



ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Определение зависимости амплитуды и фазы общего сопротивления от частоты для последовательной цепи.
- Определение зависимости амплитуды и фазы общего сопротивления от частоты для параллельной цепи.

ЦЕЛЬ ОПЫТА

Определение сопротивления цепи переменного тока с индуктивной и резистивной нагрузками

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

В цепях переменного тока необходимо учитывать не только омическое сопротивление, но и сопротивление, обусловленное индуктивными нагрузками. Эти два вида нагрузок могут быть подключены последовательно или параллельно. Это оказывает влияние и на амплитуды, и на фазы тока и напряжения. В данном опыте это влияние будет исследовано с помощью осциллографа и генератора сигналов различной формы, который подает переменный ток с частотами в диапазоне от 50 до 10000 Гц.

НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Кол-во	Наименование	№ по каталогу
1	Плата с гнездами для установки элементов схем	U33250
1	Резистор 1 Ом, 2 Вт, P2W19	U333011
1	Резистор 100 Ом, 2 Вт, P2W19	U333018
1	Генератор сигналов различной формы FG 100 (230 В, 50/60 Гц)	U8533600-230 или
	Генератор сигналов различной формы FG 100 (115 В, 50/60 Гц)	U8533600-115
1	USB-осциллограф 2x50 МГц	U112491
1	Высокочастотный соединительный шнур, байонетный разъем/4-мм штекер	U11257
1	Набор из 15 соединительных проводов для опытов длиной 75 и сечением 1 мм ²	U13800
1	Катушка модели S на 600 витков	U8498070
2	Катушка модели S на 1200 витков	U8498085

2

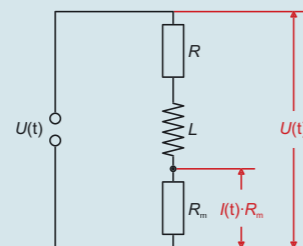


Рис. 1: Установка для измерений последовательной цепи

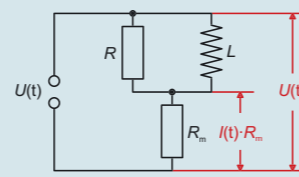


Рис. 2: Установка для измерений параллельной цепи

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

В цепях переменного тока принято использовать комплексные числа для описания сопротивлений в цепях, содержащих индуктивности, поскольку это существенно облегчает расчеты. Это обусловлено тем, что значимым фактором является не только амплитуда тока и напряжения, но и фазовые соотношения между ними, которые также необходимо учитывать (комплексное сопротивление обычно называют импедансом). Тогда последовательные и параллельные цепи с омическими и индуктивными сопротивлениями можно описывать довольно легко, хотя в каждом случае измеряемой является только вещественная составляющая.

Комплексное сопротивление (импеданс) катушки с индуктивностью L в цепи переменного тока с частотой f записывается следующим образом:

$$(1) \quad X_L = i \cdot 2\pi \cdot f \cdot L$$

$$\text{Угловая частота} \quad \omega = 2\pi \cdot f$$

огда полное сопротивление (импеданс) последовательной цепи, содержащей катушку и сопротивление R , составляет

$$(2) \quad Z_s = i \cdot 2\pi \cdot f \cdot L + R$$

В случае параллельной цепи общее сопротивление можно записать следующим образом:

$$(3) \quad Z_p = \frac{1}{\frac{1}{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot L} + \frac{1}{R}}$$

Обычно это записывают так:

$$(4) \quad Z = Z_0 \cdot \exp(i \cdot \varphi)$$

Тогда

$$(5) \quad Z_s = \sqrt{(2\pi \cdot f \cdot L)^2 + R^2} \cdot \exp(i \cdot \varphi_s)$$

$$\text{где} \quad \tan \varphi_s = \frac{2\pi \cdot f \cdot L}{R}$$

и

$$(6) \quad Z_p = \frac{2\pi \cdot f \cdot L \cdot R}{\sqrt{(2\pi \cdot f \cdot L)^2 + R^2}} \cdot \exp(i \cdot \varphi_p)$$

где

$$\tan \varphi_p = \frac{R}{2\pi \cdot f \cdot L}$$

В этом опыте генератор сигналов различной формы подает напряжение переменного тока частоты f , которая регулируется в диапазоне от 50 до 10000 Гц. Напряжение U и ток I выводятся на экран осциллографа, где ток I отображается в виде падения напряжения на малом вспомогательном резисторе. Это позволяет получить вещественные составляющие напряжения на соответствующем сопротивлении Z .

$$(7) \quad U = U_0 \cdot \exp(i \cdot 2\pi \cdot f \cdot t)$$

В результате получаем следующий ток:

$$(8) \quad I = \frac{U_0}{Z_0} \cdot \exp(i \cdot (2\pi \cdot f \cdot t - \varphi)) \\ = I_0 \cdot \exp(i \cdot (2\pi \cdot f \cdot t - \varphi))$$

Амплитуды I_0 и U_0 , а также фазовый сдвиг φ можно снять с этой осциллограммы.

ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Величина общего сопротивления $Z_0 = \frac{U_0}{I_0}$ отображается в виде зависимости от частоты f индуктивного сопротивления $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$. Если индуктивное сопротивление велико, сопротивление последовательной цепи будет иметь значение индуктивного сопротивления, а параллельная цепь будет иметь сопротивление, равное омическому сопротивлению. Фазовый сдвиг находится в диапазоне между 0° и 90° и равен 45° , если значения омического и индуктивного сопротивлений одинаковы.

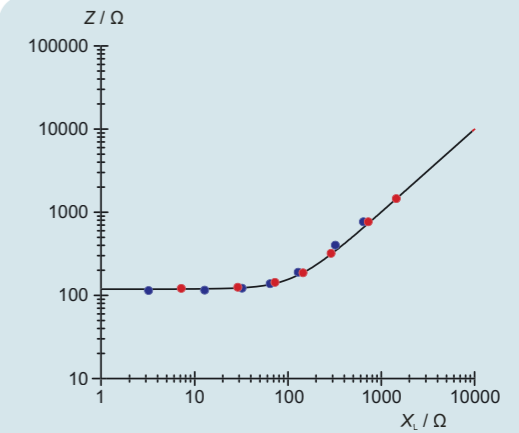


Рис. 3: Общее сопротивление последовательной цепи

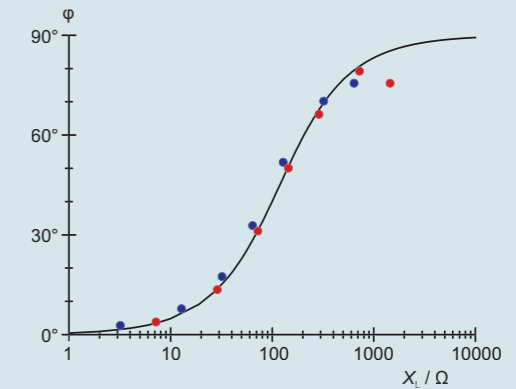


Рис. 4: Фазовый сдвиг для последовательной цепи

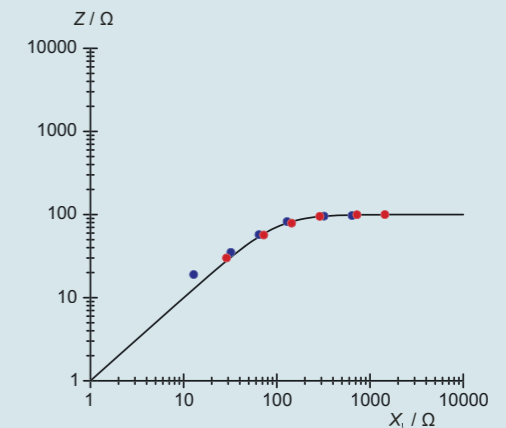


Рис. 5: Общее сопротивление параллельной цепи

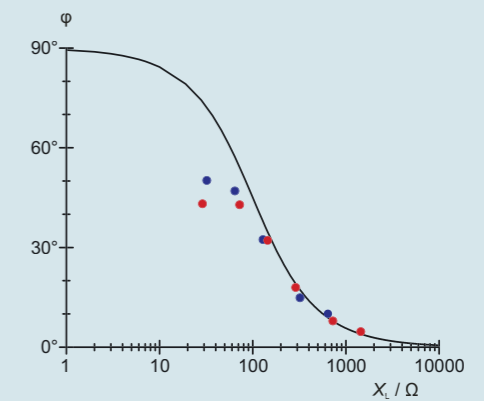


Рис. 6: Фазовый сдвиг для параллельной цепи