

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОТЕХНИКИ

Учебно-методическое пособие

Составитель
В. И. Парфенов

Воронеж
Издательский дом ВГУ
2018

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ

В теории цепей предполагается, что каждый элемент цепи полностью характеризуется зависимостью между токами и напряжениями на его зажимах, при этом процессы, происходящие внутри этих элементов, не рассматриваются. Реальные элементы цепей заменяются их упрощенными моделями, построенными из идеализированных элементов. Используют пять основных типов идеализированных двухполюсных элементов: идеализированные резистор, конденсатор, катушка индуктивности, источник тока и источник напряжения.

Энергетические характеристики цепей.

Энергия, поступившая к участку цепи к моменту времени t_1 :

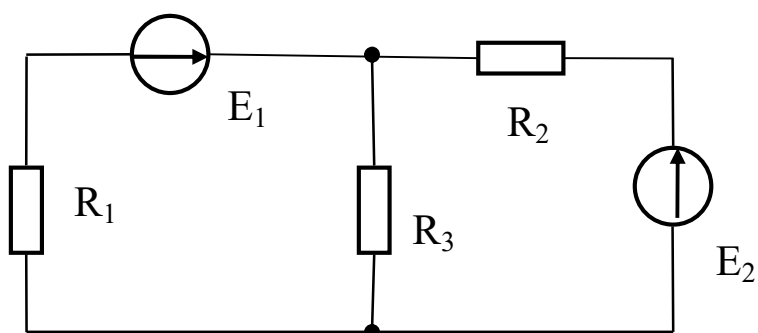
$$w(t_1) = \int_{-\infty}^{t_1} i(t)u(t)dt.$$

Если при любом времени и любых законах изменения тока и напряжения имеем $w(t) > 0$, то рассматриваемый участок цепи является потребителем энергии и называется пассивным. Если хотя бы для одного момента времени $w(t) < 0$, то участок цепи содержит источники энергии и называется активным.

Мгновенная мощность участка цепи

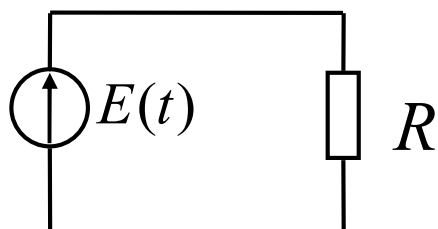
$$p(t) = \frac{dw(t)}{dt} = i(t)u(t).$$

Если в некоторый момент времени t направления тока и напряжения совпадают, то мгновенная мощность исследуемого участка цепи положительна. Это означает, что в данный момент времени участок цепи получает энергию от остальной части цепи. Если же направления напряжения и тока не совпадают, то $p(t) < 0$, следовательно, в данный момент времени участок цепи отдает энергию остальной части цепи.



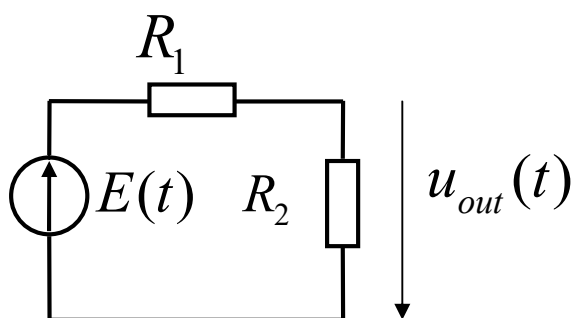
Зная значения R_1, R_2, R_3, E_1, E_2 , методом наложения найти токи в ветвях цепи.

4. Определить мгновенную мощность, расходуемую в сопротивлении R , а также мощность источника.



По знакам получившихся выражений сделать вывод о том, какой элемент является потребителем, а какой – источником энергии переменного тока.

5. Дана электрическая цепь вида



Источник напряжения формирует сложный сигнал вида

$$E(t) = \frac{100}{\pi} + 50 \sin(2\pi 50t) - 40 \cos(4\pi 50t). \text{ Используя принцип су-}$$

перпозиции, определить выходное напряжение $u_{out}(t)$.

2. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ ПРИ ГАРМОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Гармоническая функция – это функция вида

$$s(t) = A_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (2.1)$$

где A_m – амплитуда, φ_0 – начальная фаза, $\omega_0 = 2\pi f_0$ – угловая частота.

Если над гармонической функцией осуществляется линейное преобразование, то у нее могут измениться лишь амплитуда и начальная фаза, частота измениться не может.

Пусть $a(t)$ – периодическая функция с периодом T . Тогда для нее можно ввести в рассмотрение следующие величины:

1) Среднее значение за период

$$A_{cp} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} a(t) dt.$$

Так как A_{cp} не зависит от t_0 , то обычно полагают $t_0 = 0$. Для гармонической функции (2.1) $A_{cp} = 0$.

2) Средневыпрямленное значение

$$A_{CP_B} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} |a(t)| dt.$$

Если $a(t)$ – гармоническая функция (2.1), то $A_{CP_B} = \frac{2}{\pi} A_m \approx 0.637 A_m$.

3) Действующее значение

$$A = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} a^2(t) dt}.$$

Для гармонической функции (2.1) $A = \frac{A_m}{\sqrt{2}} \approx 0.707 A_m$.

Для гармонической функции (2.1) можно ввести в рассмотрение также понятие комплексной амплитуды

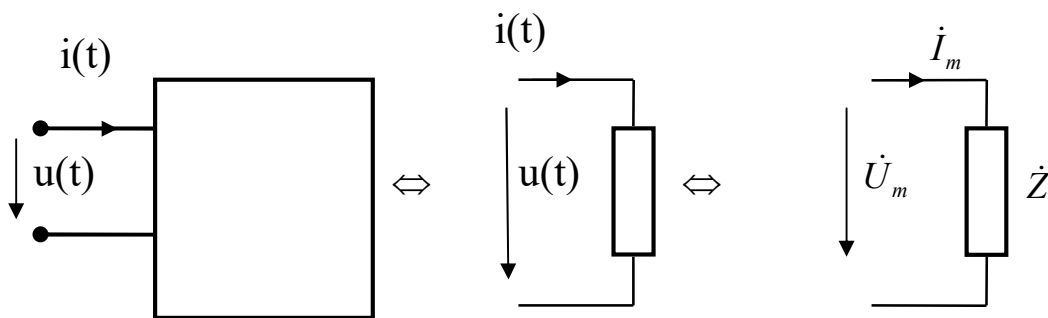
$$\dot{A}_m = A_m \exp(j\varphi_0). \quad (2.2)$$

Тогда $s(t) = \operatorname{Re}\{\dot{A}_m \exp(j\omega_0 t)\}$.

Под записью вида $s(t) \Leftrightarrow \dot{A}_m$ будем подразумевать, что гармоническому сигналу $s(t)$ (2.1) соответствует его комплексная амплитуда \dot{A}_m (2.2). Тогда справедливы следующие утверждения:

- 1) Если $s_1(t) \Leftrightarrow \dot{A}_{m1}, \dots, s_N(t) \Leftrightarrow \dot{A}_{mN}$, то $\sum_{i=1}^N \alpha_i s_i(t) \Leftrightarrow \sum_{i=1}^N \alpha_i \dot{A}_{mi}$.
- 2) $\frac{d}{dt} s(t) \Leftrightarrow j\omega \dot{A}_m$.
- 3) $\int s(t) dt \Leftrightarrow \frac{1}{j\omega} \dot{A}_m$.

Рассмотрим двухполюсный элемент, не содержащий источника энергии



Под комплексным входным сопротивлением (комплексным сопротивлением) \dot{Z} некоторого участка цепи будем понимать отношение комплексных амплитуд напряжения и тока:

$$\dot{Z} = \dot{U}_m / \dot{I}_m.$$

Под полным входным сопротивлением понимается модуль комплексного сопротивления $|\dot{Z}|$. Если $\dot{Z} = r + jx$, где r – резистивная (активная), а x – реактивная составляющие, то $|\dot{Z}| = \sqrt{r^2 + x^2}$.

Запишем комплексные амплитуды тока и напряжения в виде, аналогичном (2.2): $\dot{I}_m = I_m \exp(j\varphi_I)$, $\dot{U}_m = U_m \exp(j\varphi_U)$, тогда $\dot{Z} = \frac{U_m}{I_m} \exp(j(\varphi_U - \varphi_I))$, $|\dot{Z}| = \frac{U_m}{I_m}$, причем, если $\varphi_U - \varphi_I > 0$, то напряжение опережает ток по фазе, а при $\varphi_U - \varphi_I < 0$, наоборот, ток опережает напряжение.

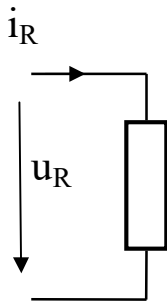
ЗАДАЧИ.

1. Записать выражение для гармонического сигнала, если его частота равна 1000 Гц, а комплексная амплитуда равна $0.7 \exp(j\pi/8)$.
2. Пусть $a(t)$ – периодическая последовательность прямоугольных видеоимпульсов с периодом T . Что больше: среднее значение за период для гармонического сигнала или для такой последовательности? Какой вид должна иметь последовательность, состоящая из прямоугольных импульсов, чтобы ее среднее значение за период совпало со средним значением для гармонического сигнала?
3. С помощью метода векторных диаграмм определить амплитуду и начальную фазу гармонического сигнала, полученного в результате суммирования двух гармонических сигналов (с одинаковой частотой) с амплитудами 2 и 3 В и начальными фазами 0 и $\pi/4$ соответственно.

4. Пусть входной $x(t)$ и выходной гармонические сигналы некоторой линейной цепи связаны соотношением $y(t) = 5 \frac{dx(t)}{dt} + x(t - 10^{-3})$. Пусть частота ω_0 , амплитуда A_{mx} и фаза φ_x входного сигнала известны. Найти аналогичные параметры для выходного сигнала.
5. Ток и напряжение на двухполюсном элементе выглядят следующим образом: $i(t) = 10^{-2} \cos(2\pi 10^4 t + \pi/3)$ А, $u(t) = 1.5 \cos(2\pi 10^4 t - \pi/3)$ В. Найти комплексное входное сопротивление, полное входное сопротивление этого элемента и определить, ток опережает напряжение или наоборот и насколько.

3. ИДЕАЛИЗИРОВАННЫЕ ПАССИВНЫЕ И АКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

1. Идеализированный резистивный элемент.



Статическое сопротивление $R_{CT} = u_R / i_R$.

Дифференциальное сопротивление $R_{DIF} = du_R / di_R$.

Они зависят, в общем случае, от положения рабочей точки на вольтамперной характеристике (ВАХ) этого элемента (т. е. от выбора пары значений (напряжения и тока) на ВАХ, при которых производится определение R_{CT} и R_{DIF}). Для линейных цепей с постоянными параметрами ВАХ – линейная