

Емкостный элемент — это идеализированный схемный элемент, позволяющий учесть протекание токов смещения и явление накопления энергии в электрическом поле реальных элементов электрической цепи. Его характеризует зависимость заряда q от напряжения U (кулон-вольтная характеристика) или емкость $C=q/U$. Графическое изображение емкостного элемента такое же, что и изображение конденсатора — рис. 3.7, а. Положительные направления отсчета U и i совпадают. Если приложенное к конденсатору напряжение U не изменяется во времени, то заряд $q=CU$ на одной его обкладке и заряд $-q$ на другой (C — емкость конденсатора) неизменны, и ток через конденсатор не проходит ($i=dq/dt=0$). Если же напряжение на конденсаторе изменяется во времени, например по синусоидальному закону (рис. 3.7, а):

$$u = U_m \sin \omega t,$$

то по синусоидальному закону будет меняться и заряд q конденсатора: $q=CU=Cu = U_m \sin \omega t$, т. е. конденсатор будет периодически перезаряжаться.

Периодическая перезарядка конденсатора сопровождается протеканием через него зарядного тока:

$$i = \frac{dq}{dt} = \omega C U_m \cos \omega t = \frac{U_m}{1/\omega C} \sin(\omega t + 90^\circ). \quad (3.19a)$$

Из сопоставления (3.19) и (3.19a) видно, что ток через конденсатор опережает по фазе напряжение на конденсаторе на 90° . Поэтому на векторной диаграмме (рис. 3.7, б) вектор I_m опережает вектор напряжения U_m на 90° . Амплитуда тока I_m равна амплитуде напряжения U_m деленной на емкостное сопротивление:

$$X_C = \frac{1}{\omega C},$$

$$I_m = U_m / X_C.$$

Емкостное сопротивление обратно пропорционально частоте. Единица емкостного сопротивления — Ом. Графики мгновенных значений u, i, p изображены на рис. 3.7, в. Мгновенная мощность

$$p = \frac{U_m I_m}{2} \sin 2\omega t.$$

За первую четверть периода конденсатор потребляет от источника питания энергию, которая идет на создание электрического поля в нем.

Во вторую четверть периода напряжение на конденсаторе уменьшается от максимума до нуля, и запасенная в электрическом поле энергия отдается источнику (мгновенная мощность отрицательна). За третью четверть периода энергия снова запасается, за четвертую отдается и т. д.

Если проинтегрировать по времени обе части равенства

$$i = C \frac{du}{dt},$$

то получим

$$u = \frac{1}{C} \int idt. \quad (3.24)$$

Равенство (3.24) позволяет определить напряжение на конденсаторе через ток по конденсатору. Ток через реальный конденсатор, пластины которого разделены твердым или жидким диэлектриком, в котором имеются тепловые потери, обусловленные вязким трением дипольных молекул и другими причинами, в расчете можно учесть по схеме (рис. 3.7, г). Результирующий ток $I=I_1+I_2$

Ток I_1 опережает U на 90° , а ток I_2 совпадает с U по фазе (рис. 3.7, (9)). Угол ϕ называют углом потерь; $\text{tg}\phi=1/Q_c$ где Q_c — добротность конденсатора, $\text{tg}\phi$ зависит от типа диэлектрика и от частоты и изменяется от нескольких секунд до нескольких градусов.