

Законспектировать материал. Фотоотчёт (1 файл) прислать на эл. почту по расписанию  
**Обязательно! Прописывать предмет, фамилию в каждом фотоотчёте.**  
**26.10.24. (11:50 – 13.20)**

### Расчет сложных цепей

Сложной электрической цепью называют цепь с несколькими замкнутыми контурами с любым размещением в ней источников питания и потребителей, которую нельзя свести к сочетанию последовательных и параллельных соединений.

Основными законами для расчета цепей наряду с законом Ома являются два закона Кирхгофа, пользуясь которыми, можно найти распределение токов и напряжений на всех участках любой сложной цепи.

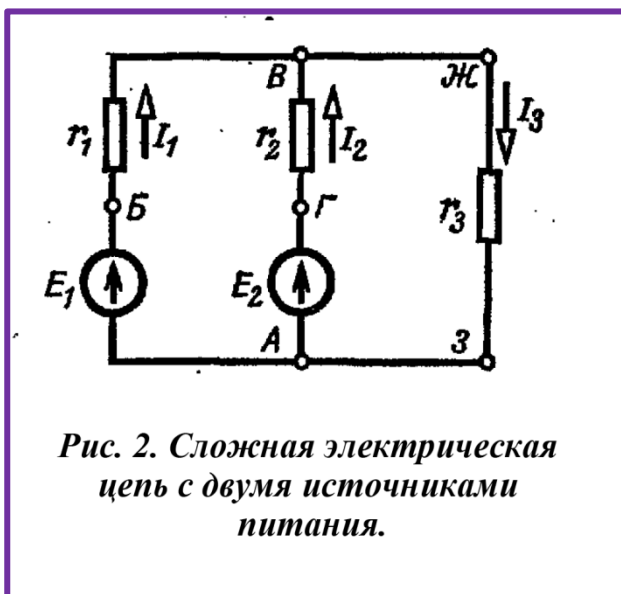
Для нахождения токов во всех ветвях цепей необходимо знать сопротивления ветвей, а также величины и направления всех ЭДС.

Перед составлением уравнений по законам Кирхгофа следует произвольно задаться направлениями токов в ветвях, показав их на схеме стрелками. Если выбранное направление тока в какой-либо ветви противоположно действительному, то после решения уравнений этот ток получается со знаком минус.

Число необходимых уравнений равно числу неизвестных токов; число уравнений, составляемых по первому закону Кирхгофа, должно быть на единицу меньше числа узлов цепи, остальные уравнения составляются по второму закону Кирхгофа. При составлении уравнений по второму закону Кирхгофа следует выбирать наиболее простые контуры. причем каждый из них должен содержать хотя бы одну ветвь, не входившую в ранее составленные уравнения.

Расчет сложной цепи с применением двух уравнений Кирхгофа рассмотрим на примере.

**Пример.** Вычислить токи во всех ветвях цепи рис. 2, если ЭДС источников  $E_1 = 246$  В;  $E_2 = 230$  В, а сопротивления ветвей  $r_1 = 0,3$  Ом;  $r_2 = 1$  Ом;  $r_3 = 24$  Ом. Внутренними сопротивлениями источников пренебречь.



Выбранные произвольно направления токов в ветвях показаны на рис. 2

Решение.

Так как число неизвестных токов три, то необходимо составить три уравнения.

При двух узлах цепи необходимо одно узловое уравнение. Напишем его для точки В:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad (1)$$

Второе уравнение напишем, обходя по направлению движения часовой стрелки контур АБВЖЗА,

$$E_1 = I_1 r_1 + I_3 r_3. \quad (2)$$

Третье уравнение напишем, обходя по направлению движения: часовой стрелки контур АГВЖЗА,

$$E_2 = I_2 r_2 + I_3 r_3. \quad (3)$$

Заменяя в уравнениях (2) и (3) буквенные обозначения числовыми значениями, получим:

$$246 = 0,3I_1 + 24I_3; \quad (4)$$

$$230 = I_2 + 24I_3. \quad (5)$$

Заменяя в последнем уравнении ток  $I_4$  его выражением из уравнения (1), получим:

$$230 = I_2 - I_1 + 24I_3 = -I_1 + 25I_3. \quad (6)$$

Умножив уравнение (6) на 0,3 и сложив с уравнением (4), получим:

$$\begin{array}{r} 69 = -0,3I_1 + 7,5I_3 \\ 246 = 0,3I_1 + 24I_3 \\ \hline 315 = 31,5I_3 \end{array} \quad (7)$$

откуда определяется ток в третьей ветви:

$$I_3 = \frac{31,5}{3,15} = 10 \text{ А.}$$

Напряжение на концах третьей ветви

$$U_{ЖЗ} = I_3 r_3 = 10 \cdot 24 = 240 \text{ В.}$$

Токи в первой и второй ветвях:

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{E_1 - U_{ЖЗ}}{r_1} = \frac{246 - 240}{0,3} = 20 \text{ А;} \\ I_2 &= \frac{E_2 - U_{ЖЗ}}{r_2} = \frac{230 - 240}{1} = -10 \text{ А.} \end{aligned}$$

Полученное отрицательное значение тока  $I_2$  указывает на то, что в действительности этот ток направлен противоположно указанному на схеме (рис.2). Таким образом, источник  $E_1$  работает в режиме генератора, а источник  $E_2$  в режиме двигателя.

### Магнитное поле и его характеристики

Напряженность магнитного поля ( $H$ ). Напряженность магнитного поля характеризует интенсивность поля в данной точке *без учета среды*, в которой создается магнитное поле, и является расчетной величиной. Кроме того, напряженность поля является векторной величиной. Вектор  $H$  проводится по касательной к магнитным линиям (рис. 4.4).

Напряженность магнитного поля — это доля намагничивающей силы, приходящаяся на единицу длины магнитной линии. Напряженность магнитного поля прямолинейного провода с током  $I$  в точке  $a$  на расстоянии  $R$  от его оси определяется по формуле

$$H = \frac{F}{l} = \frac{I}{2\pi R},$$

где  $l$  — длина магнитной линии с радиусом  $R$ .

Напряженность измеряется в амперах на метр:

$$[H] = \left[ \frac{I}{l} \right] = \frac{A}{M}.$$

Если напряженность во всех точках поля одинакова, то магнитное поле называется **однородным**.

Магнитное напряжение ( $U_M$ ). При расчете магнитных полей пользуются понятием магнитного напряжения. Для однородного магнитного поля магнитное напряжение  $U_M$  определяется по следующей формуле:

$$U_M = Hl$$

и измеряется в амперах:

$$[U_M] = \frac{A}{M} \cdot M = A.$$

Если магнитное напряжение  $f_{7M}$  вычисляется по замкнутому контуру, то его называют **магнитодвижущей силой** (МДС):

$$F = \int_l H_l dl. \quad (4.1)$$

Магнитная индукция ( $B$ ). Она характеризует интенсивность магнитного поля с учетом среды. Например, если внести внутрь катушки стальной сердечник, то интенсивность поля внутри катушки значительно возрастает за счет молекулярных круговых токов сердечника.

Магнитная индукция характеризует силовое воздействие магнитного поля на движущиеся электрические заряды (ток) и является силовой характеристикой магнитного поля аналогом напряженности электрического поля.

Магнитная индукция — это векторная величина. Вектор магнитной индукции проводится по касательной к магнитной линии в данной точке.

Магнитная индукция и напряженность магнитного поля связаны между собой соотношением

$$B = \mu_a H,$$

где  $\mu_a$  — абсолютная магнитная проницаемость, характеризующая магнитные свойства среды, т.е. способность среды намагничиваться.

Абсолютная магнитная проницаемость вакуума  $\mu_0$  называется магнитной постоянной:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Гн}{М} \approx 125 \cdot 10^{-8} \frac{Гн}{М}.$$

Отношение абсолютной магнитной проницаемости к магнитной постоянной называется относительной магнитной проницаемостью, или просто магнитной проницаемостью  $\mu$ :

$$\mu = \frac{\mu_a}{\mu_0}.$$

Например, магнитная проницаемость воздуха  $\mu = 1,000003$ . Основной единицей измерения магнитной индукции является тесла (Тл):

$$[B] = \frac{В \cdot с}{м^2} = \frac{Вб}{м^2} = \text{Тл}.$$

Иногда используется более мелкая единица магнитной индукции гаусс (Гс):

$$[B] = 1 \text{ Гс} = 10^{-4} \text{ Тл}.$$

Поток вектора магнитной индукции или магнитный поток ( $\Phi$ ). Произведение магнитной индукции однородного магнитного поля и такой плоской площадки  $S$ , во всех точках которой вектора индукции  $B$  одинаковы и перпендикулярны к ней, называется магнитным потоком

:

$$\Phi = BS.$$

Основной единицей измерения магнитного потока является вебер (Вб):

$$[\Phi] = [B \cdot S] = \frac{В \cdot с}{м^2} м^2 = В \cdot с = \text{Вб}.$$

Иногда используют более мелкую единицу магнитного потока максвелл (Мкс):

$$[\Phi] = 1 \text{ Мкс} = 10^{-8} \text{ Вб}.$$

Если вектор магнитной индукции не перпендикулярен площадке  $S$  (рис. 4.5), то определяют нормальную составляющую вектора  $B_n$ :

$$B_n = B \cos \beta,$$

и тогда магнитный поток

$$\Phi = B \cos \beta \cdot S.$$

В общем случае при определении магнитного потока через произвольную поверхность в неоднородном магнитном поле используют формулу

$$\Phi = \int_S B_n dS.$$

Магнитный поток как характеристика магнитного поля имеет в электротехнике большое значение при рассмотрении принципов работы электрических машин, трансформаторов и других электромагнитных устройств. Обмотки (катушки) этих устройств образуют  $w$  витков, каждый из которых пронизан (сцеплен) с магнитным потоком. Алгебраическая сумма этих магнитных потоков называется потоко-сцеплением

$$\Psi = \Phi_1 + \Phi_2 + \dots + \Phi_w.$$

Для катушек можно считать, что  $\Phi_1 = \Phi_2 = \dots = \Phi_w$ , тогда

$$\Psi = w\Phi,$$

где  $\Phi$  — магнитный поток, сцепленный с одним из витков.