

*Приложение 1.4.1 к ОПОП-П по специальности
15.02.14 Оснащение средствами автоматизации
технологических процессов и производств (по
отраслям)*

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПМ.04 Текущий мониторинг состояния систем автоматизации
МДК.04.01 Осуществление текущего мониторинга состояния систем автоматизации
для обучающихся специальности
15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств
(по отраслям)**

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией
«Механического, гидравлического оборудования
и автоматизации»
Председатель О.В. Коровченко
Протокол № 5 от 31.01.2024 г.

Методической комиссией МпК
Протокол № 3 от 21.02.2024 г.

Разработчик:

преподаватель образовательно-производственного центра (кластера) ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Многопрофильный колледж

Ю.С. Урахчина

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы профессионального модуля ПМ.04 «Текущий мониторинг состояния систем автоматизации».

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению вида деятельности ВД 4 Осуществлять текущий мониторинг состояния систем автоматизации программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям) и овладению профессиональными компетенциями.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	4
Практическое занятие № 1.....	6
Практическое занятие № 2.....	8
Практическое занятие № 3.....	10
Практическое занятие № 4.....	12
Практическое занятие № 5.....	14
Практическое занятие № 6.....	16
Практическое занятие № 7.....	19
Практическое занятие № 8.....	22
Практическое занятие № 9.....	31
Практическое занятие № 10.....	34
Практическое занятие № 11.....	37
Практическое занятие № 12.....	41
Практическое занятие № 13.....	45

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности), необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой ПМ.04 Текущий мониторинг состояния систем автоматизации, МДК.04.01 Осуществление текущего мониторинга состояния систем автоматизации предусмотрено проведение практических занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

У 4.1.01 осуществлять технический контроль соответствия параметров устройств и функциональных блоков систем автоматизации установленным нормативам;

У 4.1.02 рассчитывать показатели надежности устройств и функциональных блоков систем автоматизации;

У 4.2.02 на основе показателей технических средств диагностики оценивать работоспособность устройств и функциональных блоков систем автоматизации;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;

Уо 01.08 реализовывать составленный план;

Уо 01.09 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;

Уо 03.01 определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;

Уо 04.03 эффективно работать в команде;

Уо 05.01 грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке;

Уо 07.04 использовать энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии в профессиональной деятельности по специальности;

Уо 09.06 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на формирование общих компетенций по профессиональному модулю программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями**:

ПК 4.1 Контролировать текущие параметры и фактические показатели работы систем автоматизации в соответствии с требованиями нормативно-технической документации для выявления возможных отклонений;

ПК 4.2 Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения;

А также формированию **общих компетенций**:

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях

ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекст

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях

ОК 08 Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках

Выполнение обучающимися практических работ по ПМ.04 Текущий мониторинг состояния систем автоматизации, МДК.04.01 Осуществление текущего мониторинга состояния систем автоматизации направлено на:

- *обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;*

- *формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;*

- *формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;*

- *приобретение навыков работы с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами для проведения опытов;*

- *развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;*

- *выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.*

Практические занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 4.1. Контроль текущих параметров и фактических показателей работы систем автоматизации в соответствии с требованиями нормативно-технической документации для выявления возможных отклонений.

Практическое занятие № 1

Расчет надежности системы с последовательным и параллельным соединением

Цель: изучение методов расчета функции надежности и отказа для последовательного и параллельного соединений

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У 4.1.01 осуществлять технический контроль соответствия параметров устройств и функциональных блоков систем автоматизации установленным нормативам;
- У 4.1.02 рассчитывать показатели надежности устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- У 4.2.02 на основе показателей технических средств диагностики оценивать работоспособность устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;
- Уо 01.08 реализовывать составленный план;
- Уо 01.09 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 03.01 определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;
- Уо 04.03 эффективно работать в команде;
- Уо 05.01 грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке;
- Уо 07.04 использовать энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии в профессиональной деятельности по специальности;
- Уо 09.06 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;

Материальное обеспечение:

методические указания по выполнению работы

Оборудование: не требуется

Задание:

1 Рассчитать надежность и отказ системы для последовательного и параллельного соединения элементов.

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить методические указания к работе.
- 2 Выполнить расчетное задание.
- 3 Оформить отчет к работе.

Ход работы:

Структура надежности системы содержит последовательно или параллельно соединенные элементы.

Последовательное соединение элементов – это соединение, при котором отказ одного элемента приводит к отказу всей системы.

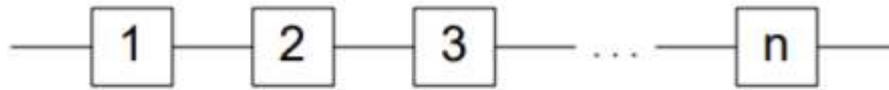


Рисунок 1 – Последовательное соединение элементов

Функция надежности системы с последовательным соединением

$$p_c(t) = p_1(t)p_2(t)p_3(t)\dots p_n(t),$$

Функция отказа системы

$$q_c(t) = 1 - (1 - q_1(t))(1 - q_2(t))(1 - q_3(t))\dots(1 - q_n(t)),$$

где p – вероятность безотказной работы (ВБР) элементов системы

q – вероятонить отказа системы.

Параллельное соединение элементов – это такое соединение, при котором отказ системы возникает лишь при отказе всех ее элементов. При этом функция отказов системы определяется как

$$q_c(t) = q_1(t)q_2(t)q_3(t)\dots q_n(t).$$

Функция надежности системы с параллельным соединением

$$p_c(t) = 1 - (1 - p_1(t))(1 - p_2(t))(1 - p_3(t))\dots(1 - p_n(t)).$$

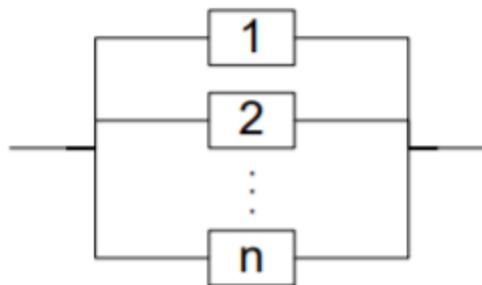


Рисунок 2 – Параллельное соединение элементов

Решить задачи из раздаточного материала.

Форма представления результата:

отчет к практической работе.

Критерии оценки:

"Отлично" - Задание выполнено полностью, без замечаний

"Хорошо" - Задание выполнено полностью, но имеются незначительные замечания

"Удовлетворительно" - Задание выполнено, но имеются существенные замечания, повлекшие к неверному решению задания

"Неудовлетворительно" - Задание не выполнено

Практическое занятие № 2

Расчет надежности комбинированной системы

Цель: получение навыков декомпозиции последовательно-параллельных структур и изучение методов расчета функции надежности систем со смешанным соединением

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У 4.1.01 осуществлять технический контроль соответствия параметров устройств и функциональных блоков систем автоматизации установленным нормативам;
- У 4.1.02 рассчитывать показатели надежности устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- У 4.2.02 на основе показателей технических средств диагностики оценивать работоспособность устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;
- Уо 01.08 реализовывать составленный план;
- Уо 01.09 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 03.01 определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;
- Уо 04.03 эффективно работать в команде;
- Уо 05.01 грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке;
- Уо 07.04 использовать энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии в профессиональной деятельности по специальности;
- Уо 09.06 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;

Материальное обеспечение:

методические указания по выполнению работы

Оборудование: не требуется

Задание:

1 Рассчитать надежность и отказ системы для последовательно-параллельного соединения элементов.

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить методические указания к работе.
- 2 Выполнить расчетное задание.
- 3 Оформить отчет к работе.

Ход работы:

По данным из раздаточного материала оценить надежность комбинированной системы. Рассчитать ВБР и вероятность отказа.

Форма представления результата:

отчет к практической работе.

Критерии оценки:

"Отлично" - Задание выполнено полностью, без замечаний

"Хорошо" - Задание выполнено полностью, но имеются несущественные замечания

"Удовлетворительно" - Задание выполнено, но имеются существенные замечания, повлекшие к неверному решению задания

"Неудовлетворительно" - Задание не выполнено

Практическое занятие № 3

Расчет количественных показателей надежности по статистическим данным об отказах

Цель: изучить количественные показатели оценки надежности системы по результатам испытаний на надежность

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У 4.1.01 осуществлять технический контроль соответствия параметров устройств и функциональных блоков систем автоматизации установленным нормативам;
- У 4.1.02 рассчитывать показатели надежности устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- У 4.2.02 на основе показателей технических средств диагностики оценивать работоспособность устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;
- Уо 01.08 реализовывать составленный план;
- Уо 01.09 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 03.01 определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;
- Уо 04.03 эффективно работать в команде;
- Уо 05.01 грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке;
- Уо 07.04 использовать энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии в профессиональной деятельности по специальности;
- Уо 09.06 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;

Материальное обеспечение:

методические указания по выполнению работы

Оборудование: не требуется

Задание:

1 Рассчитать количественные показатели надежности по статистическим данным об отказах.

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить методические указания к работе.
- 2 Выполнить расчетное задание.
- 3 Оформить отчет к работе.

Ход работы:

По данным из раздаточного материала оценить надежность комбинированной системы. Рассчитать ВБР, вероятность отказа, частоту отказа и интенсивность отказа.

Форма представления результата:

отчет к практической работе.

Критерии оценки:

"Отлично" - Задание выполнено полностью, без замечаний

"Хорошо" - Задание выполнено полностью, но имеются несущественные замечания

"Удовлетворительно" - Задание выполнено, но имеются существенные замечания, повлекшие к неверному решению задания

"Неудовлетворительно" - Задание не выполнено

Практическое занятие № 4

Расчет комплексных показателей надежности системы

Цель: самостоятельно произвести расчет основных показателей надежности по данным о работе системы

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У 4.1.01 осуществлять технический контроль соответствия параметров устройств и функциональных блоков систем автоматизации установленным нормативам;
- У 4.1.02 рассчитывать показатели надежности устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- У 4.2.02 на основе показателей технических средств диагностики оценивать работоспособность устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;
- Уо 01.08 реализовывать составленный план;
- Уо 01.09 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 03.01 определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;
- Уо 04.03 эффективно работать в команде;
- Уо 05.01 грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке;
- Уо 07.04 использовать энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии в профессиональной деятельности по специальности;
- Уо 09.06 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;

Материальное обеспечение:

методические указания по выполнению работы

Оборудование: не требуется

Задание:

1 Рассчитать количественные показатели надежности по статистическим данным об отказах.

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить методические указания к работе.
- 2 Выполнить расчетное задание.
- 3 Оформить отчет к работе.

Ход работы:

Задача 1.

Имеется система, состоящая из 5 последовательно соединенных элементов с вероятностями безотказной работы за период времени 2000 часов соответственно 0,65; 0,78; 0,85; 0,8; 0,9. Необходимо определить вероятность безотказной работы и вероятность отказа за период времени 2000 часов.

Задача 2.

На испытание поставлено 10 изделий. За период времени 1000 часов вышло из строя 3 изделия. За последующий интервал времени $\Delta t=100$ ч. отказало 1 изделие. Найти $p(t)$; $p(t+\Delta t)$; $f(t+\Delta t)$; $\lambda(t+\Delta t)$.

Задача 3.

Известно время безотказной работы 7 элементов: $t_1=4100$ ч; $t_2=6000$ ч; $t_3=7200$ ч; $t_4=5300$ ч; $t_5=5900$ ч; $t_6=4800$; $t_7=7000$ ч. Найти среднее время, дисперсию и среднеквадратическое отклонение наработки до отказа.

Задача 4.

На испытание поставлено 100 однотипных ламп. За первые 300 часов отказало 15 ламп, за промежуток времени от 300 до 450 часов отказало еще 10. Определить $p(t)$; $q(t)$; $p(\Delta t)$; $q(\Delta t)$.

Задача 5.

На испытании находилось $N = 1000$ образцов неремонтируемой аппаратуры. Число отказов фиксировалось через каждые 100 ч работы ($\Delta t = 100$ ч). Данные об отказах приведены в таблице. Требуется вычислить количественные характеристики надежности и отказа и построить зависимости характеристик от времени.

Время, ч	Количество отказавших элементов за фиксируемый промежуток времени
0-100	15
100-200	20
200-300	18
300-400	25
400-500	30

Форма представления результата:

отчет к практической работе.

Критерии оценки:

"Отлично" - Задание выполнено полностью, без замечаний

"Хорошо" - Задание выполнено полностью, но имеются несущественные замечания

"Удовлетворительно" - Задание выполнено, но имеются существенные замечания, повлекшие к неверному решению задания

"Неудовлетворительно" - Задание не выполнено

Тема 4.2. Осуществление диагностики причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения.

Практическое занятие № 5

Расчет надежности при экспоненциальном распределении времени безотказной работы

Цель: научиться рассчитывать основные показатели надежности по формулам экспоненциального распределения

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У 4.1.01 осуществлять технический контроль соответствия параметров устройств и функциональных блоков систем автоматизации установленным нормативам;
- У 4.1.02 рассчитывать показатели надежности устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- У 4.2.02 на основе показателей технических средств диагностики оценивать работоспособность устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;
- Уо 01.08 реализовывать составленный план;
- Уо 01.09 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 03.01 определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;
- Уо 04.03 эффективно работать в команде;
- Уо 05.01 грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке;
- Уо 07.04 использовать энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии в профессиональной деятельности по специальности;
- Уо 09.06 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;

Материальное обеспечение:

методические указания по выполнению работы

Оборудование: не требуется

Задание:

1 Рассчитать количественные показатели надежности по формулам экспоненциального распределения.

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить методические указания к работе.
- 2 Выполнить расчетное задание.
- 3 Оформить отчет к работе.

Ход работы:

Интенсивность отказов – условная плотность вероятности возникновения отказа изделия при условии, что к моменту времени t отказ не возник:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{p(t)} = -\frac{1}{p(t)} \frac{dp(t)}{dt},$$

Закон экспоненциального распределения надежности:

$$p(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right].$$

В частном случае постоянства интенсивности отказов ВБР и вероятность отказа можно рассчитать как:

$$p(t) = \exp(-\lambda t),$$

$$q(t) = 1 - \exp(-\lambda t),$$

Частоту отказов найти по формуле:

$$f(t) = -\frac{dp(t)}{dt} = \lambda \exp(-\lambda t).$$

Для последовательного соединения элементов интенсивность отказов системы есть сумма интенсивностей всех отказов:

$$\lambda_c(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i.$$

В таком случае ВБР и время безотказной работы системы рассчитываются по формулам:

$$p_c(t) = e^{-\lambda_c t},$$

$$T_c(t) = \frac{1}{\lambda_c},$$

Выполнить расчет задания из раздаточного материала.

Форма представления результата:

отчет к практической работе.

Критерии оценки:

"Отлично" - Задание выполнено полностью, без замечаний

"Хорошо" - Задание выполнено полностью, но имеются несущественные замечания

"Удовлетворительно" - Задание выполнено, но имеются существенные замечания, повлекшие к неверному решению задания

"Неудовлетворительно" - Задание не выполнено

Практическое занятие № 6

Расчет надежности системы автоматизации

Цель: самостоятельно произвести расчет надежности САР температуры поверхности металла в зоне методической печи

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У 4.1.01 осуществлять технический контроль соответствия параметров устройств и функциональных блоков систем автоматизации установленным нормативам;
- У 4.1.02 рассчитывать показатели надежности устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- У 4.2.02 на основе показателей технических средств диагностики оценивать работоспособность устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;
- Уо 01.08 реализовывать составленный план;
- Уо 01.09 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 03.01 определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;
- Уо 04.03 эффективно работать в команде;
- Уо 05.01 грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке;
- Уо 07.04 использовать энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии в профессиональной деятельности по специальности;
- Уо 09.06 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;

Материальное обеспечение:

методические указания по выполнению работы

Оборудование: не требуется

Задание:

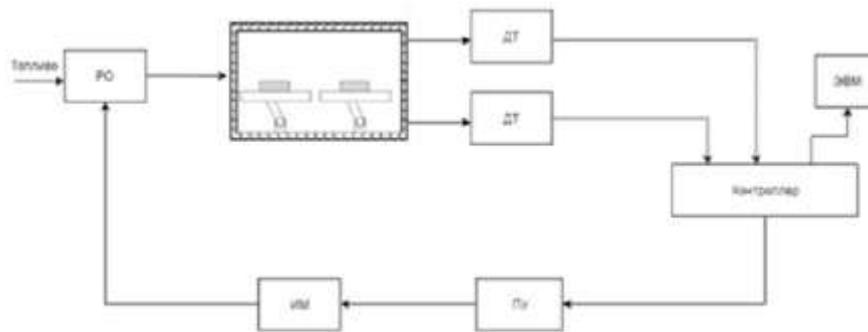
Расчитать количественные показатели надежности САР температуры поверхности металла в зоне методической печи

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить методические указания к работе.
- 2 Выполнить расчетное задание.
- 3 Оформить отчет к работе.

Ход работы:

Структурная схема САР:



РО – регулирующий орган; ДТ – датчик температуры; ПУ – пускатель; ИМ – исполнительный механизм; ЭВМ – электронная вычислительная машина

Рисунок 1– Структурная схема САР температуры поверхности металла в зоне методической печи

Принцип действия САР:

Измерение температуры поверхности металла в зоне печи осуществляется двумя датчиками температуры (ДТ). Один из датчиков используется в качестве постоянного резерва и для улучшения точности переданных показаний. Сигналы с них подаются на контроллер, где сравнивается с сигналом задания. Сигнал с контроллера через пускатель (ПУ) подается на исполнительный механизм (ИМ). Механизм перемещает дроссельную заслонку (РО), установленную на трубопроводе природного газа, который подводит газ к горелкам. Для визуализации процесса все сигналы с контроллера передаются на электронно-вычислительную машину (ЭВМ) оператору, который следит за процессом нагрева металлических слябов в методической печи.

Задание 1:

Рассчитать надежность системы автоматизации процесса регулирования температурой поверхности металла **по внезапным отказам**, если известно, что система находится в работе 5 лет (43800 часов), время безотказной работы каждого элемента подчинено экспоненциальному распределению и известны интенсивности отказа каждого элемента (паспортные данные):

$$\lambda(\text{ДТ}) = 4,8 \times 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

$$\lambda(\text{контроллер}) = 7 \times 10^{-7} \text{ ч}^{-1}$$

$$\lambda(\text{ПУ}) = 5,2 \times 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

$$\lambda(\text{ИМ}) = 8,8 \times 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

$$\lambda(\text{РО}) = 2 \times 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

$$\lambda(\text{ЭВМ}) = 3 \times 10^{-7} \text{ ч}^{-1}$$

Проанализировать результат расчета и выявить самый ненадежный элемент.

Пояснения к выполнению задания 1:

Необходимо самостоятельно составить структурную схему для расчета надежности по **внезапным отказам**, зарисовать ее в тетрадь, рассчитать по ней надежность системы. Расписывать подробно все действия. Сделать вывод.

Задание 2.

Используя данные из задания 1 рассчитать надежность системы автоматизации процесса регулирования температурой поверхности металла **по параметрическим отказам**. Сделать вывод о надежности системы по параметрическим отказам.

Пояснения к выполнению задания 2:

В структурную схему по параметрическим отказам войдут все те элементы, отказ которых приведет к ухудшению показателей качества регулирования. При этом считать, что через операторскую станцию (ЭВМ) оператор может контролировать ход процесса и при необходимости вмешиваться в него, тем самым улучшать качество работы системы. Необходимо составить структурную схему для расчета надежности **по параметрическим отказам**, зарисовать ее в тетради, рассчитать по ней надежность системы.

Форма представления результата:

отчет к практической работе.

Критерии оценки:

"Отлично" - Задание выполнено полностью, без замечаний

"Хорошо" - Задание выполнено полностью, но имеются несущественные замечания

"Удовлетворительно" - Задание выполнено, но имеются существенные замечания, повлекшие к неверному решению задания

"Неудовлетворительно" - Задание не выполнено

Практическое занятие № 7

Расчет эффективной надежности системы управления

Цель: научиться определять возможные состояния системы управления и рассчитывать эффективную надежность системы

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У 4.1.01 осуществлять технический контроль соответствия параметров устройств и функциональных блоков систем автоматизации установленным нормативам;
- У 4.1.02 рассчитывать показатели надежности устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- У 4.2.02 на основе показателей технических средств диагностики оценивать работоспособность устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;
- Уо 01.08 реализовывать составленный план;
- Уо 01.09 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 03.01 определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;
- Уо 04.03 эффективно работать в команде;
- Уо 05.01 грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке;
- Уо 07.04 использовать энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии в профессиональной деятельности по специальности;
- Уо 09.06 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;

Материальное обеспечение:

методические указания по выполнению работы

Оборудование: не требуется

Задание:

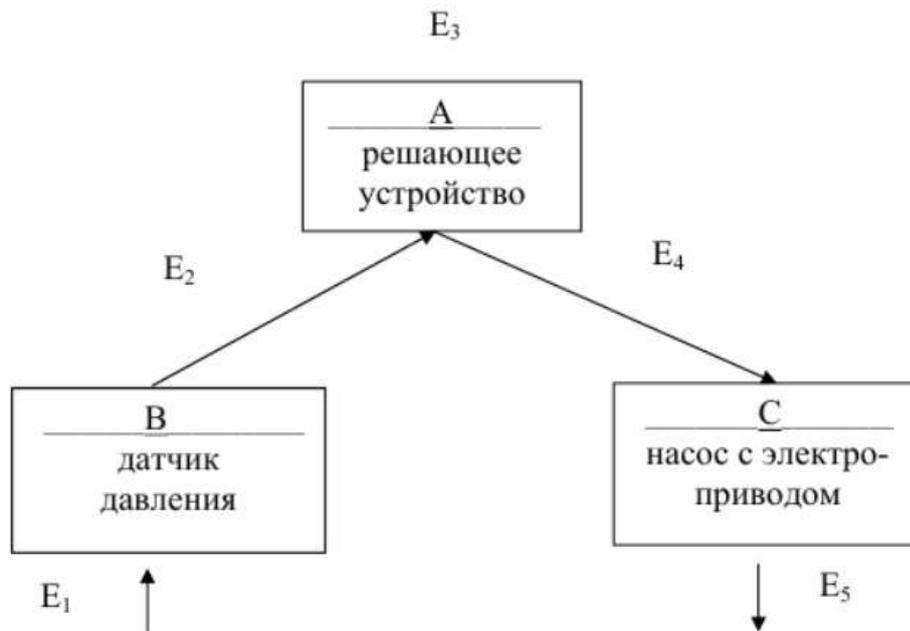
Рассчитать эффективную надежность системы

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить методические указания к работе.
- 2 Выполнить расчетное задание.
- 3 Оформить отчет к работе.

Ход работы:

Задана система управления гидроприводом, состоящая из основного устройства А (решающее устройство) и вспомогательных устройств В (датчик давления) и С (насос с электроприводом).



Исходные данные:

время работы системы $t = 1000$ ч;

весовые коэффициенты: $E_1 = 0,2$ – приём информации в устройстве В; $E_2 = 0,2$ – передача информации из устройства В в устройство А; $E_3 = 0,3$ – обработка информации в устройстве А; $E_4 = 0,2$ – выдача информации из устройства А в устройство С; $E_5 = 0,1$ – вывод информации из устройства С.

Интенсивность отказов решающего устройства А – $\lambda_A = 0,07 \cdot 10^{-6}$.

Интенсивность отказов датчика давления В – $\lambda_B = 6,6 \cdot 10^{-6}$.

Интенсивность отказов насоса с электроприводом С – $\lambda_C = 27,4 \cdot 10^{-6}$.

Требуется рассчитать эффективную надежность системы.

Краткие теоретические сведения:

Эффективная надежность системы определяется по следующей формуле:

$$P_{\text{э}} = \sum_{j=1}^n P_j(t) \cdot E_j$$

где $P_j(t)$ – вероятность j -го состояния системы в какой-либо момент времени t ; E_j – коэффициент эффективности; определяется как весовой коэффициент важности выполняемых задач в j -м состоянии системы по сравнению с полным объёмом задач, решаемых в системе.

При этом соблюдается условие

$$\sum_{i=1}^M E_i = 1 ,$$

где M – общее число задач, решаемых системой.

Коэффициент E_j в этом случае определяется как сумма весовых коэффициентов частных задач, решаемых системой в j -м состоянии:

$$E_j = \sum_{i=1}^R E_i ,$$

где R – количество частных задач, решаемых в j -м состоянии.

Таким образом, эффективная надёжность характеризует относительный объём и полезность выполняемых системой функций в течение заданного времени по сравнению с её предельными возможностями.

Форма представления результата:

отчет к практической работе.

Критерии оценки:

"Отлично" - Задание выполнено полностью, без замечаний

"Хорошо" - Задание выполнено полностью, но имеются несущественные замечания

"Удовлетворительно" - Задание выполнено, но имеются существенные замечания, повлекшие к неверному решению задания

"Неудовлетворительно" - Задание не выполнено

Практическое занятие № 8

Расчет надежности мостиковой структурной схемы

Цель: научиться определять надежность мостиковой структурной схемы

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У 4.1.01 осуществлять технический контроль соответствия параметров устройств и функциональных блоков систем автоматизации установленным нормативам;
- У 4.1.02 рассчитывать показатели надежности устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- У 4.2.02 на основе показателей технических средств диагностики оценивать работоспособность устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;
- Уо 01.08 реализовывать составленный план;
- Уо 01.09 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 03.01 определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;
- Уо 04.03 эффективно работать в команде;
- Уо 05.01 грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке;
- Уо 07.04 использовать энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии в профессиональной деятельности по специальности;
- Уо 09.06 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;

Материальное обеспечение:

методические указания по выполнению работы

Оборудование: не требуется

Задание:

рассчитать ВБР мостиковой структурной схемы 4 методами

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить методические указания к работе.
- 2 Выполнить расчетное задание.
- 3 Оформить отчет к работе.

Ход работы:

1. Метод разложения по базовому элементу

Мостиковой структурой называют схему, представленную на рис. 4.1, состоящую из пяти элементов, один из элементов которой включен в диагональ. Диагональный элемент 5 не позволяет считать, что остальные элементы соединены последовательно или параллельно.

Рассмотрим первый метод расчёта надёжности мостиковой схемы разложением по базовому элементу (БЭ).

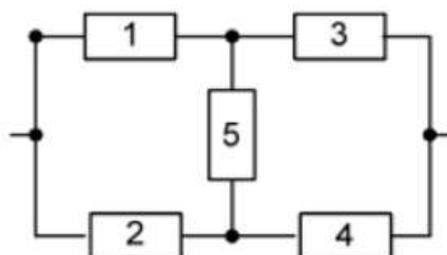


Рис. 4.1 Элементарная мостиковая структура

Метод разложения по базовому элементу основан на использовании теоремы о сумме вероятностей несовместных событий и заключается в следующем. В исходной структуре в соответствии с рис. 4.1 выбирается БЭ и предполагается два несовместных события:

- БЭ находится в работоспособном состоянии, рис. 4.2, а;
- БЭ находится в состоянии отказа, рис. 4.2, б.

Для двух несовместных событий исходная элементарная мостиковая структура преобразуется в две новые схемы в соответствии с рис. 4.2, представляющие собой типовые параллельно-последовательные структуры. При этом в качестве БЭ целесообразно выбирать элемент, имеющий наибольшее количество связей, то есть диагональный элемент (элемент 5).

На рис. 4.2, а БЭ «закорачивается», а на схеме рис. 4.2, б элемент «размыкается». Вычисляются ВБР каждой из полученных схем P_a и P_b соответственно, и полученные значения складываются. Найденная сумма соответствует ВБР исходной мостиковой структуры P_{MC} . Результирующая ВБР мостиковой структуры находится в соответствии с уравнениями:

$$\begin{aligned}
 P_a &= P_5(1 - (1 - P_1)(1 - P_2))(1 - (1 - P_3)(1 - P_4)) \text{ или} \\
 P_a &= P_5(P_1 + P_2 - P_1P_2)(P_3 + P_4 - P_3P_4), \\
 P_b &= (1 - P_5)[1 - (1 - P_1P_3)(1 - P_2P_4)] \text{ или} \\
 P_b &= Q_5(P_1P_2 + P_3P_4 - P_1P_2P_3P_4), \\
 P_{MC} &= P_a + P_b.
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

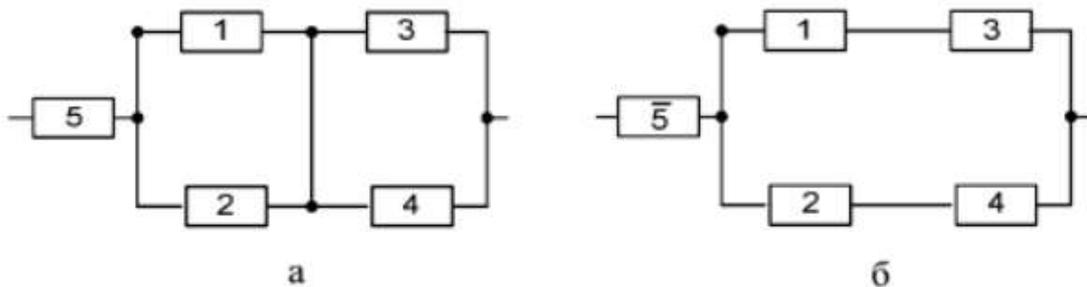


Рис. 3.2. Структурные схемы с абсолютно надёжным (а) и абсолютно не надёжным (б) базовым элементом 5

2. Преобразование элементов в треугольник и звезду

Второй метод расчета надёжности элементарной мостиковой структуры заключается в преобразовании треугольника элементов в звезду. Суть метода заключается в том, что узел сложной конфигурации структурной схемы заменяется на узел более подходящей конфигурации с сохранением показателей надёжности преобразуемого узла. При этом упрощается общая схема системы до последовательного и параллельного соединений.

Предположим, требуется заменить узел в виде треугольника состоящего из элементов a , b , c , рис. 4.3, на узел элементов в виде звезды ab , ac , bc . Используем условие: изменение структурной схемы не должно изменять надёжность цепей между точками 1-2, 2-3 и 3-1. Обозначим вероятность отказа элемента ab – q_{ab} , элемента bc – q_{bc} и элемента ac – q_{ac} .

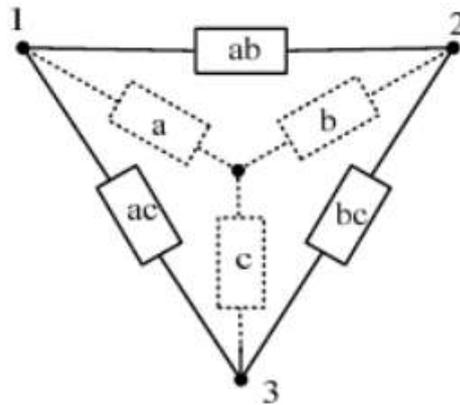


Рис. 4.3 Преобразование треугольника элементов в звезду и обратно

Условия сохранения показателей надёжности рассматриваемых цепей математически выразятся следующими равенствами:

$$\begin{aligned}
 q_a + q_b - q_a q_b &= q_{ab}(q_{bc} + q_{ac} - q_{bc} q_{ac}), \\
 q_b + q_c - q_b q_c &= q_{bc}(q_{ac} + q_{ab} - q_{ac} q_{ab}), \\
 q_c + q_a - q_c q_a &= q_{ac}(q_{ab} + q_{bc} - q_{ab} q_{bc})
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$

Если пренебречь произведениями малых величин вида $q_i q_j$ в левой части и вида $q_{ij} q_{kl} q_{mn}$ в правой части уравнений (4.2), то получим упрощенную систему уравнений:

$$\begin{aligned}
 q_a + q_b &= q_{ab} q_{bc} + q_{ab} q_{ac}, \\
 q_b + q_c &= q_{bc} q_{ac} + q_{bc} q_{ab}, \\
 q_c + q_a &= q_{ac} q_{ab} + q_{ac} q_{bc}
 \end{aligned}
 \tag{4.3}$$

Вычитая из одного уравнения (4.3) другое, складывая полученное с третьим уравнением, и действуя указанным образом по кругу, получим равенства (4.5).

$$\Delta \rightarrow Y:$$

$$q_a = q_{ab} q_{ac}, \quad q_b = q_{bc} q_{ab}, \quad q_c = q_{ac} q_{bc}. \tag{4.4}$$

При обратном преобразовании звезды элементов в треугольник в соответствии с рис. 4.3 необходимо найти решение системы уравнений (4.3) относительно q_{ab} , q_{bc} , q_{ac} :

$$\begin{aligned}
 q_{ab} &= q_a/q_{ac}, \\
 q_{bc} &= q_b/q_{ac}, \\
 q_{ac} &= q_c/q_{ac}.
 \end{aligned}
 \tag{4.5}$$

Получаем три уравнения с тремя неизвестными. Путём подстановки возможно получить окончательные выражения для преобразования звезды элементов в треугольник (4.6).

$$\begin{aligned}
 & \Upsilon \rightarrow \Delta: \\
 q_{ab} &= \sqrt{\frac{q_a q_b}{q_c}}, \quad q_{bc} = \sqrt{\frac{q_b q_c}{q_a}}, \quad q_{ac} = \sqrt{\frac{q_a q_c}{q_b}}.
 \end{aligned}
 \tag{4.6}$$

3. Расчёт мостиковой схемы преобразованием из треугольника элементов в звезду

У элементарной мостиковой структуры на рис. 4.4 элементы мостиковой схемы образуют две схемы соединения в треугольник: первый треугольник – элементы 1, 2, 5 и второй треугольник – элементы 3, 4, 5.

Преобразуем, например, треугольник элементов 1, 2, 5 в звезду с элементами 12, 25 и 15 (новые несуществующие элементы изображены на рис. 4.4 пунктиром) в соответствии с формулами (4.4) получим:

$$\begin{aligned}
 Q_{12} &= Q_1 Q_2 \\
 Q_{25} &= Q_2 Q_5 \\
 Q_{15} &= Q_1 Q_5
 \end{aligned}
 \tag{4.7}$$

Преобразуем полученные ВО (4.7) в выражения для ВБР по формуле $P_{ij} = 1 - Q_{ij}$:

$$\begin{aligned}
 P_{12} &= 1 - Q_{12} = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2), \\
 P_{25} &= 1 - Q_{25} = 1 - (1 - P_2)(1 - P_5), \\
 P_{15} &= 1 - Q_{15} = 1 - (1 - P_1)(1 - P_5).
 \end{aligned}
 \tag{4.8}$$

Упростим мостиковую структуру в соответствии с рис. 4.4 для чего введем промежуточные элементы h, g . Результирующая ВБР элементарной мостиковой структуры:

$$P_h = P_{15}P_3 \text{ и } P_g = P_{25}P_4, \\ P_{MC} = P_{12} [1 - (1 - P_h)(1 - P_g)]. \quad (4.9)$$

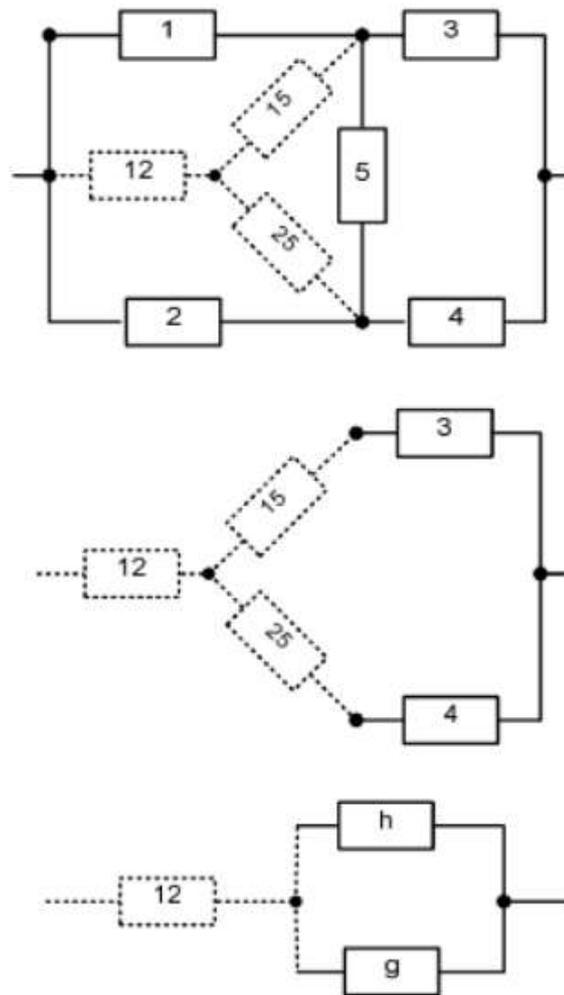


Рис. 4.4. Преобразование треугольника элементов в звезду

4. Расчёт мостиковой схемы преобразованием звезды элементов в треугольник

Третий метод расчета надёжности элементарной мостиковой структуры заключается в преобразовании звезды элементов в треугольник.

У элементарной мостиковой структуры на рис. 4.5 элементы образуют две схемы соединения в звезду: первая звезда образована элементами 1, 3, 5, вторая звезда – элементами 2, 4, 5.

Преобразуем, например, соединение элементов 1, 3, 5 в треугольник, используя ранее полученные выражения (4.6), предварительно преобразовав их в соотношения для ВБР:

$$\begin{aligned}
 Q_{13} &= 1 - \sqrt{\frac{Q_1 Q_3}{Q_5}}, & P_{13} &= 1 - \sqrt{\frac{(1-P_1)(1-P_3)}{1-P_5}}, \\
 Q_{53} &= 1 - \sqrt{\frac{Q_5 Q_3}{Q_1}}, & P_{53} &= 1 - \sqrt{\frac{(1-P_3)(1-P_5)}{1-P_1}}, \\
 Q_{15} &= 1 - \sqrt{\frac{Q_1 Q_5}{Q_3}}, & P_{15} &= 1 - \sqrt{\frac{(1-P_5)(1-P_1)}{1-P_3}}.
 \end{aligned}
 \tag{4.10}$$

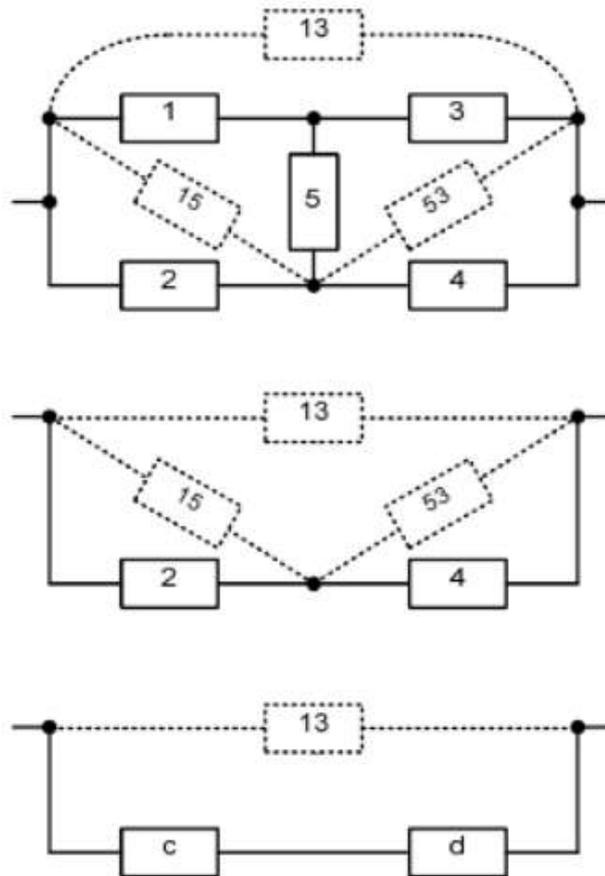


Рис. 4.5. Преобразование звезды в треугольник

Упростим мостиковую структуру в соответствии с рис. 4.5 для чего введем промежуточные элементы c , d . Результирующая ВБР элементарной мостиковой структуры:

$$P_c = 1 - (1 - P_{15})(1 - P_2) \text{ или } P_c = P_{15} + P_2 - P_{15}P_2,$$

$$P_d = 1 - (1 - P_{53})(1 - P_4) \text{ или } P_d = P_{53} + P_4 - P_{53}P_4, \quad (4.11)$$

$$P_{MC} = 1 - (1 - P_{13})(1 - P_c P_d).$$

Метод перебора состояний

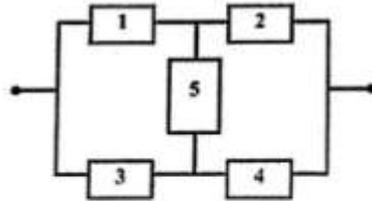


Рис. 4.12. Мостиковая структурная схема для расчета надежности

Определим все возможные комбинации состояний элементов системы, придерживаясь следующих правил:

1. Каждая комбинация состояний элементов системы должна приводить систему в желаемое состояние.
2. Должны быть рассмотрены все возможные комбинации.
3. Комбинации не должны повторяться.

Таблица 4.1

Таблица метода перебора состояний для мостиковой схемы

№ состояния	Состояние элементов					Вероятность состояния
	1	2	3	4	5	
1	+	+	+	+	+	$P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5$
2	-	+	+	+	+	$Q_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5$
3	+	-	+	+	+	$P_1 \cdot Q_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5$
4	+	+	-	+	+	$P_1 \cdot P_2 \cdot Q_3 \cdot P_4 \cdot P_5$
5	+	+	+	-	+	$P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot Q_4 \cdot P_5$
6	+	+	+	+	-	$P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot Q_5$
7	-	-	+	+	+	$Q_1 \cdot Q_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5$
8	-	+	+	-	+	$Q_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot Q_4 \cdot P_5$
9	-	+	+	+	-	$Q_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot Q_5$
10	+	-	-	+	+	$P_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot P_4 \cdot P_5$
11	+	-	+	+	-	$P_1 \cdot Q_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot Q_5$
11	+	+	-	-	+	$P_1 \cdot P_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot P_5$
12	+	+	-	+	-	$P_1 \cdot P_2 \cdot Q_3 \cdot P_4 \cdot Q_5$
14	+	+	+	-	-	$P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5$
15	-	-	+	+	-	$Q_1 \cdot Q_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot Q_5$
16	+	+	-	-	-	$P_1 \cdot P_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5$

Вероятность безотказной работы системы будет равна сумме всех чисел из последнего столбца таблицы. Основным недостатком метода является его большой объем вычислений.

Форма представления результата:

отчет к практической работе.

Критерии оценки:

"Отлично" - Задание выполнено полностью, без замечаний

"Хорошо" - Задание выполнено полностью, но имеются несущественные замечания

"Удовлетворительно" - Задание выполнено, но имеются существенные замечания, повлекшие к неверному решению задания

"Неудовлетворительно" - Задание не выполнено

Практическое занятие № 9

Расчет показателей надежности системы с мостиковой структурной схемой

Цель: научиться определять показатели надежности для системы, включающей в себя мостиковую схему.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У 4.1.01 осуществлять технический контроль соответствия параметров устройств и функциональных блоков систем автоматизации установленным нормативам;
- У 4.1.02 рассчитывать показатели надежности устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- У 4.2.02 на основе показателей технических средств диагностики оценивать работоспособность устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;
- Уо 01.08 реализовывать составленный план;
- Уо 01.09 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 03.01 определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;
- Уо 04.03 эффективно работать в команде;
- Уо 05.01 грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке;
- Уо 07.04 использовать энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии в профессиональной деятельности по специальности;
- Уо 09.06 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;

Материальное обеспечение:

методические указания по выполнению работы

Оборудование: не требуется

Задание:

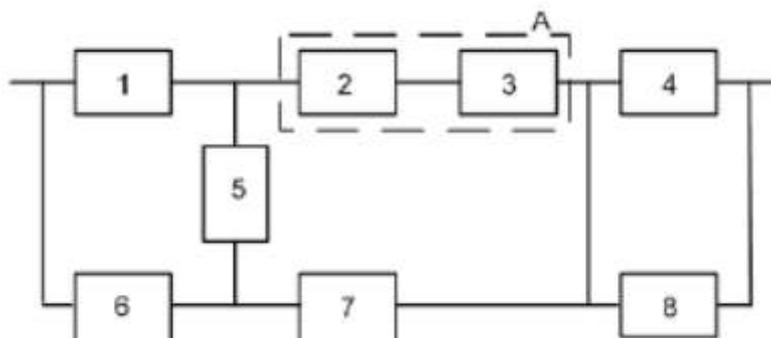
рассчитать показатели надежности для системы, включающей в себя мостиковую схему.

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить методические указания к работе.
- 2 Выполнить расчетное задание.
- 3 Оформить отчет к работе.

Ход работы:

Структурная схема системы представлена на рисунке:



В начальный момент времени элементы имеют следующие ВБР:

$$P_1=P_2=P_6=P_7=P_8=0,5; P_3=0,42; P_4=0,4; P_5=0,6.$$

Снижение ВБР элементов происходит равномерно на величину ΔP_i за время $\Delta t=150$ ч:

$$\Delta P_1=\Delta P_2=0,05; \Delta P_3=\Delta P_4=0,04; \Delta P_5=\Delta P_6=0,03; \Delta P_7=\Delta P_8=0,04.$$

Время изменяется в пределах от 0 до 900 часов.

Рассчитать:

- R_{mc1} – ВБР мостиковой схемы методом разложения по ключевому элементу;
- R_{mc2} – ВБР мостиковой схемы, рассчитанная методом преобразования треугольника в звезду;
- R_{mc3} – ВБР мостиковой схемы, рассчитанная методом преобразования звезды в треугольник;
- R_{c1} – ВБР системы, рассчитанная по R_{mc1} ;
- R_{c2} – ВБР системы, рассчитанная по R_{mc2} ;
- R_{c3} – ВБР системы, рассчитанная по R_{mc3} ;
- Q_c – усредненная вероятность отказа системы (i – номер строки):

$$Q_{ci} = 1 - \frac{P_{c1i} + P_{c2i} + P_{c3i}}{3}.$$

- f_c, λ_c – усредненные частота и интенсивность отказов системы:

$$f_{ci} = \frac{dQ_{ci}}{dt} \approx \frac{\Delta Q_{ci}}{\Delta t} = \frac{Q_{i+1} - Q_i}{t_{i+1} - t_i}; \quad \lambda_{ci} = \frac{f_{ci}}{1 - Q_{ci}}.$$

Построить:

- графики во времени надежности мостиковой схемы ($R_{mc1}(t)$, $R_{mc2}(t)$, $R_{mc3}(t)$), рассчитанной 3 методами.
- графики во времени надежности системы ($R_{c1}(t)$, $R_{c2}(t)$, $R_{c3}(t)$), рассчитанной 3 методами.
- графики во времени усредненной частоты и интенсивности (f_c, λ_c) отказов системы.

Сделать выводы по каждому из графиков.

Форма представления результата:

отчет к практической работе.

Критерии оценки:

"Отлично" - Задание выполнено полностью, без замечаний

"Хорошо" - Задание выполнено полностью, но имеются несущественные замечания

"Удовлетворительно" - Задание выполнено, но имеются существенные замечания, повлекшие к неверному решению задания

"Неудовлетворительно" - Задание не выполнено

Практическое занятие № 10

Анализ надежности структурных схем с содержанием мостиковой схемы

Цель: научиться анализировать и производить расчет структурных схем, сравнивать показатели надежности.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У 4.1.01 осуществлять технический контроль соответствия параметров устройств и функциональных блоков систем автоматизации установленным нормативам;
- У 4.1.02 рассчитывать показатели надежности устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- У 4.2.02 на основе показателей технических средств диагностики оценивать работоспособность устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;
- Уо 01.08 реализовывать составленный план;
- Уо 01.09 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 03.01 определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;
- Уо 04.03 эффективно работать в команде;
- Уо 05.01 грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке;
- Уо 07.04 использовать энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии в профессиональной деятельности по специальности;
- Уо 09.06 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;

Материальное обеспечение:

методические указания по выполнению работы

Оборудование: не требуется

Задание:

произвести расчет структурных схем, сравнить показатели надежности.

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить методические указания к работе.
- 2 Выполнить расчетное задание.
- 3 Оформить отчет к работе.

Ход работы:

На исследование поставлено 8 элементов, соединенных тремя разными способами. Время безотказной работы каждого элемента подчинено экспоненциальному закону распределения. Известны интенсивности каждого элемента: $\lambda_1=0,0001$; $\lambda_2=0,0002$; $\lambda_3=0,00016$; $\lambda_4=0,0003$; $\lambda_5=0,00019$; $\lambda_6=0,00025$; $\lambda_7=0,00023$; $\lambda_8=0,00029$. Интервал времени для расчета $\Delta t=1000$ ч.

Рассчитать:

- R_{mc1} – ВБР мостиковой схемы методом разложения по ключевому элементу;

- P_{mc2} – ВБР мостиковой схемы, рассчитанная методом преобразования треугольника в звезду;
- P_{mc3} – ВБР мостиковой схемы, рассчитанная методом преобразования звезды в треугольник;
- P_{c1} – ВБР системы, рассчитанная по P_{mc1} ;
- P_{c2} – ВБР системы, рассчитанная по P_{mc2} ;
- P_{c3} – ВБР системы, рассчитанная по P_{mc3} ;
- Q_{ci} – усредненная вероятность отказа системы (i – номер строки):

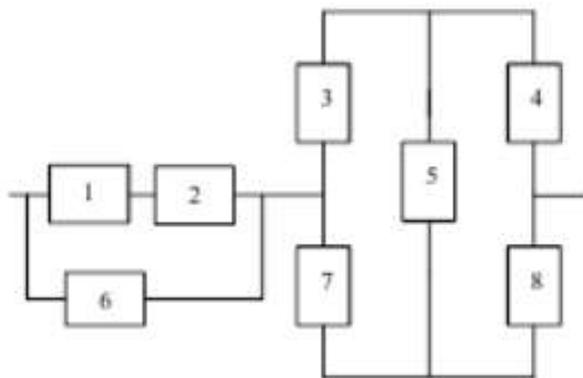
$$Q_{ci} = 1 - \frac{P_{c1i} + P_{c2i} + P_{c3i}}{3}$$

Расчет вести до практического отказа ($Q_c > 0,9$).

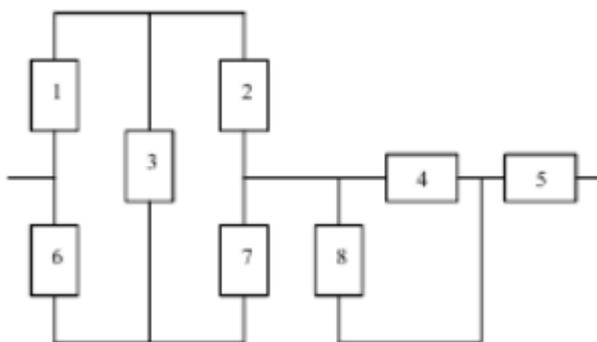
Сравнить какая из схем проработала дольше. Построить график зависимости усредненной вероятности отказа во времени для трех схем. Сделать выводы.

Схемы соединений:

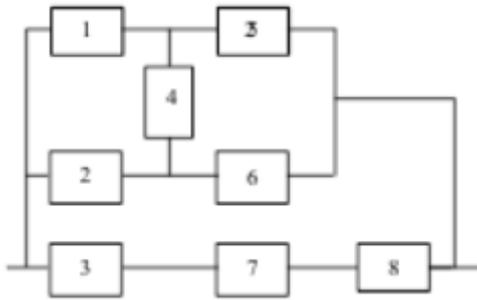
1)



2)



3)



Форма представления результата:

отчет к практической работе.

Критерии оценки:

"Отлично" - Задание выполнено полностью, без замечаний

"Хорошо" - Задание выполнено полностью, но имеются несущественные замечания

"Удовлетворительно" - Задание выполнено, но имеются существенные замечания, повлекшие к неверному решению задания

"Неудовлетворительно" - Задание не выполнено

Практическое занятие № 11

Методика определения показателей надежности по экспериментальным данным

Цель: научиться рассчитывать показатели надежности на основе экспериментальных данных

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У 4.1.01 осуществлять технический контроль соответствия параметров устройств и функциональных блоков систем автоматизации установленным нормативам;
- У 4.1.02 рассчитывать показатели надежности устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- У 4.2.02 на основе показателей технических средств диагностики оценивать работоспособность устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;
- Уо 01.08 реализовывать составленный план;
- Уо 01.09 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 03.01 определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;
- Уо 04.03 эффективно работать в команде;
- Уо 05.01 грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке;
- Уо 07.04 использовать энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии в профессиональной деятельности по специальности;
- Уо 09.06 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;

Материальное обеспечение:

методические указания по выполнению работы

Оборудование: не требуется

Задание:

на основе экспериментальных данных рассчитать показатели надежности и построить графики.

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить методические указания к работе.
- 2 Выполнить расчетное задание.
- 3 Оформить отчет к работе.

Ход работы:

Пусть под наблюдением в процессе испытаний находилось $N=10$ однотипных изделий, работающих до первого отказа. Моменты времени выхода из строя изделий известны: 42, 13, 56, 203 12, 125, 250, 147, 102, 171 часов. Количество интервалов разбиения временной шкалы 1) $m=5$ 2) $m=8$. Рассчитать показатели надежности системы и заполнить таблицу 1. Построить зависимости частоты отказов, интенсивности отказов и ВБР во времени при $m=5$ и $m=8$.

Таблица 1.

Расчёт показателей надежности

№	Интервалы	Кол-во отказов		Интенсивность отказов	Плотность распределения отказов	ВБР	Проверка
		на интервале	общее				
<i>i</i>	(t_i, t_{i+1})	Δn_i	n_i	λ_i^*	f_i^*	P_i^*	$f_i^* - \lambda_i^* P_i^* = 0$

Средняя наработка на отказ $T^* = \dots$ час.

Теоретические сведения

Пусть под наблюдением в процессе испытаний или эксплуатации находилось N однотипных изделий, работающих до первого отказа. Обозначим через $t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_{N-1}, t_N$ значения моментов времени выхода из строя рассматриваемых изделий. Общее время испытаний $t_{исп} = \max_{1 \leq k \leq N} t_k$ это наибольшая наработка до отказа (время до отказа).

Разделим весь диапазон времени испытаний на m интервалов времени (количество интервалов задано по варианту):

$$\Delta t_i = \frac{t_{исп}}{m}, \quad i = \overline{(1, m)}. \quad (1.12)$$

При этом i изменяется от 1 до m и обозначает номер интервала. Определим количество отказов Δn_i изделий, приходящихся на каждый i -интервал времени. Затем вычислим общее число отказов наблюдаемых изделий до рассматриваемого интервала времени n_i , т.е на интервале $(0; t_{i-1})$:

$$n_i = \sum_{j=1}^{i-1} \Delta n_j. \quad (1.13)$$

Статистическая оценка плотности распределения отказов определяется как

$$f_i^* = \frac{\Delta n_i}{N \cdot \Delta t_i}, \quad i = \overline{(1, m-1)}. \quad (1.14)$$

Статистическую оценку интенсивности отказов, соответствующую каждому i -му интервалу времени вычислим по формуле:

$$\lambda_i^* = \frac{\Delta n_i}{(N - n_i) \Delta t_i}, \quad i = \overline{(1, m-1)}. \quad (1.15)$$

Статистическая оценка функции надёжности изделия вычисляется как

$$p_i^* = 1 - \frac{n_i}{N}, \quad i = (\overline{1, m}), \quad (1.16)$$

где n_i – число объектов, отказавших в интервале времени $(0; t_i)$.

Для проверки правильности определения оценок показателей надёжности используется связь между показателями $\lambda(t)$, $p(t)$ и $f(t)$ вида:

$$\lambda_i^* = \frac{f_i^*}{p_i^*} \quad \text{или} \quad f_i^* = \lambda_i^* p_i^*, \quad i = (\overline{1, m}). \quad (1.17)$$

На практике для удобства интерпретации экспериментальные значения показателей надёжности $\lambda(t)$, $p(t)$ и $f(t)$ представляются в форме гистограмм или графиков.

В технической документации на изделия часто используется такой показатель как средняя наработка на отказ. Оценка средней наработки:

$$T^* = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N t_k. \quad (1.18)$$

Порядок выполнения работы

Выполнение данной практической работы включает в себя следующие этапы:

- 1) Изучение методики определения показателей надёжности по экспериментальным данным.
- 2) Сортировка выборки t_k , $k = (1, N)$ по возрастанию. Определения интервалов Δt_i , $i = (1, m)$.
- 3) Разработка и программирование алгоритмов определения значений показателей для заполнения табл. 1.
- 4) Проверка правильности вычислений с использованием выражения $\lambda_i^* p_i^* - f_i^* = 0$.
- 5) Привести расчеты показателей надёжности для двух вариантов значений m (см. вариант заданий).
- 6) Построить графики функций $\lambda(t_i)$, $f(t_i)$, $p(t_i)$ для разных m . Определить среднюю наработку на отказ.

Форма представления результата:

отчет к практической работе.

Критерии оценки:

"Отлично" - Задание выполнено полностью, без замечаний

"Хорошо" - Задание выполнено полностью, но имеются несущественные замечания

"Удовлетворительно" - Задание выполнено, но имеются существенные замечания, повлекшие к неверному решению задания

"Неудовлетворительно" - Задание не выполнено

Практическое занятие № 12

Расчет надежности технических систем и их элементов по данным условий эксплуатации и конструкции изделий

Цель: научиться рассчитывать показатели надежности по данным условий эксплуатации и конструкции изделий

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У 4.1.01 осуществлять технический контроль соответствия параметров устройств и функциональных блоков систем автоматизации установленным нормативам;
- У 4.1.02 рассчитывать показатели надежности устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- У 4.2.02 на основе показателей технических средств диагностики оценивать работоспособность устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;
- Уо 01.08 реализовывать составленный план;
- Уо 01.09 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 03.01 определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;
- Уо 04.03 эффективно работать в команде;
- Уо 05.01 грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке;
- Уо 07.04 использовать энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии в профессиональной деятельности по специальности;
- Уо 09.06 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;

Материальное обеспечение:

методические указания по выполнению работы

Оборудование: не требуется

Задание:

по данным условий эксплуатации и конструкции изделий рассчитать показатели надежности и построить графики.

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить методические указания к работе.
- 2 Выполнить расчетное задание.
- 3 Оформить отчет к работе.

Ход работы:

Задача №1.

Изделие состоит из 12 маломощных низкочастотных германиевых транзисторов, 4 плоскостных кремниевых выпрямителей, 50 керамических конденсаторов, 168 резисторов типа МЛТ, 1 силового трансформатора, 2 накальных трансформаторов, 5 дросселей и 4 катушек

индуктивности. Необходимо найти вероятность безотказной работы изделия в $t=200$ ч и среднюю наработку до первого отказа, используя экспоненциальный закон ВБР.

Для решения данной задачи используйте таблицу с величинами интенсивности отказов каждого изделия:

Интенсивность отказов элементов

Наименование и тип элемента	Количество элементов N_i	Интенсивность отказов, $ч^{-1}$	
		$\lambda_i \cdot 10^{-5}$	$N_i \lambda_i \cdot 10^{-5}$
Транзистор маломощный низкочастотный германиевый	12	0,3	
Выпрямитель плоскостной кремниевый	4	0,5	
Конденсатор керамический	50	0,14	
Резистор типа МЛТ	168	0,05	
Трансформатор силовой	1	0,3	
Трансформатор накальный	2	0,2	
Дроссель	5	0,1	
Катушка индуктивности	4	0,05	

Задача №2.

На испытании находилось 1000 однотипных ламп. Число отказавших ламп учитывалось через каждые 1000 часов работы. Требуется определить вероятность безотказной работы, частоту отказов и интенсивность отказов в функции времени, построить графики этих функций. Найти среднюю наработку на отказ.

$\Delta t_i, ч$	$n(\Delta t_i)$	$\Delta t_i, ч$	$n(\Delta t_i)$
0-1000	20	13000-14000	40
1000-2000	25	14000-15000	50
2000-3000	35	15000-16000	40
3000-4000	50	16000-17000	50
4000-5000	30	17000-18000	40
5000-6000	50	18000-19000	50
6000-7000	40	19000-20000	35
7000-8000	40	20000-21000	35
8000-9000	50	21000-22000	50
9000-10000	30	22000-23000	35
10000-11000	40	23000-24000	25
11000-12000	40	24000-25000	30
12000-13000	50	25000-26000	20

Вероятность безотказной работы определить по формуле:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}$$

Пример для первых двух моментов времени:

$$P(1000) = \frac{1000-20}{1000} = 0,98; \quad P(2000) = \frac{1000-45}{1000} = 0,955;$$

Частоту отказов определить по формуле:

$$f(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \cdot \Delta t}$$

Пример для первых двух моментов времени:

$$f(500) = \frac{20}{1000 \cdot 1000} = 0,2 \cdot 10^{-4}; \quad f(1500) = \frac{25}{1000 \cdot 1000} = 0,25 \cdot 10^{-4};$$

Интенсивность отказов определить по формуле:

$$\lambda(t) = \frac{n(\Delta t)}{\Delta t \cdot N_{cp}}$$

Где N_{cp} – среднее кол-во отказов на момент времени.

Пример для первых двух моментов времени:

$$\lambda(500) = \frac{20}{1000 \cdot \frac{(1000+980)}{2}} = 0,20 \cdot 10^{-4}; \quad \lambda(1500) = \frac{25}{1000 \cdot \frac{(980+955)}{2}} = 0,26 \cdot 10^{-4};$$

Рассчитать вероятность безотказной работы, частоту отказов и интенсивность для каждого момента времени и построить 3 графика.

Найти среднюю наработку на отказ по формуле:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i \cdot t_{cp i}}{N_0}$$

Задача №3.

В результате наблюдений за 45 образцами оборудования получены данные до первого отказа всех 45 образцов. Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, построить графики этих функций. Найти среднюю наработку на отказ.

$\Delta t_i, \text{ч}$	$n(\Delta t_i)$	$\Delta t_i, \text{ч}$	$n(\Delta t_i)$
0-5	1	40-45	0
5-10	5	45-50	1
10-15	8	50-55	0
15-20	2	55-60	0
20-25	5	60-65	3
25-30	6	65-70	3
30-35	4	70-75	3
35-40	3	75-80	1

Задача №4.

Имеются статистические данные об отказах трех групп одинаковых изделий. В каждой группе было по 100 изделий, их испытания проводились по 1 группе 550 ч, по 2 группе 400 ч и по 3 группе 200 ч. Необходимо вычислить ВБР, частоту и интенсивность отказов и построить графики этих функций. Сделать выводы.

$\Delta t_i, \text{ч}$	Количество отказов $n(\Delta t_i)$ по группам изделий		
	1 группа	2 группа	3 группа
0-25	4	6	5
25-50	8	9	8
50-75	6	5	7
75-100	3	4	5
100-150	5	5	6
150-200	4	3	3
200-250	1	3	-
250-300	2	2	-
300-400	3	4	-
400-550	5	-	-

Форма представления результата:

отчет к практической работе.

Критерии оценки:

"Отлично" - Задание выполнено полностью, без замечаний

"Хорошо" - Задание выполнено полностью, но имеются несущественные замечания

"Удовлетворительно" - Задание выполнено, но имеются существенные замечания, повлекшие к неверному решению задания

"Неудовлетворительно" - Задание не выполнено

Практическое занятие № 13

Анализ и повышение надежности системы

Цель:

- научиться анализировать вероятность безотказной работы системы для заданных интенсивностей элементов с течением времени;
- научиться определять ненадежные элементы;
- научиться применять метод повышения надежности путем резервирования ненадежных элементов.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У 4.1.01 осуществлять технический контроль соответствия параметров устройств и функциональных блоков систем автоматизации установленным нормативам;
- У 4.1.02 рассчитывать показатели надежности устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- У 4.2.02 на основе показателей технических средств диагностики оценивать работоспособность устройств и функциональных блоков систем автоматизации;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;
- Уо 01.08 реализовывать составленный план;
- Уо 01.09 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 03.01 определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;
- Уо 04.03 эффективно работать в команде;
- Уо 05.01 грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке;
- Уо 07.04 использовать энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии в профессиональной деятельности по специальности;
- Уо 09.06 читать, понимать и находить необходимые технические данные и инструкции в руководствах в любом доступном формате;

Материальное обеспечение:

методические указания по выполнению работы

Оборудование: не требуется

Задание:

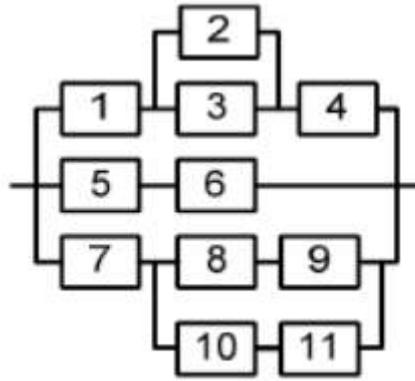
По заданной схеме рассчитать надежность системы и применить метод повышения надежности путем резервирования ненадежных элементов

Порядок выполнения работы:

- 1 Изучить методические указания к работе.
- 2 Выполнить расчетное задание.
- 3 Оформить отчет к работе.

Ход работы:

Система состоит из 11 элементов, соединённых по схеме, представленной на рисунке:



Интенсивности элементов равны: $\lambda_1=4 \cdot 10^{-6}$ 1/ч, $\lambda_2=4 \cdot 10^{-6}$ 1/ч, $\lambda_3=4 \cdot 10^{-6}$ 1/ч, $\lambda_4=3 \cdot 10^{-6}$ 1/ч, $\lambda_5=3 \cdot 10^{-6}$ 1/ч, $\lambda_6=3 \cdot 10^{-6}$ 1/ч, $\lambda_7=5 \cdot 10^{-6}$ 1/ч, $\lambda_8=1 \cdot 10^{-6}$ 1/ч, $\lambda_9=2 \cdot 10^{-6}$ 1/ч, $\lambda_{10}=1 \cdot 10^{-6}$ 1/ч, $\lambda_{11}=2 \cdot 10^{-6}$ 1/ч

Задание 1.

Необходимо определить, через сколько часов система будет близка к отказу, т.е. $Q_c \geq 0.9$. Построить график ВБР системы до момента отказа.

Задание 2.

Определить самый ненадежный(ые) элемент(ы) системы. Что необходимо сделать, чтобы повысить надежность? Рассчитайте надежность системы в тот же промежуток времени после повышения надежности элемента(ов). Построить график ВБР системы после повышения надежности.

Формулы для расчета:

Надежность при последовательном соединении

$$p_c(t) = p_1(t)p_2(t)p_3(t) \dots p_n(t),$$

Надежность при параллельном соединении:

$$p_c(t) = 1 - (1 - p_1(t))(1 - p_2(t))(1 - p_3(t)) \dots (1 - p_n(t)).$$

Закон экспоненциального распределения надежности при известной величине интенсивности

$$p(t) = \exp(-\lambda t)$$

Форма представления результата:

отчет к практической работе.

Критерии оценки:

"Отлично" - Задание выполнено полностью, без замечаний

"Хорошо" - Задание выполнено полностью, но имеются несущественные замечания

"Удовлетворительно" - Задание выполнено, но имеются существенные замечания, повлекшие к неверному решению задания

"Неудовлетворительно" - Задание не выполнено