Текст презентации Метод наложения, узловых потенциалов и эквивалентного генератора

Слайд 1. Добрый день, дорогие слушатели! Мы уже рассмотрели два метода расчета сложных электрических цепей: метод законов Кирхгофа и метод контурных токов. Существуют и другие методы расчета электрических цепей. Рассмотрим метод наложения.

Слайд 2. Для линейных электрических цепей справедлив ***принцип наложения***, согласно которому ток любой ветви равен алгебраической сумме частичных токов, создаваемых в этой ветви каждым из источников в отдельности.

Этот принцип лежит в основе ***метода наложения***.

Метод наложения применим для расчета только линейных цепей.

По методу наложения отдельно проводятся расчеты так называемых **частичных токов** в ветвях от действия только одного источника энергии в отдельности.

При этом остальные источники ЭДС закорачиваются, а ветви с источниками тока разрываются.

Например, пусть в цепи действуют два идеальных источника ЭДС E_1 и E_2.

Определим методом наложения ток в первой ветви в электрической цепи I_1.

Слайд 3

На слайде справа представлена схема ЭЦ для расчета первых частичных токов от действия источника E_1.

При этом участок цепи с идеальным источником ЭДС E_2 закорочен.

Если источник ЭДС не идеален, то его нужно заменить на его внутреннее сопротивление.

Найдем первый частичный ток в первой ветви методом преобразования как $I_1' = \frac{E_1}{R_1+\frac{R_2R_3}{R_2+R_3}}$.

При необходимости можно найти и два других частичных тока I_2' и I_3'.

Слайд 4

На этом слайде представлена схеме ЭЦ для расчета вторых частичных токов от действия источника E_2.

Сначала найдем второй частичный ток во 2 ветви методом преобразования как

$$I_2'' = \frac{E_2}{R_2+\frac{R_1R_3}{R_1+R_3}}.$$

Затем найдем второй частичный ток в 1 ветви как $I_1'' = I_2'' \cdot \frac{R_1R_3}{R_1+R_3} \cdot \frac{1}{R_1}$

При необходимости можно найти и частичный ток I_3''.

Слайд 5. Так как I_1' совпадает по направлению с искомым током I_1, а I_1'' не совпадает, то алгебраическая сумма частичных токов может быть найдена как их разность

$$I_1 = I_1' - I_1''.$$

Слайд 6. Для электрической цепи, у которой количество узлов без единицы меньше количества независимых контуров удобно применять **метод узловых потенциалов**.

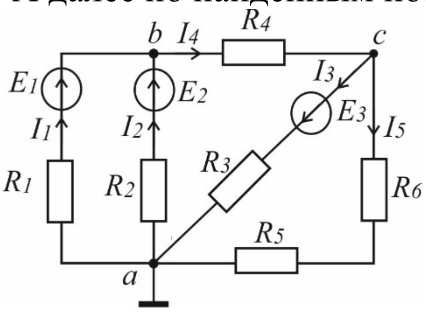
Уравнения, составляемые по этому методу, называются узловыми уравнениями.

В качестве неизвестных они содержат потенциалы узлов, причем потенциал одного из них (опорного) задается заранее и обычно принимается равным нулю.

В качестве опорного узла можно выбрать любой узел, так как ток в ветви зависит от разности потенциалов узлов, между которыми она подключена.

Затем для каждого узла схемы, кроме *опорного узла*, составляют систему уравнений *методом узловых потенциалов*.

А далее по найденным потенциалам узлов находят токи ветвей по закону Ома.



В схеме, приведенной на слайде количество узлов без единицы равно 2, а количество независимых контуров – трем.

Следовательно, для ее расчета по методу узловых потенциалов необходимо составить систему из двух уравнений.

При расчете этой цепи по методу контурных токов придется составить систему из трех уравнений.

Зададим потенциал узла **a**, равным нулю: $\boldsymbol{\varphi_a = 0}$.

Слайд 7. Если для оставшихся узлов ***b*** и ***c*** записать уравнения по 1 закону Кирхгофа и при этом выразить токи в ветвях по обобщенному закону Ома, то из полученных уравнений можно получить систему из двух уравнений относительно неизвестных потенциалов $\boldsymbol{\varphi_b}$ и $\boldsymbol{\varphi_C}$ в следующем виде:

$$\begin{cases} \phi_b(G_1+G_2+G_4)-\phi_c G_4 = E_1G_1+E_2G_2 \\ \phi_c(G_4+G_3+G_5)-\phi_b G_4 = -E_3G_3 \end{cases}.$$

Поясним, каким образом можно составить эти уравнения.

Потенциал узла, для которого составляется уравнение (например, в первом уравнении – это φ_b), умножается на сумму проводимостей ветвей, присоединенных к этому узлу – это $(G_1+G_2+G_4)$.

Причем это произведение записывается в левой части уравнения со знаком плюс.

Слайд 8. Потенциалы противоположных концов каждой ветви, присоединенной к узлу, для которого пишется уравнение (в первом уравнении – это φ_a и φ_c), умножаются на проводимости этих ветвей.

Это произведение записывается в левой части уравнения со знаком минус.

В первом уравнении – это - $\varphi_c \cdot G_4$.

Так как в данной схеме $\varphi_a = 0$, то $\varphi_a \cdot (G_1 + G_2) = 0$ и это произведение можно не писать, если бы этот узел не был бы заземлен, то это произведение необходимо было бы добавить в левую часть уравнения со знаком минус.

Слайд 9. В правой части уравнения стоит алгебраическая сумма произведений ЭДС на проводимости тех ветвей, которые присоединены к рассматриваемому узлу: для первой и второй ветви – это E_1G_1 и E_2G_2, а в 4 ветви нет ЭДС.

В данной схеме обе ЭДС направлены к узлу, поэтому эти произведения берутся со знаком плюс.

Если ЭДС направлена от узла, то произведения берется со знаком минус.

Слайд 10. Аналогично запишем второе уравнение для узла *c*.

К узлу **c** присоединены 4, 3 и 5 ветви – поэтому φ_c умножим на сумму проводимостей этих ветвей $(G_4+G_3+G_5)$.

Причем проводимость 5 ветви – это величина обратная сумме сопротивлений в этой ветви $G_5 = \frac{1}{R_5+R_6}$.

Потенциал противоположного узла четвертой ветви φ_b умножим на ее проводимость G_4 и учтём в уравнении со знаком минус.

Так как ЭДС E_3 направлена от узла *c*, то в правой части второго уравнения запишем произведение E_3 на G_3 со знаком минус.

Далее необходимо подставить в полученную систему значения параметров цепи и, решить систему любым способом относительно неизвестных потенциалов φ_b и φ_c.

Слайд 11. Через найденные значения потенциалов найдем токи в ветвях:

– либо записав для каждой ветви выражение по обобщенному закону Ома;

– либо замкнем каждую ветвь через участок цепи с напряжением, равным разности потенциалов на ее концах, и запишем для полученного контура уравнение по второму закону Кирхгофа.

Например, для первой ветви можно записать следующее уравнение по 2 закону Кирхгофа: $I_1R_1 + \phi_b - \phi_a = E_1$.

Аналогичные уравнения можно записать и для других ветвей.

Откуда найдем выражения для токов в ветвях как

$$I_1 = (E_1 - \phi_b)G_1$$
$$I_2 = (E_2 - \phi_b)G_2$$
$$I_3 = (\phi_c + E_3)G_3$$
$$I_4 = (\phi_b - \phi_c)G_4$$
$$I_5 = \phi_c G_5$$

Слайд 12. Отметим, что для схем, содержащих ветвь с идеальным источником ЭДС, один из узлов которой заземлен, например $\varphi_a = 0$, потенциал $\varphi_b = E_1$.

Для схем, содержащих несколько ветвей с идеальными источниками ЭДС, имеющими общий узел, заземляют именно этот общий узел – на слайде $\varphi_a = 0$.

Тогда потенциал $\varphi_b = E_1$, а потенциал $\varphi_c = -E_2$.

Слайд 13. В заключение рассмотрим **метод эквивалентного генератора** (источника напряжения). Этот метод целесообразно использовать для расчета электрических цепей в том случае, если требуется найти ток, напряжение или мощность в какой-либо одной ветви сложной электрической цепи. В этом случае вся остальная часть цепи, к которой подключена данная ветвь, рассматривается в виде активного двухполюсника.

Двухполюсник – это любая часть электрической цепи, имеющая два зажима.

Пассивный (П) двухполюсник либо не содержит источников электрической энергии, либо может содержать их, но они взаимно компенсируют друг друга так, что напряжение на его разомкнутых зажимах равно нулю.

Активным (А) называется двухполюсник, содержащий источники электрической энергии.

Пример пассивного двухполюсника приведен слева на слайде, а активного – справа.

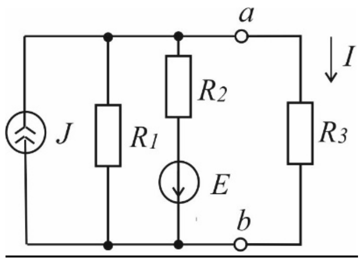
Слайд 14. Рассмотрим применение метода эквивалентного генератора на примере схемы, приведенной на слайде.

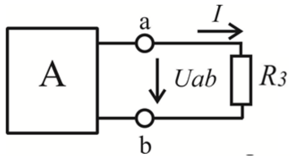
Определим ток *I* в ветви с сопротивлением R_3.

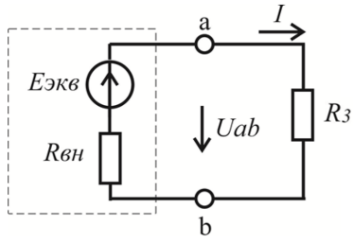
При расчете используем следующий алгоритм.

1) Выделяем ветвь (*a*-*b*), ток *I* в которой необходимо определить.

Представляем всю остальную цепь относительно зажимов данной ветви в виде активного двухполюсника.







2) Заменяем активный двухполюсник эквивалентным генератором с ЭДС *Еэкв* и внутренним сопротивлением *Rвн.*

Слайд 15.

3) Используя любой метод расчета, находим *Еэкв* как напряжение на выходе активного двухполюсника при разомкнутой ветви *a-b* – так называемое напряжение холостого хода (***Uxx***).

Слайд 16.

4) Затем находим внутреннее сопротивление двухполюсника *Rвн*, используя один из двух способов.

Первый способ заключается в нахождении его как входного сопротивление **пассивного двухполюсника** со стороны зажимов *a-b* при разомкнутой ветви *a*-b.

Для рассматриваемой схемы оно равно $R_{вн} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

Слайд 17.

Второй способ нахождения внутреннего сопротивления двухполюсника заключается в нахождении его как отношения напряжения холостого хода, найденного ранее, к току короткого замыкания на выводах двухполюсника $I_{кз}$ $R_{вн} = \frac{U_{xx}}{I_{кз}}$.

Для рассматриваемого активного двухполюсника ток короткого замыкания можно найти как $I_{кз} = \frac{-E}{R_2}$

Слайд 18.

5) После нахождения параметров эквивалентного генератора возвращаемся к эквивалентной схеме из пункта 2.

И находим для нее искомый ток по формуле $I = \frac{E_{экв}}{R_3 + R_{вн}}$.

Именно этот ток и будет протекать в исходной схеме в ветви с сопротивлением R_3.

Слайд 19. Спасибо за внимание!