

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Определение зависимости амплитуды и фазы емкостного полного входного сопротивления от емкости.
- Определение зависимости амплитуды и фазы емкостного полного входного сопротивления от частоты.

ЦЕЛЬ ОПЫТА

Определение зависимости полного входного сопротивления конденсатора от емкости и частоты

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Любое изменение напряжения на конденсаторе вызывает протекание тока через него. Если на конденсатор подано напряжение переменного тока, в нем протекает переменный ток, который сдвинут по фазе относительно напряжения. В этом опыте генератор сигналов различной частоты подает переменное напряжение с частотой до 3 кГц. Двухканальный осциллограф используется для записи напряжения и тока, позволяя определить их амплитуду и фазу. Ток через конденсатор определяется падением напряжения на резисторе, номинал которого пренебрежимо мал по сравнению с полным входным сопротивлением самого конденсатора.

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 10 Ом, 2 Вт, P2W19	U333012
3	Конденсатор 1 мкФ, 100 В, P2W19	U333063
1	Конденсатор 0,1 мкФ, 100 В, P2W19	U333061
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
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

2

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Любое изменение напряжения на конденсаторе вызывает протекание тока через него. Если на конденсатор подано напряжение переменного тока, в нем протекает переменный ток, который сдвинут по фазе относительно напряжения. Математически эту взаимосвязь проще всего выразить, если представить ток, напряжение и входное сопротивление в виде комплексных величин; при этом нужно рассматривать их вещественные составляющие.

Из уравнения конденсатора напрямую получаем следующее:

$$(1) \quad I = C \cdot \frac{dU}{dt}$$

I : ток, U : напряжение, C : емкость

Предположим, подано следующее напряжение:

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

Оно вызывает протекание тока:

$$(3) \quad I = i \cdot \omega \cdot C \cdot U_0 \cdot \exp(i \cdot 2\pi \cdot f \cdot t)$$

Тогда конденсатор C имеет комплексное полное входное сопротивление

$$(4) \quad X_c = \frac{U}{I} = \frac{1}{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot C}$$

Вещественную часть его можно измерить, и тогда

$$(5a) \quad U = U_0 \cdot \cos \omega t$$

$$(6a) \quad I = 2\pi \cdot f \cdot C \cdot U_0 \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \\ = I_0 \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

$$(7a) \quad X_c = \frac{U_0}{I_0} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

В этом опыте генератор сигналов различной частоты подает переменное напряжение с частотой до 3 кГц. Двухканальный осциллограф используется для записи напряжения и тока, позволяя определить их амплитуду и фазу. Ток через конденсатор связан с падением напряжения на резисторе, номинал которого пренебрежимо мал по сравнению с полным входным сопротивлением самого конденсатора.

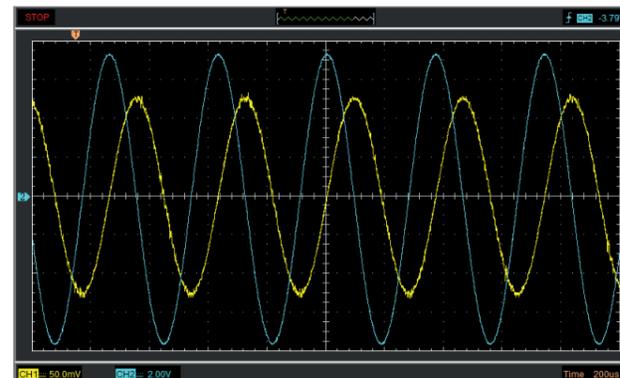


Рис. 1: Конденсатор в цепи переменного тока: осциллограмма напряжения и тока

ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Емкостное полное входное сопротивление X_c обратно пропорционально частоте f и обратно пропорционально емкости C . Поэтому на соответствующем графике результаты измерения оказываются лежащими на прямой, проходящей через начало координат, в пределах погрешности измерения.

Сдвиг тока по фазе составляет 90° вперед относительно напряжения, так как ток зарядки (знак «плюс») и ток разрядки (знак «минус») достигают своих максимумов, когда напряжение проходит через нулевое значение.

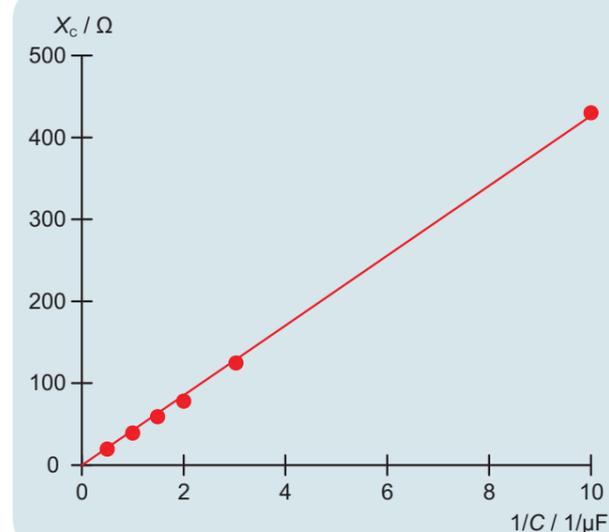


Рис. 2: Зависимость емкостного полного входного сопротивления X_c от величины, обратной емкости C

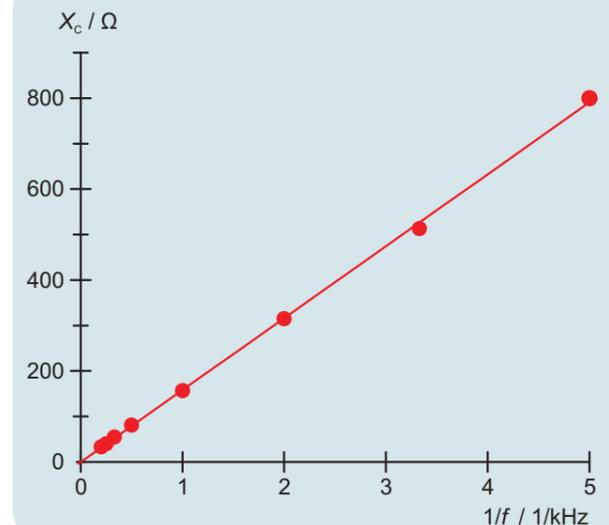


Рис. 3: Зависимость емкостного полного входного сопротивления X_c от величины, обратной частоте f