

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Определение зависимости полных сопротивлений последовательного и параллельного соединений емкостных и индуктивных реактивных сопротивлений от частоты.
- Определение зависимости резонансной частоты от индуктивности и емкости.
- Наблюдение изменений фазового сдвига между напряжением и током на резонансной частоте.

ЦЕЛЬ ОПЫТА

Определение импеданса в цепи, имеющей индуктивную и емкостную реактивность

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Цепи переменного тока с индуктивными и емкостными реактивными сопротивлениями имеют резонанс. На резонансной частоте полное сопротивление (импеданс) последовательного соединения индуктивной и емкостной реактивности равно нулю, тогда как полное сопротивление их параллельного соединения бесконечно. В этом опыте указанное явление исследуется с помощью осциллографа и генератора сигналов различной формы, который подает напряжения с частотой в диапазоне от 50 Гц до 20 000 Гц.

НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Кол-во	Наименование	№ по каталогу
1	Плата с гнездами для установки элементов схем	U33250
1	Конденсатор 1 мкФ, 100 В, P2W19	U333063
1	Конденсатор 4,7 мкФ, 63 В, P2W19	U333054
1	Катушка модели S на 600 витков	U8498070
1	Катушка модели S на 1200 витков	U8498085
1	Резистор 10 Ом, 10 Вт, P2W19	U333013
1	Генератор сигналов различной формы FG 100 (230 В, 50/60 Гц)	U8533600-230 или
1	Генератор сигналов различной формы FG 100 (115 В, 50/60 Гц)	U8533600-115
1	USB-осциллограф 2x50 МГц	U112491
2	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

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

По мере увеличения частоты переменного тока индуктивная реактивность также возрастает, а емкостная реактивность уменьшается. Поэтому последовательные и параллельные соединения индуктивных и емкостных реактивных сопротивлений имеют резонанс. В таких случаях говорят о резонансном контуре, ток и напряжение в котором колеблются между емкостью и индуктивностью. Дополнительный омический резистор вызывает затухание этих колебаний.

2

ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Для каждой частоты f , фазовый сдвиг ϕ , а также амплитуды I_0 и U_0 снимаются с осциллографа. Эти показания используются для расчета

общего импеданса $Z_0 = \frac{U_0}{I_0}$.

Для упрощения расчетов последовательных и параллельных соединений индуктивности L выражают следующим комплексным реактивным сопротивлением:

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

f : частота переменного тока

А емкости C выражают следующим комплексным реактивным сопротивлением:

$$(2) \quad X_C = \frac{1}{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot C}$$

Тогда общий импеданс последовательного соединения без омического сопротивления составляет:

$$(3) \quad Z_s = i \cdot \left(2\pi \cdot f \cdot L - \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \right),$$

Соответствующий расчет для параллельного соединения дает:

$$(4) \quad \frac{1}{Z_p} = -i \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L} - 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \right)$$

Поэтому на резонансной частоте

$$(5) \quad f_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

импеданс Z_s последовательной цепи, состоящей из индуктивных и емкостных реактивных сопротивлений, исчезает, т.е. напряжения на этих отдельных реактивных сопротивлениях равны и находятся в противофазе. Значение импеданса Z_p параллельного соединения, напротив, становится бесконечным, т.е. токи отдельных элементов равны и находятся в противофазе. Кроме того, на резонансной частоте знак фазового сдвига между напряжением и током меняется.

В этом опыте резонансные контуры создаются как последовательные / параллельные соединения конденсаторов и индуктивностей. Генератор сигналов различной формы служит в качестве источника напряжения с регулируемой частотой и амплитудой. Для измерения зависимости тока и напряжения от установленной частоты используется осциллограф. Напряжение U и ток I выводятся на экран осциллографа; I соответствует падению напряжения на малом нагрузочном резисторе.

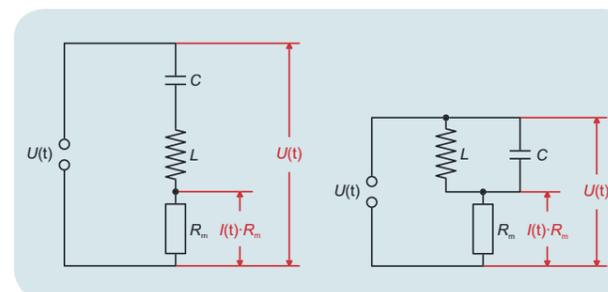


Рис. 1: Установка для измерения последовательного соединения

Рис. 2: Установка для измерения параллельного соединения

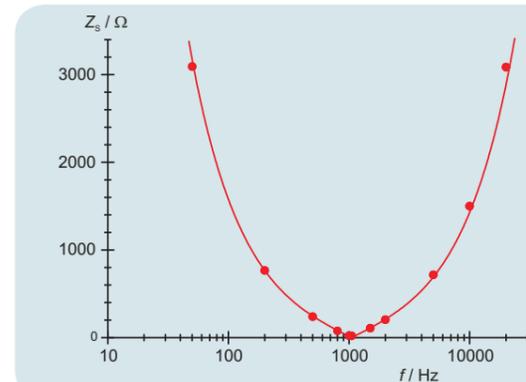


Рис. 3: Зависимость импеданса последовательного соединения от частоты

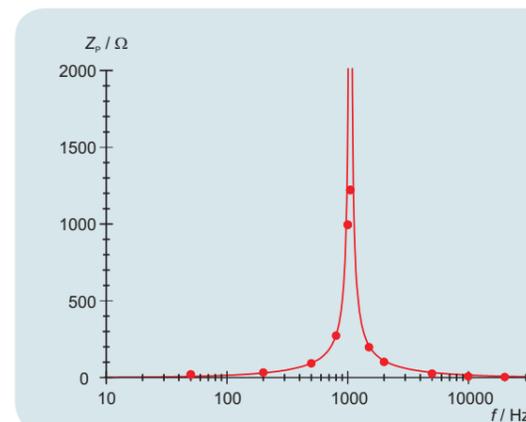


Рис. 4: Зависимость импеданса параллельного соединения от частоты

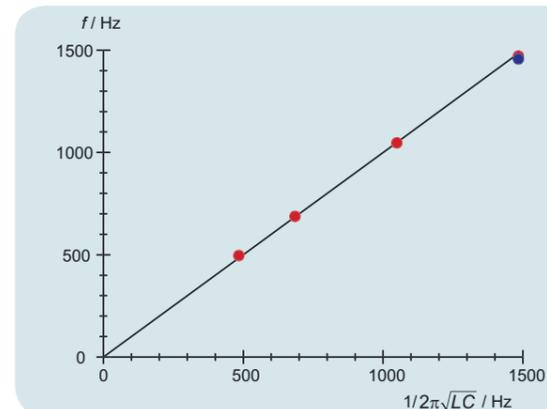


Рис. 5: Сравнение измеренной и рассчитанной резонансных частот для последовательного соединения (красный график) и параллельного соединения (синий график)