

135 Классический метод расчёта переходных процессов

Классический метод расчёта переходных процессов

заключается в определении начального и принуждённого значения тока и напряжения, а также показателя экспонент, по которым эти токи (напряжения) переходят от начального значения к принуждённому. Порядок уравнения определяется количеством накопителей энергии (ёмкостей и индуктивностей); решение записывается в виде суммы свободных составляющих (экспонент) и принуждённой составляющей (на постоянном токе – константы). Для определения показателя экспонент дифференциальное уравнение алгебраизируют, т. е. заменяют характеристическим по определённым правилам: – переменную заменяют на единицу 1; производную на показатель p , а постоянный член на ноль, а затем находят корни характеристического уравнения.

Порядок расчёта переходных процессов классическим методом:

1 Рассчитать начальные (до коммутации) и принуждённые (после коммутации) значения токов и напряжений.

2 Составить дифференциальное уравнение; решить соответствующее характеристическое уравнение; определить корни а по ним и характер переходного процесса.

3 Записать результат в виде суммы свободной составляющей, форма которой зависит от вида корней, и принуждённой составляющей.

4 С помощью законов коммутации найти значения коэффициентов.

При составлении дифференциальных уравнений используются соотношения между мгновенными значениями тока и напряжения элементов. Для резистора $u_R = R \cdot i_R$, для идеальной индуктивности $u_L = L \cdot di_L/dt$, для идеальной ёмкости $i_C = C \cdot du_C/dt$.

Переходные процессы анализируются путем решения дифференциальных уравнений, составленных по законам Кирхгофа.

При анализе считается что:

1 коммутация происходит мгновенно;

2 математически бесконечно длительное время переходного процесса ограничивают условным пределом;

3 установившийся режим рассчитывают для $t = \infty$ (бесконечности).

Поскольку общее решение неоднородного дифференциального уравнения равно сумме частного решения неоднородного уравнения и общего решения однородного уравнения, то переходный ток равен сумме двух составляющих токов – установившегося (принуждённого) и свободного $i(t) = i_y + i_{св}$. Аналогично переходное напряжение $u(t) = u_y + u_{св}$.

Расчет токов и напряжений установившегося режима в цепи после коммутации выполняют обычными методами, которые используют при анализе цепей постоянного и переменного токов.

Следует помнить, что при действии в цепи источника постоянного напряжения в установившемся режиме ток через емкостный элемент C не течет, т. е. $i_C = 0$, поскольку сопротивление конденсатора при постоянном токе равно бесконечности. Падение напряжения на индуктивном элементе L при неизменном во времени токе равно нулю, т. е. $u_L = 0$, так как сопротивление катушки равно нулю.

При действии в цепи источника синусоидального напряжения расчет установившихся токов и напряжений можно выполнить комплексным методом.

Общее решение однородного дифференциального уравнения первого порядка дает ток (или напряжение) свободного режима: $i_{св} = Ae^{pt}$, где A – постоянная интегрирования; p – корень характеристического уравнения.

Как известно из математики, характеристическое уравнение дифференциального уравнения n -го порядка составляют при помощи алгебраизации соответствующего однородного уравнения. Например, имеем однородное дифференциальное уравнение вида

$$a_2 \frac{d^2 i}{dt^2} + a_1 \frac{di}{dt} + a_0 i = 0. \quad (18.1)$$

После замены символа дифференцирования $\frac{d}{dt}$ на символ p и сокращения правой и левой частей уравнения на i ($i \neq 0$) получаем характеристическое уравнение:

$$a_2 p^2 + a_1 p + a_0 = 0.$$

Постоянную интегрирования A находят из начальных условий, т. е. путем подстановки в решение для переходного тока $i = i_y + i_{\text{св}}$ значения времени $t = 0$ и значения тока $i(0)$ в момент коммутации:

$$i(0) = i_y(0) + A.$$

Значения токов в индуктивных элементах и напряжений на емкостных элементах в момент коммутации определяют на основании законов коммутации из схемы до коммутации.