

Министерство образования и науки Челябинской области

ГБПОУ «Троицкий технологический техникум»

**Методические указания
по выполнению практических работ**

по дисциплине: **ОП.03 Основы электротехники**

по специальности **08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений**

г. Троицк, 2023 г.

Методические указания для выполнения практических работ разработаны на основе рабочей программы по дисциплине «Основы электротехники» по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений

Разработчик: Перфильева Л.С., преподаватель профессионального цикла высшей квалификационной категории.

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой методической комиссии по программам подготовки специалистов среднего звена технического профиля

Протокол № 6 от «30» мая 2023 г.

Содержание:

1. Пояснительная записка
2. Общие требования по выполнению работы и оформлению отчета; критерии оценивания работ
3. Тематика и содержание практических работ
4. Список используемой литературы.

1. Пояснительная записка

Целью проведения практических работ является:

- лучшее усвоение материала, закрепление полученных теоретических знаний и практических умений по учебной дисциплине;
- формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- формирования общих и профессиональных компетенций

Согласно учебному плану и рабочей программы дисциплины общий объем на выполнение практических работ составляет 12 часов.

2. Общие требования по выполнению работы и оформлению отчета; критерии оценивания работ.

Обучающийся должен:

- строго выполнять весь объем самостоятельной подготовки, указанный в описании соответствующих лабораторных (практических) работ;
- знать, что выполнению каждой работы предшествует проверка готовности обучающегося, которая проводится преподавателем;
- знать, что после выполнения работы обучающийся должен представить отчет о проделанной работе с обсуждением полученных результатов и выводов.

Критерии оценки лабораторных (практических) работ.

Например:

Оценка «5» - работа выполнена в полном объеме и без замечаний.

Оценка «4» - работа выполнена правильно с учетом 2-3 несущественных ошибок, исправленных самостоятельно по требованию преподавателя.

Оценка «3» - работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущена существенная ошибка.

Оценка «2» - допущены две (и более) существенных ошибок в ходе работы, которые обучающиеся не может исправить даже по требованию преподавателя или работа не выполнена.

Отчет по практической работе должен включать в себя:

1. Название практической работы.
2. Цель работы..
3. Электрическую схему работы, выполненную в соответствии с требованиями ЕСКД.
4. Расчетные формулы и примеры расчетов. Таблицу с расчетными данными.
5. Выводы по работе.

Отчет оформляется в соответствии с требованиями СПДС и ЕСКД на листах формата А4 разборчивым почерком чернилами одного цвета (синего или черного). Чертежи, схемы выполняются карандашом с помощью чертежных инструментов.

Каждую практическую работу начинают с нового листа, на который нанесена рамка рабочего поля со штампом (приложение 1). Рамки отстоят от внешней стороны листа слева на 20 мм, от других сторон на 5 мм.

Описки, графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения работы, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста. Титульный лист оформляется в соответствии со стандартом техникума.

4. Тематика и содержание практических работ

Перечень практических работ

№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Тема
1	Расчет электрической цепи со смешанным соединением резисторов.	2	2
2	Расчет неразветвленной цепи переменного тока	2	3
3	Расчет симметричной трехфазной цепи переменного тока.	2	3
4	Расчет основных характеристик силовых трансформаторов.	2	4
5	Расчет основных характеристик асинхронных двигателей.	2	4
6	Расчет основных характеристик машин постоянного тока.	2	4

Практическая работа №1

Тема работы: Расчет электрической цепи со смешанным соединением резисторов.

Цель работы: закрепить знания методов расчета электрической цепи при смешанном соединении резисторов.

Оборудование и оснащение: методические указания по выполнению практических работ.

Задание и порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с методическими указаниями.
2. На основании исходных данных выполнить задание по варианту.
3. Составить отчет по работе.

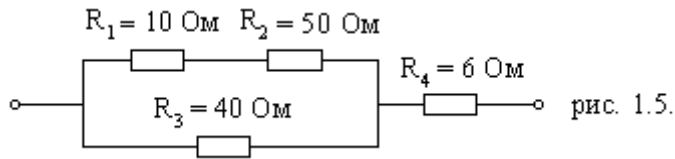
Краткие теоретические сведения

Многие электрические цепи можно представить как комбинацию последовательного и параллельного соединений проводников. Расчет таких цепей сводится к их упрощению путем замены группы резисторов одним резистором, имеющим эквивалентное сопротивление. Какими законами можно при этом пользоваться?

1. Для каждого резистора справедлив закон Ома.
2. Для группы резисторов, соединенных последовательно, справедливы законы последовательного соединения.
3. Для группы резисторов, соединенных параллельно, справедливы законы параллельного соединения.
4. Для любого узла в цепи справедлив первый закон Кирхгофа – сумма токов, входящих в узел, равна сумме токов, выходящих из узла.
5. Напряжение (разность потенциалов) между любыми двумя точками цепи равно сумме напряжений на отдельных участках цепи, соединяющих данные точки.

Пример. Цепь постоянного тока со смешанным соединением состоит из четырёх резисторов. Мощность электрической цепи $P = 750$ Вт. Определить эквивалентное сопротивление цепи, токи и напряжения на всех резисторах и для всей цепи. Решение проверить, используя баланс мощностей.

(Указание: номера токов, напряжений и мощностей должны совпадать номерами сопротивлений.)



Дано: $R_1=10 \text{ Ом}$; $R_2=50 \text{ Ом}$; $R_3=40 \text{ Ом}$; $R_4=6 \text{ Ом}$; $P=750 \text{ Вт}$.

Определить: R -? U -? U_1 -? U_2 -? U_3 -? U_4 -? I_1 -? I_2 -? I_3 -? I_4 -?

Решение:

1. Определим эквивалентное сопротивление цепи методом свёртывания.

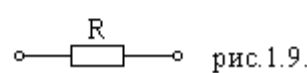
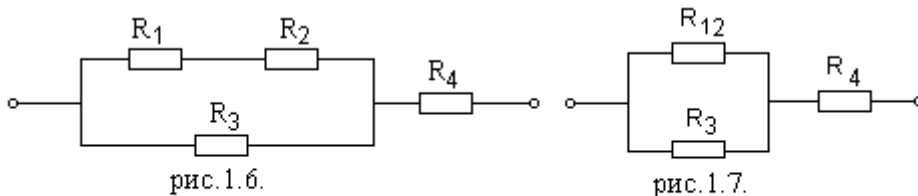
Если между сопротивлениями нет узла, то они соединены последовательно, а между двумя узлами имеется параллельное соединение сопротивлений.

R_1 и R_2 соединены последовательно, R_{12} и R_3 параллельно, а R_{123} и R_4 последовательно.

$$R_{12} = R_1 + R_2 = 10 + 50 = 60 \text{ Ом.}$$

$$R_{123} = \frac{R_{12} \cdot R_3}{R_{12} + R_3} = \frac{60 \cdot 40}{60 + 40} = 24 \text{ Ом.}$$

$$R = R_{123} + R_4 = 24 + 6 = 30 \text{ Ом.}$$



2. Определим токи и напряжения на всех резисторах.

Ток и напряжение для всей цепи:

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{750}{30}} = 5 \text{ А.} \quad U = I \cdot R = 5 \cdot 30 = 150 \text{ В.}$$

Рис. 1.9. получается свёртыванием рис. 1.8. На рисунке 1.10 покажем токи и напряжения на резисторах R_{123} и R_4 :

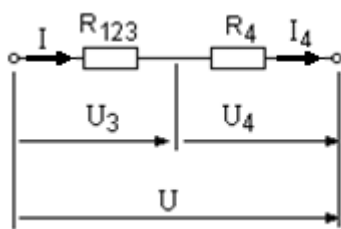


рис. 1.10.

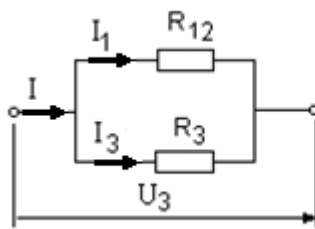


рис. 1.11.

$$U_3 = I \cdot R_{123} = 5 \cdot 24 = 120 \text{ В. } U_4 = I_4 \cdot R_4 = 5 \cdot 6 = 30 \text{ В.}$$

Решение проверим, используя 2-ой закон Кирхгофа.

$$U = U_3 + U_4 = 120 + 30 = 150 \text{ В.}$$

Резистор R_{123} получается от параллельного соединения резисторов R_{12} и R_3 .

Из рис. 1.11. имеем:

$$I_1 = \frac{U_3}{R_{12}} = \frac{120}{60} = 2 \text{ А} \quad I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{120}{40} = 3 \text{ А}$$

Решение проверим, используя 1-ый закон Кирхгофа.

$$I = I_1 + I_2 = 2 + 3 = 5 \text{ А.}$$

Резистор R_{12} получается от последовательного соединения резисторов

R_1 и R_2 . Из рис. 1.12. имеем:

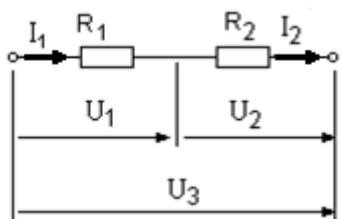


рис. 1.12.

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 2 \cdot 10 = 20 \text{ В. } U_2 = I_2 \cdot R_2 = 2 \cdot 50 = 100 \text{ В.}$$

Решение проверим, используя 2 - ой закон Кирхгофа.

$$U_3 = U_1 + U_2 ; 120 = 20 + 100 = 120 \text{ В;}$$

3. Баланс мощностей: $P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 ; P = U \cdot I ;$

$$150 \cdot 5 = 20 \cdot 2 + 100 \cdot 2 + 120 \cdot 3 + 30 \cdot 5 = 40 + 200 + 360 + 150 = 750 ;$$

$$750 \text{ Вт} = 750 \text{ Вт;}$$

Вывод: Баланс мощностей сошелся, следовательно, задача решена верно.

Задание

Для цепи постоянного тока со смешенным соединением резисторов, изображенной на рисунке 1 и 2, определить:

- 1) Эквивалентное сопротивление цепи;
- 2) Токи прохождения через каждый резистор;
- 3) Расход электроэнергии в цепи за время $t = 10$ часов.

Проверить решение задачи, составив баланс мощности.

Данные для своего варианта взять в табл. 1.

Указание: Индексы токов, напряжений, мощности соответствуют индексу резистора. Например, через резистор R_1 проходит ток I_1 , падение напряжения на нем U_1 , потребляемая им мощность P_1 и т.д.

Таблица 1

Вариант	№ рисунка	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	Задаваемая величина
		Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	
1	1	2	4	12	3	6	-	$U_{AB} = 100\text{В}$
2	1	2	4	12	3	6	-	$I_1 = 20\text{А}$
3	1	2	4	12	3	6	-	$U_2 = 30\text{В}$
4	1	2	4	12	3	6	-	$I_4 = 5\text{А}$
5	1	2	4	12	3	6	-	$U_1 = 20\text{В}$
6	2	4	15	10	5	10	4	$U_{AB} = 50\text{В}$
7	2	4	15	10	5	10	4	$U_1 = 20\text{В}$
8	2	4	15	10	5	10	4	$I_2 = 2\text{А}$
9	2	4	15	10	5	10	4	$U_2 = 60\text{В}$
10	2	4	15	10	5	10	4	$I_6 = 6\text{А}$

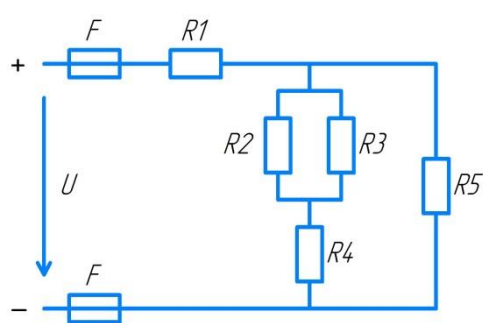


Рис.1

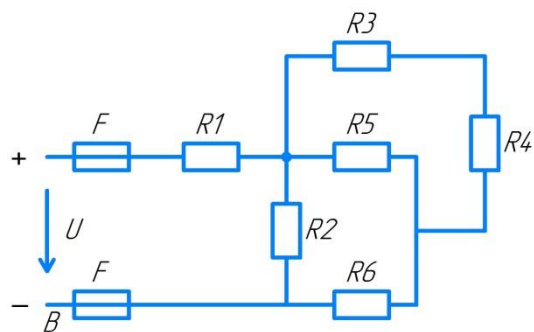


Рис.2

Содержание отчета

1. Тема работы, цель, задание.

2. Данные и схема по варианту.
3. Решение с пояснениями, вывод.

Практическая работа №2

Тема работы: Расчет неразветвленной цепи переменного тока

Цель работы: научиться рассчитывать параметры неразветвленных электрических цепей переменного тока и строить векторные диаграммы.

Оборудование и оснащение: методические указания по выполнению практических работ.

Задание и порядок выполнения

1. Ознакомиться с методическими указаниями.
2. Выполнить расчеты и построить векторную диаграмму согласно варианту.
3. Оформить отчет.

Краткие теоретические сведения

Реактивное сопротивление цепи равно разности индуктивных и емкостных сопротивлений:

$$X = X_L - X_C \quad (\text{брать все } X \text{ из схемы})$$

Формула для полного сопротивления цепи имеет вид:

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

Эту формулу нужно привести в соответствие со своей схемой, следуя указаниям:

- если одно из этих сопротивлений в схеме отсутствует, то брать его за ноль;

- если каких-то сопротивлений два, то при их подставке в формулу складывают; причем X_L всегда берут с «плюсом», а X_C - с «минусом».

Ток в цепи можно найти несколькими способами:

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}}; \quad I = \sqrt{\frac{Q}{X}}; \quad I = \sqrt{\frac{S}{Z}}; \quad I = \frac{U}{Z}; \quad I = \frac{U_R}{R}; \quad I = \frac{U_X}{X}$$

Напряжения в цепи также можно найти по нескольким формулам:

$$U_R = IR; \quad U_L = IX_L; \quad U_C = IX_C; \quad U = IZ$$

Коэффициент мощности равен отношению активного сопротивления к полному:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

$\sin \varphi$ находят как отношение реактивного сопротивления к полному:

$$\sin \varphi = \frac{X}{Z}$$

Формулы для мощности цепи имеют вид:

$$\begin{array}{ll} \text{активная} & P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \\ \text{реактивная} & Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \\ \text{полная} & S = U \cdot I \end{array}$$

Для построения векторной диаграммы необходимо:

1. Составить уравнение

$$\vec{U} = \vec{U}_{\dots} + \vec{U}_{\dots} + \vec{U}_{\dots}$$

(сложить вектора соответствующих напряжений).

2. Выбрать масштаб для значения напряжений и тока, определить длины векторов в сантиметрах.

3. После этого построить векторную диаграмму по масштабу и в соответствии с уравнением.

ПРИМЕЧАНИЕ:

а) первым всегда строят ток I ;

б) вектор U_R всегда идет параллельно току;

с) вектор U_L перпендикулярно току вверх;

д) U_C перпендикулярно току вниз;

е) итоговый вектор U соединяет начало первого вектора с концом последнего.

Проверка: длина вектора U в сантиметрах, измеренная по линейке, должна совпадать с расчетной величиной.

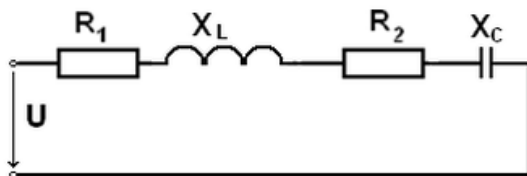
Задание

Неразветвленная цепь переменного тока (см. пример) содержит активные и реактивные сопротивления, величины которых заданы в таблице. Кроме того, известна одна из дополнительных величин. Определить следующие величины, если они не заданы в таблице вариантов: полное сопротивление цепи; напряжение, приложенное к цепи; силу тока в цепи; активную, реактивную и полную мощности; $\cos \varphi$; $\sin \varphi$.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R_1 , Ом	8	10	3	12	4	2	1	1	20	8
R_2 , Ом	4	20	1	20	8	1	3	2	10	4
X_L , Ом	18	50	5	30	18	4	2	8	10	6
X_C , Ом	2	10	2	6	2	8	5	4	50	22
Доп. величина	$I=10A$	$P=120$ Вт	$P_2=100$ Вт	$I=1A$	$U=40$ В	$Q_L=-$ 96 вар	$Q_C=-$ 125 вар	$S=80$ ВА	$Q=-$ 640 вар	$P_1=32$ Вт

Пример выполнения задания

Неразветвленная цепь переменного тока содержит активные и реактивные сопротивления, величины которых: $R_1=2\text{Ом}$, $R_2=6\text{Ом}$, $X_L=12\text{Ом}$, $X_C=6\text{Ом}$, $Q=150\text{вар}$. Определить: полное сопротивление цепи; напряжение, приложенное к цепи; силу тока в цепи; активную и полную мощности; $\cos\varphi$; $\sin\varphi$.



Вариант	R_1 , Ом	R_2 , Ом	X_L , Ом	X_C , Ом	Дополнительная величина
1	2	6	12	6	$Q = 150 \text{ вар}$

Решение

1. Найти реактивное сопротивление:

$$X = X_L - X_C = 12 - 6 = 6\text{Ом}$$

2. Найти полное сопротивление цепи:

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_L - X_C)^2} = \\ &= \sqrt{(2 + 6)^2 + (12 - 6)^2} = 10\text{Ом} \end{aligned}$$

3. Найти ток:

$$I = \sqrt{\frac{Q}{X}} = \sqrt{\frac{150}{6}} = 5\text{А}$$

4. Найти напряжения:

$$U_{R1} = IR_1 = 5 \cdot 2 = 10\text{В} \quad U_{R2} = IR_2 = 5 \cdot 6 = 30\text{В}$$

$$U_L = IX_L = 5 \cdot 12 = 60\text{В} \quad U_C = IX_C = 5 \cdot 6 = 30\text{В}$$

$$U = IZ = 5 \cdot 10 = 50\text{В}$$

5. Найти $\cos\varphi$ и $\sin\varphi$:

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R_1 + R_2}{Z} = \frac{2 + 6}{10} = 0,8$$

$$\sin\varphi = \frac{X}{Z} = \frac{X_L - X_C}{Z} = \frac{12 - 6}{10} = 0,6$$

6. Найти мощности:

активная

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 50 \cdot 5 \cdot 0,8 = 200 \text{ Вт}$$

реактивная

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = 50 \cdot 5 \cdot 0,6 = 150 \text{ вар}$$

полная

$$S = U \cdot I = 50 \cdot 5 = 250 \text{ В} \cdot \text{А}$$

7. Построить векторную диаграмму:

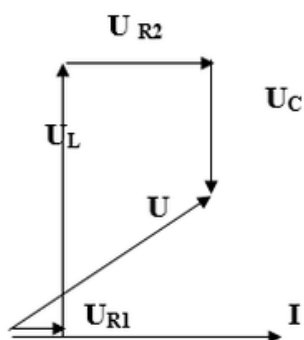
а) Векторно сложить соответствующие напряжения в порядке схемы

$$\vec{U} = \vec{U}_{R1} + \vec{U}_L + \vec{U}_{R2} + \vec{U}_C$$

б) Выбрать масштаб

с) Построить векторную диаграмму в соответствии с уравнением.

$U_{R1} = 10 \text{ В}$		1 см
$U_L = 60 \text{ В}$		6 см
$U_{R2} = 30 \text{ В}$: 10	3 см
$U_C = 30 \text{ В}$		3 см
$U = 50 \text{ В}$		5 см
<hr/>		
$I = 5 \text{ А}$: 1	5 см



Описание:

1. Первым строят ток I , горизонтально, длиной 5 см;
2. Вектор U_{R1} идет параллельно току, длиной 1 см;
3. Вектор U_L перпендикулярен току вверх, от конца вектора U_{R1} , длиной 6 см;
4. Вектор U_{R2} идет параллельно току, от конца вектора U_L , длиной 3 см;
5. U_C перпендикулярен току вниз, от конца вектора U_{R2} , длиной 3 см;

6. Итоговый вектор U соединяет начало первого вектора U_{R1} с концом последнего U_C .

Проверка: длина вектора U в сантиметрах, измеренная по линейке, равна 5 см, что совпадает с расчетной величиной.

Содержание отчета

1. Тема работы, цель, задание.
2. Схема, решение, векторная диаграмма.

Практическая работа №3

Тема работы: Расчет симметричной трехфазной цепи переменного тока

Цель работы: научиться выполнять расчет трехфазных цепей, строить векторные диаграммы.

Оборудование и оснащение: методические указания по выполнению практических работ.

Задание и порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с методическими указаниями. Изучить примеры решения задач.
2. Самостоятельно решить задачи.
3. Оформить отчет.

Краткие теоретические сведения

Трехфазная система считается симметричной, когда напряжения и токи каждой из фаз имеют одинаковую амплитуду, а сдвиг амплитуды по фазе равен 120 градусов.

Если к такой сети подключить симметричную нагрузку, то есть такую трехфазную нагрузку, при которой токи каждой из фаз будут равны по величине и по фазе, то такая нагрузка создаст симметричную систему токов (с одинаковыми углами сдвига фаз между ними). Это возможно при условии, когда во всех трех фазах нагрузки имеются одинаковые реактивные и активные сопротивления, то есть $Z_a = Z_b = Z_c$.

Расчёт симметричных трёхфазных цепей сводится по сути к расчёту одной фазы по однолинейной эквивалентной схеме. В двух других фазах будут такие же по величине токи и напряжения, как в первой, но сдвинуты по фазе относительно них на угол 120°.

При исследовании электрических цепей и моделировании часто пользуются векторными диаграммами токов и напряжений. Под векторной диаграммой понимается совокупность векторов, изображающих синусоидальные функции времени .

Рассмотрим условия **при симметричной нагрузке, соединенной по схеме «звезда»** (рис. 1, а), фазное сопротивление которой Z_{ϕ} . Эта нагрузка включена под линейное напряжение U_L . Фазный ток I_{ϕ} такой нагрузки равен линейному I_L . На основании закона Ома этот ток:

$$I_{\phi} = U_{\phi} / z_{\phi} = I_L = U_L / \sqrt{3} z_{\phi}.$$

Если же нагрузка соединена по схеме «треугольник» (рис.1, б), то фазное напряжение равно линейному и, следовательно, фазный ток $I_{\Phi} = U_{\text{л}}/Z_{\Phi}$, линейный ток $I_{\text{л}} = \sqrt{3}I_{\Phi}$

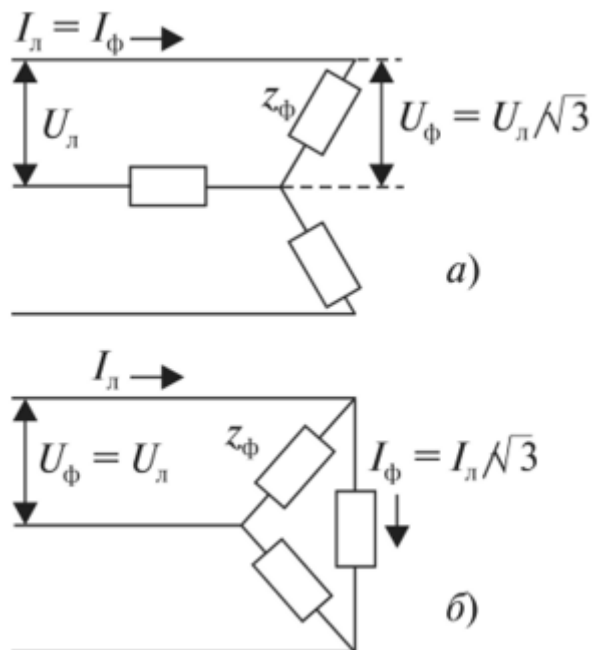


Рис.1. Симметричная нагрузка, соединенная по схемам «звезда» (а) и «треугольник»(б)

Пример расчета цепи при соединении потребителя звездой

Задача1

К источнику трехфазной сети с линейным напряжением $U_{\text{л}} = 380$ В и частотой $f = 50$ Гц подключена равномерная нагрузка, соединенная по схеме «звезда», с полным сопротивлением в фазе $Z = 90$ Ом и индуктивностью $L = 180$ мГн. Определить активную, реактивную и полную мощности, коэффициент мощности, действующие значения линейного тока.

Решение:

Фазное напряжение

$$U_{\Phi} = U_{\text{л}}/\sqrt{3} = 380/\sqrt{3} = 220 \text{ В} \quad U_{\Phi} = U_{\text{л}}/\sqrt{3} = 380/\sqrt{3} = 220 \text{ В}$$

Фазный ток

$$I_{\Phi} = U_{\Phi}/Z = 220/90 = 2,45 \text{ А}$$

Линейный ток

$$I_{\text{л}} = I_{\Phi} = 2,45 \text{ А}$$

Активное сопротивление в фазе:

$$R = \sqrt{Z^2 - XL^2} = \sqrt{90^2 - 56,5^2} = 70 \text{ Ом}$$

Коэффициент мощности :

$$\cos \varphi = R/Z = 70/90 = 0,778$$

Мощность, потребляемая нагрузкой:

- активная

$$P = 3U_{\Phi}I_{\Phi}\cos\varphi = 3 \times 220 \times 2,45 \times 0,778 = 1260 \text{ Вт} = 1,26 \text{ кВт}$$

- реактивная

$$Q = 3U_{\Phi}I_{\Phi}\sin\varphi = 3 \times 220 \times 2,45 \times 0,628 = 1010 \text{ вар} \approx 1 \text{ квар}$$

- полная

$$S = 3U_{\Phi}I_{\Phi} = 3 \times 220 \times 2,45 = 1620 \text{ Вт} = 1,62 \text{ кВА}$$
 Угол сдвига фаз:

$$\varphi = \arccos(0,778) = 39^\circ$$

Векторная диаграмма токов и напряжений представлена на рисунке.

Ответ: $P = 1,26 \text{ кВт}$; $Q = 1 \text{ квар}$; $S = 1,62 \text{ кВА}$; $\cos \varphi = 0,778$; $I_{\Phi} = 2,45 \text{ А}$.

Пример расчета цепи при соединении треугольником

Задача 2

В трехфазную сеть с $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ включен соединенный треугольником трехфазный асинхронный двигатель мощностью $P = 5 \text{ кВт}$, КПД двигателя равен $\eta_{\text{н}} = 90\%$, коэффициент мощности $\cos \varphi_{\text{н}} = 0,8$. Определить фазные и линейные токи двигателя, параметры его схемы замещения R_{Φ} , X_{Φ} , построить векторную диаграмму.

Решение:

1. Расчетная схема

Двигатель является активно-индуктивным потребителем энергии, его схема замещения приведена на рис. 2

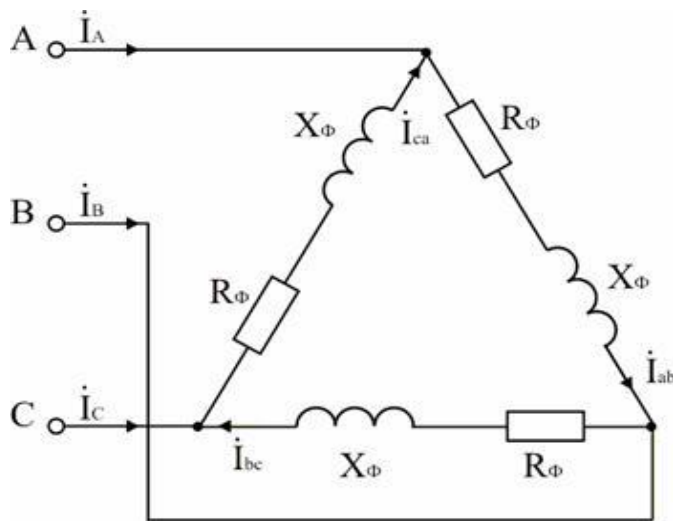


Рис. 2

2. Расчет активной мощности и токов, потребляемых двигателем из сети.

В паспорте двигателя указывается механическая мощность на валу; потребляемая активная мощности двигателя

$$P = P_H / \eta = 500 / 0.9 = 5560 \text{ Вт.}$$

Для симметричной нагрузки, какой является двигатель,

$$P = 3 U_{\Phi} I_{\Phi} \cos \varphi \quad \text{и} \quad I_{\Phi} = P / (3 U_{\Phi} \cos \varphi).$$

$$I_{\Phi} = 5560 / (3 \cdot 380 \cdot 0,8) = 6,09 \text{ А.}$$

$$I_L = \sqrt{3} I_{\Phi} = \sqrt{3} \cdot 6,09 = 10,54 \text{ А.}$$

3. Расчет параметров схемы замещения двигателя.

$$Z_{\Phi} = U_{\Phi} / I_{\Phi} = 380 / 6,09 = 62,4 \text{ Ом; } R_{\Phi} = Z_{\Phi} \cos \varphi = 62,4 \cdot 0,8 = 49,9 \text{ Ом;}$$

$$X_{\Phi} = Z_{\Phi} \sin \varphi = 62,4 \cdot 0,6 = 37,4 \text{ Ом; } \cos \varphi_{\Phi} = \cos \varphi_H = 0,8.$$

4. Построение векторной диаграммы.

Линейные напряжения строятся в виде симметричной звезды, они же являются в данном случае фазными напряжениями. Фазные токи отстают от напряжений на угол φ_{Φ} , линейные токи строятся по фазным на основании уравнений, составленных по первому закону Кирхгофа:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}; \quad \dot{I}_B = \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab}; \quad \dot{I}_C = \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc}.$$

Векторная диаграмма показана на рис. 3

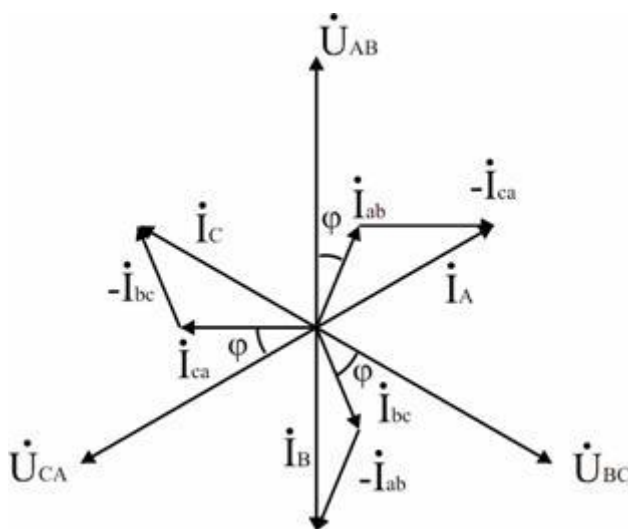


Рис. 3 Векторная диаграмма.

Самостоятельная работа студентов

В процессе выполнения самостоятельной работы студент должен решить все нижеприведенные задачи, используя лекционный материал, примеры расчета и анализа, рассмотренные в теоретических сведениях.

Задание: Выполните расчет трехфазных цепей по условиям задач

Задача № 1

Трехфазный асинхронный двигатель включен в сеть 380 В по схеме «звезда». Параметры обмоток следующие: $R_{\phi} = 2 \text{ Ом}$, $X_{\phi} = 8 \text{ Ом}$.

Определить фазные и линейные токи, потребляемую активную мощность, построить векторную диаграмму токов и напряжений.

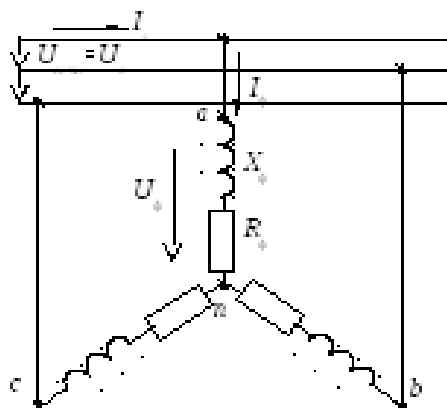


Рис.1.3.8

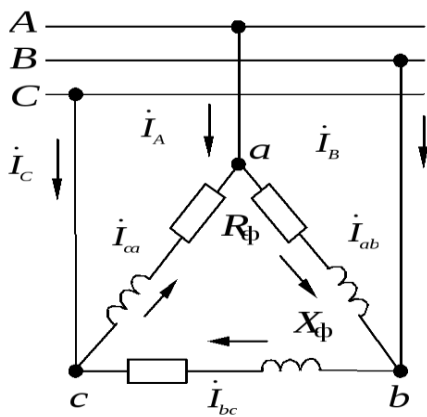
Задача №2

В трехфазную сеть с линейным напряжением 380 В и частотой 50 Гц включен потребитель, соединенный по схеме «треугольник» и имеющий

симметричную нагрузку, состоящую из конденсатора емкостью 210 мкФ и последовательно включенного с ним резистора с активным сопротивлением 20 Ом в каждой фазе. Построить схему. Определить действующие значения линейных и фазовых токов, фазное напряжение, потребляемую полную, активную и реактивную мощности.

Задача № 3

К трехфазной системе напряжением 380 В подключены три одинаковых приемника ($R_{\Phi} = 3\text{ Ом}$, $X_{L\Phi} = 4\text{ Ом}$), соединенные по схеме “треугольник”. Определить токи в фазных и линейных проводах и потребляемую мощность (активную, реактивную, полную). Построить векторную диаграмму токов и напряжений.



Контрольные вопросы

1. Какая нагрузка называется симметричной?
2. Какое соединение трехфазной цепи называется звездой?
3. Какое соединение трехфазной цепи называется треугольником?
4. Какое соотношение между фазными и линейными токами и напряжениями симметричного потребителя, соединённого в звезду?
5. Какое соотношение между фазными и линейными токами и напряжениями симметричного потребителя, соединённого в треугольник?

Содержание отчета

1. Тема работы, цель, задание.
2. Условия задач, схемы, решения, векторные диаграммы.
3. Ответы на контрольные вопросы.

Практическая работа №4

Тема работы: Расчет основных характеристик силовых трансформаторов.

Цель работы: приобрести навыки расчета основных характеристик однофазного силового трансформатора.

Оборудование и оснащение: методические указания по выполнению практических работ.

Краткие теоретические сведения.

Трансформатор – это статическое электромагнитное устройство, предназначенное для преобразования электрической энергии одного напряжения в электрическую энергию другого напряжения.

Основные параметры трансформатора:

1. Номинальная мощность $S_{ном}$ - полная мощность, которую трансформатор может непрерывно отдавать в течение своего срока службы (20...25 лет) при номинальном напряжении.
2. Номинальное первичное напряжение $U_{ном1}$ - напряжение, на которое рассчитана первичная обмотка трансформатора.
3. Номинальное вторичное напряжение $U_{ном2}$ - напряжение на выводах вторичной обмотки трансформатора при холостом ходе и номинальном первичном напряжении. При нагрузке вторичное напряжение U_2 снижается из-за потерь в трансформаторе.
4. Номинальный первичный и вторичный токи $I_{ном1}$ и $I_{ном2}$. Это токи, вычисленные по номинальной мощности и номинальным напряжениям.
5. Коэффициент трансформации
$$K = w_1 / w_2 = U_{ном1} / U_{ном2} = I_{ном2} / I_{ном1}$$
 w_1 и w_2 – число витков первичной и вторичной обмоток

Для однофазного трансформатора

$$\eta = P_2 / P_1 \text{ или в процентном отношении } \eta = (P_2 / P_1) 100 \%$$

где η - к.п.д. трансформатора.

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

Магнитный поток в магнитопроводе: $\Phi = U_{ном1} / (4,44fw_1) = U_{ном2} / (4,44fw_2)$

Трансформаторы чаще всего работают с нагрузкой меньше номинальной. Поэтому вводят понятие о коэффициенте нагрузки k_n , который равен отношению мощности, отдаваемой трансформатором потребителю к

номинальной мощности трансформатора. Значения отдаваемых трансформатором активной и реактивной мощностей зависят от коэффициента мощности потребителя $\cos\varphi_2$:

$$P_2 = S_{\text{ном}} \cos\varphi_2; \quad Q = S_{\text{ном}} \sin\varphi_2.$$

Задание

Для каждого варианта необходимо выполнить следующее:

1. Произвести расчеты, сопровождая пояснениями.
2. Изобразить схему включения однофазного трансформатора в соответствии с заданием. При изображении схемы соблюдайте правило начертания схем и элементов.
3. Подготовить ответы на контрольные вопросы.
4. Оформить отчет по практической работе.

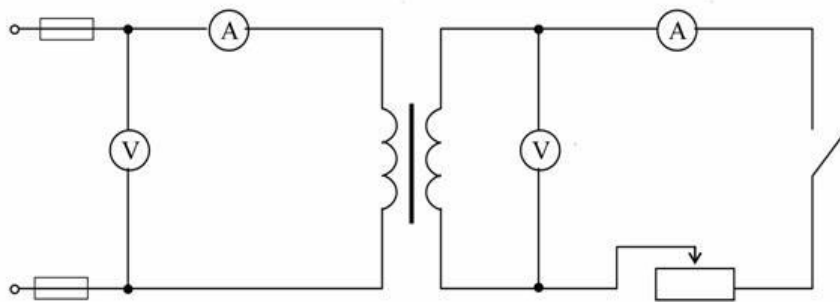


Схема включения однофазного трансформатора

Для питания пониженным напряжением цепей управления электродвигателями установлен однофазный трансформатор номинальной мощностью $S_{\text{ном}}$. Номинальные напряжения обмоток $U_{\text{ном1}}$ и $U_{\text{ном2}}$; номинальные токи $I_{\text{ном1}}$ и $I_{\text{ном2}}$. Коэффициент трансформации равен K . Числа витков обмоток w_1 и w_2 . Магнитный поток в магнитопроводе Φ_m . Частота тока сети $f = 50$ Гц. Трансформатор работает с номинальной нагрузкой. Потери в трансформаторе можно пренебречь. Используя данные трансформатора, указанные в таблице 1, определить все неизвестные величины, отмеченные прочерками в таблице вариантов. Начертить схему включения такого трансформатора в сеть. К вторичной обмотке присоединить нагрузку в виде обычного резистора R_n . Для включения и отключения нагрузки предусмотреть рубильник, а для защиты сетей от токов короткого замыкания включить в цепь обоих обмоток предохранители.

Таблица 1

№ вар.	$S_{\text{ном}}$ ВА	$U_{\text{ном1}}$ В	$U_{\text{ном2}}$ В	$I_{\text{ном1}}$ А	$I_{\text{ном2}}$ А	w_1	w_2	K	Φ_m Вб
1	-	380	-	1,43	-	-	-	15,8	0,005
2	-	220	24	-	33,4	198	-	-	-
3	1600	-	12	-	-	770	-	31,6	-
4	-	127	-	4,72	25	-	108	-	-
5	3200	380	36	-	-	-	-	-	0,025
6	-	220	24	3,64	-	-	-	-	0,005
7	500	-	-	1,0	-	750	54	-	-
8	-	220	-	-	20,8	400	22	-	-
9	-	220	24	-	33,4	198	-	-	-
10	250	500	-	-	-	-	-	20,8	0,0015

Контрольные вопросы

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

Содержание отчета

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

Практическая работа №5

Тема работы: Расчет основных характеристик асинхронных двигателей.

Цель работы: научиться производить расчет параметров и построение механической характеристики асинхронного электродвигателя.

Оборудование и оснащение: методические указания по выполнению практических работ.

Задание и порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с методическими указаниями.
2. Рассчитать параметры и построить механическую характеристику электродвигателя согласно варианту.
3. Составить отчет, согласно требованиям.

Краткие теоретические сведения

Асинхронные двигатели (АД) – самый распространенный вид двигателей, т.к. они более просты и надежны в эксплуатации, при равной мощности имеют меньшую массу, габариты и стоимость в сравнении с ДПТ.

Механической характеристикой двигателя называется зависимость частоты вращения ротора от момента на валу $n = f(M_2)$. Так как при нагрузке момент холостого хода мал, то $M_2 = M$ и механическая характеристика представляется зависимостью $n = f(M)$. Если учесть взаимосвязь $s = (n_1 - n) / n_1$, то механическую характеристику можно получить, представив ее графическую зависимость в координатах n и M (рис.1).

Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя соответствует основной (паспортной) схеме его включения и номинальным параметрам питающего напряжения. Искусственные характеристики получаются, если включены какие-либо дополнительные элементы: резисторы, реакторы, конденсаторы. При питании двигателя не номинальным напряжением характеристики также отличаются от естественной механической характеристики. Механические характеристики являются очень удобным и полезным инструментом при анализе статических и динамических режимов электропривода.

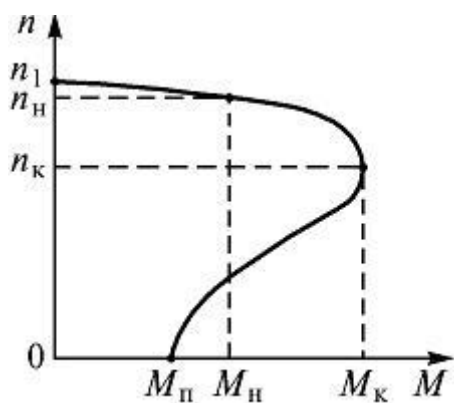


Рис.1. Механическая характеристика асинхронного двигателя

Уравнение для механической характеристики АД может быть получено на основании схемы замещения АД. Если в этой схеме пренебречь активным сопротивлением статора, то выражение для механической характеристики будет иметь вид:

$$M = \frac{2M_k}{S/S_k + S_k/S}$$

Здесь M_k – критический момент; S_k - соответствующее ему критическое скольжение

Задание

Для привода рабочей машины применяется трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором. Используя данные для своего варианта, указанные в таблице 1, определить: мощность, потребляемую двигателем из сети $P_{1н}$; частоту вращения ротора двигателя в номинальном режиме n_H ; критическое скольжение s_k ; номинальный $M_{ном}$ и максимальный M_{max} моменты. Построить механическую характеристику.

Синхронная частота вращения (n_1) 1500 об/мин.

Примечание: Последовательность расчета согласно приведенному примеру.

Таблица 1

№ варианта	Типоразмер двигателя	Мощность, кВт	При номинальной нагрузке			$\frac{M_n}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{mix}}{M_{ном}}$	$\frac{I_n}{I_{ном}}$
			Скольжение $s_H, \%$	КПД $\eta_H, \%$	$\cos \varphi$				
1,6,11,16,21	АИР71А4	0,55	9,5	70,5	0,7	2,3	2,2	1,8	5
2,7,12,17,22	АИР71В4	0,75	10	73	0,73	2,2	2,2	1,6	5

3,8,13,18,23	АИР80А4	1,1	7	75	0,81	2,2	2,2	1,6	5,5
4,9,14,19,24	АНР90L4	2,2	7	81	0,83	2,1	2,2	1,6	6,5
5,10,15,20,25	АНР100S4	3	6	82	0,83	2	2,2	1,6	7

Пример

Задача. Для привода промышленной вентиляционной установки используется трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором типоразмера АИР 80 В4. Используя его технические данные, построить для него механическую характеристику в виде зависимости $n = f(M)$.

Дано: мощность $P_{\text{ном}} = 1,5$ кВт; напряжение $U_{\text{ном}} = 380$ В; частота вращения магнитного поля статора $n_1 = 1500$ об/мин; к.п.д. $\eta_{\text{ном}} = 0,87$; коэффициент мощности $\cos\varphi_{\text{ном}} = 0,83$; кратность пускового тока $I_{\text{п}}/I_{\text{ном}} = 5,5$; кратность пускового момента $M_{\text{п}}/M_{\text{ном}} = 2,2$; способность к перегрузке $M_{\text{мах}}/M_{\text{ном}} = 2,2$. Частота тока в сети $f_1 = 50$ Гц.

Решение.

1. Номинальную мощность $P_{1\text{н}}$, потребляемую двигателем из сети, определим из выражения

$$\eta_{\text{н}} = P_{2\text{н}}/P_{1\text{н}} \quad P_{1\text{н}} = P_{2\text{н}}/\eta_{\text{н}} = 1,5/0,87 = 1,7 \text{ кВт},$$

2. Из выражения $n_{\text{н}} = n_1(1 - s_{\text{н}})$ определяется величина частоты вращения ротора двигателя в номинальном режиме

где $n_{\text{н}}$ - частота вращения ротора двигателя при номинальной нагрузке;

n_1 - синхронная частота вращения магнитного поля статора (в этом случае $n_1 = 1500$ об/мин);

$s_{\text{н}}$ — скольжение при номинальной нагрузке ($s_{\text{н}} = 0,07$, берется также из таблицы)

$$n_{\text{н}} = 1500(1 - 0,07) = 1395 \text{ об/мин}.$$

3. По значениям $s_{\text{н}}$ и $k_{\text{м}} = M_{\text{мах}}/M_{\text{ном}}$, которые также приведены в таблице 1, находим критическое скольжение:

$$s_{\text{к}} = s_{\text{н}}(K_{\text{м}} + \sqrt{K_{\text{м}}^2 - 1}) = 0,07(2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,29$$

4. Находим номинальный $M_{\text{ном}}$ и максимальный (критический) $M_{\text{мах}}$ моменты:

$$M_{\text{ном}} = 9,55 P_{\text{ном}} / n_{\text{н}} = 9,55 \cdot 1,5 \cdot 10^3 / 1395 = 10,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$k_{\text{м}} = M_{\text{мах}} / M_{\text{ном}} \rightarrow M_{\text{мах}} = k_{\text{м}} \cdot M_{\text{ном}} = 2,2 \cdot 10,3 = 22,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

5. Для построения механической характеристики воспользуемся формулами:

$$n = n_1 (1 - S) \text{ и } M = 2M_{\text{мах}} / (s/s_{\text{к}} - s_{\text{к}}/s) - \text{уравнение вращающего момента,}$$

где S - текущее значение скольжения.

Задавая значения S от 1 до 0, с требуемым шагом (например, так, как показано в таблице 2) вычисляем величины n и M , им соответствующие. Результаты заносим в эту таблицу и по ним строим механическую характеристику $n = f(M)$ (рисунок 2).

На ней отметим $(\cdot)_{\text{А}}$, соответствующую номинальному режиму работы.

Таблица 2 - Результаты расчета механической характеристики электродвигателя

S	1,0	0,8	0,6	0,4	$S_{\text{к}} = 0,29$	0,2	0,1	$S_{\text{н}} = 0,07$	0,05	0,02	0,01	0
n , об/мин	0	300	600	900	1065	1200	1350	1395	1425	1470	1485	1500
M , Н·м	12,1	14,5	17,8	21,6	22,7	21,2	14,0	10,3	7,6	3,1	1,6	0

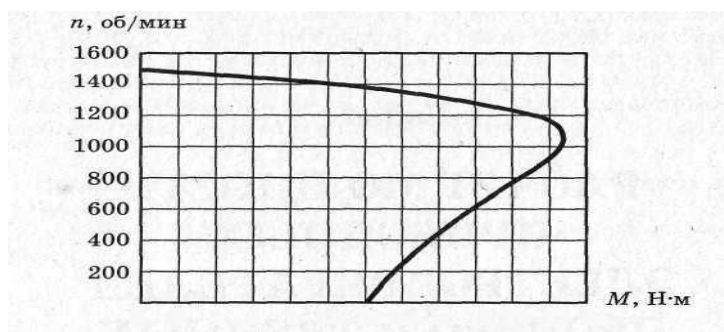


Рисунок 2 - Механическая характеристика трехфазного асинхронного двигателя $n = f(M)$.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение асинхронному двигателю.
2. Какую конструкцию имеет статор трехфазного асинхронного двигателя?

3. Какую конструкцию имеет короткозамкнутый ротор трехфазного асинхронного двигателя?
4. Какое магнитное поле создает трехфазная обмотка статора асинхронного двигателя?
5. Дать определение механической характеристике двигателя.

Содержание отчета

1. Тема работы, цель, задание.
2. Расчеты, пояснения, таблица, график $n = f(M)$.
3. Контрольные вопросы и ответы.

Практическая работа №6

Тема работы: Расчет основных характеристик машин постоянного тока

Цель работы: изучить способ расчета электромеханических характеристик двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.

Оборудование и оснащение: методические указания по выполнению практических работ.

Задание и порядок выполнения:

1. Изучить методические указания.
2. Выполнить расчеты, построить график характеристики.
3. Оформить отчет согласно требованиям.

Краткие теоретические сведения

При оценке регулировочных свойств двигателей постоянного тока наибольшее значение имеют механические характеристики $n = f(M)$. Важными показателями этих характеристик являются их жесткость и линейность.

Жесткость механической характеристики определяется углом наклона характеристики к оси ординат: чем меньше этот угол, тем менее жесткой (более мягкой) является эта характеристика.

Расчет и построение электромеханических и механических характеристик ДПТ НВ производится по паспортным данным двигателя.

Схема замещения двигателя постоянного тока независимого возбуждения, при определенных допущениях, может быть представлена в виде (рис. 1).

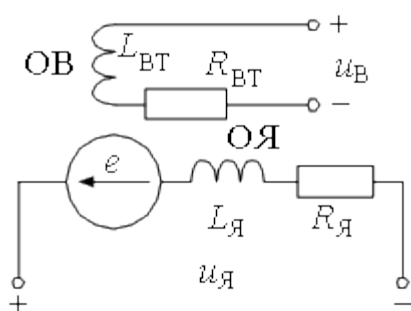


Рис. 1. Схема замещения двигателя постоянного тока независимого возбуждения

Механические характеристики – зависимость частоты вращения n или угловой скорости ω от электромагнитного момента двигателя $n=f(M)$ или $\omega=f(M)$ при неизменных значениях других параметров, способных влиять на частоту вращения и величину момента двигателя (напряжение

питания, величины тока и так далее). Характеристики, полученные при номинальных значениях напряжения и потока и при отсутствии добавочного сопротивления в цепи якоря, называют **естественными**. В том случае, если строится зависимость частоты вращения (угловой скорости) от тока $n=f(I_{\text{я}})$ ($\omega=f(I_{\text{я}})$), характеристика называется электромеханической. Угловая скорость ω (с-1) и частота вращения n (об/мин) связаны выражением:

$$\omega = 2\pi \cdot n / 60 = 0,105n$$

К основным техническим параметрам (паспортным данным) ДПТ НВ относятся:

- номинальная мощность $P_{\text{ном}}$, кВт;
- номинальное напряжение U , В;
- номинальная линейная скорость вращения $n_{\text{ном}}$, об/мин;
- номинальный КПД $\eta_{\text{ном}}$, % или относительных единицах.

Существует два вида характеристик:

- 1) характеристики в именованных единицах;
- 2) характеристики в относительных единицах.

Для того чтобы построить естественные характеристики достаточно знать координаты двух точек. Первая точка соответствует режиму холостого хода ($M=0$ ($I=0$); $\omega=\omega_0$). Вторая точка соответствует номинальному режиму ($M=M_{\text{ном}}$ ($I=I_{\text{ном}}$); $\omega=\omega_{\text{ном}}$).

По имеющимся паспортным данным ДПТ НВ определяют значения следующих величин

- 1) Номинальный ток якоря $I_{\text{ном}}$

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}}}, \quad (1)$$

где $U_{\text{ном}}$ - номинальное напряжение сети;

$\eta_{\text{ном}}$ - номинальный КПД двигателя;

$P_{\text{ном}}$ - номинальная механическая мощность на валу двигателя.

- 2) Номинальная угловая скорость

$$\omega_{\text{ном}} = \frac{2\pi n_{\text{ном}}}{60}, \quad (2)$$

где $n_{ном}$ - номинальная линейная скорость вращения.

3) Номинальный электромагнитный момент

$$M_{ном} = k\Phi I_{ном}. \quad (3)$$

Величина $k\Phi$ является неизвестной. Для ее определения обычно используется соотношение

$$E_{ном} = k\Phi \cdot \omega_{ном}. \quad (4)$$

Но с другой стороны

$$E_{ном} = U_{ном} - R_{я} \cdot I_{ном}. \quad (5)$$

Тогда

$$k\Phi = \frac{E_{ном}}{\omega_{ном}} = \frac{U_{ном} - R_{я} \cdot I_{ном}}{\omega_{ном}}. \quad (6)$$

В различных справочниках сведения о сопротивлениях обмотки якоря $R_{я}$ могут быть приведены, а могут отсутствовать. Предположим, что эта величина отсутствует. В этом случае сопротивление $R_{я}$ определяют, принимая, что половина всех потерь в двигателе при номинальной нагрузке равна потерям в меди, т.е.

$$R_{я} I_{ном}^2 \approx 0.5 U \cdot I_{ном} (1 - \eta_{ном})$$

откуда

$$R_{я} = 0.5 \cdot (1 - \eta_{ном}) \cdot \frac{U_{ном}}{I_{ном}} = 0.5 \cdot (1 - \eta_{ном}) \cdot R_{ном}, \quad (7)$$

где $R_{ном}$ - номинальное сопротивление двигателя, равное

$$R_{ном} = \frac{U_{ном}}{I_{ном}}. \quad (8)$$

Таким образом, определив активное сопротивление обмотки якоря, и, подставив его значение в выражение для $E_{ном}$ (5), определим величину множителя $k\Phi$ как отношение

$$k\Phi = \frac{E_{ном}}{\omega_{ном}}. \quad (9)$$

k - конструктивный коэффициент; Φ – магнитный поток

4) Угловая скорость идеализированного холостого хода

$$\omega_0 = \frac{U}{k\Phi} \cdot (10)$$

Таким образом, определив координаты обеих искомых точек, легко в выбранном масштабе построить естественные характеристики $\omega = f(I)$ и $\omega = f(M)$ в именованных единицах

Для построения реостатной характеристики необходимо при определении координат точки ($M=M_{\text{НОМ}}$ ($I=I_{\text{НОМ}}$); $\omega=\omega_P$) в записанное ранее выражение вместо $R_{\text{Я}}$ подставить значение ($R_{\text{Я}} + R_{\text{ДОБ}}$). При этом уравнение характеристики будет иметь вид:

$$\omega_P = \frac{U}{k\Phi} - \frac{R_{\text{Я}} + R_{\text{ДОБ}}}{k\Phi} \cdot I_{\text{НОМ}} \quad (11)$$

На рисунке 2 представлены естественная и реостатная характеристики двигателя постоянного тока в именованных единицах.

Если сравнить уравнение реостатной характеристики (11) с уравнением естественной характеристики, которое имеет вид:

$$\omega_{\text{е}} = \frac{U}{k\Phi} - \frac{R_{\text{Я}}}{k\Phi} \cdot I_{\text{НОМ}},$$

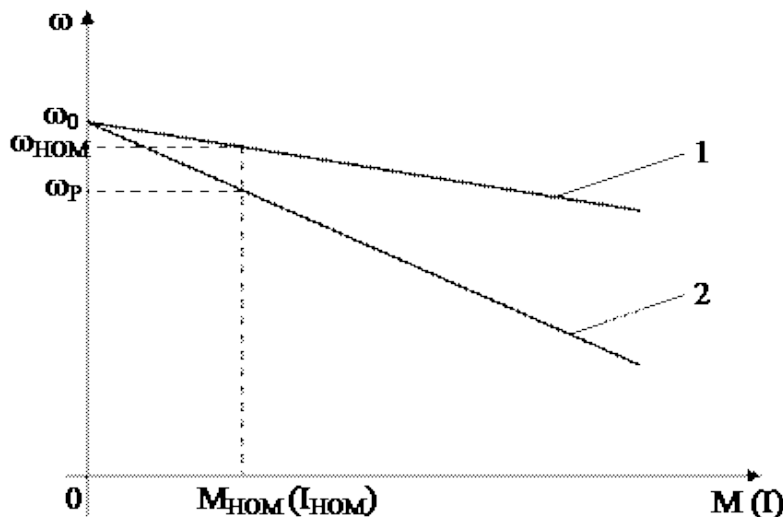


Рисунок 2. Естественная 1 и реостатная 2 характеристики ДПТ НВ в именованных единицах

Пример расчета характеристик

Задача. Для ДПТ НВ, используя следующие его паспортные (номинальные) данные: $P_{\text{Н}} = 2,5$ кВт; $U_{\text{Н}} = 110$ В; $n_{\text{Н}} = 1000$ об /мин; $\eta_{\text{Н}} = 72$ %, определить

величины, характеризующие его работу в номинальном режиме, и построить естественную характеристику.

Решение. Рассматриваемые величины определяются из формул, приведенных выше.

1. Номинальный ток $I_H = P_H / (U_H \cdot \eta_H) = 2500 / (110 \cdot 0.72) = 31,6 \text{ А};$

2. Номинальное сопротивление двигателя $R_H = U_H / I_H = 110 / 31,6 \text{ А} = 3,48 \text{ Ом}.$

3. Сопротивление якоря

$$R_{\text{я}} = 0.5 R_H (1 - \eta_H) = 0,5 \cdot 3,48 (1 - 0,72) = 0,487 \text{ Ом}.$$

4. Падение напряжения в цепи якоря

$$\Delta U_{\text{ян}} = U_H - E_H = I_H R_{\text{я}} = 31,6 \cdot 0,487 = 15,4 \text{ В}.$$

5. Номинальная ЭДС якорной обмотки

$$E_H = U_H - I_H R_{\text{я}} = U_H - \Delta U_{\text{ян}} = 110 - 15,4 = 94,6 \text{ В}.$$

6. Номинальная скорость якоря

$$\omega_H = \pi \cdot n_H / 30 = 3,14 \cdot 1000 / 30 = 105 \text{ рад/с}.$$

7. Номинальный вращающий момент

$$M_H = P_H / \omega_H = 2.5 \cdot 10^3 / 105 = 23,8 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

10. Скорость идеального холостого хода

$$\omega_0 = U_H \omega_H / E_H = 110 \cdot 105 / 94,6 = 122 \text{ рад/с}.$$

Для построения искомой характеристики, которая представляет собой прямую линию, достаточно определить координаты двух точек: номинального режима ($\omega_H = 105 \text{ рад/с}$, $M_H = 23,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$) и идеального холостого хода ($\omega_0 = 122 \text{ рад/с}$, $M=0$).

Используя расчетные данные, строят естественную механическую характеристику ДПТ НВ (рис. 3).

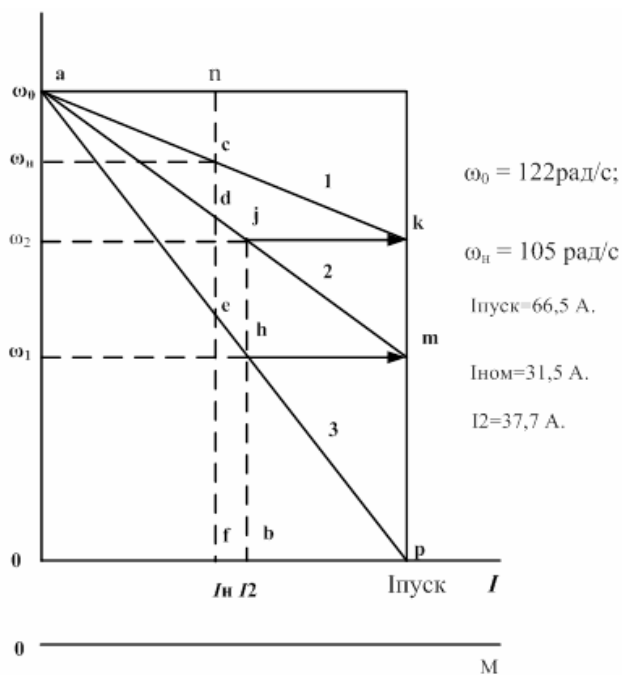


Рис. 3

Задание

Выполнить расчеты характеристик двигателей, используя алгоритм и формулировки примера. Технические характеристики двигателей выбрать из таблицы 1 согласно вариантам. Построить естественную механическую характеристику.

Таблица 1

№варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_H , кВт	4	3,45	2	4,25	3	3,55	15	7,5	6	4,25
U_H , В	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
КПД (η), %	72,3	69,3	57,6	68	60,3	60,1	77,9	76	74	65
n_H , об/мин	900	750	450	730	475	425	1400	1000	875	580

Контрольные вопросы

1. Перечислите способы возбуждения коллекторных машин постоянного тока.
2. Какие характеристики двигателей называют механическими и электромеханическими?
3. Как связаны между собой угловая скорость и частота вращения? В каких единицах они измеряются?

Содержание отчета

1. Тема работы, цель, задание.

2. Расчеты, график характеристики.

3. Контрольные вопросы и ответы.

5. Список используемой литературы.

1. Ярочкина, Г.В. Электротехника: учебник для студентов СПО/ Г.В. Ярочкина. – М.: Академия, 2020. – 240 с.
2. Немцов М.В. Электротехника и электроника: Учебник для студентов СПО/ М.В. Немцов, М.Л. Немцова.- М.: Академия, 2021.- 480с.
3. Конспект лекций.