«СОГЛАСОВАНО»
Заместитель директора по ККО
_____/ А.С.Поливечко
« _____» _____20___ г.

Рассмотрено на
заседании кафедры:управления
железнодорожным транспортом.
«___» _____20__ г.
протокол № ____
Председатель кафедры: управление
железнодорожным транспортом.
_____/ Чернов И.В.
Подпись *ФИО*

Методические указания обучающимся

Для проведения практических и лабораторных работ

по учебной дисциплине

ОП.03 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Профессии 23.01.09 Машинист локомотива

Разработано преподавателем ГБПОУ КМТ высшей квалификационной категории Назаровой В.Ю.

Москва, 2024

Пояснительная записка

Настоящий комплект заданий предназначен в качестве методического пособия при проведении практических занятий обучающихся по программе дисциплины ОП.03 «Электротехника», утвержденной для профессии ППКРС 23.01.09 Машинист локомотива..

Требования к знаниям и умениям при выполнении практических работ

В результате выполнения работ, предусмотренных программой по данной профессии,

обучающийся должен **уметь:**

производить расчет параметров электрических цепей; собирать электрические схемы и проверять их работу;

обучающийся должен **знать:**

методы преобразования электрической энергии; сущность физических процессов, происходящих в электрических и магнитных цепях; порядок расчета их параметров

Общие компетенции:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем.

ОК 3. Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.

ОК 4. Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 7. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

Профессиональные компетенции

ПК 1.1. Проверять взаимодействие узлов локомотива.

ПК 1.2. Производить монтаж, разборку, соединение и регулировку частей ремонтируемого объекта локомотива.

ПК 2.1. Осуществлять приемку и подготовку локомотива к рейсу.

ПК 2.2. Обеспечивать управление локомотивом.

ПК 2.3. Осуществлять контроль работы устройств, узлов и агрегатов локомотива.

Критерии оценки

Отлично – работа выполнена полностью, представлены все основные этапы расчета, сыормированы ответы на контрольные вопросы, представлены краткие теоретические сведения с поясняющими рисунками и схемами, буквенные обозначения в расчетных формулах расшифрованы. Студент самоятоятельно отвечает на все устные контрольные вопросы преподавателя в соответствии с собственной предоставленной для проверке работе.

Хорошо – работа выполнена полностью. Отчет сформирован. Есть в наличии поясняющие рисунки и схемы, формулы расшифрованы, буквенные обозначения записаны. Ответы на контрольные вопросы присутствуют не полностью, расчетные задачи выполнены не в полном обьеме.

Удовлетворительно: работа содержит только краткие теоретические сведения с поясняющими рисунками, формулами и схемами. Буквенные обозначения представлены. Расчетные задачи не выполнены. Ответы на контролье вопросы выполнены.

Неудовлетворительно – работа не выполнена и не предоставлена к проверке.

Перечень практических работ	*Форма проведения*	*Виды деятельности*	*Форма отчетности*	*Оценка*
Практическое занятие №1 Расчет эквивалентной емкости	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками	Письменный отчет в	Экспертное наблюдение и оценка

Перечень практических работ	*Форма проведения*	*Виды деятельности*	*Форма отчетности*	*Оценка*
при соединении конденсаторов в батареи.		Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	рабочей тетради	видов деятельности во время занятия
Практическая работа №2 Расчет электрической энергии заряженного конденсатора.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическая работа №3 Потери напряжения в проводах.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическая работа №4 Токовая нагрузка проводов и защита их от перегрузок.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическая работа №5 Расчет электрической работы и мощности..	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическая работа №6 Расчет потребляемой электроэнергии.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическая работа №7 Расчет эквивалентного сопротивления при последовательном и параллельном соединении потребителей электроэнергии.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическая работа №8 Расчет основных параметров электрической цепи	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов

Перечень практических работ	*Форма проведения*	*Виды деятельности*	*Форма отчетности*	*Оценка*
постоянного тока при параллельном соединении потребителей электроэнергии.		Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;		деятельности во время занятия
Практическая работа №9 Расчет основных параметров электрической цепи при смешанном соединении потребителей.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическая работа №10 Расчет электрической цепи постоянного тока при наличии одного или нескольких источников ЭДС.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическая работа №11Расчет основных параметров магнитной цепи . .	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическая работа №12 Изучение принципа работы электромагнитного реле и области его применения.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическое занятие №13 Расчет ЭДС индукции в движущихся проводниках	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическое занятие №14 ЭДС индукции в замкнутом контуре	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическое занятие №15 Изучение явления электромагнитной индукции	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов

Перечень практических работ	*Форма проведения*	*Виды деятельности*	*Форма отчетности*	*Оценка*
		Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;		деятельности во время занятия
Практическое занятие №16 Изучение основных видов сопротивлений в цепях синусоидального переменного тока.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическое занятие №17 Изучение основных видов мощностей в цепи синусоидального переменного тока.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическое занятие №18 Изучение резонансных явлений в цепи синусоидального переменного тока.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическое занятие № 19 Расчет основных параметров цепи синусоидального переменного тока..	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическое занятие №20 Коэффициент мощности в цепи переменного тока	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическое занятие №21 Изучение получения трехфазного переменного тока и его особенностей. .Принцип получения трехфазной ЭДС.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическое занятие №22Изучение свойств соединения «треугольником» в цепях трехфазного тока.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности

Перечень практических работ	*Форма проведения*	*Виды деятельности*	*Форма отчетности*	*Оценка*
		Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;		во время занятия
Практическое занятие №23 Изучение соединения «звездой» в цепях трехфазного тока. Четырех – и трех-проводная цепи. Роль нулевого провода.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическое занятие №24 Выбор схем соединения осветительной и силовой нагрузок при включении их в трехфазную сеть.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическая работа №25Изучение конструкции однофазного трансформатора и принципа его работы.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Лабораторная работа №26 Изучение режимов работы однофазного трансформатора	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическая работа №27 Автотрансформаторы.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическая работа №28 Устройство и принцип работы асинхронного двигателя.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности во время занятия
Практическая работа №29 Режимы работы асинхронного двигателя.	Комбинированное занятие	Работа с информациолнными источниками Решение задач	Письменный отчет в рабочей тетради	Экспертное наблюдение и оценка видов деятельности

Перечень практических работ	*Форма проведения*	*Виды деятельности*	*Форма отчетности*	*Оценка*
		Работа с электрическими принципиальными схемами и техническими рисунками;		во время занятия

Практическое занятие №1

Расчет эквивалентной емкости при соединении конденсаторов в батареи.

Цель работы: изучить основные виды соединений конденсаторов. Выяснить понятие электрической емкости. Изучить основные типы конденсаторов. Выяснить область применения конденсаторов и их основное назначение.

Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить особенности конструкции и принцип работы конденсатора.
2. Составить сводную таблицу основных типов конденсаторов.
3. Написать с расшифровкой формулу для расчета электроемкости плоского воздушного конденсатора.
4. Электролитический конденсатор. Особенности конструкции. Область применения.
5. Виды соединений конденсаторов. Основные свойства. Выполнить чертежи и расписать свойства основных параметров соединений.
6. Решить задачи.
7. Ответить на контрольные вопросы.

Задачи.

1. Рассчитать электроемкость плоского воздушного конденсатора, площадь пластин которого 4 кв.мм, расстояние между пластинами 1 мм.
2. Рассчитать, какой заряд способен накопить конденсатор емкостью 170 мкФ при напряжении 220 В.
3. Рассчитать, на какое напряжение рассчитан конденсатор при емкости 450 пФ накопивший заряд 60 мк Кл.
4. Батарея параллельно соединенных конденсаторов имеет эквивалентную емкость 790 пФ. Какова емкость каждого конденсатора, если в составе батареи их 6 штук?
5. Найти эквивалентную емкость 67 последовательно соединенных конденсаторов, если емкость каждого составляет 5 пФ.
6. На конденсаторе стоит маркировка 100 пФ, 300 В. Можно ли использовать этот конденсатор для накопления заряда 50 нКл?
7. Плоский воздушный конденсатор , электроемкость которого С=12 пФ, имеет площадь пластин 1 см2 . При какой разности потенциалов произойдет пробой воздуха между обкладками, если он возникает при напряженности поля Е=3 МВ/м?

Контрольные вопросы.

1. Какие существуют типы конденсаторов и как они устроены?
2. Как можно изменять электроемкость плоского воздушного конденсатора?
3. Как происходит процесс зарядки конденсатора?
4. Основное отличие конденсатора от аккумулятора.?

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Форма работы
4. Задание.
5. Анализ результатов.
6. Вывод по работе

Литература.

Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с

Практическая работа №2

Расчет электрической энергии заряженного конденсатора.

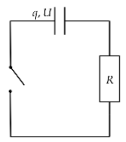
Цель работы: изучить особенности работы конденсатора, процессы разряда и зарядки. Электрическая энергия заряженного конденсатора: зависимости, условия увеличения.

Алгоритм выполнения работы:

1. Выполнить задание..
2. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
3. Ответить на контрольные вопросы.

Задачи.

1. Особенности устройства конденсатора.
2. В чем заключается принцип работы конденсатора как накопителя электрической энергии?
3. Устройство электролитических конденсаторов. Выполнить рисунки с поясняющими записями.
4. Электрическая энергия заряженного конденсатора.
5. Во сколько раз уменьшится емкость плоского воздушного конденсатора, если площадь обкладок уменьшить в 2 раза, а расстояние между ними увеличить в 2 раза?
6. Конденсатору емкостью 2 мкФ сообщен заряд 0,01 Кл. Обкладки конденсатора соединили проводником. Найдите количество теплоты, выделившееся в проводнике при разрядке конденсатора.
7. Конденсатор ёмкостью 50 мкФ подключен к источнику постоянного напряжения с ЭДС 100 В. Найдите энергию конденсатора в установившемся режиме. Ответ дайте в мДж
8. На рисунке приведена схема электрической цепи, состоящей из конденсатора ёмкостью С, резистора сопротивлением R и ключа К. Конденсатор заряжен до напряжения 20 В. Заряд на обкладках конденсатора равен 1мкКл. Какое количество теплоты выделится в резисторе после замыкания ключа К? Ответ дайте в мкДж.



9. Найти энергию заряженного конденсатора емкостью 200 пФ при напряжении 500 В.
10. Какое напряжение надо подать на конденсатор емкостью 30 пФ для накопления им энергии 600 мДж.

Контрольные вопросы.

1. Какие существуют типы конденсаторов и как они устроены?
2. Как можно изменять емкость конденсатора?
3. Особенности работы конденсатора в колебательном контуре? Преобразование электрической энергии конденсатора в энергию магнитного поля катушки индуктивности.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Литература.

Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с

Практическая работа №3
Потери напряжения в проводах.

Цель работы: изучить явление потери напряжения в проводах, усвоить основные принципы явления и способы борьбы с ними.
Задание: ознакомиться с информационными источниками, выполнить конспект, начертить поясняющие схемы, решить задачи с поясняющими рисунками, ответить письменно на вопросы.
Теоретические сведения.
Если электрическая цепь состоит из источника электроэнергии , потребителя. Источник и потребитель соединены длинными проводами, сопротивление соединительных проводов называется *сопротивлением линии*. При работе схемы, то есть при прохождении по цепи электрического тока, показания вольтметра, включенного в начале линнии будет больше показаний вольтметра, включенного в конце линии. Такое уменьшение напряжения вдоль цепи по мере удаления от источника вызвано *потерей напряжения* в проводах. Оно равно разности напряжений в начале и в конце линии (разности показаний вольтметров).

$$\Delta U = U2 - U1$$

Потеря напряжения в линии происходит потому, что часть напряжения будет теряться в проводах линии. При этом потеря напряжения будет тем больше, чем больше ток в линии и чем больше сопротивление проводов. Потеря напряжения равна току, протекающему по проводам линии, умноженному на сопротивление проводов.

$$R = \rho L / S$$

$$\Delta U = 2 I \rho L / S$$

ρ - удельное сопротивление материала проводов линии (Ом м);
L – длина линии (в один конец) (м);
I – сила тока (А);
S – сечение проводов (кв.м).

Задачи.
1. От генератора, напряжение на зажимах которого 115 В, электроэнергия передается электродвигателю по проводам, сопротивление которых 0,1 Ом. Определить напряжение на зажимах двигателя, если он потребляет ток в 50 А.
2. Напряжение на зажимах генератора 240 В, электроэнергия по линии из двух медных проводов длиной по 350 м , сечением 10 кв.мм передается к электродвигателю, потребляющему ток в 15 А. Требуется определить напряжение на зажимах двигателя.
3. Определить поперечное сечение алюминиевых проводов , которые необходимо применить, чтобы передать электроэнергию двигателю, работающему при напряжении в 120 Ви токе в 20 А . Энергия к двигателю будет подаваться от генератора напряжением в 127 В по линии 150 м.
Контрольные вопросы:
1.Что называется потерей напряжения в проводах?
2. По каким формулам можно рассчитать потерю напряжения в проводах?
3. Как длина ЛЭП влияет на потерю напряжения в ней?
4. Как изменится потеря напряжения в проводах, если увеличить сечение проводов?
5. Назовите условие проверки сечения проводов на потерю напряжения.
6. Определить потерю напряжения в медном проводе длиной 50 м и сечением 4 кв.мм , если в нем течет ток 17 А.
Литература:

1. Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с
2. электронный ресурс
https://drive.google.com/drive/folders/12pNxCXvPPYIJUsjFNPG_m_Gm_tEBZG8W
3. Кузнецов М.И. «Основы электротехники», М., 2015 г.

Практическая работа №4
Токовая нагрузка проводов и защита их от перегрузок.

Цель работы: изучить закон Джоуля-Ленца, изучить способы защиты проводов от перегрузок, познакомиться с основными типами плавких предохранителей.

Задание : выполнить конспект теоретического материала, решить задачи и ответить на вопросы.

Теоретические сведения.

Закон Джоуля – Ленца Количество тепла, выделенное током в проводнике пропорционально квадрату силы тока I, протекающего по нему, его сопротивлению R и времени t протекания тока. $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ единица измерения - Джоуль – (Дж)

Если к одному источнику напряжения (например к электрической розетке) подключены несколько потребителей, то их общий потребляемый ток (или общая потребляемая мощность) равен сумме номинальных токов (номинальных мощностей) всех подключенных устройств:

$I_{общ} = I_{потреб\ 1} + I_{потреб\ 2} + I_{потреб\ 3}$

При прохождении электрического тока по проводнику происходит его нагревание. Это явление называется преобразованием электрической энергии в тепловую.

Преобразование электрической энергии имеет:

Ø положительные стороны - применяется во всех промышленных и бытовых нагревательных устройствах

Ø отрицательные стороны – в электрических машинах и аппаратах выделяемое тепло является непроизводительной затратой энергии. Оно вызывает перегрев этих устройств, ограничивает их рабочие возможности. При перегрузке повышенная температура вызывает повреждение изоляции или сокращение срока службы устройства.

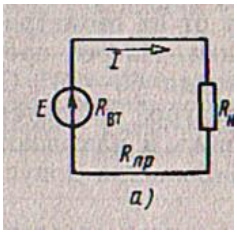
При эксплуатации допускается нагрев проводов до определенных температур (60° -80°), определяемых свойствами изоляции и свойствами самих проводов. Нагрев проводов зависит от величины тока, требуемой потребителем.

Потребитель (второе используемое название – нагрузка) – общее название любых устройств, использующих электроэнергию для своей работы. Электрическая нагрузка – плотность тока, проходящая по проводу, питающему электроэнергией потребитель. Ток, при котором достигается установившаяся наибольшая допустимая температура называется допустимым током провода Iдоп. Если по какой- либо причине потребляемый устройством ток стал выше номинального тока, то происходит перегрузка потребителя и проводов, которые его питают. Номинальные ток, напряжение, мощность – значения выше перечисленных параметров, установленные заводом – изготовителем для нормальной работы данного устройства. Эти значения приводятся в технических документах (паспортах) устройств и специальных табличках, прикрепляемых на корпус устройства.

Если ток резко повысил значение до огромных величин (десятки, сотни раз), то происходит короткое замыкание. Чаще всего короткое замыкание бывает при соединении двух проводов разных потенциалов без нагрузки (например перегорела изоляция между двумя жилами провода). Возникающий при этом огромный ток называется током короткого замыкания.Если его вовремя не отключить, он вызовет механические и тепловые повреждения устройства, пожар. Рассмотрим процесс нагревания проводов в электрической цепи. В первый момент, когда температура провода равна температуре окружающей среды, вся теплота, выделенная током, идет на нагрев провода. В результате его температура быстро повышается. По мере ее роста увеличивается количество теплоты, отдаваемой проводом среде, а количество теплоты, расходуемой на нагрев, уменьшается. Наконец, наступает момент установления температурного баланса: количество отдаваемой энергии равно количеству полученной энергии и повышение температуры провода прекращается. Температуру провода, соответствующую моменту баланса, называют установившейся.

Время, в течение которого провода нагреваются до установившейся температуры, зависит от их геометрических размеров и условий охлаждения. Нагрев провода допускается до температур порядка 60—80° С. В соответствии с допустимой температурой вводится понятие допустимого тока.

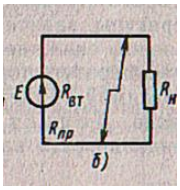
Допустимым называют ток, при котором устанавливается наибольшая допустимая температура.



Коротким замыканием называют соединение двух неизолированных проводов различного потенциала.

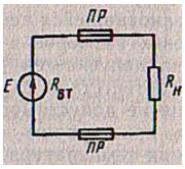
При нормальном режиме работы (рис. 2.1, а):

$$I = \frac{E}{R_Н + R_{ПР} + R_{ВТ}} \approx \frac{E}{R_Н}; R_Н \geq R_{ПР} + R_{ВТ}$$



При коротком замыкании (рис. 2.2,б) :

$$R_Н \approx 0; I_Н = \frac{E}{R_{ВТ} + R_{ПР}} \geq I$$



Ток короткого замыкания может практически в десятки и сотни раз превышать номинальный ток цепи, что может вызвать тепловые и механические повреждения ее отдельных элементов. Для защиты цепи от перегрузок служат плавкие предохранители (вставки), которые при определенном токе плавятся, разрывая электрическую цепь.

Схема включения предохранителя показана на рис. 2.2.

Под **номинальным** понимают такой **режим работы**, при котором напряжение, ток и мощность в элементах электрической цепи соответствует тем значениям, на которые они рассчитаны заводом-изготовителем. При этом гарантируются наилучшие условия работы (экономичность, долговечность и т. д.).

Кроме номинального режима работы источника существуют:

- режим короткого замыкания
- режим холостого хода.

Режимом короткого замыкания называют режим, при котором напряжение на внешних зажимах источника равно нулю.

Режимом холостого хода источника называют режим, при котором ток в нем равен нулю.

Защита от тока перегрузки — это защита, отключающая электрическую цепь при появлении в ней тока перегрузки.

В электроустановках зданий выполняют защиту проводников электрических цепей от токов перегрузки посредством соответствующей защиты. Основным предназначением защиты от тока перегрузки является своевременное отключение электрической цепи с целью предотвращения перегрева ее проводников. Защиту от тока перегрузки обычно выполняют посредством автоматических выключателей и плавких предохранителей.

Термин «защита от тока перегрузки» применяют в международной и национальной нормативной документации наряду с термином «защита от перегрузки» (смотрите статью «Защита от перегрузки»).

Источник: https://www.asutpp.ru/chto-takoe-zaschita-ot-toka-peregruzki.html

Выполнить задание:

1. Решите задачу. Плавкий предохранитель счетчика электроэнергии в квартирной сети напряжением 220 В снабжен надписью: «6 А». Какова максимальная суммарная мощность электрических приборов, которые можно одновременно включить в сеть, чтобы предохранитель не расплавился? *Ответ дайте в ваттах.*

Решение.

Максимальная суммарная мощность равна 220 В · 6 А = 1320 Вт.

Ответ: 1320.

2. Решить задачу. На входе в электрическую цепь квартиры стоит предохранитель, размыкающий цепь при силе тока 10 А. Подаваемое в цепь напряжение равно 110 В. Какое максимальное число электрических чайников, мощность каждого из которых 400 Вт, можно одновременно включить в квартире?

Решение.

1 способ.

Через каждый чайник проходит электрический ток 400 Вт/110 В = 3,64 А. При включении двух чайников суммарная сила тока 2*3,64=7,28 А будет меньше 10 А, а при включении трех чайников — больше 10 А (3*3,64=10,92 А)Одновременно можно включить не более двух чайников.

2 способ.

Все чайники включаются параллельно друг к другу, поэтому на них на всех подается одинаковое напряжение, а токи складываются. Предохранитель, стоящий в цепи, допускает максимальную мощность. P=UI=110В*10А=1100Вт.

Каждый чайник потребляет мощность 400 Вт, следовательно, максимально можно включить: 1100/400 = 2 чайника.

Ответ: 2.

Контрольные вопросы:

1. Какой из проводов одинакового диаметра и длины сильнее нагреется при одном и том же токе – медный или стальной?

Какой из проводов одинаковой длины из одгного и того же матеириала , но разного диаметра , сильнее нагреваетсяпри одном и том же токе?

3. Какой из проводов одинакового диаметра и из одного и того же материала, но разной длины, сильнее нагревается при одном и том же токе?

4. Каким должно быть соотношение температуры плавления плавкой вставки предохранителя и температурой плавления проводов?

5. Установлено, что для медного провода , проложенного открыто, нагрузка составляет 32 А. Выбеите стандартную площадь сечения проводов по таблице:

S, мм²	I, А	S, мм²	I, А	S, мм²	I, А	S, мм²	I, А	S, мм²	I, А	S, мм²	I, А
0,5	11	10	80	120	385	2,5	30	50	215	300	695
0,75	15	16	100	150	440	4	41	70	270	400	830
1,0	17	25	140	185	510	6	50	95	330		
1,5	23	35	170	240	605						

6. Двигатель постоянного тока, работая в продолжительном режиме, потребляет ток 65 А, при напряжении 220 В. Двигатель расположен на расстоянии 20 м от питательного пункта.

Выбрать сечение медных проводов, с резиновой изоляцией, проложенных открыто.

По таблице допустимых нагрузок .

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Литература.

Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с

Электронный ресурс

https://drive.google.com/file/d/1y47z9SkSO3zykb6k8iMxWcLvrJ15Gue5/view?usp=sharing

Практическая работа №5
Расчет электрической работы и мощности..

Цель работы: изучить основные методы расчета электроемкости конденсаторов, основные виды соединения конденсаторов, расчет основных параметров электрической цепи. Выполнить расчет предложенной электрической цепи.

Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения основные способы расчета электрической мощности.
2. Познакомиться с примерами расчетов.
3. На основе примеров выполнить задачи.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения.

Мощность электрического тока — это работа, выполненная за единицу времени (скорость выполнения током работы).

Единица измерения мощности — ватт.

Мощность тока является ключевой характеристикой в бытовом использовании электроэнергии. На всех бытовых приборах указано приемлемое напряжение и мощность.

Обозначаемая на схемах буквой P электрическая мощность – это физическая величина, которая характеризует скорость преобразования или передачи электроэнергии. Стандартное понятие – это усилие по перемещению электрического заряда по маршруту из точки F1 до точки F2.

Электрическая мощность прибора — ключевой параметр, благодаря которому определяется потенциальная возможность его функционирования в электрической сети. Используется для расчета схем и режима работы оборудования, чтобы обеспечить безопасность электросетей. Чем больше мощность прибора, тем быстрее выполняется ими нужное действие.

P = U*I, где U – напряжение (Вольт), I – сила тока (Ампер).

Часто тепловые потери считаются нежелательными , так как они вызывают непроизвольные потери энергии, например в электрических машинах, трансформаторах и других устройствах, что снижает их КПД.

Задачи.

1. Определить мощность, потребляемую электрическим двигателем, если ток в цепи равен 8 А, двигатель включен в цепь напряжением 220 В.
2. В вашем распоряжении три резистора. 3 Ом, 5 Ом, 6 Ом. Какие возможные сопротивления можно получить, комбинируя или используя отдельно эти резисторы? Нарисуйте соответствующие схемы соединений.
3. Три резистора 40 Ом, 60 Ом, 120 Ом соединены параллельно в группу, которая включена последовательно резисторам сопротивлением 15 Ом и 25 Ом. ЭДС источника 240 В. Найдите: 1) силу тока, протекающего через сопротивление 25 Ом; 2) разность потенциалов на параллельной группе; 3) напряжение на сопротивлении 15 Ом, 4) силу тока через сопротивление 60 Ом; 5) силу тока через сопротивление 40 Ом.
4. Электрические лампы, мощность которых 60 Вт и 40 Вт (при номинальном напряжении 110 В), включены последовательно в сеть напряжением 220 В. Найдите мощность каждой лампы при таком включении.
5. Линия электропередач с сопротивлением подводящих проводов 0,2 Ом обеспечивает мощность 10 кВт в мастерской. Напряжение на входе в мастерскую равно 250 В. Найдите КПД линии электропередачи.
6. Водитель, оставив машину на стоянке, забыл выключить свет фар. Потеря мощности от их излучения составляет 95 Вт. Через какой промежуток времени разрядится аккумулятор с ЭДС 12 В, рассчитанный на 150 А*ч. Можно считать, что сопротивление лампочек фар остается постоянным.

Контрольные вопросы.

1. Расшифровать численное значение:

1) 1мА, 100кВ, 10МА, 50 мОм, 25 мкА; 2) 360 кВ, 30 мкОм, 100 мВ, 1000 мОм, 200 кА.

2. Является ли работа, совершаемая источником тока во внутренней части цепи, величиной, постоянной для данного источника?

3. Почему нить электролампы накаляется, а соединительные провода остаются холодными?

4. Почему высоковольтные линии электропередачи имеют два дополнительных провода , не изолированных от стальных опор линии и расположенных выше остальных проводов?

2. **Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Литература.

1. Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с.

Практическая работа №6

Расчет потребляемой электроэнергии.

Цель работы: изучить основные виды электроизмерительных приборов. Изучить основные способы измерения электрических величин.

Теоретические сведения:

Потребление электроэнергии — это численная мера количества электрической энергии, потребляемой приборами и оборудованием для полноценного функционирования в единицу времени. Расход электроэнергии определяется величиной киловатт-час (кВт-ч), который численно равен энергии, потребляемой устройством мощностью 1 кВт в течение 1 часа. Общая стоимость потребленной электроэнергии рассчитывается на основании действующего тарифа и количества израсходованной энергии.

Пример 1. Имеется электрическая лампа, рассчитанная на ток мощностью 100 Вт. Ежедневно лампа горит в течение 6 часов. Найти работу тока за один месяц (30 дней) и стоимость израсходованной энергии при тарифе 1,19 рубля за 1 кВт*ч.

Дано:

P = 100 Вт

t = 6ч*30 = 180 ч

Тариф = 1,19 руб/кВт/ч

A - ?

Стоимость - ?

Решение

A = P*t.

A = 100 Вт*180 ч = 18 000 Вт*ч = 18 кВт*ч.

Стоимость = 1,19 руб/(кВт*ч)*18 кВт*ч = 21,42 руб.

Ответ: A = 18 кВт*ч, стоимость = 21,42 руб.

Сопротивление внешней цепи R, при котором источник энергии отдает приемнику наибольшую мощность, равно внутреннему сопротивлению источника:

R = Ri.

Однако при равенстве внутреннего сопротивления генератора сопротивлению внешней цепи полезная мощность генератора недостаточна и работа его в таких условиях неэкономична, так как половина всей мощности, развиваемой генератором, затрачивается на преодоление его внутреннего сопротивления.

Задание:

1. Изучить электросчетчик электроэнергии и схемы его подключения.
2. Правила проведения измерений потребляемой электроэнергии.
3. На основе примеров выполнить задачи.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

Задачи.

1. Мощность электрического двигателя равна 3 кВт. Определите ток в обмотке этого двигателя, если напряжение сети составляет 380 В.

2. Электродвигатель, подключенный к сети напряжением 220 В, потребляет ток 6 А. Рассчитайте мощность двигателя и количество энергии, которую он потребляет за 6 ч работы.

3. Источник энергии с ЭДС E = 120 В и внутренним сопротивлением Ri = 10 Ом замыкается на нагрузку, сопротивление которой последовательно принимает следующие значения: R = 50; 20; 10; 5 Ом. Определить мощность, отдаваемую источником энергии во внешнюю цепь, при различных сопротивлениях нагрузки.

4. Определить силу тока в обмотке трамвайного двигателя, развивающего силу тяги 5 кН, если напряжение сети 550 В и трамвай двигается со скоростью 30 км/ч. КПД двигателя 80%.

Контрольные вопросы.

1. Что такое потребляемая мощность?
2. Каким электроизмерительным прибором измеряется мощность?
3. Как ожно измерить мощность амперметром и вольтметром?

2. **Содержание отчета**

1. Название работы.

2. Цель работы.
3. Задание.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Литература.Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с.

Практическая работа №7 Расчет эквивалентного сопротивления при последовательном и параллельном соединении потребителей электроэнергии.

Цель работы: изучить основные методы расчета электрической цепи. Выполнить расчет предложенной электрической цепи.

Результаты:обучающийся должен уметь: производить расчет параметров электрических цепей; собирать электрические схемы и проверять их работу; обучающийся должен знать:
методы преобразования электрической энергии; сущность физических процессов, происходящих в электрических и магнитных цепях; порядок расчета их параметров

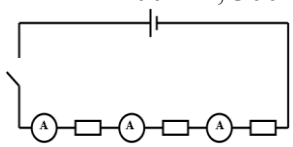
Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения основные способы расчета электрической цепи.
2. Познакомиться с примерами расчетов.
3. На основе примеров выполнить задачи.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

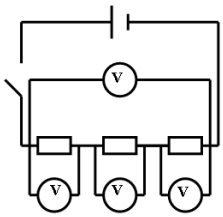
Задачи.

1. По принципиальной электрической схеме определить показания амперметров.

Если сопротивление резисторов соответственно 100 Ом, 300 Ом, 600 Ом. ЭДС источника 30 В.



2. Каким должно быть ЭДС источника, если сопротивление резисторов 50 Ом, 60 Ом, 75 Ом. А ток в цепи составляет 2 А. Источник считать идеальным . Определить показания вольтметров.



3. Три сопротивления 10, 15, 20 Ом соединены последовательно. Ток в цепи 5 А. Определить падение напряжения на каждом сопротивлении и общее напряжение цепи. Начертить схему соединений.
4. Определить общее сопротивление трех параллельно включенных сопротивлений , если R1 = 2 Ом, R2 = 3 Ом, R3 = 4 Ом. Начертить схему соединений.
5. Определить токи в каждой ветви при параллельном соединении трех потребителей, если сопротивление каждого из них соответственно равно 2 Ом, 4 Ом. 6 Ом. Входящий в контур ток составляет 22 А.
6. 1) Какова длина нихромовой проволоки в резисторе, если при подключении его в сеть с напряжением 120В сила тока равна 2,4А? Сечение проволоки 0,55мм^2.
7. 1) Какой ток пойдет по стальному проводнику длиной 0,5м, диаметром 0,6мм, если напряжение на концах проводника равно 1,6В?
8. 2) Определите площадь поперечного сечения и длину проводника из алюминия. Если его сопротивление 0,1Ом, а масса 54г.

Контрольные вопросы.

1. Переводим внесистемные единицы в систему СИ:
1) 1мА, 100кВ, 10МА, 50 мОм, 25 мкА; 2) 360 кВ, 30 мкОм, 100 мВ, 1000 мОм, 200 кА.
2. Рисуем простейшую схему цепи по данным приборам:
1) источник тока, лампочка, реостат, ключ, амперметр, вольтметр (присоединен к лампочке).
2) источник тока, сопротивление, ключ, амперметр, вольтметр (присоединен к источнику тока).

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Форма работы
4. Задание.
5. Анализ результатов.

6. Вывод по работе

Литература.

1. Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с.
2. Резисторы описание применение | Ген Хобин | Дзен (dzen.ru)

Практическая работа №8 Расчет основных параметров электрической цепи постоянного тока при параллельном соединении потребителей электроэнергии.

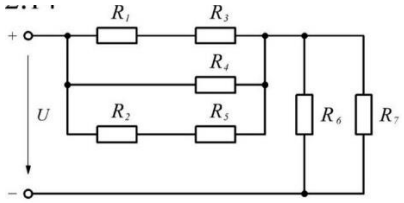
Цель работы: изучить основные методы расчета расчет основных параметров электрической цепи. Выполнить расчет предложенной электрической цепи.

Алгоритм выполнения работы:

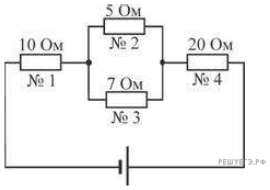
1. Изучить теоретические сведения основные способы расчета электрической цепи.
2. Познакомиться с примерами расчетов.
3. На основе примеров выполнить задачи.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

Задачи.

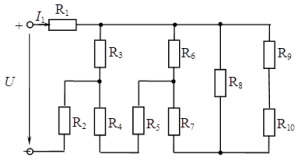
1. Произвести преобразование электрической цепи. Вычертить основные этапы преобразования, определить эквивалентное сопротивление цепи, если R1 = 125 Ом, R2 = 340 Ом, R3 = 780 Ом, R4 = 563 Ом, R5 = 876 Ом, R6 = 876 Ом, R7 = 10 Ом.



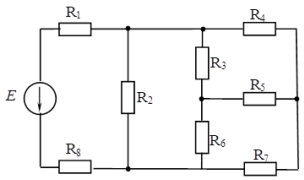
2. Рассчитать распределение токов и напряжений в ветвях электрической цепи, если ЭДС источника 30 В, а его внутреннее сопротивление 0,1 Ом. По какому сопротивлению идет наименьший ток? Вычертить основные способы преобразования данной электрической цепи, которые вы использовали для расчета.



3. Определить общее сопротивление R0 и распределение токов в электрической цепи постоянного тока. Сопротивления резисторов: R1 = R2 = 1 Ом, R3 = 6 Ом, R4 = R5 = 1 Ом, R6 = R7 = 6 Ом, R8 = 10 Ом, R9 = 5 Ом, R10 = 10 Ом. Напряжение источника питания U = 120 В.



4. Для электрической цепи постоянного тока определить эквивалентное сопротивление Rэк и общий ток I в цепи, а также падения напряжения ДU на резисторах R1, R2, R8. Сопротивления резисторов: R1 = 5 Ом, R2 = 4 Ом, R3 = 20 Ом, R4 = 30 Ом, R5 = 50 Ом, R6 = 10 Ом, R7 = 5 Ом, R8 = 1,8 Ом. ЭДС источника питания E = 50 В, внутренним сопротивлением источника пренебречь.



Контрольные вопросы.

1. Сформулируйте закон \Ома для участка и всей цепи. Напишите формулы.
2. Напишите основные свойства последовательного соединения электрической цепи.
3. Напишите основные свойства параллельной электрической цепи.
4. В каком случае получите наименьшее сопротивление электрической цепи : при параллельном соединении одинаковых электрических ламп или при последовательном соединении этих же ламп?

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Название работы.

2. Цель работы.
3. Форма работы
4. Задание.
5. Анализ результатов.
6. Вывод по работе

Литература.

1. Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с.
2. Видеофильм

Резисторы описание применение | Ген Хобин | Дзен (dzen.ru)

Практическая работа №9 Расчет основных параметров электрической цепи при смешанном соединении потребителей.

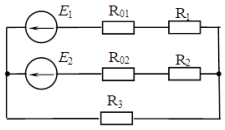
Цель работы: изучить основные методы расчета основных параметров электрической цепи с использованием законов Кирхгофа. Выполнить расчет предложенной электрической цепи.

Алгоритм выполнения работы:

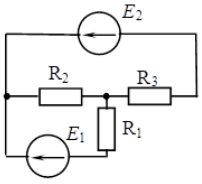
1. Изучить теоретические сведения основные способы расчета электрической цепи.
2. Познакомиться с примерами расчетов.
3. На основе примеров выполнить задачи с вычерчиванием схемы электрической цепи, представленной в условии.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

Задачи.

1. Для электрической цепи постоянного тока (рисунок 1.9) определить токи I1 - I3 в ветвях с помощью законов Кирхгофа. ЭДС E1 = 1,8 В, E2 = 1,2 В; сопротивления резисторов: R1 = 0,2 Ом, R2 = 0,3 Ом, R3 = 0,8 Ом, R01 = 0,6 Ом, R02 = 0,4 Ом.

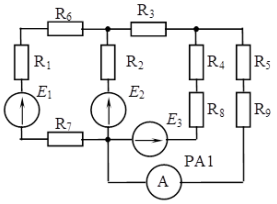


2. Пользуясь законами Кирхгофа, определить токи I1 - I3 в ветвях электрической цепи, представленной на рисунке, а. ЭДС источников питания: E1 = 100 В, E2 = 110 В; сопротивления

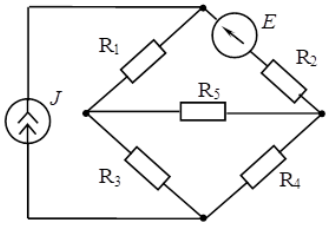


резисторов: R1 = 35 Ом, R2 = 10 Ом, R3 = 16 Ом.

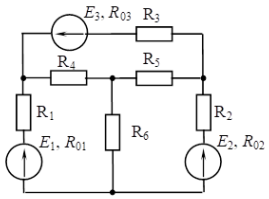
3. В электрической цепи постоянного тока показание амперметра PA1: I5 = 5 А. Определить токи во всех ветвях цепи I1 I4, пользуясь законами Кирхгофа. Сопротивления резисторов: R1 = 1 Ом, R2 = 10 Ом, R3 = 10 Ом, R4 = 4 Ом, R5 = 3 Ом, R6 = 1 Ом, R7 = 1 Ом, R8 = 6 Ом, R9 = 7 Ом; ЭДС E1 = 162 В, E2 = 50 В, E3 = 30 В.



4. В электрической цепи постоянного тока, представленной на рисунке, определить токи I1 I5 в ветвях методом контурных токов; напряжение U12 и U34 между точками 1-2 и 3-4 цепи. Составить уравнение баланса мощностей. ЭДС источника питания E = 30 В, ток источника тока J = 20 мА, сопротивления резисторов R1 = 1 кОм, R2 = R3 = R4 = 2 кОм, R5 = 3 кОм.



5. В электрической цепи постоянного тока, представленной на рисунке, определить токи в ветвях методом контурных токов. ЭДС источников питания E 1 = 130 В, E2 = 40 В, E3 = 100 В; сопротивления R1 = 1 Ом, R2 = 4,5 Ом, R3 = 2 Ом, R4 = 4 Ом, R5 = 10 Ом, R6 = 5 Ом, R02 = 0,5 Ом, R01 = R03 = 0 Ом.



Контрольные вопросы.

1. Формулировка и формула первого закона Кирхгофа.
2. Формулировка и формула второго закона Кирхгофа.
3. Встречное включение источников питания.
4. Согласное включение источников питания.
5. Правило обхода.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Ответы на контрольные вопросы

Литература.

1. Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с.

Практическая работа №10 Расчет электрической цепи постоянного тока при наличии одного или нескольких источников ЭДС.

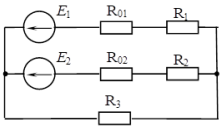
Цель работы: изучить основные методы расчета основных параметров электрической цепи с использованием законов Кирхгофа. Выполнить расчет предложенной электрической цепи.

Алгоритм выполнения работы:

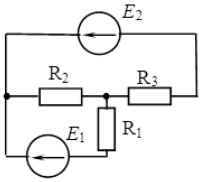
1. Изучить теоретические сведения основные способы расчета электрической цепи.
2. Познакомиться с примерами расчетов.
3. На основе примеров выполнить задачи с вычерчиванием схемы электрической цепи, представленной в условии.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

Задачи.

6. Для электрической цепи постоянного тока (рисунок 1.9) определить токи I1 - I3 в ветвях с помощью законов Кирхгофа. ЭДС E1 = 1,8 В, E2 = 1,2 В; сопротивления резисторов: R1 = 0,2 Ом, R2 = 0,3 Ом, R3 = 0,8 Ом, R01 = 0,6 Ом, R02 = 0,4 Ом.

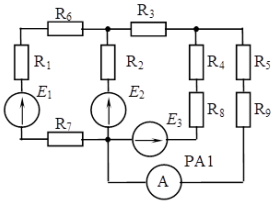


7. Пользуясь законами Кирхгофа, определить токи I1 - I3 в ветвях электрической цепи, представленной на рисунке, а. ЭДС источников питания: E1 = 100 В, E2 = 110 В; сопротивления

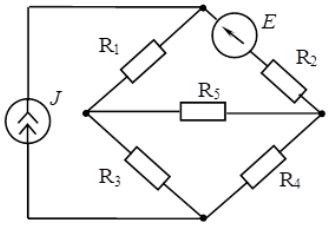


резисторов: R1 = 35 Ом, R2 = 10 Ом, R3 = 16 Ом.

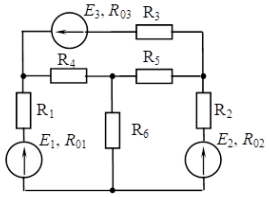
8. В электрической цепи постоянного тока показание амперметра PA1: I5 = 5 А. Определить токи во всех ветвях цепи I1 I4, пользуясь законами Кирхгофа. Сопротивления резисторов: R1 = 1 Ом, R2 = 10 Ом, R3 = 10 Ом, R4 = 4 Ом, R5 = 3 Ом, R6 = 1 Ом, R7 = 1 Ом, R8 = 6 Ом, R9 = 7 Ом; ЭДС E1 = 162 В, E2 = 50 В, E3 = 30 В.



9. В электрической цепи постоянного тока, представленной на рисунке, определить токи I1 I5 в ветвях методом контурных токов; напряжение U12 и U34 между точками 1-2 и 3-4 цепи. Составить уравнение баланса мощностей. ЭДС источника питания E = 30 В, ток источника тока J = 20 мА, сопротивления резисторов R1 = 1 кОм, R2 = R3 = R4 = 2 кОм, R5 = 3 кОм.



10. В электрической цепи постоянного тока, представленной на рисунке, определить токи в ветвях методом контурных токов. ЭДС источников питания E 1 = 130 В, E2 = 40 В, E3 = 100 В; сопротивления R1 = 1 Ом, R2 = 4,5 Ом, R3 = 2 Ом, R4 = 4 Ом, R5 = 10 Ом, R6 = 5 Ом, R02 = 0,5 Ом, R01 = R03 = 0 Ом.



Контрольные вопросы.

1. Формулировка и формула первого закона Кирхгофа.
2. Формулировка и формула второго закона Кирхгофа.
3. Встречное включение источников питания.
4. Согласное включение источников питания.
5. Правило обхода.

Содержание отчета

5. Название работы.
6. Цель работы.
7. Задание.
8. Ответы на контрольные вопросы

Литература. Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с.

Практическая работа №11

Расчет основных параметров магнитной цепи . .

Практическая работа №12

Изучение принципа работы электромагнитного реле и области его применения.

Цель работы: изучить основные методы расчета магнитной цепи, расчет основных параметров магнитной цепи. Уяснить основные свойства магнитного поля.

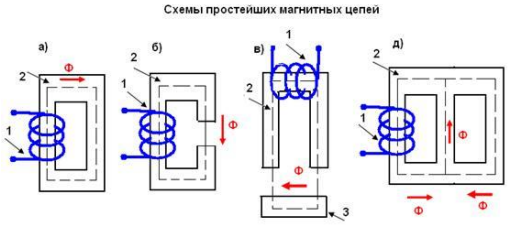
Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения основные способы расчета магнитной цепи.
2. Познакомиться с примерами расчетов.
3. На основе примеров выполнить задачи.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

Задачи.

1 Перечертите основные схемы магнитных цепей. Распределите по типам.

Магнитной цепью называется совокупность устройств, содержащих ферромагнитные тела и источники магнитодвижущей силы.



При наличии МДС возникает магнитный поток Ф, который замыкается вдоль цепи.

1 – источник МДС (обмотка)

2 – ферромагнитный сердечник (магнитопровод)

3 - якорь

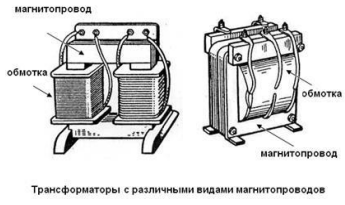
На схеме показаны магнитные цепи:

а) с замкнутым магнитопроводом

б) с воздушным зазором

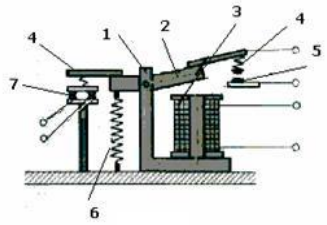
с) с двумя воздушными зазорами; часть цепи – якорь3 - при работе притягивается к сердечнику

д) замкнутый разветвленный магнитопровод



Трансформаторы с различными видами магнитопроводов

Ферромагнитный сердечник (магнитопровод) выполняет в магнитных цепях следующие функции: усиливает магнитное поле и увеличивает магнитный поток Ф направляет магнитный поток Ф по определенному пути (т.е. по своему телу)



Общим началом у всех наиболее часто применяемых электротехнических устройств – контакторов - является наличие электромагнитной системы.

Основными частями этой системы являются:

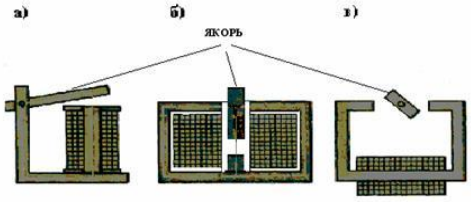
Электромагнит - состоит из ярма 1, якоря 2 и обмотки 3

Контакты - подвижные и неподвижные, главные 4, 5 и и вспомогательные 7

Рабочая пружина 6 и контактные пружины 4

Электромагнит служит для преобразования электроэнергии в механическое усилие,

под действием которого якорь притягивает к ярму, преодолевая сопротивление рабочей и контактной пружин, и перемещается до полного замыкания главных контактов.



По конструктивному исполнению электромагниты бывают:

· С якорем клапанного типа (рис. а)

· С втяжным якорем (рис. б)

· С поворотным якорем (рис. в)

2. Определить силу, действующую на один проводник обмотки якоря, если магнитная индукция внешнего магнитного поля 2 Тл, ток в обмотке 10 А, а длина участка обмотки, подпадающая под действие внешнего магнитного поля 5 см.

Найти вращающий момент двигателя, если диаметр якоря D=5 см, общее число проводников в обмотке якоря N= 200.

3. В проводящей шине длиной 10 м сила тока равна 7000 А. Какова индукция однородного магнитного поля, силовые линии которого перпендикулярны шине, если на нее действует сила Ампера величиной 126 кН?

4. Определить магнитный поток, который способна создать катушка индуктивностью 100 Гн при прохождении через нее тока 60 А.

5. Определить магнитный поток, если площадь контура 300 $см^2$, индукция магнитного поля 45 Тл, а контур находится под углом 30 градусов к линиям магнитной индукции магнитного поля.

6. Определить индуктивность цилиндрической катушки, которая имеет длину 20 см, диаметр 5 см и число витков 200.

Контрольные вопросы.

1. Расшифровать численное значение:

1) 1мГн, 100кТл, 10МВб, 50 мГн, 25 мкВб; 2) 360 кТл, 30 мкФ, 100 мГн, 1000 мВб, 200 кВб.

2. Написать формулу силы Ампера и рассказать о ее свойствах.

3. Индуктивность. Определение. Формула для определения. От чего зависит индуктивность катушки. Единицы измерения.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Форма работы
4. Задание.
5. Анализ результатов.
6. Вывод по работе

Литература.

1. Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с.

Практическое занятие №13

Расчет ЭДС индукции в движущихся проводниках

Цель работы: изучить принцип появлеия ЭДС индукции в проводниках, движущихся в магнитном поле

Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Познакомиться с примерами расчетов.
3. На основе примеров выполнить задачи.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения.

Явление электромагнитной индукции заключается в том, что изменение магнитного поля вокруг проводника, связанное с пере-сечением проводника магнитными силовыми линиями, вызывает появление ЭДС в этом проводнике. При этом безразлично, будет ли изменяться магнитное поле относительно проводника или проводник будет перемещаться в магнитном поле. Значение индуцированной ЭДС определяется законом электромагнитной индукции М.Фарадея. Он формулируется следующим образом. Индуцированная ЭДС прямо пропорциональна индукции B, активной длине проводника l и скорости v его перемещения в направлении,перпендикулярном линиям магнитого поля:

$e = Blv \sin\alpha$,где α — угол между направлениями скорости v и поля. Если $\alpha = 90°$ (что бывает часто), то $e = Blv$.

Направление ЭДС определяют согласно правилу правой руки (рис. 3.9).

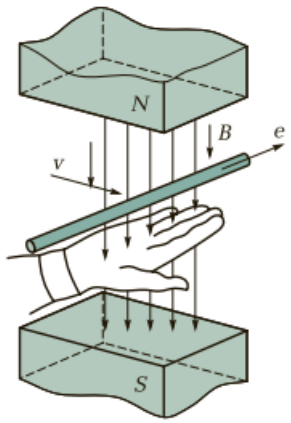


Рис. 3.9. Определение направления ЭДС согласно правилу правой руки

Если поставить правую руку так, Если поставить правую руку так, чтобы магнитные линии входи-ли в ладонь, а отставленный большой палец указывал направление движения проводника, то вытянутые четыре пальца укажут направление индуцируемой ЭДС.При изменении магнитного потока, охватываемого замкнутым

контуром, в нем индуцируется ЭДС

Запомните

□□ Явление электромагнитной индукции широко используется в различных электрических машинах и устройствах. На этом принципе основано устройство электрических генераторов, двигателей и трансформаторов.

□□ Направление ЭДС определяют согласно правилу правой руки.

□□ Индуцирование ЭДС в проводнике происходит независимо от того, включен ли он в какую-либо электрическую цепь или нет. Если присоединить концы этого проводника к какому-либо приемнику электрической энергии, то под влиянием разности

□□ Индуцируемая ЭДС стремится противодействовать причине, ее

вызывающей.

Задачи.

1. Перечислите способы усиления магнитных свойств катушки.

2. Рассчитать ЭДС индукции, возникающей в проводнике при движении его в магнитном поле индукцией 3 Тл со скоростью 34 м/с под углом 30 градусов к магнитным линиям магнитного поля. Длина проводника, подпадающая под действие маагнитного поля 4 см.

3. Рассчитать скорость движения проводника в магнитном поле 10 Тл, если его длина 6 см, угол 60 градусов и в нем возникает ЭДС 450 В.

Контрольные вопросы

1. В чем стоит суть закона электромагнитной индукции? Сформулируйте его.
2. От каких параметров зависит ЭДС индукции?
3. Как определить направление индуцированной ЭДС в проводнике?
4. Где в технике используется явление электромагнитной индукции?

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Форма работы
4. Задание.
5. Анализ результатов.
6. Вывод по работе

Литература.Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416

Практическое занятие №15

Изучение явления электромагнитной индукции

Цель работы: изучить принцип появлеия ЭДС индукции в замкнутом контуре

Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Познакомиться с примерами расчетов.
3. На основе примеров выполнить задачи.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения.

При изменении магнитного потока, охватываемого замкнутым контуром, в нем индуцируется ЭДС

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t},$$

где Δt — промежуток времени, в течение которого магнитный поток изменяется на $\Delta\Phi$.

В катушке с w витками $e = -w\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. Знак «–» отражает **правило Ленца**:

> Индуцированная ЭДС имеет такое направление, при котором созданный ею ток противодействует причине, вызвавшей появление ЭДС, т.е. противодействует изменению магнитного потока.

При изменении тока в проводнике, витке или индуктивной катушке изменяется магнитный поток, создаваемый этим током. Изменение магнитного потока индуцирует в проводнике (витке, индуктивной катушке) ЭДС, действие которой направлено на поддержание предшествующего состояния поля. Такое явление называется самоиндукцией. Направление ЭДС самоиндукции определяется по правилу Ленца.Электродвижущая сила самоиндукции имеет всегда такое направление, при котором она препятствует изменению вызвавшего ее тока.Следовательно, при возрастании тока в проводнике (индуктивной катушке) индуцированная вней ЭДС самоиндукции будет направлена против тока, т.е. будет препятствовать его возрастанию (рис. 3.10, а), и, наоборот, при уменьшении тока в проводнике (индуктивной катушке) возникает ЭДС самоиндукции, совпадающая по направлению с током, т.е. препятствующая его убыванию (рис. 3.10, б).

$$e_L = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}.$$

Знак «–» в формуле отражает правило Ленца.

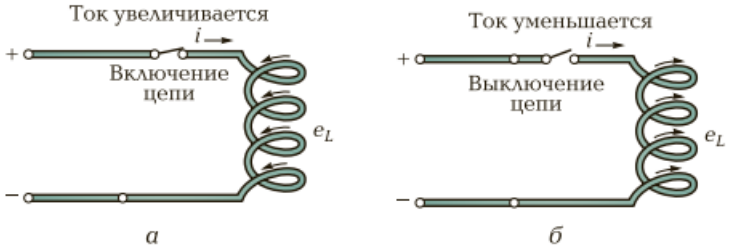


Рис. 3.10. Направление ЭДС самоиндукции в индуктивной катушке:
а — при увеличении тока; б — при уменьшении тока

Способность различных проводников (индуктивных катушек) индуцировать ЭДС самоиндукции оценивается индуктивностью L. Единица индуктивности — генри (Гн). Такой индуктивностью обладает проводник, в котором возникает ЭДС самоиндукции,

равная 1 В, при изменении тока на 1 А за 1 с:

На практике индуктивность часто измеряют в тысячных долях генри — миллигенри (мГн) и в миллионных долях генри — микрогенри (мкГн).

Значение индуктивности L зависит от конструкции элементов цепи. Так, для индуктивной катушки с числом витков w, магнитопроводом длины l, сечения S и магнитной проницаемостью μ индуктивность

$$L = \frac{w^2 \mu_a \delta}{l}.$$

Если катушки своими полями не влияют друга на друга, то при ***последовательном соединении*** индуктивных катушек с индуктивностями L_1, L_2, L_3 ... общая индуктивность

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \ldots$$

При ***параллельном соединении***

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \ldots$$

Запомните

□□ Если ток в индуктивной катушке не изменяется, то ЭДС самоиндукции не возникает.

□□ Явление самоиндукции в тех или иных проводниках характеризуется индуктивностью L.

□□ Индуктивность — это размерный коэффициент пропорциональности между скоростью изменения тока во времени и индуцируемой при этом ЭДС.

Взаимоиндукция

Если две индуктивные катушки находятся на некотором расстоянии друг от друга (рис. 3.11) и по одной из них (1) проходит изменяющийся ток, то часть магнитного потока, возбуждаемая этим током, пронизывает витки второй индуктивной катушки (2) и в ней

возникает ЭДС, называемая ЭДС взаимоиндукции.Если два замкнутых контура или две

Величина ЭДС взаимоиндукции, возникающей во второй индуктивной катушке, зависит от размеров, расположения индуктивных катушек, магнитной проницаемости их сердечников, а также скорости изменения силы тока $\frac{\Delta i}{\Delta t}$ в первой индуктивной катушке. Эту зависимость можно выразить формулой

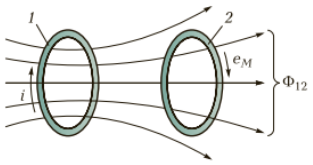


Рис. 3.11. Взаимоиндукция:
1, 2 – индуктивно-связанные катушки

индуктивные катушки 1 и 2 (см. рис. 3.11) сцеплены с общим магнитным потоком Ф12, то такие контуры и индуктивные катушки называют индуктивно- или магнитно-связанными. Под действием ЭДС взаимоиндукции в замкнутой цепи второй индуктивной катушки возникает электрический токвзаимоиндукции. Он вызывает появление магнитного поля, которое пронизывает витки первой индуктивной катушки, в результате чего в ней также возникает ЭДС взаимоиндукции. Такое явление называется взаимоиндукцией. Величина ЭДС взаимоиндукции, возникающей во второй индуктивной катушке, зависит от размеров, расположения индуктивных катушек, магнитной проницаемости их сердечников, а также скорости изменения силы тока

в первой индуктивной катушке. Эту зависимость можно выразить формулой

$$e_м = -M\frac{\Delta i}{\Delta t},$$

где М — величина, зависящая от размеров индуктивных катушек, их расположения и магнитной проницаемости среды между индуктивными катушками. Она называется взаимной индуктивностью и измеряется в генри (Гн). Знак «–» в этой формуле показывает, что ЭДС взаимоиндукции противодействует причине, вызывающей ее. Взаимоиндукция дает возможность связывать посредством магнитного поля различные электрические цепи. Явление взаимоиндукции широко используют в трансформаторах, радиотехнических

устройствах и устройствах автоматики.

Практические задания

1. Определите индуктивность индуктивной катушки, если при скорости
2. изменения тока 2 А/с в ней индуцируется ЭДС самоиндукции 1,5 В.

3. В индуктивной катушке ток равномерно изменился на 20 мА за 0,01 с.Рассчитайте ЭДС самоиндукции, если индуктивность индуктивной ка-тушки составляет 5 мГн.

4. В катушке, обладающей индуктивностью 12 мГн, протекает ток, сила которого изменяется за 2 с на 10 мА. Вычислите ЭДС самоиндукции, возникающей в индуктивной катушке.

5. Рассчитать ЭДС индукции, возникающей в замкнутом контуре площадью 4 кв.см при изменении в нем магнитного потока на 6 Вб за 4 секунды.

6. Рассчитать эдс индукции, возникающей в соленоиде с количеством витков 5000 штук при изменении магнитного потока, пронизывающего соленоид, на 120 Вб за 46 секунд.

7. Определить скорость изменения магнитного потока через катушку из 7000 витков, если в нем возникла ЭДС 780 В.

8. Определить магнитный поток через виток площадью 7 кв.см, находящийся с магнитном поле 6 Тл под углом 30 градусов к магнитным линиям магнитного поля.

Контрольные вопросы

9. При каких условиях возникает ЭДС самоиндукции?

10. В каких единицах измеряется индуктивность?

11. Как изменится ЭДС самоиндукции, если скорость изменения тока, проходящего через индуктивную катушку, возросла?

12. Какое явление называется взаимоиндукцией?

13. При каких условиях возникает ЭДС взаимоиндукции?

14. Какие катушки называют магнитносвязанными?

15. В каких единицах измеряется взаимная индуктивность?

16. Что является причиной появления вихревых токов?

17. Какие способы уменьшения вредного действия вихревых токов вам известны?

18. Где можно найти полезное применение вихревым токам?

Практическое занятие №15

Изучение явления электромагнитной индукции

Цель работы: изучить принцип появлеия ЭДС индукции в замкнутом контуре

Алгоритм выполнения работы:

6. Изучить теоретические сведения.
7. Познакомиться с примерами расчетов.
8. На основе примеров выполнить задачи.
9. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
10. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения.

При изменении магнитного потока, охватываемого замкнутым контуром, в нем индуцируется ЭДС

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t},$$

где Δt — промежуток времени, в течение которого магнитный поток изменяется на $\Delta\Phi$.

В катушке с w витками $e = -w\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. Знак «–» отражает **правило Ленца**:

> Индуцированная ЭДС имеет такое направление, при котором созданный ею ток противодействует причине, вызвавшей появление ЭДС, т.е. противодействует изменению магнитного потока.

При изменении тока в проводнике, витке или индуктивной катушке изменяется магнитный поток, создаваемый этим током. Изменение магнитного потока индуцирует в проводнике (витке, индуктивной катушке) ЭДС, действие которой направлено на поддержание предшествующего состояния поля. Такое явление называется самоиндукцией. Направление ЭДС самоиндукции определяется по правилу Ленца.Электродвижущая сила самоиндукции имеет всегда такое направление, при котором она препятствует изменению вызвавшего ее тока.Следовательно, при возрастании тока в проводнике (индуктивной катушке) индуцированная вней ЭДС самоиндукции будет направлена против тока, т.е. будет препятствовать его возрастанию (рис. 3.10, а), и, наоборот, при уменьшении тока в проводнике (индуктивной катушке) возникает ЭДС самоиндукции, совпадающая по направлению с током, т.е. препятствующая его убыванию (рис. 3.10, б).

$$e_L = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}.$$

Знак «–» в формуле отражает правило Ленца.

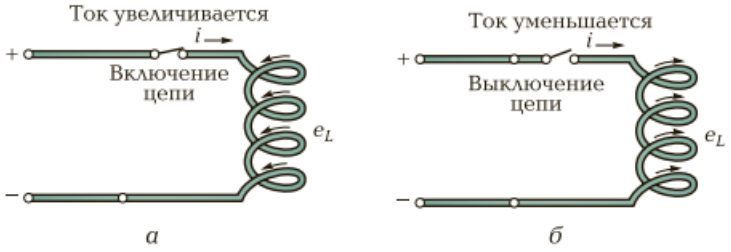


Рис. 3.10. Направление ЭДС самоиндукции в индуктивной катушке:
а — при увеличении тока; б — при уменьшении тока

Способность различных проводников (индуктивных катушек) индуцировать ЭДС самоиндукции оценивается индуктивностью L. Единица индуктивности — генри (Гн). Такой индуктивностью обладает проводник, в котором возникает ЭДС самоиндукции,

равная 1 В, при изменении тока на 1 А за 1 с:

На практике индуктивность часто измеряют в тысячных долях генри — миллигенри (мГн) и в миллионных долях генри — микрогенри (мкГн).

Значение индуктивности L зависит от конструкции элементов цепи. Так, для индуктивной катушки с числом витков w, магнитопроводом длины l, сечения S и магнитной проницаемостью μ индуктивность

$$L = \frac{w^2 \mu_a \delta}{l}.$$

Если катушки своими полями не влияют друга на друга, то при ***последовательном соединении*** индуктивных катушек с индуктивностями L_1, L_2, L_3 ... общая индуктивность

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \ldots$$

При ***параллельном соединении***

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \ldots$$

Запомните

□□ Если ток в индуктивной катушке не изменяется, то ЭДС самоиндукции не возникает.

□□ Явление самоиндукции в тех или иных проводниках характеризуется индуктивностью L.

□□ Индуктивность — это размерный коэффициент пропорциональности между скоростью изменения тока во времени и индуцируемой при этом ЭДС.

Взаимоиндукция

Если две индуктивные катушки находятся на некотором расстоянии друг от друга (рис. 3.11) и по одной из них (1) проходит изменяющийся ток, то часть магнитного потока, возбуждаемая этим током, пронизывает витки второй индуктивной катушки (2) и в ней

возникает ЭДС, называемая ЭДС взаимоиндукции.Если два замкнутых контура или две

Величина ЭДС взаимоиндукции, возникающей во второй индуктивной катушке, зависит от размеров, расположения индуктивных катушек, магнитной проницаемости их сердечников, а также скорости изменения силы тока $\frac{\Delta i}{\Delta t}$ в первой индуктивной катушке. Эту зависимость можно выразить формулой

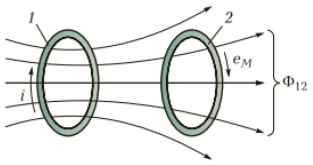


Рис. 3.11. Взаимоиндукция:
1, 2 – индуктивно-связанные катушки

индуктивные катушки 1 и 2 (см. рис. 3.11) сцеплены с общим магнитным потоком Ф12, то такие контуры и индуктивные катушки называют индуктивно- или магнитно-связанными. Под действием ЭДС взаимоиндукции в замкнутой цепи второй индуктивной катушки возникает электрический токвзаимоиндукции. Он вызывает появление магнитного поля, которое пронизывает витки первой индуктивной катушки, в результате чего в ней также возникает ЭДС взаимоиндукции. Такое явление называется взаимоиндукцией. Величина ЭДС взаимоиндукции, возникающей во второй индуктивной катушке, зависит от размеров, расположения индуктивных катушек, магнитной проницаемости их сердечников, а также скорости изменения силы тока

в первой индуктивной катушке. Эту зависимость можно выразить формулой

$$e_м = -M\frac{\Delta i}{\Delta t},$$

где М — величина, зависящая от размеров индуктивных катушек, их расположения и магнитной проницаемости среды между индуктивными катушками. Она называется взаимной индуктивностью и измеряется в генри (Гн). Знак «–» в этой формуле показывает, что ЭДС взаимоиндукции противодействует причине, вызывающей ее. Взаимоиндукция дает возможность связывать посредством магнитного поля различные электрические цепи. Явление взаимоиндукции широко используют в трансформаторах, радиотехнических

устройствах и устройствах автоматики.

Практические задания

1. Определите индуктивность индуктивной катушки, если при скорости
2. изменения тока 2 А/с в ней индуцируется ЭДС самоиндукции 1,5 В.

3. В индуктивной катушке ток равномерно изменился на 20 мА за 0,01 с.Рассчитайте ЭДС самоиндукции, если индуктивность индуктивной ка-тушки составляет 5 мГн.

4. В катушке, обладающей индуктивностью 12 мГн, протекает ток, сила которого изменяется за 2 с на 10 мА. Вычислите ЭДС самоиндукции, возникающей в индуктивной катушке.

5. Рассчитать ЭДС индукции, возникающей в замкнутом контуре площадью 4 кв.см при изменении в нем магнитного потока на 6 Вб за 4 секунды.

6. Рассчитать эдс индукции, возникающей в соленоиде с количеством витков 5000 штук при изменении магнитного потока, пронизывающего соленоид, на 120 Вб за 46 секунд.

7. Определить скорость изменения магнитного потока через катушку из 7000 витков, если в нем возникла ЭДС 780 В.

8. Определить магнитный поток через виток площадью 7 кв.см, находящийся с магнитном поле 6 Тл под углом 30 градусов к магнитным линиям магнитного поля.

Контрольные вопросы

9. При каких условиях возникает ЭДС самоиндукции?

10. В каких единицах измеряется индуктивность?

11. Как изменится ЭДС самоиндукции, если скорость изменения тока, проходящего через индуктивную катушку, возросла?

12. Какое явление называется взаимоиндукцией?

13. При каких условиях возникает ЭДС взаимоиндукции?

14. Какие катушки называют магнитносвязанными?

15. В каких единицах измеряется взаимная индуктивность?

16. Что является причиной появления вихревых токов?

17. Какие способы уменьшения вредного действия вихревых токов вам известны?

18. Где можно найти полезное применение вихревым токам?

Практическое занятие №16

Изучение основных видов сопротивлений в цепях синусоидального переменного тока.

Цель работы: исследовать основные свойства электрической цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и индуктивности.

Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения основные способы расчета электрической цепи.
2. Познакомиться с примерами расчетов.
3. На основе примеров выполнить задачи.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

Резистивный элемент (активное сопротивление) — это элемент, в котором происходит превращение электрической энергии в полезную работу или тепловую энергию.В цепь переменного тока (рис. 4.5, а) включен резистивный элемент R. В такой цепи под действием переменного напряжения протекает переменный ток. Изменение тока в цепи, согласно закону Ома, зависит только от изменения напряжения, подключенного к ее зажимам. Когда напряжение равно нулю, ток в цепи также равен нулю. По мере увеличения напряжения ток в цепи возрастает, и при максимальном значении напряжения ток становится наибольшим. При уменьшении напряжения ток убывает. Когда напряжение изменяет свое направление, ток также изменяет свое направление и т.д. График мгновенных значений напряжения и тока в схеме с резистивным элементом приведен на рис. 4.5, б.

Мгновенное значение тока в цепи

$$i = I_m \sin(\omega t + \Psi_i).$$

Напряжение на зажимах резистивного элемента

$$u_R = Ri = RI_m \sin(\omega t + \Psi_i) = U_{Rm} \sin(\omega t + \Psi_u).$$

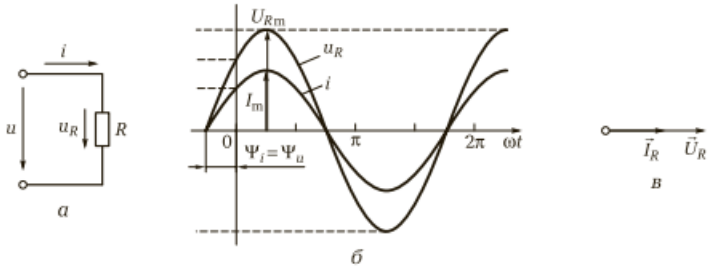


Рис. 4.5. Цепь переменного тока с резистивным элементом:
а — электрическая схема; *б* — график мгновенных значений напряжения и тока;
в — векторная диаграмма

Амплитудное значение напряжения на зажимах резистора

$$U_{Rm} = RI_m.$$

Начальные фазы напряжения и тока

$$\Psi_u = \Psi_i.$$

Сдвиг фаз между напряжением и током

$$\varphi = \Psi_u - \Psi_i = 0.$$

Векторная диаграмма действующих величин тока и напряжения для цепи переменного тока с резистивным элементом приведена на рис. 4.5, *в*.

Из сказанного следует, что в цепи переменного тока с активным сопротивлением по мере изменения по величине и направлению напряжения одновременно пропорционально изменяются величина и направление тока. Это значит, что ток и напряжение совпадают по фазе.

Электрическая цепь переменного тока с индуктивным элементом. Прохождение электрического тока по индуктивной катушке сопровождается появлением магнитного поля. Рассмотрим электрическую цепь переменного тока (рис. 4.6, а), в которую включена индуктивная катушка, имеющая небольшое число витков проволоки сравнительно большого сечения, активное

сопротивление которой можно считать практически равным нулю. Под действием ЭДС генератора в цепи протекает переменный ток, возбуждающий переменный магнитный поток. Этот поток пересекает витки индуктивной катушки, и в ней возникает ЭДС самоиндукции:

$$e_L = -L\frac{\Delta i}{\Delta t},$$

где L — индуктивность катушки, Гн; $\frac{\Delta i}{\Delta t}$ — скорость изменения тока в ней, А/с.

Электродвижущая сила самоиндукции, согласно правилу Ленца, всегда противодействует причине, ее вызывающей, т.е. изменениям переменного тока, вызываемым ЭДС генератора.

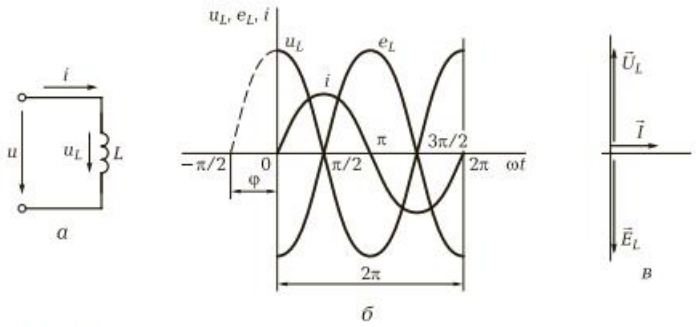


Рис. 4.6. Цепь переменного тока с индуктивной катушкой:
а — электрическая схема; *б* — график мгновенных значений напряжения и тока; *в* — векторная диаграмма

При расчетах это учитывается как индуктивное сопротивление, которое обозначается XL и измеряется в омах (Ом). Индуктивное сопротивление индуктивной катушки XL зависит от величины ЭДС самоиндукции, скорости изменения тока в индуктивной катушке (частоты переменного тока f) и индуктивности индуктивной катушки L:

$XL = 2\pi fL = \omega L$,

где f — частота переменного тока, Гц; L — индуктивность индуктивной катушки, Гн; ω — угловая частота переменного тока, рад/с.

Пример 4.2. Индуктивная катушка, обладающая индуктивностью L = = 0,5 Гн, присоединена к источнику переменного тока, частота которого f = 50 Гц. Определить:

1) индуктивное сопротивление катушки при частоте f = 50 Гц;

2) индуктивное сопротивление этой катушки переменному току, частота которого f = 800 Гц.

Решение

Индуктивное сопротивление катушки переменному току при f = 50 Гц:

$$X_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 0{,}5 = 157 \text{ Ом}.$$

При частоте f = 800 Гц:

$$X_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 800 \cdot 0{,}5 = 2\,512 \text{ Ом}.$$

Запомните

□□ Индуктивное сопротивление индуктивной катушки повышается с увеличением частоты переменного тока, протекающего по ней.

По мере уменьшения частоты тока индуктивное сопротивление уменьшается.

□□ Для постоянного тока, когда ток в индуктивной катушке не изменяется и магнитный поток не пересекает ее витки, ЭДС самоиндукции не возникает и индуктивное сопротивление индуктивной катушки XL равно нулю.

□□ При неизменной индуктивности индуктивной катушки ЭДС самоиндукции зависит от скорости изменения силы тока и всегда направлена навстречу причине, вызвавшей ее.

На графике (рис. 4.6, б) переменный ток i показан в виде синусоиды. В первую четверть периода сила тока i возрастает от нулевого до максимального значения. Электродвижущая сила самоиндукции eL согласно правилу Ленца препятствует увеличению тока в цепи. На графике показано, что eL в это время имеет отрицательное значение. Во вторую четверть периода сила тока в

индуктивной катушке убывает до нуля. В это время ЭДС самоиндукции изменяет свое направление и увеличивается, препятствуя убываниюсилы тока.

Из графика (см. рис. 4.6, б) видно, что ток в цепи и ЭДС самоиндукции не совпадают по фазе. Ток опережает ЭДС самоиндукции по фазе на четверть периода, или на угол ϕ = 90°, и в каждый момент времени ЭДС самоиндукции направлена навстречу напряжению генератора u. В связи с этим напряжение на индуктивной катушке uL и ЭДС самоиндукции eL также сдвинуты по фазе друг относительно друга на 180°.

Запомните

□□ В цепи переменного тока, содержащей только индуктивность, ток отстает от напряжения, вырабатываемого генератором, на угол ϕ = 90° (на четверть периода) и опережает ЭДС самоиндукции на 90°.

□□ Напряжение опережает по фазе ток на 90° (см. рис. 4.6, б).Векторная диаграмма тока и напряжения для цепи переменного тока с индуктивным сопротивлением изображена на рис. 4.6, в.

Для электрической цепи переменного тока i = Im sinωt и индуктивностью L напряжение на зажимах индуктивной катушки определяется формулой

$$u_L = -e_L = \omega L I_m \sin(\omega t + \pi/2) = X_L I_m \sin(\omega t + \pi/2).$$

Индуктивная нагрузка в отличие от активной в среднем не потребляет энергию, которую вырабатывает генератор, а в цепи с индуктивностью происходит «перекачивание» энергии от генератора в индуктивную нагрузку и обратно, т.е. возникают колебания энергии.

Запомните

Индуктивное сопротивление является реактивным. В цепи, содержащей реактивное сопротивление, происходят колебания энергии от генератора к нагрузке и обратно.

Контрольные вопросы

1. От чего зависит индуктивное сопротивление индуктивной катушки?
2. Как с увеличением частоты переменного тока изменяется индуктивное сопротивление индуктивной катушки?
3. Почему в цепи переменного тока, содержащей только индуктивность, ток отстает от напряжения, вырабатываемого генератором, на угол ϕ = 90°.

Практические задания

1. Определите индуктивное сопротивление индуктивной катушки с индуктивностью L = 10 мГн, включенной в цепь переменного тока, если частота генератора принимает следующие значения: 50, 100, 150, 200 и 400 Гц. Постройте график зависимости XL = f (ω). Объясните полученный результат.
2. Напишите выражение для тока i в электрической цепи (см. рис. 4.6, а), если u = 10sinωt; XL = 5 Ом

Электрическая цепь переменного тока с емкостным элементом. Рассмотрим цепь переменного тока (рис. 4.7, а), в которую включена электрическая емкость (конденсатор). Активным сопротивлением этой цепи пренебрегаем (R = 0).

Полярность зажимов генератора переменного тока, включенного в цепь с емкостью, меняется с частотой ω = 2πf. В первую четверть периода (рис. 4.7, б) конденсатор заряжается и на его пластинах появляются противоположные по знаку электрические заряды (на левой пластине «+», на правой — «-»).

За вторую четверть периода напряжение генератора постепенно убывает и становится равным нулю. В это время конденсатор разряжается При этом разрядный ток, протекающий по проводам, имеет направление, противоположное направлению тока заряда и т.д.За один период изменения переменного напряжения дважды происходит процесс заряда и разряда конденсатора. При этом в его цепи протекает переменный ток. При заряде и разряде конденсатора ток в цепи и напряжение не совпадают по фазе. Ток опережает по фазе напряжение на четверть периода, т.е. на 90°. Векторная диаграмма для цепи переменного тока с емкостью приведена на рис. 4.7, в. Закон Ома для цепи переменного тока с емкостным элементом можно определить так:

I CU I U

X C
C
C
= = ω , , или
где XC — емкостное сопротивление, характеризующее процесс на

Рис. 4.7. Цепь переменного тока с емкостным элементом:
а — электрическая схема; *б* — график мгновенных значений напряжения и тока; *в* — векторная диаграмма

$$I = \omega C U_C, \quad \text{или} \quad I = \frac{U_C}{X_C},$$

где X_C — емкостное сопротивление, характеризующее процесс накопления энергии в электрическом поле конденсатора, $X_C = \frac{1}{\omega C}$.

Пример 4.3. Конденсатор емкостью $C = 4$ мкФ включен в цепь переменного тока, частота которого 50 Гц. Определить:

1) емкостное сопротивление конденсатора на частоте $f = 50$ Гц;

2) емкостное сопротивление этого же конденсатора переменному току, частота которого 500 Гц.

Решение

Емкостное сопротивление конденсатора переменному току при частоте $f = 50$ Гц:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1\,000\,000}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 4} = 796 \text{ Ом}.$$

При частоте $f = 500$ Гц:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1\,000\,000}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 500 \cdot 4} = 79{,}6 \text{ Ом}.$$

Запомните

Сопротивление, оказываемое конденсатором переменному току, зависит от емкости конденсатора и частоты тока. Емкостное сопротивление тем больше, чем меньше емкость конденсатора и ниже частота питающего тока.Свойство конденсаторов оказывать большое сопротивление токам низкой частоты и легко пропускать токи высокой частоты широко используется в радиоэлектронных схемах. С помощью конденсаторов, например, достигается необходимое для работы радиоэлектронных схем разделение постоянных токов и токов низкой частоты от токов высокой частоты. Следует подчеркнуть, что имеется существенное различие между емкостным и активным сопротивлениями. Как известно, активная нагрузка безвозвратно потребляет энергию генератора переменного тока. Если же к источнику переменного тока присоединена емкость, то, как было рассмотрено ранее, энергия генератора расходуется при заряде конденсатора на создание электрического поля между пластинами и возвращается обратно генератору при разряде конденсатора.

Емкостная нагрузка не потребляет энергию генератора, а в цепи с емкостью происходит «перекачивание» энергии из генератора в конденсатор и обратно. По этой причине емкостное сопротивление, как и индуктивное, называется реактивным.

Контрольные вопросы

1. От чего зависит емкостное сопротивление конденсатора?
2. Как с увеличением частоты переменного тока изменяется емкостное сопротивление конденсатора?
3. Почему емкостное сопротивление конденсатора называется реактивным?

Практические задания

1. Напишите выражение для тока i в электрической цепи (см. рис. 4.7, а), если напряжение uC = 60sin(ωt − 90°), XC = 20 Ом.

2. Определите емкостное сопротивление конденсатора емкостью C = =100 мкФ, включенного в цепь переменного тока, если частота генератора принимает следующие значения:50,100,150,200и400Гц.Постройте график зависимости XC = f(ω). Объясните полученный результат.

Задачи.

1. Перечислите способы усиления магнитных свойств катушки.
2. Уяснить основной физический смысл индуктивного сопротивления. Начертить графики распределения токов и напряжений в электрической цепи переменного тока, содержащей индуктивное сопротивление.
3. Уяснить понятие реактивной мощности, начертить график изменения реактивной мощности в цепи переменного тока с индуктивностью.
4. Построить график изменения индуктивного сопротивления катушки от частоты переменного тока. Как изменится индуктивное сопротивление при увеличении частоты тока в 3 раза?
5. Определить напряжение сети, которое необходимо приложить к зажимам катушки, чтобы в ней протекал ток в 5 А, если активное сопротивление катушки 6 Ом, а индуктивное сопротивление катушки 8 Ом. Построить векторную диаграмму на основе исходных данных.
6. Определить ток, проходящий через катушку индуктивности, индуктивное сопротивление которой 5 Ом, а активное сопротивление равно 1 Ом, если напряжение сети переменного тока равно 12 В.
7. Напряжение на зажимах цепи с последовательно соединенными активным сопротивлением и индуктивностью 141 В. Определить падение напряжения на активном сопротивлении, падение напряжения на индуктивности при нулевой частоте источника.
8. Как изменится сдвиг фаз между током и напряжением, если и активное, и индуктивное сопротивления цепи переменного тока увеличатся в 2 раза?
9. Катушка индуктивностью L = 0,35 Гн включена в сеть с действующим значением напряжения 220 В и частотой 50 Гц. Найдите действующее значение силы тока, протекающего через катушку. Изобразите напряжение и силу тока на векторной диаграмме.
10. Катушка индуктивностью 10 мГн обладает активным сопротивлением 10 Ом. При каком значении частоты переменного тока индуктивное сопротивление катушки будет в 10 раз больше ее активного сопротивления.

Контрольные вопросы.

1. Что называется резистивным элементом?
2. В чем выражается действие резистивного элемента при включении его в цепь переменного тока?
3. Чему равен сдвиг фаз между напряжением и током в цепи переменного тока с резистивным элементом? Что называется активным и индуктивным сопротивлениями?
4. В чем выражается действие индуктивности, включенной в сеть переменного тока?

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

7. Название работы.
8. Цель работы.
9. Форма работы
10. Задание.
11. Анализ результатов.
12. Вывод по работе

Литература.Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с.

Практическое занятие №17

Изучение основных видов мощностей в цепи синусоидального переменного тока.

Цель работы: изучение принципа работы цепей синусоидального тока, выяснение видов мощностей в цепях переменного тока и их физический смысл.

Теоретические сведения.

Мощность в цепях переменного тока Полная мощность генератора переменного тока, В·А, определяется произведением тока на напряжение:

S = IU,

где I — действующая сила тока, на которую рассчитана обмотка генератора, А; U — действующее значение напряжения генератора, В.

Размеры генератора переменного тока зависят от полной мощности, на которую он рассчитывается. Это связано с тем, что поперечное сечение проводов обмотки определяется силой тока, а толщина изоляции и число витков обмотки — напряжением, которое будет вырабатывать генератор.Полная мощность генератора переменного тока, включенного в цепь с активным сопротивлением R и реактивными сопротивлениями (XL и XC), состоит из мощности, расходуемой в активном сопротивлении R, и реактивной части мощности.

Запомните

□□ Мощность, расходуемая в активном сопротивлении, преобразуется в полезную работу или теплоту, рассеиваемую в пространство.

□□ Реактивная часть мощности обусловлена колебаниями энергии при создании и исчезновении магнитных и электрических полей. Энергия то запасается в полях реактивных сопротивлений, то возвращается генератору, включенному в цепь.

Реактивные токи, протекающие между генератором и реактивными приемниками, обладающими индуктивным и емкостным со противлениями, бесполезно загружают линию и генератор и вызывают дополнительные потери энергии. Связь между полной, активной и реактивной мощностями можно определить из треугольника мощностей (рис. 4.12).

Активная мощность, Вт,

P = S cosϕ = UI cosϕ.

Реактивная мощность, вар,

Q = S sinϕ = UI sinϕ.

Единица реактивной мощности — вольт-ампер реактивный (вар).

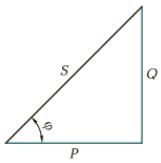


Рис. 4.12. Треугольник мощностей цепи переменного тока, содержащий *R*, *L* и *C*

противлениями, бесполезно загружают линию и генератор и вызывают дополнительные потери энергии.

Связь между полной, активной и реактивной мощностями можно определить из треугольника мощностей (рис. 4.12).

Активная мощность, Вт,

$$P = S\cos\varphi = UI\cos\varphi.$$

Реактивная мощность, вар,

$$Q = S\sin\varphi = UI\sin\varphi.$$

Единица реактивной мощности — вольт-ампер реактивный (вар).

Полная мощность, В·А,

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

Чтобы судить о том, какая часть полной мощности расходуется как активная (полезная) мощность и какая часть является реактивной (бесполезной) мощностью, следует разделить активную мощность (*P*) на полную (*S*). Из треугольника мощностей видно, что это отношение характеризуется косинусом угла сдвига фаз между током и напряжением в данной цепи:

$$\frac{P}{S} = \cos\varphi.$$

Таким образом, $\cos\varphi$ является ***коэффициентом мощности переменного тока***.

Полная мощность, В·А,

Чтобы судить о том, какая часть полной мощности расходуется как активная (полезная) мощность и какая часть является реактивной (бесполезной) мощностью, следует разделить активную мощность (P) на полную (S). Из треугольника мощностей видно, что это отношение характеризуется косинусом угла сдвига фаз между током и напряжением в данной цепи:

Таким образом, cosϕ является коэффициентом мощности переменного тока.

В цепи переменного тока с активным сопротивлением ток и напряжение совпадают по фазе и угол сдвига фаз ϕ = 0, соответственно cosϕ = 1, активная мощность для такой цепи будет равна полной мощности. В данном случае вся мощность генератора используется для полезной работы.

Угол сдвига фаз ϕ между током и напряжением зависит от соотношения между активным и реактивным сопротивлениями, включенными в электрическую цепь. Увеличение активного сопротивления приводит к уменьшению угла сдвига фаз, а следовательно, к возрастанию косинуса этого угла и увеличению коэффициента мощности. Индуктивная нагрузка, подключенная в цепь, наоборот, увеличивает угол сдвига фаз и тем самым понижает коэффициент мощности.

Причиной низкого коэффициента мощности может быть работа электродвигателей станков или машин вхолостую; недогрузка станка, связанная с тем, что на станке большой мощности обрабатываются мелкие детали; неправильный выбор мощности двигателя, устанавливаемого на станке; низкое качество ремонта двигателя; плохая смазка и т.д.

При нормальной нагрузке двигателя его коэффициент мощности составляет 0,83—0,85. При холостом ходе двигателя его коэффициент мощности понижается и составляет 0,1—0,3.

Для повышения коэффициента мощности параллельно к индуктивной нагрузке подключают конденсаторы. Емкостное сопротивление этих конденсаторов подбирают с таким расчетом, чтобы

оно было примерно равно индуктивному сопротивлению. При этом емкостный ток будет также примерно равен индуктивному току. В этом случае угол сдвига фаз между током и напряжением уменьшается, а коэффициент мощности возрастает до 0,85—0,9.

Пример 4.7. Полная мощность электротехнической установки S == 800 В·А. Ваттметр, измеряющий активную часть мощности, показывает, что она равна 720 Вт. Определить коэффициент мощности cosϕ.

Решение

Коэффициент мощности

0,9. Это означает, что 90 % полной мощности расходуется в виде активной мощности на полезную работу, а 10 % обусловлены наличием реактивной бесполезной мощности.

Пример 4.8. Произвести расчет электрической цепи переменного тока,

Пример 4.8. Произвести расчет электрической цепи переменного тока, в которую включена индуктивная катушка, обладающая индуктивным сопротивлением $X_L = 30$ Ом и активным сопротивлением $R = 40$ Ом. Напряжение на зажимах индуктивной катушки 120 В. Определить:

1) полное сопротивление цепи;
2) силу тока в индуктивной катушке;
3) коэффициент мощности;
4) угол сдвига фаз между током и напряжением;
5) полную, активную и реактивную мощности.

Решение

1. Полное сопротивление цепи

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L} = \sqrt{40^2 + 30^2} = 50 \text{ Ом}.$$

2. Сила тока в цепи

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{120}{50} = 2{,}4 \text{ А}.$$

3. Коэффициент мощности

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{40}{50} = 0{,}8.$$

Если $\cos\varphi = 0{,}8$, то угол сдвига фаз $\varphi = 36°$.

87

4. Полная мощность

$$S = UI = 2{,}4 \cdot 120 = 288 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

5. Активная мощность

$$P = S\cos\varphi = UI\cos\varphi = 2{,}4 \cdot 120 \cdot 0{,}8 = 230{,}4 \text{ Вт}.$$

Реактивная мощность

$$Q = S\sin\varphi = UI\sin\varphi = 2{,}4 \cdot 120 \cdot 0{,}6 = 172{,}8 \text{ вар}.$$

Контрольные вопросы

1. От каких величин зависит полная мощность генератора переменного тока?
2. Что называется коэффициентом мощности?
3. Что является причиной низкого коэффициента мощности?
4. Какие меры необходимо принять для повышения коэффициента мощности?

Практические задания

1. На распределительном щите установлены три прибора: амперметр,вольтметр и ваттметр. Показания амперметра — 40 А, вольтметра — 110 В, ваттметра — 4 кВт. Определите Z, R, XL, S, Q, P, cosϕ, UL, UR.

2. Рассчитайтеток,потребляемыйоднофазнымдвигателеммощностью5кВт,если он включен в сеть 120 В, а его коэффициент мощности — 0,8.

3. На электростанции установлен генератор однофазного переменного тока мощностью 200 кВ· А, напряжением 100 В. Найдите активную мощность, отдаваемую генератором в сеть, при коэффициентах мощности: 1; 0,8; 0,6; 0,4; 0,2. Объясните полученные результаты.

4. На паспорте двигателя написано: U =120В, I =5 А, cosϕ=0,8. Определите активное, индуктивное и полное сопротивления обмотки двигателя.

5. Однофазный электродвигатель, включенный в сеть 120 В, потребляет ток 2 А. Коэффициент мощности двигателя равен 0,85. Вычислите активную и полную мощности, забираемые двигателем из сети

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

13.Название работы.

14.Цель работы.

15.Форма работы

16.Задание.

17.Анализ результатов.

18.Вывод по работе

Литература.Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с

Практическое занятие №18

Изучение резонансных явлений в цепи синусоидального переменного тока.

Цель работы: исследовать основные свойства электрической цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и емкости.

Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения основные способы расчета электрической цепи.
2. Познакомиться с примерами расчетов.
3. На основе примеров выполнить задачи.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

Резонанс напряжений. В цепи переменного тока с активным, индуктивным и емкостным сопротивлениями, соединенными последовательно (рис. 4.10, а),может возникнуть резонанс напряжений. Резонанс напряжений наступает в том случае, если индуктивное сопротивление XL и емкостное сопротивление XC равны между собой, т.е. XL = XC. Так как эти сопротивления зависят от частоты, резонанс наступает при определенной резонансной частоте ω0:

$$X_L = X_C.$$

Так как эти сопротивления зависят от частоты, резонанс наступает при определенной резонансной частоте ω_0:

$$\frac{1}{\omega_0 C} = \omega_0 L; \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

При заданной частоте ω резонанс напряжений может быть достигнут изменением L и C.

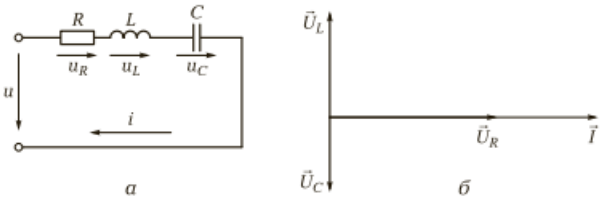


Рис. 4.10. Цепь переменного тока при резонансе напряжения:
а — электрическая схема; *б* — векторная диаграмма

При заданной частоте ω резонанс напряжений может быть достигнут изменением L и C. Рис. 4.10. Цепь переменного тока при резонансе напряжения:а — электрическая схема; б — векторная диаграмма

Когда цепь не настроена в резонанс, ее полное сопротивление

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}.$$

При резонансе напряжений в рассматриваемой цепи, когда $X_L = X_C$, ее полное сопротивление

$$Z = \sqrt{R^2} = R.$$

Запомните

□□ Полное сопротивление цепи при резонансе напряжений равно активному сопротивлению R.

□□ Угол сдвига фаз ϕ между током и напряжением при резонансе равен нулю. Это значит, что ток и напряжение совпадают пофазе (как в цепи с активным сопротивлением).Уменьшение полного сопротивления цепи приводит к тому, что сила тока в ней возрастает. Напряжение генератора переменного тока, включенного в цепь, расходуется на активном сопротивлении:

$$U_R = IR.$$

Напряжение на индуктивности и емкости определяется согласно закону Ома. В связи с тем что в последовательно соединенных сопротивлениях протекает одинаковый ток и при резонансе индуктивное сопротивление XL = XC, напряжения на индуктивности и емкости тоже равны:

$$U_L = U_C = IX_L = IX_C = I\omega L = \frac{I}{\omega C}.$$

Векторная диаграмма для рассматриваемой цепи при резонансе напряжения приведена на рис. 4.10, б. На векторной диаграмме видно, что напряжения на индуктивности и емкости равны, сдвинуты по фазе друг относительно друга на 180° и взаимно компенсируются. Если одновременно увеличить оба реактивных сопротивления XLи XC, не нарушая при этом условия резонанса XL = XC, то соответственно возрастут оба частичных напряжения ULи UC,а сила тока вцепи при этом не изменится. Таким образом, можно получить UL и UC во много раз большие, чем напряжение U на зажимах цепи, поэтому резонанс напряжений — опасное явление для энергетических установок. В электроустановках большой мощности резонанс напряжений,

В электроустановках большой мощности резонанс напряжений, который может наступить внезапно, например при изменении емкостного сопротивления, может привести к опасным перенапряжениям и рассматривается как аварийный. Втехнике связи и

автоматике явление резонанса напряжений широко используют для настройки приемных и передающих устройств на определенную частоту.

Пример 4.5. В цепь переменного тока включены последовательно активное сопротивление R = 3 Ом, индуктивность L = 0,005 Гн и емкость C = 63,5 мкФ. Генератор, включенный в цепь, вырабатывает переменное напряжение U = 2,5 В с резонансной частотой f = 285 Гц. Определить индуктивное и емкостное сопротивления, полное сопротивление цепи, ток, протекающий в цепи, напряжения на емкости и индуктивности.

Решение

Индуктивное сопротивление

$$X_L = \omega L = 2\pi fL = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 285 \cdot 0{,}005 = 8{,}9 \text{ Ом}.$$

Емкостное сопротивление

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1\,000\,000}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 285 \cdot 63{,}5} = 8{,}9 \text{ Ом}.$$

Индуктивное сопротивление равно емкостному, следовательно, в цепи наступает резонанс напряжения.

Полное сопротивление цепи при резонансе напряжения

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{3^2 + (8{,}9 - 8{,}9)^2} = 3 \text{ Ом}.$$

Сила тока в цепи

$$I = \frac{U}{R} = \frac{2{,}5}{3} = 0{,}83 \text{ А}.$$

Напряжение на индуктивности

$$U_L = IX_L = 0{,}83 \cdot 8{,}9 = 7{,}4 \text{ В}.$$

Напряжение на емкости

$$U_C = IX_C = 0{,}83 \cdot 8{,}9 = 7{,}4 \text{ В}.$$

Как видно из представленного примера, в режиме резонанса напряжения на индуктивности и емкости равны и превышают напряжение генератора.

Контрольные вопросы

1. Что называется резонансом напряжений?
2. Чему равно полное сопротивление цепи при резонансе напряжений?
3. Чему равен угол сдвига фаз ϕ между током и напряжением при резонансе напряжений?
4. Какую опасность представляет резонанс напряжений в технике?

Практические задания

1. Электрическая цепь (см. рис. 4.10, а) имеет следующие параметры: U = 100 В, R = 10 Ом, XL = 20 Ом. Определите напряжение на конденсаторе при резонансе.
2. Электрическая цепь (см. рис. 4.9, а) имеет следующие параметры: U = 200 В, R = 100 Ом, XL = XC = 20 Ом. Найдите ток в цепи.
3. При частоте 50 Гц сопротивление XL в четыре раза меньше XC (см. схему рис. 4.10, а). Установите, как надо изменить частоту напряжения питания, чтобы в цепи возник резонанс.

Резонанс токов.В цепи переменного тока, в которой индуктивность L, емкость C и сопротивление R соединены параллельно (рис. 4.11, а), может возникнуть резонанс токов при условии равенства реактивных сопротивлений:
XL = XC. Ток при резонансе достигает минимального значения I = U/R, а cosϕ = 1, т.е. достигает своего максимального значения.
Значение резонансной частоты определяется формулой

$$\boxed{X_L = X_C.}$$

Ток при резонансе достигает минимального значения $I = U/R$, а cosφ = 1, т. е. достигает своего максимального значения.

Значение резонансной частоты определяется формулой

$$\boxed{\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.}$$

Из формулы следует, что, изменяя величину емкости или индуктивности контура, можно изменять (регулировать) частоту свободных колебаний, т. е. настраивать контур на определенную частоту.

Векторная диаграмма изображена на рис. 4.11, *б* в режиме резонанса токов.

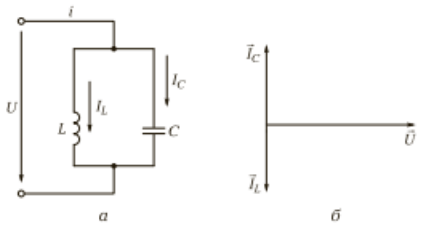


Рис. 4.11. Цепь переменного тока при резонансе тока:
а — электрическая схема; *б* — векторная диаграмма

Из формулы следует, что, изменяя величину емкости или индуктивности контура, можно изменять (регулировать) частоту свободных колебаний, т.е. настраивать контур на определенную частоту. Векторная диаграмма изображена на рис. 4.11, б в режиме резонанса токов.

Свободные электрические колебания, возникающие в колебательном контуре, всегда затухающие. Затухание колебаний в контуре объясняется тем, что при прохождении электрического тока в контуре энергия тратится на нагревание провода, из которого изготовлены индуктивная катушка и соединительные провода.

Потеря энергии в контуре вызывает постепенное уменьшение амплитуды свободных колебаний и их полное прекращение. Скорость затухания колебаний в контуре связана с потерей энергии в нем и зависит от сопротивления контура.

Запомните

□□ Токи в ветвях, содержащих L и C, при резонансе тока могут быть больше общего тока цепи.

□□ Индуктивный и емкостной токи противоположны по фазе, равны по значению и по отношению к источнику энергии взаимно компенсируются, т.е. идет обмен энергией между индуктивной катушкой и конденсатором.

□□ Реактивная мощность цепи при резонансе токов равна нулю, поскольку равны и противоположно направлены токи IL и IC. Иными словами, реактивная мощность, потребляемая в индуктивной катушке, равна реактивной мощности, генерируемой в конденсаторе.

В результате резонанса токов общий ток в цепи может быть относительно мал, а в ветвях индуктивности и емкости, где происходят электрические колебания, переменный ток значительно больше общего.

Задачи.

1. Цепь с последовательно соединенным конденсатором и активным сопротивлением включают в сеть постоянного тока напряжением 140 В. Как распределится напряжение на участках цепи? Почему?
2. При частоте источника 50 Гц активное сопротивление равно по значению емкостному сопротивлению. Затем частота источника изменилась и стала равна 100 Гц. Как изменится сдвиг фаз между током и напряжением?
3. Определить напряжение сети, которое необходимо приложить к зажимам конденсатора, чтобы в нем протекал ток в 5 А, если активное сопротивление конденсатора 6 Ом, а емкостное сопротивление конденсатора 8 Ом. Построить векторную диаграмму на основе исходных данных.
4. Определить ток, проходящий через конденсатор, емкостное сопротивление которого 5 Ом, а активное сопротивление равно 1 Ом, если напряжение сети переменного тока равно 12 В.
5. Напряжение на зажимах цепи с последовательно соединенными активным сопротивлением и конденсатором 141 В. Определить падение напряжения на активном сопротивлении, падение напряжения на емкости при нулевой частоте источника.
6. Как изменится сдвиг фаз между током и напряжением, если и активное, и емкостное сопротивления цепи переменного тока увеличатся в 2 раза?
7. Конденсатор емкостью C = 0,35 мФ включен в сеть с действующим значением напряжения 220 В и частотой 50 Гц. Найдите действующее значение силы тока, протекающего через конденсатор. Изобразите напряжение и силу тока на векторной диаграмме.
8. Конденсатор емкостью 10 мкФ обладает активным сопротивлением 10 Ом. При каком значении частоты переменного тока емкостное сопротивление конденсатора будет в 10 раз больше его активного сопротивления.

Контрольные вопросы.

1. При каких условиях возникает резонанс токов?
2. От чего зависит скорость затухания колебаний в контуре?
3. Чему равна реактивная мощность цепи при резонансе токов?
4. Физический смысл емкостного сопротивления.
5. В чем выражается действие емкости, включенной в сеть переменного тока?

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Форма работы
4. Задание.
5. Анализ результатов.
6. Вывод по работе

Литература.

1. Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с.

Практическое занятие № 19 Расчет основных параметров цепи синусоидального переменного тока..

Цель работы: исследовать основные свойства электрической цепи переменного тока с последовательным и параллельным соединением активного сопротивления, индуктивности и емкости.

Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения основные способы расчета электрической цепи.
2. Познакомиться с примерами расчетов.
3. На основе примеров выполнить задачи.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

Цепь переменного тока с активным, индуктивным и емкостным сопротивлениями При расчетах цепей переменного тока, так же как и цепей постоянного тока, используют законы Ома и Кирхгофа. Отличие в применении этих законов заключается в том, что в цепях переменного тока необходимо учитывать углы сдвига фаз между токами и напряжениями.

Цепь переменного тока, в которую включены последовательно активное сопротивление R, индуктивность L, обладающая индуктивным сопротивлением XL, и емкость C, имеющая емкостное сопротивление XC, изображена на рис. 4.8, а.

Под действием переменного напряжения u в этой цепи протекает переменный ток i. Согласно закону Ома определим падения напряжения на каждом элементе цепи:

UR = IR; UL = IXL; UC = IXC.

Эти падения напряжения имеют соответствующие углы сдвига фаз по отношению к общему току цепи I .Построим векторную диаграмму тока и напряжений для рассматриваемой цепи (рис. 4.8, б). Так как сопротивления соединены последовательно, то в них протекает одинаковый ток. Отложим по горизонтали в выбранном масштабе вектор тока I . В цепи с активным сопротивлением ток и напряжение совпадают по фазе, поэтому вектор напряжения UR откладываем по вектору тока I . Напряжение на индуктивности опережает ток на угол ϕ = 90°. Поэтому вектор ULоткладываем вверх под углом 90° к вектору тока I . В цепи с емкостью, наоборот, напряжение отстает от тока на угол ϕ = 90°, поэтому вектор UC откладываем на диаграмме вниз под углом 90° к вектору тока I .Рис. 4.8.

Цепь переменного тока с последовательно включенными сопротивлением, индуктивностью и емкостью:

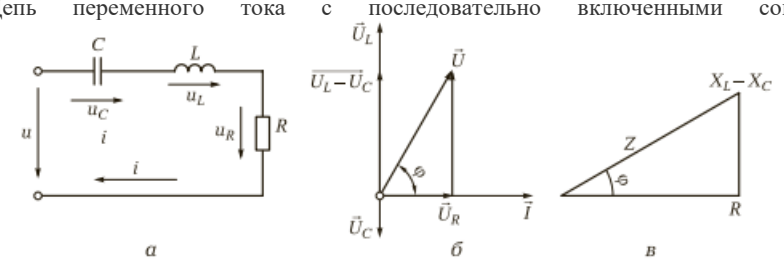


Рис. 4.8. Цепь переменного тока с последовательно включенными сопротивлением, индуктивностью и емкостью:

а — электрическая схема; *б* — векторная диаграмма; *в* — треугольник сопротивлений

Для определения общего напряжения, приложенного к зажимам цепи, сложим векторы $\vec{U}_L$ и $\vec{U}_C$. Для этого вычтем из большего вектора $\vec{U}_L$ вектор $\vec{U}_C$ и получим вектор $(\vec{U}_L - \vec{U}_C)$, выражающий векторную сумму этих двух напряжений. Теперь сложим векторы $(\vec{U}_L - \vec{U}_C)$ и $\vec{U}_R$.

Суммой этих векторов будет диагональ параллелограмма — вектор $\vec{U}$, являющийся общим напряжением на зажимах цепи:

$$U = \sqrt{U_R + (U_L - U_C)^2} = I\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}.$$

Полное сопротивление цепи переменного тока, содержащей активное, индуктивное и емкостное сопротивления,

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2};$$

$$Z = \frac{U}{I}.$$

Полная проводимость цепи:

$$Y = \frac{1}{Z}.$$

Угол сдвига фаз между током и напряжением цепи определяется тригонометрическими функциями:

$$\cos\varphi = \frac{U_R}{U} = \frac{R}{Z};$$

$$\sin\varphi = \frac{U_L - U_C}{U} = \frac{X_L - X_C}{Z}.$$

Если $X_L > X_C$, то вектор напряжения $\vec{U}$ опережает вектор тока $\vec{I}$, а если $X_L < X_C$, то $\vec{U}$ отстает от тока $\vec{I}$.

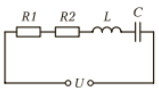
Треугольник сопротивлений изображен на рис. 4.8, *в*.

Пример 4.4. В электрическую цепь, приведенную на рисунке, с напряжением $U = 220$ В последовательно включены: резистор с активным сопротивлением $R_1 = 5$ Ом, индуктивная катушка L с активным сопротивлением $R_2 = 3$ Ом и индуктивным сопротивлением $X_L = 4$ Ом, конденсатор C с емкостным сопротивлением $X_C = 10$ Ом. Определить ток в цепи и напряжение на отдельных элементах цепи. Нарисовать векторную диаграмму.

Решение

Определяем общее сопротивление:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(5+3)^2 + (10-4)^2} = 10 \text{ Ом}.$$



Ток в цепи

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А}.$$

77

Напряжение на отдельных элементах цепи:

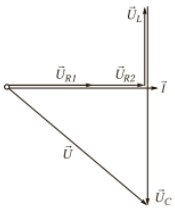
$$U_{R_1} = IR_1 = 22 \cdot 5 = 110 \text{ В};$$

$$U_{R_2} = IR_2 = 22 \cdot 3 = 66 \text{ В};$$

$$U_L = IX_L = 22 \cdot 4 = 88 \text{ В};$$

$$U_C = IX_C = 22 \cdot 10 = 220 \text{ В}.$$

Векторная диаграмма приведена на рисунке ниже.



Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из двух приемников, подключенных параллельно к зажимам источника синусоидального напряжения $u = U_m \sin \omega t$ (рис. 4.9, *а*). В первом приемнике включены последовательно элементы *R1* и *L*, во втором соответственно *R2* и *C*. Оба приемника находятся под действием одного общего напряжения *u*. Запишем выражения для мгновенных значений токов для первой и второй ветви:

$$i_1 = I_{1m} \sin(\omega t - \varphi_1);$$

$$i_2 = I_{2m} \sin(\omega t + \varphi_2).$$

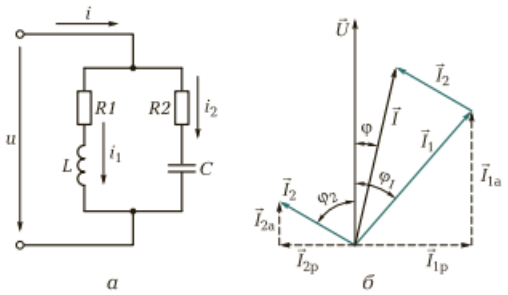


Рис. 4.9. Цепь переменного тока с параллельно соединенными элементами: *а* — электрическая схема; *б* — векторная диаграмма

водимостью

$$g_1 = \frac{R_1}{Z_1^2}.$$

Ветвь с реактивной составляющей характеризуется реактивной проводимостью b_L. Для первой ветви реактивная проводимость

$$b_L = \frac{\omega L}{R_1^2 + (\omega L)^2}.$$

Реактивная проводимость b_L не является величиной, обратной реактивному сопротивлению, так как при ее определении учитывается и активное сопротивлении ветви. Полная проводимость ветви

$$Y_1 = \sqrt{g_1^2 + b_L^2}.$$

Контрольные вопросы

Какие законы используют при расчете цепей переменного тока?

В чем состоит принципиальное отличие расчета цепей переменного тока от расчета цепей постоянного тока?

Практические задания

1. Рассчитайте напряжение, которое необходимо приложить к зажимам индуктивной катушки, чтобы в ней протекал ток 2 А, если активное сопротивление катушки R = 6 Ом, а индуктивное сопротивление XL = 8 Ом.

Постройте векторную диаграмму напряжений.

2. Падение напряжения на активном сопротивлении индуктивной катушки UR = 36 В. Общее напряжение на ее зажимах U = 60 В. Определите угол сдвига фаз между током и напряжением в цепи.

3. Вычислите полное сопротивление электрической цепи переменного тока, состоящей из активного сопротивления R = 10 Ом, конденсатора с емкостным сопротивлением XC = 8 Ом и индуктивностью с индуктивным сопротивлением XL = 6 Ом.

4. Определите общее сопротивление электрической цепи переменного тока, состоящей из индуктивной катушки с индуктивностью L = 10 мГн и конденсатора емкостью C = 5 мкФ. Частота переменного тока в электрической цепи f = 50 Гц.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Форма работы
4. Задание.
5. Анализ результатов.
6. Вывод по работе

Литература.

Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с

Практическое занятие №20
Коэффициент мощности в цепи переменного тока

Цель работы: изучение коэффициента мощности и его влияние на работу электрических цепей переменного тока.

Теоретические сведения.

$$\frac{P}{S} = \cos\varphi.$$

Таким образом, $\cos\varphi$ является ***коэффициентом мощности переменного тока***.

Чтобы судить о том, какая часть полной мощности расходуется как активная (полезная) мощность и какая часть является реактивной (бесполезной) мощностью, следует разделить активную мощность (P) на полную (S). Из треугольника мощностей видно, что это отношение характеризуется косинусом угла сдвига фаз между током и напряжением в данной цепи:

Таким образом, cosϕ является коэффициентом мощности переменного тока.

В цепи переменного тока с активным сопротивлением ток и напряжение совпадают по фазе и угол сдвига фаз ϕ = 0, соответственно cosϕ = 1, активная мощность для такой цепи будет равна полной мощности. В данном случае вся мощность генератора используется для полезной работы. Угол сдвига фаз ϕ между током и напряжением зависит от соотношения между активным и реактивным сопротивлениями, включенными в электрическую цепь. Увеличение активного сопротивления приводит к уменьшению угла сдвига фаз, а следовательно, к возрастанию косинуса этого угла и увеличению коэффициента мощности. Индуктивная нагрузка, подключенная в цепь, наоборот, увеличивает угол сдвига фаз и тем самым понижает коэффициент мощности.

Причиной низкого коэффициента мощности может быть работа электродвигателей станков или машин вхолостую; недогрузка станка, связанная с тем, что на станке большой мощности обрабатываются мелкие детали; неправильный выбор мощности двигателя, устанавливаемого на станке; низкое качество ремонта двигателя; плохая смазка и т.д.

При нормальной нагрузке двигателя его коэффициент мощности составляет 0,83—0,85. При холостом ходе двигателя его коэффициент мощности понижается и составляет 0,1—0,3.

Для повышения коэффициента мощности параллельно к индуктивной нагрузке подключают конденсаторы. Емкостное сопротивление этих конденсаторов подбирают с таким расчетом, чтобы оно было примерно равно индуктивному сопротивлению. При этом емкостный ток будет также примерно равен индуктивному току. В этом случае угол сдвига фаз между током и напряжением уменьшается, а коэффициент мощности возрастает до 0,85—0,9.

Пример 4.7. Полная мощность электротехнической установки S == 800 В·А. Ваттметр, измеряющий активную часть мощности, показывает, что она равна 720 Вт. Определить коэффициент мощности cosϕ.

Решение

Коэффициент мощности

0,9. Это означает, что 90 % полной мощности расходуется в виде активной мощности на полезную работу, а 10 % обусловлены наличием реактивной бесполезной мощности.

Пример 4.8. Произвести расчет электрической цепи переменного тока,

Пример 4.8. Произвести расчет электрической цепи переменного тока, в которую включена индуктивная катушка, обладающая индуктивным сопротивлением $X_L = 30$ Ом и активным сопротивлением $R = 40$ Ом. Напряжение на зажимах индуктивной катушки 120 В. Определить:

1) полное сопротивление цепи;
2) силу тока в индуктивной катушке;
3) коэффициент мощности;
4) угол сдвига фаз между током и напряжением;
5) полную, активную и реактивную мощности.

Решение

1. Полное сопротивление цепи

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L} = \sqrt{40^2 + 30^2} = 50 \text{ Ом}.$$

2. Сила тока в цепи

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{120}{50} = 2{,}4 \text{ А}.$$

3. Коэффициент мощности

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{40}{50} = 0{,}8.$$

Если $\cos\varphi = 0{,}8$, то угол сдвига фаз $\varphi = 36°$.

4. Полная мощность

$$S = UI = 2{,}4 \cdot 120 = 288 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

5. Активная мощность

$$P = S\cos\varphi = UI\cos\varphi = 2{,}4 \cdot 120 \cdot 0{,}8 = 230{,}4 \text{ Вт}.$$

Реактивная мощность

$$Q = S\sin\varphi = UI\sin\varphi = 2{,}4 \cdot 120 \cdot 0{,}6 = 172{,}8 \text{ вар}.$$

Контрольные вопросы

1. От каких величин зависит полная мощность генератора переменного тока?
2. Что называется коэффициентом мощности?
3. Что является причиной низкого коэффициента мощности?
4. Какие меры необходимо принять для повышения коэффициента мощности?

Практические задания

1. На распределительном щите установлены три прибора: амперметр,вольтметр и ваттметр. Показания амперметра — 40 А, вольтметра — 110 В, ваттметра — 4 кВт. Определите Z, R, XL, S, Q, P, cosϕ, UL, UR.
2. Рассчитайтеток,потребляемыйоднофазнымдвигателеммощностью5кВт,если он включен в сеть 120 В, а его коэффициент мощности — 0,8.
3. На электростанции установлен генератор однофазного переменного тока мощностью 200 кВ· А, напряжением 100 В. Найдите активную мощность, отдаваемую генератором в сеть, при коэффициентах мощности: 1; 0,8; 0,6; 0,4; 0,2. Объясните полученные результаты.
4. На паспорте двигателя написано: U =120В, I =5 А, cosϕ=0,8. Определите активное, индуктивное и полное сопротивления обмотки двигателя.
5. Однофазный электродвигатель, включенный в сеть 120 В, потребляет ток 2 А. Коэффициент мощности двигателя равен 0,85. Вычислите активную и полную мощности, забираемые двигателем из сети

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

19. Название работы.
20. Цель работы.
21. Форма работы
22. Задание.
23. Анализ результатов.
24. Вывод по работе

Литература.Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с

Практическое занятие №21

Изучение получения трехфазного переменного тока и его особенностей. Принцип получения трехфазной ЭДС.

Цель работы: изучение цепей трехфазного тока

Теоретические сведения

Общие понятия и определения В промышленности наибольшее распространение получили трехфазные электрические системы как наиболее простые и экономичные для передачи электрической энергии на дальние расстояния с наименьшими потерями.Заслуга открытия трехфазного тока и его первого практического применения принадлежит талантливому русскому инженеруэлектрику М.О.Доливо-Добровольскому (1862—1913). Он создал первые генераторы и двигатели трехфазного тока, получившие широкое распространение. Современная электрификация также многим обязана этому замечательному русскому изобретателю.Трехфазная цепь представляет собой совокупность трех электрических цепей, в которых действуют синусоидальные ЭДС одной и той же частоты, синхронизированные таким образом, что их начальные фазы отличаются на угол Ψ = 2π/3 = 120°.Каждую отдельную цепь трехфазной системы называют фазой.Временна́я диаграмма таких ЭДС eA, eB, eC приведена на рис. 4.13, а, а их векторная диаграмма — на рис. 4.15, б. В симметричной трехфазной системе сумма мгновенных значений ЭДС в любой момент времени равна нулю:

Применяются следующие обозначения фазы: А или а — начало, Х или х — конец фазы (прописные буквы относятся к источнику, а строчные — к нагрузке). Всю фазу называют фазой А, следующие — фазы В и С.

Запомните

Трехфазная система ЭДС называется симметричной, если ЭДС синусоидальны, их частота и амплитуда одинаковы и ЭДС каждой фазы смещены относительно друг друга на угол 2π/3.

Временна́я диаграмма таких ЭДС e_A, e_B, e_C приведена на рис. 4.13, *а*, а их векторная диаграмма — на рис. 4.15, *б*.

В симметричной трехфазной системе сумма мгновенных значений ЭДС в любой момент времени равна нулю:

$$e_A + e_B + e_C = 0.$$

То же и для действующих значений векторов ЭДС:

$$\vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C = 0.$$

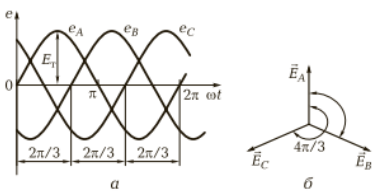


Рис. 4.13. Трехфазная симметричная система:
а — графики мгновенных значений ЭДС; *б* — векторная диаграмма

Электроприемники (нагрузка) и обмотки источников электрической энергии (генераторы) в трехфазных системах могут быть соединены по схеме «звезда» — Y или «треугольник» — Δ.

Схемы соединения обмоток трехфазного генератора. При соединении фаз генератора по схеме «звезда» (рис. 4.14, *а*) концы фаз объединяют в одну точку *N*, которая называется ***нулевой***, или ***нейтральной***. Нагрузку можно подключать к зажимам: *N* — *A*; *N* — *B*; *N* — *C* или *A* — *B*; *B* — *C*; *C* — *A*.

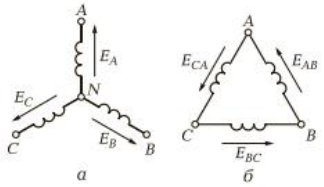


Рис. 4.14. Схемы соединения фаз генератора:
а — по схеме «звезда»; *б* — по схеме «треугольник»

89 | 90

Запомните

Трехфазная система ЭДС называется симметричной, если ЭДС синусоидальны, их частота и амплитуда одинаковы и ЭДС каждой фазы смещены относительно друг друга на угол 2π/3.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой трехфазная цепь?
2. Какая трехфазная система переменного тока называется симметричной?
3. Как называется каждая из цепей трехфазной системы?

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Форма работы
4. Задание.
5. Анализ результатов.
6. Вывод по работе

Литература.

1. Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с.

Практическое занятие №22

Изучение свойств соединения «треугольником» в цепях трехфазного тока.

Цель работы: изучить основные методы расчета основных параметров электрической цепи. Выполнить расчет предложенной электрической цепи.

Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения основные способы расчета электрической цепи.
2. Познакомиться с примерами расчетов.
3. На основе примеров выполнить задачи.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

Электродвижущие силы E_A, E_B, E_C называются ***фазными***, а E_{AB}, E_{BC} и E_{CA} — ***линейными***.

В симметричной трехфазной системе соотношение между фазными и линейными ЭДС имеют вид

$$E_л = \sqrt{3}E_ф.$$

При соединении фаз источника по схеме «треугольник» нагрузку подключают к его вершинам (рис. 4.14, *б*). При этом линейные и фазные ЭДС и напряжения оказываются равными:

$$E_ф = E_л; \quad U_ф = U_л.$$

Такое соединение возможно лишь при симметричном источнике. В этом случае фазы образуют замкнутый контур, ток в котором отсутствует. Практически невозможно выполнить все обмотки одинаковыми, т. е. система ЭДС всегда несимметрична. В ней появляется уравнительный ток, что нежелательно, поэтому обмотки генератора (за редким исключением) соединяют «звездой».

Приемники электрической энергии могут быть соединены в «треугольник» и «звезду». Обычно задается значение линейного напряжения источника. Стандартом предусмотрена шкала линейных напряжений: 127, 220, 380, 500, 660 В и т. д. Каждое из них в $\sqrt{3}$ раза больше предыдущего.

При соединении фаз нагрузки в «треугольник» (рис. 4.16) объединяют зажимы *a*, *b* и *c*. Здесь I_A, I_B, I_C — линейные, I_{ab}, I_{bc}, I_{ca} — фазные токи нагрузки; U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} — напряжения фаз нагрузки.

При симметричной нагрузке векторы линейных напряжений и токов образуют равносторонний треугольник и связь между линейными и фазными токами определяется соотношением

$$I_л = \sqrt{3}I_ф.$$

На практике в трехфазную цепь наиболее часто включают несколько приемников, которые могут быть соединены как в «звезду», так и в «треугольник».

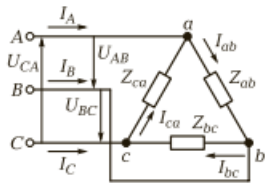


Рис. 4.16. Соединение фаз нагрузки в «треугольник»

92

Задачи.

1. Потребитель трехфазного тока с несимметричной нагрузкой включен по схеме треугольник в сеть с линейным напряжением 380 В. В каждой фазе потребителя включены последовательно активное и индуктивное сопротивления, величины которых равны:
   Фаза A R1=8 Ом, X_{L1} = 4 Ом
   Фаза B R2 = 2 Ом, X_{L2} = 6 Ом
   Фаза C R3 = 3 Ом X_{L3} = 5 Ом.
   Определить активную мощность потребителя.
2. Линейный ток 80 А, определить фазный ток, если симметричная нагрузка соединена треугольником.
3. Линейный ток равен 2,2 А. Рассчитать фазный ток, если симметричная нагрузка соединена треугольником.
4. Лампы накаливания с номинальным напряжением 220 В включают в трехфазную цепь с линейным напряжением 220 в. Определить схему соединения ламп.

Контрольные вопросы.

1. Расшифровать численное значение:

1) 1мА, 100кВ, 10МА, 50 мОм, 25 мкА; 2) 360 кВ, 30 мкОм, 100 мВ, 1000 мОм, 200 кА.

2. Перечислите основные соотношения между фазными и линейными токами и напряжениями трехфазной электрической цепи при соединении треугольником.

3. Изобразите схему соединения треугольником с указаниями на схеме основных параметров.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

7. Название работы.
8. Цель работы.
9. Форма работы
10. Задание.
11. Анализ результатов.
12. Вывод по работе

Литература.

2. Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с.

Практическое занятие №23

Изучение соединения «звездой» в цепях трехфазного тока. Четырех – и трех- проводная цепи. Роль нулевого провода.

Цель работы: изучить основные методы расчета основных параметров электрической цепи. Выполнить расчет предложенной электрической цепи.

Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения основные способы расчета электрической цепи.
2. Познакомиться с примерами расчетов.
3. На основе примеров выполнить задачи.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения.

Соединение фаз нагрузки в «звезду» и «треугольник». Если объединить концы фаз генератора и концы фаз нагрузки в общую точку (рис. 4.15), то получим трехфазную ***четырехпроводную*** систему (так включают осветительные и бытовые приборы, однофазные двигатели и т.д.) или ***трехпроводную*** (трехфазные двигатели, индукционные печи и др.).

Провода, соединяющие генератор с нагрузкой, называются ***линейными***. Провод, соединяющий нейтральные точки источника и нагрузки, называются ***нейтральным***.

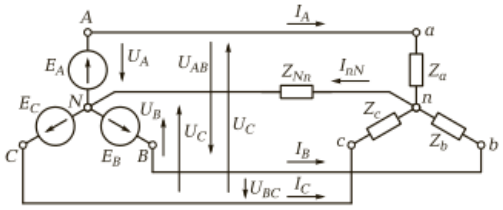


Рис. 4.15. Трехфазная четырехпроводная система

Для четырехпроводной системы (см. рис. 4.15), где приемники включены между нейтральным проводом и каждым из линейных проводов, можно записать:

$$I_л = I_ф;$$

$$U_л = \sqrt{3}U_ф.$$

Задачи.

1. Трехфазный потребитель с симметричной нагрузкой имеет активное сопротивление 6 Ом и индуктивное сопротивление 8 Ом в каждой фазе. Линейное напряжение 220 В. Определить мощность потребителя, если он соединен звездой.
2. Линейное напряжение 380 В, определить фазное напряжение, если симметричная нагрузка соединена звездой.
3. Линейный тока равен 2,2 А. Рассчитать фазный ток, если симметричная нагрузка соединена звездой.
4. В симметричной трехфазной цепи линейное напряжение равно 220 В, линейный ток 5 А, коэффициент мощности 0,8. Определить активную мощность.

Контрольные вопросы.

1. Расшифровать численное значение:
1) 1мА, 100кВ, 10МА, 50 мОм, 25 мкА; 2) 360 кВ, 30 мкОм, 100 мВ, 1000 мОм, 200 кА.

2. Перечислите основные соотношения между фазными и линейными токами и напряжениями трехфазной электрической цепи при соединении звездой.

3. Изобразите схему соединения звездой с указаниями на схеме основных параметров.

4. Значение нулевого провода в четырехпроводной трехфазной электрической цепи , соединенной по схеме «звезда с нулевым проводом».

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Форма работы
4. Задание.
5. Анализ результатов.
6. Вывод по работе

Литература.

1. Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с.

Практическое занятие №24
Выбор схем соединения осветительной и силовой нагрузок при включении их в трехфазную сеть.

Цель работы: изучить основные правила выбора схем осветительной и силовой нагрузок при включении их в трехфазную сеть

Форма работы: работа с информационными источниками и технической литературой.
Теоретические сведения:

Нагрузка в трехфазной цепи может быть следующей.

1. ***Неоднородной*** и ***неравномерной***, если сопротивления фаз нагрузки различны по характеру (аргументу) и значению (модулю):

$$Z_a \neq Z_b \neq Z_c; \quad \varphi_a \neq \varphi_b \neq \varphi_c.$$

2. ***Равномерной***, если сопротивления фаз равны по модулю, но отличаются по характеру:

$$Z_a = Z_b = Z_c; \quad \varphi_a \neq \varphi_b \neq \varphi_c.$$

3. ***Однородной***, если сопротивления фаз нагрузки одинаковы по характеру (аргументу), но отличаются по значению (модулю):

$$Z_a \neq Z_b \neq Z_c; \quad \varphi_a \neq \varphi_b \neq \varphi_c.$$

4. ***Симметричной***, если сопротивления фаз одинаковы по значению и модулю:

$$Z_a = Z_b = Z_c; \quad \varphi_a = \varphi_b = \varphi_c.$$

Запомните
□□ Приемники и обмотки источников электрической энергии
в трехфазных системах могут быть включены «звездой» и «треугольником».
□□ Каждую отдельную цепь трехфазной системы называют фазой.
□□ Расчет симметричной трехфазной системы при равномерной нагрузке сводится к расчету одной фазы независимо от наличия нейтрального провода.
□□ Соединение фаз «треугольником» выгодно отличается от соединения фаз «звездой» тем, что изменение нагрузки одной фазы не отражается на работе двух других фаз при условии, что сопротивление линейных проводов практически мало.
Контрольные вопросы

1. Как соединяются приемники и обмотки источников электрической энергии в трехфазных системах?
2. Как классифицируется нагрузка в трехфазной цепи?
3. Что называется фазой цепи трехфазного тока?
4. Каково соотношение между фазным и линейным напряжениями при соединении «звездой»?
5. Каково соотношение между токами в линейном проводе и нагрузке при соединении фаз «треугольником»?

Форма отчета: составление сводной таблицы по основным правилам включения осветительной и силовой нагрузки в трехфазную сеть. Вычерчивание электрических принципиальных схем подклюсения с поямнением и обоснованием, вычерчивание монтажной схемы. Поясняющие технические рисунки.
Литература:
Данилов И.И. Основы электротехники; М., ВЫСШАЯ ШКОЛА, 2005.

Практическая работа №25

Изучение конструкции однофазного трансформатора и принципа его работы.

Цель работы: изучение устройства и принципа действия однофазного трансформатора,

Теоретические сведения.

Трансформатором называется статическое электромагнитное устройство, предназначенное для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения.

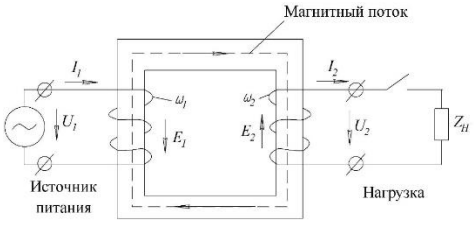


Рис. 1. Схема конструкции трансформатора

Схема конструкции простейшего трансформатора приведена на рис. 1. На замкнутом ферромагнитном сердечнике расположены две обмотки. К одной обмотке, называемой первичной, подводится электрическая энергия, от другой – вторичной обмотки – энергия отводится к приемнику (нагрузке). Все величины, относящиеся к этим обмоткам (токи, ЭДС и т. д.), называются соответственно первичными или вторичными. Одним из основных конструктивных параметров трансформатора является коэффициент трансформации. Он равен отношению числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной:

$$K_{тр} = \frac{W_1}{W_2}, \quad K_{тр} = \frac{E_1}{E_2}$$

и, следовательно, он определяет отношение ЭДС

/Принцип действия и устройство трансформатора/

Трансформатором называется статический (без движущихся частей) электромагнитный аппарат, преобразующий переменный ток одного напряжения в переменный ток той же частоты, но другого напряжения. Трансформаторы используют в системах передачи и распределения электроэнергии, а также для получения различных уровнейнапряжения на производстве и в быту. Их применение обеспечивает экономичную передачу электроэнергии к потребителям, передача ведется при повышенном напряжении, что позволяет уменьшить сечение проводов линий электропередачи (ЛЭП) и потери мощности в них.30 ноября 1876 г. — дата получения патента русским ученымизобретателем П.Н.Яблочковым, считается датой рождения первого трансформатора. Это был трансформатор с разомкнутым сердечником, представлявшим собой стержень, на который наматывались обмотки. Первые трансформаторы с замкнутыми сердечниками были созданы в Англии в 1884 г. братьями Джоном и Эдуардом Гопкинсон.По назначению трансформаторы делятся на силовые и специального назначения (измерительные, сварочные, согласующие и др.). Силовые трансформаторы бывают одно- и трехфазные, повышающие и понижающие. Условные графические обозначения трансформаторов даны на рис. 6.1.Трансформатор состоит из стального замкнутого магнитопровода и двух или нескольких индуктивно связанных между собой обмоток. Магнитопровод необходим для усиления электромагнитной свя зи между обмотками. Схематическое устройство двухобмоточного трансформатора представлено на рис. 6.2.Внешний вид однофазного трансформатора представлен на рис. 6.3.Обмотка, включенная в сеть источника электрической энергии, называется первичной; обмотка, от которой электрическая энергия подается к приемнику, — вторичной. Для уменьшения потерь от вихревых токов магнитопровод трансформатора собирают из листов электротехнической стали толщиной 0,35 или 0,5 мм. Листы изолируют друг от друга лаком, тонкой бумагой или слоем окалины, получаемой за счет специальной металлургической обработки их поверхностей. Листы обычно собирают «внахлест», т.е. с перекрытием зазоров. Это позволяет обеспечить высокую магнитную проводимость магнитопровода и ограничить пути для прохождения вихревых токов.Обмотки трансформаторов обычно выполняют в виде цилиндрических катушек из медных или алюминиевых изолированных друг от друга проводов круглого или прямоугольного сечения. Обмотка, соединенная с сетью более высокого напряжения, называется обмоткой высшего напряжения (ВН), а другая — обмоткой низшего напряжения (НН). Действие трансформатора основано на явлении электромагнитной индукции. Принцип действия трансформатора рассмотрим на примере однофазного двухобмоточного трансформатора (см. рис. 6.2). В трансформаторе имеются две индуктивно связанные обмотки: первичная с числом витков w1 и вторичная с числом витков w2. При подключении первичной обмотки к источнику переменного напряжения U1 по ней будет протекать ток I1, который возбудит в сердечнике трансформатора переменный магнитный поток Ф. Этот поток, пронизывая витки обмоток трансформатора, будет индуцировать в них ЭДС E1 и E2, величина которых зависит от числа витков обмоток (w1 и w2), амплитуды магнитного потока и частоты его изменения. Если вторичную обмотку замкнуть на какой-либо приемник электрической энергии Z, то по этой обмотке и через приемник Z будет протекать ток I2. Электрическая энергия, трансформируясь, передается из первичной цепи во вторичную цепь. Действующие значения ЭДС, индуцируемые в первичной и вторичной обмотках трансформатора, определяются следующими выражениями:

E1 ≅ 4,44w1fФ;

E2 ≅ 4,44w2fФ,

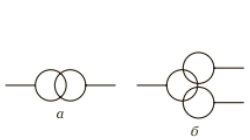


Рис. 6.1. Условные графические обозначения трансформаторов: *а* — двухобмоточного; *б* — трехобмоточного

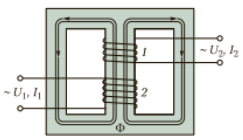


Рис. 6.2. Схематическое устройство трансформатора: *1* — первичная обмотка; *2* — вторичная обмотка

Рис. 6.3. Внешний вид однофазного трансформатора

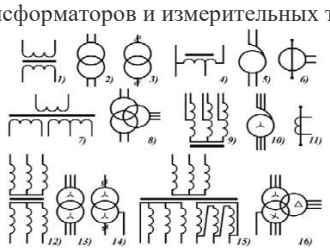
Рис. 6.3. Внешний вид однофазного трансформатора где w1, w2 — число витков первичной и вторичной обмоток соответственно; f — частота тока; Ф — амплитуда магнитного потока в сердечнике. Потоки рассеяния и падения напряжения в сопротивлениях обмоток трансформатора достаточно малы, поэтому приближенно можно считать, что напряжения на зажимах первичной U1 и вторичной U2 обмоток равны ЭДС этих обмоток, т.е. U1 ≈ E1 и U2 ≈ E2.

При холостом ходе трансформатора (отсутствии нагрузки на выходе) оба напряжения практически не отличаются по величине от соответствующих ЭДС. Отношение напряжений на зажимах первичной и вторичной обмоток трансформатора при холостом ходе называется коэффициентом трансформации и обозначается буквой k:

k=U1/U2=e1/e2=w1/w2

Таким образом, если в трансформаторе первичная и вторичная обмотки имеют различное число витков, то при включении первичной обмотки в сеть переменного тока с напряжением U1 на зажимах вторичной обмотки возникает напряжение U2, не равное напряжению U1. Если число витков вторичной обмотки меньше числа витков первичной, то в той же мере напряжение на зажимах вторичной обмотки меньше напряжения первичной обмотки и трансформатор является понижающим. Если же число витков вторичной обмотки больше числа витков первичной, то и напряжение вторичной обмотки больше напряжения первичной и трансформатор окажется повышающим.

На рисунке показаны условные обозначения однофазных двухобмоточных (1, 2, 3) и многообмоточных (7, 8) трансформаторов, а также трёхфазных трансформаторов (12, 13, 14, 15, 16). Здесь же показаны обозначения однофазных (4, 5) и трёхфазных (9, 10) автотрансформаторов и измерительных трансформаторов напряжения (6) и тока (11).



Практические задания

1. Однофазный трансформатор включен в сеть220В. Первичная обмотка трансформатора имеет 800 витков, вторичная — 40. Вычислите коэффициент трансформации и напряжение на вторичной обмотке.
2. Рассчитайте напряжение сети, в которую можно включить однофазный трансформатор с напряжением на вторичной обмотке 400 В и коэффициентом трансформации 20,5.
3. Определите амплитуду магнитной индукции в магнитопроводе трансформатора, если число витков в первичной обмотке w1 = 800, напряжение U1 = 440 В, площадь сечения магнитопровода S = 18 см2, частота переменного тока f = 50 Гц

Контрольные вопросы:

1. Какой электротехнический прибор называется трансформатором?
2. В чем состоит принцип работы трансформатора?
3. Какова область применения трансформаторов?
4. На каком явлении основано действие трансформатора?
5. Какие меры принимают для уменьшения вихревых токов в магнитопроводе трансформатора?

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Задание.

Литература.

Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с

Лабораторная работа №26

Изучение режимов работы однофазного трансформатора

Цель работы: изучить основные режимы работы однофазного трансформатора.

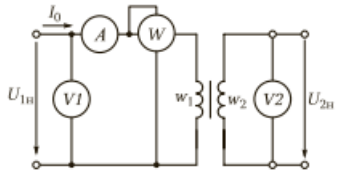
Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить режимы работы трансформатора.
2. Правила проведения опыта холостого хода, опыта короткого замыкания. Цель проведения ..
3. На основе примеров выполнить задачи.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

Задачи.

Опыт холостого хода и короткого замыкания. Основными способами испытания трансформатора являются опыт холостого хода и опыт

Рис. 6.4. Схема опыта холостого хода трансформатора



короткого замыкания. При опыте холостого хода трансформатора
(рис. 6.4) его вторичная обмотка разомкнута и тока в этой обмотке нет (I2 = 0), а первичная обмотка включена в сеть источника электрической энергии переменного тока. В таких условиях в первичной обмотке протекает ток холостого хода I0, который представляет собой малую величину по сравнению с номинальным током трансформатора. В трансформаторах больших мощностей ток холостого хода может достигать значений порядка 5—10 % номинального тока, в трансформаторах малых мощностей — 25—30 % номинального тока. Ток холостого хода I0 создает магнитный поток в магнитопроводе трансформатора. Для возбуждения магнитного потока трансформатор потребляет реактивную мощность из сети. Активная мощность, потребляемая трансформатором при холостом ходе, расходуется на покрытие потерь мощности в магнитопроводе, называемых потерями на гистерезис и потерями на вихревые токи. Так как реактивная мощность при холостом ходе трансформатора значительно больше активной мощности, то коэффициент мощности (cosϕ) достаточно мал и обычно равен 0,2—0,3. По данным опыта холостого хода трансформатора определяют:

- силу тока холостого хода I0;
- потери в стали магнитопрвода на гистерезис и вихревые токи Рст;
- коэффициент трансформации k.

Сила тока холостого хода I0 измеряется амперметром, включенным в цепь первичной обмотки трансформатора.
Потери в стали магнитопровода Рст измеряются ваттметром, включенным в цепь первичной обмотки трансформатора. Это делается на том основании, что потери в проводниках первичной обмотки вследствие малой силы тока холостого хода незначительны и ими можно пренебречь и считать, что при холостом ходе вся мощность затрачивается только на потери в стали.Коэффициент трансформации трансформатора определяется отношением показаний вольтметров, включенных в цепь первичной и вторичной обмоток. При опыте короткого замыкания вторичная обмотка трансформатора замкнута накоротко, т.е. напряжение на зажимах вторичной обмотки равно

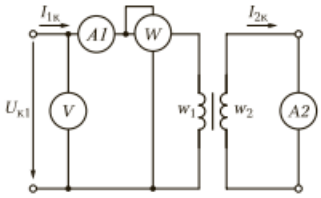


Рис. 6.5. Схема опыта короткого замыкания трансформатора

нулю (рис. 6.5). Следует различать короткое замыкание в условиях эксплуатации и опыта. В условиях эксплуатации короткое замыкание — аварийный режим, при котором в трансформаторе выделяется большое количество теплоты и создаются большие механические усилия, способные его разрушить.
Опыт короткого замыкания производят при таком первичном напряжении, чтобы значения токов I1 и I2 обмоток трансформатора не превышали номинальных. Такое пониженное напряжение называется напряжением короткого замыкания. Обычно оно составляет 5—10 % номинального значения. По данным опыта короткого замыкания определяют напряжение короткого замыкания, потери на нагревание обмоток трансформатора при номинальной нагрузке Роб, активное реактивное и полное сопротивления трансформатора при коротком замыкании.

Практические задания

1. При опыте холостого хода однофазного трансформатора замерены напряжения на первичной обмотке U1 = 36 В и на вторичной U2 = 220 В при частоте в сети 50 Гц. Определите коэффициент трансформации трансформатора, потребляемую мощность Р1, число витков на первичной и вторичной обмотках, если максимальный магнитный поток в сердечнике трансформатора составляет 0,001 Вб.
2. Однофазный трансформатор номинальной мощностью S = 20 кВ·А включен в сеть с напряжением 220 В и частотой 50 Гц. При холостом ходе трансформатора напряжение на зажимах вторичной обмотки U2х = 24 В. Определите коэффициент трансформации и число витков в первичной и вторичной обмотках, если максимальный магнитный поток в сердечнике трансформатора составляет 0,002 Вб.
3. В опыте короткого замыкания трансформатора измерены: потребляемая мощность Рк = 50 Вт, токи в первичной и вторичной цепях I1к = 10 А, I2к = 2,5 А. В опыте холостого хода того же трансформатора измерены потребляемая мощность Рх = 15 Вт, напряжение питания U1 = 120 В. Определите КПД трансформатора при номинальной нагрузке и коэффициент трансформации.

Контрольные вопросы.

1. Какие параметры трансформатора определяют по данным опыта холостого хода?
2. Какие параметры трансформатора определяют по данным опыта короткого замыкания?
3. Какую мощность измеряет ваттметр, включенный в первичную обмотку при холстом ходе трансформатора?
4. Что показывает ваттметр, включенный в цепь первичной обмотки трансформатора в опыте короткого замыкания?
5. Способы борьбы с вихревыми токами в сердечниках трансформатора.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Практические задания
4. Ответы на контрольные вопросы.

Литература. Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с

Практическая работа №27
Автотрансформаторы.

Цель работы: изучить режимы работы автотрансформатора

Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить теоретический материал.
2. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретический материал

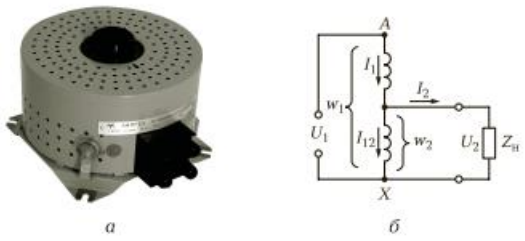
Автотрансформаторы

В конструктивном отношении автотрансформатор подобен трансформатору (рис. 6.10, а). На стальном магнитопроводе помещаются две обмотки, выполненные из проводников различного поперечного сечения. Конец одной обмотки электрически соединяется с началом другой так, что две последовательно соединенные обмотки образуют общую обмотку высшего напряжения. Обмоткой низшего напряжения, являющейся частью обмотки высшего напряжения, служит одна из двух обмоток автотрансформатора. Таким образом, между обмотками высшего и низшего напряжения автотрансформатора имеется не только магнитная, но и электрическая связь (рис. 6.10, б). Электроэнергия в автотрансформаторах передается не только

электромагнитным путем, но и за счет непосредственной электрической связи между обмотками. Напряжения и токи в автотрансформаторе связаны теми же соотношениями, как и в обычном трансформаторе:Токи I1 и I2 противоположны по фазе, поэтому в общей части обмотки w2 протекает ток I12 = I2 − I1.

Для всей передаваемой мощности, называемой проходной, можно записать:

$$S = U_2I_2 = U_2(I_1 + I_{12}) = U_2I_1 + U_2I_{12} = S_э + S_p,$$



а *б*

Рис. 6.10. Автотрансформатор:
а — внешний вид; *б* — принципиальная схема

S = U2I2 = U2(I1 + I12) = U2I1 + U2I12 = Sэ + Sp,

где Sэ — мощность, передаваемая из обмотки w1 в обмотку w2 благодаря электрической связи; Sp — расчетная мощность, передаваемая магнитным путем.Расчетная мощность определяет размеры магнитопровода и, так как она составляет лишь часть проходной, при изготовлении автотрансформатора можно использовать магнитопровод меньшего сечения, чем при создании обычного трансформатора той же мощности. Это позволяет экономить сталь.Преимуществом автотрансформатора перед трансформатором той же полезной мощности является меньший расход активных материалов — обмоточного провода и стали магнитопровода, меньшие потери энергии, более высокий КПД, меньшее изменение напряжения при изменениях нагрузки.Однако наряду с преимуществами автотрансформаторов перед трансформаторами они имеют существенные недостатки:

□□ малое сопротивление короткого замыкания, что обусловливает большую кратность тока короткого замыкания, т.е. он во много раз больше номинального тока;

□□ возможность перехода высшего напряжения в сеть низшего напряжения в результате наличия электрической связи между этими сетями;

□□ наличие электрической связи между сетью источника и приемника энергии, что делает невозможным применять автотрансформатор в случае, когда приемник энергии имеет заземленный полюс (в выпрямительных устройствах);

□□ опасность поражения током лиц, пользующихся распределительной сетью. Кроме того, обе цепи (первичная и вторичная) должны быть одинаково изолированы по отношению к земле, что ведет к удорожанию сети. Преимущества автотрансформаторов тем значительнее, чем их коэффициент трансформации ближе к единице, поэтому автотрансформаторы применяют при небольших коэффициентах трансформации (k = 1—2).

Запомните

□□ Электроэнергия в автотрансформаторах передается не только электромагнитным путем, но и за счет непосредственной электрической связи обмоток.

□□ Преимущества автотрансформаторов существенны лишь при малых коэффициентах трансформации.

Практические задания

1 Автотрансформатор включен в сеть с напряжением U1 == 220 В. Напряжение на вторичных зажимах U2 = 180 В, ток нагрузи I2 = 10 А. Обмотка имеет 600 витков. Определить коэффициент трансформации автотрансформатора, ток, потребляемый из сети, и число витков, к которым подсоединена нагрузка.

1. Автотрансформатор мощностью10кВ·А, напряжением 220/200В имеет числовитковпервичнойобмотки110.Определитекоэффициент трансформации автотрансформатора, число витков вторичной обмотки, ток в первичной обмотке и ток, отдаваемый автотрансформатором в нагрузку.

2. Автотрансформатор имеет КПД 96 %, включен в сеть напряжением 127 В. В его вторичной обмотке протекает ток 8 А при напряжении 140 В. Найдите ток в первичной обмотке и на общей части витков автотрансформатора.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит существенное отличие автотрансформатора от трансформатора?
2. Какая мощность определяет размер магнитопровода автотрансформатора?
3. Каковы достоинства и недостатки автотрансформаторов?

Практическая работа №28

Устройство и принцип работы асинхронного двигателя.

Цель работы: изучить конструкцию трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором..

Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить особенности конструкции и принцип работы асинхронного двигателя.
2. Вращающееся магнитное поле.
3. Короткозамкнутый ротор.
4. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
5. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретический материал

Принцип действия асинхронного двигателя рассмотрим на модели, представленной на рис. 7.6.

Сердечники статора и ротора образуют магнитную цепь асинхронной машины. Обмотка статора подключается к трехфазной сети, и токи, обтекая обмотку статора, возбуждают магнитное поле
машины. Оно замыкается через сталь ротора и таким путем сцепляется с обмоткой ротора.

Магнитное поле, возбужденное трехфазной системой токов, вращается в плоскости осей индуктивных катушек статора. Вращение поля создается поочередным изменением трех обра-
зующих его полей фазных обмоток статора, поэтому скорость вращения поля пропорциональна частоте переменного тока f и

$$n_1 = \frac{60f}{p}.$$

определяется по следующей формуле:

Если на статоре размещены три индуктивные катушки, то вращающееся поле, возбуждаемое их токами, делает один оборот в секунду. При стандартной частоте 50 Гц число оборотов такого поля в минуту n1 = f·60 = 3 000 об/мин. (Чем больше катушек на статоре, тем больше полюсов имеет вращающееся поле и тем медленнее оно вращается). Вращающееся магнитное поле статора,
пересекая обмотку ротора, индуктирует в ее проводниках ЭДС, а так как обмотка ротора

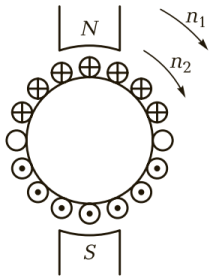


Рис. 7.6. К принципу действия асинхронного двигателя

замкнута, то индуктируемые в ней ЭДС создают в этой обмотке пропорциональные им токи ротора. Последние, взаимодействуя с вращающимся магнитным полем машины, заставляют ротор вращаться вслед за полем. Ротор двигателя вращается с асинхронной скоростью n2, меньшей, чем синхронная скорость вращения поля n1. Разность скоростей вращения поля и ротора характеризуется

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100.$$

скольжением

Скольжение асинхронной машины, работающей в режиме двигателя, изменяется от нуля до единицы. В момент пуска двигателя, когда скорость ротора n2 = 0, скольжение S = 1, или 100 %.

При холостом ходе n2 ≈ n1, скольжение S ≈ 0. Скольжение асинхронного двигателя в зависимости от нагрузки меняется незначительно (1—6 %). Чем больше мощность двигателя, тем меньше его
скольжение.

Задачи.

Пример 7.1. Определить скольжение в процентах для шестиполюсного асинхронного двигателя, если ротор делает 960 об/мин, частота тока $f = 50$ Гц.

Решение

Скорость вращения поля

$$n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1\,000 \text{ об/мин}.$$

Тогда скольжение

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100 = \frac{1\,000 - 960}{1\,000} = 4\ \%.$$

Скольжение S характеризует скорость пересечения обмоток ротора вращающимся магнитным полем.

Для изменения направления вращения ротора, т. е. для реверсирования двигателя, необходимо изменить направление вращения магнитного поля, создаваемого обмоткой статора. Это достигается переключением двух фаз, т. е. двух из трех проводов, соединяющих обмотку статора с сетью.

! Запомните

- Если ротор вращается с частотой вращения n_2, равной частоте вращения магнитного поля ($n_2 = n_1$), т. е. синхронно с полем, то такая частота вращения называется синхронной.

- Если частота вращения ротора не равна частоте вращения магнитного поля ($n_2 \neq n_1$), то такая частота вращения называется асинхронной.
- Асинхронный двигатель развивает вращающий момент только при асинхронной частоте. Частота вращения ротора может мало отличаться от частоты вращения магнитного поля, но принципиально важно, что при работе двигателя она будет всегда меньше ($n_2 < n_1$) частоты вращения поля.
- Для реверсирования двигателя, т. е. для изменения направления вращения ротора, необходимо изменить направление вращения магнитного поля, созданного обмоткой статора. Это можно сделать изменением последовательности фаз обмоток статора. Реверсивные двигатели снабжаются переключателями, с помощью которых можно изменять чередование фаз обмоток статора, а следовательно, и направление вращение ротора.

Задачи.

1. Принцип действия асинхронных двигателей.
2. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Основные характеристики. Особенности конструкции. Изучить и записать.
3. Режимы работы асинхронного двигателя.
4. Скольжение.
5. Определить скольжение в процентах для шестиполюсного асинхронного двигателя, если ротор его делает 960 об/мин.
6. Причины высокого значения пускового тока у асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором
7. Вращающий момент асинхронного двигателя.
8. Пуск асинхронного двигателя.
9. Регулирование скорости вращения. Реверсирование и торможение асинхронных двигателей.
10. Область применения асинхронных двигателей.

Контрольные вопросы.

1. Какая электрическая машина называется асинхронной?
2. Что такое вращающееся магнитное поле?
3. Принцип действия асинхронных двигателей.
4. Асинхронный двигатель. Основные характеристики. Особенности конструкции. Изучить и записать.
5. От чего зависит вращающий момент асинхронного двигателя?
6. Что называется скольжением асинхронного двигателя и как его определить?
7. Что подразумевается под устойчивым словосочетанием «беличья клетка» применительно к асинхронным двигателям?

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Форма работы
4. Задание.
5. Анализ результатов.
6. Вывод по работе

Литература.

Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с

Практическая работа №29
Режимы работы асинхронного двигателя.

Цель работы: изучить режимы работы асинхронного двигателя

Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить теоретический материал.
2. Предоставить отчет о выполнении преподавателю
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретический материал

Пуск асинхронных двигателей В момент пуска двигателя n2 = 0, т.е. скольжение S = 1. Токи в обмотках ротора и статора зависят от скольжения и возрастают при его увеличении. Пусковой ток двигателя будет в 5—8 раз больше его номинального тока:Iпуск = (5—8)Iн.

Из-за большой частоты ЭДС ротора асинхронные двигатели имеют ограниченный пусковой момент: Мпуск = (0,8—1,8)Мн.

Для пуска в ход асинхронного двигателя необходимо, чтобы развиваемый им пусковой момент превышал момент нагрузки на валу. В зависимости от мощности источников питания и условий пуска используют разные способы пуска, которые преследуют цели уменьшения пускового тока и увеличения пускового момента.Различают следующие способы пуска в ход асинхронных двигателей: прямое включение в цепь, пуск при пониженном напряжении, реостатный пуск, использование двигателей с улучшенными пусковыми свойствами.

Прямое включение в сеть. Это самый простой и самый дешевый способ пуска. На двигатель вручную или с помощью дистанционного управления подается номинальное напряжение. Прямое включение в сеть допускается, когда мощность двигателя не превышает 5 % мощности трансформатора, если от него пит ается и осветительная сеть. Ограничение по мощности объясняется бросками тока в момент пуска, что приводит к снижению напряжения на зажимах вторичных обмоток трансформатора. Если от трансформатора не питается осветительная сеть, то прямое включение в сеть можно применять для двигателей, мощность которых не превышает 25 % мощности трансформатора.

Пуск при пониженном напряжении. Этот способ применяют при пуске в ход мощных двигателей, для которых недопустимо прямое включение в сеть. Для понижения подводимого к обмотке статора напряжения используют дроссели и понижающие автотрансформаторы. После пуска в ход на обмотку статора подается напряжение сети. Понижение напряжения производят в целях уменьшения пускового тока, но одновременно происходит уменьшение пускового момента. Если напряжение при пуске понизить в 3 раз, то пусковой момент понизится в три раза, поэтому этот способ пуска можно применять только при отсутствии нагрузки на валу, т.е. в режиме холостого хода. Если, согласно паспортным данным, двигатель должен включаться в сеть по схеме «треугольник», то для снижения пускового тока на время пуска в ход обмотку

статора включают по схеме «звезда». Основные недостатки этого способа пуска: высокая стоимость пусковой аппаратуры и невозможность пуска с нагрузкой на валу.

Реостатный пуск. Этот способ применяют при тяжелых условиях пуска, т.е. при большой нагрузке на валу. Для реостатного пуска используют асинхронные двигатели с фазным ротором, в цепь ротора включается пусковой реостат. Реостатный пуск служит для увеличения пускового момента. Одновременно происходит уменьшение пускового тока двигателя. По мере разгона двигателя пусковой реостат выводится и после окончания пуска обмотка ротора оказывается замкнутой накоротко.

Схема реостатного пуска и механические характеристики при этом пуске представлены на рис. 7.9.

В момент пуска в ход (см. рис. 7.9, а) в цепь ротора введен полностью пусковой реостат (Rпуск3 = Rпуск1 + Rпуск2), для чего контакты реле К1 и К2 разомкнуты. При этом двигатель будет запускаться по характеристике 3 (см. рис. 7.9, б) под действием пускового момента Мпуск.

При заданной нагрузке на валу и введенном реостате Rпуск3 разгон закончится в точке А. Для дальнейшего разгона двигателя нужно замкнуть контакты К1, при этом сопротивление пускового реостата снизится до Rпуск2 и разгон будет продолжаться по характеристике 2 до точки В. При замыкании контактов К2 пусковой реостат будет полностью выведен (Rпуск = 0) и окончательный разгон двигателя будет продолжаться по его естественной механической характеристике 1 и закончится в точке С.

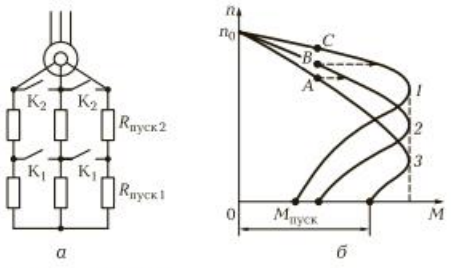


Рис. 7.9. Асинхронный двигатель:
а — схема реостатного пуска; *б* — механические характеристики двигателя при реостатном пуске

Тормозные режимы асинхронных машин. При работе многих производственных механизмов возникает необходимость в быстрой остановке (торможении) двигателя. Для этой цели широко используются механические тормоза, но асинхронная машина может сама выполнять функции тормозного устройства, работая в одном из тормозных режимов. При этом механические тормоза используются как запасные или аварийные, а также для удержания механизма в неподвижном состоянии.

Различают три тормозных режима асинхронных машин:

1) генераторное торможение;

2) динамическое торможение;

3) торможение противовключением.

Генераторное торможение. Машина переходит в режим генератора, если ротор начнет вращаться быстрее магнитного поля. Этот режим может наступить при регулировании скорости вращения увеличением числа пар полюсов или уменьшением частоты источника питания, а также в подъемно-транспортных машинах при опускании груза, когда под действием силы тяжести груза ротор начинает вращаться быстрее магнитного поля. В режиме генератора изменяется направление электромагнитного момента, т.е. он становится тормозным, под действием чего происходит быстрое снижение скорости вращения. Одновременно изменяется фаза тока в обмотке статора, что приводит к изменению направления передачи электрической энергии. В режиме генератора происходит возврат

энергии в сеть. Одно из достоинств генераторного торможения у асинхронных машин заключается в том, что переход в режим генератора происходит автоматически, как только ротор начинает вращаться быстрее магнитного поля. Это защищает асинхронные двигатели от аварийной ситуации, которая может наступить у двигателей постоянного тока. Асинхронные двигатели не могут пойти в разнос.

Максимальная частота вращения ротора ограничивается частотой вращения магнитного поля.

Генераторное торможение является самым экономичным режимом, так как происходит преобразование механической энергии в электрическую и возврат энергии в сеть. Одно из достоинств этого тормозного режима состоит в его самопроизвольном появлении, т.е. не требуется никакая контролирующая аппаратура.

Динамическое торможение. Этот тормозной режим используется для точной остановки мощных двигателей. На время торможения обмотка статора отключается от сети переменного напряжения и подключается и источнику с постоянным напряжением. При этом обмотка статора будет создавать постоянное неподвижное магнитное поле. При вращении ротора относительно этого магнитного поля изменяется направление ЭДС и тока ротора, что приведет к изменению направления электромагнитного момента, т.е. он станет тормозным. Под действием этого момента происходит торможение. Изменяя величину подведенного к обмотке статора напряжения, можно регулировать время торможения.Основным достоинством этого тормозного режима является точная остановка. Постоянное напряжение можно подводить к обмотке статора только на время торможения. После остановки двигатель нужно отключить от сети постоянного тока.

Основные недостатки динамического торможения: необходим источник постоянного тока и неэкономичность.

Торможение противовключением. Этот тормозной режим возникает при реверсе двигателя, а также широко используется для быстрой остановки двигателя. Для торможения двигателя нужно изменить порядок чередования фаз, т.е. переключить две фазы. Достоинством этого тормозного режима является быстрое торможение, так как тормозной момент действует на всем тормозном пути.

Недостатки: большие токи и потери в обмотках при торможении, необходима аппаратура, контролирующая скорость вращения и отключающая двигатель от сети при его остановке.

Если в приводе механизма двигатель часто работает в режиме реверса, приходится завышать его мощность из-за больших потерь мощности.

Регулирование частоты вращения асинхронного двигателя. Число оборотов ротора в минуту определяется следующим выражением:

$n2 = n1 (S-1) = 60f (1-S)/p$

Из выражения видно, число оборотов ротора асинхронного двигателя можно регулировать изменением любой из трех величин: f1, p, S. Регулирование частоты вращения асинхронного двигателя с помощью изменения частоты тока сети возможно на базе полупроводниковой техники. При таком регулировании частота вращения изменяется плавно. Изменение числа полюсов электрической машины возможно, если на статоре выполнено несколько (обычно две) обмоток с различным числом полюсов или одна обмотка, допускающая переключения на различное число полюсов. При изменении числа полюсов обмотки статора изменится скорость вращения его магнитного поля, а следовательно, и частота вращения ротора двигателя. Этот способ регулирования является достаточно экономичным, но недостаток его состоит в ступенчатом изменении частоты вращения двигателя. Кроме того, стоимость такого двигателя возрастает вследствие усложнения обмотки статора и увеличения габаритных размеров машины. Регулирование частоты вращения этим способом применяется в двигателях с короткозамкнутым ротором. Изменение скольжения можно получить путем введения в цепь обмотки ротора регулирующего реостата. Регулирующий реостат включается в цепь обмотки фазного ротора подобно пусковому, но в отличие от пускового этот реостат рассчитывается на длительную нагрузку током. Этот способ регулирования частоты вращения асинхронных двигателей имеет ряд существенных недостатков: дополнительные потери в реостате, малый диапазон регулирования. Асинхронные двигатели являются наиболее распространенными среди электрических двигателей и выпускаются со стандартизованными номинальными значениями синхронных частот вращения для промышленной частоты сети 50 Гц: 3 000; 1 500; 1 000; 750; 375; 300; 250; 187,5; 166,6; 150; 125; 100 об/мин.

Контрольные вопросы.

1. Режимы работы асинхронного двигателя. Рабочий режим асинхронного двигателя.
2. Скольжение. Формула для определения скольжения.
3. Способы пуска асинхронного двигателя.
4. Область применения асинхронных двигателей.
5. Каковы преимущества и недостатки асинхронных двигателей и область их применения.
6. Каковы тормозные режимы асинхронных машин?
7. Какой из тормозных режимов асинхронных машин является самым экономичным?
8. В чем состоят недостатки режима торможения противовключением?
9. Какие способы регулирования частоты вращения асинхронного двигателя вам известны?
10. В чем состоят недостатки способа регулирования частоты вращения с помощью регулирующего реостата?
11. Можно ли менять число полюсов асинхронной машины и если можно, то к чему это приведет?
12. В каком типе асинхронных двигателей используется способ регулирования частот путем изменения числа полюсов?

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Задание.
3. Ответы на контрольные вопросы

Литература.

Осинцев И.А. "Электротехника для локомотивных бригад", 2018 г., 416 с

Электронный ресурс