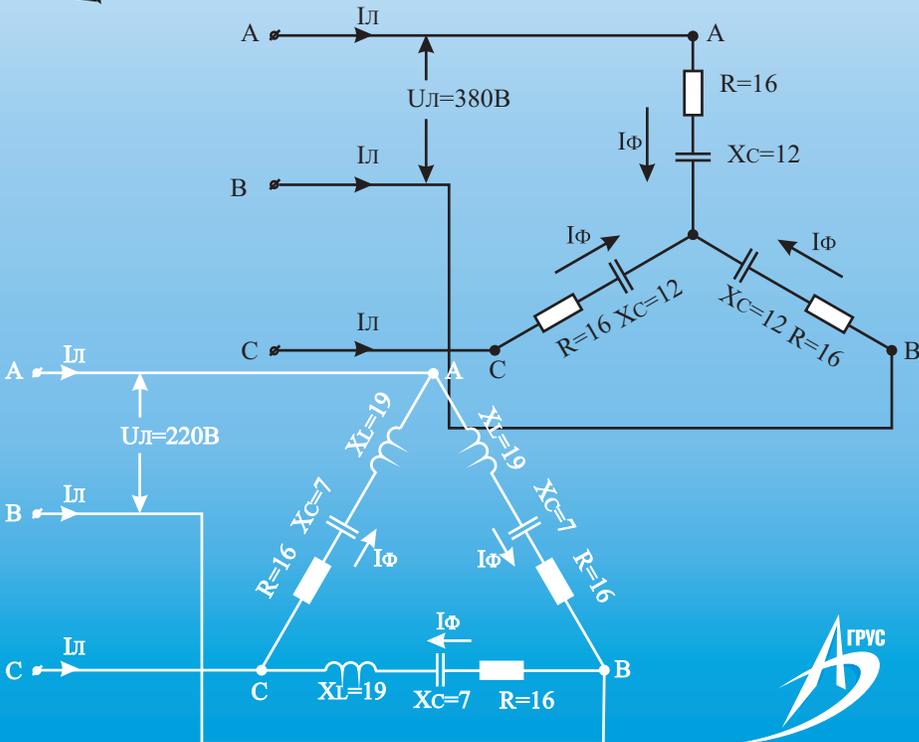




Ш. Ж. Габриелян,
Е. А. Вахтина,
И. К. Шарипов

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания



Электроэнергетический
факультет

Ш. Ж. Габриелян, Е. А. Вахтина, И. К. Шарипов

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

*Методические указания
для самостоятельной работы студентов
при выполнении расчетов
электрических цепей постоянного тока,
переменного однофазного и трехфазного тока*

Ставрополь
«АГРУС»
2012

УДК 621.3
ББК 31.2:32.85
Г12

Авторы:

доцент кафедры автоматике, электроники и метрологии
Ш. Ж. Габриелян;
доцент кафедры автоматике, электроники и метрологии
Е. А. Вахтина;
доцент кафедры теоретических основ электротехники
И. К. Шарипов

Рецензенты:

доцент кафедры электроснабжения и эксплуатации электрооборудования
В. Н. Шемякин;
доцент кафедры применения электроэнергии в сельском хозяйстве
С. Н. Антонов

Габриелян, Ш. Ж.
Г12 Электротехника и электроника : методические указания /
Ш. Ж. Габриелян, Е. А. Вахтина, И. К. Шарипов. – Ставро-
поль : АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2012. –
72 с.

ISBN 978-5-9596-0838-5

Содержит методические указания для организации самостоятельной работы студентов при решении практических задач по электротехнике из разделов постоянного, переменного однофазного и трёхфазного тока.

Для студентов высших учебных заведений очной, заочной и очно-заочной форм обучения, обучающихся по неэлектротехническим специальностям и направлениям подготовки.

УДК 621.3
ББК 31.2:32.85

Рекомендованы к изданию методической комиссией электроэнергетического факультета Ставропольского государственного аграрного университета (протокол № 6 от 16.01.2012)

ISBN 978-5-9596-0838-5

© ФГБОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания разработаны в помощь студентам неэлектротехнических специальностей при решении задач по постоянному току, переменному однофазному и трёхфазному току. Они содержат основные математические выражения для расчёта параметров электрических цепей, примеры решения задач, векторные диаграммы напряжений и токов, а также контрольные задания, выдаваемые студентам для самостоятельной их проработки.

Для удобства изложения и пояснения весь материал методических указаний разбит на три раздела и ряд подразделов. Контрольные задания для студентов вынесены в приложения к соответствующим разделам.

1 ПОСТОЯННЫЙ ТОК

1.1 Расчёт общего сопротивления электрической цепи

Возможны три схемы соединения сопротивлений: последовательное, параллельное и смешанное.

При последовательном соединении сопротивлений (рис. 1.1) общее сопротивление (R_{06}) равно сумме всех включённых сопротивлений.

$$R_{06} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = \sum R_i \quad (1.1)$$

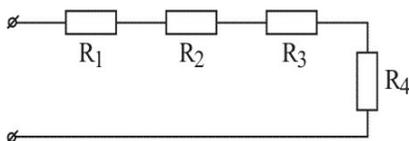


Рисунок 1.1 – Последовательное соединение сопротивлений

При параллельном соединении сопротивлений (рис. 1.2), общее сопротивление (R_{06}) определяется из формулы

$$\frac{1}{R_{06}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = q; \quad R_{06} = \frac{1}{q} \quad (1.2)$$

т. е. сначала находится общая проводимость цепи (q), а затем общее сопротивление.

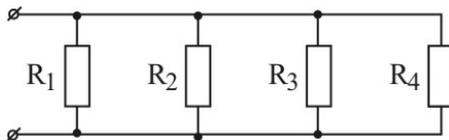


Рисунок 1.2 – Параллельное соединение сопротивлений

Если параллельно включено два сопротивления (R_1 и R_2), то формула общего сопротивления имеет вид

$$R_{об} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}. \quad (1.3)$$

При трёх параллельных сопротивлениях

$$R_{об} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3} \quad (1.4)$$

Если параллельно включено несколько (n) одинаковых сопротивлений (R), то формула общего сопротивления существенно упрощается:

$$R_{об} = R/n \quad (1.5)$$

При смешанном соединении сопротивлений (рис. 1.3) пользуются методом эквивалентной замены участков цепи с параллельным и последовательным соединением. Сопротивления (R_4 и R_5) соединены параллельно. Поэтому вместо них можно включить одно, эквивалентное сопротивление (R_{45}), рассчитанное по формуле (1.3). В результате схема упрощается (рис. 1.4)

$$R_{45} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5}$$

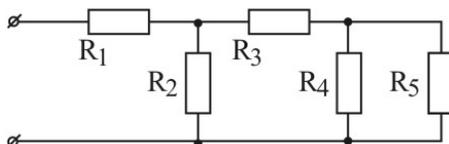


Рисунок 1.3 – Смешанное соединение сопротивлений

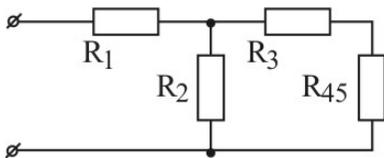


Рисунок 1.4

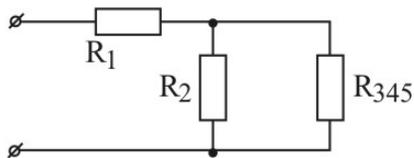


Рисунок 1.5

Из (рис. 1.4) видно, что сопротивления (R_3 и R_{45}) соединены последовательно. Тогда эквивалентное сопротивление (R_{345}) можно рассчитать по формуле (1.1).

$$R_{345} = R_3 + R_{45}$$

Поступая аналогичным образом, определяется сопротивление параллельного участка (R_{2345}) и общее сопротивление ($R_{об}$)

$$R_{2345} = \frac{R_2 \cdot R_{345}}{R_2 + R_{345}}$$

Пример 1.1. Для заданной электрической цепи (рис 1.1) с сопротивлениями $R_1=6$ Ом, $R_2=60$ Ом, $R_3=16$ Ом, $R_4=40$ Ом, $R_5=60$ Ом, рассчитать общее сопротивление ($R_{об}$)

$$R_{45} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} = \frac{40 \cdot 60}{40 + 60} = 24 \text{ Ом}$$

$$R_{345} = R_3 + R_{45} = 16 + 24 = 40 \text{ Ом}$$

Решение:

$$R_{2345} = \frac{R_2 \cdot R_{345}}{R_2 + R_{345}} = \frac{60 \cdot 40}{60 + 40} = 24 \text{ Ом}$$

$$R_{об} = R_1 + R_{2345} = 6 + 24 = 30 \text{ Ом}$$

Контрольные задания по расчёту общего сопротивления электрических схем приведены в приложении (1.1)

1.2 Расчёт параметров электрической цепи с одним источником электрической энергии

При расчёте параметров электрических цепей с одним источником электрической энергии используются законы Ома и Кирхгофа.

Закон Ома для участка цепи с сопротивлением (R)

$$I = \frac{U}{R} \quad (1.6)$$

Ток, протекающий через сопротивление R , прямо пропорционален приложенному напряжению U и обратно пропорционален этому сопротивлению.

Закон Ома для полной цепи

$$I = \frac{E}{R_{\text{об}} + r}, \quad (1.7)$$

где E – ЭДС источника электрической энергии,

r – внутреннее сопротивление источника,

$R_{\text{об}}$ – общее сопротивление внешней цепи.

Первый закон Кирхгофа устанавливает связь между токами в точках их разветвления. Сумма токов, подтекающих к точке разветвления равна сумме токов, утекающих от точки разветвления. Или что то же самое: алгебраическая сумма токов в точке разветвления равна нулю, т. е.

$$\sum I_i = 0 \quad (1.8)$$

Второй закон Кирхгофа устанавливает связь между ЭДС и напряжением в замкнутом контуре. Алгебраическая сумма падений напряжения вдоль замкнутого контура равна алгебраической сумме ЭДС в этом контуре.

$$\sum I_i \cdot R_i = \sum E_i \quad (1.9)$$

Для расчёта мощности, потребляемой сопротивлением (R), можно пользоваться одной из трёх формул

$$P = U \cdot I; \quad P = I^2 \cdot R; \quad P = \frac{U^2}{R} \quad (1.10)$$

Применение указанных зависимостей покажем на конкретном примере

Пример 1.2. В электрической схеме (рис. 1.6.) заданы все сопротивления и мощность, потребляемая сопротивлением (R_2), $P = 12$ Вт. Определить токи (I_1 , I_2 , I_3) и напряжение на зажимах схемы (U).

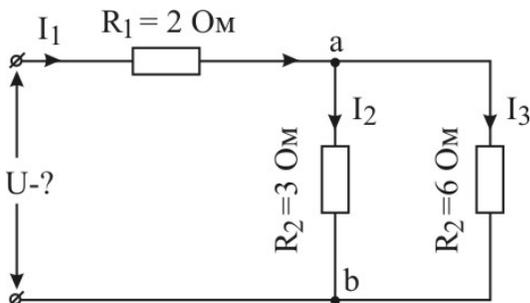


Рисунок 1.6 – Смешанное соединение сопротивлений

Решение:

Используя формулу мощности (1.10), найдём напряжение в точках (a, b)

$$U_{ab} = \sqrt{P \cdot R_2} = \sqrt{12 \cdot 3} = 6 \text{ В.}$$

Пользуясь формулой закона Ома для участка цепи (1.6), определим токи I_2 , I_3 :

$$I_2 = \frac{U_{ab}}{R_2} = \frac{6}{3} = 2 \text{ А}; \quad I_3 = \frac{U_{ab}}{R_3} = \frac{6}{6} = 1 \text{ А};$$

Общий ток (I_1) находим по формуле (1.8)

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0; \quad I_1 = I_2 + I_3 = 2 + 1 = 3 \text{ А}$$

Используя формулу второго закона Кирхгофа (1.9), определим напряжение на зажимах схемы (U)

$$U = I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2 = 3 \cdot 2 + 2 \cdot 3 = 12 \text{ В}$$

Контрольные задания по определению параметров электрических цепей с одним источником ЭДС приведены в приложении (1.2).

1.3 Расчёт параметров электрической цепи с двумя и более источниками ЭДС

Для расчёта многоконтурных электрических цепей с несколькими источниками ЭДС используются методы уравнений Кирхгофа, контурных токов, наложения и узлового напряжения. Однако в связи с тем, что в контрольных заданиях для студентов механизации с.х. содержится лишь один контур, перечисленные методы здесь рассматривать не будем. Порядок расчёта параметров электрической цепи с несколькими источниками ЭДС покажем на конкретном примере.

Пример 1.3. В электрической схеме (рис. 1.7) заданы сопротивления внешней цепи (R_1, R_2, R_3) и внутренние сопротивления источников ЭДС. Заданы величины ЭДС (E_1, E_2) и схема их включения. Требуется определить показания всех приборов.

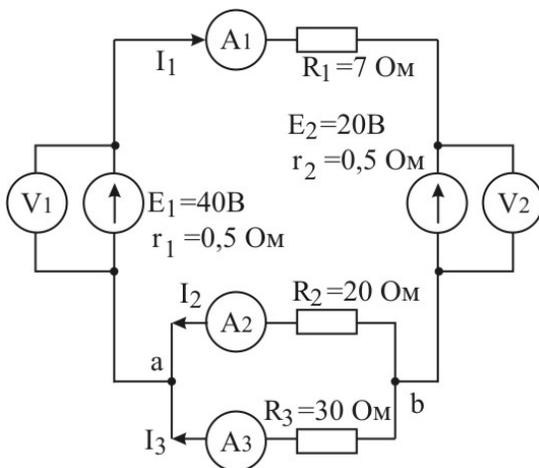


Рисунок 1.7 – Электрическая цепь с двумя источниками ЭДС

Решение:

Определение эквивалентное сопротивление (R_{23}) участков (a, b)

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} = 12 \text{ Ом}$$

Определяем общее сопротивление контура

$$R_{\text{об}} = R_1 + R_{23} + r_1 + r_2 = 7 + 12 + 0,5 + 0,5 = 20 \text{ Ом}$$

Так как ЭДС E_1 и E_2 включены навстречу друг другу, то эквивалентная ЭДС контура равна их разности. Общий ток (I_1) определяем по закону Ома по формуле

$$I_1 = \frac{E_1 - E_2}{R_{\text{об}}} = \frac{40 - 20}{20} = 1 \text{ А}$$

Первая батарея (E_1) работает в режиме разряда, а вторая (E_2) – в режиме заряда. Поэтому напряжения на их зажимах рассчитываются по разным формулам

$$U_1 = E_1 - I_1 \cdot r_1 = 40 - 1 \cdot 0,5 = 39,5 \text{ В}$$

$$U_2 = E_2 + I_1 \cdot r_2 = 20 + 1 \cdot 0,5 = 20,5 \text{ В}$$

Для определения токов I_2 и I_3 сначала найдём величину падения напряжения на эквивалентном сопротивлении R_{23}

$$U_{\text{ab}} = I_1 \cdot R_{23} = 1 \cdot 12 = 12 \text{ В}$$

Определяем токи I_2 и I_3

$$I_2 = \frac{U_{\text{ab}}}{R_2} = \frac{12}{20} = 0,6 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{U_{\text{ab}}}{R_3} = \frac{12}{30} = 0,4 \text{ А}$$

Контрольные задания по определению параметров цепи с двумя и более источниками ЭДС приведены в приложении (1.3).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ПОСТОЯННЫЙ ТОК	3
1.1 Расчёт общего сопротивления электрической цепи	3
1.2 Расчёт параметров электрической цепи с одним источником электрической энергии	6
1.3 Расчёт параметров электрической цепи с двумя и более источниками ЭДС	8
2 ОДНОФАЗНЫЙ СИНУСОИДАЛЬНЫЙ ТОК	10
2.1 Последовательное соединение сопротивлений	10
2.2 Параллельное соединение сопротивлений	13
3 ТРЁХФАЗНЫЙ ТОК	16
3.1 Соединение приёмников звездой	16
3.2 Соединение приёмников треугольником	22
3.3 Расчёт параметров трёхфазной цепи по паспортным данным	26
ПРИЛОЖЕНИЕ	
I ПОСТОЯННЫЙ ТОК	27
1.1 Смешанное соединение сопротивлений	27
1.2 Расчет параметров электрической цепи с одним источником электрической энергии	34
1.3 Расчет параметров электрической цепи с двумя и более источниками электрической энергии	38
II ОДНОФАЗНЫЙ СИНУСОИДАЛЬНЫЙ ТОК	42
1.1 Последовательное соединение приемников электрической энергии	42
2.2 Параллельное соединение приемников электрической энергии	48
III ТРЕХФАЗНЫЙ ТОК	56
3.1 Соединение приемников электрической энергии «звездой»	56
3.2 Соединение приемников электрической энергии «треугольником»	62
3.3 Расчет параметров электрических цепей по паспортным данным трехфазных потребителей электрической энергии	67
А. Соединение приемников «треугольником»	67
Б. Соединение приемников «звездой»	69

Публикуется в авторской редакции

Главный редактор *И. А. Погорелова*
Заведующий издательским отделом *А. В. Андреев*
Техническое редактирование и компьютерная верстка *Н. И. Чигиной*

Подписано в печать 18.12.2012. Формат 60x84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times». Печать офсетная. Усл. печ. л. 4,2. Тираж 100 экз. Заказ № 362.
Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93-953000
Издательство Ставропольского государственного аграрного университета «АГРУС»,
355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12.
Тел/факс: (8652) 35-06-94. E-mail: agrus2007@mail.ru

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса СтГАУ «АГРУС»,
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15.