

Министерство образования Российской Федерации

Рыбинский государственный авиационный технический университет

ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Электрические и электронные
аппараты
часть 1

*Программа дисциплины и методические
указания к выполнению контрольной работы*

Рыбинск
2012

УДК 681.532.55

Электрические и электронные аппараты. Программа дисциплины и методические указания к выполнению контрольной работы/ сост. К. Л. Лобацевич; РГАТУ имени П. А. Соловьева.– Рыбинск, 2012 – 12 с.– (Заочная форма обучения / РГАТУ им. П. А. Соловьева)

Данная программа и методические указания предназначены для самостоятельного изучения дисциплины и выполнения контрольной работы студентами специальности 140400 «Электроэнергетика и электротехника»

СОСТАВИТЕЛЬ

канд. техн. наук, К. Л. Лобацевич

ОБСУЖДЕНО

на заседании кафедры
электротехники и промышленной электроники

РЕКОМЕНДОВАНО

Методическим Советом РГАТУ имени П. А. Соловьева

ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины является изучение номенклатуры и параметров электрических аппаратов, предназначенных для изменения, регулирования, измерения и контроля электрических и неэлектрических параметров различных устройств, машин, механизмов, а также для их защиты от перегрузок при недопустимых или аварийных режимах работы.

Основными задачами изучения дисциплины являются: формирование у студентов знаний об используемых электрических и электронных аппаратах для регулирования и изменения электрических и неэлектрических параметров различных устройств; формирование знаний о параметрах электрических и электронных аппаратов, а также о выборе электрических и электронных аппаратов по определённым критериям, определяемым условиями решаемых задач.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами в курсах «Электротехника» и «Физика».

Изучение дисциплины рассчитано на 360 часов учебных занятий и разделено на 2 семестра. В первом семестре 180 часов учебных занятий, из них аудиторных – 12 часов, самостоятельная работа – 168 часов. Учебным планом предусмотрено выполнение контрольной работы, указанной в данных методических указаниях (Электрические и электронные аппараты, часть 1). Дисциплина изучается в четвертом (первая часть) и пятом (вторая часть) семестре, форма контроля – экзамен.

Контрольная работа представляет собой совокупность задач, заключающихся в выполнении технических расчётов и выборе низковольтных электрических и электронных аппаратов на основе оценки их параметров.

Контрольная работа представляется на проверку в полном объеме не позднее, чем за три дня до экзамена. Если работа не зачтена, преподаватель указывает, какую часть контрольных заданий переделать или выполнить вновь. Работа оценивается положительно, если правильно выполнено не менее 60% общего объема заданий.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Релейная защита и автоматика.

Назначение РЗА. Требования к РЗА. Основные элементы РЗА.

2. Классификация электрических аппаратов.

Классификация электрических аппаратов по степени защиты и климатическому исполнению.

3. Тепловые процессы в электрических аппаратах.

Источники теплоты в электрических и электронных аппаратах. Способы передачи тепла. Режимы работы электротехнических устройств. Термическая стойкость.

4. Электрические контакты.

Классификация электрических контактов. Контактная поверхность и контактное сопротивление. Сваривание электрических контактов.

5. Электрическая дуга.

Возникновение электрической дуги. Параметры электрической дуги. Гашение электрической дуги в электрических аппаратах.

6. Электромагнитные реле и электростатические реле.

Классификация реле. Электромагнитные, магнитоэлектрические, индукционные реле. Устройство и принцип действия. Реле времени, реле контроля фаз, реле выбора фаз, реле напряжения и реле тока, реле приоритета, реле защиты двигателя, термисторные реле защиты, фотореле, температурные реле. Назначение, основные параметры.

7. Контактторы и пускатели.

Виды контакторов. Виды пускателей. Особенности конструкции. Основные технические параметры.

8. Автоматические выключатели.

Особенности конструкции. Виды автоматических выключателей. Виды расцепителей. Основные параметры автоматических выключателей.

9. Устройство защитного отключения. Классификация. Устройство, принцип работы. Основные параметры.

10. Предохранители, основные виды и основные технические параметры. Выбор плавких вставок. Быстродействующие предохранители.

11. Рубильники. Переключатели. Пакетные выключатели. Назначение, устройство, параметры.

12. Трансформаторы тока. Виды, конструкция, назначение.

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Акимов Е. Г. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. т1. Электромеханические аппараты: учебник для студ. высш. учебн. завед. / Е. Г. Акимов. – М.: Академия, 2010. – 352 с.
2. Акимов Е. Г. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т2. Электромеханические аппараты: учебник для студ. высш. учебн. завед. / Е. Г. Акимов. – М.: Академия, 2010. – 352 с.

Дополнительная:

1. Ю. К. Розанов. Электрические и электронные аппараты : Учебник для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Ю. К. Розанов . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Информэлектро, 2001 . – 420 с. - Приложение CD-ROM
2. Правила устройства электроустановок. Издание седьмое. (актуально на 2013 год).

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ И ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебный материал дисциплины достаточно полно изложен в книгах списка основной литературы. Дополнительная литература рекомендуется с целью более глубокой проработки отдельных разделов программы для лучшего освоения материала. Кроме этого, для поиска необходимой информации рекомендуется использование сети Интернет.

Изучение дисциплины рекомендуется проводить последовательно в порядке перечисления разделов рабочей программы: вначале изучить основные физические процессы в электрических и электронных аппаратах. Затем изучить непосредственно различные виды электрических аппаратов и выполнить соответствующие контрольные задания.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Расчет переходного процесса при активно-индуктивной нагрузке

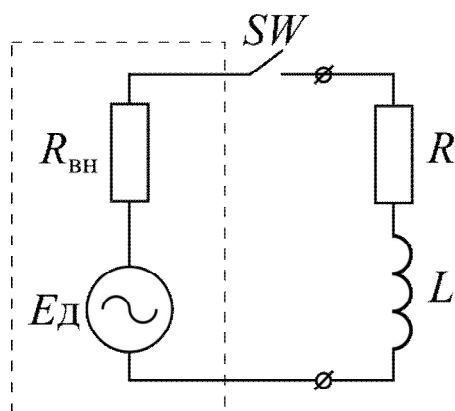


Рисунок 1 – Схема для расчета переходного процесса

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

№ вар	Ед, В	R _{вн} , Ом	R, Ом	L, мГн
1	127	0,1	2,9	50
2	220	0,12	5	85
3	380	2	6	120
4	127	0,12	3	45
5	220	1,1	3	70
6	380	2,5	4	100
7	127	0,08	3	55
8	220	0,8	2	50
9	380	2,5	7	170
10	127	0,13	2	30
11	220	1,2	4	76
12	380	1,9	6,3	150
13	127	0,1	5	70
14	220	0,8	6	95
15	380	2,4	7,2	131
16	127	0,15	3,3	53
17	220	1,3	4	67
18	380	2,6	5,4	147
19	127	0,12	4,1	59
20	220	0,8	6	120
21	380	2,1	4,1	122
22	127	0,09	1,8	35
23	220	0,3	4	84
24	380	1,9	11	165

Активно-индуктивная нагрузка сопротивлением R и индуктивностью L при замыкании ключа SW подключается к источнику питания с действующим значением синусоидальной ЭДС E_d и частотой сети 50 Гц, внутренним сопротивлением $R_{вн}$ (смотри рисунок 1). Необходимо:

1. Рассчитать переходный процесс для тока в цепи с учётом того, что до коммутации он равен 0;
2. Определить длительность переходного процесса;
3. Построить график изменения тока в цепи в течение переходного процесса.

Задание 2. Выбор пускателя для управления асинхронным двигателем

Таблица 2

№ вар	Электродвигатели	$P_{ном}$, кВт	КПД, %	$\cos \phi$	I_n / I_n	Режим
1	АИР 112 М2	7,5 кВт	87,5	0,88	7,5	Р
2	АИР 112 М4	5,5 кВт	85,5	0,86	7	Р
3	АИР 112 М2	7,5 кВт	87,5	0,88	7,5	НР
4	АИР 112 М4	5,5 кВт	85,5	0,86	7	НР
5	АИР 112 МА6	3 кВт	81	0,76	6	Р
6	АИР 112 МВ6	4 кВт	82	0,81	6	Р
7	АИР 112 МА6	3 кВт	81	0,76	6	НР
8	АИР 112 МВ6	4 кВт	82	0,81	6	НР
9	АИР 112 МА8	2,2 кВт	76,5	0,71	6	Р
10	АИР 112 МВ8	3 кВт	79	0,74	6	Р
11	АИР 112 МА8	2,2 кВт	76,5	0,71	6	НР
12	АИР 112 МВ8	3 кВт	79	0,74	6	НР
13	АИР 132 М2	11 кВт	88	0,9	7,5	Р
14	АИР 132 S4	7,5 кВт	87,5	0,86	7,5	Р
15	АИР 132 М2	11 кВт	88	0,9	7,5	НР
16	АИР 132 S4	7,5 кВт	87,5	0,86	7,5	НР
17	АИР 132 М4	11 кВт	88,5	0,85	7,5	Р
18	АИР 132 S6	5,5 кВт	85	0,8	7	Р
19	АИР 132 М4	11 кВт	88,5	0,85	7,5	НР
20	АИР 132 S6	5,5 кВт	85	0,8	7	НР
21	АИР 132 М6	7,5 кВт	85,5	0,81	7	Р
22	АИР 132 S8	4 кВт	83	0,7	6	Р
23	АИР 132 М6	7,5 кВт	85,5	0,81	7	НР
24	АИР 132 S8	4 кВт	83	0,7	6	НР

Выбрать двигатель из таблицы 2 в соответствии с номером варианта. Режим работы двигателя указан Р – реверсивный, НР – не реверсив-

ный. Напряжение 3x380 В. Двигатель имеет лёгкие условия пуска и работает в номинальном режиме S1, категория применения АС-3, АС-4. Для данного типа двигателя определить:

1. Номинальный ток
2. Пусковой ток
3. Ударный пусковой ток
4. По рассчитанным параметрам осуществить выбор пускателя (как минимум 2-х производителей, с указанием цены и источника цены). Если для режима Р невозможно выбрать реверсивный пускатель, то необходимо выбрать 2 одинаковых нереверсивных пускателя.
5. Если в пускатель не встроено тепловое реле, то необходимо отдельно выбрать тепловое реле

Задание 3. Выбор автоматического выключателя и контактора для включения резистивного нагревателя.

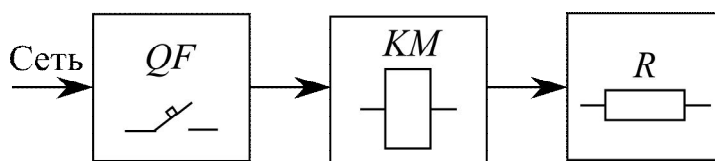


Рисунок 2 – Структура схемы включения нагревателя

Таблица 3.

№ вар	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	кол-во фаз	$I_{макс}/I_n$
1	2,2	220	1	1,5
2	2,5	220	1	1,6
3	2,8	220	1	1,3
4	3	220	1	1,4
5	4	220	1	1,5
6	8	220	1	1,6
7	9	220	1	1,3
8	10	380	1	1,4
9	11	380	1	1,5
10	12	380	1	1,6
11	8	380	1	1,3
12	9	380	1	1,4
13	10	380	1	1,5
14	11	380	1	1,6
15	12	380	1	1,3
16	8	380	3	1,4

17	9	380	3	1,5
18	10	380	3	1,5
19	11	380	3	1,3
20	12	380	3	1,6
21	8	380	3	1,5
22	9	380	3	1,5
23	10	380	3	1,3
24	11	380	3	1,6

Выбрать параметры нагревателя в соответствии с номером варианта. Нагреватель является активной нагрузкой и работает в продолжительном режиме. Для вариантов 16-24 нагреватель включен по схеме треугольник.

Рассчитать номинальный ток нагревателя и максимально допустимый ток в цепи. Исходя из рассчитанных значений, выбрать автоматический выключатель QF и контактор КМ для управления включением/выключением нагревателя (смотри рисунок 2). Выбор производить как минимум из 2-х фирм-производителей (как для автоматического выключателя, так и для контактора) с указанием цен и источников цен.

ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

Задание 1. Рассчитать переходный процесс в активно-индуктивной цепи с параметрами $E_d = 220$ В, $f = 50$ Гц, $R_{вн} = 0,5$ Ом, $R = 3$ Ом, $L = 70$ мГн (схема на рисунке 1).

Решение.

Обозначим $R_{общ} = R_{вн} + R_n = 0,5 + 3 = 3,5$ Ом.

В соответствии с классическим методом расчета переходных процессов, составим уравнение цепи с использованием законов Ома и Кирхгофа для мгновенных значений:

$$R_{общ} \cdot i + L \frac{di}{dt} = e(t).$$

Для нахождения переходного процесса решим полученное дифференциальное уравнение в виде $i = i_s + i_{св}$. Для нахождения свободной составляющей решим соответствующее однородное уравнение (правая часть равна 0):

$$R_{общ} \cdot i + L \frac{di}{dt} = 0.$$

Составим характеристическое уравнение и найдём его решение:

$$R_{общ} + L \cdot p = 0, \text{ откуда } p = -\frac{R_{общ}}{L}. \text{ Так как корень характеристического уравнения единственный и вещественный, то свободная составляющая будет иметь вид:}$$

Установившуюся составляющую тока найдём символическим методом, при этом ключ SW замкнут. Составим уравнение по 2-ому закону Кирхгофа в символическом виде:

$$i_{св} = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}, \text{ где } \tau = -\frac{1}{p} = 0,02 \text{ с. Таким образом, } i_{св} = A \cdot e^{-\frac{t}{0,02}}.$$

Установившуюся составляющую тока найдём символическим методом, при этом ключ SW замкнут. Составим уравнение по 2-ому закону Кирхгофа в символическом виде:

$$R_{общ} \cdot \dot{I} + j \cdot X_L \cdot \dot{I} = \dot{E}, \text{ откуда } \dot{I} = \frac{\dot{E}}{R_{общ} + j \cdot X_L} = 9,87 \cdot e^{j-1,41} \text{ А.}$$

$$\text{Таким образом, } i_s = I_m \sin(\omega t + \psi_i) = 9,87 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(314t - 1,41).$$

Решением уравнения является $i = i_s + i_{св}$, таким образом:

$$i = i_s + i_{св} = A \cdot e^{-\frac{t}{0,02}} + 9,87 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(314t - 1,41).$$

Постоянную интегрирования A найдём по 1-ому закону коммутации.

В начале коммутации при $t=0$ ток тоже равен 0. Таким образом,

$$A = -9,87 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(-1,41) \text{ и ток описывается уравнением}$$

$$i = i_s + i_{св} = -13,97 \cdot \sin(-1,41) e^{-\frac{t}{0,02}} + 13,97 \cdot \sin(314t - 1,41).$$

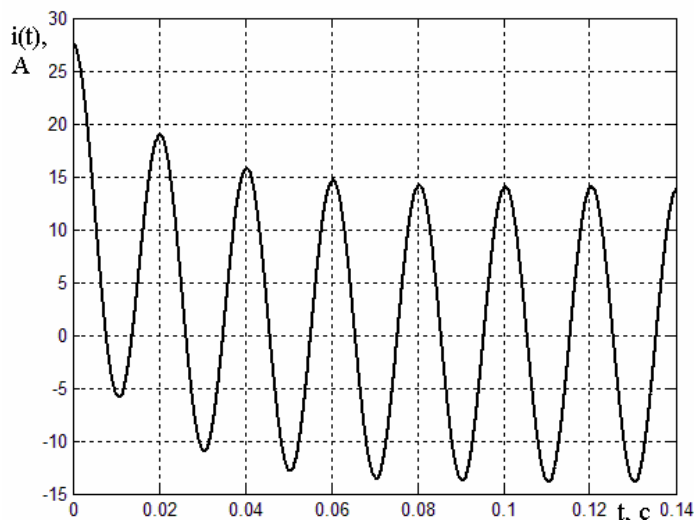


Рисунок 3 – график переходного процесса

Задание 2. Выбрать пускатель для асинхронного двигателя АИР100L8 с параметрами $U_{ном} = 380$ В; $P_{ном} = 1,5$ кВт; $\eta_{ном} = 76,5$ %; $\cos \varphi = 0,7$; $I_{п}/I_{н} = 3,7$; режим нереверсивный, S1.

Решение.

Определим номинальный и пусковой токи двигателя.

$$I_{ном.дв} = \frac{P_{ном} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \eta_{ном} \cdot \cos \varphi} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,765 \cdot 0,7} = 4,26 \text{ А};$$

$$I_{пуск} = 3,7 I_{ном.дв} = 15,76 \text{ А}.$$

Определим амплитудное значение пускового ударного тока.

$$i_{уд.пуск} = 1,4 \sqrt{2} I_{пуск} = 31,2 \text{ А}.$$

Пускатель выбираем исходя из заданных параметров двигателя, а также рассчитанных токовых параметров двигателя. При этом номинальный коммутируемый ток пускателя должен быть больше 6-ти пусковых токов двигателя и больше 10-ти ударных пусковых токов.

Задание 3. Выбрать автоматический выключатель и контактор для включения резистивного нагревателя с параметрами:

$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	кол-во фаз	$I_{макс}/I_{н}$
1,2	220	1	1,1

Решение.

Определим токовые параметры нагревателя. Номинальный ток, потребляемый нагревателем в процессе работы, определим по формуле:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{U_{ном}} = \frac{1,2 \cdot 10^3}{220} = 5,45 \text{ А}$$

Максимально допустимый ток равен

$$I_{макс} = 1,1 \cdot I_{ном} = 6 \text{ А}.$$

Автоматический выключатель и контактор выбираются таким образом, чтобы ток срабатывания автоматического выключателя был больше номинального тока нагревателя, но меньше или равен максимально допустимого.

Для заданий 2, 3 можно использовать продукцию фирм АВВ, Merlin Gerin, Shneider Electric, IEK, EKF, Mitsubishi, LS и других фирм.

СПИСОК ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ

1. Релейная защита и автоматика. Назначение РЗА. Требования к РЗА. Основные элементы РЗА.
2. Классификация электрических аппаратов.
3. Классификация по степени защиты и климатическому исполнению.
4. Тепловые процессы в электрических аппаратах. Источники теплоты, способы передачи тепла.
5. Режимы работы электротехнических устройств. Термическая стойкость.
6. Электрические контакты. Контактная поверхность и контактное сопротивление. Сваривание электрических контактов.
7. Электрическая дуга. Гашение электрической дуги.
8. Электромеханические реле и электростатические реле. Классификация реле. Электромагнитные, магнитоэлектрические, индукционные реле. Устройство и принцип действия.
9. Реле контроля фаз, реле выбора фаз, реле напряжения и реле тока, реле приоритета, фотореле, реле времени. Назначение, параметры.
10. Реле защиты двигателя, термисторные реле защиты, температурные реле. Назначение, основные параметры.
11. Герметичные контакты. Виды, конструкция, назначение.
12. Контактторы. Виды, особенности конструкции. Основные технические параметры.
13. Пускатели. Виды, особенности конструкции. Основные технические параметры.
14. Автоматические выключатели. Особенности конструкции. Виды автоматических выключателей. Виды расцепителей. Основные параметры автоматических выключателей.
15. Устройство защитного отключения. Классификация. Устройство, принцип работы. Основные параметры.
16. Предохранители, основные виды и основные технические параметры.
17. Рубильники. Переключатели. Пакетные выключатели. Назначение, устройство, параметры.
18. Трансформаторы тока. Виды, конструкция, назначение.