

Электротехника с основам электроники

СОДЕРЖАНИЕ

1 Вопрос 1.5: Дайте определение понятия «электрическая цепь». Нарисуйте простейшую схему электрической цепи. Дайте определение понятий узел, ветвь и контур электрической цепи	3
2 Вопрос 1.32: Объясните принцип работы двигателей постоянного тока	5
3 Задача 2.19	8
4 Задача 3.22	11
5 Задача 4.2	14
6 Задача 5.12	15
Список использованных источников	16

1 ВОПРОС 1.5: ДАЙТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ «ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ». НАРИСУЙТЕ ПРОСТЕЙШУЮ СХЕМУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ. ДАЙТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЙ УЗЕЛ, ВЕТВЬ И КОНТУР ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Электрическая цепь — совокупность устройств, элементов, предназначенных для протекания электрического тока, электромагнитные процессы в которых могут быть описаны с помощью понятий сила тока и напряжение.

Электрическая цепь — это совокупность устройств, предназначенных для прохождения электрического тока.

Электрические цепи могут представлять собой:

1 Цепи постоянного тока — это цепи, в которых ток не меняет свое направление, полярность источников ЭДС постоянна.

2 Цепи переменного тока — это цепи, в которых ток изменяется во времени.

Электрические цепи могут быть:

1 Разветвленными — в каждой ветви течет свой ток.

2 Неразветвленными — во всех элементах цепи течет один и тот же ток.

3 Линейными — все компоненты линейные (описываются линейными дифференциальными уравнениями).

4 Нелинейными — имеются нелинейные элементы.

Элементы электрической цепи делятся на:

1 Активные — источники ЭДС, электродвигатели, аккумуляторы во время зарядки.

2 Пассивные — электроприемники, соединительные провода.

Простейшая электрическая цепь состоит из источника ЭДС E , сопротивления приёмника R и ключа K .

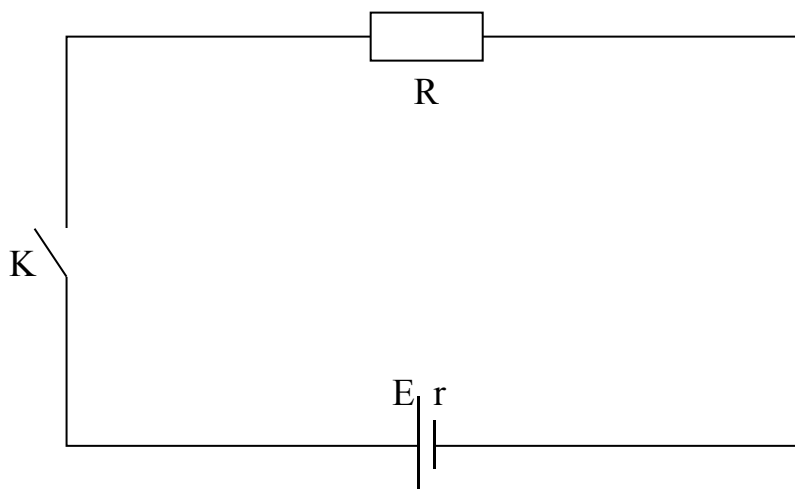


Рисунок 1.1 – Простейшая электрическая цепь

Участок электрической цепи, по которому проходит ток одного и того же значения и направления, называется ветвью. Замкнутая электрическая цепь, образованная одной или несколькими ветвями, называется контуром, а место соединения трех или более ветвей – узлом. На схеме узел изображается точкой.

2 ВОПРОС 1.32: ОБЪЯСНИТЕ ПРИНЦИП РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Машины постоянного тока применяют в качестве электродвигателей и генераторов. Электродвигатели постоянного тока имеют хорошие регулировочные свойства, значительную перегрузочную способность и позволяют получать как жесткие, так и мягкие механические характеристики. Поэтому их широко используют для привода различных механизмов в черной металлургии (прокатные станы, кантователи, роликовые транспортеры), на транспорте (электровозы, тепловозы, электропоезда, автомобили), в грузоподъемных и землеройных устройствах (краны, шахтные подъемники, экскаваторы), на морских и речных судах, в металлообрабатывающей, бумажной, текстильной, полиграфической промышленности и др. Двигатели небольшой мощности применяют во многих системах автоматики.

Конструкция двигателей постоянного тока сложнее и их стоимость выше, чем асинхронных двигателей. Однако в связи с широким применением автоматизированного электропривода и тиристорных преобразователей, позволяющих питать электродвигатели постоянного тока регулируемым напряжением от сети переменного тока, эти электродвигатели широко используют в различных отраслях народного хозяйства.

Генераторы постоянного тока ранее широко использовались для питания электродвигателей постоянного тока в стационарных и передвижных установках, а также как источники Электрической энергии для заряда аккумуляторных батарей, питания электролизных и гальванических ванн, для электроснабжения различных электрических потребителей на автомобилях, самолетах, пассажирских вагонах, электровозах, тепловозах и др.

Недостатком машин постоянного тока является наличие щеточно-коллекторного аппарата, который требует тщательного ухода в эксплуатации и снижает надежность работы машины. Поэтому в последнее время генераторы постоянного тока в стационарных установках вытесняются полупроводниковыми преобразователями, а на транспорте — синхронными генераторами, работающими совместно с полупроводниковыми выпрямителями.

Машины постоянного тока (МПТ), преобразующие механическую энергию в электричество, называются генераторами. Выполняющие обратное преобразование — двигателями.

Принцип действия. Машина постоянного тока (рис. 2.1, а) имеет обмотку возбуждения, расположенную на явно выраженных полюсах статора. По этой обмотке проходит постоянный ток I_v , который создает магнитное поле возбуждения Φ_v . На роторе расположена двухслойная обмотка, в которой при вращении ротора индуцируется ЭДС. Таким образом, ротор машины постоянного тока является якорем, а конструкция машины сходна с конструкцией обращенной синхронной машины.

При заданном направлении вращения якоря направление ЭДС, индуцируемой в его проводниках, зависит только от того, под каким полюсом находится проводник. Поэтому во всех проводниках, расположенных под одним полюсом, направление ЭДС одинаковое и сохраняется таким независимо от частоты вращения. Иными словами, характер, отображающий направление ЭДС на рис. 2.1, а, неподвижен во времени: в проводниках, расположенных выше горизонтальной оси симметрии, которая разделяет полюсы (геометрическая нейтраль), ЭДС всегда направлена в одну сторону; в проводниках, лежащих ниже геометрической нейтрали, ЭДС направлена в противоположную сторону.

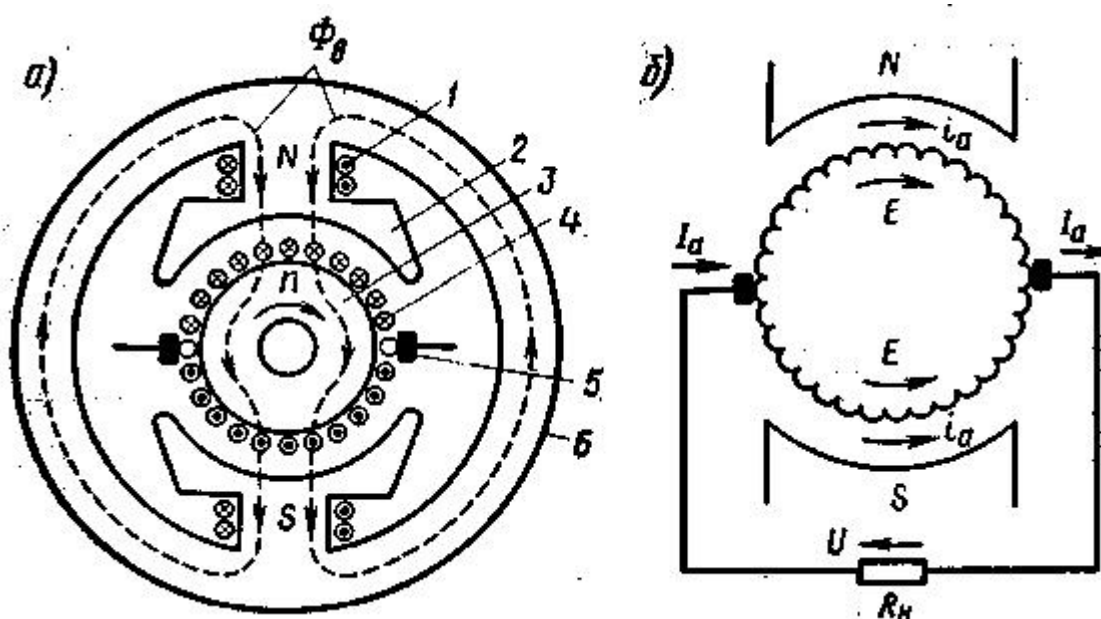


Рис. 2.1. Электромагнитная схема двухполюсной машины постоянного тока (а) и эквивалентная схема ее обмотки якоря (б): 1 — обмотка возбуждения; 2 — главные полюсы; 3 — якорь; 4 — обмотка якоря; 5 — щетки; 6 — корпус (станина)

При вращении якоря проводники обмотки перемещаются от одного полюса к другому; ЭДС, индуцируемая в них, изменяет знак, т. е. в каждом проводнике наводится переменная ЭДС. Однако количество проводников, находящихся под каждым полюсом, остается неизменным. При этом суммарная ЭДС, индуцируемая в проводниках, находящихся под одним полюсом, также неизменна по направлению и приблизительно постоянна по величине. Эта ЭДС снимается с обмотки якоря с помощью скользящего контакта, включенного между обмоткой и внешней цепью.

Обмотка якоря выполняется замкнутой, симметричной (рис. 2.1, б). При отсутствии внешней нагрузки ток по обмотке не проходит, так как ЭДС, индуцируемые в различных частях обмотки, взаимно компенсируются.

Если щетки, осуществляющие скользящий контакт с обмоткой якоря, расположить на геометрической нейтрали, то при отсутствии внешней

нагрузки к щеткам прикладывается напряжение U , равное ЭДС E , индуцированной в каждой из половин обмоток. Это напряжение практически неизменно, хотя и имеет некоторую переменную составляющую, обусловленную изменением положения проводников в пространстве. При большом количестве проводников пульсации напряжения весьма незначительны.

При подключении к щеткам сопротивления нагрузки R_n через обмотку якоря проходит постоянный ток I_a , направление которого определяется направлением ЭДС E . В обмотке якоря ток I_a разветвляется и проходит по двум параллельным ветвям (токи i_a).

Для обеспечения надежного токосъема щетки скользят не по проводникам обмотки якоря (как это было вначале развития электромашиностроения), а по коллектору, выполняемому в виде цилиндра, который набирается из медных пластин, изолированных одна от другой. К каждой паре соседних коллекторных пластин присоединяют часть обмотки якоря, состоящую из одного или нескольких витков; эту часть называют секцией обмотки якоря.

Если машина работает в генераторном режиме, то коллектор вместе со скользящими по его поверхности щетками является выпрямителем. В двигательном режиме, когда к якорю подводится питание от источника постоянного тока и он преобразует электрическую энергию в механическую, коллектор со щетками можно рассматривать как преобразователь частоты, связывающий сеть постоянного тока с обмоткой, по проводникам которой проходит переменный ток.

Таким образом, главной особенностью машины постоянного тока является наличие коллектора и скользящего контакта между обмоткой якоря и внешней электрической цепью.

3 ЗАДАЧА 2.19

Таблица 3.1 – Исходные данные

№ варианта	№ рисунка.	R1 Ом	R2 Ом	R3 Ом	R4 Ом	U, I, P
2.19	9	10	11	90	10	P = 150 Вт

Определить эквивалентное сопротивление цепи, токи, напряжение или мощность цепи.

Решение:

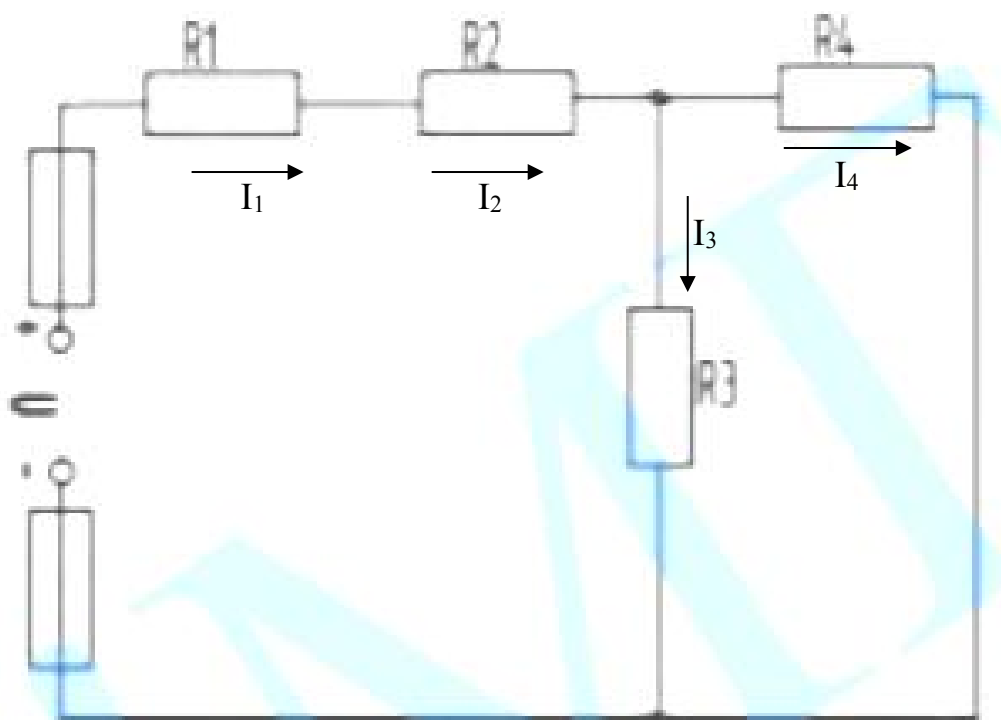


Рисунок 3.1

Резисторы 3 и 4 соединены параллельно, их эквивалентное сопротивление:

$$R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{90 \cdot 10}{90 + 10} = 9 \text{ Ом.}$$

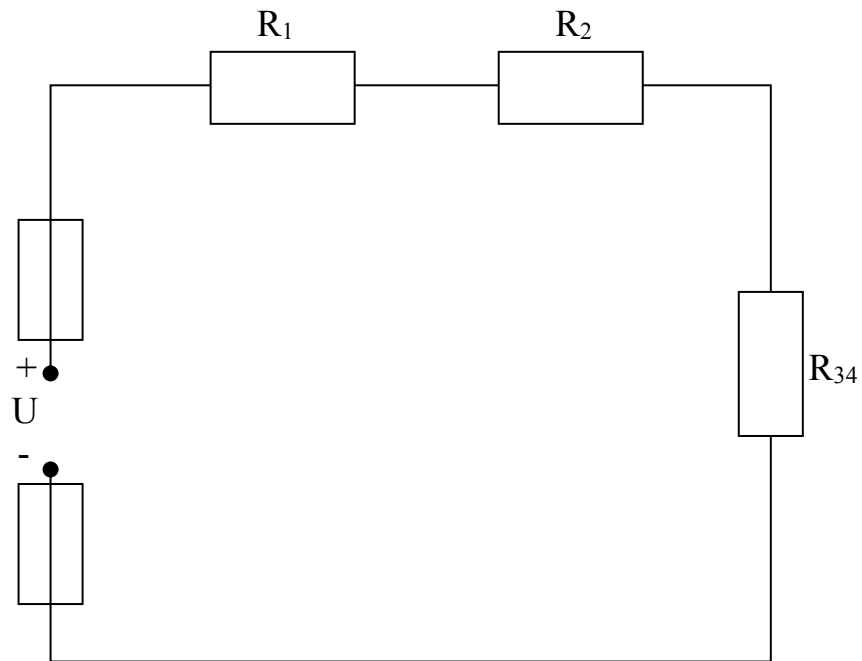


Рисунок 3.2

Резисторы 1, 2 и 34 соединены последовательно. Поэтому эквивалентное сопротивление цепи:

$$R_{\text{ЭКВ}} = R_1 + R_2 + R_{34} = 10 + 11 + 9 = 30 \text{ Ом.}$$

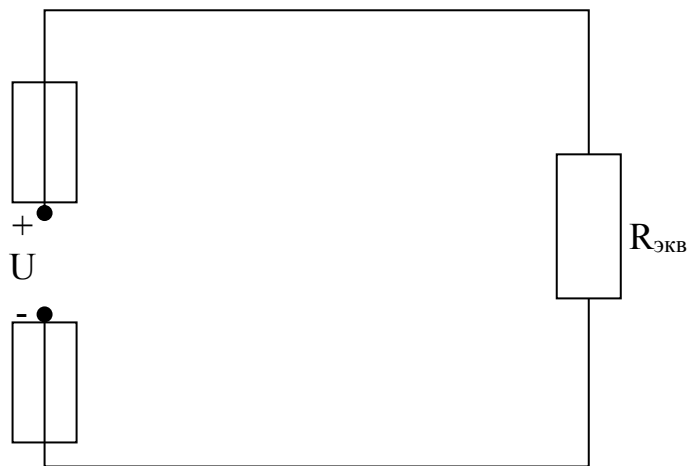


Рисунок 3.3

Находим токи в ветвях исходной цепи (рисунок 3.1):

$$I_1 = I_2 = \sqrt{\frac{P}{R_{\text{ЭКВ}}}} = \sqrt{\frac{150}{30}} = 2,236 \text{ А;}$$

$$U_3 = U_4 = I_2 R_{34} = 2,236 \cdot 9 = 20,12 \text{ В;}$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{20,12}{90} = 0,224 \text{ А;} \quad I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{20,12}{10} = 2,012 \text{ А.}$$

Напряжение на входе цепи: $U = \frac{P}{I_1} = \frac{150}{2,236} = 67,08 \text{ В}.$

Напряжения на резисторах 1 и 2:

$$U_1 = I_1 R_1 = 2,236 \cdot 10 = 22,36 \text{ В};$$

$$U_2 = I_2 R_2 = 2,236 \cdot 11 = 24,60 \text{ В}.$$

Ответ: $I_1 = 2,236 \text{ А}; I_2 = 2,236 \text{ А}; I_3 = 0,224 \text{ А}; I_4 = 2,012 \text{ А}; U_1 = 22,36 \text{ В};$
 $U_2 = 24,60 \text{ В}; U_3 = U_4 = 20,12 \text{ В}; R_{\text{экв}} = 30 \text{ Ом}.$

4 ЗАДАЧА 3.22

В соответствии с исходными данными, приведенными в таблице 3, начертите схему соединения сопротивлений в трехфазной цепи.

Определите:

- 1) фазные токи;
 - 2) линейные токи (при соединении треугольником);
 - 3) ток в нулевом проводе (при соединении звездой);
 - 4) активную, реактивную и полную мощность каждой фазы и всей трехфазной цепи;
 - 5) угол сдвига фаз между током и напряжением в каждой фазе;
- Начертите в масштабе векторную диаграмму трехфазной цепи.

Таблица 4.1 – Исходные данные

№ вариант а	U _л , В	U _ф , В	Сопротивления фаз									Схема соеди- нения
			R _A Ом	R _B Ом	R _C Ом	X _L А Ом	X _L B Ом	X _L C Ом	X _C А Ом	X _C B Ом	X _C С Ом	
3.22	380	-	40	-	80	30	-	60	-	120	-	Y

Решение:

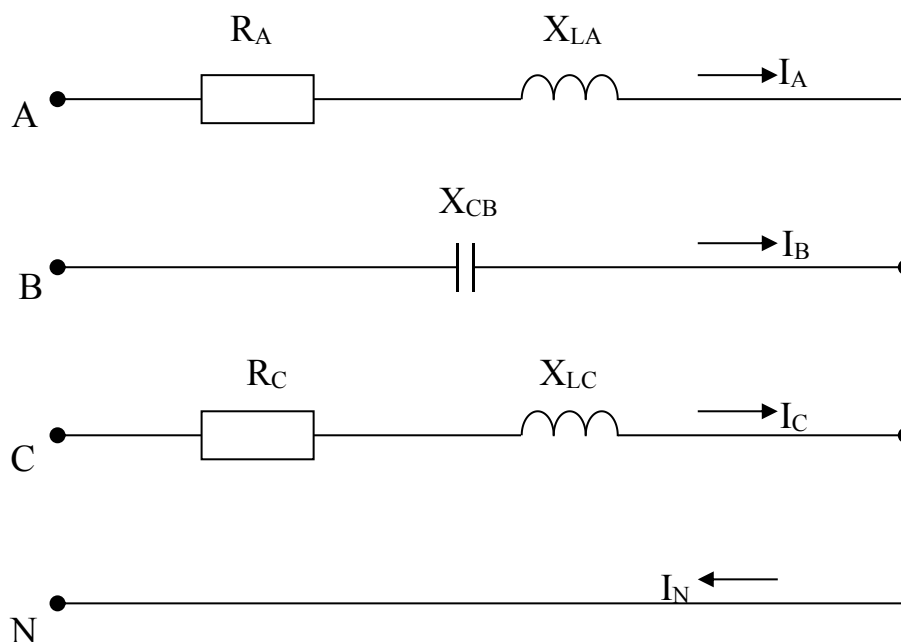


Рисунок 4.1

Находим полные сопротивления фаз:

$$Z_A = \sqrt{R_A^2 + X_{LA}^2} = \sqrt{40^2 + 30^2} = 50 \text{ Ом};$$

$$Z_B = |-X_{CB}| = 120 \text{ Ом};$$

$$Z_C = \sqrt{R_C^2 + X_{LC}^2} = \sqrt{80^2 + 60^2} = 100 \text{ Ом.}$$

Углы сдвига фаз между током и напряжением в фазах:

$$\varphi_A = \arctg \frac{X_{LA}}{R_A} = \arctg \frac{30}{40} = 37^\circ;$$

$$\varphi_B = -90^\circ;$$

$$\varphi_C = \arctg \frac{X_{LC}}{R_C} = \arctg \frac{60}{80} = 37^\circ.$$

$$\text{Фазное напряжение: } U_\phi = U_A = U_B = U_C = \frac{U_\lambda}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В.}$$

Фазные токи, равные линейным токам:

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A} = \frac{220}{50} = 4,4 \text{ А; } I_B = \frac{U_B}{Z_B} = \frac{220}{120} = 1,83 \text{ А;}$$

$$I_C = \frac{U_C}{Z_C} = \frac{220}{100} = 2,2 \text{ А.}$$

Активные, реактивные и полные мощности фаз и всей цепи:

$$P_A = I_A^2 R_A = 4,4^2 \cdot 40 = 774 \text{ Вт;}$$

$$Q_A = I_A^2 X_{LA} = 4,4^2 \cdot 30 = 581 \text{ вар;}$$

$$S_A = \sqrt{774^2 + 581^2} = 968 \text{ ВА;}$$

$$P_B = 0;$$

$$Q_B = I_B^2 (-X_{CB}) = 1,83^2 \cdot (-120) = -403 \text{ вар;}$$

$$S_B = \sqrt{0^2 + (-403)^2} = 403 \text{ ВА;}$$

$$P_C = I_C^2 R_C = 2,2^2 \cdot 80 = 387 \text{ Вт;}$$

$$Q_C = I_C^2 X_{LC} = 2,2^2 \cdot 60 = 290 \text{ вар;}$$

$$S_C = \sqrt{387^2 + 290^2} = 484 \text{ ВА;}$$

$$P = P_i = 774 + 0 + 387 = 1161 \text{ Вт;}$$

$$Q = Q_i = 581 - 403 + 290 = 468 \text{ вар;}$$

$$S = \sqrt{1161^2 + 468^2} = 1252 \text{ ВА.}$$

Выбираем масштаб токов и напряжений:

$$m_I = 1 \text{ А / см; } m_U = 27,5 \text{ В / см.}$$

В выбранном масштабе строим векторную диаграмму цепи.

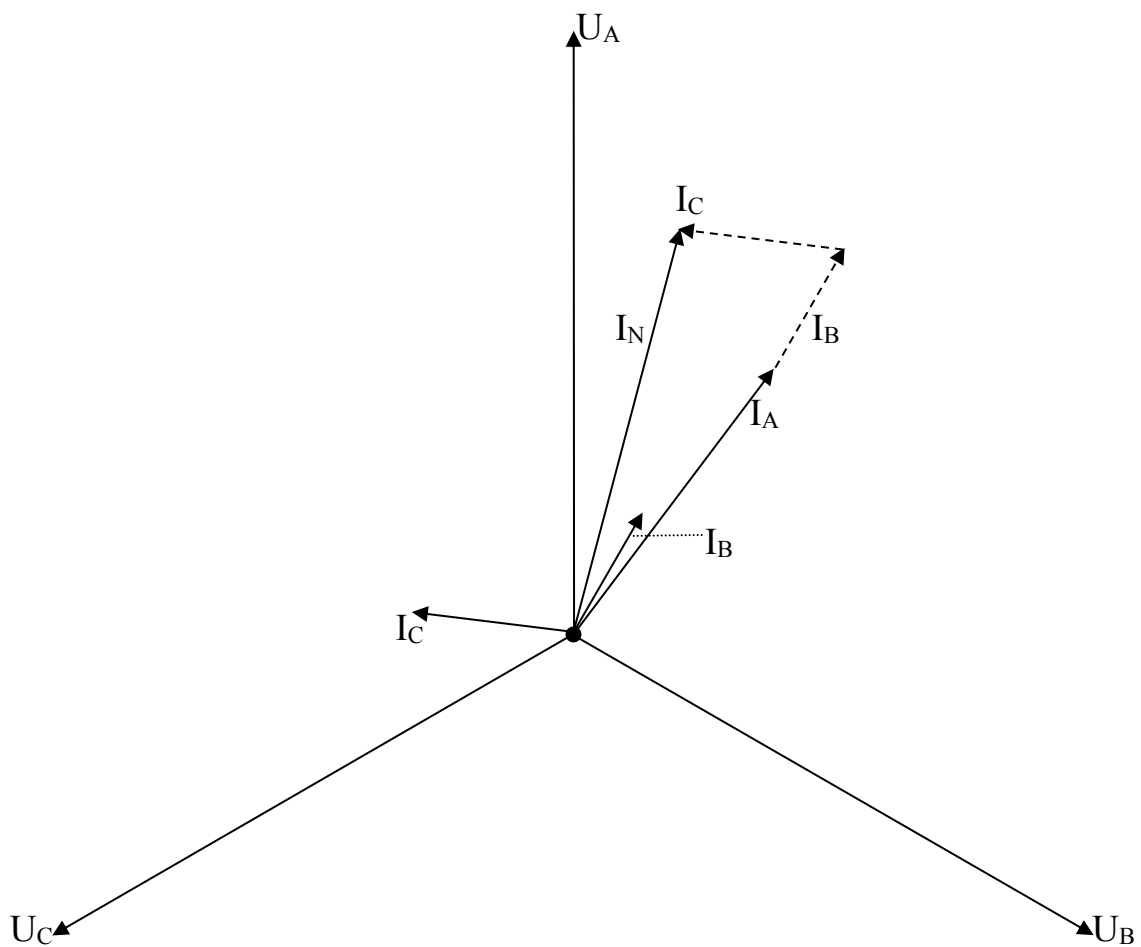


Рисунок 4.2

По векторной диаграмме измеряем длину вектора тока в нулевом проводе: $\ell(I_N) = 5,5 \text{ см.}$

Тогда ток в нулевом проводе: $I_N = \ell(I_N) m_I = 5,5 \cdot 1 = 5,5 \text{ А.}$

5 ЗАДАЧА 4.2

Двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением общепромышленного применения используется для приведения в движения центробежного насоса, который откачивает воду из траншей, предназначенных для прокладки телефонных кабелей.

Сопротивление обмотки якоря $R_{\text{я}} = 0,1$ Ом, обмотки возбуждения $R_{\text{в}} = 55$ Ом, КПД двигателя $\eta = 0,85$, частота вращения якоря $n = 956$ об/мин.

Определите значения, характеризующие работу двигателя, которые не указаны в условии задачи:

- 1) противоЭДС, E , которая индуцируется в обмотке якоря при работе двигателя;
- 2) напряжение сети U ;
- 3) электромагнитный момент M ;
- 4) токи в обмотке якоря $I_{\text{я}}$, в обмотке возбуждения $I_{\text{в}}$, общий ток двигателя I ;
- 5) мощности: на валу двигателя P_2 и потребляемую из сети P_1

Таблица 5.1 – Исходные данные

№ варианта	U, E, P, I
4.2	$P_2 = 24\,554$ Вт; $I_{\text{в}} = 5$ А

Решение:

$$\text{Мощность, потребляемая из внешней сети: } P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{24554}{0,85} = 28887 \text{ Вт.}$$

$$\text{Мощность на валу: } M = 9550 \frac{P_2}{n} = 9550 \frac{24,554}{956} = 245 \text{ Нм.}$$

$$\text{Напряжение сети: } U = I_{\text{в}} R_{\text{в}} = 5 \cdot 55 = 275 \text{ В.}$$

$$\text{Ток в сети: } I = \frac{P_1}{U} = \frac{28887}{275} = 105 \text{ А.}$$

$$\text{Ток якоря: } I_{\text{я}} = I - I_{\text{в}} = 105 - 5 = 100 \text{ А.}$$

$$\text{Противо-ЭДС: } E = U - I_{\text{я}} R_{\text{я}} = 275 - 100 \cdot 0,1 = 265 \text{ В.}$$

Ответ: $E = 265$ В; $U = 275$ В; $M = 245$ Нм; $I_{\text{я}} = 100$ А; $I = 105$ А; $P_1 = 28887$ Вт.

6 ЗАДАЧА 5.12

Составьте схему выпрямителя, используя стандартные диоды.

Таблица 6.1 – Исходные данные

№ варианта	Тип выпрямителя	Тип диода	Мощность потребителя P_d , Вт	Напряжение потребителя U_d , В
5.12	Мостовой	Д224	200	50

Решение:

1 По таблице 6 методички выписываем параметры диода Д224:

$I_{\text{доп}} = 5 \text{ A}$; $U_{\text{обр}} = 50 \text{ В}$.

2 Ток потребителя: $I_d = P_d / U_d = 200 / 50 = 4 \text{ A}$.

3 Для мостовой схемы диод должен удовлетворять условиям:

$I_{\text{доп}} \geq 0,5 I_d = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ A}$;

$U_{\text{обр}} \geq U_B = 1,57 U_d = 1,57 \cdot 50 = 78,5 \text{ В}$.

В данном случае диод Д224 проходит по току ($5 \text{ A} > 2 \text{ A}$), но не проходит по напряжению ($50 \text{ В} < 78,5 \text{ В}$).

Чтобы диод Д224 проходил и по напряжению, надо в каждое из плеч моста включить по два последовательно соединённых диода Д224. Тогда напряжение на каждом диоде: $78,5 / 2 = 39,25 \text{ В} < 50 \text{ В}$.

4 Строим схему выпрямителя.

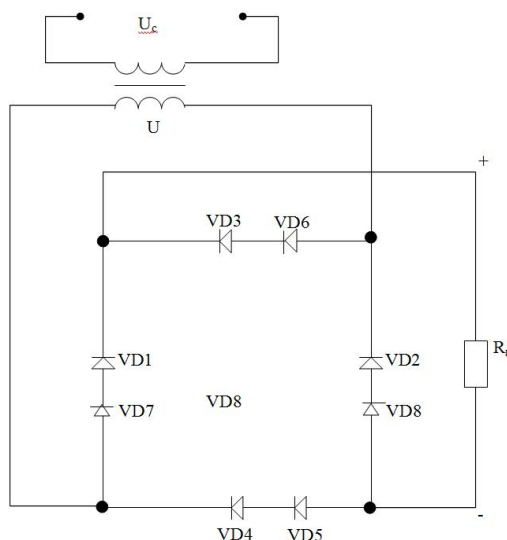


Рисунок 6.1

На рисунке VD1-VD8 – диоды Д224.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Аполлонский, С.М. Электротехника: практикум / С.М. Аполлонский. - М.: КноРус, 2018. - 352 с.
- 2 Комиссаров, Ю.А. Общая электротехника и электроника: Учебник / Ю.А. Комиссаров, Г.И. Бабокин. - М.: Инфра-М, 2017. - 190 с.
- 3 Морозова, Н.Ю. Электротехника и электроника: Учебник / Н.Ю. Морозова. - М.: Академия, 2018. - 320 с.
- 4 Поляков, А.Е. Электротехника в примерах и задачах: Уч. / А.Е. Поляков, А.В. Чесноков. - М.: Форум, 2018. - 232 с.
- 5 Штеренлихт, Д.В. Электротехника и основы электроники: Учебное пособие / Д.В. Штеренлихт. - СПб.: Лань П, 2016. - 432 с.