

93 Выражение $\underline{I}$, $\underline{U}$, $\underline{Z}$, $\underline{S}$, законы Ома и Кирхгофа в комплексном виде.

Расчет разветвленных цепей при смешанном соединении элементов, а также сложных цепей синусоидального напряжения обычно осуществляется символическим методом, основанным на представлении синусоидальной функции комплексным числом. Это объясняется тем, что классический метод расчета приводит к громоздким интегрально-дифференциальным уравнениям и требует большого объема тригонометрических преобразований. Символический метод позволяет тригонометрические преобразования и геометрические операции над векторами свести к алгебраическим операциям над комплексными числами, что существенно упрощает расчет и позволяет его вести с любой степенью точности. При этом могут быть использованы все методы преобразования и анализа электрических цепей, изложенные в главе 4.

В линейных цепях синусоидального тока амплитуды токов и напряжений или их действующие значения при заданной начальной фазе определяются однозначно их комплексными амплитудами или комплексными действующими значениями. При использовании символического метода расчета необходимо все законы цепей (закон Ома, законы Кирхгофа) применять в комплексной форме. Возможности символического метода рассмотрим на примере расчета простой цепи со смешанным соединением элементов и сложной цепи.

Комплекс тока $\underline{I}$ может быть записан в алгебраической и в показательной форме (I_A – активная составляющая, I_P – реактивная, I – модуль, ψ – аргумент, начальная фаза)

$$\underline{I} = I_A \pm jI_P \Rightarrow Ie^{\pm j\psi}.$$

Комплекс напряжения $\underline{U}$ может быть записан в алгебраической и в показательной форме (U_A – активная составляющая, U_P – реактивная, U – модуль, ψ – аргумент, начальная фаза)

$$\underline{U} = U_A \pm jU_P \Rightarrow Ue^{\pm j\psi}.$$

Ток, напряжение и сопротивление связаны между собой законом Ома

$$\underline{I} = \underline{U} / \underline{Z}; \quad \underline{U} = \underline{I} \cdot \underline{Z}; \quad \underline{Z} = \underline{U} / \underline{I}.$$

Комплекс полного сопротивления цепи $\underline{Z}$ это число в алгебраической или показательной форме (R – активное, X – реактивное, Z – модуль, φ – аргумент, угол сдвига фаз между током и напряжением)

$$\underline{Z} = R \pm jX \Rightarrow Ze^{\pm j\varphi}.$$

Если цепь имеет активно-индуктивный характер, то применяется знак «+» при мнимой части алгебраической формы и при аргументе показательной формы (не указывается)

$$\underline{Z} = R + jX_L \Rightarrow Ze^{j\varphi}.$$

Если цепь имеет активно-емкостной характер, то применяется знак «-» при мнимой части алгебраической формы и при аргументе показательной формы

$$\underline{Z} = R - jX_C \Rightarrow Ze^{-j\varphi}.$$

Комплекс полной мощности $\underline{S}$ записывается в алгебраической форме (P – активная мощность, Q – реактивная мощность,)

$$\underline{S} = P \pm jQ.$$

Если цепь имеет активно-индуктивный характер, то применяется знак «+» при мнимой части)

$$\underline{S} = P + jQ_L.$$

Если цепь имеет активно-емкостной характер, то применяется знак «-» при мнимой части

$$\underline{S} = P - jQ_C.$$

Для определения комплекса полной мощности, а, следовательно, активной и реактивной мощности необходимо умножить комплекс напряжения на комплексно-сопряженный ток.

$$\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^* = P \pm jQ.$$

Комплексно-сопряженный ток $\underline{I}^*$ имеет обратный знак при j .

При использовании 1 закона Кирхгофа следует суммировать комплексы токов с учётом их направления (знака), $\sum \pm \underline{I} = 0$.

При использовании 2 закона Кирхгофа следует суммировать комплексы падений напряжений с учётом знака и приравнять их к алгебраической сумме комплексов ЭДС, $\sum \pm \underline{U} = \sum \pm \underline{E}$.