

МОДУЛЬ 1-3. Виды соединений элементов ЭЦ

Слайд 1. Добрый день, уважаемые слушатели! Сегодня мы рассмотрим виды соединения элементов ЭЦ.

Слайд 2. Часто возникает необходимость преобразовать ЭЦ в более простую и удобную для ее расчета.

При этом последовательность преобразования ЭЦ определяется видом соединения ее элементов.

Различают последовательное, параллельное и смешенное соединения, а также соединения по схеме звезда и треугольник.

Рассмотрим их на примере цепей постоянного тока.

Последовательное соединение – это соединение двух и более элементов ЭЦ в одной ветви.

На слайде показано последовательное соединение трех сопротивлений R_1 , R_2 и R_3 (ПОКАЗАТЬ).

При этом по каждому из них протекает один и тот же ток I .

Общее напряжение, падающее на них, может быть найдено как сумма напряжений по закону Ома на каждом из сопротивлений.

Если вынести за скобку общий ток, то в скобках останется сумма сопротивлений, которая получила название эквивалентное сопротивление на участке цепи $R_{аб}$.

Параллельное соединение – это соединение двух и более ветвей между одной парой узлов.

На слайде все сопротивления R_1 , R_2 и R_3 одним своим выводом подключены к узлу **а**, а другим – к узлу **б**.

Обозначим токи во всех ветвях I , I_1 , I_2 и I_3 и запишем уравнение по 1 закону Кирхгофа для узла **а**.

Затем выразим по закону Ома токи в ветвях через общее напряжение $U_{аб}$ и сопротивления ветвей.

Если вынести за скобку общее напряжение, то в скобках останется сумма проводимостей всех ветвей, которая получила название эквивалентной проводимости на участке цепи $G_{аб}$.

Через нее можно найти эквивалентное сопротивление как величину, обратную проводимости.

Слайд 3. Если выразить эквивалентное сопротивление для трех параллельно включенных сопротивлений (ПОКАЗАТЬ), то после алгебраических преобразований получим достаточно сложную формулу

$$R_{э} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2}$$

Поэтому при параллельном соединении трех и более ветвей удобнее считать эквивалентное сопротивление как величину, обратную сумме проводимостей ветвей (ПОКАЗАТЬ).

Эквивалентное сопротивление при параллельном соединении двух ветвей можно найти, как произведение сопротивлений ветвей, разделенное на их сумму. $R_{э} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} =$

$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Если сопротивление R_1 закорочено (ПОКАЗАТЬ), то эквивалентное сопротивление на этом участке ЭЦ будет равно нулю. $R_{э} = \frac{R_1 \cdot 0}{R_1 + 0} = 0$

А если параллельно сопротивлению R_1 включено сопротивление, равное ∞ (ПОКАЗАТЬ), то эквивалентное сопротивление на этом участке ЭЦ будет равно R_1 . $R_{\infty} = \frac{R_1 \cdot \infty}{R_1 + \infty} = R_1$

Слайд 4. Чаще всего на практике встречается смешанное соединение.

При смешанном соединении последовательно находят эквивалентные сопротивления для последовательно или для параллельно соединенных элементов, если они есть.

После каждого преобразования топология цепи меняется и, как правило, появляются новые последовательные или параллельные соединения.

Рассмотрим пример расчета эквивалентного сопротивления для схемы, приведенной на слайде относительно выводов а и б (ПОКАЗАТЬ), то есть, найдем сопротивление $R_{аб}$.

При расчете $R_{аб}$ выводы с и d лучше вообще не рисовать. (ПОКАЗАТЬ)

Из анализа схемы видно, что в исходной схеме нет последовательно включенных элементов, так как оба вывода каждого из сопротивлений подключены к соответствующим узлам ЭЦ.

При этом два сопротивления R_5 и R_6 включены параллельно между узлами с и d.

Поэтому сначала найдем для них эквивалентное сопротивление R_{56} .

В результате первого преобразования узел с будет устранен, так как в нем будут соединяться уже не 3 ветви, а только 2. (ПОКАЗАТЬ)

При этом сопротивления R_2 и R_{56} будут включены последовательно. Значит, их эквивалентное сопротивление R_{256} на этом участке будет равно их сумме. (ПОКАЗАТЬ)

Сопротивления R_3 и R_{256} включены параллельно между узлами а и d. (ПОКАЗАТЬ)

Следующим действием найдем для них эквивалентное сопротивление R_{3256} . (ПОКАЗАТЬ)

В результате узел d будет устранен, так как в нем будут соединяться уже не 3 ветви, а только 2. (ПОКАЗАТЬ)

При этом сопротивления R_4 и R_{3256} будут включены последовательно.

Значит, их эквивалентное сопротивление R_{43256} на этом участке будет равно их сумме. (ПОКАЗАТЬ)

Последнее найденное сопротивление и сопротивление R_1 включены параллельно между узлами а и б. (ПОКАЗАТЬ)

В заключении найдем для них эквивалентное сопротивление, которое и будет равно $R_{аб}$.

Слайд 5. Если в схеме ЭЦ нет ни последовательного, ни параллельного соединения элементов, то тогда в схеме можно выделить соединения по схеме треугольник или звезда и выполнить для них эквивалентную замену.

После такой замены в схеме ЭЦ появятся участки цепи с последовательным или параллельным соединением.

Например, в схеме на слайде ветви с сопротивлениями R_2 , R_3 и R_5 подключенные к узлам 1, 2 и 3 образуют треугольник. (ПОКАЗАТЬ)

Если между узлами 1, 2 и 3 подключить три сопротивления R_{23} , R_{25} и R_{35} по схеме звезда, то узлы 1 и 3 пропадут и в схеме появятся ветви с последовательно соединенными элементами R_1 и R_{23} , а также R_4 и R_{25} . (ПОКАЗАТЬ)

При этом суммарные сопротивления этих ветвей будут включены параллельно, а весь этот участок последовательно с R_{35} . (ПОКАЗАТЬ)

Преобразование треугольника в эквивалентную звезду предполагает, что после замены токи и напряжения остальной части цепи должны остаться неизменными.

Для этого сопротивления звезды должны быть связаны с сопротивлениями треугольника на исходной схеме определенными соотношениями.

Слайд 6. На слайде приведены формулы, по которым могут быть рассчитаны сопротивления в эквивалентной звезде через сопротивления треугольника.

Слайд 7. При обратном переходе от звезды к эквивалентному треугольнику нужно использовать формулы, приведенные на этом слайде.

Слайд 8. Если ветвь включает в себя несколько последовательно соединенных сопротивлений и идеальных источников ЭДС, то эквивалентное сопротивление R будет равно их сумме, а эквивалентная ЭДС E – алгебраической сумме ЭДС с учетом полярности самой эквивалентной ЭДС.

Если параллельно включено несколько ветвей, содержащих сопротивления и идеальные источники тока, то эквивалентное сопротивление R можно найти как величину, обратную сумме проводимостей всех ветвей, а значение тока эквивалентного источника тока J как алгебраическую сумму токов от всех источников тока.

Слайд 9.

Если параллельно включено несколько ветвей, содержащих последовательно соединенные сопротивления и идеальные источники ЭДС, то сначала нужно заменить каждую такую ветвь на две параллельные ветви с эквивалентным источником тока и его внутренним сопротивлением.

Затем найти эквивалентное сопротивление R и значение тока эквивалентного источника ток J .

И, в заключении, перейти к схеме с эквивалентным источником ЭДС, используя следующее соотношение $E=JR$.

Умение правильно преобразовывать электрические цепи поможет Вам выполнять расчет электрических цепей.

Слайд 10. Спасибо за внимание!