

В окне Simulation Settings устанавливаются тип анализа AC Sweep/Noise со следующими параметрами:

1. шаг по частоте (Linear) – линейный;
2. число точек (Total Points) – 50;
3. начальную частоту анализа (Start Frequency) – 50k;
4. конечную частоту анализа (End Frequency) – 120k.

После этого предлагается запустить анализ AC Sweep/Noise и в открывшемся окне программы PROBE получить графики зависимостей R , X_L , X_C и Z от частоты. При этом необходимо обратить внимание студентов на то, что с увеличением частоты реактивное сопротивление на емкости X_C уменьшается, а на индуктивности X_L возрастает, и на некоторой частоте они становятся равными. Зависимость реактивных сопротивлений от частоты описывается уравнениями $X_L = \omega L$ и $X_C = \frac{1}{\omega C}$, где ω – угловая частота, а общее сопротивление – уравнением $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$. При равенстве двух реактивных сопротивлений $X_L = X_C$ общее сопротивление $Z = R$ согласно выше указанной формуле. В результате в окне PROBE должны получиться графики зависимости, изображенные на рисунке 2.

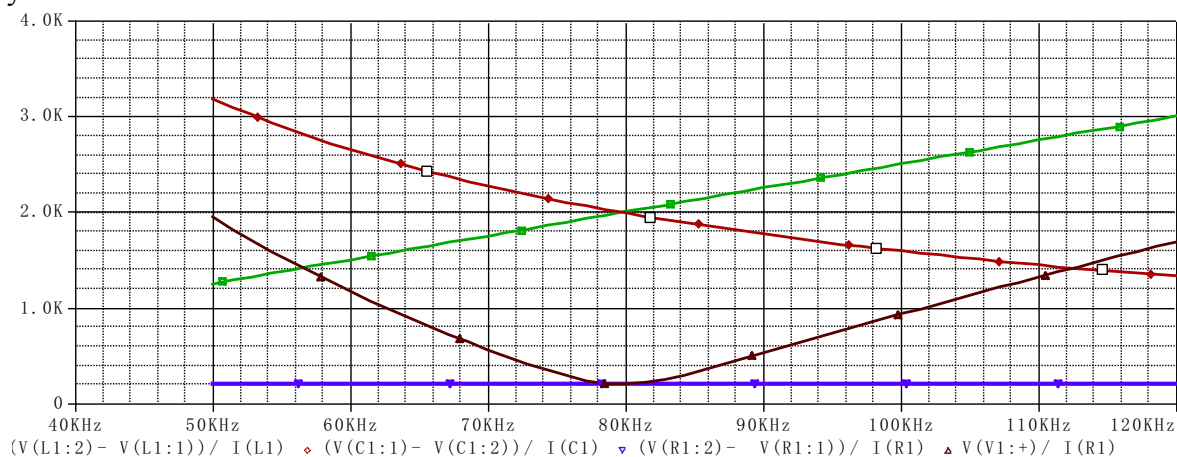


Рисунок 2 – Графики зависимостей сопротивлений R , X_L , X_C и Z от частоты

По полученным графикам определяются X_C , X_L и Z на частоте $f_1 = 50$ кГц, $f_2 = 80$ кГц и $f_3 = 100$ кГц. Полученные экспериментальные значения студенты заносят в таблицу 1 и сравнивают экспериментальные значения сопротивлений с их расчетными значениями, произведенными по вышеуказанным формулам.

В новой системе координат студенты получают зависимость тока I_m исследуемой схемы от частоты (рисунок 3). По этому графику определяются значения тока на частотах $f_1 = 50$ кГц, $f_2 = 80$ кГц и $f_3 = 100$ кГц. Полученные экспериментальные значения также заносятся в таблицу 1.

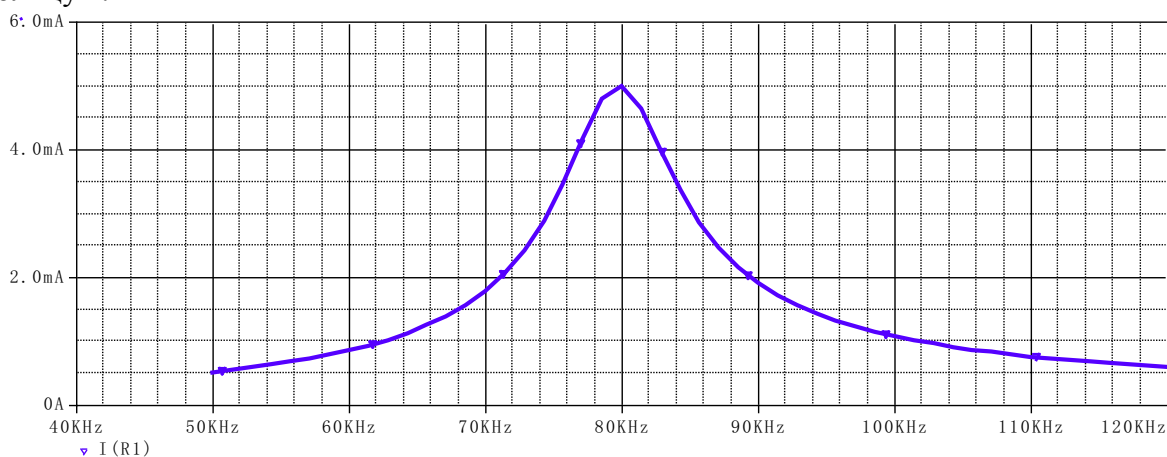


Рисунок 3 – График зависимости тока I_m от частоты

Экспериментальные значения тока сравниваются с расчетными значениями, полученными по закону Ома.

Воспользовавшись стандартной функцией $P(x)$ – фаза комплексной переменной x в (градусах), имеющейся в программе, в новой системе координат студенты получают график зависимости угла фазового сдвига напряжения $V1$ на выходе источника напряжения относительно тока I (рисунок 4).

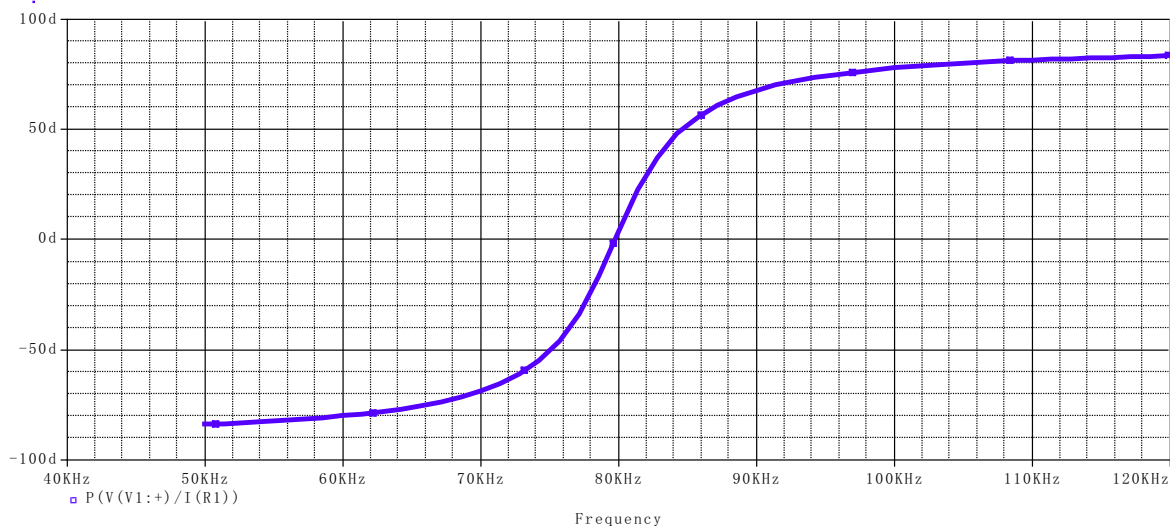


Рисунок 4 – График зависимости угла сдвига фаз φ от частоты

По полученному графику определяются значения значения угла сдвига фаз φ на частотах $f_1 = 50$ кГц, $f_2 = 80$ кГц и $f_3 = 100$ кГц. Полученные экспериментальные значения также заносятся в таблицу 1.

Необходимо обратить внимание студентов на следующее:

1. На частоте $0 < f < f_2 = 80$ кГц $X_C > X_L$, нагрузка имеет активно-емкостной характер и угол φ фазового сдвига входного тока двухполюсника относительно его входного напряжения отрицателен.

2. На частоте $f_2 < f$ $X_C < X_L$, нагрузка имеет активно-индуктивный характер и угол φ фазового сдвига входного тока двухполюсника относительно его входного напряжения больше нуля.

Таким образом, лабораторная работа с моделированием последовательного соединения сопротивления, емкости и индуктивности при разном значении частоты синусоидального напряжения даёт возможность студентам более глубоко разобраться в изучаемой теме. Работа прошла апробирование на кафедре энергоэффективных технологий МГЭИ БГУ и показала эффективность в усвоении материала.

Список литературы

1. Дерюшев А.А. Применение САПР Orcad для расчета и проектирования электрических схем / А.А. Дерюшев, И.Л. Свито, В.Б. Беляков. – Минск: БГУИР, 2006.– 66 с.
2. Гусев Б.В. Моделирование электронных схем в OrCAD / Б.В. Гусев, Е.В.Лагунов. – Екатеринбург: УрФУ, 2016.– 48 с.