КЛАССИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Рассчитать переходной процесс – это значит найти закон изменения токов и напряжений на отдельных элементах или ветвях цепи при изменении времени от момента коммутации ($t = 0$) до установления нового стационарного режима ($t = \infty$).

Расчет переходных процессов классическим методом сводится к решению системы линейных дифференциальных уравнений и производиться в следующем порядке:

1. Задаются положительным направлением тока в каждой ветви в послекоммутационной схеме, и составляют систему уравнений по законам Кирхгофа для мгновенных значений.
2. Полученную систему уравнений сводят к одному уравнению с одним неизвестным током или напряжением на каком-либо элементе цепи.

В общем случае получается неоднородное линейное дифференциальное уравнение *n*-ого порядка.

При этом решение этого уравнения будет проще, если неизвестным током или напряжением будет ток через индуктивность или напряжение на емкости.

3. Полученное дифференциальное уравнение решается известными из математики способами.

Используя начальные условия определяют постоянные интегрирования и в итоге получают токи и напряжения переходного процесса в виде функций времени.

Система интегро-дифференциальных уравнений цепи всегда составляется для цепи в состоянии *после коммутации***,** то есть после замыкания или размыкания ключа.

При составлении этой системы уравнений, связывающих мгновенные значения входных и выходных электрических величин между собой, нам понадобятся следующие соотношения между мгновенными напряжениями и токами:

Для резистора:

$$U_R(t) = i(t) \cdot r\,;\ i(t) = \frac{U_R(t)}{R}\,;$$

Для индуктивности:

$$U_L = L\frac{di(t)}{dt};\ i(t) = \frac{1}{L}\int U_L(t)dt; \tag{10.1}$$

Для ёмкости:

$$i_C(t) = C\frac{dU_C(t)}{dt}\quad;\ U_C(t) = \frac{1}{C}\int i(t)dt. \tag{10.2}$$

РЕШЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ

Свободная и принужденная составляющие

Решение дифференциального уравнения описывающего цепь после коммутации представляют в виде суммы двух решений: принужденного и свободного тока или напряжения:

$$i = i_{\text{пр}} + i_{\text{св}} \text{ или } u = u_{\text{пр}} + u_{\text{св}} \tag{10.3}$$

С математической точки зрения принужденная составляющая является частным решением неоднородного уравнения;

С физической точки зрения это ток или напряжение рассматриваемой ветви в установившемся режиме.

Значение принужденной составляющей определяется законом изменения действующих в цепи источников и параметрами цепи.

Принужденная составляющая определяется любым методом расчета цепи в установившемся режиме.

Свободная составляющая тока или напряжения с точки зрения математики это решение соответствующего однородного дифференциального уравнения.

С физической точки зрения это ток или напряжение в цепи, при отсутствии внешнего воздействия.

Свободная составляющая не зависит от закона изменения действующих в цепи источников и определяется начальными условиями цепи, т.е. зависит только от запасов энергии в магнитном поле индуктивности и электрическом поле емкости.

Так как в реальных электрических цепях свободные процессы затухают с течением времени, то принужденная составляющая равна установившемуся значению искомой величины.

$$i_{\text{пр}}(\mathrm{t}) = i_{\text{уст}}(\mathrm{t}) \qquad u_{\text{пр}}(\mathrm{t}) = u_{\text{уст}}(\mathrm{t})$$

Общий вид свободной составляющей зависит от порядка дифференциального уравнения и от вида корней характеристического уравнения.

Для схемы первого порядка свободные составляющие тока и напряжения имеют вид:

$$i_{\text{св}} = Ae^{pt} \quad u_{\text{св}} = Be^{pt} \tag{10.4}$$

Для схемы второго порядка:

а) в случае двух вещественных и разных корней $i_{\text{св}} = A_1 e^{p_1 t} + A_2 \cdot e^{p_2 t}$;

Переходной процесс при таких корнях называется апериодическим.

б) в случае вещественных и равных корней $i_{\text{св}} = (B_1 + B_2 t)e^{pt}$;

Переходной процесс при таких корнях называется критическим.

в) в случае комплексно-сопряженных корней $i_{\text{св}} = Ae^{-\delta t}\sin(\omega t + \psi_{\text{св}})$,

где A_1, A_2, B_1, B_2, A, $\psi_{\text{св}}$ – постоянные интегрирования.

Переходной процесс при таких корнях называется колебательным.

Итак вы узнали, что

– дифференциальное уравнение, описывающее состояние цепи, составляется для схемы после коммутации,

–что переходной ток или напряжение представляют собой сумму принужденной и свободной составляющих,

– что переходной процесс в зависимости от корней характеристического уравнения бывает: апериодическим, критическим или колебательным.