

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ
(образован в 1953г)**

Кафедра Информационных технологий

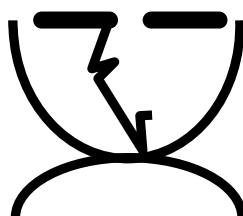
*Дистанционное
обучение*

Информ.-3.03.22.02. зчн. плн.
Информ.-3.03.22.02. зчн. скр.
Информ.-4.03 21.02. зчн. плн.
Информ.-4.03 21.02. зчн. скр.
Информ.-3.03 17.06. зчн. плн.
Информ.-3.03 17.06. зчн. скр.
Информ.-3.03 07.02. зчн. плн.
Информ.-3.03 07.02. зчн. скр.
Информ.-4.03 27.13. зчн. плн.
Информ.-4.03 27.13. зчн. скр.

Иноземцев И.М., Гаврилюк Я.Д., Иванов О.А.

**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА,
ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
И ЭЛЕКТРОНИКА**

*Рабочая программа, методические документы, тематика
контрольных работ*



www.msta.ru

Москва 2004

УДК.6.21.317.

© “Электротехника и электроника”, “Общая электротехника и электроника”.
Рабочая программа, методические документы, тематика контрольных работ.
–М., МГУТУ, 2004

Рабочая программа, методические документы, тематика контрольных работ для
студентов 2 и 3 курсов спец. 2202, 1706, 0702, 2102, 2713 заочной формы обу-
чения.

Авторы: Иноземцев И.М. проф., д.т.н.
Гаврилюк Я.Д. доц., к.т.н.
Иванов О. А. доц., к.т.н.

Рецензент: проф. Попов А.А.
Редактор: Свешникова Н.И.

© Московский государственный университет технологий и управления. 2004г.
109004, Москва, Земляной вал, 73

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Общие указания по изучению дисциплины	4
1.1. Рабочая программа дисциплины	4
1.2. Рекомендованная литература	4
1.3. Организационно-методические данные	4
1.4. Цель преподавания дисциплины	3
1.5. Содержание рабочей программы	5
1.6. Учебная программа дисциплины согласно государственным стандартам по специальностям	6
2. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ	6
2.1. Требования к выполнению контрольных заданий	6
2.2. Оформление контрольной работы	7
3. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 1	8
Задача 1	8
Методические указания к задаче №1	8
Задача 2	10
Методические указания к задаче №2	11
Задача 3	15
Методические указания к задаче №3	15
Задача 4	18
Методические указания к задаче №4	20
Задача 5	21
Методические указания к задаче №5	22
4. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 2	23
Задача 6	23
Методические указания к задаче №6	24
Задача 7	24
Методические указания к задаче №7	25
Задача 8	27
Методические указания к задаче №8	27
Задача 9	30
Методические указания к задаче №9	30
Вопросы и задачи к экзамену	32
Приложение № 1	33
Приложение № 2	34
Приложение № 3	35
Приложение № 4	35
Приложение № 5	36
Приложение № 6	36

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.

1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучаемый курс имеет важнейшее значение в инженерной подготовке современного специалиста. Без знания электротехники и электроники инженер не может квалифицированно эксплуатировать современное оборудование и грамотно управлять технологическими процессами.

Работы, проводимые в лаборатории, позволяют изучить физические процессы и принципы действия электрических и электронных устройств, а также приобрести инженерные навыки по проведению и оформлению результатов эксперимента.

1.2.РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А.С.Касаткин, М.В.Немцов. Электротехника.- М.: Высшая школа, 2003
2. Электротехника и электроника в 3-х книгах под ред. В.Г. Герасимова.- М.: Энергоатомиздат, 1997...1999.
3. В.И.Карлащук. Электронная лаборатория на IBM PC.-М.: Солон-Р,2001.
4. Д.И. Панфилов и др. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench.-М.: Додэка,2000.
5. Электротехнический справочник, в 4-х томах, под ред. В.Г.Герасимова -М.; МЭИ, 1998...1999.

1.3. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

1.3.1. ЦЕЛЬ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- Изучение вопросов теории и практики использования в пищевых отраслях промышленности электротехнических и электронных устройств и установок.
- Изучение методов расчета электрических и электронных цепей.

В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ СТУДЕНТ ДОЛЖЕН:

ЗНАТЬ:

- теорию электромагнитных полей и электрических цепей;
- назначение и принцип действия трансформаторов;
- принципы построения автогенераторов и усилителей на транзисторах;
- принципы построения выпрямителей на полупроводниковых диодах;
- принципы построения электроприводов, управляемых микроконтроллерами;
- принципы работы средства измерения электрических и неэлектрических параметров технологических процессов;
- назначение и особенности построения интегральных микросхем;

УМЕТЬ:

- рассчитать трехфазные и однофазные электрические цепи переменного тока, состоящие из R,L,C – элементов;
- включать в трехфазную цепь потребители переменного тока;
- выбрать трансформатор для питания электроустановок;
- выбирать электродвигатель и другие элементы электропривода;
- пользоваться электроизмерительными приборами для измерения электрических и неэлектрических величин.

1.4. СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

1. **Введение.** Развитие электроэнергетики и электроники. Задачи комплексной автоматизации пищевой промышленности на основе достижений микроэлектроники и вычислительной техники. Перспективы развития микропроцессорной техники как базы научно-технического прогресса.

1 часть. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО И ПОСТОЯННОГО ТОКА

2. **Элементы электрических цепей.** Линейные, нелинейные, активные и пассивные элементы электрических цепей. Резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности. Полупроводниковые резисторы, выпрямительные диоды и стабилитроны. Тиристоры. Биполярные и полевые (униполярные) транзисторы. Основные параметры. Характеристики. Оптоэлектронные приборы. Датчики света: лампы накаливания и светодиоды. Приемники света: фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы.

3. **Однофазные цепи синусоидального тока.** Основные понятия и определения. Законы Ома и Кирхгофа. R, L, C-элементы в цепи переменного тока. Векторные диаграммы. Треугольник сопротивлений. Резонанс напряжений. Резонанс токов. Мощности в цепи синусоидального тока. Коэффициент мощности и его экономическое значение. Методы компенсации реактивной мощности.

4. **Трехфазные цепи.** Понятие о трехфазной системе электрических цепей. Получение трехфазного тока. Соединение звездой и треугольником. Свойство симметричных трехфазных цепей. Векторные диаграммы токов и напряжений. Мощность трехфазной цепи. Симметричный и несимметричный режим работы цепи.

2 часть. ЭЛЕКТРОНИКА.

5. **Электронные устройства на микросхемах и транзисторах.** Усилители электрических сигналов. Классификация и типы усилителей. Коэффициент усиления. Схемы включения транзисторов в усилительных каскадах. Обратная связь в усилителях. Усилители, выполненные на интегральных микросхемах. Операционные усилители. Автогенераторы. Импульсные устройства и логические схемы. Выпрямители. Стабилизаторы напряжения.

6. **Микропроцессоры.** Назначение микропроцессоров, их структурные схемы. Основные элементы микропроцессоров и микроЭВМ, их назначение и взаимодействие. Логические схемы И, ИЛИ, НЕ, ИЛИ-НЕ, И-НЕ на МДП и КМДП-интегральных схемах. Основные характеристики микропроцессоров, выпускаемых промышленностью и применяемых в пищевых машинах.

7. **Средства электрических измерений.** Измерение электрических величин. Основные метрологические понятия, погрешности измерений. Электронные измерительные приборы с цифровым отсчетом. Автоматические измерительные приборы. Измерительные трансформаторы.

3 часть. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ЭЛЕКТРОПРИВОД.

8. **ТРАНСФОРМАТОРЫ.** Назначение. Принцип действия. Режим холостого хода. Работа трансформатора под нагрузкой. Опыт короткого замыкания. Трехфазный трансформатор. Автотрансформатор.

9. **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.** Устройство и прин-

цип действия трехфазного асинхронного двигателя. Характеристики. Реверсирование двигателя. Пуск двигателя. Регулирование скорости. Устройство и принцип действия синхронных машин. Области применения. Тиристорный электропривод электродвигателей переменного тока.

10. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА. Устройство и принцип действия. Работа машин в режиме генератора и двигателя. Классификация машин по способу возбуждения. Реверсирование. Области применения двигателей постоянного тока.

11. ЭЛЕКТРОПРИВОД И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ. Основные понятия об электроприводе. Применение ЭВМ и микропроцессоров в системах управления электроприводами. Выбор двигателей. Схемы электроснабжения предприятий. Особенности электроснабжения предприятий пищевой промышленности. Рациональное использование электрических электроприводов.

1.5.УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИН СОГЛАСНО ГОСУДАРСТВЕННЫМ СТАНДАРТАМ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ

Основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей; теория линейных электрических цепей (цепи постоянного, синусоидального и несинусоидальных токов), методы анализа линейных цепей с двухполюсными и многополюсными элементами; трехфазные цепи; переходные процессы в линейных цепях и методы их расчета; нелинейные электрические и магнитные постоянного и переменного тока; переходные процессы в нелинейных цепях; аналитические и численные методы анализа нелинейных цепей; цифровые (дискретные) цепи и их характеристики; теория электромагнитного поля, электростатическое поле, стационарные электрические и магнитные поля; переменное электромагнитное поле; электромагнитное экранирование; численные методы расчета электромагнитных полей при сложных граничных условиях; современные пакеты прикладных программ расчета электрических цепей и электромагнитных полей на ЭВМ.

Схемы замещения, параметры и характеристики полупроводниковых приборов; усилительные каскады переменного и постоянного тока; частотные и переходные характеристики, обратные связи в усилительных устройствах; операционные и решающие усилители; активные фильтры; компараторы; аналоговые ключи и коммутаторы; вторичные источники питания; источники эталонного напряжения и тока; цифровой ключ; базовые элементы, свойства и сравнительные характеристики современных интегральных систем и элементов; методы и средства автоматизации схемотехнического проектирования электронных схем.

2. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

2.1. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Студенты выполняют контрольные работы в соответствии с учебными планами. При выполнении двух контрольных работ в первую входят задачи №1,2,3,4,5, а во вторую – №6,7,8,9. В случае, когда учебным планом предусмотрено выполнение одной работы, студенты решают задачи №1,4,6,7 и 8.

Данные каждой задачи приведены в двух таблицах. Номер варианта определяется двумя последними цифрами учебного шифра студента: по предпоследней цифре шифра выбирается для данной задачи строка в таблице, имеющей

нечетный номер, по последней цифре шифра для этой задачи выбирается строка в таблице, имеющей четный номер. Например, для шифра 236-2102-00 при решении задачи 4 выбираются данные, приведенные в 3 строке таблицы 7 и в 6 строке таблицы 8. При однозначном учебном шифре следует в таблице, имеющей нечетный номер, выбирать нулевую строку. Например, шифр 7-М-94 читать как 07-1706-00.

В задаче 2 данные необходимые для решения приведены в таблице 3, а схема выбирается по таблице-рисунку 5. По предпоследней цифре выбирается номер строки в таблице, по последней цифре – номер схемы. Например, для шифра 236-2102-00 выбираются данные таблицы 3, находящиеся в строке 3 и схема 6 таблицы- рисунка 5.

2.2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Перед решением каждой задачи должно быть записано полностью условие задачи и вычерчена заданная схема. Электрические величины должны записываться с соблюдением действующих стандартов. Обозначения электрических величин в тексте, формулах и на схемах и графиках должны быть согласованы. Схемы, диаграммы и графики должны выполняться на клетчатой бумаге с помощью чертежных инструментов, а не от руки.

3. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 1

ЗАДАЧА 1. К симметричной трехфазной сети с линейным напряжением U_l подключены потребители энергии \underline{Z}_a , \underline{Z}_b и \underline{Z}_c , каждый из которых имеет последовательно включенные активное сопротивление R , индуктивность L и емкость C (рис.1). При заданном включении рубильников, согласно данным таблицы 1, для параметров нагрузки, приведенных в таблице 2, необходимо:

1. Начертить исходную схему, показав на ней, какие рубильник замкнуты, какие разомкнуты.
2. Начертить схему, которая получилась для заданного варианта включения рубильников. Отсутствующие и неподключенные провода и элементы схемы не показывать.
3. Определить действующие значения токов и напряжений на всех участках цепи, считая сопротивления линейных проводов и сопротивление нулевого провода равными нулю.
4. По результатам расчета построить векторную диаграмму.

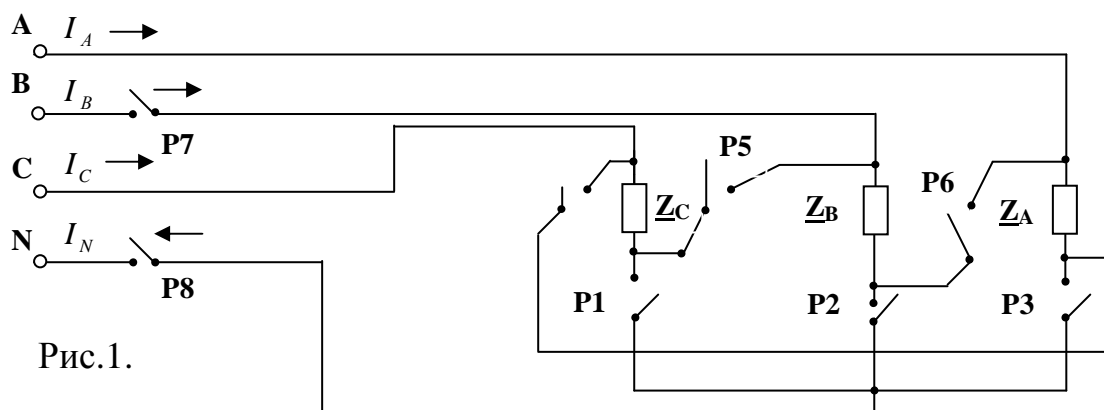


Рис.1.

ТАБЛИЦА 1

№ строки	Включены рубильники	Выключены рубильники
1	P1, P2,P4,P7,P8	P3,P5,P6
2	P2, P3,P5,P7,P8	P1, P4, P6
3	P1, P2, P3, P7, P8	P4, P5, P6
4	P4, P5, P6, P7	P1, P2, P3,P8
5	P4, P5, P6	P1, P2, P3, P7, P8
6	P1, P2, P3, P8	P4, P5, P6, P7
7	P4, P5, P7	P1, P2, P3, P6, P8
8	P2, P4, P5, P7, P8	P1, P3, P6
9	P1, P2,P4,P6	P3, P5, P7, P8
0	P1, P2, P3	P4, P5, P6, P7,P8

ТАБЛИЦА 2

№ строки	Источник энергии		Параметры нагрузки				
	Линейное напряжение $U_{л}$, В	Частота сети f , Гц	$R_A=R_B$, Ом	R_C , Ом	$L_A=L_B=L_C$, Гн	$C_A=C_B$, МкФ	C_C , мкФ
1	660	50	572	330	1,5915	18,7	2,97
2	380	100	165	95	0,7958	2,67	4,74
3	220	200	110	191	0,3979	2,57	1,3
4	42	500	10,5	18,5	0,0159	4,67	8,06
5	36	400	31,2	18	0,0199	12,4	4,9
6	36	50	15,6	9	0,1273	7,78	8,28
7	42	100	21	36,4	0,0637	439	26,1
8	220	400	55	95,3	0,1592	0,803	1,15
9	380	200	329	190	0,3183	3,79	1,09
0	660	500	115	286	0,1273	0,464	1,17

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ 1

Не во всех вариантах этой задачи цепь получается трехфазной, так оно часто и бывает – ведь подключаем же мы однофазные бытовые приборы к трехфазной сети жилого микрорайона. Поэтому следует начертить схему заданной цепи, не показывая на ней отвлекающие внимание неподключенные провода и элементы, имеющиеся в схеме рис.1. Например, если по заданию включены рубильники P1,P2,P4,P6, а остальные рубильники выключены, схема рис.1 упрощается и становится такой, как на рис.2.

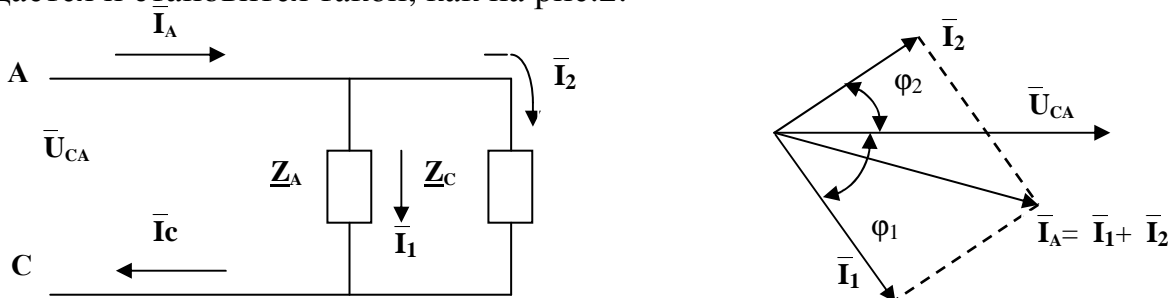


Рис.2

Начертив такую схему, легко увидеть, на какое напряжение включен тот или иной элемент. Так, в нашем случае два сопротивления Z_A и Z_C соединены параллельно и включены на линейное напряжение U_{CA} .

Полное сопротивление $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$, где значения реактивного сопротивления X определяется по заданной частоте f , индуктивности L и емкости C . При последовательном соединении L и C

$$X = X_L - X_C = 2\pi fL - 1/(2\pi fC).$$

Токи в сопротивлениях нагрузки находятся по закону Ома

$$I_1 = U_L / Z_A; \quad I_2 = U_L / Z_C.$$

В сопротивление Z_B (рис.1) ток равен нулю, т.к. это сопротивление не подключено к источнику энергии: рубильники $P5$ и $P7$ выключены и ток в этом сопротивлении протекать не может. Ток в линейном проводе A в данном случае равен току в линейном проводе C . На основании первого закона Кирхгофа эти токи равны геометрической сумме токов параллельно включенных ветвей.

$$I_A = I_C = I_1 + I_2$$

Токи в линейном проводе B и в нулевом проводе равны нулю, так как рубильники $P7$ и $P8$ разомкнуты.

Значения токов I_A и I_C могут быть определены графически из векторной диаграммы. Поскольку все графические методы расчетов не могут обеспечить высокую точность результатов, все вычисления при решении задач достаточно проводить с точностью $\pm 5\%$. При построении векторной диаграммы нужно помнить, что в активном сопротивлении векторы тока I и напряжения \bar{U} совпадают по направлению. При активно-индуктивной нагрузке ток отстает по фазе от напряжения на некоторый угол ϕ , а при активно-емкостной – ток опережает по фазе напряжение. Величины углов сдвига по фазе можно определить по значениям сопротивлений:

$$\phi = \arctg(X/R).$$

Рассмотрим другой пример решения задач. Пусть по условию задачи (данные табл.2) Z_A имеет активно-индуктивный характер, а Z_C – активно-емкостной. Построим векторную диаграмму. Выбираем масштабы для тока и для напряжения. В выбранном масштабе откладываем в произвольном направлении (например, горизонтально) вектор напряжения $\bar{U}_{CA} = \bar{U}_L$. В зависимости от характера нагрузки и от величины углов ϕ с соблюдением масштабов строим векторы токов \bar{I}_1 и \bar{I}_2 . Их геометрическая сумма дает вектор тока в линейном проводе (рис.2а).

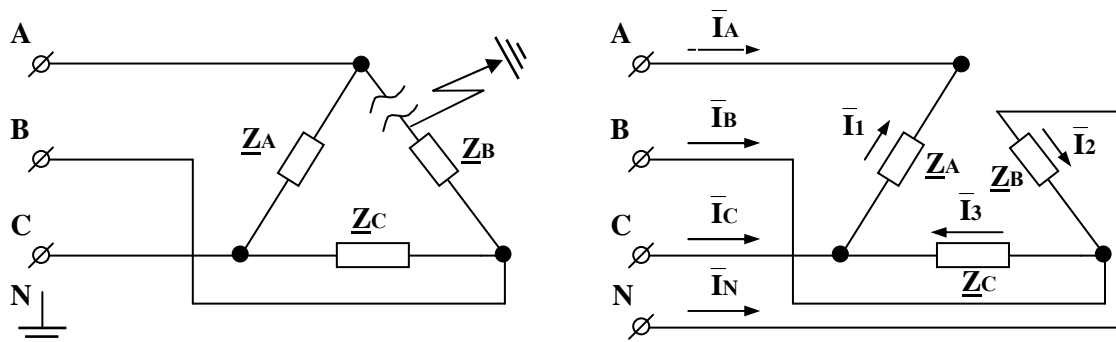


Рис.3

Довольно громоздкая по начертанию, содержащая много коммутирующих рубильников схема (рис.1) легче преобразуется в схему заданного варианта, если обратить внимание на некоторые ее особенности. Два сопротивления нагрузки Z_A и Z_C всегда подключены к зажимам источника A и C . Что касается сопротивления Z_B , то оно будет подключено к зажиму источника B только при

включенном рубильнике Р7. Чтобы сопротивление оказалось включенным на фазное напряжение источника, необходимым условием является включение рубильника Р8.

Пусть трехфазный потребитель, соединенный по схеме треугольника, питался от симметричного источника с глухо заземленной нейтралью. В результате аварийного обрыва провод, соединявший сопротивление \underline{Z}_B с зажимом А источника, упал на землю. Получившуюся в результате этого схему можно представить схемой рис.3 для случая, когда включены рубильники Р2, Р4, Р5, Р7, Р8 и выключены – Р1, Р3, Р6 (рис.3).

Из этой схемы видно, что сопротивления \underline{Z}_A и \underline{Z}_C включены на линейные напряжения, а сопротивление \underline{Z}_B оказалось включенным на фазное напряжение источника. По условию источник энергии – симметричная трехфазная сеть, следовательно, фазное напряжение в $\sqrt{3}$ раз меньше линейного.

Токи в сопротивлениях нагрузки найдутся по закону Ома $I=U/Z$. Значения сопротивлений можно определить на основании данных табл.2:

$$X_L=2\pi fL; \quad X_C=1/(2\pi fC); \quad X=X_L-X_C; \quad Z=\sqrt{(R^2+X^2)}.$$

Токи в проводах линии связаны с токами в сопротивлениях нагрузки соотношениями:

$$\bar{I}_A = -\bar{I}_1; \quad \bar{I}_B = \bar{I}_3 - \bar{I}_2; \quad \bar{I}_C = \bar{I}_1 - \bar{I}_3; \quad \bar{I}_N = -\bar{I}_2.$$

И их можно определить графически из векторной диаграммы. Построение векторной диаграммы начинаем с построения в выбранном масштабе симметричной системы векторов линейных и фазных напряжений источника (рис.4).

Сопротивление \underline{Z}_A включено на линейное напряжение \bar{U}_{CA} , поэтому и угол, под которым строится вектор тока \bar{I}_1 , должен отсчитываться от вектора напряжения U_{CA} . На рис.4 этот вектор построен в предположении, что \underline{Z}_A имеет активно-индуктивный характер (X_{LA}, X_{CA}). При активно-индуктивной нагрузке ток отстает от напряжения на угол, значение которого можно определить из треугольника сопротивлений

$$\varphi_A = \arctg (X_A/R_A).$$

Аналогично рассуждая, построим вектор тока \bar{I}_3 в сопротивлении \underline{Z}_C , которое включено на напряжение \bar{U}_{BC} .

Сопротивление \underline{Z}_B подключено к фазному напряжению \bar{U}_B и по отношению именно к этому напряжению нужно ориентировать вектор тока \bar{I}_2 . Предполагая активно-емкостной характер сопротивления \underline{Z}_B ($X_{LB} < X_{CB}$), вектор тока строим опережающим по фазе вектор напряжения на угол

$$\varphi_B = \arctg (X_B/R_B).$$

ЗАДАЧА 2. В данной электрической цепи (рис. 5) любым способом найти действующие значения токов и напряжений на всех участках цепи. По результатам расчета построить топографическую векторную диаграмму. Определить активную, реактивную и полную мощности для каждого участка цепи. Составить уравнение балансов мощностей. Параметры схемы приведены в таблице 3.

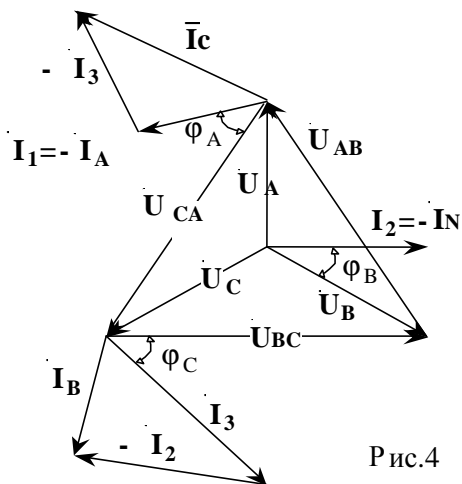


Рис.4

ТАБЛИЦА 3.

Номер строки	Источник энергии		Параметры элементов		
	Напряжение U, В	Частота f, Гц	Сопrotивление R, Ом	Индуктивность L, мГн	Емкость C, мкФ
1	660	50	295	940	10.8
2	380	50	170	541	18.7
3	220	400	78	31	5.12
4	127	50	57	181	56
5	42	50	19	60	169
6	42	400	15	6	26.8
7	127	400	45	18	8.86
8	220	200	55	44	14.5
9	380	200	95	76	8.38
0	660	200	165	131	4.82

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ 2

Рассчитать цепь переменного тока, содержащую активные, индуктивные и емкостные сопротивления. Для ее решения следует воспользоваться методом преобразования сложной электрической цепи в более простую путем замены параллельных и последовательных сопротивлений эквивалентными.

Прежде всего, следует разобраться, какие элементы схемы в заданной электрической цепи соединены последовательно и какие параллельно. Решать задачу лучше в такой последовательности.

1. Если участок цепи содержит последовательно соединенные элементы, определить его полное сопротивление Z :

$$Z = \sqrt{(R^2 + X^2)}, \quad \text{где } X = X_L - X_C; \quad X_C = 1/(2\pi fC); \quad X_L = 2\pi fL.$$

Заменить в схеме последовательно соединенные элементы на участке цепи эквивалентным сопротивлением $Z_{\text{экв}}$.

2. В полученной эквивалентной схеме выявить участки цепи, соединенные параллельно, и определить проводимость каждого участка:

$$\text{Активную проводимость } g = R/Z^2, \quad \text{Реактивную проводимость } b = X/Z^2,$$

$$\text{Полную проводимость } y = \sqrt{(g^2 + b^2)}.$$

3. Найти эквивалентные проводимости:

$$g_{\text{ЭКВ}} = \sum g; \quad b_{\text{ЭКВ}} = \sum b; \quad Y_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{(g_{\text{ЭКВ}}^2 + b_{\text{ЭКВ}}^2)}.$$

Причем при определении эквивалентной проводимости b_L и b_C берутся с противоположными знаками. По полученным значениям эквивалентных проводимостей определяем эквивалентные сопротивления параллельных участков цепи:

$$Z_{\text{ЭКВ}} = 1/Y_{\text{ЭКВ}}; \quad R_{\text{ЭКВ}} = g_{\text{ЭКВ}}/Y_{\text{ЭКВ}}^2; \quad X_{\text{ЭКВ}} = b_{\text{ЭКВ}}/Y_{\text{ЭКВ}}^2.$$

4. Преобразовать схему путем замены всех сопротивлений одним эквивалентным сопротивлением $Z'_{\text{ЭКВ}}$.
5. Определить общий ток, потребляемый схемой $I = U/Z'_{\text{ЭКВ}}$.
6. Зная общий ток цепи и сопротивление каждого участка цепи, определить по закону Ома напряжения и токи на различных участках цепи.
7. Построить векторную диаграмму.

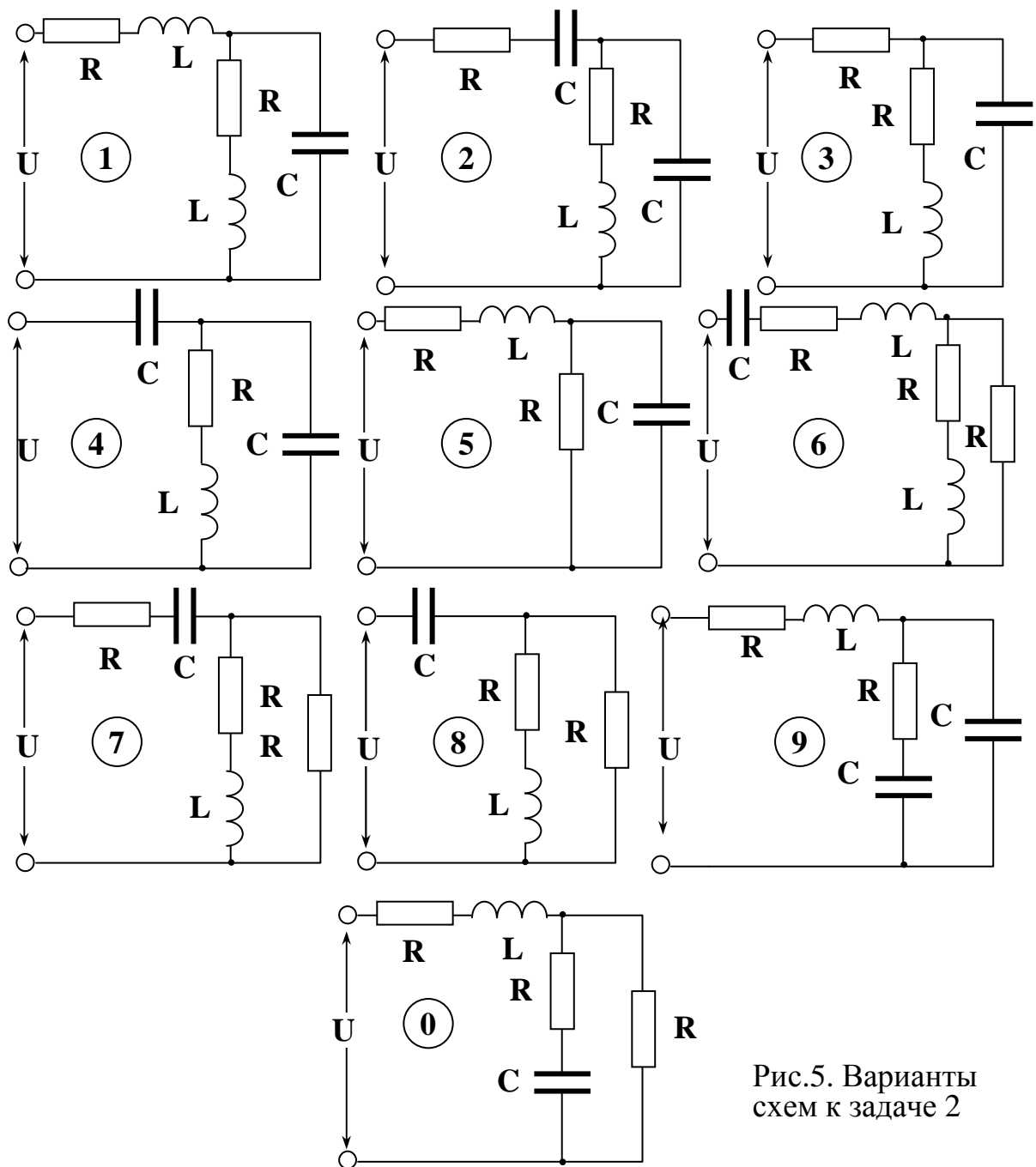


Рис.5. Варианты схем к задаче 2

8. Мощности определяются как произведения квадрата тока на соответствующие сопротивления: активная мощность $P=I^2 \cdot R$, реактивная мощность $Q=I^2 \cdot X$, полная мощность $S=I^2 \cdot Z$.

Расчет потребляемых мощностей:

$$P_{\text{ПОТР}} = \sum P; \quad Q_{\text{ПОТР}} = \sum Q; \quad S_{\text{ПОТР}} = \sqrt{(P_{\text{ПОТР}}^2 + Q_{\text{ПОТР}}^2)}.$$

При расчете $Q_{\text{потр}}$ иметь в виду, что реактивные мощности на индуктивном и емкостном сопротивлениях берутся с противоположными знаками.

Баланс мощностей:
 $S_{\text{источника}} = U \cdot I_1 = S_{\text{потр}}$.

Рассмотрим пример расчета электрической цепи и построение векторной диаграммы для схемы рис.6: $U=400\text{В}$; $r_1=r_2=100\ \text{Ом}$; $f=100\ \text{Гц}$; $L=0,184\ \text{Гн}$; $C=27,6\ \text{мкФ}$.

Прежде, чем построить векторную диаграмму, необходимо определить токи и напряжения на всех участках цепи.

Для ветви с током I_3 полное сопротивление Z_3 равно ее реактивному сопротивлению $X_3=\omega L$, где ω – угловая частота ($\omega=2\pi f$),

$$\omega=2\pi \cdot 100=628\ \text{рад/с}, Z_3=X_3L=628 \cdot 0,184=115\ \text{Ом}.$$

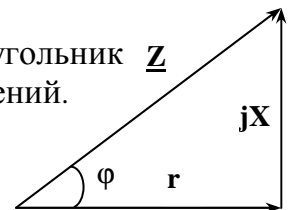
Сопротивление ветви adb имеет активную r_2 и реактивную x_2 составляющие, причем

$$X_{2c}=X_c=-1/\omega C=-1/(628 \cdot 27,6 \cdot 10^{-6})=-57,7\ \text{Ом}.$$

Полное сопротивление находится как гипотенуза прямоугольного треугольника из треугольника сопротивлений (рис.7)

$$Z_2 = \sqrt{(r_2^2 + X_2^2)} = 115\ \text{Ом} \quad Z_1 = \sqrt{(r_1^2 + X_1^2)} = 115\ \text{Ом}$$

Рис.7. Треугольник Z сопротивлений.



Сопротивления ветви с током I_1 :

$$X_{1c}=-1/\omega C=-57,7\ \text{Ом};$$

Нетрудно заметить, что между точками a и b схемы имеем параллельно включенные сопротивления Z_2 и Z_3 (рис.8), которые можно заменить одним сопротивлением $Z_{\text{экр}}$ (рис.9).

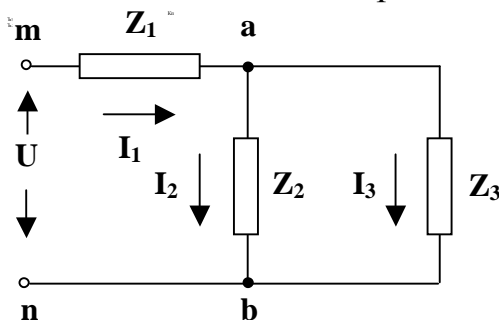


Рис.8.

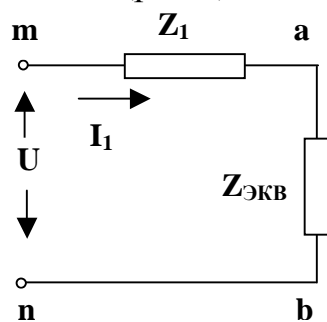


Рис.9.

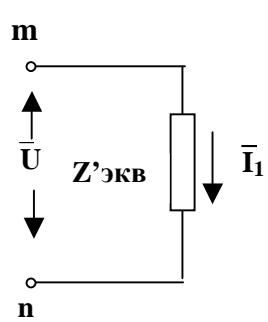


Рис.10.

Для этого подсчитаем проводимости:

$$g_2=r/Z_2^2=0,0075\ \text{См};$$

$$b_2=X_2/Z_2^2=-0,0043\ \text{См};$$

$$g_{\text{экр}}=g_2=0,0075\ \text{См};$$

$$b_{\text{экр}}=b_2+b_3=0,0044\ \text{См};$$

$$g_3=0; \quad b_3=1/X_3=0,0087\ \text{См};$$

$$Y_{\text{экр}}=\sqrt{(g_{\text{экр}}+b_{\text{экр}})}=0,0087\ \text{См}.$$

После этого можно определить сопротивления:

$$Z_{\text{экр}}=1/Y_{\text{экр}}=115\ \text{Ом};$$

$$r_{\text{экр}}=g_{\text{экр}}/Y_{\text{экр}}^2=100\ \text{Ом};$$

$$X_{\text{экр}}=b_{\text{экр}}/Y_{\text{экр}}^2=57,7\ \text{Ом};$$

Сопротивления Z_1 и $Z_{\text{экр}}$ включены последовательно и их можно заменить

одним, им эквивалентным $Z'_{\text{эКВ}}$ (рис.10):

$$Z'_{\text{эКВ}} = \sqrt{(r_1 + r_{\text{эКВ}})^2 + (X_{1c} + X_{\text{эКВ}})^2} = r_1 + r_{\text{эКВ}} = 200 \text{ Ом.}$$

Теперь можно определить ток $I_1 = U/Z' = 400/200 = 2\text{А}$.

Напряжение между точками а и b $U_{ab} = I_1 * Z_{\text{эКВ}} = 2 * 115 = 230\text{В}$ и по закону Ома токи I_2 и I_3 : $I_2 = U_{ab}/Z_1 = 230/115 = 2\text{А}$, $I_3 = U_{ab}/Z_3 = 230/115 = 2\text{А}$.

Напряжения на элементах схемы U_{ad} и U_{db} :

$$U_{ad} = I_2 * r_2 = 2 * 100 = 200 \text{ В} \quad U_{db} = I_2 * X_2 = 2 * (-57,7) = -115 \text{ В}$$

Действующее значение напряжения не может быть величиной отрицательной, поэтому берется ее абсолютное значение:

$$\text{Напряжение } U_{ka} = I_1 * r_1 = 200 \text{ В}; \quad \text{Напряжение } U_{mk} = I_1 * X_{1c} = 115 \text{ В.}$$

Построение векторной диаграммы начинаем с вектора тока \bar{I}_2 , в более сложной из параллельных ветвей. В выбранном масштабе откладываем в произвольном направлении (например, горизонтально) вектор тока \bar{I}_2 (рис.11). С началом вектора тока \bar{I}_2 совместим точку а топографической диаграммы напряжений. Из точки а по направлению тока \bar{I}_2 откладываем напряжение $\bar{I}_2 * Z_2$ между точками а и d ,т.к. падение напряжения на активном сопротивлении совпадает по фазе с током.

Напряжение между точками d и b на емкостном сопротивлении отстает от тока \bar{I}_2 на 90° , поэтому вектор падения напряжения откладываем в масштабе напряжений из точки d под углом 90° по ходу часовой стрелки. Соединив на диаграмме точки а и b, получим напряжение U_{ab} , которое равно геометрической сумме напряжений U_{ad} и U_{db} .

К ветви, содержащей индуктивность, будет приложено напряжение U_{ab} . Оно по фазе опережает ток \bar{I}_3 на 90° . Поэтому вектор тока \bar{I}_3 проводим до конца вектора тока \bar{I}_2 повернутым по ходу часовой стрелки на угол 90° по отношению вектора U_{ab} . В соответствии с первым законом Кирхгофа вектор тока \bar{I}_1 получаем как геометрическую сумму векторов токов \bar{I}_2 и \bar{I}_3 . На участке bn падение напряжения равно нулю, поэтому точки b и n на топографической диаграмме совпадают. Для того, чтобы получить на диаграмме точку m, нужно еще отложить векторы падений напряжения на участках ak и km. Падение напряжения U_{ka} на сопротивлении Z_1 совпадает по фазе с током \bar{I}_1 , а напряжение U_{km} отстает от тока на 90° , причем конец вектора U_{ka} совпадает с началом вектора U_{ab} . Соединив точки m и n на топографической диаграмме, получим вектор и направление приложенного к цепи напряжения \bar{U} .

Мощности P, Q, S можно определить как произведения квадрата тока на соответствующие сопротивления: $P = I_2 * r$; $Q = I_2 * X$; $S = I_2 * Z$.

Применительно к рассматриваемому примеру значения мощностей для потребляемой энергии:

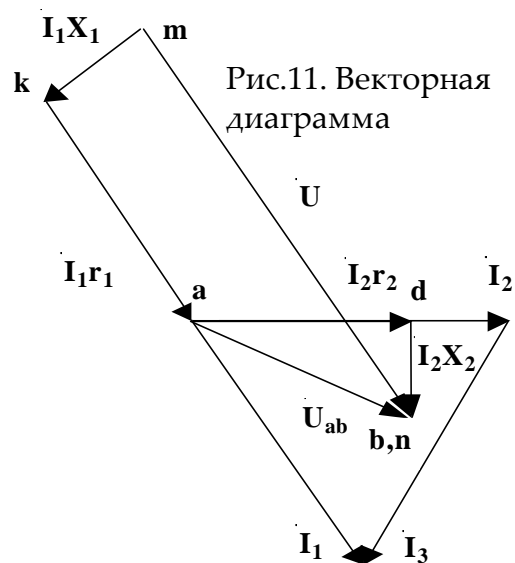


Рис.11. Векторная диаграмма

$$P_{\text{ПОТР}}=I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2; \quad Q_{\text{ПОТР}}=I_3^2 X_{3L} - I_2^2 X_{2C} - I_1^2 X_{1C}; \quad S_{\text{ПОТР}}=\sqrt{P_{\text{ПОТР}}^2 + Q_{\text{ПОТР}}^2}$$

Уравнения баланса мощностей: $S_{\text{источника}}=U \cdot I_1=S_{\text{потр}}$.

ЗАДАЧА 3. Для измерения активной мощности P трехпроводной трехфазной цепи необходимо выбрать два одинаковых ваттметра с номинальным током $I_{\text{ном}}$, номинальным напряжением $U_{\text{ном}}$ и числом делений шкалы α_{max} . Нарисуйте соответствующую Вашему варианту схему включения ваттметров.

Используя данные табл.4 и 5, определите мощности, измеряемые каждым из ваттметров P_1 и P_2 и числа делений шкалы (α_1 и α_2), на которые отклоняются стрелки ваттметров, если нагрузка равномерная и имеет активно-индуктивный характер. Начертите, соблюдая масштабы, векторную диаграмму, выделив на ней векторы токов и напряжений, под действием которых находятся последовательные и параллельные цепи ваттметров.

ТАБЛИЦА 4

Номер строки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P, кВт	3	3	2,9	2,9	2,8	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4
cos φ	0,97	0,94	0,91	0,89	0,87	0,97	0,94	0,91	0,89	0,87

ТАБЛИЦА 5

Номер строки	Фазовое напряжение, В	Нагрузка включена	Токвые цепи ваттметров включены в провода
1	220	Звездой	А и В
2	380	треугольником	А и В
3	220	Звездой	А и С
4	220	треугольником	А и В
5	220	Звездой	В и С
6	380	треугольником	В и С
7	127	Звездой	А и С
8	127	Звездой	В и С
9	220	треугольником	В и С
0	380	треугольником	А и С

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ 3

Если трехфазная цепь трехпроводная, то независимо от схемы соединения нагрузки, будь то звезда или треугольник, независимо от того, равномерная нагрузка или нет, мощность всей системы можно измерить двумя однофазными или одним трехфазным (двух-элементным) ваттметрами. Токвые обмотки ваттметров включают в какие-либо две фазы, а обмотки напряжения – между третьей (незанятой) фазой и той фазой, в которую включена токвая обмотка данного ваттметра. Возможные схемы включения ваттметров показаны на рис.12.

При использовании этих схем общая мощность равна алгебраической сумме показаний обоих ваттметров.

Построим векторную диаграмму токов и напряжений, действующих на измерительные системы приборов, включенных по схеме (рис.12 а). Нагрузку считаем симметричной, соединенной звездой, активно-индуктивного характера с разностью фаз между током и напряжением в каждой фазе φ.

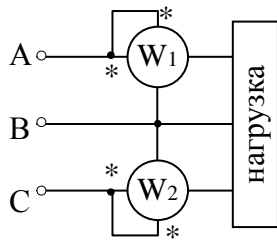


Рис.12-а

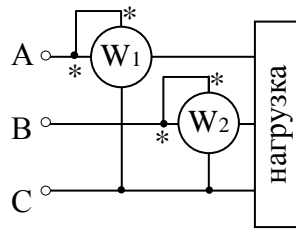


Рис.12-б

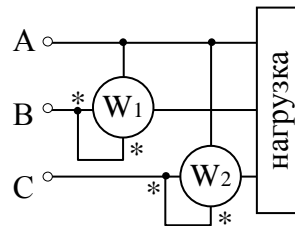


Рис.12-в

Показания ваттметра, включенного в цепь переменного тока, пропорциональны произведению трех величин: тока в его последовательной цепи, напряжения на параллельной цепи и косинуса угла между этим током и напряжением. Из векторной диаграммы (рис.13) видно, что в рассматриваемом случае показание первого ваттметра равно $P_2 = I_c \cdot U_{cb} \cdot \cos(30^\circ - \varphi)$, а показание второго – $P_1 = I_a \cdot U_{ab} \cdot \cos(30^\circ + \varphi)$. Здесь берем напряжение U_{cb} , равное $-U_{bc}$, так как генераторный конец обмотки напряжения второго ваттметра подключен к фазе С, а не к В. Сумма показаний ваттметров равна

$$P = P_1 + P_2 = 2 \cdot I_{л} \cdot U_{л} \cdot \cos 30^\circ \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot I_{л} \cdot U_{л} \cdot \cos \varphi = 3 \cdot I_{\phi} \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi,$$

где индексом л обозначены линейные, а индексом ϕ – фазные величины.

На рис.14 построена векторная диаграмма, иллюстрирующая работу схемы (рис.12 б).

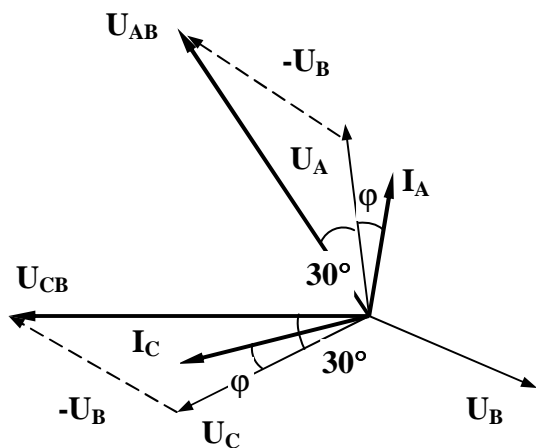


Рис.13.

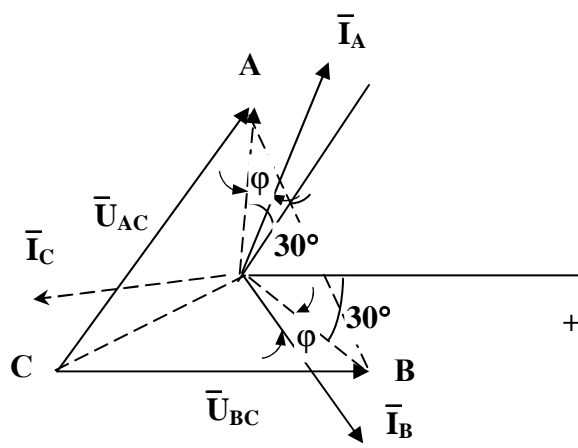


Рис.14.

Для симметричного режима векторы линейных напряжений образуют равнобедренный треугольник ABC. Линии, соединяющие центр тяжести этого треугольника с его вершинами, можно рассматривать как фазные напряжения приемника, соединенного звездой. При активно-индуктивной нагрузке токи отстают по фазе от напряжений на угол φ .

Первый ваттметр включен на напряжение U_{ac} (заметим, $\bar{U}_{ac} = -U_{ca}$) и имеет ток в последовательной цепи \bar{I}_a . Измерительная система второго ваттметра находится под действием напряжения \bar{U}_{bc} и тока \bar{I}_b . Векторы этих токов и напряжений показаны утолщенными линиями.

Построив векторную диаграмму, можно установить, что ваттметр, включенный в опережающую фазу, показывает пропорционально $\cos(\varphi - 30^\circ)$ при индук-

тивном характере нагрузки, а ваттметр, включенный в отстающую фазу, показывает пропорционально $\cos(\varphi+30^\circ)$ при индуктивном и пропорционально $\cos(\varphi-30^\circ)$ при емкостном сдвиге фаз. Кроме того, только при равномерной активной нагрузке ($\varphi=0$) показания обоих ваттметров одинаковы и равны половине общей измеряемой мощности. При любой другой (не активной) нагрузке, даже если она равномерна, ваттметры показывают разные значения.

В случае включения нагрузки треугольником векторы линейных токов получаются как геометрические разности векторов токов фазовых и для симметричной системы углы в 30° будут между фазовыми и линейными токами. Например, линейные токи \bar{I}_B и \bar{I}_C в последовательных обмотках ваттметров схемы (рис.12 в) можно выразить через соответствующие фазовые токи (рис.15).

$$\bar{I}_B = \bar{I}_{BC} - \bar{I}_{AB}, \quad \bar{I}_C = \bar{I}_{CA} - \bar{I}_{BC}.$$

Фазовые токи отстают от фазовых (они же линейные) напряжений на угол φ .

Угол между вектором тока \bar{I}_B и вектором напряжения \bar{U}_{BA} , приложенного к параллельной цепи первого ваттметра, обозначен β_1 . Из векторной диаграммы (рис.15) видно, что значение этого угла

$$\beta_1 = 60^\circ - 30^\circ - \varphi = 30^\circ - \varphi.$$

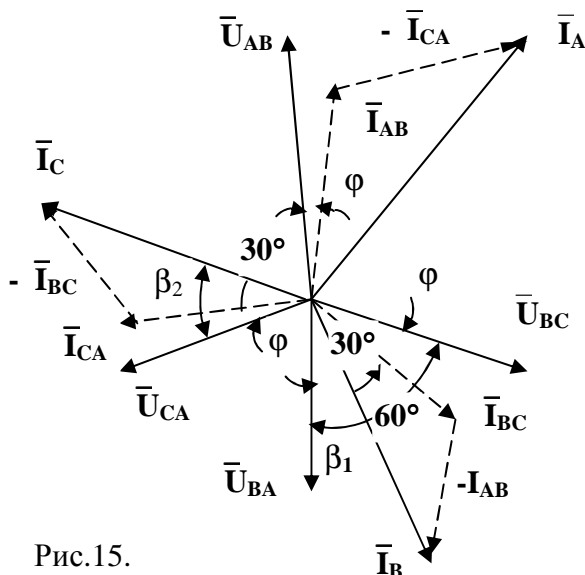


Рис.15.

Угол между вектором тока \bar{I}_C и вектором напряжения \bar{U}_{CA} , приложенного к параллельной цепи второго ваттметра, $\beta_2=30^\circ+\varphi$.

Тогда первый ваттметр покажет мощность $P_1=U_{л}\cdot I_{л}\cdot\cos\beta_1$,

а второй ваттметр $P_2=U_{л}\cdot I_{л}\cdot\cos\beta_2$.

Для получения мощности P всей трехфазной цепи необходимо алгебраически, то есть с учетом знаков, сложить показания ваттметров.

В зависимости от значения угла сдвига фаз в цепи показания одного ваттметра отличаются от показаний другого, причем показания одного ваттметра всегда положительны, а показания второго могут стать отрицательными. При сдвиге фаз более 60° (работа многих электрических машин в режиме холостого хода) $\cos(\varphi+30^\circ)$ – величина отрицательная, стрелка второго ваттметра отклонится в обратную сторону от нуля. Для отчета отрицательных значений мощности переключают зажимы одной из обмоток ваттметра (токовой или обмотки напряжения), и общая мощность в этом случае равна разности показаний ватт-

метров.

При выборе ваттметров нужно учесть, что их измерительные цепи включены на линейные токи и на линейные напряжения. Для симметричных трехфазных цепей при соединении звездой линейные токи равны фазным, а линейные напряжения в $\sqrt{3}$ раз больше фазных. При соединении треугольником равны фазовые и линейные напряжения, а линейные токи в $\sqrt{3}$ раза больше фазовых. Активная мощность симметричной трехфазной цепи связана с линейными величинами соотношением

$$P = \sqrt{3} * U_{л} * I_{л} * \cos \varphi$$

и всегда равна сумме мощностей во всех фазах.

Шкалы многопредельных приборов всегда выполняются в относительных делениях, например, делятся на 100 или 150 делений. Значения измеряемой величины, приходящиеся на одно деление шкалы, называют ценой деления или постоянной прибора. Она равна:

$$C = \text{предел измерения} / \text{число делений шкалы}$$

Переносные приборы обычно выполняются на несколько пределов измерения. Для ваттметров пределы измерения указываются по току и по напряжению. В большинстве случаев ваттметры выполняются для значения $\cos \varphi = 1$ и поэтому их предел измерения в ваттах определяется путем перемножения номинальных значений тока и напряжения.

Для ваттметра со шкалой, имеющей α_{\max} делений, постоянная равна

$$C = (I_{\text{ном}} * U_{\text{ном}}) / \alpha_{\max}, \text{ Вт/дел.}$$

Если стрелка ваттметра отклонилась на α делений, значение измеряемой этим ваттметром мощности, равно $P = C * \alpha$ Вт.

Пределы измерения выбранных ваттметров должны быть не меньше значений тех токов и напряжений, на которые они будут включены. Для уменьшения инструментальной погрешности измерений желательно, чтобы предел измерения превышал значение измеряемой величины не более, чем на 25%, во всяком случае, желательно, чтобы отсчет показаний производился во второй половине шкалы.

При выборе типа ваттметров в случае отсутствия справочников можно воспользоваться таблицей (приложение 1).

ЗАДАЧА 4. Расчет операционного усилителя (ОУ). Операционные усилители являются одной из распространенных интегральных полупроводниковых схем. Они широко используются для усиления сигналов от датчиков различных параметров технологических процессов.

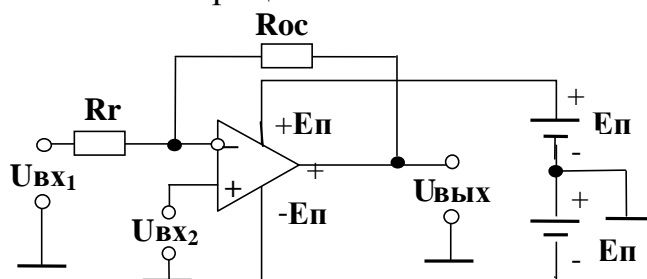


Рис.16. Схема ОУ, с цепью отрицательной обратной связи.

ЗАДАНИЕ: Рассчитать коэффициент усиления по напряжению ОУ при введении отрицательной обратной связи (K_{uoc}), обеспечивающей заданный ли-

нейный динамический диапазон амплитудной характеристики. Рассчитать необходимую величину сопротивления в цепи обратной связи R_{oc} . Построить амплитудную характеристику для заданного типа операционного усилителя, работающего в номинальном режиме без обратной связи. Построить амплитудную характеристику ОУ при введении отрицательной обратной связи. Схема ОУ, охваченного отрицательной обратной связью, приведена на рис.16. Исходные данные для расчета приведены в таблице 6 и 7.

ТАБЛИЦА 6

Номер	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип ОУ	КР544УД1А	КР544УД1Б	КР544УД2А	КР544УД2Б	КР544УД2В					
$R_{г,кОм}$	10	12	15	20	30	40	45	50	14	18

ТАБЛИЦА 7

Номер	Динамический диапазон усилителя $D=U_{вх.диф.макс}/U_{вх.диф.мин.}$
0	24
1	64
2	256
3	4096
4	1024
5	64
6	256
7	4096
8	1024
9	64

Параметры операционных усилителей приведены в таблице 8.

ТАБЛИЦА 8

Параметры	Норма ТУ				
	КР544УД1А	КР544УД1Б	КР544УД2А	КР544УД2Б	КР544УД2В
Коэффициент усиления напряжения K_{uo} не менее	10^5	$50 \cdot 10^3$	$20 \cdot 10^3$	$10 \cdot 10^3$	$20 \cdot 10^3$
Средний входной ток $I_{вх}$ не более	0,05	0,1	0,1	0,5	1,0
Напряжение смещения нуля не более $U_{вых, см. макс.}$, мВ	20	30	30	50	50
Эффективное напряжение шума, приведенное ко входу в полосе частот 0,1-10кГц не более $U_{ш вх}$, кВ	5	5	10	10	10
Диапазон выходного напряжения $U_{вых. макс.}$, В не менее	+12	+12	+12	+10	+10
Частота единичного усиления не менее f_1 , МГц	1	1	15	15	15
Напряжение источника питания максимальное $E, В$	$\pm 15 \pm 5\%$	$\pm 15 \pm 5\%$	$\pm 15 \pm 10\%$	$\pm 15 \pm 10\%$	$\pm 15 \pm 10\%$
Потребляемый ток не более, мА	3,5	3,5	7,0	7,0	7,0

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ 4

Усилитель охвачен отрицательной обратной связью, для чего напряжение с его выхода $U_{\text{вых}}$ подается через сопротивление $R_{\text{ос}}$ на инвертирующий вход усилителя. Отрицательная обратная связь уменьшает коэффициент усиления, расширяет линейный динамический диапазон амплитудной характеристики усилителя и полосу пропускания. При этом приближенном $K_{\text{иос}}$ определяется выражением $K_{\text{иос}} = R_{\text{ос}} / R_{\text{г}}$, где $R_{\text{г}}$ - внутреннее сопротивление источника сигнала.

1. Коэффициент обратной связи усилителя выбирается таким образом, чтобы обеспечить линейное усиление сигналов, подаваемых на его вход. Минимальный уровень входного сигнала $U_{\text{вх.диф.мин.}}$ принимается равным $10 U_{\text{ш. вх.}}$. Максимальный уровень сигнала $U_{\text{вх.диф.макс.}}$ в D раз превышает $U_{\text{вх.диф.мин.}}$. Для обеспечения работы усилителя в линейном режиме необходимо, чтобы

$$|U_{\text{вх.диф.макс.}}| < U_{\text{вых.макс.}} / K_{\text{иос}}$$

Отсюда определяется величина $K_{\text{иос}} = U_{\text{вых.макс.}} / |U_{\text{вх.диф.макс.}}|$.

2. Величина $R_{\text{ос}}$ определяется из выражения $R_{\text{ос}} \approx K_{\text{иос}} * R_{\text{г}}$.

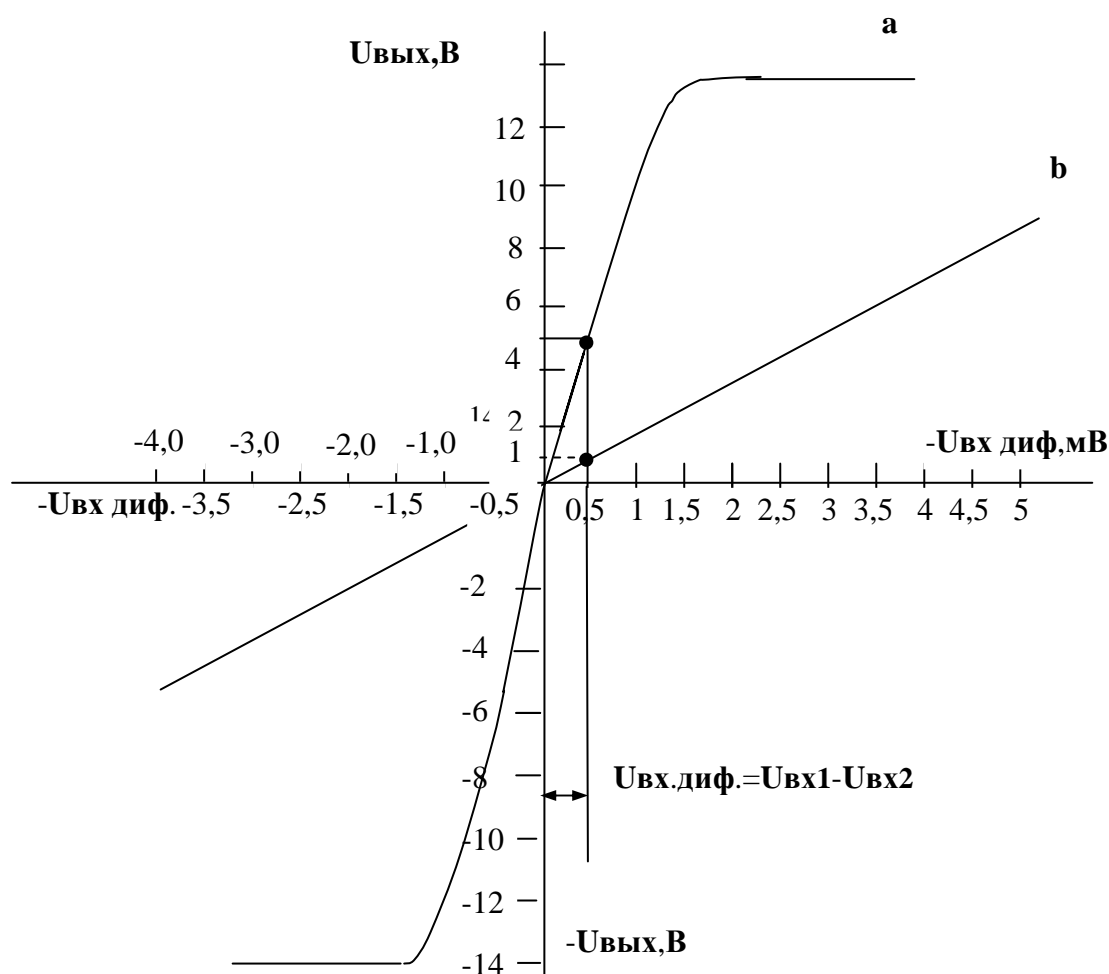


Рис.17. Амплитудная характеристика операционного усилителя KR544UD2B.

3. Амплитудные характеристики без и с обратной связью $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$ строятся для данного типа операционного усилителя, выбранного напря-

жения питания E_p , коэффициентов усиления K_{uo} и K_{uos} (см. табл. 8).

На рис. 17 для примера построены амплитудные характеристики операционного усилителя КР544УД2Б без (зависимость а) и при введении обратной связи (зависимость б) для случая, когда: $E_p=15$ В.; $K_{uo}=10000$; $U_{вх.диф}=0,5$ мВ.; $K_{uos}=2000$.

ЗАДАЧА 5. Расчет входного каскада операционного усилителя с низким уровнем собственных шумов.

Для усилительного каскада на полевом транзисторе с общим истоком (схема усилителя приведена на рис. 18):

1. Построить линию нагрузки на семействе выходных характеристик $I_c=f(U)$ при $U_{зи}=\text{const}$, для заданного типа транзистора (приложение 2).

2. В рабочей точке Т при заданном напряжении смещения $U_{зи0}$ определить статические параметры транзистора: внутреннее сопротивление R_c и крутизну S .

3. Определить максимальное и минимальное значение тока I_c и напряжения U при подаче на затвор синусоидального входного напряжения с амплитудой $U_{вх.m}=0,5$ В.

4. Определить коэффициент усиления каскада расчетным и графическим способами.

5. Рассчитать сопротивление резистора R_i и емкость конденсатора звена автоматического смещения.

Задано: напряжение питания схемы E_c , напряжение смещения $U_{зи0}$, входное напряжение $U_{вх m}$, сопротивление нагрузки R_n , наиболее низкая частота поступающих на вход колебаний сигнала f_n .

Данные для расчетов приведены в таблицах 9 и 10.

ТАБЛИЦА 9

Номер строки	Тип транзистора	Сопротивление нагрузки R_n , кОм	Напряжение питания E_p , В	Напряжение смещения $U_{зи0}$, В
0	КП302А	1,5	15	-1,0
1	КП302А	2,0	20	-0,5
2	КП302Б	0,51	20	-1,5
3	КП302Б	0,51	22	-0,5
4	КП302В	0,62	18	-1,0
5	КП302Б	0,68	20	-1,0
6	КП302В	0,62	12	-1,5
7	КП302А	1,2	12	-1,0
8	КП302Б	0,51	20	-1,0
9	КП302А	1,2	15	-0,5

ТАБЛИЦА 10

Номер строки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Частота f_n , Гц	50	150	450	200	300	100	500	400	250	350

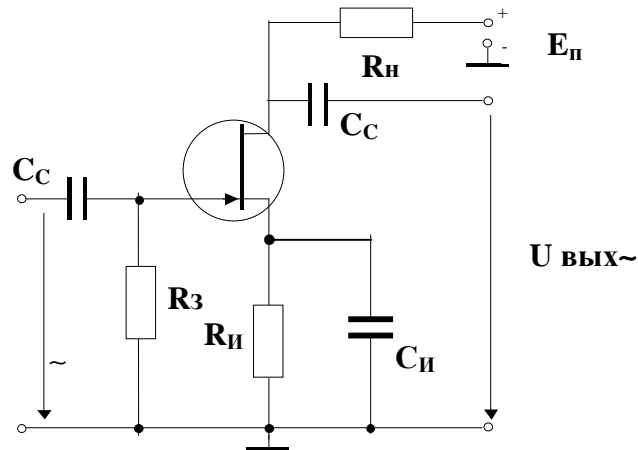


Рис.18. Усилительный каскад на полевом транзисторе.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ 5

На рис.19 приведен пример графического решения задачи.

1. Вычертить выходные характеристики заданного типа транзистора $I_c=f(U)$ при $U_{зи}=\text{const}$ из приложения 2. Построить линию нагрузки на семействе выходных характеристик транзистора по уравнению $E_p=U+R_n \cdot I_c$. Из уравнения следует: при $I_c=0$ $U=E_p$, при $U=0$ $I_c=E_p/R_n$.

2. Определить рабочую точку Т при пересечении линии нагрузки со стоковой характеристикой при напряжении $U_{зи}=U_{зи0}$.

3. В рабочей точке Т определить статические параметры транзистора: крутизну переходной характеристики $S=\Delta I_c/\Delta U_{зи}$ при $U_{си}=\text{const}$, и внутреннее сопротивление $R_c=\Delta U_{си}/\Delta I_c$ при $U_{зи}=\text{const}$. Для этого через точку Т провести линию, параллельную оси ординат, до пересечения с близлежащими характеристиками в точках С и D. Определить приращения ΔI_{c1} и $\Delta U_{зи}=U_{зи2}-U_{зи4}$ между точками С и D характеристик. Определить крутизну переходной характеристики

$$S = \Delta I_c / \Delta U_{зи} \quad \text{при } U = \text{const.}$$

Построить характеристический треугольник относительно точки Т таким образом, чтобы точка Т лежала посередине гипотенузы АВ. Отношение приращений $\Delta U_{си}$ и ΔI_{c2} между точками АВ на характеристике $U_{зи}$ дает возможность определить внутреннее сопротивление транзистора переменному току между переходами «сток» и «исток»

$$R_c = \Delta U_{си} / \Delta I_{c2} \quad \text{при } U_{си} = \text{const.}$$

4. На семействе выходных характеристик построить входной синусоидальный сигнал указанной амплитуды $U_{вх.m}$ относительно рабочей точки Т. Спроектировать вершины синусоиды на линию нагрузки и определить $I_{c \text{ макс}}$, $I_{c \text{ мин}}$, $U_{\text{ макс}}$, $U_{\text{ мин}}$.

Построить выходное напряжение с амплитудой

$$U_{\text{вых } m} = (U_{\text{ макс}} - U_{\text{ мин}}) / 2 \text{ и выходной ток с амплитудой}$$

$$I_{\text{вых } m} = (I_{c \text{ макс}} - I_{c \text{ мин}}) / 2.$$

5. Определить графически коэффициент усиления каскада

$$K_{u \text{ граф}} = U_{\text{вых } m} / U_{\text{вх } m} = (U_{\text{ макс}} - U_{\text{ мин}}) / 2 U_{\text{вх } m}.$$

6. Рассчитать коэффициент усиления аналитически

$$K_{u \text{ расч}} = S \cdot (R_c \cdot R_n) / (R_c + R_n).$$

Сравнить значения K_u граф и K_u расч:

$$\Delta K_u = [(K_u \text{ граф} - K_u \text{ расч}) / K_u \text{ граф}] * 100\%$$

При верных расчетах $\Delta K_u \leq 15\%$.

При большой погрешности ΔK_u проверить правильность расчетов.

7. Определить сопротивление резистора R_i и емкость конденсатора звена автоматического смещения

$$R_i = |U_{зи0}| / I_{co}; C_i \geq 10 \dots 20 / 2\pi f R_i [\Phi], \text{ где } I_{co} = \text{ток в точке Т.}$$

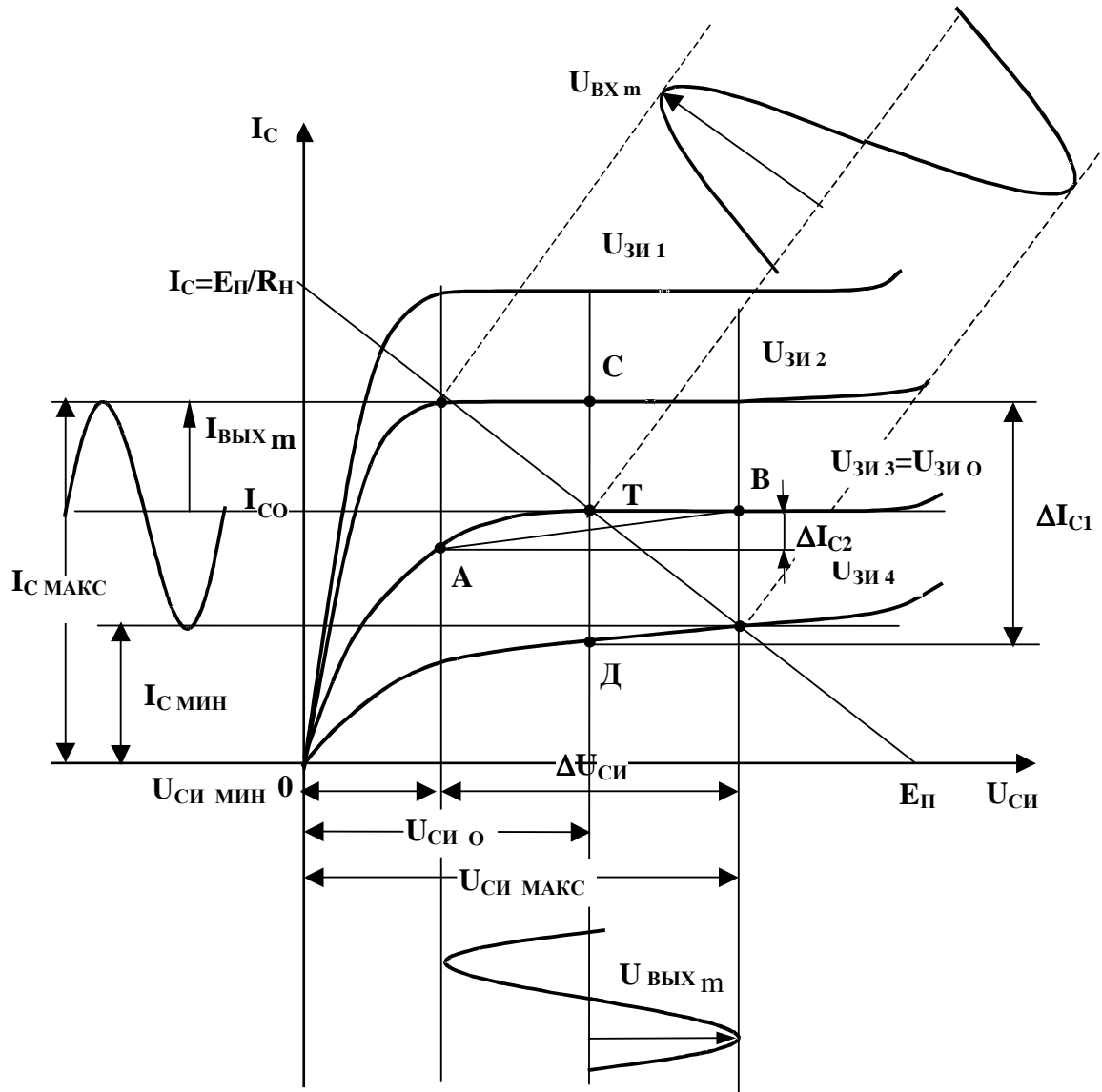


Рис.19. Пример графического расчета усилителя.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 2.

ЗАДАЧА 6. Рассчитать параметры схемы оптрона светодиод-фоторезистор, используемого в схеме управляемого делителя напряжения (рис.20). При заданных токе через светодиод $I_{вх}$, напряжении $E_{п}$ и сопротивлении R_2 определить сопротивление фоторезистора $R_{ф0}$ и напряжение $U_{вых}$. Определить изменение напряжения $\Delta U_{вых}$ при изменении тока светодиода на величину $\Delta I_{вх}$.

Привести график $R_{ф} = F(I_{вх})$ и указать на нем расчетные точки. Исходные данные для расчета приведены в таблицах 11 и 12.

ТАБЛИЦА 11

Номер строки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Ток $I_{вх}$, мА	2	3	4	5	6	7	8	9	5	6
Изменение тока $\Delta I_{вх}$, мА	+1	+1	+1	-1	+2	+2	-2	-1	+2	-2

ТАБЛИЦА 12

Номер строки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Напряжение, Еп, В	15	18	20	15	18	20	15	18	20	15
Сопротивление R_2 , МОм	0,63	0,47	0,33	0,39	0,47	0,62	0,56	0,89	0,47	0,56

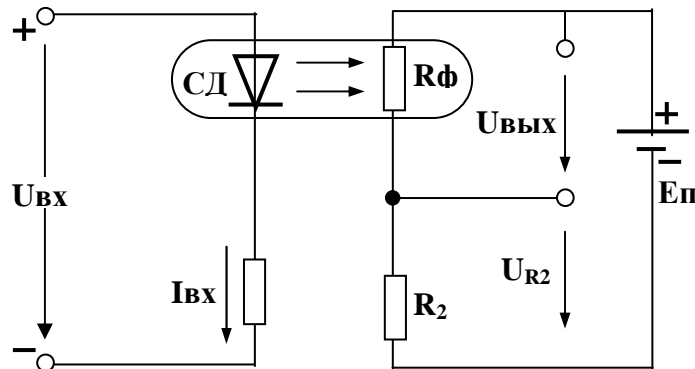


Рис.20. Схема управляемого делителя напряжения.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ 6

Так как последовательно с фоторезистором R_{ϕ} оптрона включен резистор R_2 , то систему можно рассматривать как потенциометр, в котором изменение потока излучения светодиода (СД) аналогично роли движка потенциометра.

При изменении тока $I_{вх}$, проходящего по светодиоду (СД), изменяется световой поток, излучаемый на фоторезистор R_{ϕ} , сопротивление которого уменьшается с увеличением светового потока. По графику зависимости сопротивления фоторезистора от входного тока оптрона (приложение 3) определяем сопротивление фоторезистора $R_{\phi 0}$, соответствующее заданному току $I_{вх}$, а также сопротивление R_{ϕ} , соответствующее току $I_{вх} + \Delta I_{вх}$ или $I_{вх} - \Delta I_{вх}$.

$$\text{Напряжение} \quad U_{ввых 0} = E_{п} \cdot R_{\phi 0} / (R_{\phi 0} + R_2).$$

$$\text{Напряжение} \quad U_{ввых} = E_{п} \cdot R_{\phi 1} / (R_{\phi 1} + R_2).$$

Тогда

$$U_{ввы} = U_{ввы 1} - U_{ввы 0} = E_{п} \left(\frac{R_{\phi 1}}{R_{\phi 1} + R_2} - \frac{R_{\phi 0}}{R_{\phi 0} + R_2} \right),$$

где $R_{\phi 1} = R_{\phi 0} \pm \Delta R_{\phi}$.

Необходимо помнить, что при увеличении $I_{вх}$ сопротивление фоторезистора R_{ϕ} уменьшается, а при уменьшении $I_{вх}$ - увеличивается.

ЗАДАЧА 7. Рассчитать трехфазный выпрямитель с полупроводниковыми диодами, включенными по схеме с нулевым выводом (рис.21).

ЗАДАНО: Напряжение сети U_1 , выпрямленное напряжение $U_{н ср}$, ток нагрузки $I_{н ср}$, тип вентиля – диоды кремниевые серии КД202. Данные для расчетов приведены в таблицах 13 и 14.

Определить токи, напряжения в обмотках трансформатора, типовую мощность трансформатора, тип вентиля.

Вычертить схему выпрямителя с обозначением заданных и рассчитанных электрических параметров. Построить временные диаграммы рассчитанных напряжений и токов.

$U_2 = F(\omega t)$, $U_{н ср} = F(\omega t)$, $I_{в1} = F(\omega t)$, $I_{в2} = F(\omega t)$, $I_{в3} = F(\omega t)$, $I_{н ср} = F(\omega t)$.

Тип вентиля определить по таблице 15.

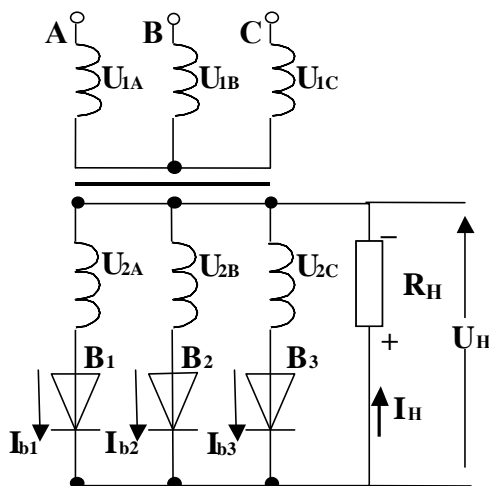


Рис.21. Схема выпрямителя.

ТАБЛИЦА 13

Номер	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Напряжение U_1 , В	127	220	380	127	220	380	127	220	380	220

ТАБЛИЦА 14

Номер	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Напряжение $U_{н ср}$	100	200	220	180	240	250	150	120	100	160
Ток нагрузки $I_{н ср}$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	1,2	2,5	3,2	2,8

ТАБЛИЦА 15

Диоды кремниевые сплавные для выпрямителей переменного тока.

Типы диодов: КД202А, КД202Б, КД202В, КД202Г, КД202Д, КД202Е, КД202Ж, КД202И, КД202К, КД202Л, КД202М, КД202Н, КД202Р, КД202С.	
Электрические параметры для групп	Максимально допустимые значения
Б,Г,Е,И,Л,Н,С,А,В,Д,Ж,К,М,Р	прямой ток 3,5А 5,0А
А,Б	обратное напряжение 50 В
В,Г	100 В
Д,Е	200 В
Ж,И	300 В
К,Л	400 В
М,Н	500 В
Р,С	600 В
Среднее прямое напряжение не более 0,9 В	

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ 7

1. Определить действующее U_2 и максимальные значения фазного напряжения

вторичной обмотки трансформатора U_2 макс:

$$U_2 = 0,855 \cdot U_{H \text{ ср.}}, \quad U_2 \text{ макс} = 1,21 \cdot U_{H \text{ ср.}}$$

2. Определить действующее и максимальные значения тока во вторичной обмотке трансформатора:

$$I_2 = 0,587 I_{H \text{ ср.}}, \quad I_2 \text{ макс} = 1,21 \cdot I_{H \text{ ср.}}$$

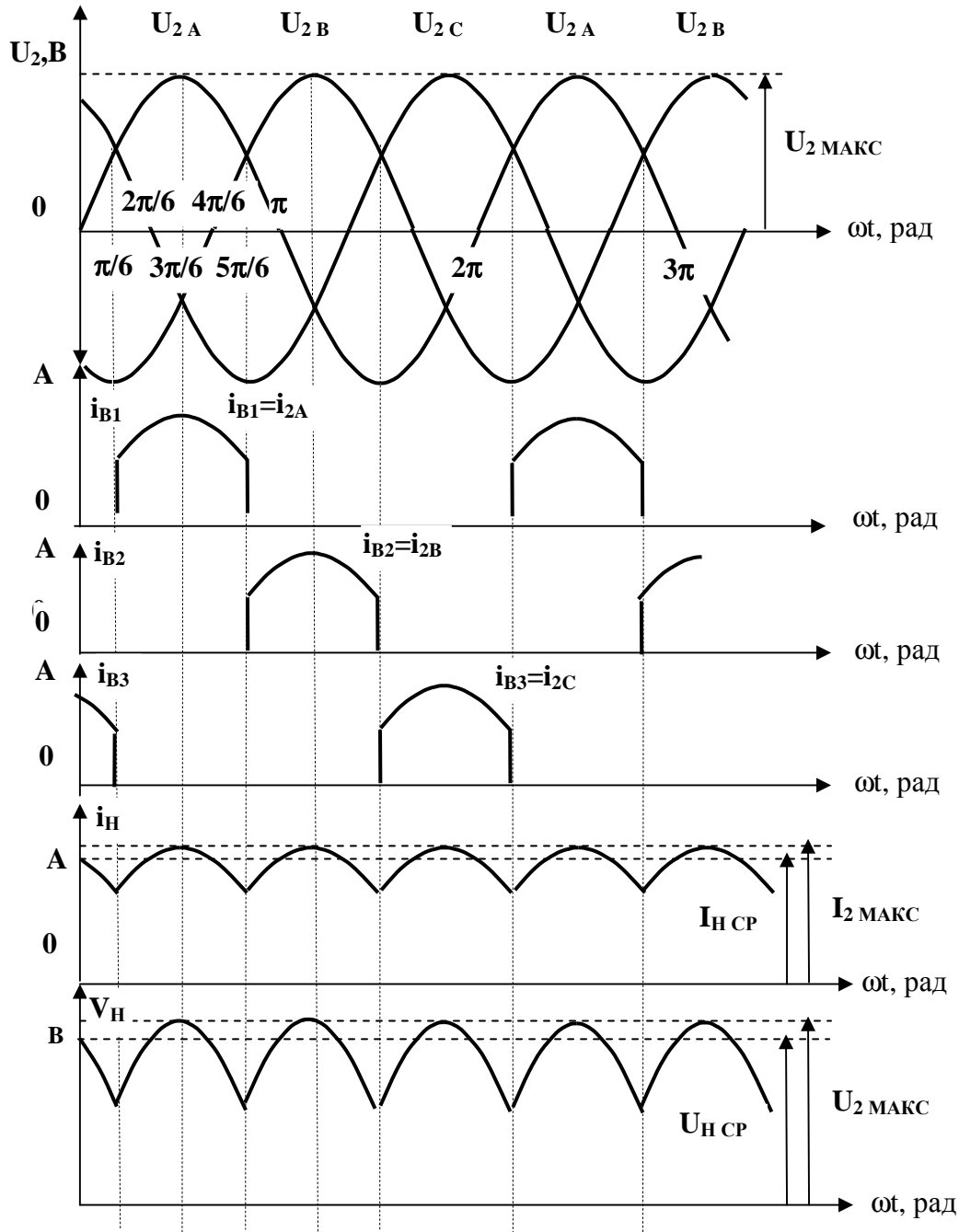


Рис. 22

3. Определить действующие значения тока первичной обмотки трансформатора

$$I_1 = \frac{0,4 I_2 \text{ макс}}{K_T} = \frac{0,43 I_{H \text{ ср.}}}{K_T},$$

где K_T – коэффициент трансформации, равный U_1/U_2 .

4. Определить мощность трансформатора:

$$P_{mp} = \frac{P_1 + P_2}{2} = \frac{3U_1I_1 + 3U_2I_2}{2} = \frac{1,23P_{нно} + 1,48P_{нно}}{2} = 1,35U_{н ср}I_{н ср}$$

5. Для выбора типа вентиля необходимо определить:

- обратное напряжение: $U_{обр} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{3} \cdot U_2 = 2,44 \cdot U_2 = 2,09 U_{н ср}$.

Максимальное значение тока через вентиль: $I_{в макс} = I_{2 макс} = 1,21 \cdot I_{н ср}$.

По значениям тока $U_{обр}$, $I_{в макс}$ выбрать тип вентиля и выписать его электрические параметры.

6. Временные диаграммы напряжений и токов построить с учетом полученных числовых значений параметров.

На рис.22 приведен пример построения временных диаграмм напряжений и токов.

ЗАДАЧА 8. В электроприводе производственного агрегата используется асинхронный двигатель трехфазного тока с короткозамкнутым ротором. Двигатель работает в номинальном режиме при линейном напряжении $U_{л} = 380$ В и при промышленной частоте $f = 50$ Гц. Используя данные электродвигателя, указанные для вашего варианта в таблицах 16 и 17, выбрать сечение питающих проводов и номинальный ток плавких вставок предохранителей. Построить график зависимости вращающего момента от скольжения $M_{вр} = F(S)$, предварительно вычислив номинальное и максимальное значения момента, пусковой момент, а также значения вращающего момента при скольжении, равном 0,2; 0,4; и 0,6.

ТАБЛИЦА 16

Номер строки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Ипуск/Ином	7,0	6,5	6,0	5,5	5,5	6,0	6,5	7,0	7,0	6,5
Мвр макс/Мвр ном= λ	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0
КПД ном($\eta_{НОМ}$)	0,89	0,78	0,87	0,86	0,81	0,86	0,88	0,84	0,86	0,82
Сos $\varphi_{НОМ}$	0,89	0,78	0,89	0,87	0,82	0,86	0,88	0,85	0,87	0,83

ТАБЛИЦА 17

Номер строки	Тип двигателя	$P_{1НОМ}$, кВт	S ном, %
1	4A180S4Y3	22	3,5
2	4A160M4Y3	18,5	3,5
3	4A160S2Y3	15	3,5
4	4A160S6Y3	11	3,5
5	4A100L6Y3	2,2	7,0
6	4A100L4Y3	4	5,5
7	4A132S4Y3	7,5	5,5
8	4A132S6Y3	5,5	5,5
9	4A90L2Y3	3	5,5
0	4A80A2Y3	1,5	7,0

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ 8

В каталогах и паспортах на электродвигатели мощность на валу обозначается $P_{НОМ}$; число оборотов ротора в минуту $n_{НОМ}$; номинальный ток статорной об-

мотки $I_{НОМ}$. Мощность, потребляемая двигателем из сети (мощность на входе двигателя), P_1 , больше мощности на валу P_2 (на выходе) за счет суммарных потерь энергии в двигателе. При номинальном режиме работы коэффициент полезного действия ($\eta_{НОМ}$) двигателя будет также номинальным

$$\eta_{НОМ} = P_{2\text{ ном}} / P_{1\text{ ном}}$$

При любом соединении статорной обмотки (звездой или треугольником) формула для подсчета активной мощности $P_{1\text{ ном}}$, потребляемой двигателем от сети, одна и та же:

$$P_{1\text{ ном}} = \sqrt{3} * U_{л} * I_{л\text{ ном}} * \cos \varphi_{НОМ},$$

где $U_{л}$ – линейное напряжение, подводимое к обмоткам статора электродвигателя.

По условию задачи известны мощность на валу $P_{НОМ}$, $\eta_{НОМ}$; линейное напряжение $U_{л}$ и $\cos \varphi_{НОМ}$. Тогда, номинальный ток двигателя определяется:

$$I_{НОМ} = \frac{P_{1\text{ ном}}}{\sqrt{3} * U_{л} * \eta_{НОМ} * \cos \varphi_{НОМ}}$$

По найденному значению тока выбирается сечение медных или алюминиевых проводов из таблицы приложения 4. Алюминиевые провода сечением меньше $2,5\text{ мм}^2$ для питания двигателей не используют.

Стандартные плавкие вставки предохранителей выпускаются на номинальные токи 6, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 60, 80, 100, 120, 150 А.

Номинальный ток плавкой вставки $I_{вств}$ выбирается по значению пускового тока двигателя. Для электродвигателей механизмов с легкими условиями пуска отношение пускового тока двигателя к номинальному току плавкой вставки должно быть не более 2,5, а для электродвигателей механизмов с тяжелыми условиями пуска (большая длительность разгона, частые пуски и т.п.) это отношение должно быть от 2 до 1,6. Следовательно, $I_{вств} = I_{пуск} / 1,6 \dots 2,5$ и нужно выбрать стандартную плавкую вставку, удовлетворяющую этому условию.

Определить величину пускового тока можно из отношения $I_{пуск} / I_{НОМ}$ (таблица 16).

Частота вращения магнитного поля статора двигателя (синхронная частота) n_1 зависит от числа пар полюсов двигателя (p) и частоты f_1 колебаний напряжения трехфазной системы, которые подводятся к статорным обмоткам:

$$n_1 = 60 f_1 / p \text{ об.мин.}$$

Для нужд промышленности выпускаются электродвигатели с разным числом обмоток и соответственно пар полюсов, поэтому двигатели имеют разные синхронные частоты n_1 .

При любой механической нагрузке, которую может преодолеть двигатель, синхронная частота n_1 остается величиной постоянной в отличие от частоты вращения ротора n_2 , которая всегда меньше n_1 и изменяется по величине, если в процессе работы двигатель преодолевает разные тормозные моменты.

Число полюсов p и синхронную частоту n_1 можно определить по типу двигателя.

Условное обозначение (маркировка) двигателей состоит из цифр и букв. Схематично это можно показать так:

4АИА, X(50 – 355) S, M, L, A, B (2...12) Y 1, 2, 3

Расшифровываются эти обозначения следующим образом.

4 – порядковый номер серии. Раньше выпускались двигатели серий А2 и А3, а позже начали выпускаться двигатели серии АИ (асинхронная интерэлектро).

А – асинхронный.

Дальше указывается исполнение двигателя по способу защиты от окружающей среды:

Н – защищенного исполнения. Отсутствие знака означает обдуваемое исполнение.

Затем указывается исполнение двигателя по материалу станины и щитов:

А – станина и щиты из алюминия.

Х – станина алюминиевая, щиты чугунные. Отсутствие знака означает, что станина и щиты чугунные или стальные.

Указывается высота оси вращения в мм. Она может быть от 50 до 355 мм.

Размеры по длине станины обозначаются латинскими буквами:

S – станина самая короткая.

M – промежуточная.

L – длинная.

Буквами же обозначается и длина сердечника статора:

A – первая длина,

B – вторая. Отсутствие букв означает, что для данного типа сердечник только одной длины.

За буквой А или В, а если их нет, сразу же после установочного размера указывается число полюсов (2, 4, 6, 8 или 12).

Дальше указывается климатическое исполнение электродвигателя:

У – для умеренного климата.

Наконец, цифрой указывается категория размещения:

1 – на открытом воздухе,

2 – под навесом,

3 – в закрытых неотапливаемых помещениях.

В маркировке двигателя указывается число полюсов, а число пар полюсов будет в два раза меньше. Например, для двигателя 4А280М6У3 - число обмоток равно 9, число полюсов 6, число пар полюсов $p=3$ и синхронная частота вращения магнитного поля

$$n_1 = 60f_1/p = 60 \cdot 50/3 = 1000 \text{ об/мин}^{-1}.$$

Зная синхронную частоту n_1 и номинальное скольжение $S_{\text{НОМ}}$ (таблица 17), можно определить частоту вращения ротора n_2 .

$$S = (n_1 - n_2)/n_1. \text{ Откуда } n_2 \text{ ном} = n_1 \cdot (1 - S_{\text{НОМ}}).$$

Здесь s подставляют в формулу не в процентах, а в сотых долях от числа. Например, если $S=4\%$, то считают $S=0,04$.

Вращающий момент при номинальном режиме работы двигателя определяется по формуле $M_{\text{вр.ном}} = 9,550 P_{1\text{ном}} / n_{1\text{ном}}$, где $M_{\text{вр.ном}}$ выражено в Н*м;

$$P_{1\text{ном}} - \text{ в Вт; } n_{1\text{ном}} - \text{ в мин}^{-1}.$$

Механические параметры электродвигателя должны соответствовать параметрам приводимого им механизма во всех режимах его работы. Это соответствие проверяют, в первую очередь, по механической характеристике $M_{\text{вр}} = F(s)$.

По заданной перегрузочной способности двигателя $M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}} = \lambda$ опреде-

ляется максимальное значение вращающего момента $M_{\text{макс}}$ и значение скольжения $s_{\text{кр}}$, при котором момент наибольший

$$s_{\text{кр}} = s_{\text{НОМ}} (\lambda \pm \sqrt{\lambda^2 - 1}).$$

Необходимо найти оба корня этого уравнения и выбрать такое значение $s_{\text{кр}}$, при котором номинальный режим был бы в области устойчивой работы двигателя, то есть должно выполняться условие: $s_{\text{НОМ}} < s_{\text{кр}}$.

При построении механической характеристики нужно учесть, что в соответствии с принципом работы асинхронного двигателя при $s=0$ вращающий момент на валу двигателя отсутствует, $M_{\text{вр}}=0$.

В первый момент после включения двигателя в сеть, когда уже существует вращающееся магнитное поле, но ротор в силу инерционности еще неподвижен $n_2=0$, скольжение $s=1$.

Вращающий момент при таком скольжении называется пусковым - $M_{\text{пуск}}$. Величину этого момента и моментов при скольжении $s=0,2; 0,4; 0,6$ и $0,8$ можно подсчитать по формуле: $M_{\text{вр}} = 2M_{\text{вр макс}} / (s / s_{\text{кр}} + s_{\text{кр}} / s)$

Результаты вычислений вращающего момента удобно свести в таблицу. По полученным данным нужно построить график $M_{\text{вр}}=F(s)$. На графике указать точки, соответствующие номинальному, максимальному и пусковому моментам; указать области устойчивой и неустойчивой работы двигателя.

ЗАДАЧА 9. Производственный механизм работает в переменном режиме с нагрузкой P в течение времени t . Данные режима работы производственного механизма приведены в табл.18 и 19. Требуется построить нагрузочную диаграмму $P=F(t)$ работы механизма и выбрать мощность асинхронного двигателя для привода механизма (приложение 5). Выписать из приложения параметры выбранного двигателя.

ТАБЛИЦА 18

	Потребляемая мощность P, кВт								
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
1	25	10	35	8	5	0	25	10	35
2	10	25	50	8	4	15	10	25	40
3	18	30	0	25	10	0	18	30	0
4	5	20	30	0	4	8	0	5	20
5	10	8	25	15	4	30	15	10	8
6	15	25	0	30	5	0	15	25	10
7	15	30	10	6	20	8	15	30	8
8	15	30	4	6	10	6	8	30	15
9	8	4	6	20	10	6	8	8	4
0	8	4	6	20	10	6	8	8	4

ТАБЛИЦА 19

	Продолжительность работы, мин								
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	T ₉
1	20	24	8	18	30	10	20	22	8
2	45	30	5	60	55	10	45	30	5
3	60	10	5	30	15	60	60	10	5
4	45	15	10	50	20	40	45	50	10
5	30	40	10	15	25	10	50	30	40
6	50	10	30	5	75	60	4	4	10

7	5	4	30	10	10	30	20	5	25
8	45	20	10	60	40	30	45	10	20
9	10	20	15	5	30	25	35	40	50
0	10	15	20	20	10	50	10	15	20

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ 9

По данным, приведенным в табл.18 и 19, построить временную нагрузочную диаграмму электродвигателя (рис.23). По осям диаграммы обязательно нанести масштабные метки.

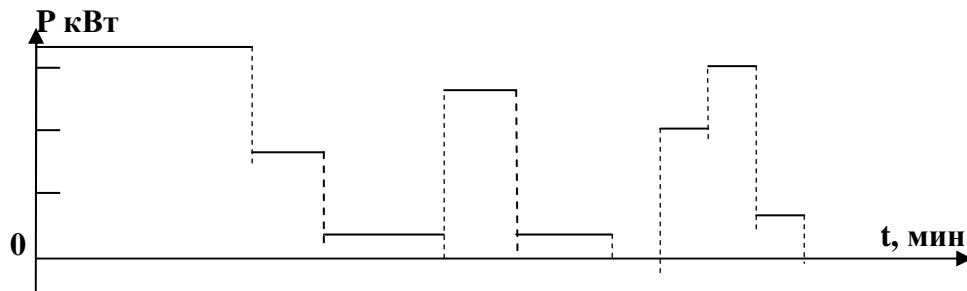


Рис.23. Пример временной нагрузочной диаграммы электродвигателя.

Мощность двигателя подбирается при заданных режимах работы по величине эквивалентной мощности, которая равна:

$$P_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K P_k^2 * t_k}{t_{\text{ц}}}},$$

где $t_{\text{ц}}$ – полное время работы электродвигателя $t_{\text{ц}}=t_1+t_2+t_3+\dots+t_n$,

P_k – мощность на валу двигателя в k -ом цикле,

t_k – длительность k -ого цикла работы электродвигателя.

По $P_{\text{экв}}$ выбирается мощность двигателя для привода производственного механизма из условия, что $P_{\text{ном(катал.)}} > P_{\text{экв}}$. Величина $P_{\text{ном(катал.)}}$ выбирается по данным из приложения 5.

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

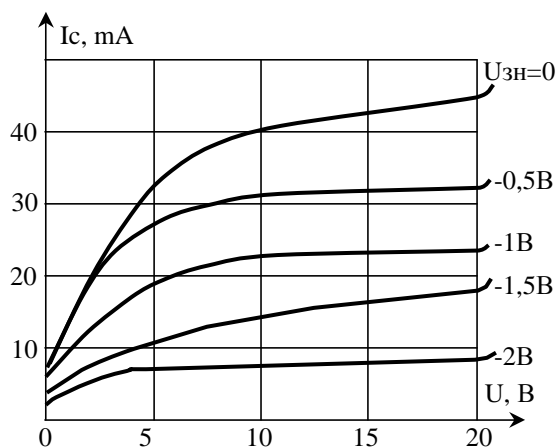
1. Энергия и мощность электрической цепи переменного тока. Закон Ленца – Джоуля. Нарисовать схемы включения приборов для измерения мощностей.
2. Неразветвленная цепь, содержащая активное сопротивление и индуктивность. Методы расчета. Закон Ома, коэффициент мощности, векторная диаграмма.
3. Неразветвленная цепь, содержащая активное сопротивление и емкость. Методы расчета. Закон Ома, коэффициент мощности, векторная диаграмма.
4. Неразветвленная цепь, содержащая активное сопротивление, емкость и индуктивность. Методы расчета. Закон Ома, коэффициент мощности, векторная диаграмма.
5. Резонанс напряжений. Неразветвленная цепь, содержащая активное сопротивление, емкость и индуктивность. Закон Ома, коэффициент мощности, векторная диаграмма при резонансе напряжений.

6. Разветвленная цепь переменного тока. Методы расчета. Резонанс токов. Векторная диаграмма при резонансе токов.
7. Соединение обмоток генератора и приемников в звезду. Векторная диаграмма при несимметричной нагрузке. Соотношения между линейными и фазными токами и напряжениями
8. Четырехпроводная система. Соединение приемников в звезду. Векторная диаграмма при несимметричной нагрузке. Соотношения между линейными и фазными токами и напряжениями.
9. Соединение обмоток генератора и приемников энергии в треугольник. Векторная диаграмма при несимметричной нагрузке. Соотношения между линейными и фазными токами и напряжениями
10. Неразветвленная цепь, содержащая активное сопротивление, емкость и индуктивность. Методы расчета. Закон Ома, коэффициент мощности, векторная диаграмма. Треугольник сопротивлений. Резонанс напряжений.
11. Разветвленная цепь, содержащая активное сопротивление, емкость и индуктивность. Методы расчета. Закон Ома, коэффициент мощности, векторная диаграмма. Треугольник проводимостей. Резонанс токов
12. Мощности в цепи синусоидального тока. Схема включения приборов для измерения активной, реактивной и полной мощностей.
13. Измерение электрической энергии.
14. Коэффициент мощности и его экономическое значение. Методы компенсации реактивной мощности.
15. Способы повышения коэффициента мощности.
16. Свойства симметричных трехфазных цепей. Мощность трехфазной цепи. Симметричный и несимметричный режимы работы цепи. Режимы нейтрали.
17. Транзисторные усилители электрических сигналов. Классификация и особенности их применения.
18. Классификация и типы транзисторных усилителей. Коэффициент усиления. Схемы включения биполярных транзисторов в усилительных каскадах.
19. Обратная связь в усилителях. Усилители, выполненные на интегральных микросхемах.
20. Схемы операционных усилителей. Автогенераторы.
21. Импульсные устройства и логические схемы.
22. Выпрямители. Сглаживающие фильтры.
23. Логические цифровые устройства на больших интегральных схемах.
24. Логические схемы И, ИЛИ, НЕ, ИЛИ-НЕ, И-НЕ на МОП- и КМОП- транзисторах.
25. Трансформаторы. Принцип действия. Режим холостого хода. Работа трансформатора под нагрузкой.
26. Трансформаторы. Опытное определение параметров трансформатора.
27. Трансформаторы. Опыт короткого замыкания.
28. Трехфазный трансформатор. Схемы включения обмоток.
29. Автотрансформатор.

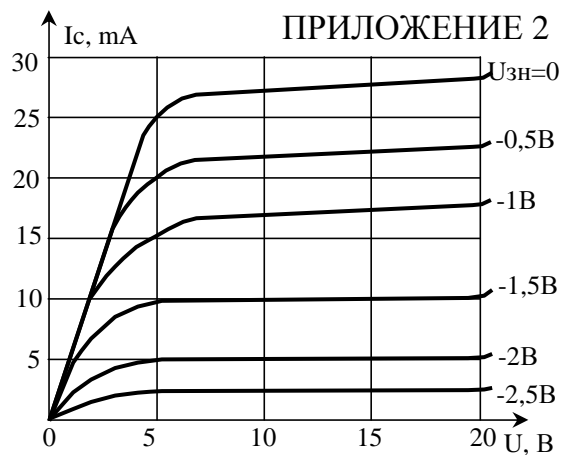
30. Электропривод. Применение ЭВМ и микропроцессоров в системах управления электроприводами.
31. Электропривод. Выбор двигателей. Схемы электроснабжения предприятий.
32. Особенности электроснабжения предприятий пищевой промышленности. Рациональное использование электроприводов.
33. Последовательное, параллельное и смешанное соединение резисторов. Привести примеры и расчетные формулы.
34. Амплитуда синусоидального напряжения на входе цепи с активным сопротивлением равна 220 В, а начальная фаза = 45° . Напишите выражение для мгновенного значения напряжения и постройте векторную диаграмму для тока и напряжения.
35. Мгновенное значение переменного тока в цепи $i = 7,8 \sin(\omega t + \pi/4)$ А. Определите действующее значение тока
36. Амплитуда синусоидального напряжения равна 100В, начальная фаза равна $-\pi/4$, частота равна 100 Гц. Напишите выражение для мгновенного значения напряжения.
37. На векторной диаграмме представлены напряжения U_1 и U_2 . Напишите выражения для мгновенных значений этих напряжений.
38. По результатам измерений тока, напряжения и активной мощности определите параметры электрической цепи.
39. Определите коэффициент усиления по напряжению операционного усилителя, если известны его параметры
40. По результатам опытов холостого хода и короткого замыкания определите потери и КПД трансформатора.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПЕРЕНОСНЫЕ ВАТТМЕТРЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.

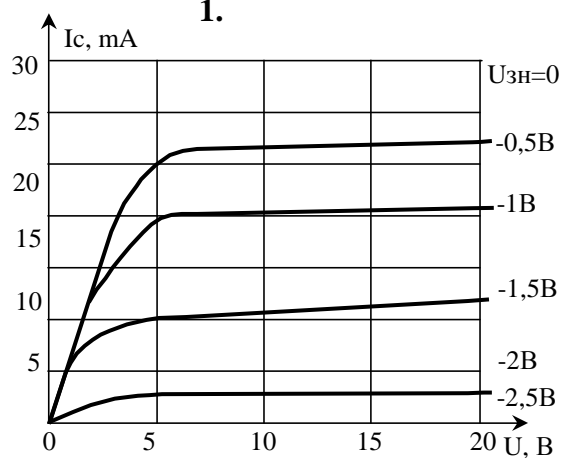
Тип	Номинальный ток, А.	Номинальное напряжение, В.	Число делений Шкалы
Д501	2,5 – 5	150–300	75
АСТД	5	150–300–450–600	150
Д529/4	2,5 – 5	37,5–75–150–300	75
Д539/1	5 – 10	30–75–150–300	75
Д539/2	5 – 10	75–150–300–600	75
Д539/3	2,5 – 5	30–75–150–300	75
Д539/4	2,5 – 5	75–150–300–600	75
Д568	-2,5 – 5 – 10	15–30–75–150–300	50



1.



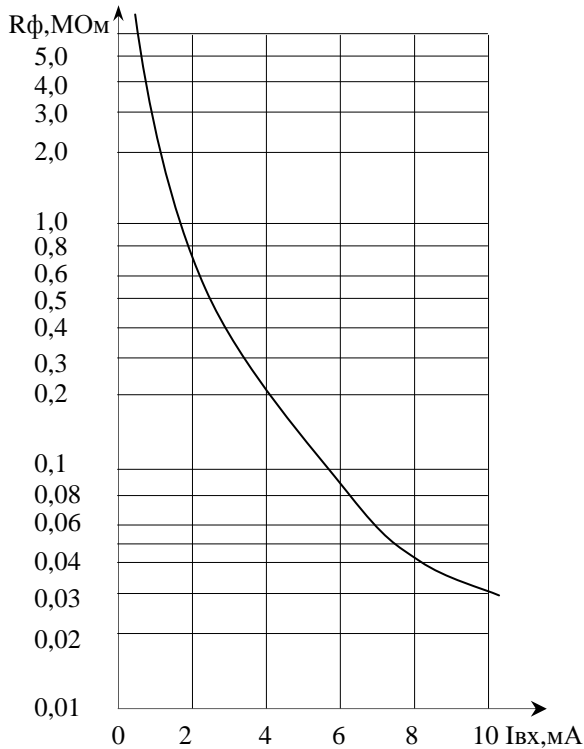
2.



3.

1. Выходные вольтамперные характеристики полевого транзистора КП302А.
2. Выходные вольтамперные характеристики полевого транзистора КП302Б.
3. Выходные вольтамперные характеристики полевого транзистора КП302В.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3



Зависимость сопротивления фоторезистора (R_{ϕ}) от входного тока оптрона.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Длительно допустимые токовые нагрузки на изолированные провода с медными и алюминиевыми жилами при прокладке сети в помещениях (температура окружающего воздуха 25 С).

Сечение жилы, мм ²	I, А	
	Провода медные с резиновой или полихлорвиниловой изоляцией, проложенные открыто	Провода алюминиевые с резиновой или полихлорвиниловой изоляцией, проложенные открыто
	Трехжильный	
1,5	19	—
2,5	25	19
4,0	35	27
6,0	42	32
10,0	55	42
16,0	75	60
25,0	95	75
35,0	120	90
50,0	145	110
70,0	180	140
90,0	220	170

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Выпускаемые отечественной промышленностью асинхронные электродвигатели серии 4А.

Ном.мощн., P _н , кВт.	n _{2н} об/мин.	η _{ном} , %.	cos φ _{ном}	Ипуск/Ином	Ммакс/Мном
0,18	2760	66	0,76	5,0	2,2
0,25	2760	68	0,77	5,0	2,2
0,55	2730	73	0,86	5,0	2,2
0,75	2840	77	0,87	5,5	2,2
1,1	2810	77,5	0,87	5,5	2,2
1,5	2850	81	0,85	6,5	2,2
2,2	2850	83	0,87	6,5	2,2
3,0	2880	84,5	0,88	6,5	2,2
4,0	2880	86,5	0,89	7,5	2,2
5,5	2920	87,5	0,91	7,5	2,2
7,5	2920	87,5	0,88	7,5	2,2
11	2930	88	0,9	7,5	2,2
15	2930	87,5	0,9	7,5	2,5
18,5	2930	88,5	0,92	7,5	2,5
22	2950	89	0,9	7,5	2,5
30	2940	90	0,92	7,5	2,5
37,0	2940	90	0,89	7,5	2,5
45	2940	91	0,9	7,5	2,5
55	2950	90,5	0,92	7,5	2,5
75	2960	91	0,9	7,5	2,2
90	2960	92	0,9	7,5	2,2
110	2970	91	0,89	7,0	2,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Шкала мощностей стандартных трехфазных силовых трансформаторов в кВА 10;16;25;40;63;100;160;250;400;630;1000;1600;2500;4000;6300.

Иноземцев И.М., Гаврилюк Я.Д., Иванов О.А.

Электротехника и электроника. Общая электротехника и электроника.

Рабочая программ, методические документы, тематика контрольных работ.

Подписано к печати:

Тираж: 300

Заказ №:4070