

1. Измерения модуля и фазы напряжения, тока

В лабораторных работах измерения параметров напряжения или тока осуществляется с помощью осциллографа *GDS-2062* или универсального прибора *GDM-8135*, включающего в себя вольтметр, амперметр и омметр. Вольтметр и осциллограф включаются в цепь параллельно участку цепи, на котором необходимо измерить напряжение. Амперметр включается в разрыв ветви, в которой необходимо измерить ток. Омметр подключается только к пассивной цепи к узлам, относительно которых необходимо измерить активное сопротивление. Клемма *GND* каналов осциллографа всегда должна быть подключена к общей точке на стенде (точке нулевого потенциала). Аналогичное требование к вольтметру носит рекомендательный характер, т.к. его входы электрически развязаны по цепи питания и заземлению.

В случае применения вольтметра, осциллографа, амперметра в цепях постоянного тока результатом измерения является:

- для вольтметра значение разности потенциалов между зажимами прибора, причем из потенциала, к которому подключен зажим *V* (красный провод), вычитается потенциал, к которому подключен зажим *COM* (черный провод);
- для амперметра значение тока ветви, положительным направлением принято направление от зажима *V* к зажиму *COM*;
- для осциллографа значение напряжения.

При измерении переменного напряжения или тока полярность не имеет смысла. Результатом измерения переменного напряжения/тока с помощью вольтметра/амперметра является действующее значение напряжения/тока, например для синусоидального напряжения его действующее значение (U) в $\sqrt{2}$ раз меньше амплитуды (U_m). При применении осциллографа к измерению напряжения результатом является временная зависимость напряжения от времени, по которой возможно определение формы, амплитуды напряжения и сдвига фазы относительно другого напряжения. Например, для цепи с синусоидальным источником, один канал осциллографа измеряет напряжение на произвольной ветви цепи, другой – ток в рассматриваемой ветви (посредством включенного в эту ветвь резистора или токового пробника), результаты измерения представлены на рис. 1.1, на котором совмещены кривые напряжения $u(t) = U_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$ и

тока $i(t) = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \psi\right)$ в относительном масштабе по оси абсцисс, где U_m

– амплитуда напряжения, I_m – амплитуда тока, T – период колебаний, φ – начальная фаза напряжения, ψ – начальная фаза тока, $\varphi - \psi$ – сдвиг фаз и действующие значения напряжения U и тока I (длины векторов) связаны с их амплитудой константой $\sqrt{2}$.

В электрических цепях абсолютное значение фазы напряжения или тока интереса не представляет. Однако важным параметром является разность фаз (или говорят сдвиг фаз) двух напряжений или напряжения и тока. Поэтому для определенности при измерениях переменных напряжений фазу любого напряжения или тока цепи принимают равной нулю – выбирают опорный сигнал, относительно которого измеряют все остальные сдвиги фаз. Например, если принять начальную фазу напряжения $\varphi=0$ ($\Delta t < 0$), то ток отстает от напряжения по фазе, т.е. $\psi < 0$. А если принять начальную фазу тока $\psi=0$ ($\Delta t > 0$), то напряжение опережает ток и $\varphi > 0$, что, по сути, эквивалентно предыдущему случаю. Поэтому выбор опорного сигнала на результаты измерений не влияет. Поэтому, если известно значение Δt , то разность фаз сигналов в градусах определяется формулой $\theta = \varphi - \psi = \frac{360}{T} \Delta t$.

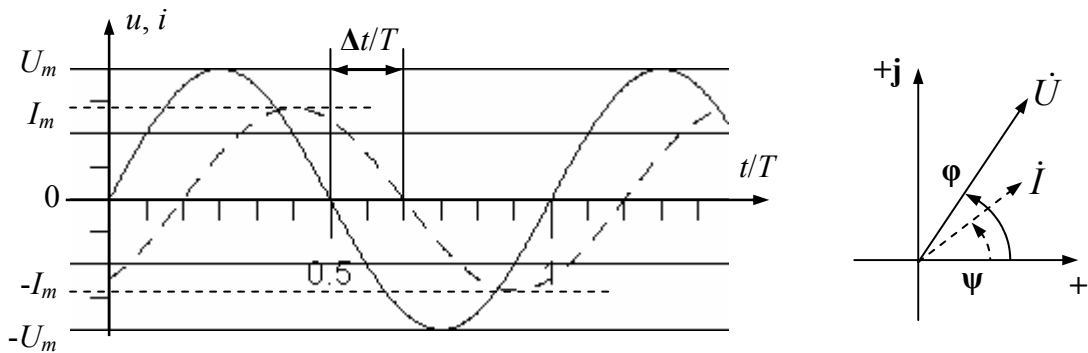


Рис. 1.1 – Представление гармонических напряжения и тока (пунктир).

Например, в абстрактной цепи рис. 1.2 измерены амплитуды напряжения на генераторе U_{1m} и напряжения на резисторе U_{Rm} , а также их сдвиг фаз Δt (допустим, что на рис. 1.1 изображены кривые, полученные с осциллографа: сплошная линия – напряжение на генераторе Γ , пунктирная – напряжение на резисторе R). Примем для определенности, что $U_{1m}=5$ В, $U_{Rm}=3.2$ В, $\Delta t=-100$ мкс (напряжение на резисторе отстает от напряжения на генераторе) и $T=600$ мкс. Тогда, с учетом измеренного сдвига фаз напряжений $\theta = \frac{-100}{600} 360^\circ$, комплексные напряжения записываются в виде:

$$\dot{U}_1 = \frac{5}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ, \quad \dot{U}_R = \frac{3.2}{\sqrt{2}} \angle -60^\circ \text{ и ток } \dot{I} = \frac{3.2}{R\sqrt{2}} \angle -60^\circ.$$

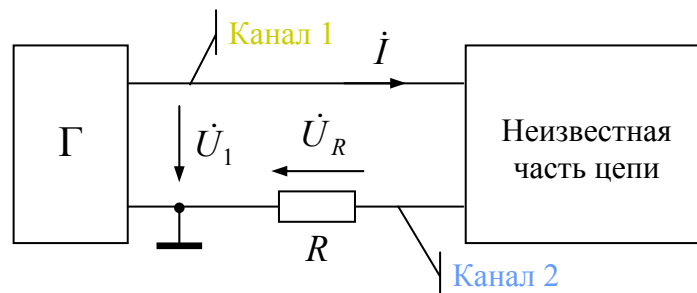


Рис. 1.2 – Пример абстрактной цепи.