Государственное бюджетное образовательное учреждение среднего профессионально образования Пензенской области
Никольский технологический колледж имени А.Д. Оболенского
Реферат
По дисциплине: «Электротехника»
На тему: «Методы расчета линейных электрических цепей постоянного тока»
Выполнил
студент 1 курса
Алехин Андрей Александрович
Никольск 2014

Введение

Общая задача анализа электрической цепи состоит в том, что по заданным параметрам (ЭДС, ТДС, сопротивлениям) необходимо рассчитать токи, мощность, напряжение на отдельных участках.

Рассмотрим более подробно методы расчета электрических цепей.

1. Метод уравнений Кирхгофа

Этот метод является наиболее общим методом решения задачи анализа электрической цепи. Он основан на решении системы уравнений, составленных по первому и второму законам Кирхгофа относительно реальных токов в ветвях рассматриваемой цепи. Следовательно, общее число уравнений равно числу ветвей с неизвестными токами. Часть этих уравнений составляется по первому закону Кирхгофа, остальные - по второму закону Кирхгофа. В схеме содержащей q узлов, по первому закону Кирхгофа можно составить q уравнений. Однако, одно из них (любое) является суммой всех остальных. Следовательно, независимых уравнений, составленных по первому закону Кирхгофа, будет .

По второму закону Кирхгофа должны быть составлены недостающие m уравнений, число которых равно .

Для записи уравнений по второму закону Кирхгофа необходимо выбрать m контуров так, чтобы в них вошли в итоге все ветви схемы.

Рассмотрим данный метод на примере конкретной схемы (рис. 1).

Рис. 1

Прежде всего, выбираем и указываем на схеме положительные направления токов в ветвях и определяем их число p . Для рассматриваемой схемы p = 6. Следует отметить, что направления токов в ветвях выбираются произвольно. Если принятое направление какого-либо тока не соответствует действительному, то числовое значение данного тока получается отрицательным.

Далее определяем число узлов схемы q = 4.

Следовательно, число уравнений по первому закону Кирхгофа равно q - 1 = 3.

Число уравнений, составленных по второму закону Кирхгофа
m = p - (q - 1) = 3.
Выбираем узлы и контуры, для которых будем составлять уравнения, и обозначаем их на схеме электрической цепи.
Уравнения по первому закону Кирхгофа:
Уравнения по второму закону Кирхгофа:
Решая полученную систему уравнений, определяем токи ветвей. Расчет электрической цепи не обязательно заключается в вычислении токов по заданным ЭДС источников напряжения. Возможна и другая постановка задачи - вычисление ЭДС источников по заданным токам в ветвях схемы. Задача может иметь и смешанный характер - заданы токи в некоторых ветвях и ЭДС некоторых источников. Нужно найти токи в других ветвях и ЭДС других источников. Во всех случаях число составленных уравнений должно быть равно числу неизвестных величин. В состав схемы могут входить и источники энергии, заданные в виде источников тока. При этом ток источника тока учитывается как ток ветви при составлении уравнений по первому закону Кирхгофа.
Контуры для составления уравнений по второму закону Кирхгофа должны быть выбраны так, чтобы ни один расчетный контур не проходил через источник тока.
Рассмотрим схему электрической цепи, представленную на рис. 2.
Рис. 2
Выбираем положительные направления токов и наносим их на схему. Общее число ветвей схемы равно пяти. Если считать ток источника тока J известной величиной, то число ветвей с неизвестными токами p = 4.
Схема содержит три узла (q = 3). Следовательно, по первому закону Кирхгофа необходимо составитьq - 1 = 2 уравнения. Обозначим узлы на схеме. Число уравнений составленных по второму закону Кирхгофа m = p - (q - 1) =2.
Выбираем контуры таким образом, чтобы ни один из них не проходил через источник тока, и обозначаем их на схеме.
Система уравнений, составленная по законам Кирхгофа, имеет вид:
Решая полученную систему уравнений, найдем токи в ветвях. Метод уравнений Кирхгофа применим для расчета сложных как линейных, так и нелинейных цепей, и в этом его достоинство. Недостаток метода состоит в том, что при расчете сложных цепей необходимо составлять и решать число уравнений, равное числу ветвей p .
Заключительный этап расчета - проверка решения, которая может быть выполнена путем составления уравнения баланса мощности.
Под балансом мощностей электрической цепи понимается равенство мощностей, развиваемой всеми источниками энергии данной цепи, и мощности, потребляемой всеми приемниками той же цепи (закон сохранения энергии).
Если на участке цепи ab имеется источник энергии с ЭДС и по этому участку протекает ток , то мощность, развиваемая этим источником, определяется произведением .
Каждый из множителей этого произведения может иметь положительный или отрицательный знак относительно направления ab. Произведение будет иметь

положительный знак, если знаки расчетных величин и совпадают (мощность, развиваемая данным источником, отдается приемникам цепи). Произведение будет иметь отрицательный знак если знаки и противоположны (источник потребляет мощность, развиваемую другими источниками). Примером может служить аккумулятор, находящийся в режиме зарядки. В этом случае мощность данного источника (слагаемое) входит в алгебраическую сумму мощностей, развиваемых всеми источниками цепи, с отрицательным знаком. Аналогично определяется величина и знак мощности, развиваемой источником тока. Если на участке цепи mn имеется идеальный источник тока с током , то мощность развиваемая этим источником, определяется произведением . Как и в источнике ЭДС знак произведения определяется знаками множителей.

Теперь можно записать общий вид уравнения баланса мощностей

.

Для цепи, представленной на рис2.2 уравнение баланса мощности имеет вид

.

2. Метод контурных токов

Метод контурных токов сводится к составлению уравнений только по второму закону Кирхгофа. Число этих уравнений, равное , на уравнений меньше числа уравнений, необходимых для расчета электрических цепей по методу законов Кирхгофа.

При этом предполагаем, что в каждом выбранном контуре протекает независимые друг от друга расчетные токи, называемые контурными. Ток каждой ветви определяется как алгебраическая сумма контурных токов, замыкающихся через эту ветвь, с учетом принятых направлений контурных токов и знаков их величин.

Число контурных токов равно числу «ячеек» (элементарных контуров) схемы электрической цепи. Если рассматриваемая схема содержит источник тока, то независимые контуры необходимо выбирать так, чтобы ветвь с источником тока входила только в один контур. Для этого контура расчетное уравнение не составляется, так как контурный ток равен току источника.

Каноническая форма записи уравнений контурных токов для n независимых контуров имеет вид

где

- контурный ток n-го контура;

- алгебраическая сумма ЭДС, действующих в n-ом контуре, называемая контурная ЭДС;

- собственное сопротивление n-го контура, равная сумме всех сопротивлений, входящих в рассматриваемый контур;

- сопротивление принадлежащие одновременно двум контурам (в данном случае контуром n и i) и называемое общим или взаимным сопротивлением этих контуров.

Первым ставится индекс контура, для которого составляется уравнение. Из определения взаимного сопротивления следует, что сопротивления, отличающиеся порядком индексов, равны, т.е. .

Взаимным сопротивлением приписывается знак плюс, если протекающие по ним

контурные токи и имеют одинаковые направления, и знак минус, если их направления противоположны.
Таким образом, составление уравнений контурных токов может быть сведено к записи симметричной матрицы сопротивлений
и вектора контурных ЭДС
При введении вектора искомых контурных токов || уравнения (5) можно записать в матричной форме
Решение системы линейных уравнений алгебраических уравнений (5) для тока n-го контура может быть найдено по правилу Крамера
,
где - главный определитель системы уравнений, соответствующий матрице контурных сопротивлений
Определитель получаем из главного определителя путем замены n-го столбца сопротивлений на столбец (вектор) контурных ЭДС .
Рассмотрим метод контурных токов на примере конкретной схемы электрической цепи (рис. 3).
Рис. 3
Схема состоит из 3-х элементарных контуров (ячеек). Следовательно, независимых контурных токов три. Выбираем произвольно направление контурных токов и наносим их на схему. Контуры можно выбирать и не по ячейкам, но их обязательно должно быть три (для данной схемы) и все ветви схемы должны войти в состав выбранных контуров.
Для 3-х контурной схемы уравнение контурных токов в канонической форме имеют вид:
Находим собственные и взаимные сопротивления и контурные ЭДС.
Собственные сопротивления контуров
Напомним, что собственные сопротивления всегда положительные.
Определим взаимные сопротивления, т.е. сопротивления, общие для двух контуров.
Отрицательный знак взаимных сопротивлений обусловлен тем, что контурные токи, протекающие по этим сопротивлениям, противоположно направлены.
Контурные ЭДС
Подставляем значения коэффициентов (сопротивлений) в уравнения:
Решая систему уравнений (7), определяем контурные токи .
Для однозначного определения токов ветвей выбираем их положительные направления и указываем на схеме (рис. 3).
Токи ветвей
3. Метод узловых напряжений (потенциалов)
Сущность метода заключается в том, что в качестве неизвестных принимаются узловые напряжения (потенциалы) независимых узлов цепи относительно одного узла, выбранного в качестве опорного или базисного. Потенциал базисного узла принимается равным нулю, и расчет сводится к определению (q-1) узловых напряжений, существующих между остальными узлами и базисным.
Уравнения узловых напряжений в канонической форме при числе независимых

узлов n=q-1 имеют вид
Коэффициент называется собственной проводимостью n-го узла. Собственная проводимость равна сумме проводимостей всех ветвей, присоединенных к узлу n .
Коэффициент
называется взаимной или межузловой проводимостью. Она равна взятой со знаком «минус» сумме проводимостей всех ветвей, соединяющих напрямую узлы i и n .
Правая часть уравнений (9) называется узловым током, Узловой ток равен алгебраической сумме всех источников тока, подключенных к рассматриваемому узлу, плюс алгебраическая сумма произведений ЭДС источников на проводимость ветви с ЭДС
При этом со знаком «плюс» слагаемые записываются в том случае, если ток источника тока и ЭДС источника напряжения направлены к узлу, для которого составляется уравнение.
Приведенная закономерность определения коэффициентов существенно упрощает составление уравнений, которое сводится к записи симметричной матрицы узловых параметров
и вектора узловых токов источников
Уравнения узловых напряжений можно записать в матричной форме
.
Если в какой-либо ветви заданной схемы содержатся только идеальный источник ЭДС (сопротивление этой ветви равно нулю, т.е. проводимость ветви равна бесконечности), целесообразно в качестве базисного выбрать один из двух узлов, между которыми включена эта ветвь. Тогда потенциал второго узла становится также известным и равным по величине ЭДС (с учетом знака). В этом случае для узла с известным узловым напряжением (потенциалом) уравнение составлять не следует и общее число уравнений системы уменьшается на единицу.
Решая систему уравнений (9), определяем узловые напряжения, а затем по закону Ома определяем токи в ветвях. Так для ветви, включенной между узлами m и n ток равен
При этом с положительным знаком записываются те величины (напряжения, ЭДС), направление которых совпадает с выбранным координатным направлением. В нашем случае (11) - от узла m к узлу n. Напряжение между узлами определяется через узловые напряжения
.
Рассмотрим метод узловых напряжений на примере электрической цепи, схема которой представлена на рис. 4.
Рис. 4
Определяем число узлов (в данном примере число узлов q=4) и обозначаем их на схеме.
Так как схема не содержит идеальных источников напряжения, то в качестве базисного может быть выбран любой узел, например узел 4.
При этом .
Для остальных независимых узлов схемы (q-1=3) составляем уравнения узловых

напряжений в канонической форме.
Определяем коэффициенты уравнений.
Собственные проводимости узлов
Взаимные (межузловые) проводимости
Определяем узловые токи.
Для 1-го узла
.
Для 2-го узла
.
Для 3-го узла
Подставив значения коэффициентов (проводимостей) и узловых токов в уравнения (12), определяем узловые напряжения
Прежде чем перейти к определению токов ветвей, задаемся их положительным направлением и наносим на схему (рис. 5).
Токи определяем по закону Ома. Так, например, ток направлен от узла 3 к узлу 1. Так же направлена и ЭДС этой ветви. Следовательно
Токи остальных ветвей определяем по тому же принципу
Так как то
4. Принцип и метод наложения
Принцип наложения (суперпозиции) является выражением одного из основных свойств линейных систем любой физической природы и применительно к линейным электрическим цепям формулируется следующим образом: ток в какой-либо ветви сложной электрической цепи равен алгебраической сумме частичных токов, вызванных каждым действующим в цепи источником электрической энергии в отдельности.
Использование принципа наложения позволяет во многих схемах упростить задачу расчета сложной цепи, так как она заменяется несколькими относительно простыми цепями, в каждой из которых действует один источник энергии.
Из принципа наложения следует метод наложения, применяемый для расчета электрических цепей.
При этом метод наложения можно применять не только к токам, но и к напряжениям на отдельных участках электрической цепи, линейно связанных с токами.
Принцип наложения нельзя применять для мощностей, т.к. они являются не линейными, а квадратичными функциями тока (напряжения).
Принцип наложения не применим и к нелинейным цепям.
Рассмотрим порядок расчета методом наложения на примере определения токов в схеме рис. 5.
Рис. 5
Выбираем произвольно направление токов и наносим их на схему (рис. 5).
Если бы предлагаемая задача решалась любым из методов (МЗК, МКТ, МУН), то необходимо было бы составлять систему уравнений. Метод наложения позволяет упростить решение задачи, сведя его фактически к решению по закону Ома.
Разбиваем данную схему на две подсхемы (по количеству ветвей с источниками).

В первой подсхеме (рис. 6) считаем что действует только источник напряжения, а ток источника тока J=0 (это соответствует разрыву ветви с источником тока).
Рис. 6
Во второй подсхеме (рис. 7) действует только источник тока. ЭДС источника напряжения принимаем равной нулю E=0 (это соответствует закорачиванию источника напряжения).
Рис. 7
Указываем направление токов на подсхемах. При этом следует обратить внимание на следующие: все токи, указанные на исходной схеме, должны быть указанны и на подсхемах. Например, в подсхеме рис.6 сопротивления и включены последовательно и по ним протекает один и тот же ток. Однако на схеме необходимо указывать токи и
.
Расчет для схемы (рис. 6) можно выполнить по закону Ома.
Ток
,
.
Токи в параллельных ветвях определяем по формуле разброса
.
Определяем токи в подсхеме, представленной на рис.7. Заменив предварительно параллельно соединенные сопротивления и эквивалентным
получим схему (рис. 8).
Рис. 8
По формуле разброса определяем токи и
.
По частичным токам подсхем (рис. 2.6 и 2.7) определяем токи исходной схемы (рис. 5) как алгебраическую сумму частичных токов.
.
При этом ток записывается со знаком «минус», т.к. его направление на подсхеме противоположно направлению тока в исходной схеме
электрическая цепь ток кирхгоф
.
Направления токов и на подсхемах совпадают с направлением тока исходной схемы. Аналогично определяем остальные токи.