

A1 ^{7.00} Определите параметры схемы ($L_1, L_2, C_1, C_2, R_2, r$).

Импедансы катушки с индуктивностью L , резистора с сопротивлением R и конденсатора с ёмкостью C в цепи переменного тока с циклической частотой ω равны:

$$Z_L = i\omega L \quad Z_R = R \quad Z_C = -\frac{i}{\omega C}$$

где i - мнимая единица.

Пусть $U_0 = 1$ В - амплитуда напряжения между клеммами AB . Тогда при нулевой циклической частоте силы тока через конденсаторы и резистор R_1 равны нулю, а напряжение на индуктивности L_1 не падает. Отсюда:

$$R_2 = \frac{U_0}{I_0}$$

где I_0 - сила тока в цепи при $\omega = 0$. Измерим её:

$$I_0 = 1,78 \text{ мА}$$

Находим:

Ответ:

$$R_2 = 560 \text{ Ом}$$

Найдём индуктивность катушки L_1 . Обратим внимание, что при низких значениях ω можно пренебречь падением напряжения на резисторе R_1 , если выбрать его значение малым, а также силой тока через конденсаторы, поскольку их импедансы очень велики. Также индуктивность катушки является малой, в связи с чем можно получить приближённую формулу для зависимости $|U_{CD}|(\omega)$:

$$|U_{CD}| = \omega L_1 I$$

Изменяя частоту, получим экспериментальную зависимость $|U_{CD}|(\omega)$. Построим её график, и, проводя касательную к нему в нуле, находим:

Ответ:

$$L_1 = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

Найдём условие балансировки моста:

$$Z_{R_1} Z_{R_2} = Z_{L_1} Z_{C_1}$$

Подставляя импедансы:

$$R_1 R_2 = i\omega L_1 \cdot \frac{-i}{\omega C_1} = \frac{L_1}{C_1}$$

Как видно из полученного выражения, условие балансировки моста не зависит от циклической частоты ω . Подберём соответствующее этому значение R'_1 и проверим балансировку при нескольких частотах. Имеем:

$$R'_1 = 1 \text{ кОм}$$

откуда:

Ответ:

$$C_1 = 9,3 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}$$

Обратим внимание, что при фиксированных значениях R_1 напряжение U_{CD} достигает минимума при циклической частоте ω_1 , равной:

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}} = 13,60 \text{ кГц}$$

Выставим очень большое значение $R_1 \rightarrow \infty$. Тогда силой текущего через него тока можно пренебречь, что приводит к образованию в цепи колебательного контура, состоящего из резистора r , катушки с индуктивностью L_2 и последовательно соединённых конденсаторов с ёмкостями C_1 и C_2 .

Для резонансной частоты в таком контуре имеем:

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C'}} = \sqrt{\frac{1}{L_2 C_2} \left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right)} = 16,58 \text{ Гц}$$

Решая полученную систему уравнений, найдём:

Ответ:

$$C_2 = C_1 \left(\frac{\omega_2^2}{\omega_1^2} - 1 \right) = 4,5 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}$$

Ответ:

$$L_2 = \frac{1}{C_1(\omega_2^2 - \omega_1^2)} = 0,12 \text{ Гн}$$

Вновь выставим в цепи частоту ω_1 . Построим резонансную кривую для близких частот.

Определить величину r можно из ширины резонансной кривой $\Delta\omega_1$:

$$\frac{\omega_1}{\Delta\omega_1} = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}$$

Измерим ширину резонансной кривой:

$$\Delta\omega_1 = 117 \text{ Гц}$$

откуда:

Ответ:

$$r = \frac{\Delta\omega_1}{\omega_1} \sqrt{\frac{L_2}{C_2}} = 14 \text{ Ом}$$