

МОДУЛЬ 1-2. Топология электрических цепей.docx

Слайд 1. Добрый день, уважаемые слушатели. Сегодня мы рассмотрим топологию ЭЦ.

Слайд 2. Электрическая цепь характеризуется совокупностью элементов, из которых она состоит, и способом их соединения.

На слайде изображена электрическая цепь, включающая в себя следующие элементы:

- 1 – гальваническая батарея, состоящая из двух и более гальванических элементов;
- 2 – лампа накаливания;
- 3 – электрический рубильник, для замыкания и размыкания электрической цепи в ручном режиме;
- 4 – вольтметр для измерения напряжения на участке цепи;
- 5 – амперметр для измерения тока, протекающего в цепи.

Слайд 3. Электрическую цепь удобно наглядно представить в виде *схемы*.

На *принципиальной схеме* изображают все электрические элементы или устройства в виде их УГО в соответствии с ГОСТом, а также все электрические взаимосвязи между ними.

Схема замещения электрической цепи отображает ее свойства при определенных условиях.

На схеме замещения гальваническая батарея заменена на реальный источник ЭДС с напряжением E и внутренним сопротивлением $r_{вн}$.

Лампа накаливания, амперметр и вольтметр заменены на соответствующие сопротивления R_L , R_A и R_V .

Отметим, что внутреннее сопротивление идеального источника ЭДС и амперметра стремится к нулю, а идеального вольтметра к бесконечности.

Слайд 4. Способ соединения элементов, из которых состоит электрическая цепь, характеризует ее *топологию*.

В любой электрической цепи можно выделить пути, по которым протекает один и тот же электрический ток, и места соединения таких путей.

Согласно ГОСТ В электрической цепи существуют следующие топологические элементы: ветвь, узел и контур.

Ветвь – «Участок электрической цепи, вдоль которой протекает один и тот же ток». Ветвь может содержать один, либо несколько последовательно включенных элементов.

Узел – «Место соединения ветвей электрической цепи». Причем количество соединяемых ветвей не должно быть меньше трех. Точка соединения двух ветвей образует вырожденный (устранимый) узел.

Контур – «Последовательность ветвей электрической цепи, образующих замкнутый путь, в котором один из узлов одновременно является началом и концом пути, а остальные встречаются только один раз».

В схеме, приведенной на слайде, 2 узла: а и б, а также три ветви, в каждой из которой протекает свой ток (I_1 , I_2 , I_3).

Общее количество контуров в этой схеме равно трем (левый, правый и внешний).

Однако независимых контуров в данной схеме только два: левый включает в себя 1 и 2 ветвь, а правый – 2 и 3.

Внешний контур зависимый, так как он включает в себя только 1 и 3 ветви, которые уже входили в первые два независимых контура, а новых ветвей не добавилось.

Слайд 5. Обратите внимание, что если в узле соединяются 3 ветви, то точка в самом узле может и не стоять.

Если же количество ветвей в узле более трех, то точка должна стоять обязательно.

На схеме справа вверху показана электрическая цепь, у которой 5 узлов (а, б, в, в1, г). Однако, узлы в и в1 удобнее считать за один узел, так как между ними нет элементов.

При этом в схеме семь ветвей и четыре независимых контура. (ПОКАЗАТЬ)

Если же узел в1 считать самостоятельным узлом, то в схеме добавляется еще одна восьмая ветвь без элементов, в которой протекает свой ток, который также подлежит определению.

На схеме справа внизу в месте пересечения ветвей обозначения точки нет. Это значит, что ветви просто пересекаются. А узел остался только в точке «в».

В этой цепи число узлов равно четырем (а, б, в и г). Однако количество ветвей стало на одну меньше по сравнению с верхней схемой. Вместо двух ветвей с сопротивлениями R_2 и R_5 появилась одна ветвь, содержащая последовательно соединенные сопротивления R_2 и R_5 .

Слайд 6. В схеме с пересечением ветвей трудно определить количество независимых контуров.

Если же развернуть ветви с элементами J , E_2 и R_6 выше узла «б», то в схеме не будет пересечения ветвей и топология цепи станет более понятной.

И на схеме можно выделить 7 контуров (ПОКАЗАТЬ!). (Левый, правый, нижний, контур, включающий в себя левый и правый, два г-образных контура и внешний контур).

Слайд 7. Но, только любые три контура, будут независимыми. Например, те, которые показанные голубыми стрелками.

Слайд 8. Для любой ветви электрической цепи выполняется закон Ома: $R = U/I$.

Рассмотрим связь между током и напряжением в общем случае: для ветви с последовательным соединением резистора R и источника ЭДС E .

Падение напряжения на концах участка а-в равно сумме напряжений $U_{ав} = U_{аб} + U_{бв}$.

При этом направление напряжения на участке а-б совпадает по направлению с током I , а направление напряжения $U_{бв}$ противоположно направлению ЭДС E .

Таким образом, общее напряжение будет равно $U_{ав} = IR - E$.

Отсюда получим выражение для тока $I = \frac{U_{ав} + E}{R}$.

Если изменить полярность ЭДС на противоположное, то в последнем выражении изменится знак при E на минус.

Отметим, что уравнения по закону Ома называются **компонентными уравнениями**.

Слайд 9. Запишем для примера, чему будет равно напряжение $U_{аг}$ в схеме на слайде.

Для наглядности покажем синими стрелками направления напряжений на различных участках схемы. Напряжения на сопротивлениях совпадают по направлению с токами, протекающими через эти элементы, а на ЭДС – направлены противоположно направлению ЭДС.

ПОКАЗАТЬ!

Проще всего выражение для $U_{аг}$ можно записать, как падение напряжения на R_2 и R_5 от тока I_2 со знаком минус, так как напряжение $U_{аг}$ на совпадает по направлению с I_2 .

Также $U_{аг}$ можно получить, как сумму $U_{аб}$ и $U_{бг}$.

Или как сумму $U_{аб}$, $U_{бв}$ и $U_{вг}$

Однако, как бы мы не подсчитали $U_{аг}$ во всех трех случаях оно получится одинаковым, равным разности потенциалов $\varphi_a - \varphi_g$.

Слайд 10. Для любой электрической цепи выполняются законы Кирхгофа, которые называют **уравнениями равновесия**. Они являются одной из форм закона сохранения

энергии и относятся к фундаментальным законам природы.

При составлении уравнений по законам Кирхгофа необходимо сначала показать на схеме условно положительные направления токов в ветвях.

Если в результате расчета какие-то токи получатся отрицательными, это говорит о том, что токи направлены противоположно выбранному направлению.

Первый закон Кирхгофа выполняется для любого узла и является следствием принципа непрерывности электрического тока.

Физический смысл первого закона Кирхгофа заключается в том, что в узле электрический заряд не накапливается и не расходуется.

Можно дать две формулировки первого закона Кирхгофа.

1) *Первая формулировка*: Алгебраическая сумма токов в любом узле электрической цепи равна нулю:
$$\sum_{k=1}^n \pm I_k = 0,$$

где n – количество ветвей, сходящихся в узле.

Слово «алгебраическая» обозначает, что токи, направленные к узлу и от него, следует брать с разными знаками. В электротехнике принято токи, направленные к узлу, брать со знаком минус, а токи, направленные от узла – со знаком плюс. Хотя с точки зрения математики можно и наоборот.

Например, уравнение по первому закону Кирхгофа для схемы на слайде в узле «а» имеет следующий вид:

$$-I_1 + I_2 + I_3 = 0.$$

2) *Вторая формулировка*: Сумма токов, направленных к узлу электрической цепи, равна сумме токов, направленных от него:

$$\sum_{k=1}^m I_k = \sum_{k=1}^{n-m} I_k,$$

где n – общее количество токов, сходящихся в узле; m – количество токов, направленных к узлу.

Запишем второй вариант уравнения по первому закону Кирхгофа для схемы на слайде в узле «а»:

$$I_1 = I_2 + I_3.$$

Слайд 11. *Второй закон Кирхгофа* выполняется для любого контура электрической цепи. Можно дать две формулировки второго закона Кирхгофа.

1) *Первая формулировка*: Алгебраическая сумма напряжений во всех ветвях любого контура электрической цепи равна нулю:
$$\sum_{k=1}^n \pm (U_k - E_k) = 0,$$

где n – количество ветвей в контуре; $\pm (U_k - E_k)$ – напряжение на k -й ветви контура.

2) *Вторая формулировка*: Алгебраическая сумма падений напряжения на пассивных участках любого контура электрической цепи равна алгебраической сумме ЭДС в этом контуре:

$$\sum_{k=1}^p \pm U_k = \sum_{k=1}^q \pm E_k,$$

где p – количество пассивных участков в контуре; q – количество источников ЭДС в контуре.

При написании уравнений по второму закону Кирхгофа следует придерживаться следующего правила: «Слагаемые берутся со знаком плюс, если направление обхода контура совпадает с направлением тока на участке цепи или с направлением ЭДС и со знаком минус – если иначе».

Слайд 12. Запишем уравнение по второму закону Кирхгофа для внешнего контура схемы, двигаясь в нем по часовой стрелке, по первой и второй формулировке соответственно:

$$\begin{aligned} I_1 R_1 + I_3 R_3 - E &= 0; \\ I_1 R_1 + I_3 R_3 &= E. \end{aligned}$$

Слайд 13. Спасибо за внимание!