

Разработчик:

Преподаватель Авиационного колледжа ДГТУ _____ Раковец В.В.

«__» _____ 2023г.

Методические рекомендации по выполнению практических работ рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)»

Протокол № 1 от «31» августа 2023г.

Председатель цикловой комиссии _____ Захаренко Н.И.

«__» _____ 2023г.

Методические рекомендации по выполнению практических работ предназначены для обучающихся специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)

Одобрены на заседании педагогического совета Авиационно-технологического колледжа, протокол № 1 от 31.08.2023 г.

Председатель педагогического совета _____ В.А.Зибров

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ	6
ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ	7
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. Расчет основных параметров однофазного трансформатора	8
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2. Построение внешней характеристики трехфазного трансформатора	11
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3. Расчет основных параметров трехфазного трансформатора	15
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4. Расчет основных параметров асинхронных электродвигателей переменного тока	18
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5. Расчет основных параметров трехфазного синхронного генератора	22
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6. Расчет основных параметров трехфазного синхронного двигателя	25
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7. Расчет генераторов постоянного тока независимого возбуждения	28
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8. Расчет генератора постоянного тока параллельного возбуждения	31
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9. Расчет двигателей постоянного тока параллельного возбуждения	35
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10. Расчет двигателей постоянного тока последовательного возбуждения	38
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11. Изучение работы и конструкции контактора переменного тока	42
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12. Изучение работы и конструкции магнитного пускателя	46
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 13. Изучение работы и конструкции электромагнитного реле тока и напряжения	49
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 14. Изучение работы и конструкции различных типов реле времени	53
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 15. Изучение различных типов автоматических выключателей	57
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 16. Исследование работы бесконтактных коммутационных устройств	63
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 17. Выбор электрических и электронных аппаратов по заданным техническим условиям и проверка их на соответствие заданным режимам работы	69
Список литературы	76

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания составлены в соответствии с программой профессионального модуля ПМ01 Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям) и предназначены для выполнения практических работ по МДК.01.01 Электрические машины и аппараты очной формы обучения, но могут быть использованы и для других электротехнических дисциплин, содержащих раздел Электрические машины.

Междисциплинарный курс Электрические машины и аппараты базируется на знании учебных дисциплин и прежде всего математики, физики электротехники и электроники.

Дидактическая цель практических работ – осмыслить и закрепить материал лекций, а также получить первые навыки технических расчетов на примерах решения конкретных задач.

Предлагаемые методические указания содержат примеры решения задач, составленные в помощь студентам, изучающим вопросы расчета параметров электрических машин, разработки электрических схем запуска машин постоянного и переменного тока, а так же вопросы основ электрических аппаратов. Главная задача методических указаний заключается в том, чтобы ознакомить студентов с основными приемами по использованию теоретических положений, излагаемых в МДК.01.01 Электрические машины и аппараты и научить пользоваться данными, которые могут быть получены в условиях практической работы.

Методические указания включают в себя задачи по расчету: трансформаторов, асинхронных трехфазных двигателей, синхронных машин переменного тока и машин постоянного тока, а также изучение работы и конструкции некоторых видов электрических аппаратов низкого напряжения.

В связи с этим предусмотрены работы по всем основным разделам курса.

В данный сборник входит 18 практических работ, в каждой работе даются краткие методические указания, и их следует строго выполнять. Далее указаны номер, наименование и количество часов, отведенного на каждую работу.

В результате выполнения практических работ студент должен:

уметь:

- определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;

знать:

- технические параметры, характеристики и особенности различных видов электрических машин;

ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Номер работы	Тема	Наименование работы
1	2	3
1	1.1	Расчет основных параметров однофазного трансформатора
2	1.1	Построение внешней характеристики трансформатора
3	1.1	Расчет основных параметров трехфазного трансформатора
4	1.2	Расчет основных параметров асинхронных электродвигателей переменного тока.
5	1.2	Расчет основных параметров трехфазного синхронного генератора.
6	1.2	Расчет основных параметров трехфазного синхронного двигателя.
7	1.3	Расчет генераторов постоянного тока независимого возбуждения.
8	1.3	Расчет генераторов постоянного тока параллельного возбуждения.
9	1.3	Расчет двигателей постоянного тока параллельного возбуждения.
10	1.3	Расчет двигателей постоянного тока последовательного возбуждения.
11	1.4	Изучение работы и конструкции контактора переменного тока.
12	1.4	Изучение работы и конструкции магнитного пускателя
13	1.4	Изучение работы и конструкции электромагнитного реле тока и напряжения.
14	1.4	Изучение работы и конструкции различных типов реле времени.
15	1.4	Изучение различных типов автоматических выключателей.
16	1.4	Изучение работы бесконтактных коммутационных устройств.
17	1.4	Выбор электрических и электронных аппаратов по заданным техническим условиям и проверка их на соответствие заданным режимам работы.

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Практические работы по МДК.01.01 Электрические машины и аппараты проводятся в лекционной аудитории.

Перед выполнением практических работ студент должен строго выполнить весь объем домашней подготовки; знать, что выполнению каждой работы предшествует проверка готовности студента.

При выполнении работ студент должен самостоятельно изучить методические рекомендации по проведению конкретной работы; выполнить соответствующие расчеты; пользоваться справочной и технической литературой; подготовить ответы на контрольные вопросы.

Изучая теоретическое обоснование, студент должен иметь в виду, что основной целью изучения теории является умение применить ее на практике для решения практических задач.

При решении задач рекомендуется сначала наметить ход решения. В случае простых задач рекомендуется сначала найти решение в общем виде, лишь в конце подставляя числовые значения. В случае задач с большим вычислением рекомендуется после того, как намечен ход решения, подставлять числовые значения и проводить вычисления в промежуточных формулах.

После выполнения работы студент должен представить отчет о проделанной работе с полученными результатами и выводами и устно ее защитить. Отчеты по практическим работам выполняются в отдельной тетради в клетку. Необходимо оставлять поля шириной 25...30 мм для замечаний преподавателя.

Все схемы и рисунки, сопровождающие выполнение практических работ выполняются карандашом в соответствии с требованиями ГОСТ.

При отсутствии студента по неуважительной причине студент выполняет работу самостоятельно, в свое личное время и защищает на консультации по указанию преподавателя.

Неаккуратное выполнение практической работы, несоблюдение принятых правил и плохое оформление чертежей и схем могут послужить причиной возвращения работы для доработки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Тема: Расчет основных параметров однофазного трансформатора.

Цель: Приобрести навыки расчета основных параметров однофазных трансформаторов.

Студент должен знать:

- технические параметры однофазного трансформатора;

уметь:

- рассчитывать основные параметры однофазных трансформаторов.

Теоретическое обоснование

Основными параметрами трансформаторов являются:

- 1) Номинальная мощность $S_{ном}$. Это полная мощность (кВА), которую трансформатор, установленный на открытом воздухе, может непрерывно отдавать в течение своего срока службы (20...25 лет) при номинальном напряжении.
- 2) Номинальное первичное напряжение $U_{ном1}$. Это напряжение, на которое рассчитана первичная обмотка трансформатора.
- 3) Номинальное вторичное напряжение $U_{ном2}$. Это напряжение на выводах вторичной обмотки трансформатора при холостом ходе и номинальном первичном напряжении. При нагрузке вторичное напряжение U_2 снижается из-за потерь в трансформаторе.
- 4) Номинальный первичный и вторичный токи $I_{ном1}$ и $I_{ном2}$. Это токи, вычисленные по номинальной мощности и номинальным напряжениям. Для однофазного трансформатора

$$I_{ном1} = \frac{S_{ном}}{U_{ном1}\eta} \quad I_{ном2} = \frac{S_{ном}}{U_{ном2}} \quad (1.1)$$

где η - к.п.д. трансформатора.

Эта величина близка к 1,0 из-за малых потерь в трансформаторе. На практике при определении токов принимают $\eta = 1,0$.

Трансформаторы чаще всего работают с нагрузкой меньше номинальной. Поэтому вводят понятие о коэффициенте нагрузки k_n , который равен отношению мощности, отдаваемой трансформатором потребителю к номинальной мощности трансформатора. Значения отдаваемых трансформатором активной и реактивной мощностей зависят от коэффициента мощности потребителя $\cos \varphi_2$:

$$P_2 = S_{ном} \cdot \cos \varphi_2; \quad Q = S_{ном} \varphi \sin \varphi_2. \quad (1.2)$$

Ход работы

Задание содержит задачу на расчет однофазного трансформатора. Для каждого варианта необходимо выполнить следующее:

- 1) Произвести расчеты для задачи. Расчеты сопровождайте пояснениями.
- 2) Изобразить схему включения однофазного трансформатора в соответствии с заданием. При изображении схемы соблюдайте правило начертания схем и элементов.

- 3) Подготовить ответы на контрольные вопросы.
- 4) Оформить отчет по практической работе.

Задача

Для питания пониженным напряжением цепей управления электродвигателями на пульте установлен однофазный трансформатор номинальной мощностью $S_{\text{ном}}$. Номинальные напряжения обмоток $U_{\text{ном1}}$ и $U_{\text{ном2}}$; номинальные токи $I_{\text{ном1}}$ и $I_{\text{ном2}}$. Коэффициент трансформации равен K . Числа витков обмоток w_1 и w_2 . Магнитный поток в магнитопроводе Φ_m . Частота тока сети $f = 50$ Гц. Трансформатор работает с номинальной нагрузкой. Потерями в трансформаторе можно пренебречь. Используя данные трансформатора, указанные в таблице 1.1, определить все неизвестные величины, отмеченные прочерками в таблице вариантов. Начертить схему включения такого трансформатора в сеть. Ко вторичной обмотке присоединить нагрузку в виде обычного резистора R_n . Для включения и отключения нагрузки предусмотреть рубильник, а для защиты сетей от токов короткого замыкания включить в цепь обоих обмоток предохранители.

Таблица 1.1 – Данные для расчета

Номер варианта	$S_{\text{ном}}$, ВА	$U_{\text{ном1}}$, В	$U_{\text{ном2}}$, В	$I_{\text{ном1}}$, А	$I_{\text{ном2}}$, А	w_1	w_2	K	Φ_m Вб
1	-	380	-	1,43	-	-	-	15,8	0,005
2	-	220	24	-	33,4	198	-	-	-
3	1600	-	12	-	-	770	-	31,6	-
4	-	127	-	4,72	25	-	108	-	-
5	3200	380	36	-	-	-	-	-	0,025
6	-	220	24	3,64	-	-	-	-	0,005
7	500	-	-	1,0	-	750	54	-	-
8	-	220	-	-	20,8	400	22	-	-
9	250	500	-	-	-	-	-	20,8	0,0015
10	-	-	12	3,2	-	3000	-	41,6	-
11	400	-	12	-	-	-	-	18,3	0,02
12	-	-	36	1,0	-	-	-	13,9	0,003
13	-	380	-	4,2	-	-	24,4	-	0,002
14	600	220	-	-	-	4970	-	6,12	-
15	-	-	24	-	25	573	-	-	0,001
16	-	500	-	-	13,9	-	-	13,9	0,003
17	100	-	24	-	-	-	30	15,8	-
18	-	-	24	0,5	10,4	-	-	-	0,0018
19	-	380	-	-	133	770	-	31,6	-
20	800	-	-	3,64	-	-	22	9,18	-

Контрольные вопросы

- 1) Приведите определения номинальных параметров трансформатора: мощности; напряжений обмоток; токов.
- 2) Что определяет коэффициент нагрузки трансформатора?
- 3) Как изменяется вторичное напряжение при увеличении нагрузки и почему?
- 4) Как изменится соотношение между активной и реактивной мощностями, отдаваемыми трансформатором, при увеличении коэффициента мощности потребителя до 1,0?

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Решение задачи с пояснениями.
- 3) Схема включения однофазного трансформатора.
- 4) Ответы на контрольные вопросы.

Список литературы

- 1) Игнатович, В.М. Электрические машины и трансформаторы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.М. Игнатович, С.Ш. Ройз. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2013 . – 182 с.(ЭБС Znanium.com). Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=673035>

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Тема: Построение внешней характеристики трехфазного трансформатора.

Цель: Научиться рассчитывать и строить внешнюю характеристику трехфазного трансформатора.

Студент должен *знать*:

- зависимость изменения напряжения от характера нагрузки трансформатора;
уметь:

- производить расчет и построение внешней характеристики трансформатора.

Теоретическое обоснование

Внешняя характеристика трансформатора представляет собой зависимость между вторичным током и напряжением при изменении нагрузки, неизменном значении первичного напряжения U_1 и заданном коэффициенте мощности $\cos\varphi_2$ во вторичной цепи.

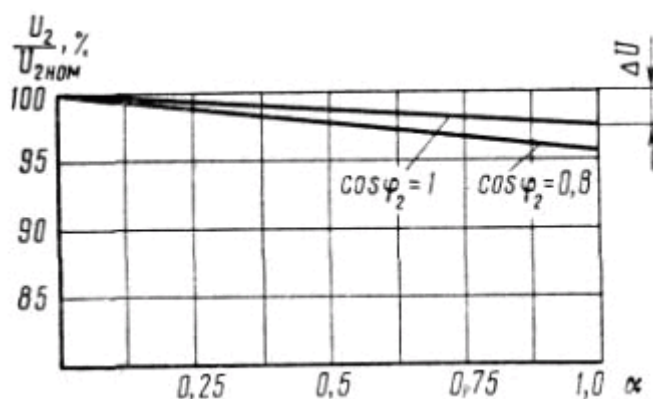


Рисунок 2.1 – Внешняя характеристика трансформатора

Вторичное напряжение U_2 при нагрузке отличается от напряжения холостого хода на величину изменения напряжения, которое зависит от величины нагрузки.

Внешняя характеристика может быть построена как по расчетным данным активного и индуктивного падений напряжения (расчетная внешняя характеристика), так и по опытным данным (внешняя характеристика конкретного трансформатора). Построение внешней характеристики показано на рисунке 2.1. По оси ординат откладывается вторичное напряжение U_2 , а по оси абсцисс - величина нагрузки α (в % или долях от номинальной мощности). Начальная точка внешней характеристики начинается от ординаты, равной $U_{2ном}$, а другой ее конец, против абсциссы $\alpha = 1$ (т. е. при номинальной нагрузке), будет опущен против начала на величину ΔU - изменения напряжения.

Так как изменение напряжения пропорционально нагрузочному току I_2 , то внешняя характеристика практически представляет прямую линию. На рисунке 2.1 построены две внешние характеристики – для $\cos\varphi_2=1$ и $\cos\varphi_2=0,8$.

Положения характеристик зависят от мощности и характера нагрузки трансформатора и при малой мощности они могут поменяться местами (при активной и активно-индуктивной нагрузках).

Ход работы

- 1) Прочитать теоретическое обоснование.
- 2) Выписать данные для своего варианта.
- 3) Решить задачу. Расчеты сопровождайте пояснениями.
- 4) Ответить на контрольные вопросы.

Задача 3

Для трехфазного силового трансформатора известны следующие технические данные: номинальная мощность $S_{\text{ном}}$ номинальное первичное напряжение $U_{1\text{ном}}$ номинальное вторичное напряжение $U_{2\text{ном}}$, напряжение короткого замыкания u_k , мощность потерь короткого замыкания p_k , мощность потерь холостого хода p_0 , коэффициент мощности нагрузки $\cos\varphi_2$, мощность нагрузки P_2 , максимальная магнитная индукция в сердечнике $B_{\text{тах}}$, число витков первичной обмотки w_1 . Используя данные таблицы 2.1, определить:

- 1) Номинальные токи трансформатора и токи при заданной нагрузке.
- 2) Коэффициент нагрузки.
- 3) КПД трансформатора при заданной нагрузке, наибольший КПД,
- 4) Напряжение на зажимах вторичной обмотки при заданной нагрузке, а также при коэффициентах нагрузки $\beta = 0,25; 0,5; 0,75, 1$.
- 5) Построить внешнюю характеристику трансформатора.

Таблица 2.1 - Исходные данные к задаче

Величины	варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_{\text{ном2}}$, кВА	630	400	160	160	250	25	63	40	100	100
$U_{\text{ном1}}$, В	10	10	6	10	10	6	6	6	6	10
$U_{\text{ном2}}$, В	0,69	0,69	0,4	0,69	0,4	0,4	0,23	0,4	0,23	0,4
u_k , %	5,5	4,5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5
p_k , кВт	7,6	5,5	2,65	2,65	3,7	0,6	1,28	0,88	1,97	1,97
P_0 , кВт	1,31	0,95	0,51	0,51	0,74	0,13	0,24	0,175	0,33	0,33
$\cos\varphi_2$	0,8	0,85	0,8	0,9	0,9	1,0	0,85	0,8	1,0	0,9
P_2 , кВт	400	250	100	72	150	20	40	16	75	45
w_1 , витков	750	1300	900	900	1025	1185	1000	600	1200	1200

Методические рекомендации к решению задачи

- 1) Определить номинальные токи в трансформаторе по формуле 1.13, с.25, (1).
- 2) Определить ток во вторичной обмотке трансформатора при заданной нагрузке:

$$I_2 = \frac{P_2}{\sqrt{3}U_{2\text{ном}}\cos\varphi_2}$$

- 3) Определить коэффициент нагрузки по формуле 1.71 с. 52, (1).
- 4) Определить ток в первичной обмотке при заданной нагрузке

$$I_1 = \beta I_{1\text{ном}}$$

- 5) Определить КПД трансформатора при заданной нагрузке по формуле 1.79 с. 56, (1).
- 6) Максимальный КПД соответствует следующему значению коэффициента нагрузки по формуле 1.80 с. 56, (1).
- 7) Определим напряжение на зажимах вторичной обмотки при заданной нагрузке, а также при коэффициентах нагрузки $\beta = 0,25; 0,5; 0,75; 1$.
Процентное изменение напряжения на вторичной обмотке

$$\Delta U_2\% = \beta(U_a \cos\varphi_2 \pm U_p \sin\varphi_2)$$

составляющие короткого замыкания

$$U_a = \frac{P_k}{S_{ном}} \cdot 100\%$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 \pm U_a^2}$$

знак «+» соответствует индуктивной нагрузке, знак «-» соответствует емкостной нагрузке. Результаты расчета рекомендуется свести в таблицу 2.1

Таблица 2.1 – результаты расчета внешней характеристики

Коэффициент нагрузки, β	изменение напряжения $\Delta U_2\%$	
	при индуктивной нагрузке	при емкостной нагрузке
номинальный		
0,25		
0,5		
0,75		
1		

- 8) Строим внешнюю характеристику трансформатора.

Контрольные вопросы

- 1) Что называется внешней характеристикой трансформатора?
- 2) Что называется коэффициентом нагрузки?
- 3) От чего зависит изменение напряжения на вторичной обмотке трансформатора?
- 4) Когда трансформатор работает с максимальным КПД и как определить для этого состояния коэффициент нагрузки?
- 5) Почему трансформатор имеет жесткую внешнюю характеристику?
- 6) Какие при нагрузке трансформатора потери считаются постоянными и какие переменными и почему?

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Решение задачи с пояснениями.
- 3) Сетевой график и краткое описание построения (рисунок 1.3).
- 4) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Игнатович, В.М. Электрические машины и трансформаторы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.М. Игнатович, С.Ш. Ройз. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2013 . – 182 с.(ЭБС Znanium.com).
Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=673035>

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Тема: Расчет основных параметров трехфазного трансформатора.

Цель: Углубление теоретических знаний и приобретение практических навыков расчета параметров трехфазных трансформаторов.

Студент должен *знать*:

- устройство и параметры трехфазных трансформаторов;

уметь:

- производить расчет основных параметров трехфазных трансформаторов.

Теоретическое обоснование

Для передачи энергии не применяют однофазный переменный ток. Для этих целей получил широкое распространение трехфазный ток. Поэтому большинство трансформаторов являются трехфазными.

Можно трансформировать трехфазный ток, пользуясь тремя однофазными трансформаторами, первичные и вторичные обмотки которых соединены в трехфазную систему - в звезду или треугольник.

Магнитопровод трехфазного трансформатора состоит из трех стержней, замыкаемых сверху и снизу ярами (рисунок 3.1). На каждый из стержней насаживают по одной первичной и вторичной обмотке. Первичные обмотки соединяют в звезду или треугольник, так же соединяют и вторичные обмотки. Стержень с обмотками представляет собой однофазный трансформатор. Поэтому все, что было сказано ранее об однофазном трансформаторе, целиком относится и к отдельной фазе трехфазного.

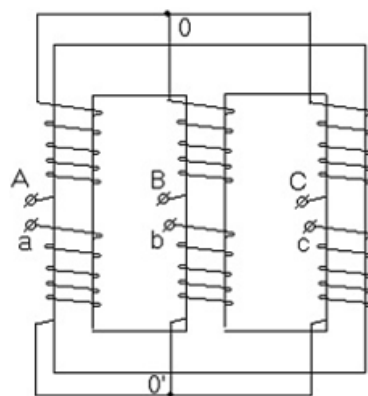


Рисунок 3.1 - Схема трехфазного трехстержневого трансформатора

В каждом стержне трехфазного трансформатора возникает магнитный поток, созданный током первичной обмотки. Но каждая первичная обмотка принадлежит одной из фаз трехфазной системы. Поэтому протекающие по обмоткам токи, так же как и приложенные напряжения, являются трехфазными, следовательно, магнитные потоки тоже трехфазные.

Номинальные данные трехфазных трансформаторов указываются в паспорте и на специальном щитке трансформатора. К ним относятся

- номинальная полная мощность $S_{\text{ном}}$, КВА,
- номинальное линейное напряжение $U_{\text{л.ном}}$, В или кВ,
- номинальный линейный ток $I_{\text{л.ном}}$, А,
- номинальная частота f , Гц,

- число фаз,
- схема и группа соединения обмоток,
- напряжение короткого замыкания U_k , %,
- режим работы,
- способ охлаждения.

Полная мощность трех фаз трансформатора:

$$S_{ном} = \sqrt{3}U_{1ном}I_{1ном} = \sqrt{3}U_{2ном}I_{2ном} \quad (3.1)$$

Ход работы

- 5) Прочитать теоретическое обоснование.
- 6) Выписать данные для своего варианта.
- 7) Решить задачу.
- 8) Ответить на контрольные вопросы.

Задача

Трехфазный трансформатор, тип которого и номинальное напряжение обмоток в таблице вариантов, работает в номинальном режиме.

Определить следующие величины:

- 1) Номинальные токи в обмотках;
- 2) Суммарные потери мощности в трансформаторе;
- 3) КПД трансформатора при работе с коэффициентом мощности $\cos\varphi_2$.

Как изменятся токи в обмотках, если трансформатор будет работать с коэффициентом нагрузки $k_n = 0,9$?

Таблица 3.1 – Исходные данные к задаче

Вариант	Тип трансформатора	$S_{ном}$ кВА	$U_{ном1}$ кВ	$U_{ном2}$ кВ	$P_{ст}$ кВт	$P_{0,ном}$ кВт	U_k %	$I_{1х}$ %	$\cos\varphi_2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	ТМ-1600/10	1600	10	0,69	3,3	18	5,5	2,6	0,85
2	ТМ-1600/10	1600	10	0,23	3,3	18	5,5	2,6	0,88
3	ТМ-1600/10	1600	10	0,4	3,3	18	5,5	2,6	0,86
4	ТМ-1600/10	1600	6	0,4	3,3	18	5,5	2,6	0,84
5	ТМ-630/10	630	10	0,4	1,81	7,6	5,5	2	0,92
6	ТМ-630/10	630	10	0,23	1,81	7,6	5,5	2	0,85
7	ТМ-630/10	630	10	0,69	1,81	7,6	5,5	2	0,88
8	ТМ-630/10	630	6	0,4	1,81	7,6	5,5	2	0,86
9	ТМ-160/10	160	10	0,4	0,51	3,1	4,7	2,4	0,75
10	ТМ-160/10	160	10	0,69	0,51	3,1	4,7	2,4	0,82
11	ТМ-160/10	160	10	0,23	0,51	3,1	4,7	2,4	0,80
12	ТМ-160/10	160	6	0,4	0,51	3,1	4,7	2,4	0,78
13	ТМ-1000/10	1000	10	0,4	2,45	12,2	5,5	2,8	0,82
14	ТМ-1000/10	1000	10	0,23	2,45	12,2	5,5	2,8	0,80
15	ТМ-1000/10	1000	10	0,69	2,45	12,2	5,5	2,8	0,86
16	ТМ-1000/10	1000	6	0,4	2,45	12,2	5,5	2,8	0,84
17	ТМ-250/10	250	10	0,4	0,74	4,2	4,7	2,3	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	ТМ-250/10	250	10	0,69	0,74	4,2	4,7	2,3	0,88
19	ТМ-250/10	250	10	0,23	0,74	4,2	4,7	2,3	0,84
20	ТМ-250/10	250	6	0,23	0,74	4,2	4,7	2,3	0,86
21	ТМ-400/10	400	10	0,23	0,95	5,5	4,5	2,1	0,78
22	ТМ-400/10	400	10	0,4	0,95	5,5	4,5	2,1	0,87
23	ТМ-400/10	400	10	0,69	0,95	5,5	4,5	2,1	0,80
24	ТМ-400/10	400	6	0,69	0,95	5,5	4,5	2,1	0,88
25	ТМ-2500/10	2500	10	0,4	4,3	24	5,5	1	0,80
26	ТМ-2500/10	2500	10	0,69	4,3	24	5,5	1	0,84
27	ТМ-100/10	100	10	0,23	0,33	2,27	6,8	2,6	0,82
28	ТМ-100/10	100	10	0,4	0,33	2,27	6,8	2,6	0,86
29	ТМ-25/10	25	6	0,4	0,135	0,6	4,5	3,2	0,88
30	ТМ-25/10	25	10	0,4	0,135	0,6	4,5	3,2	0,82

Контрольные вопросы

- 1) Выведите выражения для действующих ЭДС, наводимых в первичной и вторичной обмотках трансформатора основным магнитным потоком.
- 2) Напишите общее выражение для КПД трансформатора с учетом относительного значения вторичного тока (с учетом коэффициента нагрузки).
- 3) Как осуществляется трансформирование трехфазной цепи?
- 4) Почему сердечник трансформаторов выполняется из ферромагнитных материалов?
- 5) Как изменится отношение линейных напряжений трехфазного трансформатора, если его обмотки переключить со схемы Δ/Y на Y/Δ ?
- 6) Каково назначение трансформаторного масла?

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Решение задачи с пояснениями.
- 3) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Игнатович, В.М. Электрические машины и трансформаторы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.М. Игнатович, С.Ш. Ройз. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2013 . – 182 с. (ЭБС Znanium.com). Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=673035>

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Тема: Расчет основных параметров асинхронных электродвигателей переменного тока.

Цель: Пробрести навыки расчета параметров трехфазных асинхронных электродвигателей переменного тока.

Студент должен *знать*:

- технические параметры трехфазных асинхронных электродвигателей переменного тока;

уметь:

- рассчитывать основные параметры трехфазных асинхронных электродвигателей переменного тока.

Теоретическое обоснование

Частота вращения магнитного поля статора n зависит от числа пар полюсов двигателя p , на которое сконструирована обмотка статора, и от частоты тока трехфазной системы f :

$$n_1 = \frac{60f}{p} \quad (4.1)$$

Частота тока в цепи (промышленная частота) $f = 50$ Гц, тогда формула (4.1) примет вид

$$n_1 = \frac{60 \cdot 50}{p} = \frac{3000}{p} \quad (4.2)$$

Частота вращения n_2 связана с частотой вращения n_1 характеристикой двигателя, которая называется скольжением s :

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (4.3)$$

откуда

$$n_2 = n_1(1 - s) \quad (4.4)$$

скольжение s изменяется от 0,01 до 0,06 или от 1 до 6 %, возрастая с увеличением нагрузки двигателя. Поэтому частота вращения ротора n_2 , всегда меньше частоты вращения магнитного поля статора двигателя n_1 . С ростом нагрузки двигателя частота вращения n_2 немного уменьшается, что приводит к росту скольжения s . Из-за такого неравенства $n_2 < n_1$ двигатель называется асинхронным.

В таблице 4.1 приведены значения n_1 соответствующие числам пар полюсов p , определяемым конструкцией обмотки статора.

Момент вращения M , измеряемый в Н·м, определяется по формуле

$$M = 9550 \frac{P_{\text{ном}2}}{n_{\text{ном}2}} \quad (4.5)$$

где P_2 , кВт - полезная мощность на валу двигателя;
 n_2 , об/мин - частота вращения ротора.

Полезная мощность на валу двигателя

$$P_{\text{ном}2} = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}} \cos \varphi \eta \quad (4.6)$$

где $U_{\text{л}}, I_{\text{л}}$ - линейные значения напряжения и тока;

η - КПД двигателя;

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности двигателя.

Из формулы (4/6) получаем

$$I_{\text{л}} = \frac{P_{\text{ном}2}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cos \varphi \eta} \quad (4.7)$$

КПД двигателя

$$\eta = P_2 / P_1 \quad (4.8)$$

откуда

$$P_1 = \frac{P_{\text{ном}2}}{\eta} \quad (4.9)$$

Таблица 4.1 - значения n_1 соответствующие числам пар полюсов p

p	1	2	3	4	5	6
n_1 , об/мин	3000	1500	1000	750	600	500

Ход работы

Задание содержит задачу на расчет трехфазного асинхронного двигателя. Для каждого варианта необходимо выполнить следующее:

- 1) Произвести расчеты для задачи. Расчеты сопровождайте пояснениями.
- 2) Подготовить ответы на контрольные вопросы.
- 3) Оформить отчет по практической работе.

Задача

Трехфазный асинхронный двигатель работает в номинальном режиме и подключен к электрической сети с линейным напряжением $U_{\text{л}} = 380$ В. Известны число полюсов двигателей и некоторые данные режима работы: номинальная мощность $P_{2\text{ном}}$, скольжение $s_{\text{ном}}$, коэффициент мощности $\cos \varphi_{\text{ном}}$, коэффициент полезного действия $\eta_{\text{ном}}$. Частота сети $f = 50$ Гц.

Определить: частоту вращения магнитного поля статора n_1 и частоту вращения ротора $n_{2\text{ном}}$; ток двигателя $I_{1\text{ном}}$; номинальный момент вращения $M_{\text{ном}}$;

активную мощность, потребляемую двигателем из сети, $P_{1ном}$. Данные для своего варианта взять из таблицы 4.2.

Таблица 4.2 – Исходные данные к задаче

№ варианта	Число пар полюсов двигателя $2p$	$P_{2ном}$, кВт	$s_{ном}$, %	$\cos\varphi_{ном}$	$\eta_{ном}$
1	6	45	4,4	0,89	0,92
2	6	75	4,4	0,88	0,93
3	6	37	4,4	0,87	0,94
4	6	55	4,4	0,89	0,93
5	6	20	4,4	0,88	0,93
6	6	30	4,4	0,89	0,94
7	6	75	4,4	0,90	0,95
8	6	35	4,4	0,91	0,93
9	6	55	4,4	0,88	0,93
10	8	37	2,0	0,84	0,90
11	8	45	2,0	0,85	0,91
12	8	110	2,0	0,85	0,90
13	10	20	1,5	0,92	0,80
14	10	75	3,5	0,89	0,92
15	10	45	2,5	0,92	0,94
16	10	75	1,5	0,89	0,92
17	10	20	2,5	0,80	0,93
18	10	30	1,2	0,88	0,94
19	10	37	2,5	0,91	0,95
20	10	55	1,5	0,93	0,94

Методические указания к решению задачи

- 1) Определите в соответствии с числом пар полюсов двигателя p синхронную частоту n_1 . Воспользуйтесь данными таблицы 2.1.
- 2) По известным скольжению $s_{ном}$ и частоте вращения магнитного поля статора n_1
- 3) рассчитайте номинальную частоту вращения ротора $n_{2ном}$. Формула (4).
- 4) По формуле (7) рассчитайте номинальный ток $I_{1ном}$, потребляемый двигателем из сети.
- 5) По формуле (9) рассчитайте активную мощность, потребляемую двигателем из сети, $P_{1ном}$.
- 6) По формуле (5) рассчитайте номинальный момент $M_{ном}$, развиваемый двигателем при работе.

Контрольные вопросы

- 1) Объясните устройство и принцип действия асинхронного электродвигателя.
- 2) Каково соотношение между частотами вращающегося магнитного поля статора n_1 и ротора $n_{2ном}$?
- 3) Объясните, что называется скольжением асинхронного двигателя и как оно

изменяется с увеличением тормозного момента.

- 4) Как можно рассчитать КПД асинхронного двигателя? Какие виды потерь существуют при работе асинхронного двигателя?

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Решение задачи с пояснениями.
- 3) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Игнатович, В.М. Электрические машины и трансформаторы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.М. Игнатович, С.Ш. Ройз. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2013 . – 182 с. (ЭБС Znanium.com).
Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=673035>

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Тема: Расчет основных параметров трехфазного синхронного генератора.

Цель: Пробрести навыки расчета основных параметров трехфазных синхронных генераторов переменного тока.

Студент должен *знать*:

- технические параметры трехфазных синхронных генераторов переменного тока;

уметь:

- рассчитывать основные параметры трехфазных синхронных генераторов переменного тока.

Теоретическое обоснование

Характерным признаком синхронных машин является жесткая связь между частотой вращения ротора n_1 и частотой переменного тока в обмотке статора f_1 :

$$n_1 = \frac{60f_1}{p} \quad (5.1)$$

Другими словами, вращающееся магнитное поле статора и ротор синхронной машины вращаются *синхронно*, т. е. с одинаковой частотой.

По своей конструкции синхронные машины разделяются на явнополюсные и неявнополюсные. В явнополюсных синхронных машинах ротор имеет явно выраженные полюса, на которых располагают катушки обмотки возбуждения, питаемые постоянным током. Характерным признаком таких машин является различие магнитного сопротивления по продольной оси (по оси полюсов) и по поперечной оси (по оси, проходящей в межполюсном пространстве). Магнитное сопротивление потоку статора по продольной оси dd намного меньше магнитного сопротивления потоку статора по поперечной оси qq . В неявнополюсных синхронных машинах магнитные сопротивления по продольной и поперечной осям одинаковы, поскольку воздушный зазор у этих машин по периметру статора одинаков.

Конструкция статора синхронной машины в принципе не отличается от статора асинхронной машины. В обмотке статора в процессе работы машины индуцируются ЭДС и протекают токи, которые создают магнитодвижущую силу (МДС), максимальное значение которой

$$F_1 = \frac{0.45m_1 I_1 w_1 k_{o\sigma 1}}{p} \quad (5.2)$$

Эта МДС создает вращающееся магнитное поле, а в воздушном зазоре δ машины создается магнитная индукция, график распределения которой в пределах каждого полюсного деления τ зависит от конструкции ротора.

Энергетические характеристики в синхронной машине зависят от режима ее работы. Если машина работает в режиме генератора, то подводимая к генератору механическая мощность определяется вращающим моментом приводного двигателя M_1 и частотой вращения n_1

$$P_1 = 0,105M_1 n_1 \quad (5.3)$$

Часть этой мощности расходуется на покрытие механических $P_{\text{мех}}$, магнитных $P_{\text{м}}$ и добавочных $P_{\text{д}}$ потерь. Если возбуждение генератора происходит от возбудителя, приводимого во вращение от общего приводного двигателя, то к перечисленным потерям добавляются еще и потери на возбуждение

$$P_{\text{в}} = \frac{U_{\text{в}} I_{\text{в}}}{\eta_{\text{в}}} \quad (5.4)$$

где $U_{\text{в}}$ и $I_{\text{в}}$ - напряжение и ток в цепи возбуждения;
 $\eta_{\text{в}}$ - КПД возбудителя.

Оставшаяся после вычитания перечисленных потерь мощность, представляет собой электромагнитную мощность генератора $P_{\text{эм}}$, которая передается на статор генератора электромагнитным путем. Полезная мощность на выходе генератора P_2 меньше электромагнитной мощности на величину электрических потерь в обмотке статора

$$P_{\text{эл}} = m_1 I_1^2 r_1 \quad (5.5)$$

Суммарные потери синхронного генератора

$$\Sigma P = P_{\text{мех}} + P_{\text{м}} + P_{\text{в}} + P_{\text{доб}} + P_{\text{эл}} \quad (5.6)$$

Полезная мощность генератора

$$P_2 = S_2 \cos \varphi_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1 \quad (5.7)$$

где $S_2 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1$ - полная мощность на выходе генератора, ВА;
 $\cos \varphi_1$ - коэффициент мощности в цепи нагрузки генератора.

Если синхронная машина работает в режиме двигателя, то виды потерь остаются прежними, но электрическая мощность на входе двигателя

$$P_1 = S_1 \cos \varphi_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1 \quad (5.8)$$

а мощность на выходе двигателя является механической

$$P_2 = 0,105 M_2 n_1 \quad (5.9)$$

Коэффициент полезного действия синхронной машины

$$\eta = P_2 / P_1 \quad (5.10)$$

Ход работы

Задание содержит задачу на расчет трехфазного синхронного генератора. Для каждого варианта необходимо выполнить следующее:

- 1) Произвести расчеты для задачи. Расчеты сопровождайте пояснениями.
- 2) Подготовить ответы на контрольные вопросы.
- 3) Оформить отчет по практической работе.

Задача

Параметры трехфазного синхронного генератора: номинальное (линейное) напряжение на выходе $U_{1\text{НОМ}}$ при частоте тока 50 Гц, обмотка статора соединена «звездой», номинальный ток статора $I_{1\text{НОМ}}$, КПД генератора при номинальной нагрузке $\eta_{\text{НОМ}}$, число полюсов $2p$, мощность на входе генератора $P_{1\text{НОМ}}$, полезная мощность на выходе генератора $P_{2\text{НОМ}}$, суммарные потери в режиме номинальной нагрузки $\Sigma P_{\text{НОМ}}$, полная номинальная мощность на выходе $S_{2\text{НОМ}}$, коэффициент мощности нагрузки, подключенной к генератору, $\cos\varphi_{1\text{НОМ}}$, вращающий момент первичного двигателя при номинальной нагрузке генератора $M_{1\text{НОМ}}$. Требуется определить параметры, значения которых в таблице 5.1 не указаны.

Таблица 5.1 – Параметры трехфазного синхронного генератора

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_{\text{НОМ}}$, кВа	330	-	270	470	-	600	780	450	700	500
$U_{1\text{НОМ}}$, В	6,3	3,2	0,4	-	0,7	3,2	6,3	0,4	-	3,2
$\eta_{\text{НОМ}}$, %	92	-	-	91	90	93	-	-	93	92
$2p$	6	8	-	6	10	12	6	-	6	10
$P_{2\text{НОМ}}$, кВт	-	-	206	-	-	-	667,4	369,5	-	-
$\Sigma P_{\text{НОМ}}$, кВт	-	27	18	-	-	-	-	-	-	-
$\cos\varphi_{1\text{НОМ}}$	0,9	-	0,85	0,9	-	0,92	-	0,9	0,92	0,85
$I_{1\text{НОМ}}$, А	-	72,2	-	43,1	190	-	-	-	64,2	-
$P_{1\text{НОМ}}$, кВт	-	340	-	-	190	-	717,6	-	-	-
$M_{1\text{НОМ}}$, Нм	-	-	-	-	-	-	-	7735	-	-

Контрольные вопросы

- 1) Что является характерным признаком синхронных машин?
- 2) Перечислите способы возбуждения синхронной машины.
- 3) Чем отличается синхронная машина от асинхронной?
- 4) Как различаются синхронные машины по конструкции якоря?
- 5) Какие виды потерь имеют место в синхронной машине?

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Решение задачи с пояснениями.
- 3) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Игнатович, В.М. Электрические машины и трансформаторы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.М. Игнатович, С.Ш. Ройз. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2013. – 182 с. (ЭБС Znanium.com). Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=673035>

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Тема: Расчет основных параметров трехфазного синхронного двигателя.

Цель: Научиться производить расчет основных параметров трехфазного синхронного двигателя.

Студент должен *знать*:

- технические параметры трехфазного синхронного двигателя;

уметь:

- решать задачи по расчету основных параметров трехфазного синхронного двигателя.

Теоретическое обоснование

Устройство статора синхронного двигателя аналогично устройству статора асинхронного двигателя. Ротор синхронного двигателя представляет собой электромагнит или постоянный магнит (рисунок 6.1, *а*).

Принцип работы синхронного двигателя поясняется рисунок 6.1, *б*. Внутри магнита N_1S_1 помещен магнит NS . Если магнит N_1S_1 вращать, то он потянет за собой магнит NS . В стационарном режиме частоты вращения обоих магнитов одинаковы.

К валу магнита NS можно приложить механическую нагрузку. Чем больше эта нагрузка, тем больше угол отставания оси магнита NS от оси магнита N_1S_1 . При некоторой нагрузке силы притяжения между магнитами будут преодолены и ротор остановится.

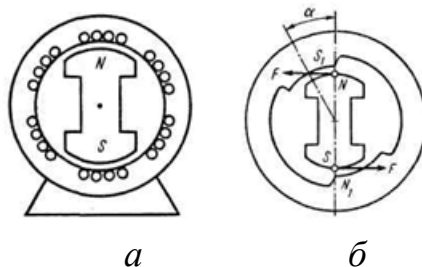


Рисунок 6.1 – Схематическое изображение и принцип работы синхронного двигателя

В реальном двигателе поле магнита N_1S_1 заменено вращающимся магнитным полем статора; при этом ротор либо вращается синхронно с магнитным полем статора, отставая на угол α , либо останавливается (выпадает из синхронизма) при перегрузке. Таким образом, независимо от нагрузки ротор всегда вращается с постоянной частотой, равной частоте вращения магнитного поля статора:

$$n_2 = n_1 = 60f/p \quad (6.1)$$

Постоянство частоты вращения - важное достоинство синхронного двигателя. Недосток синхронного двигателя - трудность пуска: для пуска нужно раскрутить ротор в сторону вращения поля статора. Для этого чаще всего применяют специальную короткозамкнутую обмотку, встроенную в ротор. В момент пуска двигатель работает как асинхронный. Когда частота вращения ротора приближается к частоте вращения поля статора, ротор входит в синхронизм и двигатель работает как синхронный. Короткозамкнутая обмотка

при этом оказывается обесточенной, так как частота вращения ротора равна частоте вращения поля статора и стержни обмотки ротора не пересекаются магнитными силовыми линиями.

Ход работы

- 1) Произвести расчеты для задачи. Расчеты сопровождайте пояснениями.
- 2) Подготовить ответы на контрольные вопросы.
- 3) Оформить отчет по практической работе.

Задача

Трехфазный синхронный двигатель серии СДН2 имеет данные каталога: номинальная мощность $P_{\text{ном}}$, число полюсов $2p$, КПД $\eta_{\text{ном}}$; кратности - пускового тока $I_{\text{п}}/I_{\text{ном}}$, пускового момента $M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$, максимального синхронного момента $M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$, асинхронного момента при скольжении $s = 5\%$ (момент входа в синхронизм) $M_{5\%}/M_{\text{ном}}$; соединение обмоток статора «звездой». Значения перечисленных величин приведены в таблице 6.1.

Определить: частоту вращения, номинальный и пусковой токи: цепи статора, номинальный, максимальный синхронный, пусковой моменты и асинхронный момент входа в синхронизм (при $s = 5\%$). Напряжение питающей сети $U_c = 10$ кВ при частоте 50 Гц, коэффициент мощности $\cos\varphi_1 = 0,8$.

Таблица 6.1 – Исходные данные к задаче 1

Вариант	Тип двигателя	$P_{\text{ном}}$ кВт	$2p$	$\eta_{\text{ном}}$ %	$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	$M_{5\%}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$	$I_{\text{п}}/I_{\text{ном}}$
1	16-36-12	500	12	93,7	1,9	1,3	1,0	5,2
2	16-44-12	630	12	94,2	1,9	1,3	1,0	5,1
3	17-31-12	800	12	94,3	1,9	1,1	1,0	4,7
4	17-39-12	1000	12	94,9	1,8	1,0	1,0	4,5
5	17-49-12	1250	12	95,3	1,9	1,2	1,1	5,2
6	18-64-12	2500	12	96,2	1,8	1,4	1,2	6,5
7	16-36-10	630	10	94,4	1,8	1,4	0,75	5,0
8	16-44-10	800	10	94,9	1,8	1,3	0,75	5,0
9	17-44-10	1250	10	95,5	1,9	1,2	1,1	5,4
10	17-51-10	1600	10	95,9	1,8	1,2	1,0	5,2

Контрольные вопросы

- 1) Чем отличается синхронный двигатель от асинхронного двигателя?
- 2) С какой целью на роторе синхронного двигателя иногда размещают дополнительную короткозамкнутую обмотку?
- 3) Чем ограничивается область устойчивой работы синхронного двигателя?
- 4) Как регулируется коэффициент мощности синхронного двигателя?
- 5) Что называют моментом входа двигателя в синхронизм?

Содержание отчета

- 1) Номер, название и цель работы.
- 2) Решение задачи с пояснениями.
- 3) Ответы к решению задачи.
- 4) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Игнатович, В.М. Электрические машины и трансформаторы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.М. Игнатович, С.Ш. Ройз. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2013 . – 182 с. (ЭБС Znanium.com).
Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=673035>

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

Тема: Расчет генераторов постоянного тока независимого возбуждения.

Цель: Научиться производить расчет основных параметров генератора постоянного тока независимого возбуждения.

Студент должен *знать*:

- технические параметры генератора постоянного тока независимого возбуждения;

уметь:

- решать задачи по расчету основных параметров генератора постоянного тока независимого возбуждения.

Теоретическое обоснование

В зависимости от схемы включения обмотки возбуждения различают генераторы параллельного, последовательного, смешанного и независимого возбуждения.

В генераторе постоянного тока с независимым возбуждением обмотка возбуждения не связана электрически с якорной обмоткой. Она питается постоянным током от внешнего источника электрической энергии, например от аккумуляторной батареи; мощные генераторы имеют на общем валу небольшой генератор-возбудитель. Ток возбуждения I_B не зависит от тока якоря I_A , который равен току нагрузки I_H . Обычно ток возбуждения невелик и составляет 1...3 % от номинального тока якоря. Последовательно с обмоткой возбуждения подключен регулировочный реостат (реостат возбуждения). Он изменяет величину тока возбуждения I_B , тем самым регулируется электродвижущая сила E .

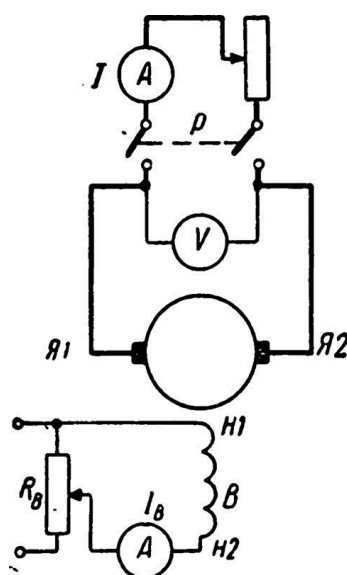


Рисунок 7.1 – Схема генератора постоянного тока независимого возбуждения

Для генератора независимого возбуждения, схема которого показана на рисунке 7.1, ЭДС

$$E = U + r_A I_A \quad (7.1)$$

При номинальном режиме

$$I_{\text{я}} = I_{\text{н}} \text{ и } U = U_{\text{н}} \quad (7.2)$$

КПД генератора равен отношению мощности отдаваемой к мощности потребляемой

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Sigma P}{P_1} \quad (7.3)$$

где ΣP - суммарные потери мощности генератора;

P_1 - мощность, передаваемая генератору от привода;

P_2 - полезная мощность генератора, отдаваемая в сеть нагрузки.

К потерям мощности генератора относят электрические потери в обмотках якоря $P_{\text{а}}$ и возбуждения $P_{\text{в}}$, механические потери и потери в стали. Электромагнитная мощность генератора

$$P_{\text{эм}} = I_{\text{я}} E \quad (8.4)$$

Ход работы

- 1) Изобразите схему генератора постоянного тока независимого возбуждения (Рисунок 7.1) и запишите данные для своего варианта (Таблица 7.1).
- 2) При изображении схемы соблюдайте правила начертания схем и элементов.
- 3) Рассчитайте величины в соответствии с заданием.
- 4) Для расчета следует пользоваться теоретическими сведениями §28.1, §28.2, (1). Расчет параметров сопровождайте пояснениями.
- 5) При расчете параметров генератора применяйте законы Кирхгофа, Ома, свойства последовательного и параллельного соединения элементов цепи, используя схему включения генератора (рисунок 7.1).
- 6) Подготовьте ответы на контрольные вопросы.
- 7) Оформите отчет по практической работе.

Задача

Генератор постоянного тока с независимым возбуждением используется для питания цепей автоматики станка с программным управлением, которые требуют постоянного напряжения. Генератор работает в номинальном режиме и отдает полезную мощность $P_{\text{ном2}}$ при напряжении на зажимах $U_{\text{ном}}$, развивая ЭДС E . Мощность первичного двигателя, вращающего генератор, равна P_1 . Генератор отдает во внешнюю цепь ток нагрузки, равный току якоря $I_{\text{ном}} = I_{\text{я}}$; ток в обмотке возбуждения $I_{\text{в}}$. Сопротивление нагрузки равно $R_{\text{н}}$. Сопротивление обмотки якоря $R_{\text{а}}$, обмотки возбуждения $R_{\text{в}}$. Напряжение на обмотке возбуждения $U_{\text{в}}$. КПД генератора равен $\eta_{\text{ном}}$. Электрические потери в обмотке якоря $P_{\text{а}}$, в обмотке возбуждения $P_{\text{в}}$. Суммарные потери в генераторе равны ΣP . Схема генератора приведена на рисунке 7.1. Используя данные, приведенные в таблице 7.1, определить все величины, отмеченные прочерками в таблице вариантов.

Таблица 7.1 – Исходные данные к задаче

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{НОМ2}$, кВт	32	-	230	-	-	-	-	110	19	99
$U_{НОМ}$, В	230	460	-	230	230	230	230	-	115	-
E , В	-	-	243	-	233,6	-	-	-	-	-
P_1 , кВт	-	110	-	40	-	-	-	-	23	-
$I_{НОМ}$, А	-	-	-	-	139	826	1000	478	-	-
R_H , Ом	-	-	0,23	-	-	-	-	-	-	2,14
R_a , Ом	0,026	0,054	-	0,07	-	0,006	0,013	-	0,13	-
R_B , Ом	46	-	-	100	-	18,5	11,5	44,5	110	46
U_B , В	115	230	115	-	115	230	115	230	-	230
$\eta_{НОМ}$	0,87	0,90	-	-	-	-	0,90	0,90	-	-
P_a , Вт	-	-	-	-	-	-	-	1140	-	2500
P_B , Вт	-	1150	1150	132	287	-	-	-	110	-
ΣP , кВт	-	-	24	5	4,8	15	-	-	-	11
I_B , А	-	1,15	1,0	2,3	1,15	-	-	-	1,0	-

Контрольные вопросы

- 1) Перечислите способы возбуждения генераторов постоянного тока.
- 2) От чего зависит величина ЭДС, индуцируемой в генераторе постоянного тока?
- 3) От чего зависит напряжение на зажимах генератора?
- 4) Как определить ток нагрузки генератора постоянного тока независимого возбуждения?
- 5) Чем определяются потери энергии генератора постоянного тока?
- 6) Как зависят от нагрузки генератора механические потери, потери в стали, потери в меди, потери в щеточном контакте?

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Данные своего варианта и схема генератора постоянного тока независимого возбуждения.
- 3) Решение задачи с пояснениями.
- 4) Ответы к решению задачи.
- 5) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Игнатович, В.М. Электрические машины и трансформаторы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.М. Игнатович, С.Ш. Ройз. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2013. – 182 с. (ЭБС Znanium.com). Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=673035>

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

Тема: Расчет генератора постоянного тока параллельного возбуждения.

Цель: Научиться производить расчет основных параметров генератора постоянного тока параллельного возбуждения.

Студент должен *знать*:

- технические параметры генератора постоянного тока параллельного возбуждения;

уметь:

- решать задачи по расчету основных параметров генератора постоянного тока параллельного возбуждения.

Теоретическое обоснование

В генераторе с параллельным возбуждением обмотка возбуждения присоединена через регулировочный реостат параллельно обмотке якоря. Для нормальной работы потребителей электроэнергии необходимо поддерживать постоянство напряжения на зажимах генератора, несмотря на изменение общей нагрузки. Это осуществляется посредством регулирования тока возбуждения.

Реостаты возбуждения имеют, как правило, *холостые контакты*, при помощи которых можно осуществить короткое замыкание обмотки возбуждения «на себя». Это необходимо при отключении обмотки возбуждения. Если выключить обмотку возбуждения путём разрыва её цепи, то исчезающее магнитное поле создаст очень большую ЭДС самоиндукции, способную пробить изоляцию обмотки и вывести генератор из строя. При коротком замыкании обмотки возбуждения при её отключении энергия исчезающего магнитного поля переходит в тепло, не причиняя вреда обмотке возбуждения, так как ЭДС самоиндукции не превысит номинального напряжения на зажимах генератора.

Генератор постоянного тока с параллельным возбуждением сам питает свою обмотку возбуждения и не нуждается в постороннем источнике электрической энергии. Самовозбуждение генератора возможно только при наличии остаточного магнетизма в сердечниках электромагнитов, поэтому они изготавливаются из литой стали и после прекращения работы генератора сохраняется остаточный магнетизм. Так как обмотка возбуждения подключена к его зажимам, то в ней при вращении якоря в его обмотке потоком остаточного магнетизма индуктируется ЭДС $E_{ост}$, и по обмотке возбуждения начинает протекать ток. Если обмотка возбуждения включена правильно, так, что её магнитный поток Φ направлен «попутно» с магнитным потоком остаточного магнетизма, то суммарный магнитный поток возрастает, увеличивая ЭДС E , магнитный поток Φ и ток возбуждения I_v . Машина самовозбуждается и начинает устойчиво работать с $I_v = const$. $E = const$, зависящими от величины сопротивления $R = const$ цепи возбуждения.

Однако процесс нарастания электродвижущей силы E генератора (процесс самовозбуждения генератора) не прогрессирует, то есть ЭДС генератора не возрастает неограниченно. Всякий раз рост индуктированной ЭДС генератора ограничен тем или иным пределом. Для этого необходимо рассмотреть характеристику холостого хода генератора.

Для генератора параллельного возбуждения, схема которого показана на рисунке 8.1, ЭДС

$$E = U + r_{\text{я}} I_{\text{я}} \quad (8.1)$$

Для генератора параллельного возбуждения

$$I_{\text{я}} = I_{\text{н}} + I_{\text{в}} \quad (8.2)$$

КПД генератора равен отношению мощности отдаваемой к мощности потребляемой

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Sigma P}{P_1} \quad (8.3)$$

где ΣP - суммарные потери мощности генератора;

P_1 - мощность, передаваемая генератору от привода;

P_2 - полезная мощность генератора, отдаваемая в сеть нагрузки.

К потерям мощности генератора относят электрические потери в обмотках якоря $P_{\text{а}}$ и возбуждения $P_{\text{в}}$, механические потери и потери в стали. Электромеханическая мощность генератора

$$P_{\text{эм}} = I_{\text{я}} E \quad (9.4)$$

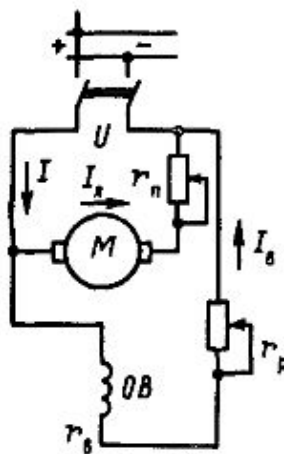


Рисунок 8.1– Схема генератора постоянного тока параллельного возбуждения

Ход работы

- 1) Изобразите схему генератора постоянного тока параллельного возбуждения и запишите данные для своего варианта (Таблица 8.1).
- 2) При изображении схемы соблюдайте правила начертания схем и элементов.
- 3) Рассчитайте величины в соответствии с заданием.
- 4) Для расчета следует пользоваться теоретическими сведениями §28.1, §28.3, (1). Расчет параметров сопровождайте пояснениями.
- 5) При расчете параметров генератора применяйте законы Кирхгофа, Ома, свойства последовательного и параллельного соединения элементов цепи,

используя схему включения генератора постоянного тока параллельного возбуждения (рисунок 8.1).

- 6) Подготовьте ответы на контрольные вопросы.
- 7) Оформите отчет по практической работе.

Задача

Генератор постоянного тока с параллельным возбуждением отдает полезную мощность P_2 при номинальном напряжении $U_{ном}$. Сила тока в нагрузке равна $I_{ном}$, ток в цепи якоря I_a , в обмотке возбуждения I_b . Сопротивление цепи якоря равно R_a , обмотки возбуждения R_b . Генератор развивает ЭДС E . Электромагнитная мощность равна $P_{эм}$. Мощность, затрачиваемая на вращение генератора, равна P_1 . Суммарные потери мощности в генераторе составляют ΣP при коэффициенте полезного действия η . Потери мощности в обмотках якоря и возбуждения соответственно равны P_a и P_b . Схема генератора дана на рисунке 8.1. Используя данные, приведенные в таблице 8.1, определить все величины, отмеченные прочерками в таблице вариантов.

Таблица 8.1 – Исходные данные к задаче

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{ном2}$, кВт	-	20,65	2	11,8	-	-	-	-	-	21,56
$U_{ном}$, В	220	-	-	-	220	115	430	-	-	220
$I_{ном}$, А	98	48	-	102,6	-	-	-	17,4	-	-
I_b , А	-	-	2,9	-	-	-	-	-	2	-
I_a , А	-	-	-	-	100	-	50	20,3	-	-
R_a , Ом	0,15	0,2	-	-	-	0,07	-	0,25	-	-
R_b , Ом	110	-	-	-	110	18,9	215	-	-	-
E , В	-	440	120	-	235	122,6	-	-	-	-
$P_{эм}$, кВт	-	-	-	-	-	-	22	-	-	-
P_1 , кВт	-	-	2,55	14	25,36	-	-	-	23,45	-
ΣP , кВт	-	2,8	-	-	-	2,2	-	0,55	2,8	-
η	0,85	-	-	-	-	-	0,88	0,78	-	0,85
P_a , Вт	-	-	-	825	-	-	-	-	500	1500
P_b , Вт	-	-	-	690	-	-	-	-	860	440

Контрольные вопросы

- 1) Какие характеристики определяют свойства генераторов постоянного тока?
- 2) Каковы условия самовозбуждения генераторов постоянного тока?
- 3) Почему у генератора параллельного возбуждения изменение напряжения при сбросе нагрузки больше, чем у генератора независимого возбуждения?
- 4) Что необходимо сделать для того, чтобы магнитный поток, создаваемый обмоткой возбуждения, направить согласно с остаточным магнитным потоком.
- 5) Почему нельзя получить характеристику короткого замыкания у генератора параллельного возбуждения?

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Данные своего варианта и схема генератора постоянного тока параллельного возбуждения.
- 3) Решение задачи с пояснениями.
- 4) Ответы к решению задачи.
- 5) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Игнатович, В.М. Электрические машины и трансформаторы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.М. Игнатович, С.Ш. Ройз. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2013. – 182 с. (ЭБС Znanium.com).
Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=673035>

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

Тема: Расчет двигателей постоянного тока параллельного возбуждения.

Цель: Приобрести навыки расчета двигателей постоянного тока параллельного возбуждения.

Студент должен *знать*:

- устройство, режимы работы и особенности двигателей постоянного тока параллельного возбуждения;
- технические параметры двигателей постоянного тока параллельного возбуждения.

уметь:

- решать задачи по расчету основных параметров генератора постоянного тока параллельного возбуждения.

Теоретическое обоснование

Машина постоянного тока с независимым или параллельным возбуждением, подключенная к сети с постоянным напряжением, может работать как в генераторном, так и в двигательном режиме и переходить из одного режима работы в другой.

Различают три типа двигателей постоянного тока:

- с параллельным возбуждением;
- с последовательным возбуждением;
- со смешанным возбуждением.

В отличие от генераторов, в которых ток якоря образуется за счет остаточного магнитного потока, вызывающего появление остаточной ЭДС, в двигателях ток якоря создается внешним источником и направлен он против ЭДС.

Для двигателя параллельного возбуждения, схема которого приведена на рисунке 9.1, справедливы соотношения:

$$U_H = E_H = r_{\text{я}} I_{\text{я}}, \quad (9.1)$$

где E_H - противо-ЭДС, индуктируемая в обмотке якоря при номинальной скорости вращения.

$$I_H = I_{\text{я}} + I_{\text{в}}, \quad (9.2)$$

Номинальный ток якоря определяется выражением:

$$I_{\text{я}} = (U_H - E_H) / r_{\text{я}} \quad (9.3)$$

В момент пуска $n = 0$, следовательно и $E = 0$, поэтому пусковой ток якоря будет чрезмерно большим. Для его ограничения последовательно с якорем включают пусковой реостат $r_{\text{пуск}}$, тогда

$$I_{\text{я пуск}} = U_H / (r_{\text{я}} + r_{\text{пуск}}) \quad (9.4)$$

Мощность, потребляемая двигателем из сети

$$P_1 = I_H U_H, \quad (9.5)$$

где I_H - номинальный ток двигателя,
 U_H - номинальное напряжение сети.

Вращающий электромагнитный момент двигателя при номинальном режиме

$$M_{ном} = 9,55 \frac{P_{ном}}{n_{ном}}, \quad (9.6)$$

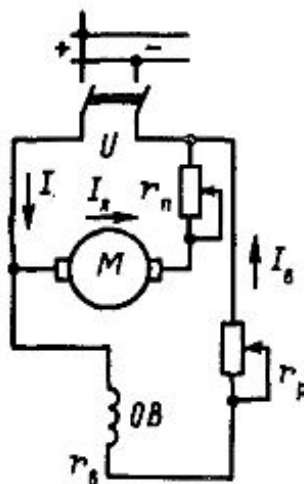


Рисунок 9.1 – Схема двигателя постоянного тока параллельного возбуждения

Ход работы

- 1) Изобразите схему двигателя постоянного тока параллельного возбуждения и запишите данные для своего варианта. При изображении схемы соблюдайте правила начертания схем и элементов.
- 2) Рассчитайте величины в соответствии с заданием.
- 3) Для расчета следует пользоваться теоретическими сведениями. Расчет параметров сопровождайте пояснениями.
- 4) Используйте свойства последовательного и параллельного соединений элементов электрической цепи, законы Ома и Кирхгофа.
- 5) Подготовьте ответы на контрольные вопросы.
- 6) Оформите отчет по практической работе.

Задача 1

Электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением, работая в номинальном режиме, отдает полезную мощность на валу $P_{ном2}$, развивая при этом номинальный момент $M_{ном}$ при частоте вращения $n_{ном}$. Двигатель потребляет из сети номинальный ток $I_{ном}$ при напряжении $U_{ном}$. Ток в обмотке якоря I_a , в обмотке возбуждения I_b . Потребляемая из сети мощность равна P_1 . Суммарные потери мощности в двигателе составляют ΣP , коэффициент полезного действия $\eta_{дв}$. Схема двигателя приведена на рисунке 9.1. Используя данные, приведенные в таблице 9.1, определить все величины, отмеченные прочерками в таблице вариантов.

Таблица 9.1 – Исходные данные к задаче

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{НОМ2}$, кВт	22	-	11	30	12	-	-	-	30	3,6
$M_{НОМ}$ Нм	-	28,56	-	191	-	213	200	78,4	-	-
$n_{НОМ}$, об/мин	985	-	1340	-	750	-	1433	-	1433	1200
$I_{НОМ}$, А	113,6	-	-	79,5	-	-	159	56,8	-	18,8
$U_{НОМ}$, В	-	220	220	-	220	220	-	-	220	-
I_a , А	-	18	-	-	-	108	-	55,7	150	-
I_b , А	5,6	-	1,1	2,5	1,5	-	9,0	-	-	0,8
P_1 , кВт	25,0	4,14	12,5	35,0	-	-	34,9	-	-	-
ΣP , кВт	-	-	--	-	-	3,0	-	1,5	4,9	0,54
$\eta_{дв}$	-	0,87	-	-	0,8	0,88	-	0,88	-	-

Контрольные вопросы

- 1) Перечислите способы возбуждения двигателей постоянного тока.
- 2) Что относится к пусковым свойствам двигателя постоянного тока? Как их улучшают?
- 3) От чего зависит скорость вращения двигателя постоянного тока?
- 4) Как определить величину вращающего момента электродвигателя?
- 5) Что определяют понятия «кратность пускового тока», «кратность пускового момента»? Как рассчитываются эти величины?
- 6) Как определить мощность потерь двигателя постоянного тока?
- 7) Как рассчитывается КПД двигателя постоянного тока?
- 8) Изобразите энергетическую диаграмму двигателя постоянного тока.

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Данные своего варианта
- 3) Схема двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.
- 4) Решение задачи с пояснениями.
- 5) Ответы к решению задачи.
- 6) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Игнатович, В.М. Электрические машины и трансформаторы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.М. Игнатович, С.Ш. Ройз. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2013 . – 182 с. (ЭБС Znanium.com). Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=673035>

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10

Тема: Расчет двигателей постоянного тока последовательного возбуждения.

Цель: Приобрести навыки расчета двигателей постоянного тока последовательного возбуждения.

Студент должен *знать*:

- устройство, режимы работы и особенности двигателей постоянного тока последовательного возбуждения;
- технические параметры двигателей постоянного тока последовательного возбуждения.

уметь:

- решать задачи по расчету основных параметров генератора постоянного тока последовательного возбуждения.

Теоретическое обоснование

Схема включения в сеть двигателей постоянного тока последовательного возбуждения показана на рисунке 10.1. Здесь ток якоря является в то же время и током возбуждения, и потому пусковой реостат $R_{\text{пуск}}$ изменяет и ток в якоре, и ток в обмотке возбуждения. При холостом ходе или очень малых нагрузках ток в якоре, как мы знаем, должен быть очень мал, т. е. индуцированная э. д. с. E_i должна быть почти равна напряжению сети. Но при очень малом токе через якорь и обмотку возбуждения слабо и поле обмотки возбуждения. Поэтому при малой нагрузке необходимая э. д. с. может быть получена только за счет очень большой частоты вращения двигателя. Вследствие этого при очень малых токах (малой нагрузке) частота вращения двигателя с последовательным возбуждением становится настолько большой, что это может стать опасным с точки зрения механической прочности двигателя.

Говорят, что двигатель идет «вразнос». Это недопустимо, и поэтому двигатели с последовательным возбуждением нельзя пускать в ход без нагрузки или с малой нагрузкой (меньшей 20...25 % от нормальной мощности двигателя). По этой же причине не рекомендуется соединять эти двигатели со станками или другими машинами ременными или канатными передачами, так как обрыв или случайный сброс ремня приведет к «вразносу» двигателя. Таким образом, в двигателях с последовательным возбуждением при возрастании нагрузки увеличиваются ток в якоре и магнитное поле индуктора; поэтому частота вращения двигателя резко падает, а развиваемый им вращающий момент резко возрастает.

Эти свойства двигателей с последовательным возбуждением делают их наиболее удобными для применения на транспорте (трамваи, троллейбусы, электропоезда) и в подъемных устройствах (кранах), так как в этих случаях необходимо иметь в момент пуска при очень большой нагрузке большие вращающие моменты при малых частотах вращения, а при меньших нагрузках (на нормальном ходу) меньшие моменты и большие частоты.

Напряжение на зажимах двигателя:

$$U = E + r_{\text{я}}I_{\text{я}} \quad (10.1)$$

Для двигателя последовательного возбуждения

$$I_{\text{я}} = I_{\text{н}} = I_{\text{в}} \quad (10.2)$$

КПД двигателя равен отношению мощности отдаваемой к мощности потребляемой

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Sigma P}{P_1} \quad (10.3)$$

где ΣP - суммарные потери мощности генератора;

P_1 - мощность, передаваемая генератору от привода;

P_2 - полезная мощность генератора, отдаваемая в сеть нагрузки.

К потерям мощности двигателя относят электрические потери в обмотках якоря $P_{\text{а}}$ и возбуждения $P_{\text{в}}$, механические потери и потери в стали. Электромагнитная мощность двигателя

$$P_{\text{эм}} = I_{\text{я}} E \quad (10.4)$$

Мощность, подводимая к двигателю:

$$P_1 = I_{\text{н}} U_{\text{н}}, \quad (10.5)$$

где $I_{\text{н}}$ - номинальный ток двигателя,

$U_{\text{н}}$ - номинальное напряжение сети.

Вращающий электромагнитный момент двигателя при номинальном режиме

$$M_{\text{ном}} = 9,55 \frac{P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}} \quad (10.6)$$

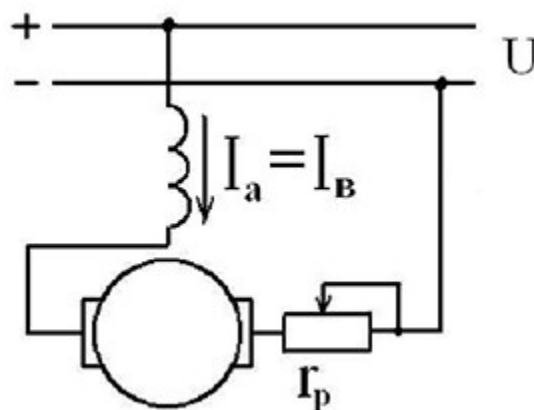


Рисунок 10.1 – Схема двигателя постоянного тока последовательного возбуждения

Ход работы

- 1) Изобразите схему двигателя постоянного тока последовательного возбуждения и запишите данные для своего варианта. При изображении схемы соблюдайте правила начертания схем и элементов.
- 2) Рассчитайте величины в соответствии с заданием.
- 3) Для расчета следует пользоваться теоретическими сведениями. Расчет параметров сопровождайте пояснениями.
- 4) Используйте свойства последовательного и параллельного соединений элементов электрической цепи, законы Ома и Кирхгофа.
- 5) Подготовьте ответы на контрольные вопросы.
- 6) Оформите отчет по практической работе.

Задача 1

Электродвигатель постоянного тока с последовательным возбуждением отдает полезную мощность P_2 и потребляет из сети мощность P_1 при напряжении $U_{\text{ном}}$. Двигатель развивает полезный момент M при частоте вращения якоря n . Сила тока в цепи якоря равна I , противо-ЭДС в обмотке якоря E . Потери мощности в обмотках якоря и возбуждения равны P_a . Сопротивление обмоток якоря и возбуждения $R_a + R_{\text{пс}}$. В момент пуска двигатель потребляет из сети пусковой ток $I_{\text{п}}$. Коэффициент полезного действия двигателя равен $\eta_{\text{дв}}$. Схема двигателя приведена на рисунке 10.1. Используя данные, приведенные в таблице 10.1, определить все величины, отмеченные прочерками в таблице вариантов.

Таблица 10.1 – Исходные данные к задаче

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{\text{ном2}}$, кВт	44,0	-	-	21,0	-	-	-	-	5,0	10,0
P_1 , кВт	51,3	-	4,5	-	10	-	11	-	6,7	-
$U_{\text{ном}}$, В	-	110	-	250	-	220	110	440	440	-
$M_{\text{ном}}$ Нм	296	35	20	310	48	-	79,5	880	-	-
$n_{\text{ном}}$ об/мин	-	-	1800	-	1600	1200	-	510	1030	1200
$I_{\text{ном}}$, А	205	39	-	-	45,5	33	-	-	-	100
E , В	-	-	-	-	208	-	-	-	417	-
P_a , А	2270	300	-	-	-	-	800	-	-	-
$R_a + R_{\text{пс}}$, Ом	-	-	0,55	0,13	-	0,74	-	0,054	-	0,08
$I_{\text{п}}$, А	-	-	400	-	-	-	-	-	-	-
$\eta_{\text{дв}}$	-	0,85	-	0,84	-	0,76	0,91	0,78	-	0,905

Контрольные вопросы

- 1) Какие требования предъявляются к пуску ДПТ последовательного возбуждения?
- 2) Поясните, как осуществляется пуск ДПТ последовательного возбуждения.
- 3) Перечислите, какие характеристики ДПТ называются рабочими и при соблюдении каких условий они получаются.
- 4) Каким образом регулируют ток возбуждения в двигателе последовательного возбуждения?

- 5) Какие способы регулирования частоты вращения применяются в двигателях последовательного возбуждения?

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Данные своего варианта
- 3) Схема двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.
- 4) Решение задачи с пояснениями.
- 5) Ответы к решению задачи.
- 6) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Игнатович, В.М. Электрические машины и трансформаторы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.М. Игнатович, С.Ш. Ройз. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2013 . – 182 с. (ЭБС Znanium.com).
Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=673035>

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11

Тема: Изучение работы и конструкции контактора переменного тока.

Цель: Изучить устройство, принцип действия, параметры, марки и технические параметры контактора переменного тока.

Студент должен *знать*:

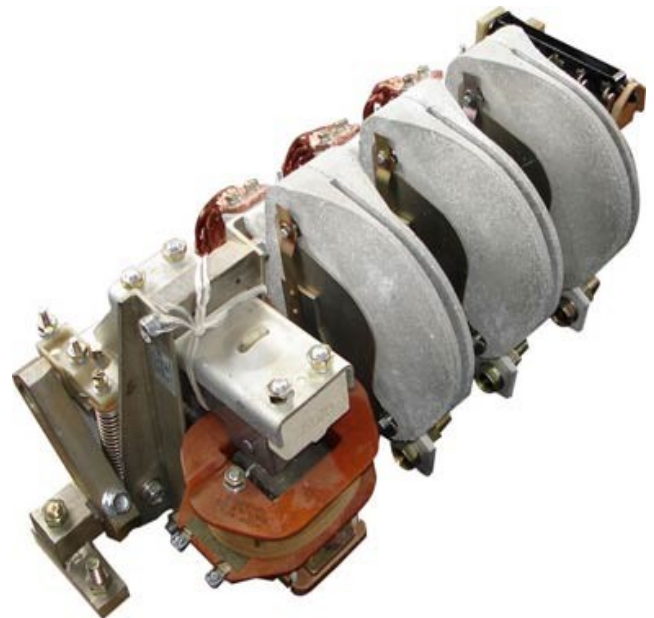
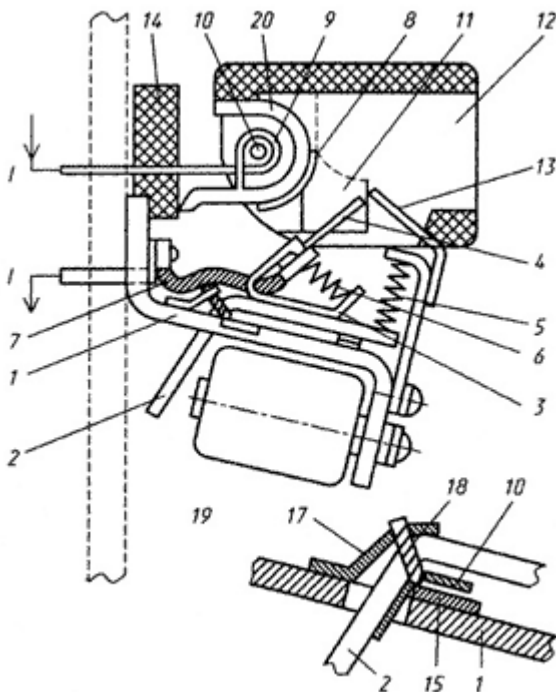
- устройство, принцип действия, основные технические характеристики контактора переменного тока;

уметь:

- определять экспериментальным путем основные эксплуатационные параметры контактора и магнитного пускателя.

Теоретическое обоснование

Контактором называют электромагнитный аппарат дистанционного управления, предназначенный для частых включений и отключений электрических цепей, идущих к сетям, электроприемникам и т. п. и рассчитанных на сравнительно большое номинальное значение силы тока (например, мощных электродвигателей, электрических печей, электрооборудования кранов, троллейбусов). Контакторы могут работать на переменном и постоянном токах при напряжении соответственно до 660 и 750 В.



1 - стальная скоба-основание; 2 - якорь; 3 - скоба; 4 и 8 - подвижный и неподвижный контакты; 5 - возвратная пружина; 6 - контактная пружина; 7 - медная гибкая связь; 9 - катушка магнитного дутья (МД); 10 - сердечник системы МД; 11 - стальные полосы МД; 12 - дугогасительная камера; 13 и 20 - дугогасительные рога; 14 - изоляционное основание; 15 - вставка-призма вращения; 16 - сменная пластина; 17 - планка; 18 - пружина; 19 - включающая катушка; I - коммутируемый ток

Рисунок 11.1 - Конструктивная схема контактора постоянного тока КПВ 600

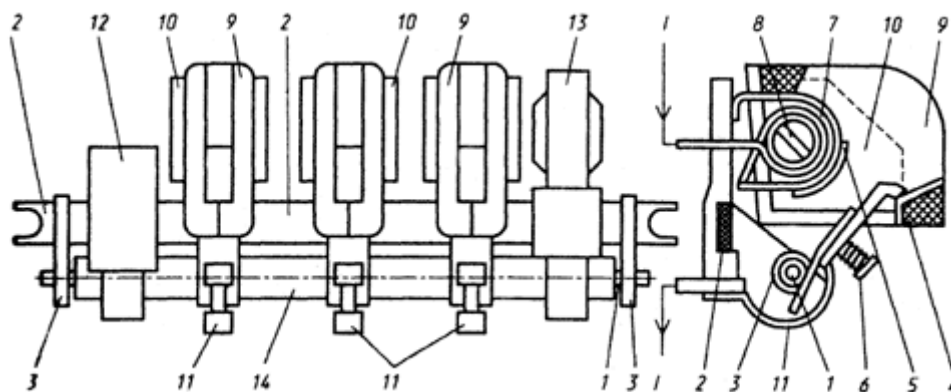
Контактор (рисунок 11.1) состоит из двух основных частей: магнитной системы (катушка с магнитопроводом) и контактной системы (главные контакты, помещенные в дугогасящую камеру, и блок-контакты).

Контакторы постоянного тока изготавливают с одним или двумя полюсами, а контакторы переменного тока - с двумя, тремя, четырьмя или пятью полюсами.

Контакторы переменного и постоянного токов, как правило, имеют конструктивные отличия, поэтому обычно не взаимозаменяемы. Контакторы, как и другие электромагнитные аппараты, имеют магнитную систему, на которой расположена катушка управления. Подвижная часть магнитной системы (якорь) механически связан с группой подвижных контактов - силовых и вспомогательных (или блок-контактов). На рисунке 11.1 представлена конструкция контактора постоянного тока, а на рисунке 11.2. - контактора переменного тока.

В контакторах не предусмотрены защиты, присущие автоматам и магнитным пускателям. Контакторы обеспечивают большое число включений и отключений (циклов) при дистанционном управлении ими. Число этих циклов для контакторов разной категории изменяются от 30 до 3600 в час. Контакторы выпускаются переменного (типа К и КТ) и постоянного (типа КП, КМ, КПД) токов.

Контакторы имеют главные (силовые) контакты и вспомогательные или блок-контакты, предназначенные для организации цепей управления и блокировки. Главные контакты, как правило, снабжаются специальными дугогасительными устройствами.



1 - вал; 2 - металлическая изолированная рейка; 3 - подшипники; 4 и 5 - подвижный и неподвижный контакты; 6 - контактная пружина; 7 - катушка магнитного дутья (МД); 8 - сердечник системы МД; 9 - дугогасительная камера; 10 - полосы системы МД; 11 - гибкая медная связь; 12 - узел вспомогательных контактов; 13 - электромагнит; 14 - изоляционный слой на металлическом валу;

I - коммутирующий ток

Рисунок 11.2 - Конструктивная схема контактора КТ6000

Классификация электромагнитных контакторов.

Общепромышленные контакторы классифицируются:

- по роду тока главной цепи и цепи управления (включающей катушки) - постоянного, переменного, постоянного и переменного тока;
- по числу главных полюсов - от 1 до 5;

- по номинальному току главной цепи - от 1,5 до 4800 А;
- по номинальному напряжению главной цепи: от 27 до 2000 В постоянного тока; от 110 до 1600 В переменного тока частотой 50, 60, 500, 1000, 2400, 8000, 10 000 Гц;
- по номинальному напряжению включающей катушки: от 12 до 440 В постоянного тока, от 12 до 660 В переменного тока частотой 50 Гц, от 24 до 660 В переменного тока частотой 60 Гц;
- по наличию вспомогательных контактов - с контактами, без контактов.

Тип контактора обозначают сочетанием букв:

КП, КН, КПП или КПД - контакторы постоянного тока;

КТ, КТП или КНТ - контакторы переменного тока.

Кроме этого, с помощью дополнительных букв и цифр указывают также следующее:

серию - первая цифра;

исполнение главных контактов - вторая цифра: 1 - один замыкающий контакт, 2 - два замыкающих контакта, 3 - один размыкающий и один замыкающий контакты;

величину контакта - третья цифра: 1 - до 63 А, 2 - до 100 А, 3 - до 160 А, 4 - до 250 А, 5 - до 630 А;

индекс очередной модификации - первая буква после цифр;

климатические условия эксплуатации - вторая буква после цифр;

среду, в которой контактор предназначен для работы, - последняя цифра: 1 - на открытом воздухе, 2 - под навесом, 3 - в помещении.

Рассмотрим пример: КПД-121ЕУЗ - это контактор постоянного тока, предназначен для управления крановым электрооборудованием, серии 100, имеет два замыкающих контакта, первой величины, нормально работает в умеренном климате в помещении.

Ход работы

Оборудование: контактор, отвертки.

- 1) Внимательно осмотрите контактор.
- 2) Определите тип контактора, запишите технические данные.
- 3) Снимите крышку контактора, рассмотрите устройство его основных частей.
- 4) Опишите назначение и устройство контактора переменного тока.
- 5) Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1) Что называют контактором?
- 2) Как присоединяют к управляемой цепи контактор?
- 3) Сколько полюсов может быть у контактора постоянного тока, переменного тока?
- 4) Как маркируются контакторы?
- 5) Расшифруйте марку контактора: КМВ-621У2, КП-7 У1.

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Технические данные контактора.
- 3) Назначение и устройство контактора переменного тока.
- 4) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Электрические аппараты [Текст]: учеб.пособ./ О.В. Девочкин, В.В. Лохнин, Р.В.Меркулов. – 4-е изд.испр. - М.: Академия, 2013. – 240 с.
- 2) Москаленко, В.В. Системы автоматизированного управления электропривода [Электронный ресурс]: учебник / В.В. Москаленко. - М.: ИНФРА-М, 2014. – 208 с. (ЭБС Znanium.com). Режим доступа:
<http://znanium.com/bookread2.php?book=402711>

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12

Тема: Изучение работы и конструкции магнитного пускателя.

Цель: Изучить устройство, принцип действия, параметры, марки и технические параметры магнитного пускателя.

Студент должен *знать*:

- устройство, принцип действия, основные технические характеристики магнитного пускателя;

уметь:

- определять экспериментальным путем основные эксплуатационные параметры магнитного пускателя.

Теоретическое обоснование

Магнитные пускатели предназначены для пуска, остановки, реверсирования и тепловой защиты главным образом асинхронных двигателей. Наибольшее применение находят магнитные пускатели с контактными системами и электромагнитным приводом типов ПМЕ, ПМА, ПА (ПАЕ). Пускатели выполняются открытого, защищенного, пылебрызгонепроницаемого исполнения, реверсивные и нереверсивные, с тепловой защитой и без нее.

Пускатели серии ПМА предназначены для управления асинхронными двигателями в диапазоне мощностей от 1,1 до 75 кВт на напряжение 380-660 В. Пускатели серии ПМЕ, ПАЕ обладают коммутационной способностью до $2 \cdot 10^6$ и частотой включений в час до 1200. Выбор контакторов и пускателей осуществляется по номинальному напряжению сети, номинальному напряжению питания катушек контакторов и пускателей, по номинальному коммутируемому току электроприемника.

Магнитные пускатели устроены и действуют в основном так же, как и контакторы, но они более компактны и меньше по габаритам. Промышленностью выпускаются магнитные пускатели с электротепловыми реле или без них.

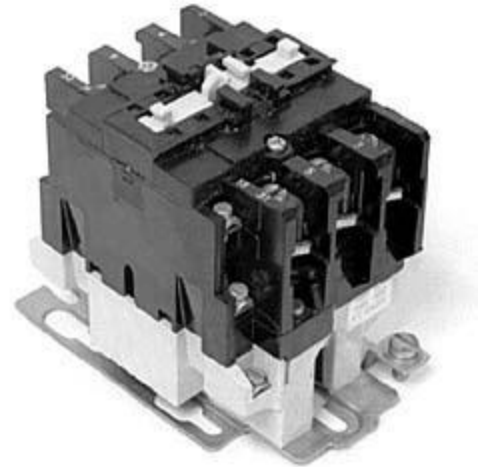
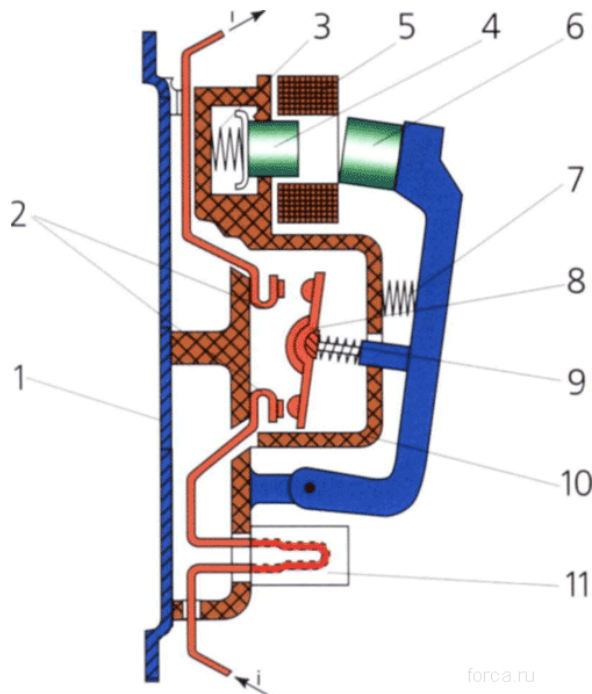
Магнитные пускатели, позволяющие включать двигатель лишь в одном направлении вращения, называют нереверсивными.

Магнитные пускатели, с помощью которых можно изменять направление вращения электродвигателя, называют реверсивными (они состоят из двух нереверсивных пускателей, объединенных конструктивно).

Для включения нереверсивных магнитных пускателей применяют кнопочный нажимной выключатель с одним замыкающим («пуск») и одним размыкающим («стоп») контактами, а для включения реверсивных магнитных пускателей применяется аналогичный выключатель, но с тремя кнопками: «вперед», «назад», «стоп».

Промышленность выпускает магнитные пускатели серий ПА, ПАЕ и ПМЕ. В электроустановках эксплуатируются и магнитные пускатели других серий, выпускавшиеся ранее.

Пускатели серий ПА и ПАЕ используют преимущественно для управления электродвигателями, установленными на металлообрабатывающих и других станках. Пускатели серии ПМЕ применяют для управления асинхронными трехфазными двигателями с короткозамкнутым ротором.



1 - основание; 2 - неподвижные контакты; 3 - пружина; 4 - магнитный сердечник; 5 - катушка; 6 - якорь; 7 - возвратная пружина; 8 - контактный мостик; 9 - пружина; 10 - дугогасительная камера; 11 - нагревательный элемент
 Рисунок 12.1 – Общий вид магнитного пускателя

В промышленности применяются магнитные пускатели серий ПМЕ и ПМЛ с прямоходовыми контакторами и серии ПАЕ с подвижной системой поворотного типа.

Тип пускателя обозначают сочетанием букв и цифр. Буквы указывают на серию, а цифры - на величину (габаритные размеры), особенности исполнения, наличие или отсутствие электротеплового реле и на возможность реверсирования:

первая цифра, стоящая после букв, указывает на величину пускателя (чем она больше, тем больше габаритные размеры пускателя); магнитные пускатели серии ПМЕ имеют величину 0, 1 или 2, а серии ПА - от третьей по шестую;

вторая цифра показывает открытое исполнение (1) или защищенное. (2);

по третьей цифре можно одновременно определить, является ли пускатель нереверсивным (1 или 2) или реверсивным (3 или 4) и имеет ли он электротепловое реле (2 или 4) или нет (1 или 3).

Рассмотрим примеры: ПА-314 - магнитный пускатель третьей величины, открытого исполнения, реверсивный, с электротепловым реле; ПА-621 - магнитный пускатель шестой величины, защищенного исполнения, нереверсивный, без электротеплового реле.

Выбирать магнитный пускатель необходимо по следующим данным: номинальная сила тока, номинальное напряжение и условия эксплуатации - требуется или не требуется защищенное исполнение, есть ли необходимость в реверсировании и наличии электротеплового реле.

Ход работы

Оборудование: магнитный пускатель, отвертки.

- 1) Внимательно осмотрите магнитный пускатель.
- 2) Определите тип магнитного пускателя, запишите его технические данные.
- 3) Снимите крышку магнитного пускателя, рассмотрите устройство его основных частей.
- 4) Опишите назначение и устройство магнитного пускателя.
- 5) Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1) Что называют магнитным пускателем?
- 2) Назначение короткозамкнутых витков на сердечнике магнитного пускателя.
- 3) Как маркируются магнитные пускатели?
- 4) Расшифруйте марку магнитных пускателей ПМЕ-211, ПАЕ-613.
- 5) В чем разница между магнитным пускателем и контактором?

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Технические данные магнитного пускателя.
- 3) Назначение и устройство магнитного пускателя.
- 4) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Электрические аппараты [Текст]: учеб.пособ./ О.В. Девочкин, В.В. Лохнин, Р.В.Меркулов. – 4-е изд.испр. - М.: Академия, 2013. – 240 с.
- 2) Москаленко, В.В. Системы автоматизированного управления электропривода [Электронный ресурс]: учебник / В.В. Москаленко. - М.: ИНФРА-М, 2014. – 208 с. (ЭБС Znanium.com). Режим доступа:
<http://znanium.com/bookread2.php?book=402711>

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 13

Тема: Изучение работы и конструкции электромагнитного реле тока и напряжения.

Цель: Изучить параметры реле, устройство и принцип действия реле переменного тока типа РТ-40, постоянного тока типа и напряжения типа РН-50.

Студент должен *знать*:

- классификацию реле;
- устройство и принцип действия реле тока и напряжения;

уметь:

- определять экспериментальным путем основные эксплуатационные параметры реле;
- подключать реле в электрические схемы.

Теоретическое обоснование

В качестве воспринимающего органа в электромагнитных реле используются электромагнитные механизмы относительно простых конструкций и позволяющие реализовать разнообразные тяговые характеристики, согласующиеся с механическими характеристиками. Электромагнитные механизмы имеют сравнительно большие тяговые усилия при относительно малых габаритах, что и обуславливает их наиболее широкое применение в реле. На электромагнитном принципе осуществляется работа реле тока (максимального и минимального), реле напряжения (максимального, минимального, сигнальные, промежуточные и др.), реле времени, реле частоты и другие типы реле, применяемые в схемах защиты, управления электроприводами, автоматики.

Промежуточный орган реле - пружина, исполнительный орган - контактная система.

В зависимости от хода якоря различают следующие типы реле: клапанного типа (якорь притягивается с внешней стороны магнитопровода), соленоидного типа (якорь втягивается внутрь), поворотного типа (якорь имеет внешнее поперечное относительно силовых линий магнитного поля движение).

Реле мгновенного косвенного действия типов РТ-40 и РН-50. По роду физической величины реле разделяются на реле тока (РТ-40) и реле напряжения (РН-50). По способу воздействия на объект управления реле являются косвенными, по способу включения - вторичными, по ходу якоря - поворотными. Реле применяют в цепях защиты электроустановок.

Конструкция реле показана на рисунке 13.1. Реле предусматривает следующие элементы: электромагнит 12 с обмоткой 1, состоящей из двух катушек, расположенных на верхнем и нижнем стержнях электромагнита; стальной якорь 10, жестко установленный на двух полюсах 3; подвижные контактные мостики 4, закрепленные на якоре с помощью изоляционной колодки; спиральную противодействующую пружину 9, установленную на держателе 8, связанную внутренним концом с осью якоря; неподвижные пары контактов 14 (правая), 13 (левая), расположенные на изоляционной колодке 5; упорные винты 11 (левый, правый), ограничивающие ход якоря; шкалу уставок 6; указатель уставок (поводок) 7; гаситель вибраций 2.

При прохождении по обмоткам тока электромагнит, преодолевая противодействие спиральной пружины, притягивает якорь к полюсам, т. е. разворачивает якорь вместе с полюсами по часовой стрелке. При отсутствии тока в обмотке или при его значении, меньшем, чем ток срабатывания, якорь находится в крайнем левом положении. При возрастании тока якорь втягивается под полюсы и поворачивает подвижные контактные мостики, которые размыкают правую пару контактов и замыкают левую пару контактов. Реле срабатывает.

Уставка срабатывания токовых реле РТ-40 регулируется поводком 7, который изменяет натяжение пружины, а также изменением соединения катушек (последовательно или параллельно), что изменяет пределы шкалы в 2 раза. Обозначенные на шкале уставки соответствуют последовательному соединению катушек. При параллельном соединении уставки реле удваиваются. Коэффициент возврата максимальных реле не менее 0,8 и минимальных - не более 1,2.

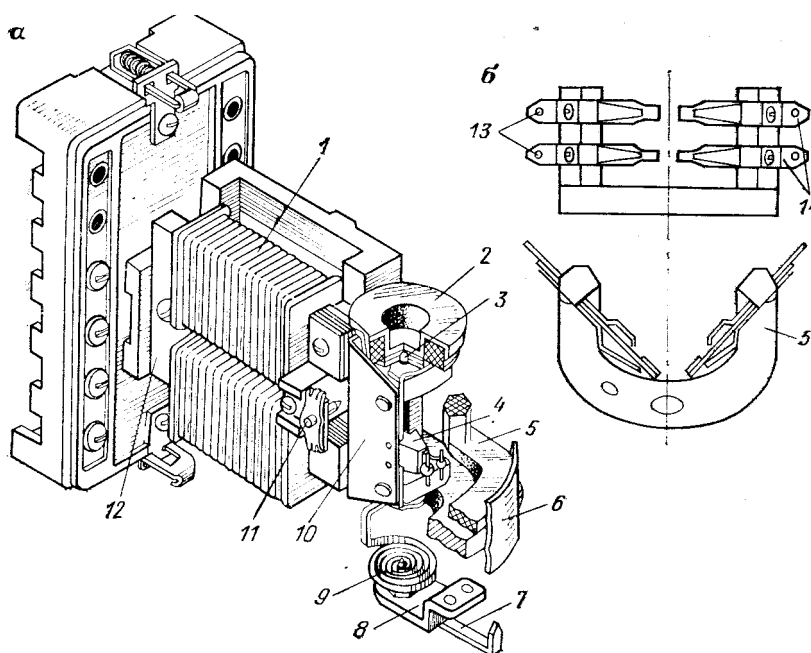


Рисунок 13.1- Электромагнитное реле типов РТ-40 и РН-50

При работе реле во время удара якоря об упоры контакты токовых реле РТ-40 вибрируют. Для гашения вибраций имеется гаситель, представляющий собой небольшой полый цилиндр, закрепленный на одной оси с якорем и заполненный песком. При срабатывании реле песок поглощает энергию удара якоря об упоры, предотвращая тем самым отскакивание и вибрацию контактов.

Реле напряжения РН-53 и РН-54 выполняются конструктивно как и реле РТ-40 (см. рисунок 13.1) и отличаются только отсутствием гасителя вибрации. Для предотвращения вибрации контакты катушки реле включены через однофазный мостовой выпрямитель. Протекание через обмотки тока одного направления снижает вибрацию контактов в режиме длительного включения.

Реле РН-53 имеет $k_{\text{в}}$ не ниже 0,8; а реле РН-54 не выше 1,25. Кроме рассмотренных, выпускаются также реле напряжения постоянного тока РН-51 и реле напряжения переменного тока РН-58 с повышенным коэффициентом возврата - 0,95.

Уставка срабатывания реле РН-50 регулируется посредством изменения натяжения пружины с помощью поворота поводка 7. Уставка срабатывания регулируется также с помощью включения одного или двух дополнительных резисторов в цепь обмотки реле.

Электромагнитные реле управления электроприводами и автоматики. В схемах управления электроприводами применяются реле постоянного тока РЭВ-300, выполняемые и как реле напряжения, и как реле тока (рисунок 13.2).

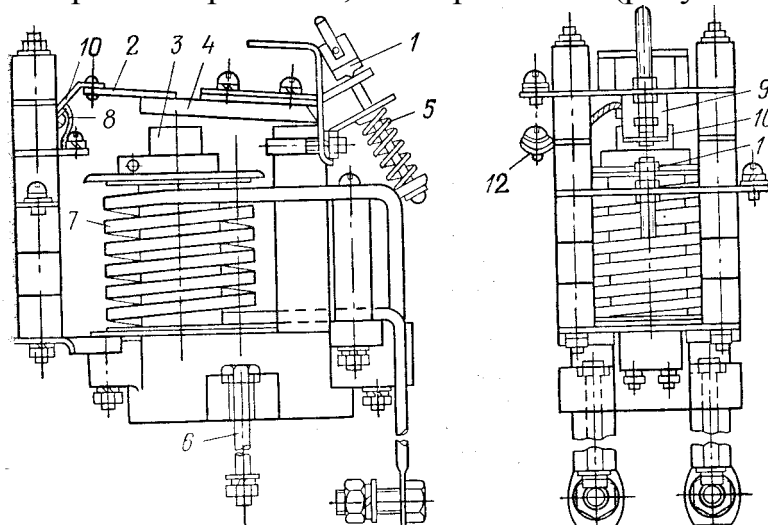


Рисунок 13.2 - Электромагнитное реле РЭВ-300

Основные элементы реле: магнитопровод *U*-образной формы 3, якорь 4, обмотка 7, крепежная деталь 6, возвратная пружина 5, регулировочная гайка 1, подвижной контакт 10 на изоляционной пластине 2, неподвижные контакты 9 и 11, клеммы 12, гибкая связь подвижного контакта с клеммой 8.

Реле обладает высоким коэффициентом возврата, так как имеет достаточно большой конечный зазор и небольшой ход якоря. Коэффициент возврата регулируется изменением конечного зазора и хода якоря с помощью изменения положений контактов 9 и 11. При опускании контакта 9 уменьшается ход якоря, при подъеме контакта 11 увеличивается конечный зазор.

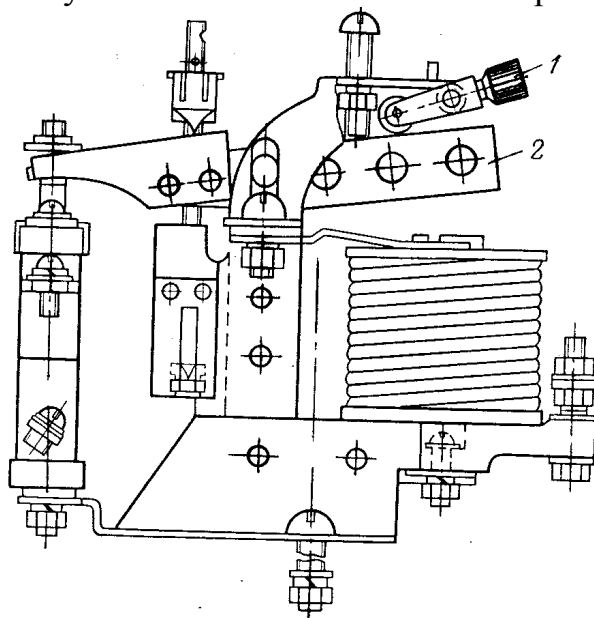


Рисунок 13.3 - Электромагнитное реле переменного тока без самовозврата

В ряде схем электроприводами управляют не с помощью самовозвратных кнопок, а с помощью командоконтроллера. В этом случае защита цепей двигателей должна производиться реле без самовозврата. В противном случае реле максимального тока, отключившись после снятия напряжения контактором, вновь подаст сигнал на включение при неустраненном коротком замыкании. При этом произойдут повторное срабатывание реле и отключение схемы контактором и т. д. Для предотвращения этого реле не должно иметь самовозврата в исходное положение.

Отличительная особенность электромагнитного токового реле без самовозврата (рисунок 13.3) - наличие защелки 1, левая часть которой тяжелее правой. При притяжении якоря 2 защелка под действием своего веса поворачивается против часовой стрелки и запирает якорь в притянутом положении. Возвращение реле в исходное положение после срабатывания возможно вручную.

Ход работы

Оборудование: Реле тока РТ-40, реле напряжения РН-50, РЭВ-300.

- 1) Определите тип реле и запишите его технические данные.
- 2) Снимите крышку реле и рассмотрите устройство его основных частей.
- 3) Опишите устройство и принцип действия реле времени.
- 4) Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1) Дать определение реле.
- 2) Перечислите требования к реле.
- 3) Какой материал применяется для изготовления контактов?
- 4) Перечислите типы реле в зависимости от хода якоря.
- 5) Чем опасна вибрация контактов реле РТ-40 и что используется для гашения вибрации?
- 6) Чем отличаются реле постоянного тока от реле переменного тока?
- 7) Перечислите основные элементы реле РЭВ -300.
- 8) Как должна производиться защита цепей электродвигателя при управлении им с помощью командоконтроллера и почему?
- 9) В каких пределах находится время действия обыкновенных реле?

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Типы реле и его технические параметры.
- 3) Устройство и принцип действия реле.
- 4) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Электрические аппараты [Текст]: учеб.пособ./ О.В. Девочкин, В.В. Лохнин, Р.В.Меркулов. – 4-е изд.испр. - М.: Академия, 2013. – 240 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 14

Тема: Изучение работы и конструкции различных типов реле времени.

Цель: Изучить устройство и принцип действия реле времени.

Студент должен *знать*:

- классификацию реле;
- устройство и принцип действия реле;
- типы современных реле защиты на полупроводниках и интегральных микросхемах;

уметь:

- определять экспериментальным путем основные эксплуатационные параметры реле.

Теоретическое обоснование

Назначение реле. Реле времени предназначены для использования в схемах релейной защиты и системах автоматики для селекции управляющих сигналов по длительности, либо для передачи их в контролируемые электрические цепи с установленной задержкой во времени.

В электромагнитных реле времени переменного тока выдержка времени создается с помощью замедляющих механизмов (часового, пневматического, моторного).

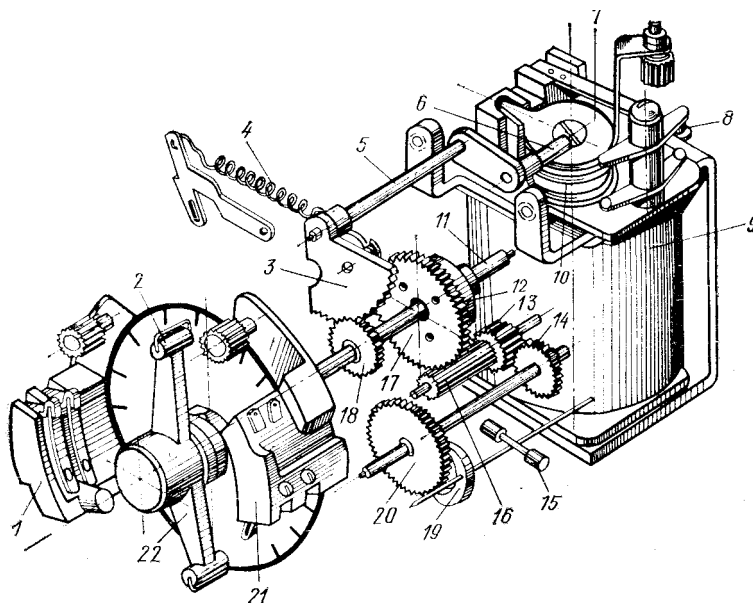


Рисунок 14.1 - Электромагнитное реле времени с часовым замедляющим механизмом

В реле ЭВ-100 и ЭВ-200 выдержка времени создается часовым механизмом (рисунок 14.1). Принцип работы реле следующий. Ведущая пружина 11 нормально растянута (заведена) и удерживается в таком положении пальцем 6, который упирается в верхнюю часть якоря 7. При поступлении напряжения на обмотку 9 якорь 7 втягивается и сжимает возвратную пружину 10, освобождая при этом палец 6. При этом под действием освобожденной ведущей пружины 4 зубчатый сектор 3, закрепленный на оси 5, начинает вращаться и вращать сцепленную с ним шестерню 18. Шестерня 18 соединена с валиком, на который насажена контактная траверса 22. В начале вращения валик зацепляется с ведущей шестерней 17 с помощью фрикционного устройства 12, насаженного на

ось 11. Устройство 12 выполняет функции храповой шестерни и храповой пружины.

Ведущая шестерня 17 через трубку 16 и шестерни 13 и 14 связана с часовым механизмом 20, 19, 15. Часовой механизм позволяет контактной траверсе 22 двигаться с определенной скоростью. Выдержка времени определяется временем движения траверсы и начальным положением подвижных контактов 2 относительно неподвижных и проскальзывающих 21. Изменением положения неподвижных и проскальзывающих контактов по шкале реле обеспечивается регулировка времени срабатывания. Кроме контактов с регулируемой выдержкой времени имеются переключающие контакты мгновенного действия 8, которые переключаются при втягивании якоря. При исчезновении напряжения реле мгновенно возвращается в исходное положение.

Реле ЭВ-100 применяются для работы на постоянном оперативном токе 24, 48, 110 и 220 В, реле ЭВ-200 - на переменном оперативном токе 110, 127, 220 и 370 В. Обмотки реле времени переменного тока типов ЭВ-215 - ЭВ-245 постоянно находятся под напряжением. Реле срабатывают при снятии напряжения, при подаче напряжения реле мгновенно возвращаются в исходное положение.

Реле времени типов ЭВ-112 - ЭВ-144 выпускают для работы на постоянном токе на напряжение 24, 48, 110, 220В. Реле времени переменного тока типов ЭВ-215 - ЭВ-245 выпускают на напряжение 100, 127, 220, 380 В. В реле ЭВ-215 (рисунок 14.2) при подведении напряжения к обмотке реле 10, расположенной на ярме 9, заводится часовой механизм 5, что приводит к подъему якоря 11. Якорь же через систему рычагов 6 и 7 заводит часовой механизм, одновременно замыкая без выдержки времени мгновенные контакты 8. При выключении напряжения система рычагов приходит в исходное положение, мгновенные контакты переключаются, а заведенный часовой механизм начинает вращать рычаг 3, перемещая подвижные контакты 4, которые с установленной выдержкой времени замкнут контакты 2, а затем контакты 1. Выдержка времени регулируется перемещением контактов 1.

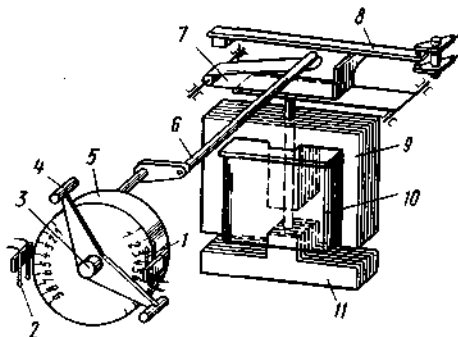


Рисунок 14.2 – Реле времени типа ЭВ-215

В качестве электромеханических реле времени также применяют моторные реле времени с синхронными микродвигателями (рисунок 14.3).

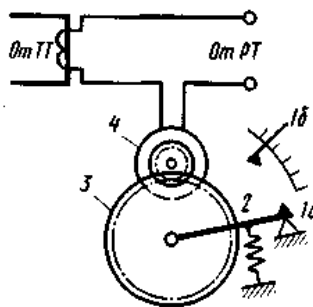


Рисунок 14.3 – Моторное реле времени

При срабатывании реле *РТ* защищаемого элемента от промежуточного трансформатора *ТТ*, размещенного в кожухе реле времени, подается необходимое напряжение, при котором микродвигатель *4* через передаточный механизм *3* начинает двигать рычаг *2* со скоростью, определяемой частотой тока в сети. На рычаге *2* укреплен подвижный элемент контакта *1а*. Через выдержку времени, устанавливаемую положением неподвижного элемента контакта *1б*, последний замыкается, и реле времени срабатывает.

Электронные реле времени с выдержкой на срабатывание типа РВ-01.

Основные технические данные. Диапазон уставок выдержек времени в зависимости от использования: (0,1-1,0) с; (0,3-3,0)с; (0,1-10,0)с; (0,3-30)с - с дискретностью регулирования 0,01с; 0,03с; 0,1с; 0,3 с, соответственно.

Номинальное напряжение /Потребляемая мощность, В·А:

- постоянного тока: 24В/2,0 Вт; 48В/2,5Вт; 60В/3,0Вт; 110В/5,0 Вт; 220В/10Вт;
- переменного тока 50 или 60 Гц: 100В/6,0 ВА; 127В/7,0 ВА; 220В/11,0 ВА; 380В/20,0 ВА.

Исполнения на 380 В, 50 Гц получают путем включения реле с рабочим напряжением на 110...220 В, 50 Гц последовательно с балластным резистором, входящим в комплект поставки реле.

Реле имеют два исполнительных контакта, переключающихся с одинаковой выдержкой времени, способных коммутировать напряжения постоянного и переменного тока от 24 до 250 В.

Коммутационная способность контактов достигает 30 Вт в цепи постоянного тока с индуктивной нагрузкой при постоянной времени не более 0,02 с и 250 ВА в цепи переменного тока при коэффициенте мощности не ниже 0,4.

Минимальный ток контактов 0,01 А при напряжении 110 В и более и 0,05 А при напряжении от 24 до 110 В. Длительно допустимый ток контактов 2,5 А.

Контакты реле способны замыкать постоянный и переменным ток до 20 А в течение 0,5 с при общем числе замыканий не более 100. Масса реле не более 1 кг.

Принцип действия и устройство реле, описание работы реле. Структурная схема реле показана на рисунке 14.4. Она содержит следующие блоки: преобразователь входного управляющего напряжения U_1 , формирующий питающее $U_{п}$ и опорное $U_{оп}$ напряжения для электронной схемы; времязадающий блок U_2 формирующий требуемую временную задержку на срабатывание; пороговую схему (компаратор) *SF*; усилитель мощности сигнала *A* с ключом *KL*

на выходе; и схему обнаружения отключения питания реле U_3 и электронный ключ SW для ускоренного разряда конденсаторов в реле.

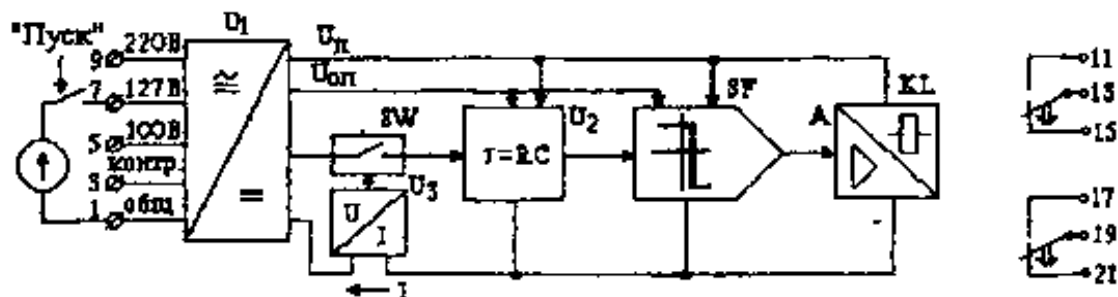


Рисунок 14.4 – Структурная схема РВ-01

Для получения стабильной временной задержки в реле используется принцип дозаряда конденсатора от фиксированного начального напряжения до напряжения срабатывания пороговой схемы. Управление работой отдельных узлов реле осуществляется по факту скачкообразного изменения напряжения питания.

Ход работы

Оборудование: Реле времени различных типов.

- 1) Определите тип реле и запишите его технические данные.
- 2) Снимите крышку реле и рассмотрите устройство его основных частей.
- 3) Опишите устройство и принцип действия реле времени.
- 4) Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1) Для чего применяется электромагнитное реле времени, на каком принципе оно действует?
- 2) С помощью чего создается выдержка времени реле?
- 3) На каком токе работают реле времени ЭВ-200?
- 4) На каком токе могут работать реле времени ЭВ-100?
- 5) Перечислите виды реле времени.

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Типы реле и его технические параметры.
- 3) Устройство и принцип действия реле времени.
- 4) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Электрические аппараты [Текст]: учеб.пособ./ О.В. Девочкин, В.В. Лохнин, Р.В.Меркулов. – 4-е изд.испр. - М.: Академия, 2013. – 240 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 15

Тема: Изучение различных типов автоматических выключателей.

Цель: Изучить устройство, принцип действия, параметры, марки и технические характеристики автоматических выключателей.

Студент должен *знать*:

- устройство, принцип действия, основные технические характеристики автоматических выключателей;

уметь:

- определять экспериментальным путем основные эксплуатационные параметры автоматов;

Теоретическое обоснование

Автоматический выключатель (автомат) предназначен для автоматического размыкания электрической цепи при перегрузках, коротких замыканиях и понижениях напряжения, а также для редких отключений и включений. Автоматы выпускаются в одно-, двух- и трехполюсном исполнении для цепей постоянного и переменного токов. Управление ими может быть ручное (местное или дистанционное).

Автоматы характеризуются следующими показателями:

- 1) номинальным напряжением $U_{ном}$ - максимальным напряжением постоянного или переменного тока, предназначенным для нормальной работы автомата;
- 2) номинальным током автомата $I_{н.а}$ - максимальным длительным током главных контактов автомата;
- 3) током срабатывания автомата $I_{ср.а}$ - наименьшим током, при котором автомат разрывает электрическую цепь;
- 4) предельным током отключения $I_{пр.а}$ - наибольшим током, который может быть отключен автоматом;
- 5) номинальным током расцепителя $I_{н.р}$ - максимальным длительным током, при котором расцепитель не срабатывает;
- 6) током уставки расцепителя I_y - наименьшим током срабатывания расцепителя, на который он настраивается;
- 7) уставкой тока мгновенного срабатывания электромагнитного расцепителя, называемой отсечкой.

Главной частью автоматических выключателей служит реле, поэтому и принцип работы их тот же, что и реле.

Реле с относящимися к нему механизмами отключения называют расцепителем. Автоматические выключатели бывают с электромагнитными, электротепловыми и комбинированными расцепителями.

Устройство и схема действия автоматического выключателя АП-50 показаны на рисунке 15.1, автоматического выключателя серии А3700 на рисунке 15.2.

Конструкция выключателя АП 50

Выключатель смонтирован в корпусе из ударо- и дугостойкой пластмассы, допускающей возможность работы в условиях умеренного, холодного и тропического климата. Корпус состоит из основания 1 и крышки 2.

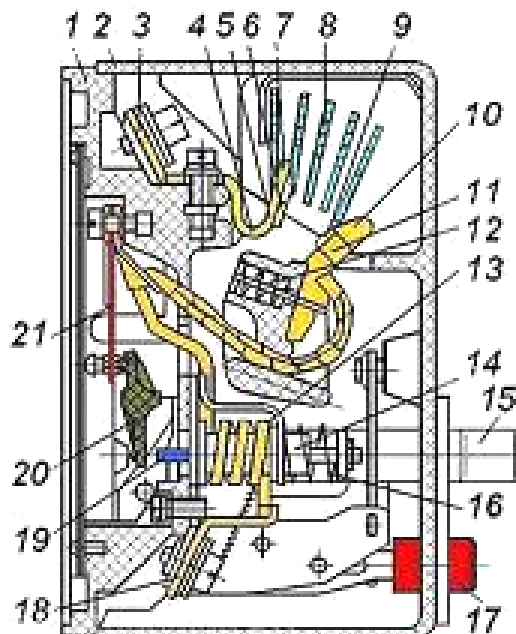


Рисунок 15.1 - Автоматический выключатель АП 50

Внешние цепи подключаются к зажимам 3 и 18. Управление выключателем производится двумя кнопками – включения (светлого цвета) 15 и отключения (красного цвета) 17. Внутри корпуса располагается контактная система, состоящая из подвижного 11 и неподвижного 5 контактов с контактными накладками 6 и 9. Контактное нажатие создает пружина 12.

Контактные накладки изготовлены из специально подобранной серебросодержащей металлокерамической композиции, которая обеспечивает высокую дугостойкость и износостойкость контактов.

Исключение возможности механического удержания контактов в замкнутом состоянии при возникновении аварийного режима обеспечивает механизм свободного расцепления, состоящий из системы «ломающихся» рычагов и пружин.

На короткие замыкания реагирует электромагнитный расцепитель, состоящий из обмотки 13 и якоря 14, на котором закреплен шток 19. При аварийных токах, превосходящих ток уставки, электромагнитная сила, втягивающая якорь в отверстие обмотки, становится больше усилия сжатия пружины 16, якорь втягивается в отверстие обмотки и шток, воздействуя на рейку 20 механизма свободного расцепления, проворачивает ее, в результате чего выключатель срабатывает, вызывая размыкание главных и свободных контактов выключателя.

Благодаря электродинамической петле 4, опорные точки дуги, возникающей между контактами, быстро перемещаются по дугогасительным рогам 7 и 10, в результате дуга, попадая в камеру, состоящую из ряда стальных пластин 8, гаснет.

Защиту от токов перегрузки обеспечивает биметаллический расцепитель 21, с регулятором, рычаг которого установлен на механизме выключателя. Регулятор позволяет уменьшать уставку во всех полюсах до 70% от ее номинального значения.

Устройство автоматического выключателя серии АЗ700

Автоматический выключатель серии АЗ700 состоит из контактной системы, дугогасительного устройства и механизма управления, смонтированных на общем пластмассовом основании, закрытом крышкой 1.

Подвижные контакты укреплены на контактных рычагах 13. Неподвижные контакты 15 припаяны к медным, шинам, уложенным на дно основания, и снабжены зажимами для присоединения к ним шин распределительного устройства или проводов питающей сети.

Для предохранения от разрушающего воздействия дуги на рабочих поверхностях контактов имеются напайки из металлокерамики. Подвижный и неподвижный контакты каждого полюса автомата разделены пластмассовыми перегородками и заключены в съемные дугогасительные камеры 8. Каждая камера состоит из нескольких стальных пластин, закрепленных на фибровом каркасе 2 так, что между ними образуются узкие, расходящиеся кверху щели. При отключении автомата образовавшаяся на его контактах дуга благодаря магнитному полю, создаваемому токами дуги, втягивается в пространства между пластинами, образующими деионную решетку дугогасительного устройства, дробится на ряд мелких дуг и, интенсивно охлаждаясь о поверхность пластин, быстро гасится. Автомат имеет рукоятку ручного управления 5.

Держатели подвижных контактов соединены с общим стальным изолированным валиком, а через пружинный механизм при помощи системы рычагов - с рукояткой 5. Механизм управления автомата обеспечивает замыкание и размыкание контактов с постоянной скоростью, не зависящей от скорости движения рукоятки, а также необходимое нажатие в контактах и автоматическое отключение при перегрузках и коротких замыканиях.

По видам защиты автоматы этой серии разделяют на следующие: с электромагнитными расцепителями, обеспечивающими защиту от коротких замыканий; с тепловыми расцепителями, обеспечивающими защиту от перегрузок; с комбинированными расцепителями (электромагнитным и тепловым); с расцепителями минимального напряжения, осуществляющими нулевую защиту.

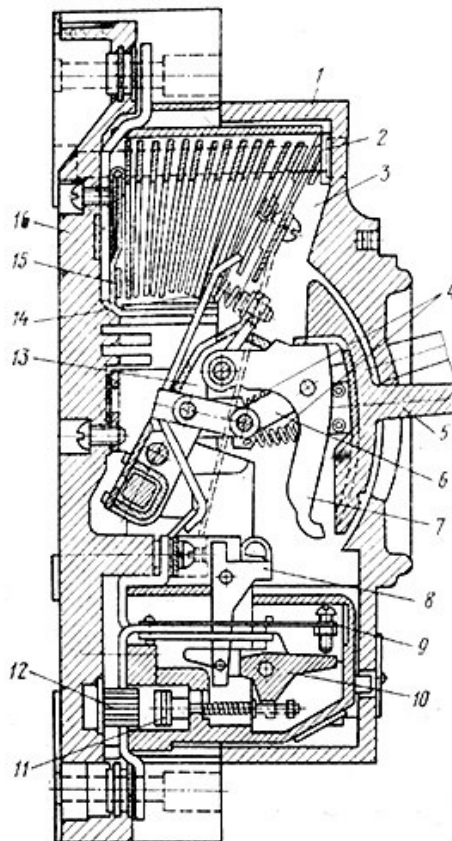
Расцепители токовой защиты могут быть выполнены для токоограничивающих выключателей на полупроводниковых, биметаллических и электромагнитных элементах; для селективных выключателей - на полупроводниковых элементах. Кроме того, выключатель может иметь расцепитель минимального напряжения и независимый отключающий расцепитель для дистанционного отключения выключателя.

Электромагнитные расцепители срабатывают мгновенно, а тепловые - с выдержкой времени, зависящей от значения протекающего тока нагрузки.

По положению рукоятки управления определяют, включен или выключен автомат. Если рукоятка находится в верхнем положении, автомат включен, если в среднем (промежуточном) и нижнем - отключен.

Среднее положение рукоятка занимает в том случае, если отключение произошло автоматически. Для восстановления включенного положения аппарата после автоматического отключения необходимо рукоятку опустить в нижнее

положение («отключено»), ввести в зацепление рычаги механизма, а затем поднять рукоятку до крайнего верхнего положения.



1 - крышка, 2 - каркас деионной решетки, 3 - дугогасительная камера с деионной решеткой, 4 - перекидные пружины, 5 - рукоятка включения, 6 - ломающиеся рычаги, 7 - рычаг, 8 - собачка расцепителя, 9 - термобиметаллический элемент, 10 - рейка, 11 - якорь электромагнита, 12 - сердечник электромагнита, 13 - контактный рычаг, 14 - подвижный контакт, 15 - неподвижный контакт, 16 - основание.

Рисунок 15.2 - Автомат АЗ700

Автоматические выключатели серии АВМ выпускают двух- и трехполюсными в открытом исполнении и рассчитаны на установки в помещениях с нормальной средой. Изготавливают выключатели невыдвижные - с передним присоединением шин и выдвигаемые - с втычными контактами, расположенными с обратной стороны панели автомата.

Выключатели АВМ выпускают с регулируемым электромагнитным расцепителем максимального тока:

- типа 1 - мгновенного действия; отключает выключатель без выдержки времени;
- типа 2 - с часовыми механизмами; с обратно зависимой от тока выдержкой времени при перегрузках и с мгновенным отключением при коротком замыкании;
- типа 3 - с часовыми механизмами и с механическим замедлителем расцепления; отключает выключатель при перегрузках с обратно зависимой, а при коротком замыкании с независимой от величины тока выдержкой времени.

Автоматические выключатели включают вручную или электродвигательным приводом.

Буквенные обозначения типов АВМ: Н - неселективный, т.е. с расцепителем типа 2; С - селективный, т. е. с разделителем типа 3; ТС - тропического сухого климата. Цифровые обозначения: 4 - на номинальный ток до 400 А; 10 - до 1000 А; 15 - до 1500 А; 20 - до 2000 А.

Автоматические выключатели серии АВМ применяют на стороне низшего напряжения трансформаторов; на трансформаторных подстанциях, где предусматривается автоматическое включение резерва; на шинопроводах и отходящих от щита линиях, а также в цепях генераторов постоянного тока, работающих параллельно с аккумуляторными батареями.

Автоматические выключатели АЕ-2000. Назначение и область применения таких выключателей, а также характеристики расцепителей те же, что и для выключателей серии А-3700 на токи до 100 А. Их выпускают в одно-, двух- и трехполюсном исполнении с комбинированными и электромагнитными расцепителями следующих типов: АЕ-2010 - номинальный ток комбинированно расцепителя 0,6 - 10 А, динамическая устойчивость до 5 кА, такая же, как и для АЕ-2030; А Е-2030 - номинальный ток комбинированного расцепителя 10... 25 А; АЕ-2040 номинальный ток комбинированного расцепителя 10...63 А; динамическая устойчивость 3 кА; АЕ-2050 - номинальный ток комбинированного расцепителя 16 - 100 А, динамическая устойчивость 20 кА.

Верхний предел тока расцепителя комбинированного выключателя соответствует номинальному току этого выключателя.

Автоматические выключатели АЕ-1000. Это однополюсные выключатели, предназначены для защиты осветительных сетей жилых, административных и производственных зданий. Они выпускаются с тепловыми расцепителями на номинальные токи 6; 10; 16; 20; 25 А и электромагнитными расцепителями с отключением без выдержки времени при токах более $18I_{ном}$, а также с комбинированными расцепителями (тепловой и электромагнитный расцепитель).

Из рассмотрения основных типов автоматических выключателей следует, что защита перегрузки обеспечивается:

- 1) тепловыми расцепителями, действующими с выдержкой времени, обратно зависимой от величины тока перегрузки;
- 2) расцепителями с часовым механизмом (с обратно зависимой от тока характеристикой);
- 3) электромагнитными расцепителями с выдержкой времени, достаточной для снижения пускового тока электродвигателя до нормального;
- 4) тепловыми реле с нагревательными элементами магнитных пускателей.

Ход работы

Оборудование: Автоматический выключатель, набор инструментов для электромонтажных работ.

- 1) Определите тип автомата и запишите его технические данные.
- 2) Снимите крышку автомата и рассмотрите устройство его основных частей.
- 3) Опишите назначение и устройство автоматического выключателя.
- 4) Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1) Назначение автоматического выключателя.
- 2) Перечислите основные характеристики автоматов.
- 3) Перечислите знакомые вам марки автоматов.
- 4) Где применяются автоматы марки АЕ-1000?
- 5) Чем обеспечивается защита перегрузки электрических сетей?

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Технические данные автоматического выключателя.
- 3) Назначение и устройство автоматического выключателя.
- 4) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Электрические аппараты [Текст]: учеб.пособ./ О.В. Девочкин, В.В. Лохнин, Р.В.Меркулов. – 4-е изд.испр. - М.: Академия, 2013. – 240 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 16

Тема: Исследование работы бесконтактных коммутационных устройств.

Цель: Изучить назначение, принцип работы и область применения бесконтактных коммутационных устройств.

Студент должен *знать*:

- устройство, принцип действия, основные технические характеристики бесконтактных коммутационных устройств;

уметь:

- подключать бесконтактные коммутационные устройства в электрические схемы.

Теоретическое обоснование

Бесконтактными электрическими аппаратами называют устройства, предназначенные для включения и отключения (коммутации) электрических цепей без физического разрыва самой цепи. Основой для построения бесконтактных аппаратов служат различные элементы с нелинейным электрическим сопротивлением, величина которого изменяется в достаточно широких пределах, в настоящее время это - тиристоры и транзисторы, раньше использовались магнитные усилители.

Достоинства и недостатки бесконтактных аппаратов по сравнению с обычными пускателями и контакторами.

По сравнению с контактными аппаратами бесконтактные имеют преимущества:

- не образуется электрическая дуга, оказывающая разрушительное воздействие на детали аппарата; время срабатывания может достигать небольших величин, поэтому они допускают большую частоту срабатываний (сотни тысяч срабатываний в час),
- не изнашиваются механически,

В то же время, у бесконтактных аппаратов есть и недостатки:

- они не обеспечивают гальваническую развязку в цепи и не создают видимого разрыва в ней, что важно с точки зрения техники безопасности;
- глубина коммутации на несколько порядков меньше контактных аппаратов,
- габариты, вес и стоимость на сопоставимые технические параметры выше.

Бесконтактные аппараты, построенные на полупроводниковых элементах, весьма чувствительны к перенапряжениям и сверхтокам. Чем больше номинальный ток элемента, тем ниже обратное напряжение, которое способен выдержать этот элемент в непроводящем состоянии. Для элементов, рассчитанных на токи в сотни ампер, это напряжение измеряется несколькими сотнями вольт.

Возможности контактных аппаратов в этом отношении неограниченны: воздушный промежуток между контактами протяженностью 1 см способен выдержать напряжение до 30 000 В. Полупроводниковые элементы допускают лишь кратковременную перегрузку током: в течение десятых долей секунды по ним может протекать ток порядка десятикратного по отношению к

номинальному. Контактные аппараты способны выдерживать стократные перегрузки током в течение указанных отрезков времени.

Падение напряжения на полупроводниковом элементе в проводящем состоянии при номинальном токе примерно в 50 раз больше, чем в обычных контактах. Это определяет большие тепловые потери в полупроводниковом элементе в режиме длительного тока и необходимость в специальных охлаждающих устройствах.

Все это говорит о том, что вопрос о выборе контактного или бесконтактного аппарата определяется заданными условиями работы. При небольших коммутируемых токах и невысоких напряжениях использование бесконтактных аппаратов может оказаться более, целесообразным, чем контактных.

Бесконтактные аппараты нельзя заменить контактными в условиях большой частоты срабатываний и большого быстродействия.



Рисунок 16.1 – Общий вид бесконтактного пускателя

Безусловно, бесконтактные аппараты даже при больших токах предпочтительны, когда требуется обеспечить усилительный режим управления цепью. Но в настоящее время контактные аппараты имеют определенные преимущества перед бесконтактными, если при относительно больших токах и напряжениях требуется обеспечивать коммутационный режим, т. е. простое отключение и включение цепей с током при небольшой частоте срабатываний аппарата.

Существенным недостатком элементов электромагнитной аппаратуры, коммутирующих электрические цепи, является низкая надежность контактов. Коммутация больших значений тока связана с возникновением электрической дуги между контактами в момент размыкания, которая вызывает их нагрев, оплавление и, как следствие, выход аппарата из строя.

В установках с частым включением и отключением силовых цепей ненадежная работа контактов коммутирующих аппаратов отрицательно сказывается на работоспособности и производительности всей установки. Бесконтактные электрические коммутирующие аппараты лишены указанных недостатков.

Тиристорный однополюсный контактор.

Схема тиристорного однополюсного контактора представлена на рисунке 16.2 Для включения контактора и подачи напряжения на нагрузку должны замкнуться контакты K в цепи управления тиристоров $V S 1$ и $V S 2$. Если в этот

момент на зажиме 1 положительный потенциал (положительная полуволна синусоиды переменного тока), то на управляющий электрод тиристора $VS1$ будет подано через резистор $R1$ и диод $VD1$ положительное напряжение. Тиристор $VS1$ откроется, и через нагрузку R_n пойдет ток. При смене полярности напряжения сети откроется тиристор $VS2$, таким образом, нагрузка будет подключена к сети переменного тока. При отключении контактами K размыкаются цепи управляющих электродов, тиристоры закрываются и нагрузка отключается от сети.

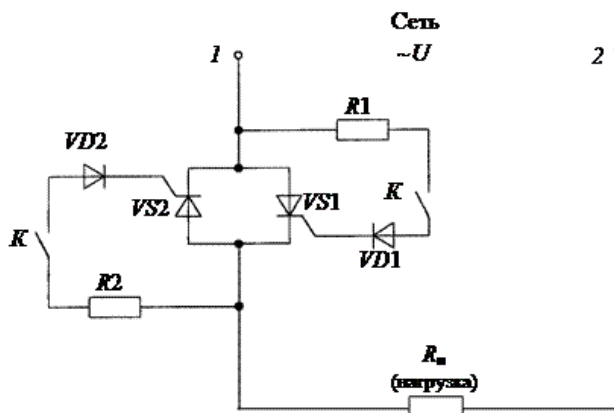


Рисунок 16.2 - Схема электрическая однополюсного контактора

Бесконтактные тиристорные пускатели.

Для включения, отключения, реверсирования в схемах управления асинхронными электродвигателями разработаны тиристорные трехполюсные пускатели серии ПТ. Пускатель трехполюсного исполнения в схеме имеет шесть тиристоров $VS1, \dots, VS6$, включенных по два тиристора на каждый полюс. Включение пускателя осуществляется посредством кнопок управления $SB1$ «Пуск» и $SB2$ «Стоп».

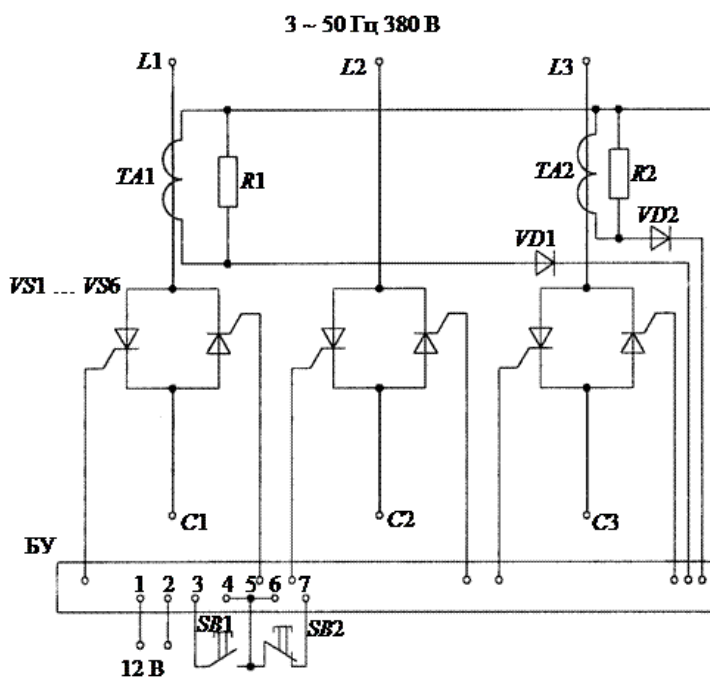


Рисунок 16.3 - Бесконтактный трехполюсный пускатель на тиристорах серии ПТ

Схема тиристорного пускателя (рисунок 16.3) предусматривает защиту электродвигателя от перегрузки, для этого в силовую часть схемы установлены трансформаторы тока ТА1 и ТА2, вторичные обмотки которых включены в блок управления тиристорами.

Бесконтактные выключатели: применение в системах управления.

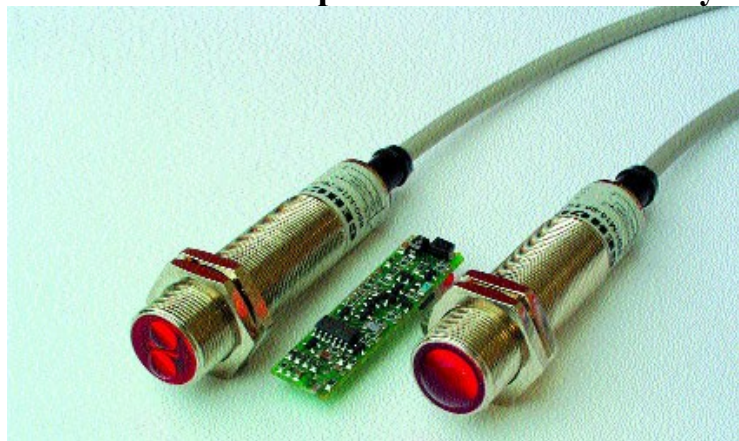


Рисунок 16.4 - Оптические датчики

Общее описание.

Бесконтактными выключателями называют датчики контроля положения объектов с двухуровневым выходом. Они, как правило, выполняют функцию датчиков обратной связи для логического устройства системы управления, сигнализируя о завершении выполнения конкретным элементом оборудования команды перемещения.

Этим их применение не ограничивается.

Отсутствие механического контакта между воздействующим объектом и чувствительным элементом бесконтактного выключателя обеспечивает высокую надежность его работы.

Движущийся объект вызывает срабатывание бесконтактного выключателя, попадая в зону его чувствительности. Бесконтактные выключатели представляют собой функционально завершенное устройство, непосредственно управляющее элементами системы электроавтоматики. Полупроводниковый узел коммутации включает или отключает ток нагрузки до 400 мА постоянного или до 500 мА переменного тока. В качестве нагрузки может быть использован вход контроллера, электронной схемы или непосредственно подключена обмотка реле или контактора.

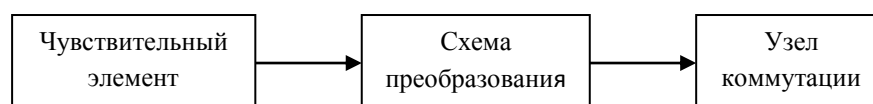


Рисунок 16.5 - Упрощенная функциональная схема бесконтактного выключателя

Электрическая часть устройства помещена в корпус из никелированной латуни или пластмассы. Для обеспечения работоспособности в экстремальных условиях электрическая часть герметизируется компаундом.

Бесконтактные выключатели в зависимости от типа чувствительного элемента подразделяются на индуктивные, емкостные и оптические. Наиболее широко используются индуктивные бесконтактные выключатели. Они реагируют на металлические объекты воздействия. Расстояние срабатывания от 0 до 150 мм. Устанавливаются на станки с ЧПУ, прессы, термопластавтоматы, конвейерные линии, автоматические задвижки, упаковочные автоматы и т. п.

Емкостные бесконтактные выключатели реагируют на наличие любых объектов воздействия. Применяются как датчики уровня жидкостей и сыпучих материалов.

Оптические бесконтактные выключатели используют для контроля и позиционирования любых объектов, а также для счета продукции. Зона их чувствительности достигает 16 метров.

Проблемы эксплуатационников и разработчиков систем управления.

Надежность систем управления технологическими процессами в промышленности определяется надежностью элементов, наиболее подверженных воздействию дестабилизирующих факторов. Одним из таких элементов являются бесконтактные выключатели, выполняющие функцию датчиков положения.



Рисунок 16.6 - Емкостные и индуктивные датчики в цилиндрическом корпусе

Остановка конвейерной линии, упаковочного автомата или автомобиля по причине отказа датчика - явление достаточно дорогостоящее. Поэтому потребителя очень интересует качество. Под качеством в данном случае понимается надежность работы под воздействием дестабилизирующих факторов, которые в избытке имеются в условиях реальной эксплуатации оборудования: тяжелые температурные режимы, агрессивные и взрывоопасные среды, помехи, вибрации, удары и т. п. Еще один важный момент - гарантии стабильных поставок. Предприятие «Сенсор» производит бесконтактные выключатели, соответствующие международному стандарту (IEC 50030-5-2), при этом цены в несколько раз ниже импортных аналогов (от 6 у. е.), а номенклатура удовлетворит любого разработчика - более 900 типоразмеров.

Эксплуатация в условиях вибрационных нагрузок (до 8g при частоте до 100 Гц) и при ударных воздействиях с ускорением до 75g не выводит их из строя. Под струями смазочно-охлаждающей жидкости и под брызгами воды индуктивные бесконтактные выключатели продолжают работать благодаря степени защиты IP67.

Отдельно стоит отметить возможность работы при наличии колебаний и пульсаций напряжения питания, а также в условиях воздействия кондуктивных и электромагнитных помех. (Кондуктивные помехи - к данному виду относятся токи, которые протекают по проводящим конструкциям, а также земле).

Узел коммутации бесконтактного выключателя имеет защиту от перегрузки и короткого замыкания в цепи нагрузки. Не все импортные аналоги и разработанные ранее бесконтактные выключатели отечественного производства выдерживают перечисленные выше условия эксплуатации.

Ход работы

- 1) Изучите теоретическое обоснование.
- 2) Начертите электрическую схему однополюсного контактора (рисунок 16.2) и опишите ее.
- 3) Начертите схему бесконтактного трехполюсного пускателя на тиристорах серии ПТ (рисунок 16.3) и опишите ее.
- 4) Начертите упрощенную функциональную схему бесконтактного выключателя (рисунок 16.5).
- 5) Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1) Что называют бесконтактным коммутационным аппаратом?
- 2) Перечислите достоинства и недостатки бесконтактных аппаратов по сравнению с обычными пускателями и контакторами.
- 3) Что определяет большие тепловые потери в полупроводниковом элементе в режиме длительного тока?
- 4) Как подразделяются бесконтактные выключатели в зависимости от типа чувствительного элемента?

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Электрическая схема однополюсного контактора (рисунок 16.2) и ее описание.
- 3) Схема бесконтактного трехполюсного пускателя на тиристорах серии ПТ и ее описание (рисунок 16.3).
- 4) Упрощенную функциональную схему бесконтактного выключателя (рисунок 16.5).
- 5) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Электрические аппараты [Текст]: учеб.пособ./ О.В. Девочкин, В.В. Лохнин, Р.В.Меркулов. – 4-е изд.испр. - М.: Академия, 2013. – 240 с.
- 2) Москаленко, В.В. Системы автоматизированного управления электропривода [Электронный ресурс]: учебник / В.В. Москаленко. - М.: ИНФРА-М, 2014. – 208 с. (ЭБС Znanium.com). Режим доступа:
<http://znanium.com/bookread2.php?book=402711>

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 17

Тема: Выбор электрических и электронных аппаратов по заданным техническим условиям и проверка их на соответствие заданным режимам работы.

Цель: Научиться производить расчет электрических и электронных аппаратов по заданным техническим условиям.

Студент должен *знать*:

- основные типы электрических и электронных аппаратов управления, защиты и автоматики;
- условия выбора электрических и электронных аппаратов управления, защиты и автоматики;

уметь:

- проводить расчеты электрических и электронных аппаратов управления, защиты и автоматики;
- пользоваться справочной литературой.

Теоретическое обоснование

Электрический аппарат – это устройство, управляющее электропотребителями и источниками питания, а также использующее электрическую энергию для управления неэлектрическими процессами.

Электрические аппараты ручного управления.

Рубильник – простейший аппарат ручного управления, который используется для коммутации электрических цепей при напряжении до 660 В переменного тока и 440 В постоянного тока и токах от 25 до 10000 А.

Кнопки управления – электрические аппараты ручного управления, предназначенные для подачи оператором управляющего воздействия при управлении различными электромагнитными аппаратами (реле, пускателями, контакторами), а также для коммутирования цепей управления, сигнализации, электрической блокировки цепей постоянного и переменного тока.

Пакетные выключатели и переключатели – электрические аппараты ручного управления, предназначенный для коммутации цепей управления и сигнализации в схемах пуска реверса электродвигателей, а также электрических цепей переменного тока напряжением 380 В и постоянного тока напряжением 220 В небольшой мощности под нагрузкой.

Малогабаритные переключатели - электрические аппараты ручного управления, предназначенные для установки на панелях щитов, используются для дистанционного управления электромагнитными аппаратами (реле, пускателями, контакторами), а также для коммутирования цепей управления, сигнализации, электрической блокировки цепей постоянного и переменного тока напряжением до 220 В и с током до 6 А.

Контроллер – коммутационное устройство, осуществляющее пуск и регулирование скорости электродвигателя. Многоцепной электрический аппарат с ручным или ножным приводом для непосредственной коммутации силовых цепей электродвигателей. По конструкции они подразделяются на кулачковые, барабанные, плоские и магнитные.

Резисторы и элементы сопротивлений – аппараты управления, которые предназначены для регулирования тока в электрической цепи за счет изменения ее сопротивления (омического, индуктивного или емкостного). Резисторы – омические или активные сопротивления. В зависимости от назначения сопротивления подразделяются на пусковые, тормозные, регулировочные, добавочные, разрядные, нагрузочные, нагревательные, заземляющие и установочные.

Электромагнитные реле, пускатели и контакторы.

Электромагнитные реле - электрические аппараты дистанционного управления, предназначенные для осуществления скачкообразных изменений в управляемых цепях при заданном значении электрических воздействующих величин.

Все реле делятся по назначению на три группы:

Основные реле, непосредственно реагирующие на изменение контролируемых величин, например тока, напряжения, мощности, частоты, сопротивления и т.д.;

Вспомогательные реле (промежуточные), управляемые другими реле и выполняющие функции введения выдержки времени, размножения контактов, передачи команд от одних реле к другим, воздействия на выключатели, сигналы и т.п.;

Сигнальные (указательные) реле, фиксирующие действие защиты и управляющие звуковыми и световыми сигналами.

Реле тока – реле, воспринимающий орган которого реагирует на изменение тока.

Реле напряжения – реле, воспринимающий орган которого реагирует на изменение напряжения.

Максимальные реле – реле, срабатывающие, когда значение воздействующей величины превосходит заданную.

Минимальные реле – реле, срабатывающие, когда значение воздействующей величины снижается ниже заданной.

Электромагнитные контакторы – двухпозиционные электрические аппараты дистанционного управления, предназначенные для частых включений и отключений силовых электрических цепей при нормальных режимах работы.

Электрические аппараты защиты.

Аппарат защиты – электрический аппарат, автоматически отключающий защищаемую электрическую цепь при ненормальных режимах работы.

Плавкий предохранитель - это коммутационный электрический аппарат, защищающий электроустановку от перегрузок и токов короткого замыкания посредством разрушения специально предусмотренных для этого токоведущих частей под действием тока, превышающего определенное значение.

Тепловое реле – электрический аппарат, применяемый для защиты электрических двигателей и другого электрооборудования от длительных перегрузок

Автоматический выключатель – аппарат защиты, предназначенный для коммутации цепей при аварийных режимах, а также нечастых (от 6 до 30 в сутки) включений и отключений электрических цепей при нормальных режимах работы.

Бесконтактные электрические аппараты и датчики.

Датчики – электрические аппараты, осуществляющие восприятие контролируемой (входной) величины и преобразование ее к виду, удобному для передачи по линиям связи и дальнейшего преобразования и измерения.

Параметрические датчики – датчики, в которых контролируемая физическая величина преобразуется в изменение таких параметров, как активное сопротивление, индуктивность или емкость. Параметрические датчики относятся к пассивным элементам и требуют источника питания для выявления изменения входной величины.

Генераторные датчики - датчики, в которых изменение контролируемой величины преобразуется в изменение ЭДС на выходе. В этих датчиках не требуется отдельного источника питания для изменения выходной величины.

Магнитный усилитель – электромагнитное устройство с управляемой индуктивностью, которое служит для регулирования тока в цепи нагрузки с помощью подмагничивания ферромагнитных сердечников постоянным током.

Датчики пути и положения – датчики, которые обеспечивают создание управляющих сигналов в зависимости от пройденного пути или положения рабочих органов управляемого объекта. Бывают контактные и бесконтактные.

Ход работы

- 1) Прочитать теоретическое обоснование.
- 2) Выписать данные для своего варианта.
- 3) Решить задачи 1 и 2, при решении задач пояснить все действия/
- 4) Ответить на контрольные вопросы.

Задача 1

Для прямого пуска короткозамкнутого асинхронного электродвигателя серии 4А мощностью P , питающегося от сети с номинальным напряжением $U_{ном} = 380$ В, используется магнитный пускатель, схема включения которого представлена на рисунке 17.1. В состав пускателя входят контактор KM и тепловые реле $KK1$ и $KK2$. Определить необходимые параметры двигателя и выбрать тип пускателя и параметры его тепловых реле. Данные для расчета приведены в таблице 17.1.

Таблица 17.1 – Исходные данные к задаче 1

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , кВт	15	18,5	22	15	18,5	22	11	15	11	15
$\cos \varphi_{\partial в}$	0,91	0,92	0,91	0,88	0,88	0,90	0,86	0,87	0,75	0,82
η	0,88	0,885	0,885	0,885	0,895	0,90	0,86	0,875	0,87	0,87

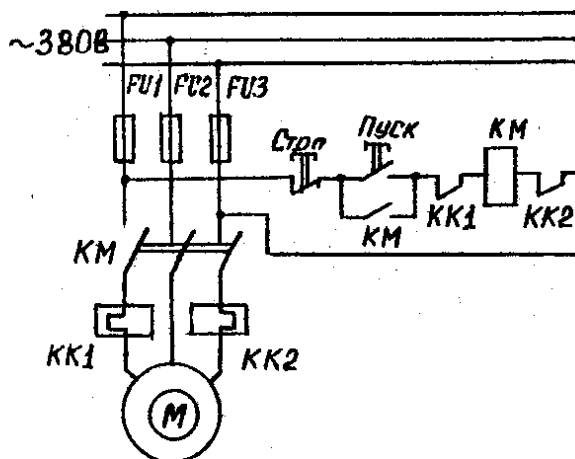


Рисунок 17.1 – Схема магнитного пускателя

Задача 2

Определить токи срабатывания и отпускания, а также коэффициент возврата нейтрального экранированного герконового реле, содержащего обмотку управления с числом витков w и один симметричный замыкающий магнитоуправляемый контакт (рисунок 18.2, обмотка управления не показана).

Исходные данные для расчетов.

Размеры электродов геркона: длина $l = 20$ мм; ширина $b = 2,6$ мм; толщина $h = 0,5$ мм. Жесткость электродов $C = 1,66 \cdot 10^3$ Н/м. Длина перекрытия в рабочем зазоре $l_b = 1,2$ мм. Величина конечного рабочего зазора $\delta_{\min} = 0,01$ мм. Коэффициент симметрии геркона $K_{см} = 0,5$. Коэффициент магнитной проводимости путем рассеяния $K_{рас} = 0,1$. Коэффициент магнитной проводимости магнитопровода $K_{см} = 2$. Величина начального рабочего зазора δ_0 число витков обмотки управления приведены в таблице 17.2.

Таблица 17.2 – Исходные данные к задаче 2

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
δ_0 , мм	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,22	0,23	0,24	0,25
w , число витков	15000	18000	20000	22000	25000	30000	15000	18000	20000	25000

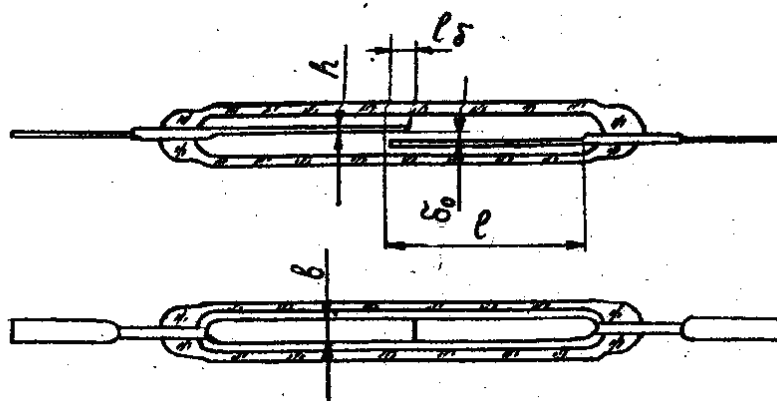


Рисунок 17.2 – Герконовое реле

Методические указания к задаче № 1

1) Определить номинальный ток двигателя по формуле

$$I_{ном.дв} = \frac{P}{\sqrt{3}U_{ном} \cos \varphi_{дв} \eta}$$

По величине этого тока из таблицы 1 Приложения А произвести выбор пускателя таким образом, чтобы максимальный рабочий ток пускателя в категории применения АС-3 (пуск электродвигателей с короткозамкнутым ротором, отключение вращающихся двигателей при номинальной нагрузке) был не менее номинального тока двигателя и максимально близким к нему.

2) Определить номинальный ток уставки теплового реле.

Для лучшего согласования перегрузочной характеристики двигателя и защитной (время-токовой) характеристики реле номинальный ток уставки выбирается на 15...20% выше номинального тока двигателя, т.е.

$$I_{уст.ном} = (1,15 \div 1,20) I_{ном.дв}$$

так как в тепловое реле выбранного выше пускателя может быть установлен тепловой элемент с различным номинальным током (током срабатывания при нулевом положении регулятора), то из ряда этих токов для реле пускателя необходимо выбрать значение, ближайшее к $I_{уст.ном}$ и проверить укладывается ли величина $I_{уст.ном}$ в пределы регулирования номинального тока уставки ($\pm 25\%$).

Методические указания к задаче № 2

1) МДС срабатывания реле с магнитоуправляемым контактом определяется уравнением:

$$F_{cp} = (IW)_{cp} = \frac{2\delta_0}{3} \left(\frac{1}{K_{cm}} + 1 + \frac{K_{pac}}{K_{cm}} \right) \cdot \sqrt{\frac{2\delta_0}{3} \left(1 + \frac{1}{K_{cm} + K_{pac}} \right) \cdot \frac{cK_{cm}}{\mu_0 b l_{\delta}}}$$

Тогда ток срабатывания реле

$$I_{cp} = \frac{F_{cp}}{W}$$

Аналогично, МДС отпускания реле:

$$F_{онм} = (IW)_{онм} = \frac{\delta_0 / \delta_{мин} + K_{cm} + K_{pac}}{K_{cm}} \delta_{мин} \sqrt{\frac{2C(\delta_0 - \delta_{мин})K_{cm}}{\mu_0 b l_{\delta}}}$$

Ток отпускания

$$I_{онм} = \frac{F_{онм}}{W}$$

Коэффициент возврата реле

$$K_{\epsilon} = \frac{I_{онм}}{I_{cp}}$$

Контрольные вопросы

- 1) Что называют электрическим аппаратом?
- 2) Перечислите аппараты ручного управления.
- 3) Что называют электромагнитным реле?
- 4) На какие группы делятся по назначению реле?
- 5) Какие аппараты относятся к аппаратам защиты и управления?
- 6) Какие аппараты относятся к бесконтактным электрическим аппаратам?

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Решение задач с пояснениями.
- 3) Ответы на контрольные вопросы.

Литература

- 1) Электрические аппараты [Текст]: учеб.пособ./ О.В. Девочкин, В.В. Лохнин, Р.В.Меркулов. – 4-е изд.испр. - М.: Академия, 2013. – 240 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1 – Технические данные магнитных пускателей при $U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$

Тип защищенного исполнения	Номинальный ток, А	максимальный рабочий ток при категории исполнения АС-3	Тип встроенного реле
ПМЕ-122	10	7,5	ТРН-8
ПМЕ-222	23	18	ТРН-25
ПА-322	40	30	ТРН-32
ПА-422	56	50	ТРП-60
ПА-522	115	100	ТРП-150
ПА-622	140	135	ТРП-150

Таблица 2 – Технические данные тепловых реле

Тип защищенного исполнения	Номинальный ток, А	Номинальные токи тепловых элементов реле, А (при нулевом положении регулятора)	Пределы регулирования номинального тока установки
ТРН-8	10	2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,8; 8; 10	от $0,75I_{\text{ном}}$ до $1,25 I_{\text{ном}}$
ТРН-25	25	5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	
ТРН-32	40	16; 20; 25; 32; 40	
ТРП-60	60	25; 32; 40; 50; 60	
ТРП-150	150	50; 60; 80; 100; 120; 150	

Список литературы

Основные источники:

- 1) Игнатович, В.М. Электрические машины и трансформаторы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.М. Игнатович, С.Ш. Ройз. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2013 . – 182 с. (ЭБС Znanium.com). Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=673035>
- 2) Москаленко, В.В. Системы автоматизированного управления электропривода [Электронный ресурс]: учебник / В.В. Москаленко. - М.: ИНФРА-М, 2014. – 208 с. (ЭБС Znanium.com). Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=402711>
- 3) Электрические аппараты [Текст]: учеб.пособ./ О.В. Девочкин, В.В. Лохнин, Р.В.Меркулов. – 4-е изд.испр. - М.: Академия, 2013. – 240 с.

Дополнительные источники:

- 1) Глазков, А.В. Электрические машины. Лабораторные работы [Электронный ресурс]: учеб. пособие /А.В.Глазков. - М.: РИОР: ИНФРА-М, 2014. - 96 с. (ЭБС Znanium.com). Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=433918>