \cdot P_C = 0,93 \cdot 0,8 \cdot 0,994 = 0,74$$

Результирующая вероятность безотказной работы всей резервируемой системы будет:

$$P_{\Sigma} = 1 - (1 - P_{ABC})(1 - P_D) = 1 - (1 - 0,74)(1 - 0,9) = 0,974$$

Ответ: $P_{\Sigma} = 0,974$

Критерии оценки выполнения контрольной работы

Критерии оценки выполнения контрольной работы (1,2 часть)	Количество баллов
Правильность выполнения задания	0-3
Выбор оптимального алгоритма выполнения задания	0-1,5
Соответствие требованиям оформления	0-1
Итого	0-5,5

4,5-5,5 балла (85-100%) - оценка «отлично»

3,6-4,4 балла (70-84%) - оценка «хорошо»

2,6-3,5 балла (51-69%) - оценка «удовлетворительно»

0-2,5 балла (0-50%) - оценка «неудовлетворительно»



**Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»**

Кафедра _____ *

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине «_____»
Название контрольной работы «_____»

Студент (ка) _____
ФИО

Группа _____

Преподаватель _____
ФИО

_____ _____
оценка подпись
Дата сдачи _____ 20 ____ г.

г. Верхняя Пышма
20 ____ г.