**12.10.2021 Учебная группа: 2ТМ**

**Преподаватель Черномордик Анна Евгеньевна**

**ОП.03 Электротехника и электроника**

Тема 2.4 Законы Кирхгофа.

.

**Лекция № 15**

**Цель занятия:** Усвоить основные понятия по изучаемой теме.

**Задачи занятия:** уметь применять полученные знания для решения ситуационные задач.

**Задание студентам:**

1.**Записать в тетрадь и выучить конспект лекции**.

2. **Ответить на контрольные вопросы.** Фотографию конспекта и ответы на контрольные вопросы прислать на электронный адрес **kabinet1218@gmail.com** в срок **до 08.00 13.10.2021г.**

План:

1. История создания законов Кирхгофа.
2. Первый закон Кирхгофа.
3. Второй закон Кирхгофа.
4. Применение законов Кирхгофа.

Литература:

Основные источники:

1. И. А. Данилов, П.М. Иванов. Общая электротехника с основами электроники, Высшая школа, 1989.

2. Общая электротехника с основами электроники. Учебник для техникумов В.А.. Гаврилюк, Б.С. Гершунский, А.В. Ковальчук, ЮА. Куницкий - Киев: Высшая школа. Главное издательство, 1980.

3. Т.Ф. Березкина Задачник по общей электротехнике с основами электроники - М.: Высшая школа, 1983.

Дополнительные источники:

1. И. Федотов, Основы электроники, Москва, «Высшая школа», 1990.

2. Общая электротехника с основами электроники, Усс Л.В., Красько А.С., Климович Г.С., 1990.

**Вопрос № 1 История создания законов Кирхгофа**

Немецкий ученый Густав Кирхгоф наряду с другими исследованиями сформулировал основной закон, помогающий рассчитывать токи и напряжения в различных видах электрических цепей, который известен, как закон Кирхгофа.

В середине 19-го века свойства различных электрических цепей активно исследовались с целью их дальнейшего применения на практике. К тому времени уже был совершен переход от простых цепей к более сложным и одним законом Ома было уже не обойтись. Возникла необходимость в расчетах очень сложных и разветвленных цепей.

Именно Кирхгоф в 1845 году сформулировал основные правила, с помощью которых стало возможным рассчитывать цепи практически любой сложности.

До сих пор мы рассматривали простые или неразветвленные цепи. Эти цепи решаются с помощью закона Ома. Сложные или разветвленные цепи рассчитываются при

помощи законов Кирхгофа.

Законы Кирхгофа являются основными расчетными законами электротехники. Закон Ома частный случай законов Кирхгофа.

Закон Кирхгофа – это соотношения, выполняемые между токами и напряжениями на участках любых электрических цепей. Они позволяют рассчитывать любые электрические цепи: постоянного, переменного или квазистационарного тока.

При формулировании правил Кирхгофа используют такие понятия, как ветвь, контур и узел электрической цепи.

* Ветвь – участок электрической цепи с одни и тем же током.
* Узел – точка соединения трех или более ветвей.
* Контур – замкнутый путь, проходящий через несколько узлов и ветвей разветвлённой электрической цепи.

При обходе надо учесть, что ветвь и узел могут одновременно принадлежать нескольким контурам. Правила Кирхгофа справедливы как для линейных, так и для нелинейных цепей при любом характере изменения во времени токов и напряжений. Правила Кирхгофа широко применяются при решении задач электротехники.

**Сложной или разветвленной цепью называют такая, в которой имеется несколько путей для растекания токов** (см. рисунок 12).

Точки разветвления цепи А и Б - узлы цепи.

**Узлами называются точки цепи, в которых соединяются между собой три или более проводников.**

**Проводники, соединяющие между собой узлы, называются ветвями.**

Ветви бывают двух видов: активные и пассивные.

**Активной ветвью называется такая ветвь, которая содержит не только сопротивления, но и источники энергии.**

**Пассивной ветвью называется такая ветвь, которая содержит только сопротивления, но не содержит источников энергии.**

Таким образом, сложная цепь состоит из узлов и ветвей, то есть из 2-х элементов, поэтому и законов Кирхгофа два. Первый закон Кирхгофа **управляет узлами**, а второй - **ветвями (контурами)**.

**Вопрос № 2 Первый закон Кирхгофа**

Первый закон Кирхгофа устанавливает связь между токами ветвей, образующими узел электрической цепи. Этот закон дается в следующей формулировке: **в любом узле электрической цепи алгебраическая сумма токов ветвей, образующих узел, равна нулю**. Математическая форма записи первого закона Кирхгофа представляется следующим уравнением:



где *к –* число ветвей, сходящихся в узле.

Слово «алгебраическая» предполагает запись токов со знаком «плюс» или «минус». Принято следующее правило: токи ветвей, направленные к узлу, записываются в уравнении со знаком «плюс», а токи ветвей, направленные от узла, − со знаком «минус».

Если направление тока получится отрицательным, то это означает, что его действительное направление противоположно выбранному.

Так, для узла *1* электрической цепи (рис. 2.8) справедливо следующее выражение, полученное на основании первого закона Кирхгофа: *I*1 - *I*2 - *I*3 - *I*4 = 0 .

После преобразования данное выражение приводится к виду *I*1 = *I*2 + *I*3 + *I*4 .

Следовательно, ток ветви, направленный к узлу, равен сумме токов ветвей, направленных от узла.

Физически первый закон Кирхгофа – это закон непрерывности электрического тока.

Первый закон Кирхгофа отражает тот факт, что в узле электрический заряд не накапливается и не расходуется. Сумма электрических зарядов, приходящих к узлу, равна сумме зарядов, уходящих от узла за один и тот же промежуток времени.

Рассмотрим применение 1 закона Кирхгофа на следующем примере:



I1 – это полный ток, текущий к узлу А, а I2 и I3 — токи, вытекающие из узла А.

Тогда мы можем записать: I1 = I2 + I3.

Аналогично для узла B: I3 = I4 + I5.

Пусть, что I4 = 5 А и I5 = 1 А, получим: I3 = 5 + 1 = 6 (А).

Пусть I2 = 10 А, получим: I1 = I2 + I3 = 10 + 6 = 16 (А).

Запишем подобное соотношение для узла C: I6 = I4 + I5 = 5 + 1 = 6 А.

А для узла D: I1 = I2 + I6 = 10 + 6 = 16 А

Таким образом мы наглядно видим справедливость первого закона Кирхгофа.

Сравнивая уравнения между собой, видим, что одно из них является следствием другого. Поэтому в цепи выделяют узлы, которые называют независимыми.

**Независимыми узлами называют такие, которые отличаются друг от друга, хотя бы одним током.**

**Число независимых уравнений, составляемых по первому закону Кирхгофа, равно числу независимых узлов в сложной цепи и равно общему числу узлов в цепи без одного.**

Число независимых узлов = *n* -1, где *n* - общее число узлов сложной цепи.

Таким образом, первый закон Кирхгофа является следствием непрерывности тока и неизменности зарядов в узлах электрической цепи. Этот закон справедлив для любой части, выделенной из электрической цепи.

Теперь рассмотрим еще один пример, для простейшей электрической цепи по рисунку 4:

Для узла «А» по первой формулировке: ***I1-I2+I3=0***

 по второй формулировке: ***I1+I3=I2***

Для узла «В» по первой формулировке: ***-I1+I2-I3=0***

 по второй формулировке: ***I1+I3=I2***

**I2**

**I3**

**I1**

**a**

**b**

**R1**

**R2**

**R3**

**E3**

**I1**

**E1**

**I3**

Рисунок 4– Схема электрической цепи

Физически это означает, что движение зарядов в цепи происходит так, что ни в одном из узлов они не накапливаются.

**Вопрос № 3 Второй закон Кирхгофа**

Ветви сложной цепи, образуют контура.

Второй закон Кирхгофа гласит: **В любом контуре сложной цепи алгебраическая сумма ЭДС и напряжений действующих в этом контуре равна нулю.**



где *i* – количество источников ЭДС в рассматриваемом контуре;

*k* – количество напряжений входящих в данный контур.

Данная формулировка справедлива, если стрелки напряжений на схеме цепи расставлены против стрелок токов.

***Примечание:***

*В некоторых литературных источниках, стрелки напряжений направляются согласно стрелкам тока. Это допустимо, если использовать следующую формулировку второго закона Кирхгофа:*

*В любом контуре сложной цепи, алгебраическая сумма ЭДС всегда равна алгебраической сумме напряжений действующих в этом контуре.*



**Независимыми контурами сложной цепи называются такие, которые отличаются друг от друга хотя бы одним элементом цепи не использованным в ранее намеченных контурах.**

Число независимых уравнений, составленных по второму закону Кирхгофа, равно числу независимых контуров в цепи.

Число уравнений по 2-му закону Кирхгофа = *q* − *n* +1,

где *q* - общее число ветвей всей цепи.

**При обходе по контуру стрелки ЭДС и напряжений, совпадающие с направлением обхода, берутся со знаком плюс, встречно направленные - со знаком минус.**

Запишем уравнения электрического состояния контура (см. рисунок 12) по второму закону Кирхгофа:

а) при обходе слева направо 

б) при обходе справа налево 

Следовательно, направление обхода контуров можно выбирать произвольно.

При составлении уравнений по второму закону Кирхгофа:

* ЭДС записывается со знаком «плюс», если ее направление совпадает с произвольно выбранным направлением обхода контура. В противном случае ЭДС записывается со знаком «минус»;
* Падение напряжения на сопротивлении записывается со знаком «плюс», если направление тока в нем совпадает с направлением обхода контура.

Правильность выполненного расчета проверяется составлением **баланса мощностей**, вытекающего из закона сохранения энергии – **сумма мощностей источников должна быть равна сумме мощностей потребителей:**



Чтобы правильно составить уравнение по 2-му закону Кирхгофа, необходимо выбрать положительное направление обхода контура, указав его стрелкой внутри контура, а также положительные направления токов в отдельных ветвях, образующих контур, также обозначив эти направления стрелкой. Если в электрической схеме имеется всего лишь один источник, то направления токов в сопротивлениях контура однозначно определяются полярностью источника электрической энергии: от «плюса» источника к его «минусу». Если же в схеме имеется несколько источников, то положительными направлениями токов задаются условно. Эта условность сохраняется до окончания расчета токов. В случае когда расчетное значение тока получается со знаком «плюс», выбранное нами условное направление тока совпадает с действительным. Если же полученное из расчета значение тока получается со знаком «минус», то это означает, что действительное направление тока в ветви противоположно условно выбранному направлению.

После выбора положительного направления обхода контура и положительных направлений токов в ветвях, образующих контур, составляется уравнение. ЭДС источников, направления которых совпадают с направлением обхода контура, вводятся в

уравнение со знаком «плюс». Если же направление ЭДС источников и положительное направление обхода контура противоположны, то ЭДС следует вводить в уравнение со знаком «минус». Токи, входящие в уравнение, записываются со знаком «плюс» при совпадении их положительного направления с выбранным положительным направлением обхода контура. Наоборот, если положительное направление тока в ветви и положительное направление обхода контура противоположны, то ток в уравнении необходимо записывать со знаком «минус».

Второй закон Кирхгофа можно применять и для контуров, которые состоят не только из участков схемы, но и из напряжений между какими-либо точками схемы.

Например, для указанной схемы (рисунок 4). Выбираем направление обхода контуров по часовой стрелке. Тогда:

Для левого контура ***I1R1+I2R2=E1***

Для правого контура ***-I2R2-I3R3=-E3***

Для внешнего контура ***I1R1-I3R3= E1-E3***

**По первому закону Кирхгофа** составляют число уравнений, равное числу узлов без единицы: *n=(у*-1) – число уравнений, *у* – число узлов.

Для указанной схемы необходимо составить одно уравнение *n=2-1=1*

Если составить число уравнений для всех узлов, то ток каждой ветви войдет дважды в уравнение для узлов, так как ветвь соединяет два узла.

При составлении независимых уравнений по второму закону Кирхгофа необходимо выбрать контуры так, чтобы каждый следующий контур содержал ветвь, не входящую в предыдущий контур. Такие контуры называются независимыми, так как их уравнения взаимно независимы.

По второму закону Кирхгофа составляют число уравнений, равное числу ветвей (b) схемы за вычетом ветвей с источниками тока (bист) и числа уравнений, составленных по первому закону Кирхгофа:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Для указанной схемы: *bист*=0, поэтому число ветвей равно *b=3*; а количество уравнений *N=3-2+1=2* или *N=3-n=3-1=2*

 Таким образом, для схемы рисунка 4 система уравнений должна содержать одно уравнение, составленное по первому закону Кирхгофа и два уравнения – по второму закону:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

После совместного решения системы уравнений определяются токи в ветвях схемы. Если для какого-либо тока будет получено отрицательное значение, то из этого следует, что его действительное направление противоположно выбранному.

**Вопрос № 4 Применение законов Кирхгофа**

Законы Кирхгофа широко применяются в различных видах цепей, которые могут быть последовательными либо параллельными. Наиболее типичным примером последовательной цепи служит елочная гирлянда, где все лампочки соединяются в последовательную цепь. В такой цепи в соответствии с законом Ома напряжение постепенно падает. В параллельных цепях напряжение остается одинаковым, а сила тока каждого элемента напрямую зависит от его сопротивления. Определение токов, проходящих по каждому узлу таких цепей, производится в соответствии с первым законом Кирхгофа.

Таким образом, законы Кирхгофа позволяют рассчитывать самые сложные цепи.

**Для закрепления материала.**



**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Можно ли составить уравнение по второму закону Кирхгофа для внешнего контура цепи (рис.)?



1. Зависит ли вид уравнения второго закона Кирхгофа от направления обхода контура?
2. Можно ли применить уравнения Кирхгофа для расчета цепей смешанного соединения?