

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И
ОБРАЗОВАНИЯ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ А.А. ЕЖЕВСКОГО»**

А.В. Рудых

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В АПК

Учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ
для студентов 2 курса энергетического факультета

Направления подготовки 35.03.06 - «Агроинженерия»

Профиль – «Электрооборудование и электротехнологии в АПК»

Уровень подготовки – бакалавр

Молодежный 2020

УДК 621.31:631.(075.8)

Учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ для студентов по дисциплине «Электрооборудование в АПК». Рекомендовано к изданию методической комиссией энергетического факультета Иркутского ГАУ им. А.А. Ежевского.

Рецензенты: Кузнецов Б.Ф., д.т.н., профессор

Рудых А.В.

Электрооборудование в АПК: Учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ. – Иркутск.: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2020. – 78 с. Предназначено для выполнения лабораторных работ студентами энергетического факультета, направление подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», профиль – «Электрооборудование и электротехнологии в АПК», уровень подготовки – бакалавр, по дисциплине «Электрооборудование в АПК».

Рекомендовано к изданию методической комиссией энергетического факультета Иркутского ГАУ им. А.А. Ежевского, протокол №3 от 17 ноября 2020г.

© А.В. Рудых

© Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Инструктаж по технике безопасности	5
Общие указания к выполнению лабораторных работ	7
1.Лабораторная работа № 1. Подключение асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором к сети	9
2. Лабораторная работа № 2. Построение естественной механической характеристики асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	19
3.Лабораторная работа № 3. Исследование аппаратов защиты и управления	28
4. Лабораторная работа № 4 Изучение трансформатора	34
5. Лабораторная работа № 5. Подключение трёхфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором к однофазной сети	40
6.Лабораторная работа № 6. Включение осветительной люминесцентной лампы в питающую сеть	45
7. Лабораторная работа № 7. Исследование электрических схем управления электрокалориферными установками	51
Приложения.	57
Список литературных источников	77

Введение

Для обеспечения растущих потребностей человечества созданы, продолжают разрабатываться и совершенствоваться сотни тысяч рабочих машин, производственных и бытовых механизмов, подъёмно-транспортных средств и т.д.

Для функционирования рабочих машин и механизмов к их исполнительным органам от привода должна быть подведена механическая энергия, за счёт которой и совершается их движение. Характер этого движения может быть разнообразным: вращательным однонаправленным и реверсивным, поступательным однонаправленным и реверсивным, а также возвратно-поступательным. Основное назначение приводного электродвигателя заключается в преобразовании электрической энергии, потребляемой им из сети, в механическую, отдаваемую через вал двигателя.

Механические характеристики электроприводов необходимы для выбора рационального электропривода. Правильное сочетание механических характеристик электропривода и рабочей машины - одно из неизменных условий высоких технико-экономических показателей работы производственного агрегата.

Механическими характеристиками электродвигателя называются зависимости частоты или скорости вращения от вращающего момента $n = f_1(M)$ или $\omega = f_2(M)$. Электромеханическими характеристиками электродвигателя называются зависимости частоты или скорости вращения от тока $n = f_3(I)$ или $\omega = f_4(I)$.

Эти характеристики называются естественными, если они получены при номинальных условиях питания (при номинальных напряжении и частоте), номинальном возбуждении и отсутствии добавочных сопротивлений в цепях ротора (или якоря) и статора. Характеристики двигателя называются искусственными при изменении любого из перечисленных выше факторов. Обычно при исследовании электроприводов механические характеристики изображают на графиках в виде функции $\omega = f(M)$. Однако в некоторых случаях (при теоретическом анализе механических характеристик) их изображают в виде функции $M = \varphi(\omega)$. При исследовании механических характеристик электродвигателей необходимо знать сопротивление их обмоток, а также значение вводимых в цепи обмоток пусковых, тормозных и других сопротивлений.

ИНСТРУКТАЖ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ.

В установках напряжением до 380 В, где происходит большинство случаев поражения электрическим током, причиной травматизма нередко является недооценка опасности его. Опасность поражения электрическим током зависит от многих факторов: рода тока, внешней среды, длительности и пути протекания тока через организм, индивидуальных особенностей человека.

Переменный ток промышленной частоты (50 Гц) более опасен, чем постоянный. Установлено, что отдельные участки человеческого тела имеют различную чувствительность к электрическому току. Наиболее уязвимыми для тока являются поверхности лица, ладоней и подошв ног. При прохождении через тело человека электрический ток может вызвать паралич мышц, прекращение дыхания, остановку сердца. Прохождение тока через тело сопровождается выделением тепла. Этого тепла может оказаться достаточным для нагрева тканей организма до температуры 60-70⁰С, при которой свёртывается белок и возникает ожог. Ожоги тела возможны также от электрической дуги, возникающей при коротких замыканиях. Электрические ожоги проникают глубоко в тело, очень болезненны и долго не заживают.

Анализ причин электротравматизма показывает, что безопасную работу можно обеспечить только строгим выполнением **правил по технике безопасности**.

1. Приступая к выполнению лабораторной работы, необходимо убедиться, что напряжение на рабочем месте отсутствует, т.е. автоматические выключатели на главном щите и на рабочем стенде должны быть выключены.

2. Электрическую схему следует собирать только при отключённом вводном автоматическом выключателе (рубильнике) на рабочем стенде.

3. Перед включением электрической схемы следует убедиться в том, что никто из студентов не может попасть под напряжение. При каждом включении нужно предупреждать товарищей словом **«включаю»**.

4. После подачи напряжения на рабочий стенд **категорически запрещается** присоединять провода к схеме, подкручивать клеммы и переставлять оборудование.

5. Электрическую схему можно разбирать только после снятия напряжения при помощи автоматических выключателей или рубильников с рабочего стенда и после остановки электродвигателей и рабочих машин.

6. Переключения под напряжением следует производить с помощью рубильников, реостатов и других предназначенных для этого устройств, предусмотренных в схеме по ходу выполнения работы.

7. В процессе проведения работы не следует прикасаться к токоведущим частям и аппаратам, находящимся под напряжением.

8. Не снимать самовольно ограждений безопасности, кожухов, защищающих ремённые передачи и т.п., не устанавливать самодельных предохранителей.

9. Если работа ведётся с электрическими машинами, имеющими вращающиеся части, и с сопротивлениями, которые нагреваются в процессе работы, нужно убедиться, что они надёжно закрыты или принять меры, предотвращающие попадания на опасные части машины концов одежды, волос, проводов.

10. При обнаружении неисправности в электрических установках, приборах, предохранителях, сети и т.д. студент обязан немедленно прервать выполнение работы до приведения установки в надлежащий порядок.

11. При выполнении лабораторной работы следует учитывать особенность работы лабораторного оборудования и следить за надёжностью крепления проводов в винтовых зажимах при сборке схемы.

Следует помнить, что вторичные обмотки трансформаторов тока должны быть всегда замкнуты на приборы с малым внутренним сопротивлением или накоротко и что на разомкнутых концах вторичной обмотки трансформатора тока могут возникнуть опасные, высокие напряжения.

Следует помнить, что конденсатор, отключенный от источника тока, сохраняет заряд. Для пересоединений конденсаторов в схеме необходимо конденсатор предварительно разрядить.

Следует помнить, что перегорание плавкой вставки предохранителя при коротких замыканиях может сопровождаться разбрызгиванием расплавленного металла.

Следует помнить, что на лабораторном столе не должно быть посторонних предметов, в особенности металлических (линеек, инструментов и т.д.)

12. Для измерения нескольких напряжений одним вольтметром следует пользоваться только проводами, которые снабжены специальными, хорошо изолированными щупами.

13. Следует проводить измерения сопротивления изоляции или сопротивления обмоток специальными приборами только при полном отключении исследуемой установки от электрической сети.

14. Всем студентам следует предупреждать нарушения требований безопасности со стороны товарищей.

15. Категорически запрещается касаться рукой или ногой вращающихся частей электродвигателей и машин или производить их торможение.

16. При несчастном случае немедленно оказать первую помощь пострадавшему. В случае необходимости вызвать скорую помощь по телефону - 03.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Лабораторные работы выполняются бригадой студентов в количестве 3-4 человек.

2. Все лабораторные работы выполняются непосредственно под руководством преподавателя.

3. При выполнении лабораторных работ студент обязан хорошо усвоить цель, содержание, физическую сущность и методику проведения этой работы. К выполнению работы студент допускается лишь с разрешения преподавателя, проверившего подготовленность студента.

4. При сборке электрических схем студенты должны сначала собрать последовательные (токовые) цепи, а затем присоединить параллельные цепи: вольтметры, параллельные обмотки ваттметров и счётчиков, цепи управления и сигнализации, обращая особое внимание на плотность контактов.

5. Собранная схема обязательно проверяется всеми студентами, выполняющими данную работу. При этом обратить особое внимание на следующее:

- целостность соединительных проводов;
- соответствие приборов роду тока и пределам напряжения;
- положение рукояток аппаратов управления и автоматизации, которые должны находиться в отключённом состоянии.

6. Включать собранную схему студенты должны только после проверки её преподавателем.

7. Выполнение лабораторной работы студенты должны вести в строгом соответствии с программой работы и порядком выполнения. В случае неясности нужно обращаться к преподавателю.

8. Производимые отчёты и результаты измерений студенты должны заносить в заранее заготовленные таблицы наблюдений (протокол к лабораторной работ). Экспериментальная часть работы считается выполненной только после проверки и утверждения результатов опытов преподавателем.

9. Если результаты наблюдений будут признаны неудовлетворительными, то опыт необходимо повторить.

10. После окончания работы с разрешения преподавателя студенты должны разобрать схему, уложить на место провода и приборы, сдать преподавателю выдаваемые приборы, привести в порядок рабочее место.

11. Результаты измерений и наблюдений, полученные в процессе выполнения работы, частично обрабатываются в лаборатории, а окончательно – дома. По этим данным составляется отчёт о выполненной работе в соответствии со всеми пунктами, указанными в программе работы.

12. Электрические схемы выполняются в строгом соответствии с правилами начертания и обозначения элементов согласно ГОСТа.

13. Графики изображаются на миллиметровой бумаге и вклеиваются в отчёт. Координатные оси должны иметь обозначения изображаемых величин, размерность и масштаб.

14. При сдаче отчёта преподаватель опрашивает студента в объёме материала выполненной работы. Работа зачитывается в том случае, если студент показывает знание цели, физической сущности, методики выполнения работы, использованных машин и оборудования, может объяснить и проанализировать полученные результаты.

15. Студент, выполнивший все работы и своевременно сдавший отчёты по ним, получает зачёт по соответствующей части курса.

Лабораторная работа № 1

ПОДКЛЮЧЕНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ К СЕТИ

Цель работы: Исследовать способы подключения АД с к.з. ротором к питающей сети.

Программа работы:

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места.
2. Изучить технический паспорт асинхронного электродвигателя серии АИ.
3. Изучить обозначение асинхронных электродвигателей серии АИ.
4. Изучить способы подключения асинхронного электродвигателя с к.з. ротором к питающей сети.
5. Определить опытным путём начала и концы обмоток асинхронного электродвигателя с к.з. ротором.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Технический паспорт асинхронного двигателя

В сельскохозяйственных электроприводах наибольшее распространение получили асинхронные электродвигатели (АД) с короткозамкнутым ротором (около 90%). Заводы-изготовители выпускают АД с заводским щитком, на котором указаны основные паспортные технические данные:

АИР132М4СУ1 № 6120429
3 ~50 Hz 11 кВт Cos φ 0,85
1450 об/мин Δ/У 220/380
38,4/22,2 к.п.д. 88,5%
83,5 кг IP44 S1 кл.изол. В

АИР132М4СУ1 – тип электродвигателя;

№ 6120429 - заводской номер;

3 ~50 Hz – число фаз, род тока, частота тока питающей сети, Гц;

11 кВт – номинальная мощность электродвигателя, кВт;

Cos φ 0,85 – номинальный коэффициент мощности АД, о.е.;

1450 об/мин – частота вращения ротора АД при номинальной нагрузке, об/мин;

Δ/У 220/380 - схемы подключения обмоток АД : Δ - «треугольник» У – «звезда» и номинальные напряжения соответствующие этим схемам, В;

38,4/22,2 А – номинальные токи статора на Δ и Y , А;
к.п.д. 88,5% - номинальный коэффициент полезного действия АД, %;
83,5 кг – масса АД, кг;
IP44 – исполнение АД по степени защиты;
S1 – режим работы АД;
кл.изол. В – класс нагревостойкости изоляции.

Номинальный режим АД соответствует условиям работы и данным, указанным в его паспорте. При этом режиме АД в отношении нагрева, коэффициента полезного действия, коэффициента мощности, коммутации, электрической прочности и другим показателям должен удовлетворять установленным требованиям.

Номинальной мощностью (P_n) АД называется мощность, развиваемая на валу двигателя при номинальном режиме; эта мощность выражается в кВт и указывается в паспорте.

Номинальной частотой вращения (n_n), номинальным напряжением (U_n), номинальным током (I_n) и номинальным коэффициентом полезного действия (η_n) называются частота, напряжение, ток и к.п.д., указанные в паспорте АД, при условии, что остальные величины, характеризующие режим работы, имеют также номинальное значение.

1.2 Обозначение электродвигателей серии АИ

Наиболее распространённой электрической машиной, применяемой для привода сельскохозяйственных машин и механизмов, является трёхфазный асинхронный электродвигатель с коротко-замкнутым ротором. Это обусловлено сравнительно небольшой его стоимостью, простотой конструкции и высокой надёжностью в эксплуатации.

Асинхронные электродвигатели в целях упорядочения их шкал мощностей, скоростей и т. д., а также унификации применения выпускаются сериями, как в основном исполнении, так и в различных модификациях, с учётом областей применения, климатических условий, степени защищённости и т. д.

Двигатели серии АИ - новая, разработанная совместно со странами Интерэлектро, унифицированная серия асинхронных двигателей, отвечающая перспективному уровню развития мирового электромашиностроения. Они предназначены для работы в зоне умеренного климата при температуре окружающей среды - - 45...+40 °С и относительной влажности воздуха до 80% при температуре + 20 °С. По сравнению с двигателями серии 4АМ двигатели серии АИ имеют улучшенные энергетические показатели, снижен уровень шума, повышены надёжностные показатели.

Структура условного обозначения:

А	И	Х	Х	Х	XXX	Х	Х	Х	Х	Х	ХХ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

- 1 - асинхронный;
- 2 - унифицированная серия (Интерэлектро);
- 3 - привязка мощности к установочным размерам или обозначение специального исполнения; Р - привязка мощности к установочным размерам по РС3031 – 71, габариты и шкала мощностей соответствует двигателям серии 4АМ ; С - привязка в соответствии с нормами CENELEK, при этом мощности в тех же габаритах снижены на одну-две ступени по сравнению с вариантом Р, предназначены только для поставок на экспорт. Отсутствие букв Р или С означает исполнение двигателя по варианту Р, М - взрывозащищённое исполнение; У - взрывозащищённое рудничное исполнение; Ф - с пристроенным вентилятором для охлаждения двигателя;
- 4 - буква - обозначение исполнения по виду защиты и охлаждения: закрытое с внешним обдувом корпуса со встроенным вентилятором (не указывается), Б – закрытое с естественным охлаждением, Н – защищённое, Л – открытое, В- встраиваемое, П – закрытое продуваемое;
- 5 - буква - обозначение модификаций: С - с повышенным скольжением, Р - с повышенным пусковым моментом, Х - с регулируемой частотой вращения, Ф - с фазным ротором, У - однофазные с пусковым конденсатором, Е - однофазные с рабочим конденсатором, УЕ – однофазные с пусковым и рабочим конденсатором, Кр - для кратковременного режима работы.
- 6 - габарит (высота оси вращения), мм; 7 - установочный размер по длине станины: S, M, L;
- 8 - длина сердечника статора (А или В, отсутствие буквы означает только одну длину сердечника – первую);
- 9 - число полюсов: 2, 4, 6, 8, 10, 12 (в многоскоростных число полюсов указывается через дробь - 2/4 ; 2/6 ; 4/6 ; 4/8 и др.);
- 10 и 11 - дополнительные буквы для модификации двигателя (Б – со встроенной температурной защитой; П - с повышенной точностью по установочным размерам; Х2 - химически стойкие; С - сельскохозяйственные; УП – пылезащищённое исполнение; РЗ - для привода зубчатых редукторов; Ж - для моноблочных насосов; Е - с электромагнитным тормозом ; ЕЭ - с электромагнитным тормозом для электроталей; Ф – фреоно - маслостойкие; Н - малошумные);
- 12 - климатическое исполнение (У, УХЛ, Т) и категория размещения (1, 2, 3, 4, 5) по ГОСТ 15150 – 69.

Правильное обозначение модификаций и исполнений серии важно для автоматической системы управления производством (АСУП), а также для создания системы ведения чертёжного хозяйства как части общей системы автоматизированного проектирования (САПР).

Серия АИ содержит значительное количество модификаций и исполнений, поэтому задача выбора обозначений является весьма сложной.

Для обозначения серии АИ принята структура, в которой можно выделить три вида обозначения: *базовое, основное, полное*.

Базовое обозначение - это сочетание элементов символов, определяющих серию АД, его мощность, частоту вращения (обозначение серии, вариант увязки мощности к установочным размерам, высота оси вращения, установочный размер по длине станины и длина магнитопровода статора, число полюсов).

Например: АИР100М4 (серия АИ, увязка по варианту Р, высота оси вращения 100, длина корпуса по установочным размерам М, число полюсов 4).

Основное обозначение - это сочетание базового исполнения АД с видом защиты и охлаждения, с электрической и конструктивной модификацией, со специализированным исполнением и исполнением по условиям окружающей среды

Например: АИРБС100М4НПТ2 (АИР100М4 - базовое обозначение, Б - закрытое исполнение с естественным охлаждением без обдува, С - с повышенным скольжением, Н - малошумные, П - с повышенной точностью установочных размеров, Т - для тропического климата, 2 - категория размещения).

Полное обозначение - сочетание основного обозначения с дополнительными электрическими и конструктивными характеристиками.

Например: АИРБС100М4НПТТ2 220/380 В, 60 IM2181, КЗ-11-3, F 100, (АИРБС100М4НПТ2 - основное обозначение, 220 / 380 В - напряжение, 60 - частота сети, IM2181 - исполнение по способу монтажа и по концу вала, КЗ-11-3 - исполнение выводного устройства и количество штуцеров, F100 - исполнение фланцевого щита).

Классификация конструктивных исполнений электрических машин по способу монтажа дана в Публикации МЭК 34-7 и в СТ СЭВ 246-76. Согласно этим документам конструктивное исполнение электрической машины обозначается символом IM и четырьмя цифрами.

Условное обозначение конструктивного исполнения расшифровывается так:

IM	X	XX	X
1	2	3	4

1 - буквенная часть обозначения;

2 - первая цифра определяет группу конструктивных исполнений. Серия АД Интерэлектро производится по трём группам исполнений (1 - на лапах, с подшипниковыми щитами; 2 - на лапах, с подшипниковыми щитами и с фланцем на подшипниковом щите или щитах; 3 - без лап, с подшипниковыми щитами и с фланцем на одном подшипниковом щите);

3 - вторая и третья цифры обозначают способ монтажа. Вторая цифра для группы IM1 - 0. Третья указывает на расположение вала двигателя в пространстве при монтаже. Для группы IM1 - третья цифра обозначает:

- 0 - вал горизонтальный, машина лапами вниз; 1 - вал вертикальный, конец вала вниз; 3 - вал вертикальный, конец вала вверх; 5 - вал горизонтальный, конец вала влево, машина крепится лапами на вертикальной плоскости; 6 - вал горизонтальный, конец вала направо, машина крепится на вертикальной плоскости; 7 - вал горизонтальный, машина крепится на горизонтальной плоскости лапами вверх; 8 - машина может работать при любом направлении конца вала;
- 4 - исполнение выступающего конца вала: 0 - без конца вала; 1 - с одним цилиндрическим концом вала; 2 - с двумя цилиндрическими; 3 - с одним коническим; 4 - с двумя коническими; 6, 7 и 9 - в асинхронных двигателях общего назначения не применяются.

Обозначение исполнений вводных устройств расшифровывается так: К-3-I - с панелью выводов и одним штуцером; К-3-II - с панелью выводов и двумя штуцерами; К-3-M - с панелью выводов и удлинителем под сухую разделку кабеля или под эпоксидную заделку; К-2-I - без панели выводов с одним штуцером; К-2-II - без панели выводов с двумя штуцерами.

Основным исполнением вводных устройств является устройство с панелью выводов и одним штуцером (К-3-I). По заказу потребителя заводы-изготовители двигателей устанавливают вводное устройство с двумя штуцерами. Два штуцера необходимо для ввода дополнительных проводов в двигатель с температурной защитой и др.

1.3 Подключение асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором к питающей сети

На статоре 3-х фазного асинхронного электродвигателя размещаются три обмотки, которые подключаются к трёхфазной сети переменного тока. Начала обмоток обозначаются C_1 ; C_2 и C_3 , а концы обмоток соответственно C_4 ; C_5 и C_6 (рис. 1.1, а). Статорные обмотки могут соединяться в «звезду» (рис. 1.1, б) и в «треугольник» (рис.1.1, в).

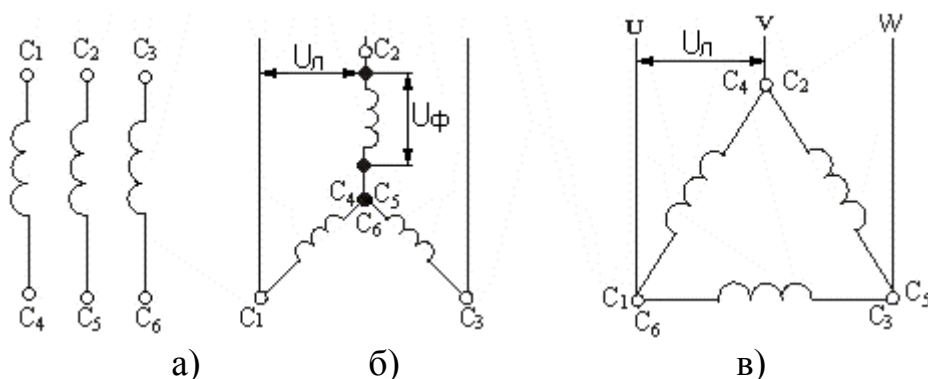


Рисунок 1.1- Схемы соединения статорных обмоток АД.

$$\text{На «звезде» (Y): } U_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ф}}; \quad (1.1)$$

$$\text{На «треугольнике» (Δ): } U_{\text{л}} = U_{\text{ф}}; \quad (1.2)$$

где $U_{л}$ – линейное напряжение - это напряжение между фазами питающей линии, В;

$U_{ф}$ – фазное напряжение – это напряжение на статорной обмотке, на которое она рассчитана, В.

В соответствии с ГОСТ выводы всех начал и концов обмоток присоединяются к зажимам, которые располагаются на специальной щитке электродвигателя (рис. 1.2, а). Если обмотки АД нужно соединить в «звезду», то это следует сделать согласно рисунку 1.2, б, а при соединении их в «треугольник» нужно придерживаться подсоединения зажимов согласно рисунку 1.2, в.

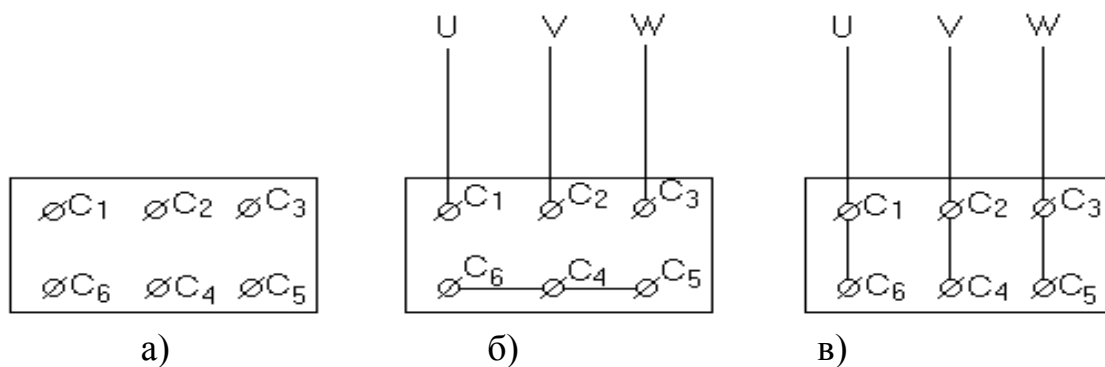


Рисунок 1.2- Схемы подключения статорных обмоток

Электродвигатели серии АИ выпускаются на напряжения: 220/380 и 380/660. Низшие напряжения - это фазные напряжения ($U_{ф}$), высшие напряжения - это линейные ($U_{л}$). В каталогах электродвигателей указывается линейное напряжение $U_{л}$.

Следовательно, чтобы электродвигатель развивал номинальную мощность нужно для первого типа АД (220/380) при подсоединении его обмоток в «треугольник» подать на него сетевое напряжение 220 В, а при подсоединении его обмоток в «звезду» 380 В. (рис. 1.3), (рис. 1.4).

Для второго типа АД (380/660) при подсоединении его обмоток в «треугольник» подать на него сетевое напряжение 380 В, а при подсоединении его обмоток в «звезду» 660 В. (рис. 1.4), (рис. 1.5).

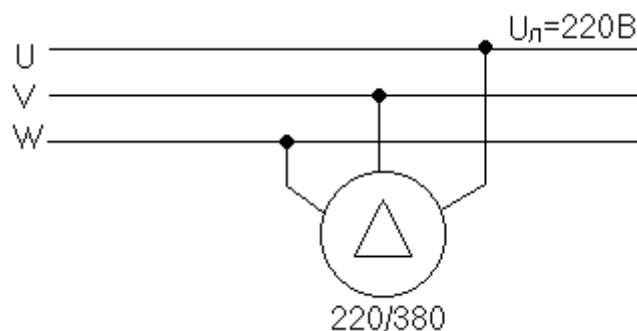


Рисунок 1.3 - Схема подключения АД при напряжении сети 220 В

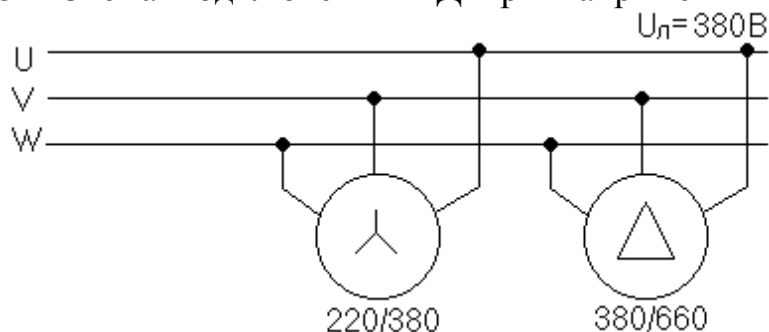


Рисунок 1.4 - Схемы подключения АД при напряжении сети 380 В

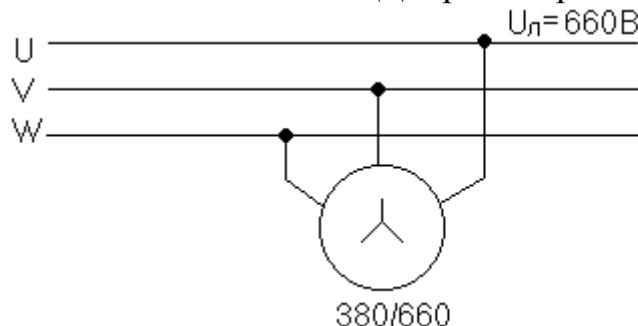


Рисунок 1.5 - Схема подключения АД при напряжении сети 660 В

Если подать на обмотки АД напряжение больше, чем то напряжение, на которое он рассчитан, то изоляция его обмоток сгорит.

Если подать на обмотки АД напряжение меньше, чем напряжение, на которое он рассчитан, приведёт к недогрузке АД, т.е. АД будет развивать мощность намного меньше номинальной.

Методические указания

Экспериментальная установка состоит из асинхронного электродвигателя с к.з. ротором (М), из смонтированного на стенде щитка с произвольно выведенными началами С1, С2, С3 и концами С4, С5, С6 обмоток, автоматического выключателя QF, предохранителя FU, лампы накаливания HL и вольтметра PV.

Обычно на выводах статорных обмоток имеются металлические бирки с обозначениями начал и концов обмоток. Однако по каким-нибудь причинам бирок может не оказаться. В таких случаях определяют “начала” и “концы” обмоток АД и устанавливают новые бирки. Эту работу выполняют в два этапа:

1 ЭТАП. Определение условных «начал» и «концов» обмоток АД

Фазный провод (W) нужно подсоединить к любому из шести выводов АД. К нулевому проводу (N) нужно подсоединить контрольную лампу HL с одной стороны, а второй провод должен быть свободным (рис. 1.6).

Включить автоматический выключатель QF и свободным проводом контрольной лампы нужно прикоснуться к свободным выводам статорных обмоток до тех пор, пока лампа не загорится. Если лампа загорится, значит, оба вывода принадлежат к одной фазе электродвигателя. По аналогии находятся остальные фазы. Следует обозначить произвольно предполагаемое (условное) «начало» первой обмотки через 1, а «конец» через 4; 2 и 5 – «начало» и «конец» второй обмотки; 3 и 6 – «начало» и «конец» третьей обмотки. Такую же проверку можно осуществить с помощью звонка или мегомметра.

2 ЭТАП. Определение действительных «начал» и «концов» обмоток АД

Действительные «начала» и «концы» статорных обмоток можно определить несколькими способами:

2.1 Способ трансформации (рис. 1.7)

Нужно последовательно соединить две обмотки и к ним кратковременно подвести фазное напряжение сети. К зажимам третьей обмотки, например, 3, 6, подключают лампу накаливания HL или вольтметр PV. Если лампа загорится, значит, условный «конец» первой фазы 4 соединён с условным «началом» 2 другой фазы. В этом случае магнитные потоки первой и второй обмоток складываются так, что суммарный магнитный поток направлен вдоль оси третьей обмотки и наводит в ней э.д.с.

Если будут соединены оба «конца» или «начала» обмоток, лампа гореть не будет, потому что суммарный магнитный поток направлен перпендикулярно оси третьей обмотки и не наводит в ней э.д.с. Аналогичным образом находят начала и концы других фаз.

2.2 Способ подбора

Этот способ лучше всего применять для двигателей небольшой мощности (3 – 5 кВт).

После определения принадлежности выводных концов отдельным фазам все условные «начала» подключают к сети. «Концы соединяют вместе в одну общую точку, т.е. соединяют в звезду. Двигатель включают в сеть.

Если в общую точку попали все «начала» или «концы», то двигатель будет работать нормально.

Если при включении двигателя в сеть он сильно гудит и не развивает номинальной частоты вращения, необходимо в одной из обмоток, например в первой, поменять местами выводы 1, 4. Когда двигатель

продолжает гудеть, то фазу возвращают в первоначальное положение и меняют местами выводы второй фазы 2, 5.

Если двигатель снова не развивает номинальной частоты вращения и гудит, то вторую фазу возвращают в первоначальное положение и меняют местами зажимы третьей фазы 3, 6. Максимальное число проб при этом способе - три.

Порядок выполнения работы:

1. Собрать электрическую схему (рис. 1.6), определить условные «начала» и «концы» обмоток АД и обозначить их цифрами 1, 2, 3, 4, 5, 6.

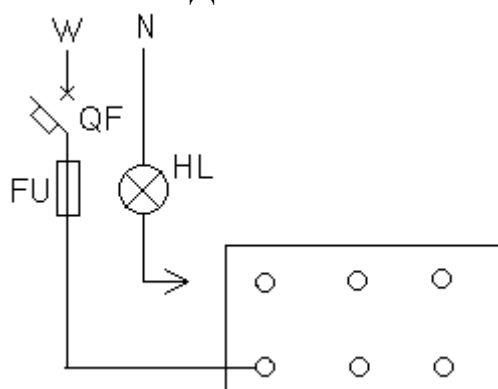


Рисунок 1.6 - Схема определения условных «начал» и «концов» обмоток АД

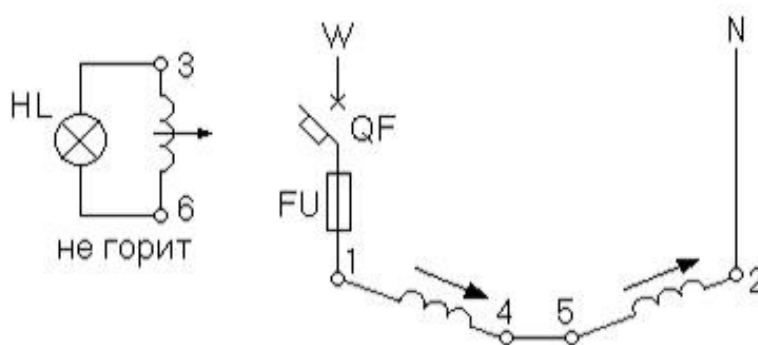


Рисунок 1.7 а - Схемы определения «начал» и «концов» обмоток АД методом трансформации

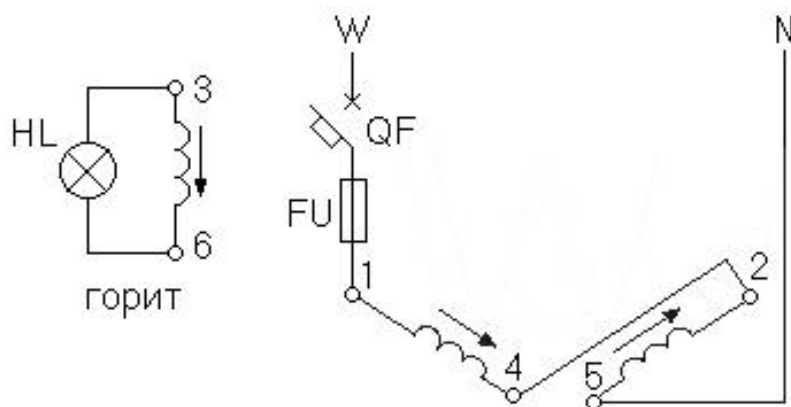


Рисунок 1.7 б - Схемы определения « начал » и « концов » обмоток АД методом трансформации

2. Собрать электрические схемы (рис. 1.7 а,б), определить действительные «начала» и «концы» обмоток АД способом трансформации и обозначить их: С1, С2, С3, С4, С5, С6.
3. Способом подбора убедиться, что действительные «начала» и «концы» определены правильно.

Контрольные вопросы

1. Что указывается на заводском щитке АД?
2. Какими номинальными величинами характеризуется АД?
3. Объясните структуру условного обозначения АД серии АИ?
4. Какие элементы включает **базовое обозначение** АД?
5. Какие элементы включает **основное обозначение** АД?
6. Какие элементы включает **полное обозначение** АД?
7. Как обозначаются «начала» и «концы» обмоток АД?
8. Как согласно ГОСТа располагаются выводы «начал» и «концов» обмоток АД на заводском щитке?
9. На какие номинальные напряжения выпускаются АД серии АИ?
10. Объясните по каким схемам можно подключить АД серии АИ, чтобы они развивали номинальную мощность при сетевом напряжении 220 В, 380 В, 660 В.
11. Объясните как определить условные «начала» и «концы» обмоток АД.
12. Объясните как определить действительные «начала» и «концы» обмоток АД.

Лабораторная работа № 2

ПОСТРОЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Цель работы: Изучить методику построения естественной механической характеристики двумя способами.

Программа работы:

1. Выписать паспортные данные АД серии АИ для построения естественной механической характеристики по 4-м характерным точкам (Приложение № 4; Вариант №).
2. Построить естественную механическую характеристику АД по 4-м точкам.
3. Выписать паспортные данные АД серии АИ для построения естественной механической характеристики по уравнению Клосса при помощи персонального компьютера (Приложение № 4; Вариант №).
4. Построить естественную механическую характеристику АД по уравнению Клосса при помощи ПК.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1 Построение естественной механической характеристики асинхронного электродвигателя с к.з. ротором по 4-м точкам

Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором характеризуется номинальными техническими данными, которые указываются в каталоге: P_n , кВт – номинальная мощность, n_n , об/мин – номинальная частота вращения вала электродвигателя при номинальной нагрузке, U_n , В – номинальное напряжение, I_n , А – номинальная сила тока, (\sim) – род тока, f_n , Гц – частота питающей сети, $\cos \varphi_n$ – коэффициент мощности при номинальной нагрузке, η_n – коэффициент полезного действия, кроме того в каталоге задаются: n_c , об/мин – синхронная частота вращения (частота вращения магнитного поля статора), $\mu_n = \frac{M_{\text{пуск}}}{M_n}$ – кратность пускового момента, $\mu_k = \frac{M_{\text{макс}}}{M_n}$ – кратность максимального (или критического)

момента.

Естественную механическую характеристику асинхронного двигателя с к.з. ротором $\omega = f(M)$ ориентировочно можно построить, используя его каталожные данные, по 4 – м характерным точкам (рис.2.1.).

Координаты точек:

Точка А ($M = 0$; $\omega = \omega_c$); ω_c – синхронная скорость вращения, рад/с.
 $\omega_c = \pi \cdot n_c / 30$, рад/с. (2.1)

Точка В ($M = M_H$; $\omega = \omega_H$); M_H – номинальный момент электродвигателя, Н·м; ω_H – номинальная скорость вращения, рад/с.

$$M_H = 1000 \cdot P_H / \omega_H, \text{ Н м}; \quad (2.2)$$

$$\omega_H = \pi \cdot n_H / 30, \text{ рад/с}; \quad (2.3)$$

Точка С ($M = M_{кр}$; $\omega = \omega_{кр}$); $M_{кр}$ – момент критический (или максимальный), Н·м; $\omega_{кр}$ – критическая скорость вращения, рад/с.

$$M_{кр} = \mu_{кр} \cdot M_H, \text{ Н м}; \quad (2.4)$$

$$\omega_{кр} = \omega_c (1 - S_{кр}), \text{ рад/с}. \quad (2.5)$$

где $S_{кр}$ – критическое скольжение, о.е.

$$S_{кр} = S_H (\mu_{кр} + \sqrt{\mu_{кр}^2 - 1}); \quad (2.6)$$

Точка Д ($M = M_{пуск}$; $\omega = 0$); $M_{пуск}$ – пусковой момент электродвигателя, Н·м;

$$M_{пуск} = \mu_{п} \cdot M_H, \text{ Н м}; \quad (2.7)$$

Примечание:

Если нагрузка у АД с к.з. ротором номинальная и параметры сети соответствуют номинальным данным, то запуск электродвигателя осуществляется от точки Д далее точка С и рабочая точка это точка В.

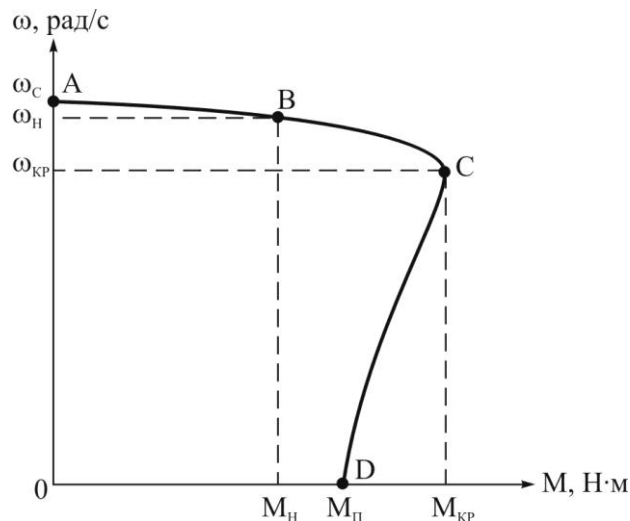


Рисунок 2.1 - Естественная механическая характеристика асинхронного электродвигателя с к.з. ротором, построенная по 4-м точкам

2.2 Построение естественной механической характеристики асинхронного электродвигателя с к.з. ротором по уравнению Клосса при помощи ПК

Уравнение механической характеристики АД: $M = f(S)$ описывается уравнением Клосса:

$$M = \frac{2 M_{\text{макс}} (1 + a S_{\text{кр}})}{\frac{S}{S_{\text{кр}}} + \frac{S_{\text{кр}}}{S} + 2 a \cdot S_{\text{кр}}}; \quad (2.8)$$

где $M_{\text{макс}}$ – максимальный (критический) момент электродвигателя, Н·м;

$S_{\text{кр}}$ - критическое скольжение, соответствующее критическому моменту, о.е.

$a = R_1^I / R_2^{II}$ - отношение активного сопротивления R_1^I фазы обмотки статора АД к приведённому активному сопротивлению R_2^{II} фазы обмотки ротора.

Методические указания: Электронная таблица - EXCEL

Рабочее поле Excel представляет собой не чистый лист, а пустую таблицу, которую предстоит заполнять.

В таблице добавляются номера строк и буквы столбцов, таблица становится адресной, т.е. у каждой клетки есть адрес, как на шахматной доске. Значит, у любой информации таблицы есть адрес, так же как и у фигуры на шахматной доске. Теперь в таблице можно писать формулы расчёта, используя адреса с информацией.

Таблица 2.1

	A	B	C	D	E
1	15	20	= A1 + B1 (35)	= 10% * C1 (3.5)	= C1 - D1 (31.5)
2					
3					
4					

Когда исходные данные в адресах меняются, одновременно пересчитываются и все формулы с этими адресами.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать координаты 4-х точек по каталожным данным АД серии АИ по заданному преподавателем варианту и построить естественную механическую характеристику.

Начало

Исходные данные:
 P_H ; n_c ; n_H ; μ_k ; R_1^I ; R_2^{II}

$$\omega_H = \frac{\pi \cdot n_H}{30}$$

$$M_H = 1000 \cdot \frac{P_H}{\omega_H}$$

$$M_{кр} = \mu_k \cdot M_H$$

$$S_H = \frac{n_c - n_H}{n_c}$$

$$S_{кр} = S_H \cdot \left(\mu_k + \sqrt{\mu_k^2 - 1} \right)$$

$$a = \frac{R_1^I}{R_2^{II}}$$

Печать:
 ω_H ; M_H ; $M_{кр}$; S_H ; $S_{кр}$; a

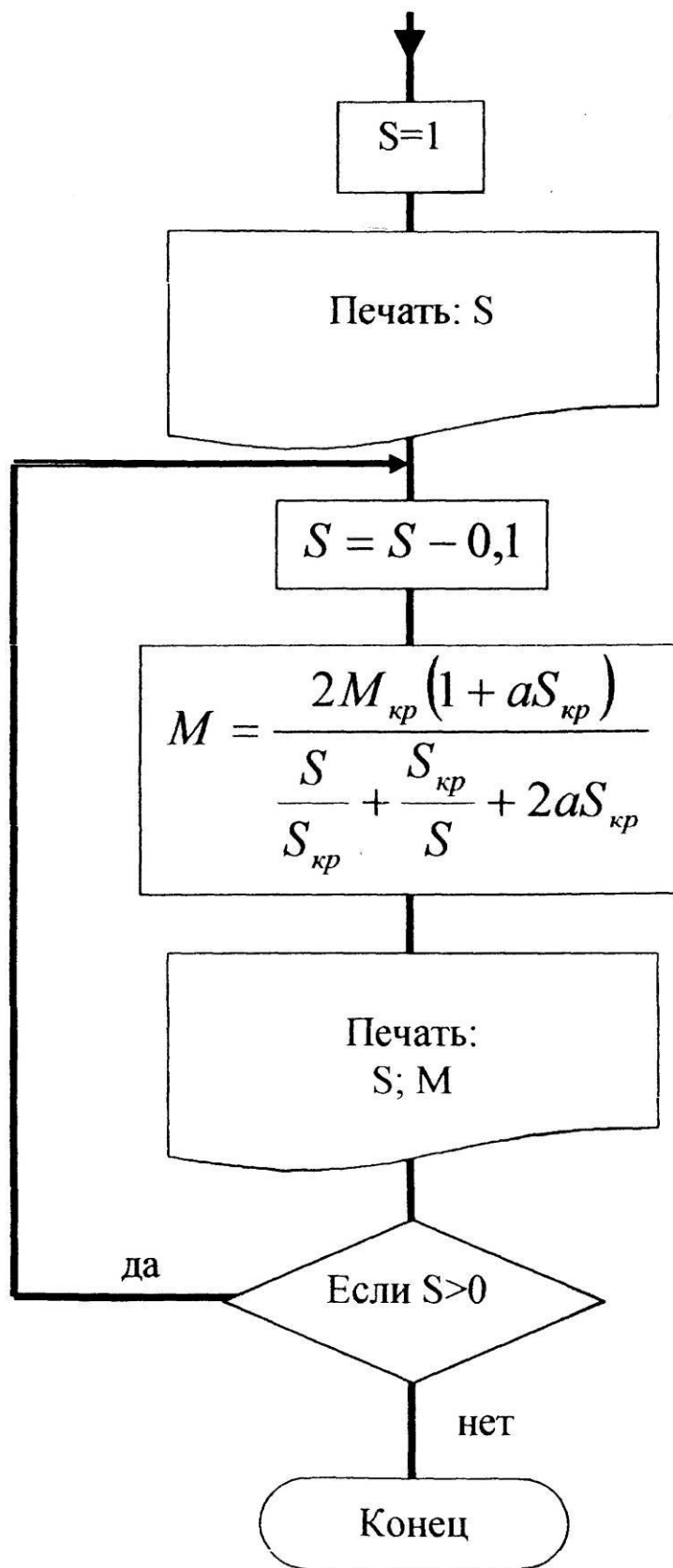


Рисунок 2.2 - Блок-схема алгоритма расчета координат для построения естественной механической характеристики асинхронного двигателя с к.з. ротором

**Инструкция по заполнению электронной таблицы EXCEL для реализации
вычислительного алгоритма определения координат для построения
естественной механической характеристики асинхронного двигателя с к.з.
ротором**

Ячейка	Значение
A1 (A1-G1)	"Построение механической характеристики"
A2 (A2-G2)	"асинхронного электродвигателя с к.з. "
A3 (A3-G3)	"ротором по уравнению Клосса"
B6 (B6-E6)	"Исходные данные"
A8	"Тип двигателя"
B8	" $P_{н}$, кВт"
C8	" n_c , об/мин"
D8	" n_n , об/мин"
E8	" μ_k "
F8	" R_1 "
G8	" R_2 "
B12 (B12-E12)	"Промежуточные расчеты"
B14	" ω_n , рад/с"
C14	" M_n , Н*м"
D14	" $M_{кр2}$, Н*м"
E14	" S_n "
F14	" $S_{кр}$ "
G14	" a "
B15	$=3,14*D9/30$
C15	$=1000*B9/B15$
D15	$=E9*C15$
E15	$=(C9-D9)/C9$
F15	$=E15*(E9+КОРЕНЬ(СТЕПЕНЬ(E9;2)-1))$
G15	$=F9/G9$
A18 (A18-D18)	"Данные для построения"
A19 (A19-D19)	"механической характеристики:"
A21	"S"
B21	" M , Н*м"
A22	=0
B22	=0
A23	=A24-0,1
B23	$=2*D15*(1+G15*F15)/(A23/F15+F15/A23+2*G15*F15)$
A24	=A25-0,1
B24	$=2*D15*(1+G15*F15)/(A24/F15+F15/A24+2*G15*F15)$
A25	=A26-0,1

B25	$=2 \cdot D15 \cdot (1 + G15 \cdot F15) / (A25 / F15 + F15 / A25 + 2 \cdot G15 \cdot F15)$
A26	$=A27 - 0,1$
B26	$=2 \cdot D15 \cdot (1 + G15 \cdot F15) / (A26 / F15 + F15 / A26 + 2 \cdot G15 \cdot F15)$
A27	$=A28 - 0,1$
B27	$=2 \cdot D15 \cdot (1 + G15 \cdot F15) / (A27 / F15 + F15 / A27 + 2 \cdot G15 \cdot F15)$
A28	$=A29 - 0,1$
B28	$=2 \cdot D15 \cdot (1 + G15 \cdot F15) / (A28 / F15 + F15 / A28 + 2 \cdot G15 \cdot F15)$
A29	$=A30 - 0,1$
B29	$=2 \cdot D15 \cdot (1 + G15 \cdot F15) / (A29 / F15 + F15 / A29 + 2 \cdot G15 \cdot F15)$
A30	$=A31 - 0,1$
B30	$=2 \cdot D15 \cdot (1 + G15 \cdot F15) / (A30 / F15 + F15 / A30 + 2 \cdot G15 \cdot F15)$
A31	$=A32 - 0,1$
B31	$=2 \cdot D15 \cdot (1 + G15 \cdot F15) / (A31 / F15 + F15 / A31 + 2 \cdot G15 \cdot F15)$
A32	$=1$
B32	$=2 \cdot D15 \cdot (1 + G15 \cdot F15) / (A32 / F15 + F15 / A32 + 2 \cdot G15 \cdot F15)$
B37 (B37-G37) B40-G40)	"Рис. 1.4. Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя с к.з. ротором"
Объект	=ВНЕДРИТЬ("диаграмма Microsoft Graph") ="M(S)" Значения X: " =Лист1!\$A\$22:\$A\$32" Значения Y: " =Лист1!\$B\$22:\$B\$32"

Построение механической характеристики асинхронного электродвигателя с к.з. ротором по уравнению Клосса

Ф.И.О.	группа, курс
Иванов Иван Иванович	1,1

Исходные данные

Тип двигателя	P_n , кВт	n_c , об/мин	n_n , об/мин	μ_k	R'_1	R''_2
АИР100L6	2,2	1000	945	2,2	0,09	0,067

Промежуточные расчеты

ω_n , рад/с	M_n , Н·м	$M_{кр}$, Н·м	S_n	$S_{кр}$	a
98,91	22,242443	48,933374	0,055	0,2288	1,3433

Данные для построения
механической
характеристики

S	M, Н·м
0	0
0,1	38,31178
0,2	48,59697
0,3	47,58817
0,4	43,59209
0,5	39,27374
0,6	35,35732
0,7	31,97609
0,8	29,09473
0,9	26,63928
1	24,53608

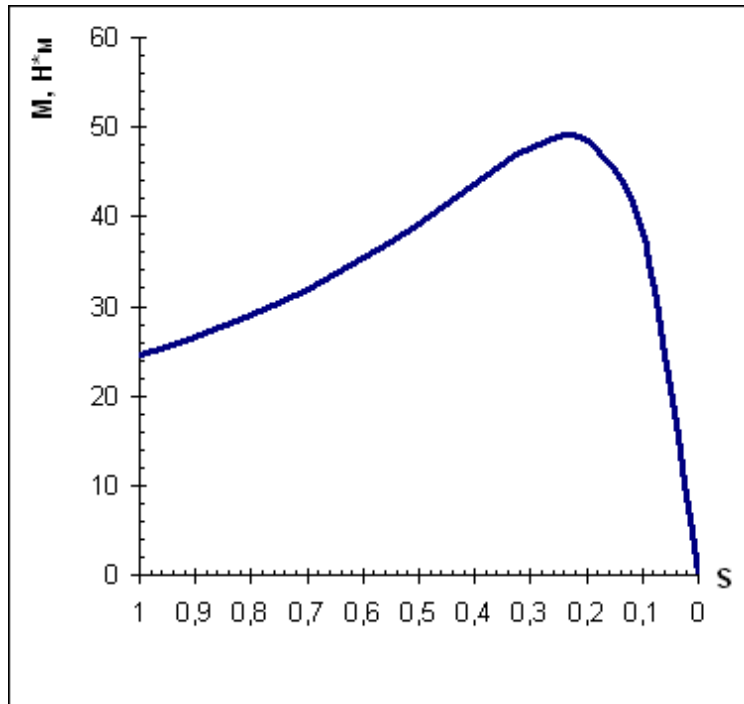


Рисунок 2.3- Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя с к.з. ротором

2. Изучить блок-схему алгоритма расчёта координат для построения естественной механической характеристики асинхронного электродвигателя с к.з. ротором (рис.2.2.).

3. Изучить инструкцию по заполнению электронной таблицы EXCEL для реализации вычислительного алгоритма расчёта координат для построения естественной механической характеристики АД с к.з. ротором.

4. Заполнить электронную таблицу EXCEL согласно инструкции по заданному преподавателем варианту и получить механическую характеристику $M=f(S)$ для АД серии АИ (рис. 2.3.).

5. Распечатать на принтере результаты расчётов.

Контрольные вопросы

1. Как обозначается, и какие единицы измерения имеет угловая частота вращения электродвигателя?

2. Как обозначается, и какие единицы измерения имеет угловая скорость вращения электродвигателя?

3. Каково соотношение между скоростью вращения электродвигателя и частотой его вращения?

4. Что называется механической характеристикой электродвигателя?

5. Для чего необходимы механические характеристики электродвигателей?

6. Какая механическая характеристика называется естественной?
7. Как определить номинальный момент электродвигателя?
8. Как определить максимальный момент электродвигателя?
9. Как определить пусковой момент электродвигателя?
10. Как определить скольжение электродвигателя?
11. Чему равняется скольжение электродвигателя при пуске?
12. Как определить критическое скольжение?
13. Как называется частота вращения магнитного поля статора?
14. Как определить критическую скорость вращения?

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ АППАРАТОВ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

Цель работы: Изучить устройство, принцип работы, назначение и технические характеристики автоматических выключателей, контакторов, электромагнитных пускателей.

Программа работы

1. Изучить конструкцию, назначение и принцип действия автоматического выключателя;
2. Изучить конструкцию назначение и принцип действия контактора;
3. Изучить конструкцию назначение и принцип действия магнитного пускателя;
4. Оформить отчет о работе.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Магнитный пускатель - это модифицированный контактор. В отличие от контактора, магнитный пускатель комплектуется дополнительным оборудованием: тепловым реле, дополнительной контактной группой или автоматом для пуска электродвигателя.

Пускатель электромагнитный (**магнитный пускатель**) — это низковольтное электромагнитное (электромеханическое) комбинированное устройство распределения и управления для пуска и разгона электродвигателя до номинальной скорости, обеспечения его непрерывной работы, отключения питания и защиты электродвигателя и подключенных цепей от рабочих перегрузок.

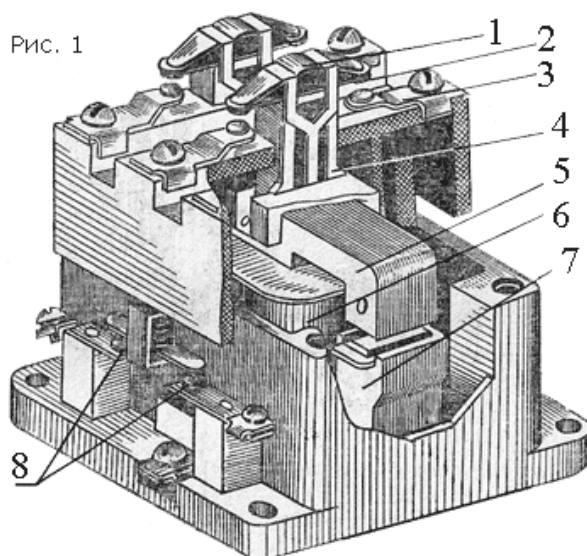


Рисунок 3.1 – Магнитный пускатель

Внутри корпуса пускателя (рис. 3.1) размещена электромагнитная система, включающая в себя неподвижную Ш-образную часть сердечника **7** и обмотку **6**, намотанную на катушку. Сердечник набран из изолированных друг от друга (для уменьшения потерь от вихревых токов) листов электротехнической стали. Подвижная часть сердечника **5** (якорь) соединена с пластмассовой траверсой **4**, на которой смонтированы контактные мостики **2** с подвижными контактами. Плавность замыкания контактов и необходимое усилие нажатия обеспечиваются контактными пружинами **1**. Неподвижные контакты припаяны к контактным пластинам **3**, снабженным винтовыми зажимами для присоединения проводов внешней цепи. Кроме главных контактов, пускатели имеют дополнительные (блокировочные) контакты **8**, расположенные на боковых поверхностях аппарата. Главные контакты закрыты крышкой, защищающей их от загрязнения, случайных прикосновений и междуфазных замыканий.

Пускатель представляет собой контактор, комплектованный дополнительным оборудованием: тепловым реле, дополнительной контактной группой или автоматом для пуска электродвигателя, плавкими предохранителями.

Помимо простого включения, в случае управления электродвигателем пускатель может выполнять функцию переключения направления вращения его ротора (т. н. реверсивная схема), путем изменения порядка следования фаз для чего в пускатель встраивается второй контактор. Переключения обмоток трехфазного двигателя со «звезды» на «треугольник» производится для уменьшения пускового тока двигателя.

Исполнение магнитных пускателей может быть открытым и защищенным (в корпусе); реверсивным и нереверсивным; с встроенной тепловой защитой электродвигателя от перегрузки и без нее.

Реверсивный магнитный пускатель представляет собой два трёхполюсных контактора, укрепленных на общем основании и сблокированных механической или электрической блокировкой, исключающей возможность одновременного включения контакторов.

Магнитные пускатели предназначены для применения в стационарных установках для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором при напряжении до 660В и номинальном токе частотой 50 и 60 Гц. При наличии тепловых реле пускатели осуществляют защиту управляемых электродвигателей от перегрузки недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз. Пускатели, комплектуемые ограничителями перенапряжений, пригодны для работы в системах управления с применением микропроцессорной техники.

Наиболее распространенные серии пускателей с контактной системой и электромагнитным приводом: ПМЕ, ПМА, ПА, ПВН, ПМЛ, ПВ, ПАЕ, ПМ12.

Принцип действия нереверсивного магнитного пускателя заключается в следующем: при включении пускателя по катушке проходит электрический ток,

сердечник намагничивается и притягивает якорь, при этом главные контакты замыкаются, по главной цепи протекает ток. При отключении пускателя катушка обесточивается, под действием возвратной пружины якорь возвращается в исходное положение, главные контакты размыкаются.

Контактор - это дистанционно управляемый коммутационный аппарат, позволяющий коммутировать мощные (в том числе индуктивные) нагрузки как переменного, так и постоянного тока.

Отличительной особенностью электромагнитных контакторов, по сравнению с близкими к ним электромагнитными реле является то, что контакторы разрывают электрическую цепь в нескольких точках одновременно, в то время как электромагнитные реле обычно разрывают цепь только в одной точке.

Контакторы – это аппараты дистанционного действия, предназначенные для частых включений и отключений силовых электрических цепей при нормальных режимах работы.

Электромагнитный контактор представляет собой электрический аппарат, предназначенный для коммутации силовых электрических цепей. Замыкание или размыкание контактов контактора осуществляется чаще всего с помощью электромагнитного привода.

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.

Контакторы также различаются по роду присоединения проводников главной цепи и цепи управления, способу монтажа, виду присоединения внешних проводников и т.п.

На сегодняшний день существует огромный выбор контакторов и пускателей всех типов для всех возможных видов электроустановок.

Контакторы КМ – модульные контакторы, применяемые в основном в системах управления и автоматизации жилых, офисных, промышленных и прочих помещениях для управления и коммутации осветительных, обогревательных и вентиляционных и прочих инженерных систем. Применяются в сетях с напряжением до 380В переменного тока частотой 50Гц. Главные достоинства контактора КМ – малошумная коммутация, высокая

коммутационная мощность и долговечность, свободный от фона переменного тока магнитный привод.

Контакты серии КМЭ – малогабаритные контакторы, предназначенные для дистанционного пуска, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором в сетях переменного тока частотой 50/60Гц с напряжением до 660В (категория применения АС-3) и для дистанционного управления электрическими цепями в которых ток включения равен номинальному току нагрузки (категория АС-1).



Рисунок 3.3 – Контакторы серии КМЭ

Контакторы этой серии отличают: компактные размеры, широкий ассортимент исполнений и катушек управления, большой выбор дополнительных устройств и возможность реализации реверсивного варианта управления, простота в обслуживании и эффективность работы.

Контакторы серии КТЭ – также используются для использования в схемах управления трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором в сетях с напряжением до 660В. Могут использоваться для включения и отключения таких систем как: нагревательных установок, освещения, насосных систем, печей, вентиляции и т.д. В ассортименте компании как одиночные нереверсивные контакторы, так и блочные реверсивные контакторы.



реверсивный контактор

нереверсивный контактор

Рисунок 3.4 – Реверсивный и нереверсивный контакторы

Контакты бывают трех видов: постоянного тока, контакты переменного тока и контакты постоянно-переменного тока.

Контакты постоянного тока предназначены для коммутации цепей постоянного тока и, как правило, приводятся в действие электромагнитом постоянного тока.

Контакты постоянного тока применяются для включения и отключения приемников электрической энергии в цепях постоянного тока; в электромагнитных приводах высоковольтных выключателей; в устройствах автоматического повторного включения.

Контакты постоянного тока выпускаются в основном на напряжение 22 и 440 В., токи до 630 А., однополюсные и двухполюсные.

Контакты переменного тока применяются для управления асинхронными трехфазными двигателями с короткозамкнутым ротором, для выведения пусковых резисторов, включения трехфазных трансформаторов, нагревательных устройств, тормозных электромагнитов и других электротехнических устройств.

Контакты переменного тока предназначены для коммутации цепей переменного тока. Электромагниты этих цепей могут быть как переменного, так и постоянного тока.

Принцип работы контактора: на катушку управления подается напряжение, якорь притягивается к сердечнику и контактная группа замыкается или размыкается в зависимости от исходного состояния каждого из контактов. При отключении происходят обратные действия.

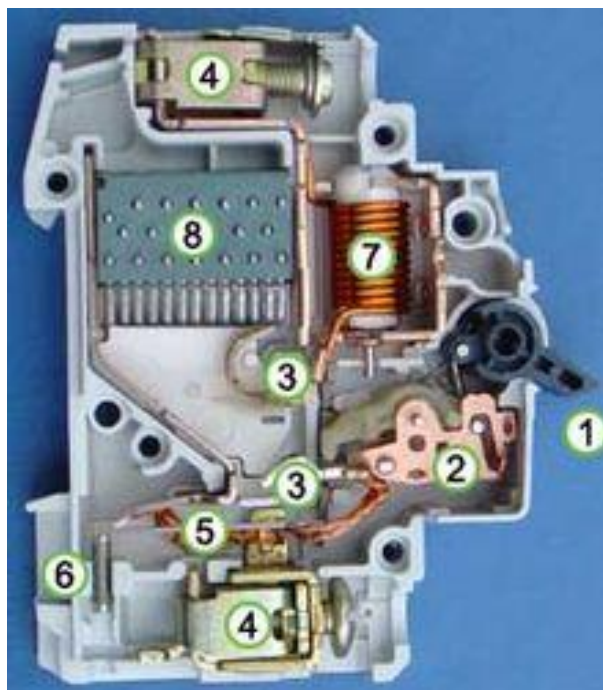
Автоматические выключатели применяются для нечастых ручных включений и отключений электроприемников, а также для автоматического отключения цепей при перегрузках и коротких замыканиях.

Автоматический выключатель состоит из диэлектрического корпуса, внутри которого располагаются подвижный и неподвижный контакты. Подвижный контакт подпружинен, пружина обеспечивает усилие для быстрого расцепления контактов. Механизм расцепления приводится в действие одним из двух расцепителей: тепловым или электромагнитным.

Конструкция автоматического предохранителя представлена на рис. 3.5.

Тепловой расцепитель представляет собой биметаллическую пластину, нагреваемую протекающим током. При протекании тока выше допустимого значения биметаллическая пластина изгибается и приводит в действие пружину, отводящую подвижный контакт, разрывая тем самым электрическую цепь. Время срабатывания зависит от тока (время-токовая характеристика) и может изменяться от секунд до часа. Минимальный ток, при котором должен срабатывать тепловой расцепитель, составляет 1,3 от номинального тока предохранителя до 63А и свыше 63А 1,45 от номинального тока предохранителя. В отличие от плавкого предохранителя, автоматический предохранитель готов к следующему использованию после остывания пластины.

Тем не менее, параметры автоматического предохранителя могут изменяться при каждом срабатывании из-за обгорания контактов. Эту особенность следует учитывать в промышленных установках.



1 — тумблерный вкл/выключатель; 2 — механический привод; 3 — контактная система; 4 — разъёмы (2 шт); 5 — тепловой расцепитель; 6 — калибровочный винт; 7 — электромагнитный расцепитель; 8 — дугогасительная камера

Рисунок 3.8 – Конструкция автоматического выключателя

Магнитный расцепитель представляет собой соленоид, подвижный сердечник которого приводит в действие пружину, отводящую подвижный контакт. Ток, проходящий через автоматический выключатель, течет по обмотке соленоида и вызывает втягивание сердечника при превышении заданного порога. Мгновенный расцепитель, в отличие от теплового, срабатывает очень быстро (доли секунды), но при значительно большем превышении тока: в 6 и более раз от номинального тока, в зависимости от типа (автоматические выключатели делятся на типы А, В, С, D, Е и К в зависимости от характеристики срабатывания расцепителей).

Контрольные вопросы

1. Принцип работы магнитного пускателя.
2. Чем контактор отличается от магнитного пускателя?
3. Назначение автоматического выключателя?
4. В чем отличие теплового расцепителя от электромагнитного?

5. Назначение дугогасительной камеры?
6. Принцип действия реверсивного магнитного пускателя.

Лабораторная работа № 4

ИЗУЧЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРА

Цель работы: изучить конструкцию и принцип действия силовых и измерительных трансформаторов.

Программа работы

1. Изучит конструкцию силового трансформатора.
2. Изучить конструкцию измерительных трансформаторов.
3. Изучить принцип действия и назначение трансформаторов.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.

Силовые трансформаторы предназначены для преобразования электроэнергии с одного напряжения на другое. Наибольшее распространение получили трехфазные трансформаторы, так как потери в них на 12—15% ниже, а расход активных материалов и стоимость на 20—25% меньше, чем в группе трех однофазных трансформаторов такой же суммарной мощности.



Рисунок 4.1- Силовой трансформатор

Трансформаторы различают:

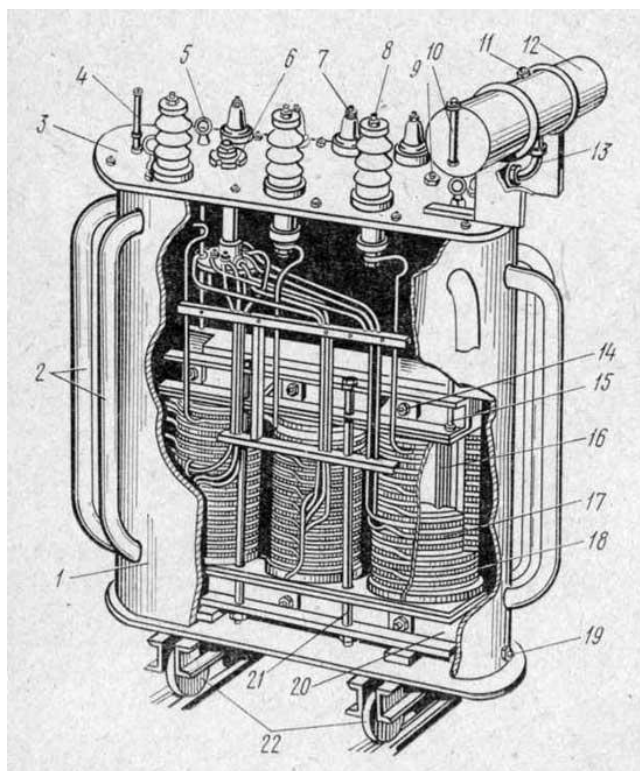
- 1) по уровню мощности – малой мощности, с номинальной мощностью 5 кВА и ниже у трехфазных и 4 кВА и ниже у однофазных; силовые однофазные и трехфазные трансформаторы большей мощности;
- 2) по назначению – силовые трансформаторы систем энергоснабжения, предназначенные для преобразования электрической энергии с целью ее

передачи и распределения с наилучшими технико-экономическими показателями; трансформаторы питания – трансформаторы малой мощности, предназначенные для преобразования напряжения электрических сетей в напряжение, необходимое для питания электронной аппаратуры, маломощного электрического оборудования и бытовых устройств, статических преобразователей энергии и т.д.; измерительные трансформаторы, расширяющие пределы измерения амперметров, вольтметров и ваттметров переменного тока; импульсные трансформаторы, предназначенные для формирования, передачи и преобразования импульсных сигналов;

3) по числу фаз – одно- и трехфазные; трансформаторы с числом фаз более трех встречаются только в некоторых специальных схемах;

4) по числу обмоток в фазе – двух- и многообмоточные.

Трансформаторы выполняют либо с воздушным, либо с масляным охлаждением; каждый из способов может быть либо с естественным теплообменом, либо с принудительной вентиляцией. В автоматических системах наиболее распространены однофазные и трехфазные трансформаторы питания малой мощности с воздушным охлаждением.



1 — корпус бака, 2 — циркуляционные трубы, 3 — крышка, 4 — термометр, 5 — подъемное кольцо, 6 — переключатель регулирования напряжения, 7 — ввод обмоток НН, 8 — ввод обмоток ВН, 9 — пробка отверстия для заливки масла, 10 — маслоуказатель, 11 — пробка расширителя, 12 — расширитель, 13 — патрубок, соединяющий расширитель с баком, 14 — горизонтальная прессующая шпилька, 15 — вертикальная подъемная шпилька, 16 — магнитопровод, 17 — обмотка НН, 18 — обмотка ВН, 19 — маслоспускная пробка, 20 — ярмовая балка, 21 — вертикальная стяжная шпилька, 22 — катки.

Рисунок 4.2 - Силовой трехфазный масляный трансформатор

В зависимости от конфигурации магнитопровода различают трансформаторы стержневого, броневого и кольцевого типов. Магнитопровод навивают из узкой ленты на станках; при этом магнитопровод броневого типа собирают из двух магнитопроводов стержневого типа. Слои ленты изолируют друг от друга тонким слоем окисла, пленкой лака или бумагой с целью уменьшения вихревых токов, наводимых в магнитопроводе переменным магнитным потоком. Навитые магнитопроводы трансформаторов стержневого и броневого типов разрезают на две половины для создания возможности монтажа на них заранее намотанных обмоток. После монтажа обмоток половины вновь соединяют и плотно стягивают специальными обжимками. Использование ленты, нарезанной вдоль направления наибольшей магнитной проницаемости материала, позволяет создавать магнитопроводы на всех участках которых магнитный поток идет по пути наименьшего магнитного сопротивления материала. Участки магнитопровода, на которых расположены обмотки, называют стержнями, остальные участки – ярмом. Для обеспечения постоянной магнитной индукции по всему магнитопроводу у трансформаторов броневого типа ширина центрального стержня в два раза больше, чем боковых участков ярма.

Обмотка трансформатора – это совокупность витков, образующих электрическую цепь, в которой суммируются ЭДС витков. Обмотки трансформаторов стержневого и броневого типов представляют собой катушки, намотанные из изолированного провода, в большинстве случаев медного, на изолирующий каркас или гильзу. Отдельные слои проводов изолируют друг от друга тонкой межслойной изоляцией из специальной бумаги или ткани, пропитанной лаками; между обмотками прокладывают более толстую межобмоточную изоляцию. Обмотки трансформатора, к которым электрическая энергия подводится, называют первичными, обмотки, от которых электрическая энергия отводится, – вторичными. Если на стержне в пределах катушки первичные и вторичные обмотки располагаются концентрично одна поверх другой, их называют концентрическими. При этом у стержневого трансформатора в катушках расположено по половине витков каждой из обмоток. Возможно раздельное расположение первичных и вторичных обмоток на каждом из стержней, но магнитная связь обмоток в этом случае ухудшается.

Если обмотки чередуются в осевом направлении стержня в виде отдельных катушек, имеющих форму дисков, их называют чередующимися. В кольцевых трансформаторах обмотки наматывают непосредственно на изолированный магнитопровод одна поверх другой по всей длине магнитопровода, при этом на внутренней стороне кольца слоев получается больше, чем на внешней.

Повышение электрической прочности трансформаторов и их устойчивости к механическим и атмосферным воздействиям достигается путем пропитки обмоток изоляционными лаками или компаундами или заливкой трансформаторов в эпоксидную смолу. Стержневые трансформаторы имеют

наилучшие условия охлаждения ввиду большой поверхности охлаждения обмоток. Броневые трансформаторы благодаря меньшему числу катушек имеют меньшие размеры и более просты в изготовлении. Кольцевые трансформаторы отличаются малыми потоками рассеяния и низким сопротивлением сердечника благодаря отсутствию воздушных зазоров на пути потока, но более сложны в изготовлении ввиду невозможности предварительной намотки обмоток вне магнитопровода.

Магнитопроводы трансформаторов, собранные из штампованных листов, представлены на 3. Магнитопроводы стержневых трансформаторов собирают из листов П-образной формы (рис. 4.3, а), броневых - из Ш-образной формы (рис. 4.3, б), кольцевых - из колец (рис. 4.3, в).

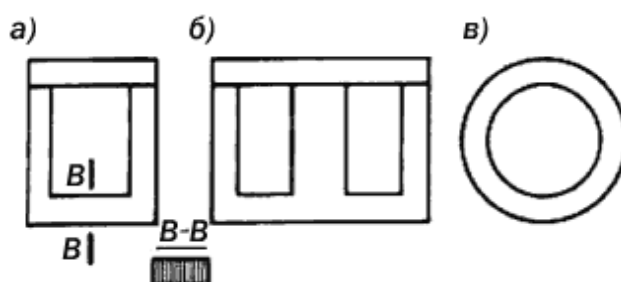


Рисунок 4.3 - Виды магнитопроводов

Принцип действия трансформатора.

Принцип действия рассмотрим на примере однофазного двухобмоточного трансформатора (4), первичная обмотка которого с числом витков w_1 включена в однофазную сеть переменного тока с напряжением u_1 , а вторичная обмотка с числом витков w_2 замкнута на сопротивление нагрузки Z_n . Под действием приложенного напряжения u_1 по первичной обмотке протекает ток i_1 , создающий МДС первичной обмотки $F_1 = i_1 w_1$, которая приводит к появлению переменного магнитного потока. Основная часть потока (поток взаимоиндукции Φ_0) замыкается по магнитопроводу, сцепляется с обеими обмотками и наводит в них ЭДС e_1 и e_2 . Небольшая часть потока $\Phi_{\sigma 1}$, называемая потоком рассеяния первичной обмотки, замыкается по воздуху непосредственно вокруг этой обмотки.

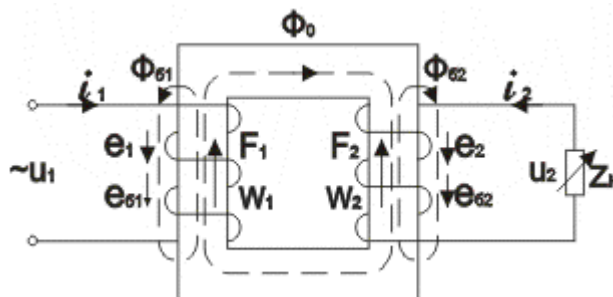


Рисунок 4.4 – Принцип действия трансформатора

Во вторичной обмотке ЭДС e_2 вызывает ток i_2 , на сопротивлении нагрузки Z_n снимается выходное напряжение $u_2=i_2Z_n$ и выходная мощность $P_2=u_2i_2$. Одновременно ток i_2 создает МДС вторичной обмотки $F_2=i_2w_2$, направление которой в контуре магнитопровода определяется по правилу Ленца. Значение потока взаимоиндукции Φ_0 определяется результирующим действием МДС F_1 и F_2 . В обеих обмотках ЭДС взаимоиндукции определяются в соответствии с законом электромагнитной индукции.

При увеличении тока нагрузки i_2 МДС F_2 стремится уменьшить поток Φ_0 и тем самым – ЭДС e_1 . Поскольку трансформаторы выполняют с минимальными потоками рассеяния и минимальным активным сопротивлением обмоток, основная часть приложенного напряжения u_1 уравнивается ЭДС e_1 , которая направлена в контуре обмотки встречно напряжению u_1 ; при неизменной амплитуде напряжения u_1 ток i_1 увеличивается. Таким образом, приращение выходной мощности покрывается за счет приращения потребляемой мощности $P_1=u_1i_1$. Увеличение тока i_1 приводит к увеличению МДС F_1 , и поток Φ_0 восстанавливается до прежнего значения. Небольшое уменьшение потока может быть вызвано падением части приложенного напряжения на сопротивлении обмотки. Это изменение тем больше, чем меньше мощность трансформатора, однако при изменении тока нагрузки от нуля (холостой ход) до номинального значения оно не превышает нескольких процентов. Магнитодвижущая сила F_1 вызывает также появление потока рассеяния вторичной обмотки $\Phi_{\sigma 2}$, наводящего ЭДС самоиндукции во вторичной обмотке.

Трехфазные трансформаторы мощностью в единицы и десятки кВ·А обычно выполняют с единой магнитной системой фаз; в этом случае конструкция магнитной системы напоминает конструкцию магнитной системы однофазного броневых трансформатора с той лишь разницей, что здесь поперечное сечение всех трех стержней одинаковое. Большими буквами А, В, С обозначаются выводы обмотки высокого напряжения, малыми а, в, с - выводы низкого напряжения. Основные схемы соединения обмоток фаз - звезда и треугольник. При схеме звезд (Y) (рис. 4.5, б) концы обмоток x, y, z соединяются в общую нулевую точку, начала а, в и с подсоединяют к внешней цепи; при схеме треугольник (Δ) (рис. 4.5, в) поочередно соединяют начала и концы обмоток фаз. ГОСТом рекомендуются следующие схемы соединения обмоток: Y/Y₀, Y/ Δ и Y₀/ Δ ; для трансформаторов малой мощности допускаются также схемы Δ/Δ , Δ/Y и Δ/Y_0 . Схема Y₀ означает соединение звездой с выведенной нулевой точкой. У трехфазных трансформаторов наряду с рекомендуемой схемой соединения обмоток указывается номер группы (от 0 до 12) трансформатора, соответствующий данной схеме. Группа характеризует сдвиг по фазе между первичным и вторичным линейными напряжениями трансформатора. Для параллельной работы должны подключаться трансформаторы, имеющие одинаковое выходное напряжение и принадлежащие к одной группе, чтобы не возникали уравнительные токи из-за разницы фаз выходных напряжений.

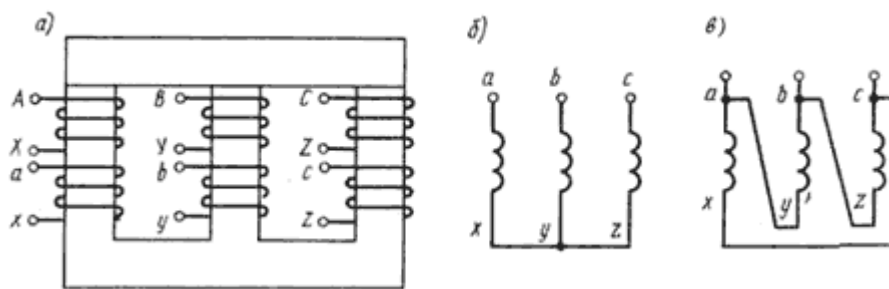


Рисунок 4.5 – Схемы соединения обмоток трансформатора

Трехфазные трансформаторы широко используются в качестве трансформаторов статических преобразователей, применяемых для питания электроприводов.

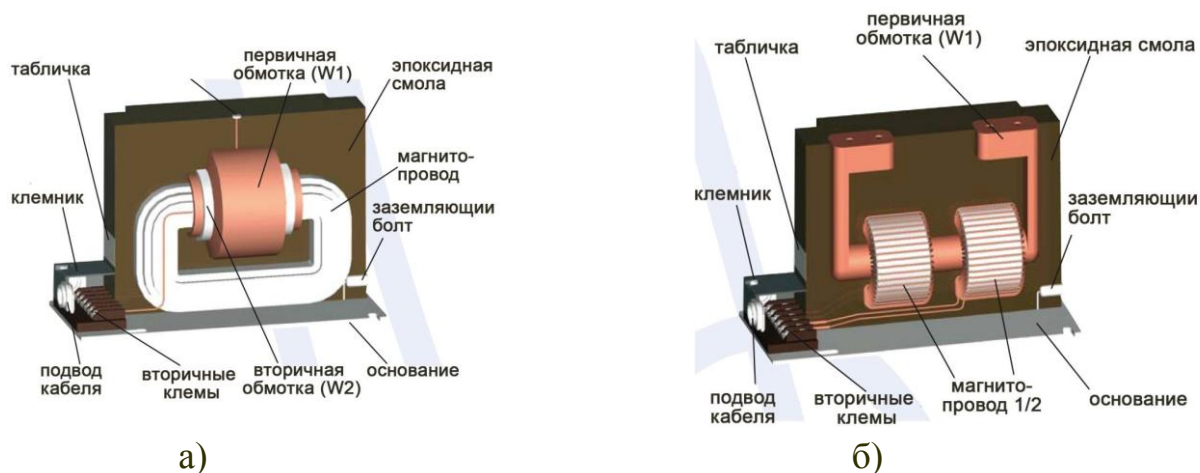
Импульсные трансформаторы.

Импульсные трансформаторы применяют в радиоэлектронике и вычислительной технике для преобразования кратковременных сигналов с крутыми фронтами, в основном прямоугольных импульсов длительностью до долей микросекунды. Основное требование, предъявляемое к импульсным трансформаторам, заключается в минимальном искажении формы импульсов и снижении длительности фронтов импульсов. Искажение объясняется нелинейностью кривой намагничивания материала магнитопровода, наличием потоков рассеяния обмотки и увеличивающимся, по мере возрастания частоты импульсов, влиянием вихревых токов в магнитопроводе и паразитных межвитковых и межобмоточных емкостей. В частности, электромагнитная постоянная времени трансформатора, определяющая длительность фронтов импульса, тем больше, чем больше индуктивность рассеяния, паразитная емкость обмоток и вихревые токи. Уменьшение рассеяния в импульсных трансформаторах достигается использованием кольцевых магнитопроводов, уменьшение вихревых токов - использованием магнитопроводов из феррита или тонкой пермаллоевой ленты, уменьшение емкости - специальной схемой укладки проводов и металлическими экранами. Линейность намагничивания обеспечивается выбором соответствующего материала магнитопровода и малыми значениями индукции.

Измерительные трансформаторы напряжения – трансформаторы, преобразующие высокие напряжения пропорционально и точно в соответствии с фазами в величины, пригодные для измерения. Трансформаторы напряжения имеют единственный магнитопровод и могут быть выполнены с одной или несколькими вторичными обмотками. Заземляемые трансформаторы напряжения по желанию помимо измерительной или защитной обмотки могут быть выполнены с дополнительной обмоткой для регистрации замыкания на землю.

Измерительные трансформаторы тока - трансформаторы, предназначенные для преобразования тока до значения, удобного для измерения. Первичная обмотка трансформатора тока включается

последовательно в цепь с измеряемым переменным током, а во вторичную включаются измерительные приборы. Ток, протекающий по вторичной обмотке трансформатора тока, пропорционален току, протекающему в его первичной обмотке.



а) – трансформатор напряжения; б) – трансформатор тока
Рисунок 4.6 – Измерительные трансформаторы

Сердечники и обмотки полностью залиты эпоксидной смолой. Это обеспечивает герметическую защиту от проникновения влаги и от коррозии. Во время эксплуатации не требуется никакого ухода за трансформаторами.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные конструктивные элементы силового трансформатора?
2. Для чего предназначены измерительные трансформаторы тока и напряжения?
3. Какие схемы соединения обмоток вы знаете?
4. Назовите основные виды магнитопроводов?

Лабораторная работа № 5

ПОДКЛЮЧЕНИЕ ТРЁХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ К ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

Цель работы: Изучить электрические схемы подключения АД с к.з. ротором к однофазной сети.

Программа работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места, изучить технический паспорт асинхронного электродвигателя М (4А71А6У3).
2. Собрать электрическую схему (рис. 5.1), подключить электродвигатель М к трёхфазной сети и снять показания приборов.
3. Собрать электрическую схему (рис. 5.2), подключить электродвигатель М к однофазной сети и снять показания приборов.
4. Рассчитать по опытным данным какую мощность в % развивает электродвигатель М при подключении к однофазной сети по схеме (рис. 5.2) по отношению к схеме (рис.5.1) при подключении его к 3-х фазной сети.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

В сельском хозяйстве часто возникает необходимость применить трёхфазные асинхронные электродвигатели в таких условиях, где нет трёхфазной, но есть однофазная сеть. В этом случае электродвигатели можно включать в однофазную сеть, применив специальные схемы соединения обмоток.

У 3-х фазного АД при подключении его к однофазной сети должны быть (как у однофазного АД) рабочая и пусковая обмотки. Электродвигатель с одной рабочей обмоткой нельзя запустить без приложения посторонней силы, так как обмотка, включенная на однофазное напряжение, создаёт пульсирующее магнитное поле. Направление вращения ротора зависит от первоначального направления движения.

Чтобы электродвигатель мог запускаться в определённом направлении нужно на время пуска подключить дополнительную пусковую обмотку. В цепь пусковой обмотки включается фазосдвигающее устройство: активное, индуктивное или ёмкостное сопротивление.

Сдвиг по фазе на 90° между токами рабочей и пусковой обмоток приводит к тому, что максимум магнитного поля в рабочей и пусковой обмотках наступает неодновременно и магнитное поле стремится повернуть ротор, тем самым создавая пусковой момент.

Для трёхфазных асинхронных электродвигателей, работающих от однофазной сети, предложено много различных схем. Наилучшие эксплуатационные показатели имеют трёхфазные электродвигатели, которые включаются в однофазную сеть при помощи конденсаторов.

Типы конденсаторов, которые рекомендуются для применения:

МБГЧ – металлобумажный, герметизированный, частотный;

КБГ-МН – конденсатор бумажный, герметизированный, в металлическом корпусе, нормальный;

БГТ - бумажный, герметизированный, термостойкий;

ЭП - электролитический пусковой.

Пусковые конденсаторы после запуска электродвигателя отключают и разряжают.

Частота вращения трёхфазного электродвигателя при включении его в однофазную сеть с применением конденсаторов по сравнению с частотой вращения электродвигателя при работе от трёхфазной сети изменится незначительно.

Пусковое усилие электродвигателя и развиваемая им мощность зависят от ёмкости конденсаторов.

Ёмкость конденсаторов подбирают с учётом схемы его включения. Так, при соединении статора в «звезду» ёмкость рабочего конденсатора составит:

$$C_p = 2800 \frac{I_n}{U_n}, \text{ мкФ}; \quad (5.1)$$

а при соединении обмотки в «треугольник»:

$$C_p = 4800 \frac{I_n}{U_n}, \text{ мкФ}; \quad (5.2)$$

Номинальным током I_n и напряжением U_n здесь условно называются фазные значения этих величин, указанные в паспорте электродвигателя.

Выбор конденсаторов по номинальному напряжению производят по условию:

$$U_k = (1,5 \div 2,0) U_c; \quad (5.3)$$

где U_k и U_c – напряжение на конденсаторе и в сети, В.

Если электродвигатель запускается в холостую, то в качестве пусковой ёмкости C_n можно использовать C_p . Если же запуск электродвигателя осуществляется под нагрузкой, то ёмкость конденсаторов, включаемых в момент пуска, должна быть увеличена в два-три раза по сравнению с рабочей ёмкостью.

Методические указания

Экспериментальная установка (рис. 5.1; 5.2) содержит асинхронный электродвигатель с к.з. ротором М типа 4А71А6У3 со следующими паспортными данными: $P_n = 0,37$ кВт; Δ/Y ; 220/380 В; 2,2 /1,3 А; $n_n = 920$ об/мин; $f = 50$ Гц; $\eta_n = 64,5$ %; $\cos \varphi_n = 0,69$; автоматический выключатель QF, предохранители FU1, FU2, FU3, амперметры PA1, PA2, вольтметры PV1, PV1, киловаттметр PW, конденсатор С и переключатель SA.

АД подключается к 3-х фазной сети при соединении его обмоток в «звезду» по электрической схеме (рис. 5.1).

Если напряжение однофазной сети равно 220 В, в то время как в паспорте электродвигателя указаны напряжения 220/380 В, то при подключении его обмоток в «треугольник» в качестве основной обмотки используется одна из фазных обмоток, а две другие исполняют роль пусковой. Полезная мощность при этом составит 50-60% от мощности двигателя при подключении его к 3-х фазной сети.

Если же электродвигатель включают по схеме «звезда» (рис. 5.2), то в качестве основной обмотки используются две фазные обмотки, соединённые последовательно. Полезная мощность будет составлять 25 – 30 % от мощности двигателя при подключении его к 3-х фазной сети.

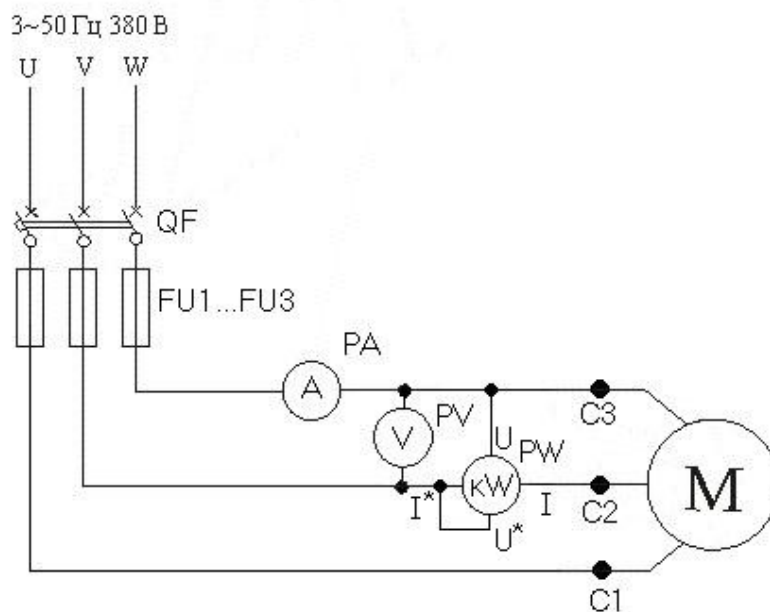


Рисунок 5.1 - Электрическая схема подключения 3-х фазного АД к 3-х фазной сети

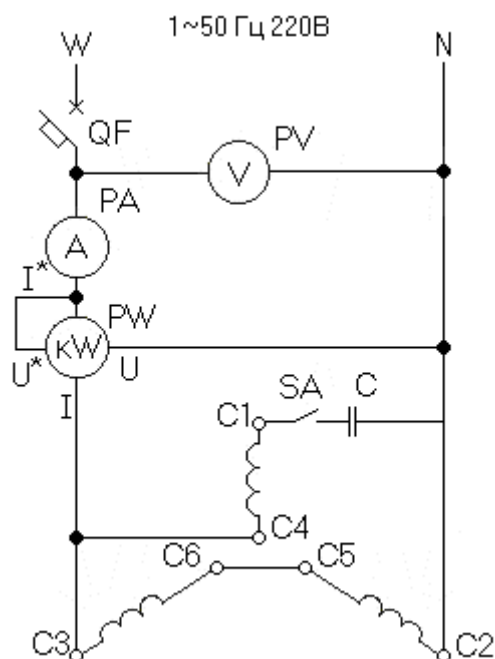


Рисунок 5.2 - Электрическая схема подключения 3-х фазного АД при соединении его обмоток в «звезду» к однофазной сети

Для изменения вращения ротора асинхронного электродвигателя необходимо поменять местами концы одной из обмоток - основной или вспомогательной.

Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую схему (рис.5.1).
2. Включить автоматический выключатель QF, снять показания амперметра PA, вольтметра PV и киловаттметра PW и занести их в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 - Опытные данные при подключении АД к 3-х фазной сети

I, A	U, B	P _{3-ф} , кВт

3. Собрать электрическую схему (рис. 5.2).
4. Включить автоматический выключатель QF, включить переключатель SA, запустить электродвигатель M, отключить переключатель SA, снять показания амперметра PA, вольтметр PV, киловаттметра PW и занести их в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 - Опытные данные при подключении АД к 1- фазной сети

I , А	U , В	P _{1-ф} , кВт

5. Рассчитать процентное соотношение мощностей, развиваемых электродвигателем М при подключении его к 3-х фазной и 1- фазной питающей сети по формуле:

$$P_1\% = \frac{P_{1-ф}}{P_{3-ф}} \cdot 100\% ; \quad (5.4)$$

6. Рассчитать ёмкости (С) при пуске 3-х фазного АД от однофазной сети при подключении его обмоток в «звезду» и «треугольник».

Контрольные вопросы

1. Для чего подключают 3-х фазный АД к 1-фазной сети?
2. Что нужно предпринять чтобы 3-х фазный АД запустился от 1-фазной сети?
3. Какие фазосдвигающие устройства включаются в цепь пусковой обмотки?
4. Что обуславливает создание пускового момента АД при подключении его к однофазной сети?
5. При помощи какого фазосдвигающего устройства у АД имеются наилучшие эксплуатационные показатели при включении его в однофазную питающую сеть?
6. Какие типы конденсаторов рекомендуется применять при пуске 3-х фазных АД при питании их от однофазной сети?

Лабораторная работа № 6

ВКЛЮЧЕНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ ЛЮМИНИСЦЕНТНОЙ ЛАМПЫ В ПИТАЮЩУЮ СЕТЬ

Цель работы: Изучить устройство, принцип действия и схему включения в сеть люминесцентной лампы.

Программа работы

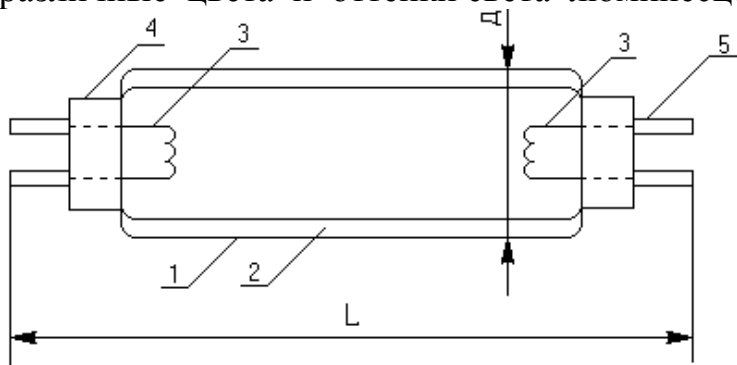
1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места, изучить устройство (рис.6.1) и принцип действия люминесцентной лампы.
2. Собрать электрическую схему включения люминесцентной лампы (рис.6.3).
3. Подключить люминесцентную лампу к питающей сети по схеме (рис.6.3), снять показания приборов: P_A , P_V , P_W и рассчитать $\cos \phi$ люминесцентной лампы.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Люминесцентные лампы низкого давления ($1,3 \div 133,3$ Па) - это газоразрядные лампы, которые благодаря высокой световой отдаче, улучшенному спектральному составу излучения и значительному сроку службы нашли широкое применение для общего освещения.

Люминесценция – это способность свечения паров металла или инертного газа при нагревании их электрическим током.

Принцип действия люминесцентных ламп сводится к следующему: если к электродам, вставленным в концы стеклянной трубки, которая заполнена инертным газом или парами металла, приложить напряжение зажигания лампы (U_3), то свободные электроны начинают лететь в сторону электрода с положительным знаком. В своём движении электроны встречаются с нейтральными атомами газа, ионизируют их, выбивая электроны с верхней орбиты атома в пространство или с нижней орбиты на верхнюю. Возбуждённые таким образом атомы вновь сталкиваясь с электронами, превращаются в нейтральные атомы. Это обратное превращение сопровождается свечением. Каждому инертному газу или металлу соответствует своя длина волны излучения. Смешивая инертные газы, получают различные цвета и оттенки света люминесцентных ламп.



1 - стеклянная трубка; 2- люминофор; 3 – электроды; 4- цоколь; 5- ножки-штырьки. L – длина трубки; D – диаметр трубки

Рисунок 6.1 - Устройство люминесцентной лампы.

Люминесцентная лампа – это длинная стеклянная трубка 1, внутренняя поверхность которой покрыта слоем люминофора 2. Люминофор

– это вещество способное светиться. Внутри трубки (на её концах) впаяны электроды 3, представляющие собой вольфрамовые спирали. К электродам припаяны штырьки 5, изолированные от цоколя лампы 4 специальной мастикой. Трубка наполнена газом аргоном с несколькими каплями ртути.

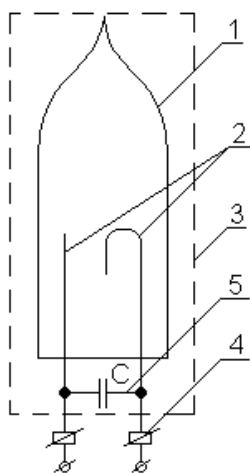
В условном обозначении ламп буквы и цифры обозначают:

Л – люминесцентная; **Д** –дневная; **Б** – белая; **Ц** – с улучшенной цветопередачей; **Е** – естественная; **ТБЦЦ** – теплобелая с очень хорошей цветопередачей; **Т** – с трёхкомпонентной смесью люминофоров, имеющей узкополостный спектр излучения; **Р** – рефлекторная; **К** – красная; **Г** – голубая; **Ж** – жёлтая; **З** – зелёная; **ХБ** - холодно белая; **Э** – экологическая; **М** – модернизированная.; 10, 15, 18, 20, 30, 36, 40, 65, 80 – номинальная мощность в Вт; 1, 2, 3, 4, 7 – отличительная особенность ламп от базовой модели.

Чтобы вызвать свечение в лампе, необходимо иметь разряд между электродами. Для этого электроды должны быть предварительно нагреты.

Чтобы нагреть электроды и установить дуговой разряд, служит специальное устройство - стартёр, который включается на короткое время последовательно в цепь электродов. Последовательно с лампой включается также дроссель в качестве балластного сопротивления, предназначенный для ограничения рабочего тока в лампе и поддержания устойчивого дугового разряда при включении лампы.

Стартёр (рис. 6.2) представляет собой миниатюрную газоразрядную лампу 1 с биметаллическими электродами 2, заполненную смесью 60 % аргона, 28,8 % неона и 11,2 % гелия.



1- колба; 2 – биметаллические электроды; 3 – корпус; 4 – контактные электроды; 5 – конденсатор

Рисунок 6.2 - Устройство стартера тлеющего разряда

Стеклянная колба лампы стартера помещена в металлический корпус цилиндрической формы 3. Присоединение стартера к схеме осуществляется контактными электродами 4. Параллельно электродам включен конденсатор 5, служащий для гашения дуги при размыкании электродов стартера.

Зажигается лампа следующим образом. Сначала на схему (рис. 6.3) подаётся сетевое напряжение U_c . Этого напряжения недостаточно для зажигания разряда в лампе, так как $U_3 > U_c$, но достаточно для зажигания стартера, так как $U_{3.ст.} < U_c$. В конце разогрева электродов стартера они замыкаются (где $U_3, U_{3.ст.}$ - напряжения зажигания лампы и стартера). В цепи схемы протекает ток несколько выше номинального: $I_3 \approx 1,2 I_n$. Напряжение $U_{л.} = U_{ст.} = 0, U_6 \approx U_c$ (где $U_{л.}, U_{ст.}, U_6$ - напряжения на лампе, на стартере и на балластном сопротивлении - дросселе). Электроды лампы разогреваются, выбрасывая потоки свободных электронов из оксидного слоя. Протекающий по индуктивному балласту ток образует магнитное поле. В это время электроды стартера остывают и размыкаются. Ток в схеме $I \approx 0$. Напряжение на лампе $U_{л.} = U_c + E$. (где E - э.д.с. самоиндукции балласта, которая в зависимости от момента размыкания стартера может быть различна по знаку и амплитуде).

Если $U_c + E \geq U_3$, то лампа зажигается, если меньше, то процесс зажигания повторяется.

Напряжение зажигания лампы U_3 зависит от разных условий: температуры разогрева электродов, температуры, давления и состава атмосферы лампы, наличия генераторов электромагнитных волн вблизи лампы (сварка, радиостанция и т.д.). Даже солнечная активность влияет на это напряжение. Снизить U_3 можно повышением напряжённости поля в лампе путём приклеивания к внешней стороне колбы, вдоль неё, заземлённой металлической полоски.

Люминесцентная лампа может быть включена в электрическую сеть только с помощью пускорегулирующей аппаратуры (ПРА), совокупностью всех элементов схемы включения лампы, обеспечивающих зажигание и нормальную работу её. Обычно в качестве балластного сопротивления в люминесцентных лампах применяют индуктивные сопротивления (дроссели). Наличие дросселя в цепи создаёт очень низкий коэффициент мощности, равный 0,5; 0,6. Если не принять специальных мер для повышения коэффициента мощности, то ток в сети возрастает почти вдвое, а это потребует увеличения сечения проводов, размеров защитных и коммутационных аппаратов, а в отдельных случаях и мощности трансформаторов на подстанциях.

Согласно ПУЭ запрещается применение люминесцентных ламп, не укомплектованных индивидуальными устройствами для повышения коэффициента мощности, величина которого должна быть не ниже 0,95. Для повышения $\cos \varphi$ в схемах включения применяются компенсирующие ёмкости (2-4 мкФ) и специальные схемы включения. Наша промышленность выпускает специальные компенсирующие пускорегулирующие аппараты.

Условное обозначение ПРА:

$X_1 X_2 X_3 X_4 - X_5 / X_6 - X_7 X_8 X_9$

X_1 - цифра, указывающая, какое количество ламп включается с ПРА.

X_2X_3 - буквы УБ – стартерный аппарат; АБ – бесстартерный аппарат .

X_4 - буква, характеризующая сдвиг потребляемого аппаратом тока (И – индуктивный; К – компенсирующий).

X_5 - мощность лампы;

X_6 - напряжение сети;

$X_7X_8X_9$ - буквы (А – антистробоскопический; Н – независимый; В – встроенный ; П – с пониженным уровнем шума).

При питании газоразрядной лампы переменным током в каждый полупериод разряд зажигается и снова гаснет, в результате получается пульсация светового потока.

Освещение движущихся предметов пульсирующим световым потоком приводит к так называемому стробоскопическому эффекту, который выражается в искажённом представлении об истинном состоянии движения. Так, в отдельных случаях движущийся предмет кажется неподвижным, в других – движущимся в противоположном направлении.

Пульсация светового потока вредна и в тех случаях, когда мы её не замечаем. Поэтому всегда следует ограничивать её. Простейшей мерой уменьшения глубины пульсации светового потока является включение ламп в разные фазы 3-фазной системы.

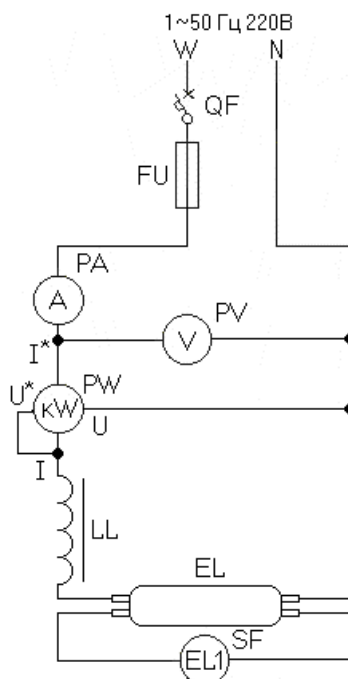


Рисунок 6.3 - Схема включения люминесцентной лампы

Люминесцентные лампы обладают рядом преимуществ по сравнению с лампами накаливания: у них более высокая световая отдача, меньшая яркость, больший срок службы и более благоприятный спектральный состав излучения.

Однако люминесцентные лампы обладают и рядом недостатков: они менее надёжны в работе, у них более сложная схема включения, в них наблюдается стробоскопический эффект, вызываемый пульсацией светового потока, кроме того, для каждой лампы необходимо приспособление для зажигания и добавочное сопротивление – дроссель.

Методические указания

Экспериментальная установка (рис. 6.3) содержит автоматический выключатель QF, предохранитель FU, киловаттметр PW, амперметр PA, вольтметр PV, люминесцентную лампу EL, стартер SF, в качестве балластного сопротивления применяется пускорегулирующий аппарат LL .

Для определения $\cos \varphi$ люминесцентной лампы нужно измерить ток, напряжение и мощность одной фазы, к которой она подключена.

Коэффициент мощности определяется по формуле:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}; \quad (6.1)$$

где P – активная мощность, Вт ;

S - полная мощность, ВА .

$$S = U \cdot I; \quad (6.2)$$

где U – напряжение сети, В ;

I - ток, протекающий в сети, А.

Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую схему (рис.6.3).

2. Включить автоматический выключатель QF, подождать когда включится люминесцентная лампа EL, измерить ток по амперметру PA, напряжение по вольтметру PV и мощность по киловаттметру PW. Показания приборов занести в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 - Опытные данные для определения $\cos \varphi$

I, А	U, В	P, Вт	S, ВА	$\cos \varphi$

Контрольные вопросы

1. Объяснить устройство люминесцентной лампы.
2. Объяснить условное обозначение люминесцентных ламп и в частности лампы EL (рис. 6.3).
3. Объяснить принцип действия люминесцентной лампы.
4. Объяснить устройство стартера и для чего он служит?
5. Объяснить как зажигается люминесцентная лампа?

6. Как может быть включена в сеть люминесцентная лампа?
7. Наличие какого аппарата создаёт в цепи низкий $\cos \varphi$?
8. Что нужно предпринять в схемах включения EL для повышения $\cos \varphi$?
9. Объяснить условное обозначение ПРА и в частности ПРА (рис. 6.3).
10. Объяснить, что из себя представляет стробоскопический эффект?
11. Перечислить преимущества и недостатки люминесцентных ламп по сравнению с лампами накаливания.

Лабораторная работа № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОКАЛОРИФЕРНЫМИ УСТАНОВКАМИ

Цель работы: Изучить устройство, электрическую схему, назначение и применение электрокалориферной установки СФОА-25/0,4.

Программа работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места (рис.7.3), изучить электрическую схему управления лабораторной электрокалориферной установкой (рис.7.4).
2. Собрать электрическую схему управления электрокалориферной установкой и опробовать её (рис.7.4).
3. Изучить конструкцию электрокалориферной установки СФОА-25/0,4 (рис.7.1).
4. Изучить работу принципиальной электрической схемы управления электрокалориферной установкой СФОА-25/0,4 (рис.7.2).

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Электрокалориферные установки применяются в сельскохозяйственном производстве для сушки материалов, нагрева воздуха в технологических процессах и обогрева производственных помещений.

Нагревательные элементы электрических калориферов бывают различного конструктивного исполнения: открытые проволочные спирали (или зигзаг), трубчатые электронагреватели и проволочные биспиральные элементы. В качестве основного материала в нагревательном элементе используют металлические жаропрочные сплавы с большим активным сопротивлением : нихром, фехраль и др.

Температура нагрева нагревательных элементов с открытой проволочной спиралью, как правило, бывает более 400°C , поэтому

поверхность провода интенсивно окисляется и срок его службы сокращается. Более совершенными элементами являются закрытые трубчатые электронагреватели (ТЭНы). Однако, как и у открытых проволочных спиралей, у трубчатых нагревателей низкий коэффициент теплоотдачи поверхности и ограниченный срок службы. Для повышения коэффициента теплоотдачи и снижения температуры нагревательного провода выпускаются оребренные трубчатые нагреватели с развитой поверхностью нагрева.

Большой интерес представляют нагреватели в виде проволочных биспиральных элементов, нагревательный элемент которых, представляет собой стальную проволочную спираль, намотанную на изоляционный стержень по винтовой линии и прочно притянутую к нему двумя нихромовыми проводами, проходящими внутри спирали.

При работе этих нагревателей основную нагрузку (80 – 92 %) воспринимают стягивающие нихромовые провода, а стальная спираль, несущая меньшую часть нагрузки, служит для увеличения поверхности нагрева. Применение биспиральных проволочных элементов позволяет снизить температуру нагрева нихромового провода до 120 – 150 °С и уменьшить его расход в 3- 3,5 раза при передаче той же тепловой нагрузки, что и в нагревателях, выполненных полностью из нихрома.

На животноводческих и птицеводческих фермах распространены электрокалориферные установки типа СФОА (рис.7.1), предназначенные для работы в помещениях, содержащих агрессивные газы и повышенную влажность. В комплект установки входят электрокалорифер и центробежный вентилятор.

Подогрев воздуха производится оребренными трубчатыми нагревателями, разбитыми на отдельные трёхфазные группы (секции), соединённые « в звезду». Включением секций осуществляется ступенчатое регулирование мощности в пределах 100; 66,7 и 33,5 % от установленной мощности. Производительность по воздуху регулируют шиберной заслонкой, расположенной на выходном патрубке вентилятора.

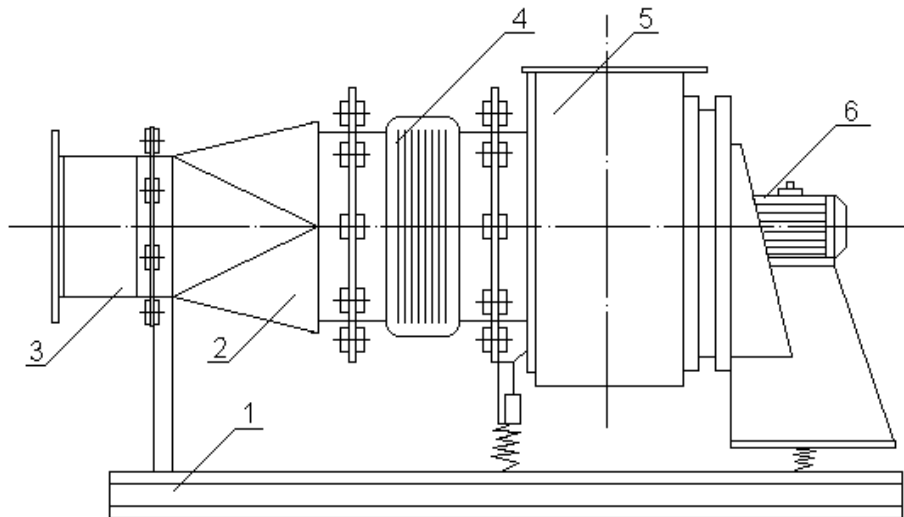
Для снижения вибрации вентилятор сочленён с калорифером с помощью мягкой вставки и установлен на виброизоляторах. Технические данные электрокалориферной установки приведены в таблице 7.1.

СФОА-25/0,4 рассчитана на питание от сети трёхфазного переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 380/220 В. Максимальная температура выходного воздуха 50 °С, максимальная допустимая температура на поверхности оребрения ТЭНов 180 °С.

Таблица 8.1 - Технические данные электрокалориферной установки СФОА-25/0,4 5ТЦ-М2/1

Показатели	Величина
Номинальная мощность, кВт	23,3

в том числе электрокалорифера	22,5
Число нагревательных секций	3
Подача вентилятора (максимальная), м ³ /ч	2400
Перепад температуры нагреваемого воздуха, соответствующий максимальной подаче вентилятора, °С	26
Масса, кг	200



1- рама; 2- переходный патрубок; 3- электрокалорифер; 4- мягкая вставка; 5 - вентилятор; 6- электродвигатель

Рисунок 7.1 - Электрокалориферная установка СФОА–25/0,4

Электрокалориферные установки постоянно готовы к действию, не требуют постоянного ухода, достаточно надёжны, легко автоматизируются.

Электрическая схема калориферной установки СФОА-25/0,4 (рис. 7.2) предусматривает автоматический и ручной режимы работы.

В автоматическом режиме универсальный переключатель SA1 устанавливаем в положение « 3 ». Получают питание катушки магнитных пускателей KM1, KM2, KM3 и включаются все три секции нагревательных элементов калорифера, о чём сигнализируют сигнальные лампы HL2, HL3, HL4.

Когда температура воздуха в отапливаемом помещении выше установленной, срабатывает температурный регулятор SK2, размыкает свой контакт в цепи катушки магнитного пускателя KM1, который отключает одну секцию (15 кВт) калорифера.

Если температура продолжает увеличиваться, регулятор температуры SK3 размыкает свой контакт в цепи катушки магнитного пускателя KM2, который прекращает работу второй секции.

Отключение последней секции (теряет питание магнитный пускатель KM3) происходит при размыкании контакта SK1 температурного

регулятора SK1, который разомкнётся если температура обребнения нагревателей превысит 180 °С. При снижении температуры воздуха ниже заданной секции включаются в обратном порядке. Включение нагревателей возможно лишь при работающем вентиляторе (после замыкания блок-контакта QF2 автоматического выключателя двигателя вентилятора М , о чём сигнализирует лампа HL5). Сигнальная лампа HL_р указывает на наличие напряжения на схеме управления. KV- промежуточное реле.

В ручном режиме переключатель SA1 устанавливаем в положение « 1 », а работой нагревательных секций электрокалорифера управляют при помощи универсального переключателя SA2: в положении «1» все секции отключены, в положении «2» получает питание катушка магнитного пускателя KM3 – подключаются нагреватели EK3 ; в положении « 3 » получают питание катушки KM3 и KM2, подключая EK2 и EK3; в положении «4» получают питание все три катушки магнитных пускателей KM1, KM2, KM3, тем самым подключая все три секции нагревателей (EK1, EK2, EK3) к сети.

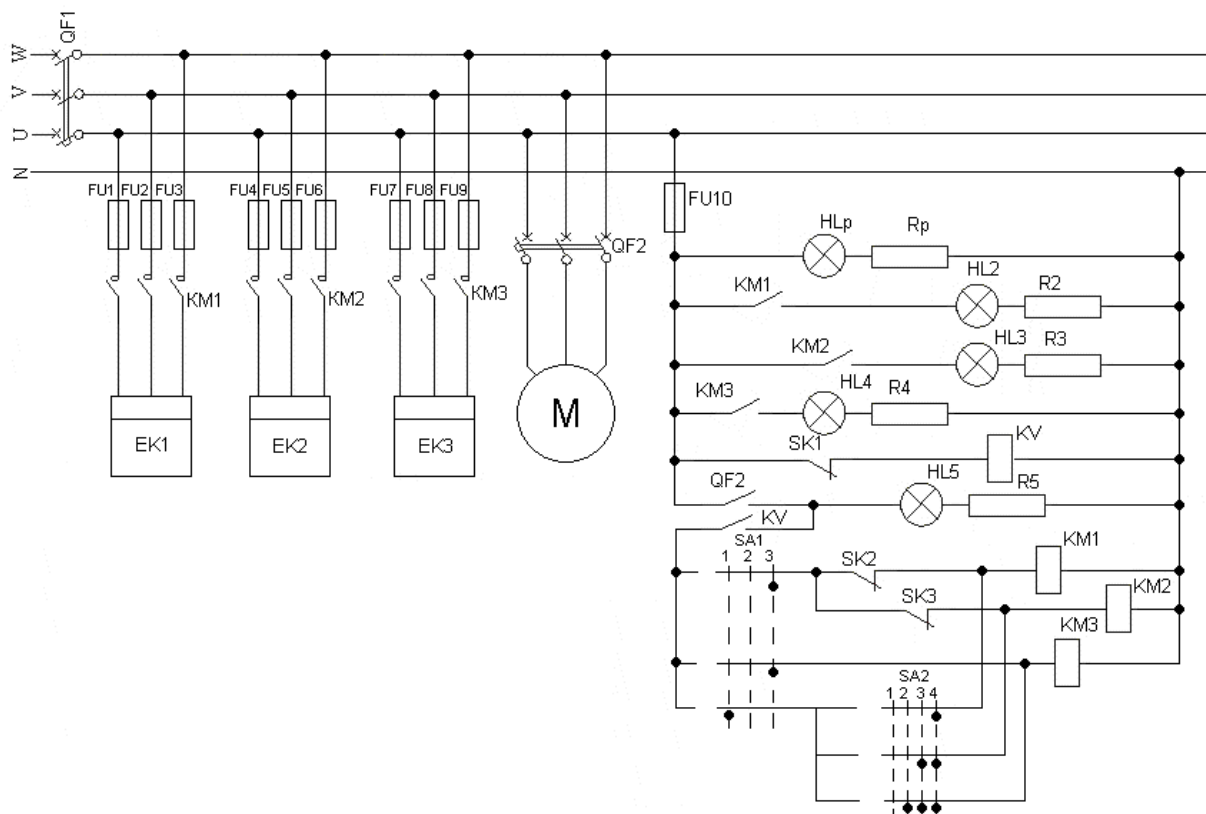


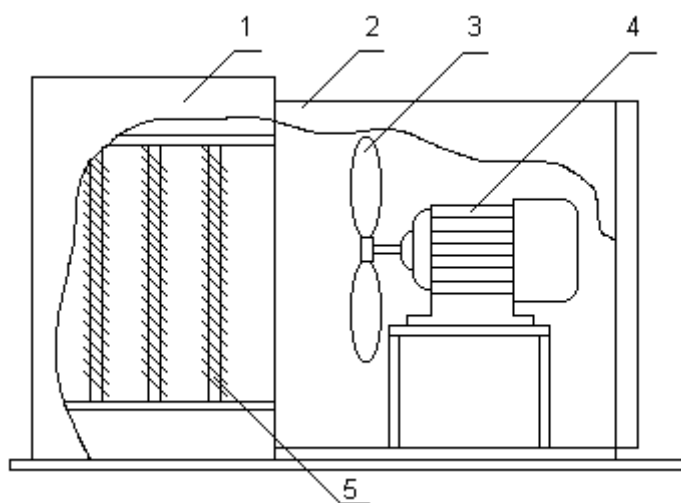
Рисунок 7.2 - Электрическая схема электрокалориферной установки СФОА – 25/0,4

Предохранители FU1 – FU9 защищают секции нагревателей EK1, EK2, EK3 от токов короткого замыкания. Предохранитель FU10 защищает схему управления от токов короткого замыкания.

Автоматический выключатель QF2 с комбинированным расцепителем защищает электродвигатель М от токов короткого замыкания и от перегрузок.

Методические указания

Экспериментальная установка (рис. 7.4), технологическая схема которой представлена на рис. 7.3, содержит асинхронный электродвигатель с к.з. ротором М, трёхфазный нагревательный элемент ЕК соединённый в «звезду», автоматический выключатель QF, предохранители FU1, FU2, FU3, кнопочные посты SB1 – SB2, SB3 – SB4, магнитные пускатели KM1 и KM2.



1 – электрокалорифер; 2 – кожух; 3 – вентилятор; 4 – электродвигатель; 5 – нагревательный элемент.

Рисунок 7.3 - Калориферная установка

При подключении электрокалориферной установки к сети сначала должен включаться электродвигатель вентилятора М и только потом к сети подключаются нагревательные элементы ЕК.

Такое подключение предотвращает перегрев нагревательных элементов.

В электрической схеме (рис.8.4) предусмотрена блокировка последовательности включения (контакт KM1 в цепи катушки магнитного пускателя KM2).

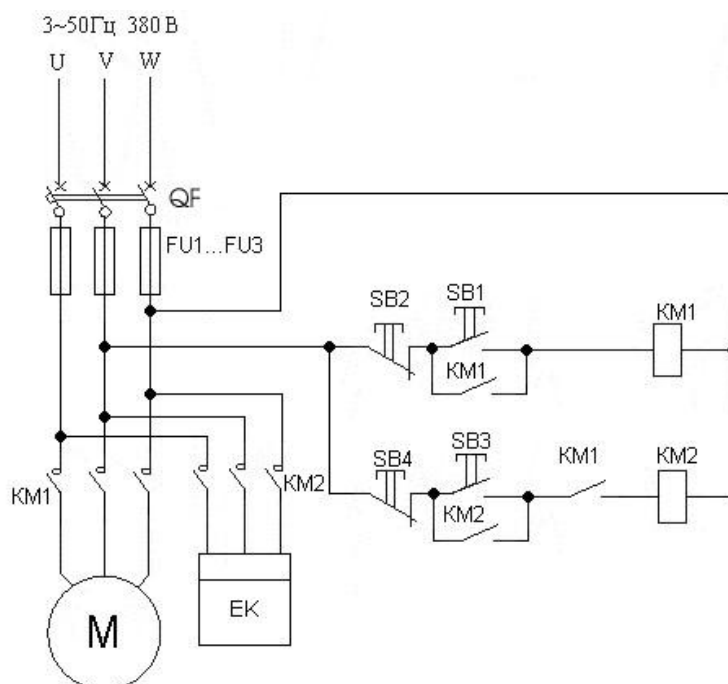


Рисунок 7.4 - Электрическая схема управления калориферной установкой

Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую схему (рис.7.4) подключения калориферной установки, опробовать её, убедиться, что выполняется последовательность включения: сначала М, затем ЕК.

Контрольные вопросы

1. Где применяются электрокалориферные установки?
2. Какие нагревательные элементы применяются в электрокалориферных установках? Охарактеризуйте эти нагревательные элементы.
3. Что из себя представляет электрокалориферная установка типа СФОА-25/0,4?
4. Поясните принцип действия СФОА-25/0,4 по принципиальной электрической схеме управления (рис. 7.2).

Некоторые часто встречающиеся числа

$\pi = 3,141593$	$4\pi = 12,56637$	$\frac{2}{\pi} = 0,63662$
$\pi^2 = 9,86960$	$\sqrt{\pi} = 1,77245$	$e = 2,718282$
$\sqrt{2} = 1,41421$	$\sqrt{3} = 1,73205$	$1^\circ = 0,017453$

Приставки к обозначениям единиц

Тера (Т)	10^{12}	Санتي (с)	10^{-2}
Гига (Г)	10^9	Милли (м)	10^{-3}
Мега (М)	10^6	Микро (мк)	10^{-6}
Кило (к)	10^3	Нано (н)	10^{-9}
Деци (д)	10^{-1}	Пико (п)	10^{-12}

Единицы физических величин ГОСТ 8.417 – 81

Наименование величины	Наименование	Обозначение	Выражение через единицы СИ
1	2	3	4
Длина	метр	м	м
Масса	килограмм	кг	кг
Время	секунда	с	с
Сила электрического тока	ампер	А	А
Термодинамическая температура	кельвин	К	К
Температура	градус Цельсия	°С	°С = К
Количество вещества	моль	моль	моль
Сила света	кандела	кд	кд
Плоский угол	радиан	рад	рад
Телесный угол	стерадиан	ср	ср
Площадь	квадратный метр	м ²	м ²
Объём	кубический метр	м ³	м ³
Скорость	метр в секунду	м/с	м/с

1	2	3	4
Угловая скорость	радиан в секунду	рад/с	рад/с
Ускорение	метр на секунду в квадрате	м/с ²	м/с ²
Угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	рад/с ²	рад/с ²
Плотность	килограмм на кубический метр	кг/м ³	кг/м ³
Удельный объём	кубический метр на килограмм	м ³ /кг	м ³ /кг
Плотность электрического тока	ампер на квадратный метр	А/м ²	А/м ²
Напряжённость магнитного поля	ампер на метр	А/м	А/м
Яркость	кандела на квадратный метр	кд/м ²	кд/м ²
Частота	герц	Гц	с ⁻¹
Сила, вес	ньютон	Н	м*кг*с ⁻² =Дж*м ⁻¹
Давление	паскаль	Па	м ⁻¹ *кг*с ⁻²
Энергия, работа	джоуль	Дж	м ² *кг*с ⁻²
Мощность	ватт	Вт	м ² *кг*с ⁻³ =Дж*с ⁻¹
Количество электричества	кулон	Кл	с*А
Электрическое напряжение	вольт	В	м ² кг*с ⁻³ А ⁻¹
Электрическая ёмкость	фарад	Ф	м ⁻² *кг ⁻¹ с ⁴ А ²
Электрическое сопротивление	ом	Ом	м ² *кг*с ⁻³ А ⁻²
Электрическая проводимость	сименс	См	м ⁻² *кг ⁻¹ *с ³ А ²
Магнитный поток	вебер	Вб	м ² *кг*с ⁻² А ⁻¹
Магнитная индукция	тесла	Тл	кг*с ⁻² А ⁻¹
Индуктивность	генри	Гн	м ² *кг*с ⁻² *А ⁻²
Световой поток	люмен	лм	кд*ср
Освещённость	люкс	лк	м ⁻² *кд*ср
Момент силы	ньютон-метр	Н*м	м ² *кг*с ⁻²

Продолжение приложения 3

1	2	3	4
Поверхностное натяжение	ньютон на метр	Н/м	$\text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Динамическая вязкость	паскаль-секунда	Па*с	$\text{м}^{-1} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$
Напряжённость электрического поля	вольт на метр	В/м	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-1}$
Абсолютная диэлектрическая проницаемость	фарад на метр	Ф/м	$\text{м}^{-3} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^4 \cdot \text{А}^2$
Абсолютная магнитная проницаемость	генри на метр	Гн/м	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-2}$
Удельная энергия	джоуль на килограмм	Дж/кг	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$
Теплоёмкость	джоуль на кельвин	Дж/К	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$
Удельная теплоёмкость	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг*К)	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$
Поверхностная плотность потока энергии	ватт на квадратный метр	Вт/м ²	$\text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$
Теплопроводность	ватт на метр-кельвин	Вт/(м*К)	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-1}$
Энергетическая сила света	ватт настерадиан	Вт/ср	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{ср}^{-1}$

Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

1	2	3	4
Масса	тонна	т	10^3 кг
Время	минута	мин	60 с
	час	ч	3600 с
	сутки	сут	86400 с
Объём	литр	л	10^{-3} м^3

Продолжение приложения 3

1	2	3	4
Плоский угол	градус	...°	$(\pi/180)$ рад = $=1,7453 \cdot 10^{-2}$ рад
	минута	...'	$(\pi/10800)$ рад = $=2,9088 \cdot 10^{-4}$ рад
	секунда	...''	$(\pi/6480)$ рад = $=4,8481 \cdot 10^{-6}$ рад
Оптическая сила	диоптрия	дптр	1 м^{-1}
Площадь	гектар	га	$10^4 \cdot \text{м}^2$
Полная мощность	вольт-ампер	В*А	
Реактивная мощность	вар	вар	
Длина	морская миля	миля	1852 м
Масса	карат	кар	$2 \cdot 10^{-4}$ кг
	центнер	ц	100 кг
Скорость	узел	уз	0,514 м/с
Частота вращения	оборот в секунду	об/с	$1 \cdot \text{с}^{-1}$
	оборот в минуту	об/мин	$1/60 \text{ с}^{-1} =$ $=0,016 \text{ с}^{-1}$
Давление	миллиметр водяного столба	мм вод. ст.	9,80665 Па
	миллиметр ртутного столба	мм рт. ст.	133,322 Па
	атмосфера	ат.	$9,81 \cdot 10^4$ Па
Мощность	лошадиная сила	л.с.	735,499 Вт
Угол поворота	оборот	об	2π рад = 6,28 рад
Момент инерции (динамический момент инерции)	килограмм - квадратный метр	$\text{кг} \cdot \text{м}^2$	$\text{кг} \cdot \text{м}^2$
Яркость	нит	нт	$1 \text{ кд}/\text{м}^2$
Плотность	килограмм на кубический метр	$\text{кг}/\text{м}^3$	$\text{кг}/\text{м}^3$
Магнитодвижущая сила	ампервиток	ав	1 А

Основные технические данные электродвигателей серии АИР основного исполнения.

№	Тип электродвигателя	Мощность P_H , кВт	Частота вращения n_H , об/мин	Ток статора I_H , А	КПД η_H , %	$\cos \varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Параметры схемы замещения, о.е		Момент инерции ротора, кг*м ²	Масса, кг
										R_1	R_2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Синхронная частота вращения 3000 об/мин.													
1	АИР50А2	0,09	2655	0,30	60,0	0,75	4,5	2,2	2,2	0,15	0,14	0,000025	2,5
2	АИР50В2	0,12	2655	0,39	63,0	0,75	5,0	2,2	2,2	0,11	0,12	0,000028	2,8
3	АИР56А2	0,18	2730	0,52	68,0	0,78	5,0	2,2	2,2	0,17	0,094	0,00042	3,4
4	АИР56В2	0,25	2730	0,70	69,0	0,79	5,0	2,2	2,2	0,16	0,11	0,00047	3,9
5	АИР63А2	0,37	2730	0,91	72,0	0,86	5,0	2,2	2,2	0,14	0,096	0,00075	4,7
6	АИР63В2	0,55	2730	1,31	75,0	0,85	5,0	2,2	2,2	0,13	0,096	0,00095	5,5
7	АИР71А2	0,75	2820	1,75	79,0	0,80	6,0	2,6	2,7	0,12	0,064	0,00095	8,6
8	АИР71В2	1,1	2805	2,55	79,5	0,80	6,0	2,2	2,4	0,13	0,069	0,0011	9,3
9	АИР80А2	1,5	2850	3,3	81,0	0,85	6,5	2,2	2,6	0,084	0,049	0,0018	12,4
10	АИР80В2	2,2	2850	4,6	83,0	0,87	6,4	2,1	2,6	0,076	0,049	0,0021	15,0
11	АИР90L2	3,0	2850	6,1	84,5	0,88	7,0	2,0	2,2	0,072	0,047	0,0035	19,0
12	АИР100S2	4,0	2850	7,9	87,0	0,88	7,5	2,0	2,4	0,054	0,036	0,0055	25,5
13	АИР100L2	5,5	2850	10,7	88,0	0,89	7,5	2,1	2,4	0,050	0,036	0,0070	31,0
14	АИР112M2	7,5	2895	14,7	88,0	0,88	7,5	2,0	2,2	0,046	0,048	0,010	49,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	АИР132М2	11,0	2910	21,1	88,0	0,90	7,5	1,6	2,2	0,040	0,025	0,023	77,5
16	АИР160S2	15,0	2910	28,5	90,0	0,89	7,0	1,8	2,7	0,052	0,022	0,043	100
17	АИР160М2	18,5	2910	34,5	90,5	0,90	7,0	2,0	2,7	0,019	0,022	0,048	110
18	АИР180S2	22,0	2920	41,5	90,5	0,89	7,0	2,0	2,7	0,030	0,020	0,063	160
19	АИР180М2	30,0	2925	55,4	91,5	0,90	7,5	2,2	3,0	0,030	0,018	0,076	180
20	АИР200М2	37,0	2940	71,0	91,0	0,87	7,0	1,6	2,8	0,029	0,021	0,12	220
21	АИР200L2	45,0	2940	84,5	92,0	0,88	7,5	1,8	2,8	0,027	0,020	0,13	240
22	АИР225М2	55,0	2940	99,3	92,5	0,91	7,5	1,8	2,6	0,026	0,019	0,20	320
23	АИР250S2	75,0	2940	134,6	93,0	0,91	7,5	1,8	3,0	0,021	0,015	0,47	425
24	АИР250М2	90,0	2940	160,0	93,0	0,92	7,5	1,8	3,0	0,016	0,016	0,52	455
Синхронная частота вращения 1500 об/мин.													
25	АИР50А4	0,06	1335	0,27	53,0	0,63	4,5	2,3	2,2	0,16	0,22	0,000032	2,6
26	АИР50В4	0,09	1335	0,37	57,0	0,65	4,5	2,3	2,2	0,13	0,21	0,000038	3,0
27	АИР56А4	0,12	1350	0,44	63,0	0,66	5,0	2,3	2,2	0,18	0,15	0,000070	3,4
28	АИР56В4	0,18	1350	0,63	64,0	0,68	5,0	2,3	2,2	0,18	0,16	0,00081	3,9
29	АИР63А4	0,25	1320	0,83	68,0	0,67	5,0	2,3	2,2	0,15	0,14	0,0012	4,7
30	АИР63В4	0,37	1320	1,18	68,0	0,70	5,0	2,3	2,2	0,17	0,14	0,0015	5,6
31	АИР71А4	0,55	1350	1,61	75,0	0,73	5,0	2,3	2,4	0,13	0,11	0,0013	8,3
32	АИР71В4	0,75	1350	1,90	75,0	0,80	5,0	2,5	2,6	0,11	0,11	0,0015	9,4
33	АИР80А4	1,1	1395	2,75	76,5	0,77	5,0	2,2	2,4	0,12	0,068	0,0034	11,9
34	АИР80В4	1,5	1395	3,52	78,5	0,80	5,3	2,2	2,4	0,12	0,061	0,0035	13,5
35	АИР90L4	2,2	1395	4,98	81,0	0,81	6,5	2,2	2,4	0,098	0,060	0,0056	18,6
36	АИР100S4	3,0	1410	6,70	82,0	0,82	7,0	2,0	2,2	0,078	0,053	0,0085	23,0
37	АИР100L4	4,0	1410	8,52	85,0	0,84	6,0	2,1	2,4	0,067	0,053	0,011	28,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
38	АИР112М4	5,5	1430	11,3	86,0	0,86	6,0	2,0	2,5	0,054	0,041	0,016	49,0
39	АИР132S4	7,5	1440	15,1	87,5	0,86	7,5	2,0	2,5	0,048	0,033	0,027	70,0
40	АИР132М4	11,0	1450	22,2	88,5	0,85	7,5	2,2	3,1	0,043	0,042	0,048	83,5
41	АИР160S4	15,0	1455	28,5	90,0	0,89	7,0	1,9	2,9	0,047	0,025	0,080	100
42	АИР160М4	18,5	1455	34,9	90,5	0,89	7,0	1,9	2,9	0,012	0,024	0,10	145
43	АИР180S4	22,0	1465	42,5	90,5	0,87	7,0	1,7	2,7	0,041	0,021	0,16	170
44	АИР180М4	30,0	1470	57,0	92,0	0,87	7,0	1,7	2,7	0,034	0,018	0,20	190
45	АИР200М4	37,0	1470	68,3	92,5	0,89	7,5	1,7	2,7	0,039	0,018	0,27	245
46	АИР200L4	45,0	1470	83,1	92,5	0,89	7,5	1,7	2,7	0,034	0,017	0,32	270
47	АИР225М4	55,0	1470	101	93,0	0,89	7,0	1,7	2,6	0,027	0,015	0,50	335
48	АИР250S4	75,0	1480	137,8	94,0	0,88	7,5	1,7	2,5	0,025	0,014	1,0	450
49	АИР250М4	90,0	1480	163,0	94,0	0,89	7,5	1,5	2,5	0,024	0,014	1,2	480
50	АИР280S4	110	1470	196	94,0	0,91	6,5	1,6	2,2	0,023	0,019	2,1	695
51	АИР280М4	132	1470	230	94,5	0,93	6,5	1,6	2,4	0,021	0,018	2,4	760
52	АИР315S4	160	1470	286	94,5	0,91	5,5	1,4	2,0	0,018	0,017	3,0	875
53	АИР315М4	200	1470	352	95,0	0,92	5,5	1,6	2,2	0,014	0,014	3,5	1000
54	АИР355S4	250	1470	437	94,5	0,92	7,0	1,5	2,3	0,013	0,013	6,0	1260
55	АИР355М4	315	1470	544	94,7	0,93	7,0	1,6	3,0	0,012	0,014	7,0	1460

Синхронная частота вращения 1000 об/мин.

56	АИР63А6	0,18	860	0,79	56,0	0,62	4,0	2,0	2,2	0,24	0,22	0,0019	4,55
57	АИР63В6	0,25	860	1,04	59,0	0,62	4,0	2,0	2,2	0,18	0,21	0,0023	5,40
58	АИР71А6	0,37	915	1,31	66,0	0,63	4,5	2,1	2,3	0,17	0,15	0,0019	8,1
59	АИР71В6	0,55	915	1,74	69,0	0,68	4,5	1,9	2,2	0,16	0,15	0,0022	9,7
60	АИР80А6	0,75	920	2,26	71,0	0,71	4,0	2,1	2,2	0,16	0,12	0,0033	12,3
61	АИР80В6	1,1	920	3,05	75,0	0,74	4,5	2,2	2,3	0,12	0,11	0,0048	15,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----

62	АИР90L6	1,5	925	4,16	76,0	0,72	6,0	2,0	2,2	0,11	0,088	0,0073	19,0
63	АИР100L6	2,2	945	5,58	81,5	0,74	6,0	1,9	2,2	0,09	0,067	0,013	26,5
64	АИР112МА6	3,0	950	7,4	81,5	0,76	6,0	2,0	2,2	0,085	0,063	0,017	43,0
65	АИР112МВ6	4,0	950	9,1	82,5	0,81	6,0	2,0	2,2	0,077	0,062	0,021	48,0
66	АИР132S6	5,5	960	12,3	85,0	0,80	7,0	2,0	2,2	0,067	0,041	0,038	68,5
67	АИР132М6	7,5	960	16,5	85,5	0,81	7,0	2,0	2,2	0,060	0,040	0,055	81,5
68	АИР160S6	11,0	970	22,9	88,0	0,83	6,5	2,0	2,7	0,073	0,030	0,12	125
69	АИР160М6	15,0	970	30,5	88,0	0,85	6,5	2,0	2,7	0,062	0,028	0,15	155
70	АИР180М6	18,5	980	36,9	89,5	0,85	6,5	1,8	2,4	0,056	0,026	0,24	180
71	АИР200М6	22,0	980	44,8	90,0	0,83	6,5	1,6	2,4	0,050	0,024	0,41	225
72	АИР200L6	30,0	975	59,6	90,0	0,85	6,5	1,6	2,4	0,046	0,022	0,46	250
73	АИР225М6	37,0	980	72,7	91,0	0,85	6,5	1,5	2,3	0,042	0,019	0,64	305
74	АИР250S6	45,0	980	87,0	92,5	0,85	6,5	1,5	2,3	0,037	0,015	1,1	390
75	АИР250М6	55,0	980	105	92,59	0,86	6,5	1,5	2,3	0,034	0,014	1,2	430
76	АИР280S6	75,0	980	137	93,0	0,90	6,5	1,3	2,2	0,032	0,021	2,8	645
77	АИР280М6	90,0	980	164	93,5	0,90	6,5	1,4	2,4	0,030	0,019	3,3	700
78	АИР315S6	110	980	200	93,5	0,90	6,0	1,4	2,3	0,026	0,018	4,0	850
79	АИР315М6	132	980	239	94,0	0,90	6,5	1,4	2,3	0,023	0,018	4,5	990
80	АИР355S6	160	980	288	94,0	0,90	6,5	1,7	2,3	0,020	0,015	7,3	1130
81	АИР355М6	200	980	358	94,5	0,90	6,5	1,7	2,0	0,018	0,014	8,8	1280

Синхронная частота вращения 750 об/мин.


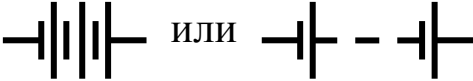
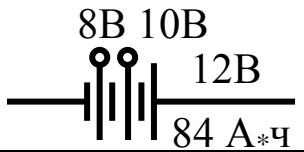
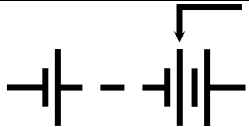
82	АИР71В8	0,25	690	1,04	61,0	0,60	4,0	1,8	1,9	0,22	0,23	0,0021	8,9
83	АИР80А8	0,37	700	1,53	63,5	0,59	3,5	2,0	2,3	0,19	0,16	0,0036	12,1
84	АИР80В8	0,55	700	2,07	65,0	0,60	3,5	2,0	2,1	0,17	0,15	0,0047	13,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
85	АИР90LA8	0,75	705	2,08	75,0	0,73	4,0	1,4	2,0	0,14	0,11	0,0075	18,5
86	АИР90LB8	1,1	700	3,02	77,0	0,72	3,5	1,4	2,0	0,13	0,11	0,0096	22,0
87	АИР100L8	1,5	705	3,95	76,0	0,75	3,7	1,6	2,0	0,11	0,093	0,012	23,5
88	АИР112МА8	2,2	710	6,16	76,5	0,71	6,0	1,8	2,2	0,093	0,083	0,017	43,5
89	АИР112МВ8	3,0	700	7,8	79,0	0,74	6,0	1,8	2,2	0,080	0,083	0,025	48,5
90	АИР132S8	4,0	720	10,5	83,0	0,70	6,0	1,8	2,2	0,068	0,058	0,042	68,5
91	АИР132М8	5,5	715	13,6	83,0	0,74	6,0	1,8	2,2	0,070	0,061	0,057	82,0
92	АИР160S8	7,5	730	17,5	87,0	0,75	5,5	1,6	2,4	0,075	0,032	0,12	125
93	АИР160М8	11,0	730	25,5	87,5	0,75	6,0	1,6	2,4	0,066	0,031	0,15	155
94	АИР180М8	15,0	730	31,3	89,0	0,82	5,5	1,6	2,2	0,064	0,030	0,25	180
95	АИР200М8	18,5	730	39,0	89,0	0,81	6,0	1,6	2,3	0,057	0,026	0,41	225
96	АИР200L8	22,0	730	45,9	90,0	0,81	6,0	1,6	2,3	0,062	0,029	0,46	250
97	АИР225М8	30,0	730	62,2	90,5	0,81	6,0	1,4	2,3	0,045	0,022	0,69	305
98	АИР250S8	37,0	735	77,9	92,5	0,78	6,0	1,5	2,3	0,047	0,017	1,2	400
99	АИР250М8	45,0	735	93,6	92,5	0,79	6,0	1,4	2,2	0,037	0,016	1,3	430
100	АИР280S8	55,0	730	106	92,5	0,86	6,0	1,3	2,2	0,035	0,022	3,2	650
101	АИР280М8	75,0	730	141	93,0	0,87	6,0	1,4	2,2	0,028	0,021	4,0	735
102	АИР315S8	90,0	740	173	93,5	0,85	6,0	1,2	2,2	0,023	0,019	4,6	875
103	АИР315М8	110	740	209	93,5	0,85	6,0	1,1	2,2	0,023	0,019	5,6	1010
104	АИР355S8	132	735	252	93,5	0,85	6,0	1,6	2,0	0,023	0,017	9,0	1170
105	АИР355М8	160	735	306	93,5	0,85	6,0	1,6	2,0	0,020	0,017	10,0	1270
Синхронная частота вращения 600 об/мин.													
106	АИР250S10	22,0	580	45,8	89,0	0,82	5,0	1,2	2,2	0,050	0,019	1,4	370
107	АИР250М10	30,0	580	61,7	89,0	0,83	5,5	1,2	2,2	0,056	0,023	1,6	410
108	АИР280S10	32,0	580	78,2	91,5	0,79	6,0	1,3	2,3	0,031	0,027	3,7	605





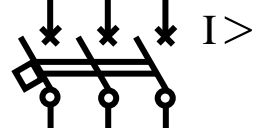
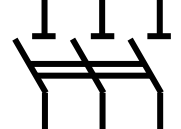
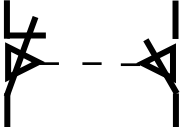
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
109	АИР280М10	45,0	580	94,8	92,0	0,79	6,0	1,4	2,1	0,037	0,031	4,0	660
110	АИР315S10	55,0	585	115	92,5	0,79	6,5	1,2	1,9	0,028	0,026	5,2	785
111	АИР315М10	75,0	585	155	92,5	0,80	6,0	1,2	1,9	0,029	0,027	6,0	865
112	АИР355S10	90,0	590	178	92,5	0,83	6,0	1,1	1,9	0,028	0,021	9,3	1080
113	АИР355М10	110,0	590	217	93,0	0,83	6,0	1,1	1,9	0,024	0,021	11	1190
Синхронная частота вращения 500 об/мин.													
114	АИР315S12	45,0	480	101	91,0	0,75	6,0	1,1	1,8	0,037	0,023	5,3	785
115	АИР315М12	55,0	480	123	91,5	0,75	6,0	1,1	1,8	0,033	0,032	6,2	865
116	АИР355S12	75,0	490	164	91,0	0,76	6,0	1,1	1,9	0,026	0,021	9,3	1080
117	АИР355М12	90,0	490	196	92,0	0,76	6,0	1,1	1,9	0,024	0,020	10,0	1190




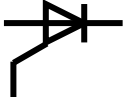

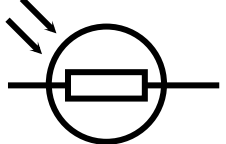
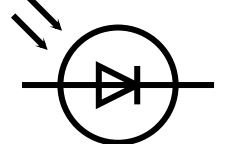
Примечание: Электродвигатели габаритов (50 ÷ 132) имеют класс нагревостойкости **В**;
Электродвигатели габаритов (160 ÷ 355) имеют класс нагревостойкости **F**.

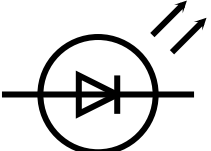
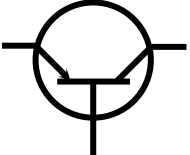
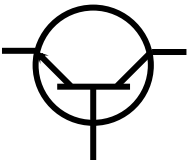
**ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ИХ УСЛОВНОЕ ГРАФИЧЕСКОЕ
ИЗОБРАЖЕНИЕ ПО ГОСТу**

Обозначение	Наименование	ГОСТ
3 ~ 50 Гц 220 В	Переменный ток, трехфазный, частотой 50 Гц, напряжением 220 В	ГОСТ 2.721–74
3N ~ 50 Гц 220/380 В	Переменный ток, трехфазный, четырехпроводная линия (три провода, нейтраль) частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В	ГОСТ 2.721–74
3NPE ~ 50 Гц 220/380 В	Переменный ток, трехфазный, пятипроводная линия (три провода фаз, нейтраль, один провод защитный с заземлением) частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В	ГОСТ 2.721–74
3PEN ~ 50 Гц 220/380 В	Переменный ток, трехфазный, четырехпроводная линия (три провода фаз, один провод защитный с заземлением, выполняющий функцию нейтрали) частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В	ГОСТ 2.721–74
	Гальванический элемент (первичный или вторичный) Примечание. Допускается знаки полярности не указывать	ГОСТ 2.768–90
	Батарея, состоящая из гальванических элементов	ГОСТ 2.768–90
	Батарея с отводами от элементов	ГОСТ 2.768–90
	Батарея, состоящая из гальванических элементов с переключаемым отводом	ГОСТ 2.768–90

Обозначение	Наименование	ГОСТ
	Контакт замыкающий	ГОСТ 2.755–87
	Контакт размыкающий	ГОСТ 2.755–87
	Контакт переключающий	ГОСТ 2.755–87
	Контакт переключающий, с нейтральным центральным положением	ГОСТ 2.755–87
	Контакт, чувствительный к температуре (термоконтакт)	
	1) замыкающий	ГОСТ 2.755–87
	2) размыкающий	ГОСТ 2.755–87
	Контакт замыкающий с замедлением, действующим:	
	или 1) при срабатывании	ГОСТ 2.755–87

Обозначение	Наименование	ГОСТ
	2) при возврате	ГОСТ 2.755–87
	3) при срабатывании и при возврате	ГОСТ 2.755–87
Контакт замыкающий выключателя		
	1) однополюсный	ГОСТ 2.755–87
	2) трехполюсный	ГОСТ 2.755–87
	Контакт замыкающий выключателя трехполюсного с автоматическим срабатыванием максимального тока	ГОСТ 2.755–87
	Разъединитель трехполюсный (рубильник)	ГОСТ 2.755–87
	Выключатель концевой с двумя отдельными цепями	ГОСТ 2.755–87
Выключатель кнопочный нажимной:		

Обозначение	Наименование	ГОСТ
	1) с замыкающим контактом	ГОСТ 2.755–74
	2) с размыкающим контактом	ГОСТ 2.755–74
	Диод	ГОСТ 2.730–73
	Тиристор триодный, запираемый в обратном направлении, с управлением:	
	1) по аноду	ГОСТ 2.730–73
	2) по катоду	ГОСТ 2.730–73
	Фоторезистор	ГОСТ 2.730–73
	Фотодиод	ГОСТ 2.730–73

Обозначение	Наименование	ГОСТ
	Светодиод	ГОСТ 2.730–73
	Транзистор: 1) типа PNP	ГОСТ 2.730–73
	2) типа NPN Примечание. Для упрощения на схемах допускается выполнять обозначения транзисторов в зеркальном изображении, проводить линию электрической связи от эмиттера или коллектора перпендикулярно или параллельно линии вывода базы	ГОСТ 2.730–73

БУКВЕННЫЕ КОДЫ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ВИДОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ГОСТу 2.710–81

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
<p>A</p> <p>B</p>	<p>Устройство (общее обозначение)</p> <p>Преобразователи неэлектрических величин (кроме генераторов и источников питания) или наоборот аналоговые или многозарядные преобразователи или датчики для указания или измерения</p>	<p>Громкоговоритель</p> <p>Магнитострикционный элемент</p> <p>Сельсин–датчик</p> <p>Детектор ионизирующих излучений</p> <p>Сельсин–приемник</p> <p>Телефон (капсюль)</p> <p>Тепловой датчик</p> <p>Фотоэлемент</p> <p>Микрофон</p> <p>Датчик давления</p> <p>Пьезоэлемент</p> <p>Датчик частоты вращения (тахогенератор)</p> <p>Звукосниматель</p> <p>Датчик скорости</p>	<p>BA</p> <p>BB</p> <p>BC</p> <p>BD</p> <p>BE</p> <p>BF</p> <p>BK</p> <p>BL</p> <p>BM</p> <p>BP</p> <p>BQ</p> <p>BR</p> <p>BS</p> <p>BV</p>
<p>C</p> <p>D</p>	<p>Конденсаторы</p> <p>Схемы интегральные, микросборки</p>	<p>Схема интегральная аналоговая</p> <p>Схема интегральная, цифровая, логический элемент</p> <p>Устройства хранения информации</p>	<p>DA</p> <p>DD</p> <p>DS</p>

		Устройство задержки	DT
E	Элементы разные	Нагревательный элемент Лампа осветительная Пиропатрон	EK EL ET
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия Дискретный элемент защиты по току инерционного действия Предохранитель плавкий Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	FA FP FU FV
G	Генераторы, источники питания	Батарея	GB
H	Устройства сигнальные	Прибор звуковой сигнализации Индикатор символьный Прибор световой сигнализации	HA HG HL
K	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое Реле указательное Реле электротепловое Контактор, магнитный пускатель Реле времени Реле напряжения	KA KH KK KM KT KV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
M	Двигатели		
P	Приборы, измерительное оборудование	Амперметр Счетчик импульсов	PA PC

Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание оборудования и т. д.)	Частотомер	PF
		Счетчик активной энергии	PI
R	Резисторы	Счетчик реактивной энергии	PK
		Омметр	PR
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Регистрирующий прибор	PS
		Часы, измеритель времени действия	PT
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Вольтметр	PV
		Ваттметр	PW
R	Резисторы	Выключатель автоматический	QF
		Короткозамыкатель	QK
R	Резисторы	Разъединитель	QS
		Терморезистор	RK
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Потенциометр	RP
		Шунт измерительный	RS
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Варистор	RU
		Выключатель или переключатель	SA
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатель кнопочный	SB
		Выключатель автоматический	SF
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатели, срабатывающие от различных воздействий:	
		от температуры	SK
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	от уровня	SL
		от давления	SP
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	от положения (путевой)	SQ
		от частоты вращения	SR
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока	TA
		Электромагнитный стабилизатор	TS

U	Устройства связи. Преобразователи электрических величин в электрические	Трансформатор напряжения Модулятор Демодулятор Дискриминатор Преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты, выпрямитель	TV UB UR UI UZ
	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон Прибор электровакуумный	VD VL
V	Линии и элементы СВЧ. Антенны	Транзистор Тиристор	VT VS
		Антенна Ответвитель Короткозамыкатель Вентиль Трансформатор, неоднородность, фазовращатель Антенюатор	WA WE WK WS WT
W	Соединения контактные	Антенюатор	WU
X	Устройства механические с электромагнитным приводом	Токосъемник, контакт скользящий Штырь Гнездо Соединение разборное Соединитель высокочастотный	XA XP XS XT XW
		Электромагнит Тормоз с электромагнитным приводом Муфта с электромагнитным приводом Электромагнитный патрон или плита	YA YB YC YH
Y	Устройства оконечные фильтры. Ограничители		

Z		Ограничитель Фильтр кварцевый	ZL ZQ
---	--	----------------------------------	----------

СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ильинский Н.Ф., Казаченко В.Ф. Общий курс электропривода. - М.:МЭИ, 2000.-327 с.
2. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. - М.: Энергоатомиздат, 1992. - 576 с.
3. Москаленко В.В. Электрический привод. - М.: Мастерство, 2000. - 366 с.
4. Рычкова Л.П. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Основы электропривода".-ч 1.- Иркутск.: изд-во ИрГСХА, 1997.- 60 с.
5. Рычкова Л.П. Методические указания к лабораторным работам по курсу " Основы электропривода". - ч 2. - Иркутск/, изд-во ИрГСХА, 1998.-68 с.
6. Рычкова Л.П. Практикум по основам электропривода (учебное пособие).- Иркутск: изд-во ИрГСХА, 2002.-100 с.
7. Единицы физических величин: ГОСТ 8.417-81. -М.: Изд-во стандартов, 1981, - 40 с.
8. Рекомендации. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения диаграмм: "Р 50-77-88.-М.: Изд-во стандартов, 1989. - 10 с.
9. Савченко П.И. Практикум по электроприводу в сельском хозяйстве / П.И. Савченко, И.А. Гаврилюк, И.И. Земляной, Н.В. Худобин. - М.: Колос, 1996. - 220 с.
10. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах: ГОСТ 2.710-81.- М.: Изд-во стандартов, 1981.-12 с.
- 11 .Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения: ГОСТ 2.755-87.-М.: Изд-во стандартов, 1988.-20 с.
12. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращения слов на русском языке. Общие требования и правила: ГОСТ 7.12 - 93. - М.: Изд-во стандартов, 1995. - 17 с.
13. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению: ГОСТ 2.701-84- М.: Изд-во стандартов, 1986.-15 с.
14. Правила выполнения электрических схем: ГОСТ 2.702 - 75. –М.: Изд-во стандартов, 1986.-31.

