

Московский физико-технический университет
Физтех-школа радиотехники и компьютерных
технологий

Лабораторная работа № 16

Шумы в электронных схемах

Работу выполнили:
Тяжкороб Ульяна
Шурыгин Антон
Широкова Ксения
Б01-909

г. Долгопрудный
2020

1 Задание №1. Система с индуктивной связью.

1.1 Пункт

Открываем модель, знакомимся со схемой, осознаем состав подготовленных графиков для режима AC .

1.2 Пункт

Оставляем плот 2 графиков частотных характеристик.

Варьируем параметры контуров:

$$R_{1(2)} = [100k, 900k | 200k], C_{1(2)}[159.2p, 165p | 1p], C_{1(2)}[159.2p, 165p | -1p]$$

1.3 Пункт

Изучим поведение резонансных кривых и фазовых характеристик при $F = [0.2, 1|0.2]$ и $F = [1, 5|1]$. Измерим границы диапазонов изменения фаз на первом и втором контурах:

на первом контуре – от -77.010° до 75.155° , на втором контуре – от -238.454° до 60.139° ,

а также разность фаз между напряжениями на контурах на частоте f_0 : 93.711°.

Измерив уровни $u_1(f_0)$, $u_2(f_0)$ при $F = 0.5; 1; 2$, проверим формулы

$$u_1(f_0) = \frac{1}{1 + F^2}, \quad u_2(f_0) = \frac{F}{1 + F^2} \quad (1)$$

\implies формула (1) выполняется.

1.4 Пункт

Измерим значения F , при которых возникает: а) провал на первом контуре: $F = 0.6$, б) провал на втором контуре: $F = 1.1$, в) подъём на фазовой характеристике первого контура: $F = 1.1$.

Измерив частоты пересечения нуля фазовой характеристикой u_1 при $F = 5$ ($\nu = 976.121k, 1.001M, 1.025M$) и при $F = 10$ ($\nu = 953.430k, 1.005M, 1.054M$), проверим приближённые ($f_0 \pm FF_0$) и уточнённые ($f_0\sqrt{1 \pm \frac{F}{Q}}$).

1.5 Пункт

Оставим только плот 1. При критической связи измерим ширину полосы по уровню -3dB эталонного контура ($\Delta f = 10.273k$) и ширину полосы по уровню -9dB резонансной кривой на втором контуре ($\Delta f = 14.279k$). Убедимся, что их отношение составляет $\sqrt{2}$.

Измерим уровни затухания критической кривой при сдвигах по частоте на декаду F_0 , то есть на $\pm 10F_0 = \pm 50k$ (затухание $-34\frac{dB}{дек_{F_0}}$). Варьируя сопротивление потерь эталонного контура $R = [60k, 80k|5k]$, выясним, что при добротности $Q = 68.6$ ($R=70k$, $\Delta f = 14.557k$) его полоса сравнивается с полосой двухконтурной системы. Измерим затухание, вносимое эталонным контуром с этой добротностью при расстройках на декаду F_0 (затухание $-16.7\frac{dB}{дек_{F_0}}$). Оценим выигрыш двухконтурной системы по затуханию: выигрыш $\simeq 2$ раза.

1.6 Пункт

Изучим поведение резонансных кривых при $F=[0.5, 1|0.1]$. Найдём значение $F=[0.65, 0.75|0.05]$, при котором полоса двухконтурной системы по критическому уровню -9dB сравнивается с полосой $10k$ эталонного контура: $F = 0.75$. При этом значении F оценим выигрыш по затуханию при расстройке на декаду F_0 двухконтурной системы по сравнению с эталоном: у эталона $-19.75\frac{dB}{дек_{F_0}}$, у двухконтурной системы $-36.45\frac{dB}{дек_{F_0}} \Rightarrow$ выигрыш $\simeq 2$ раза.

1.7 Пункт

Измерим значение F из диапазона $F = [2.2, 2.6|0.1]$, при котором полоса двухконтурной системы по критическому уровню -9dB сравнивается с полосой $10k$ эталонного контура. ($F = 0.75$). При этом значении F измерим ширину полосы $\Delta\omega$ двухконтурной системы по уровню -9dB ($\Delta\omega = 30.532k$) и уровни затухания при расстройках на декаду F_0 (у эталона $-23\frac{db}{дек}$, у двухконтурной системы $-19.833\frac{dB}{дек}$). Варьированием сопротивления эталонного контура R добьёмся совпадения его полосы с полосой двухконтурной системы и измерим уровни затухания, вносимого контуром ($-18.278\frac{dB}{дек}$).

1.8 Пункт

При критической связи $F = 1$ измерим затухания на втором контуре при расстройках на декаду f_0 . Изучим зависимость уровней затухания от

$F = [1, 5.5|1.5]$. Занесём результаты в таблицу 2.

1.9 Пункт

Снимаем зависимость пиковых значений вещественной и мнимой частей вносимой проводимости при двух различных варьированиях.

Проверяем формулу $Re(Y) = \frac{F^2}{Q\rho}$.

1.10 Пункт

В режиме Transient проанализировать переходные характеристики до напряжений на первом и втором контурах при $F = 1$.

Варьируем $F[0.1, 0.1|1]$.

Варьируем $F[2, 2|1]$

Варьируем $F[4, 4|1]$

Варьируем $F[8, 8|1]$

Все расчеты, проверки приведены на скриншотах в данном пункте.

1.11 Пункт

Установив диапазон моделирования $[2Meg, 600k]$, исследуем частотные и фазовые характеристики при сильной связи.

Измерим частоты f_{\pm} пиков при $F = 50$: $f_+ = 1.414M$, $f_- = 816.23k$.

Проверяем формулу: $f_{\pm} = \frac{f_0}{\sqrt{1 \pm k}}$

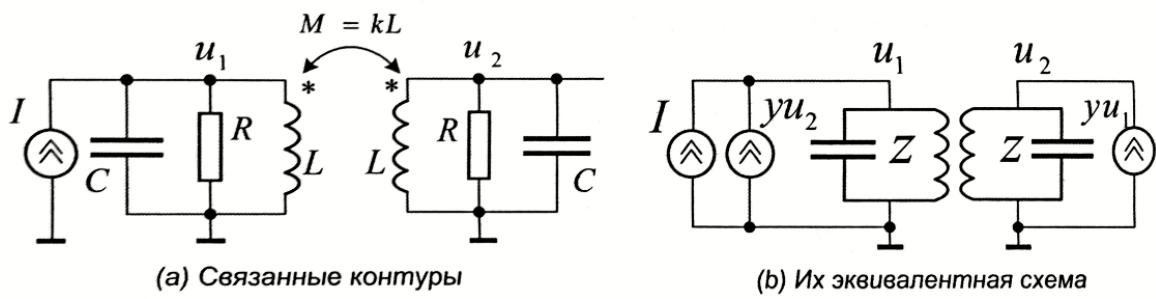


Рис. 1: Связанные контуры.

(b) Их эквивалентная схема

Таблица 1: Проверка формулы (1).

| F | 1 | 0.5 | 2 |
|-----------------------------|-----|-----|-----|
| $u_1(f_0)_{Mccap}$ | 0.5 | 0.8 | 0.2 |
| $u_1(f_0)_{\text{формула}}$ | 0.5 | 0.8 | 0.2 |
| $u_2(f_0)_{Mccap}$ | 0.5 | 0.4 | 0.2 |
| $u_2(f_0)_{\text{формула}}$ | 0.5 | 0.4 | 0.2 |

Таблица 2: Зависимость уровней затухания от F

| | Уровень затухания, $\frac{dB}{\text{дек}}$ | |
|-----|---|-------------|
| F | $f = 100k$ | $f = 10Meg$ |
| 1 | -94 | -133 |
| 2.5 | -85 | -126 |
| 4 | -82 | -122 |
| 5.5 | -79 | -119 |

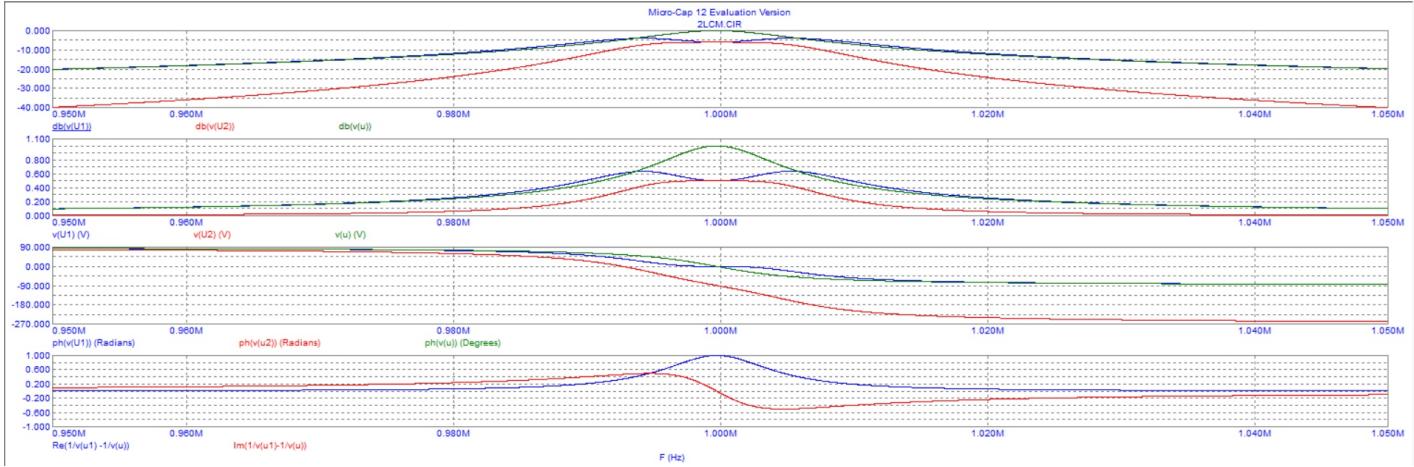


Рис. 2: Задание 1, пункт 1

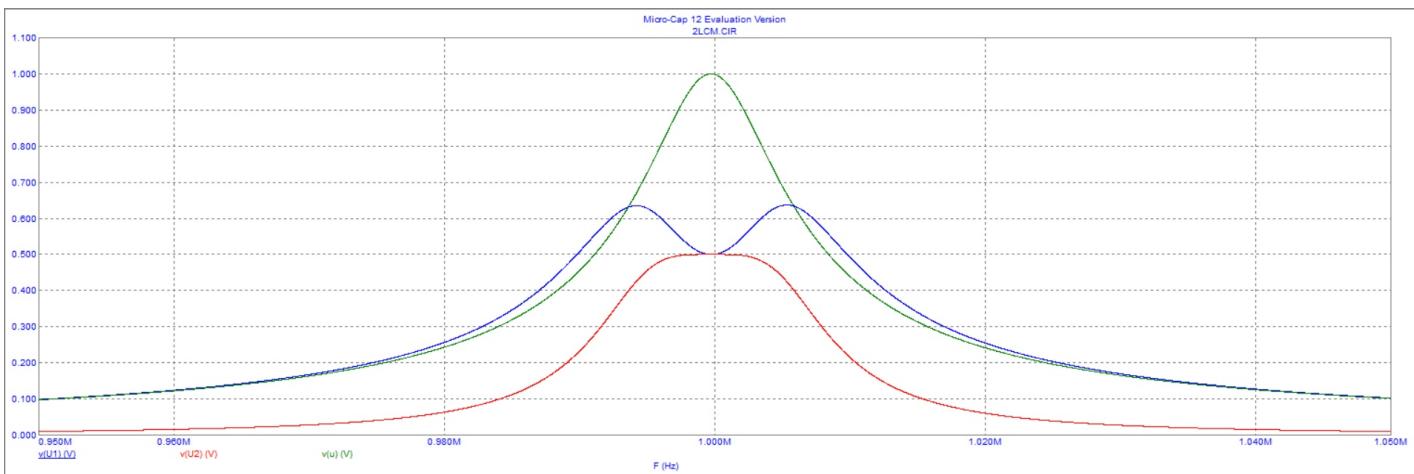


Рис. 3: Задание 1, пункт 2

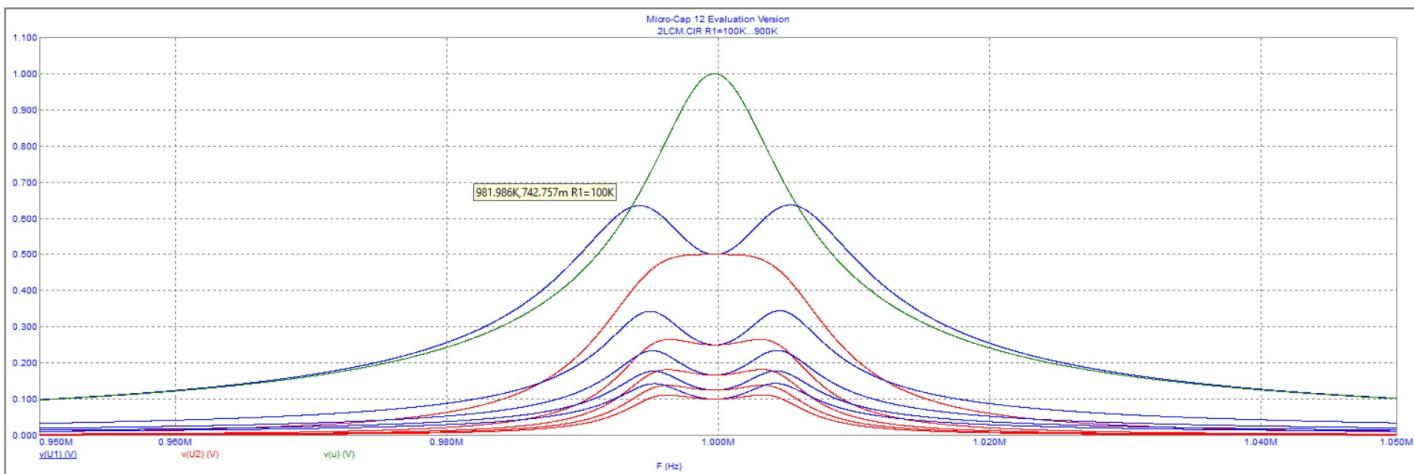


Рис. 4: Задание 1, пункт 2, варьирование R1

2 Задание №2. Система с ёмкостной связью.

2.1

Измерим диапазоны изменения фазовых характеристик на первом и втором контурах:

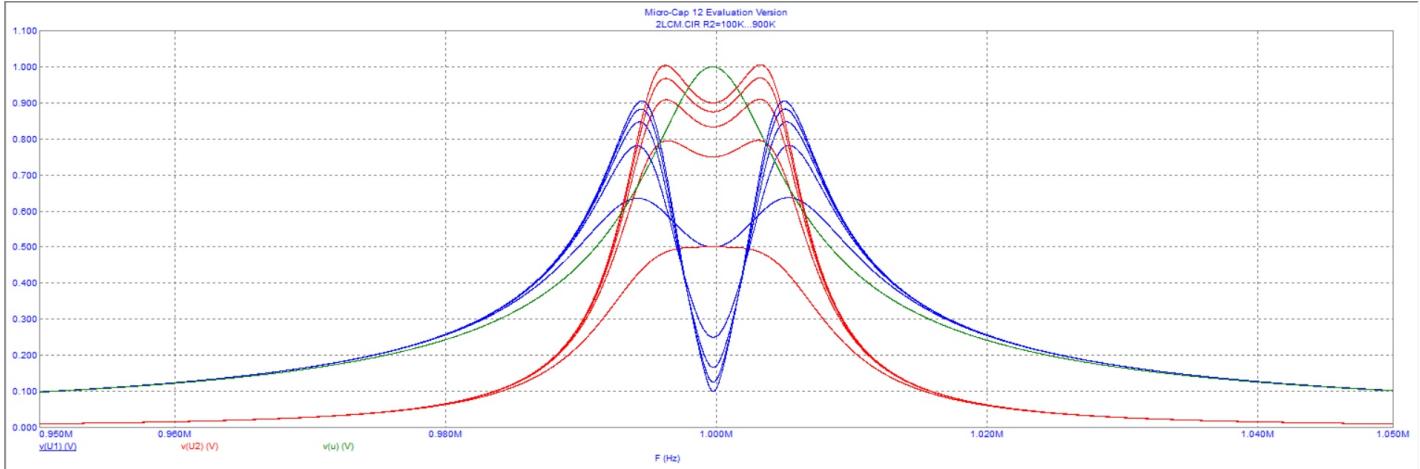


Рис. 5: Задание 1, пункт 2, варьирование R2

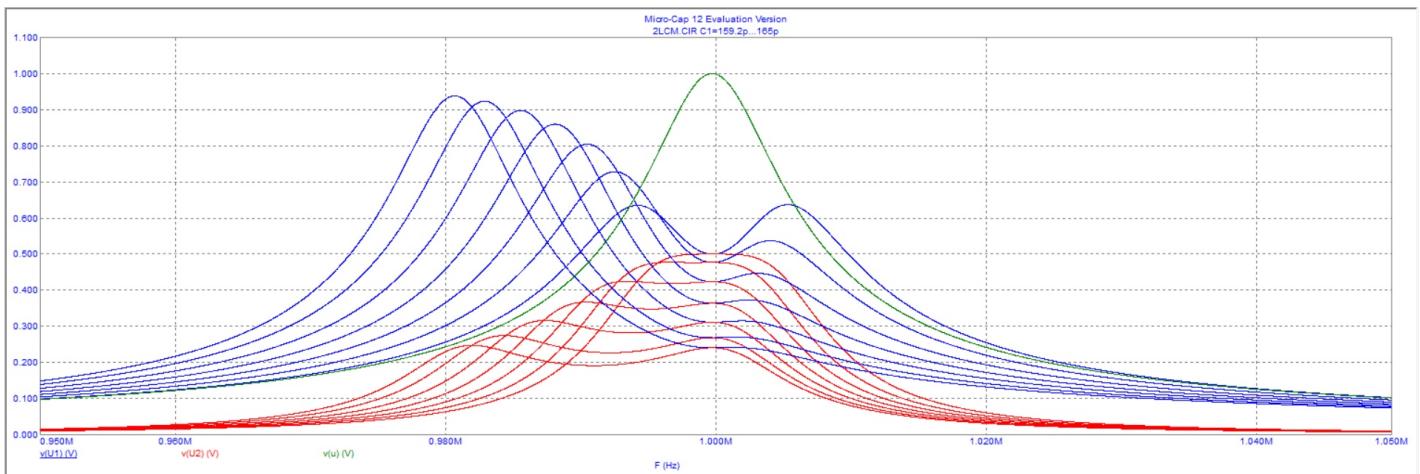


Рис. 6: Задание 1, пункт 2, варьирование $C_1[159.2p, 165p|1p]$

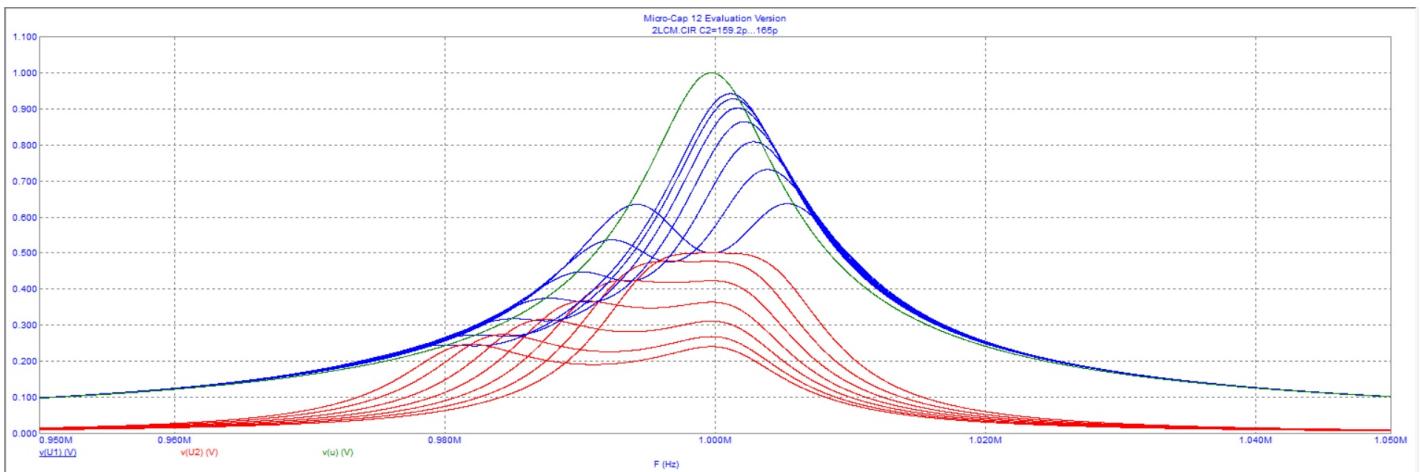


Рис. 7: Задание 1, пункт 2, варьирование $C_2[159.2p, 165p|1p]$

на 1 контуре – от 90° до -90°

на 2 контуре – от -90° до -450° .

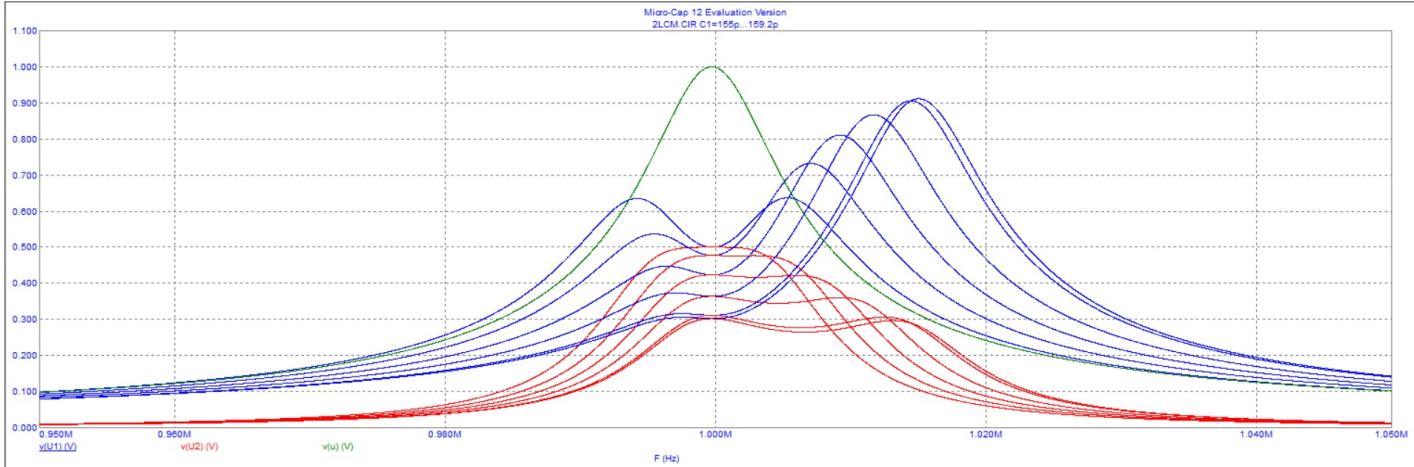


Рис. 8: Задание 1, пункт 2, варьирование 1[159.2p, 155p] – 1p]

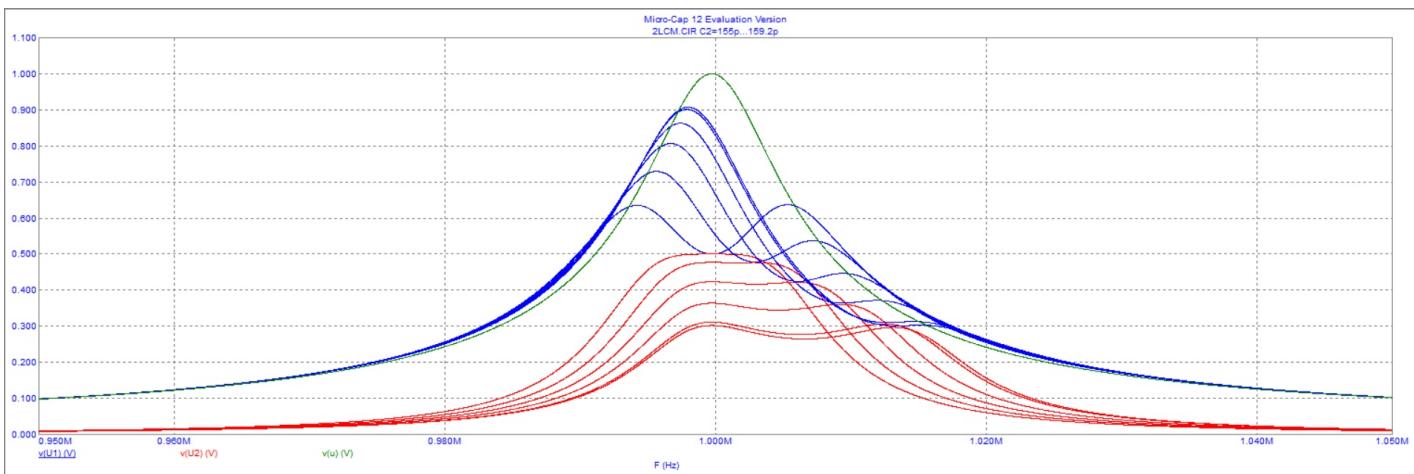


Рис. 9: Задание 1, пункт 2, варьирование 2[159.2p, 155p] – 1p]

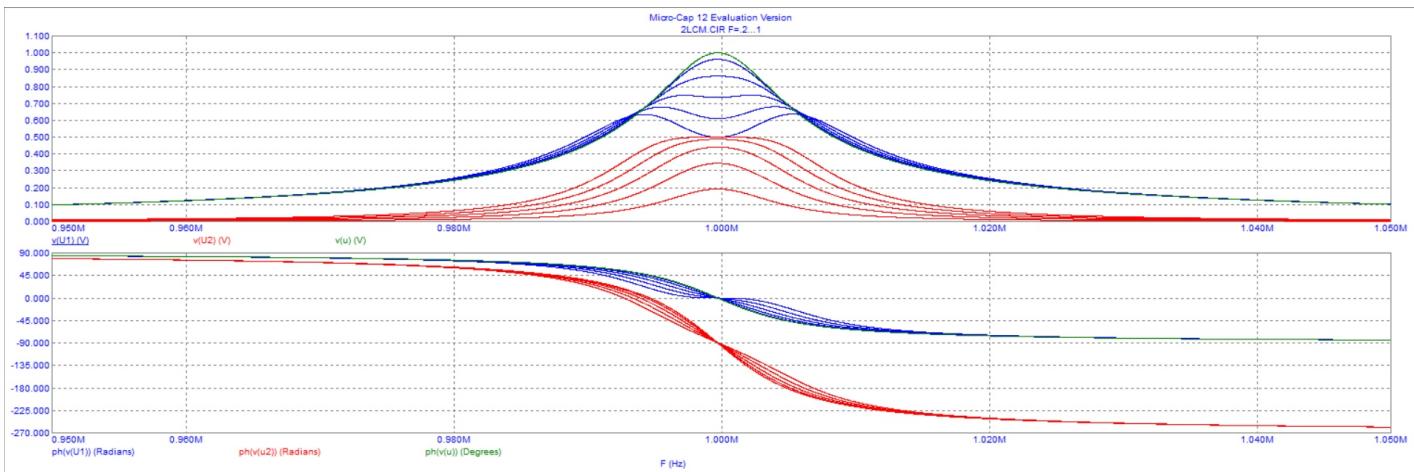


Рис. 10: Задание 1, пункт 3, варьирование $F[0.2, 1|0.2]$

Измерим значения F , при которых возникает:

- a) провал на первом контуре ($F = 0.5$).

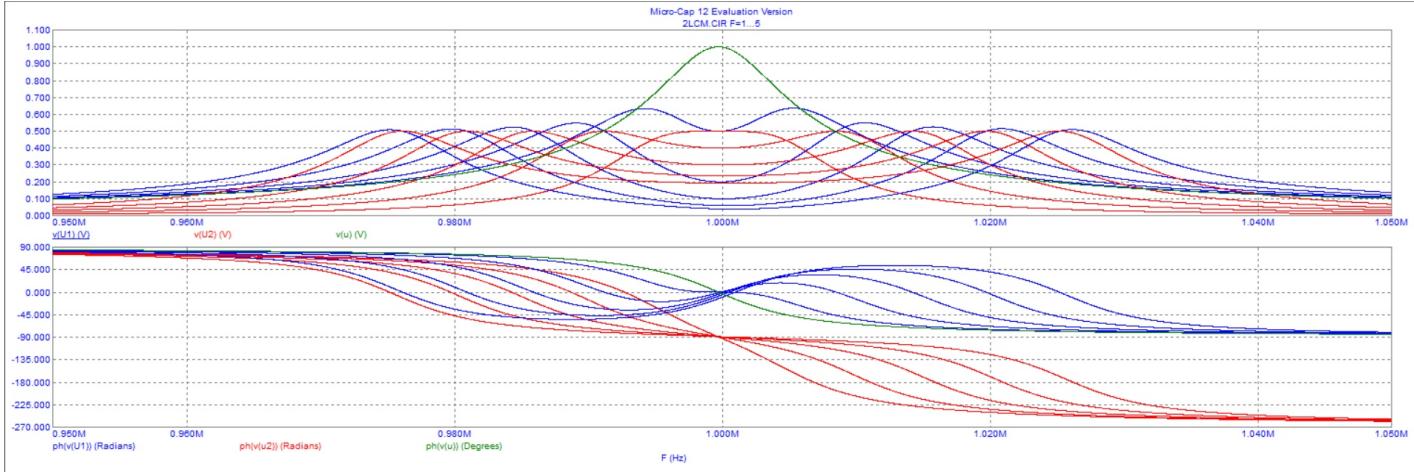


Рис. 11: Задание 1, пункт 3, варьирование $F[0.2, 1|0.2]$

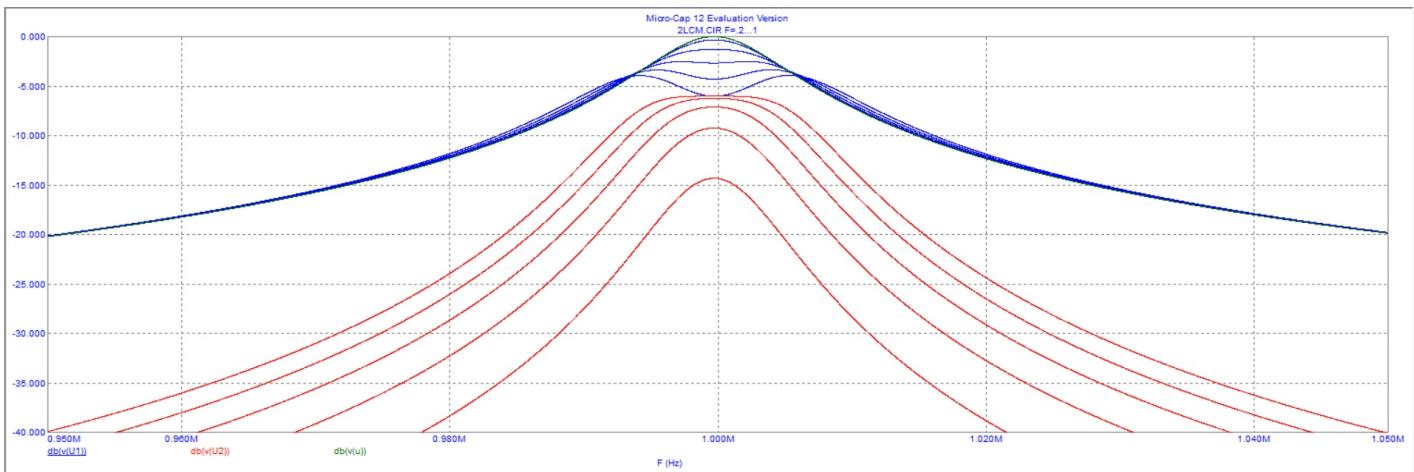


Рис. 12: Задание 1, пункт 5

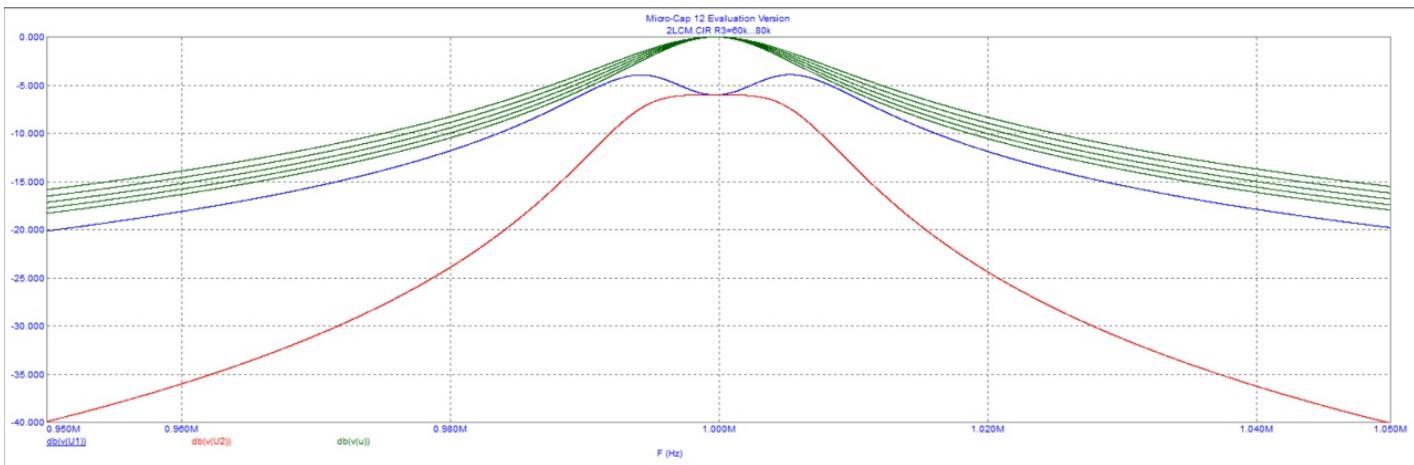


Рис. 13: Задание 1, пункт 5, варьирование $R_3[60k, 80k|5k]$

b) провал на втором контуре ($F = 1$) с) подъём на фазовой характеристике первого контура ($F = 1$).

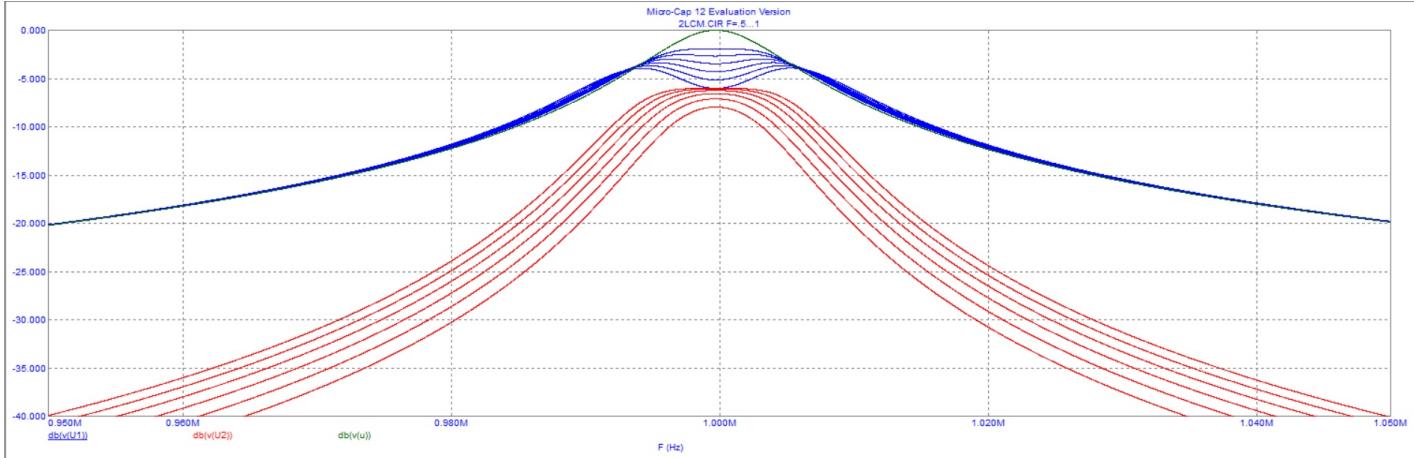


Рис. 14: Задание 1, пункт 6, варьирование $F[0.5, 1|0.1]$

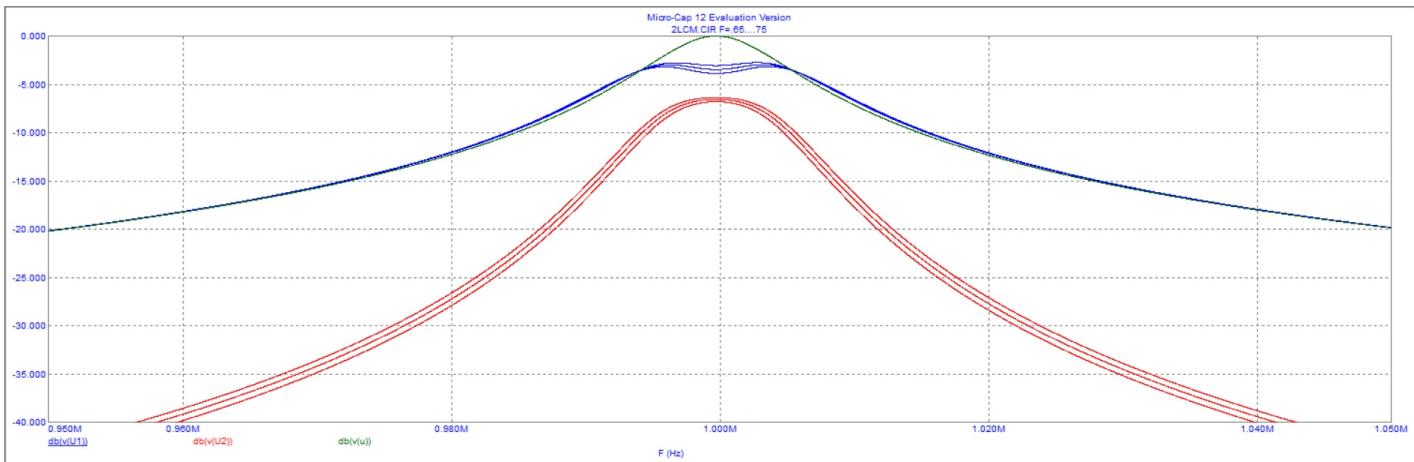


Рис. 15: Задание 1, пункт 6, варьирование $F[0.65, 0.75|0.05]$

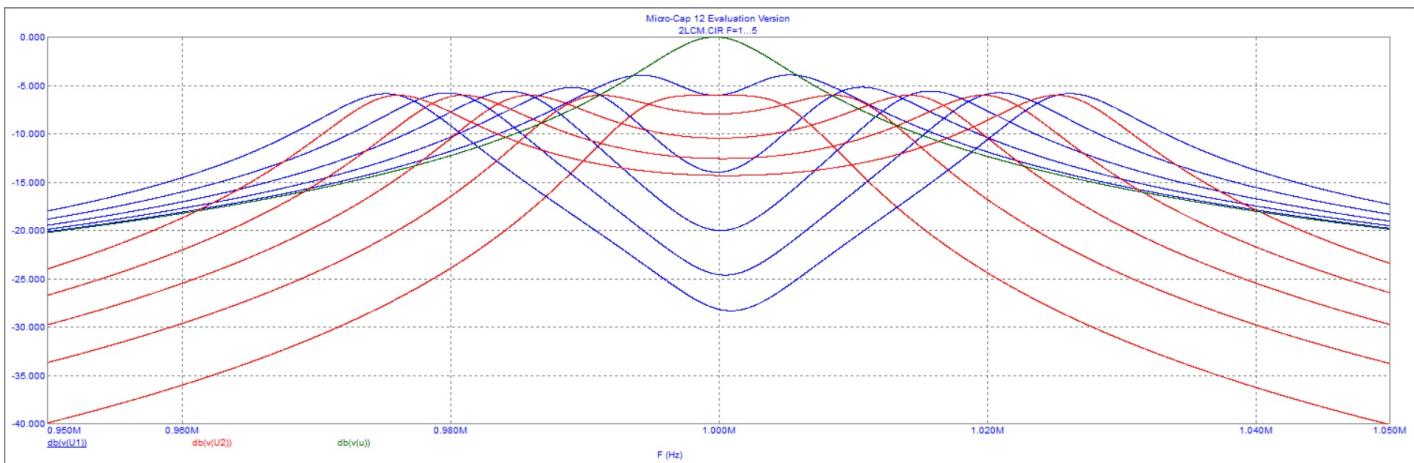


Рис. 16: Задание 1, пункт 7, варьирование $F[1, 5 | 1]$

1

Снимем зависимость частоты провала на втором контуре от $F = [2, 4|1]$ (таблица 3).

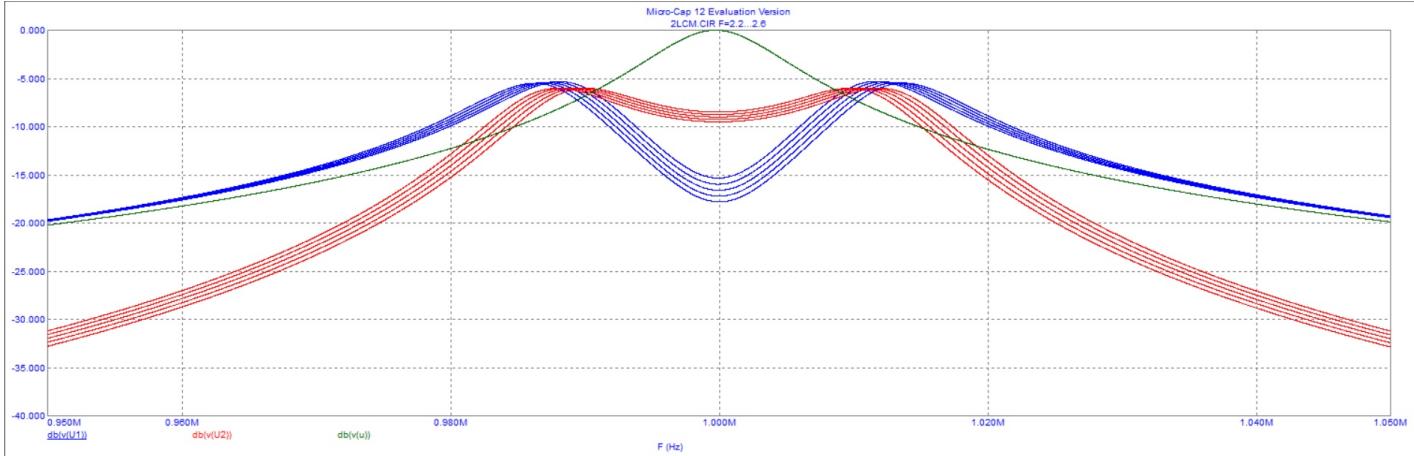


Рис. 17: Задание 1, пункт 7, варьирование $F[2.2, 2.6 | 0.1]$

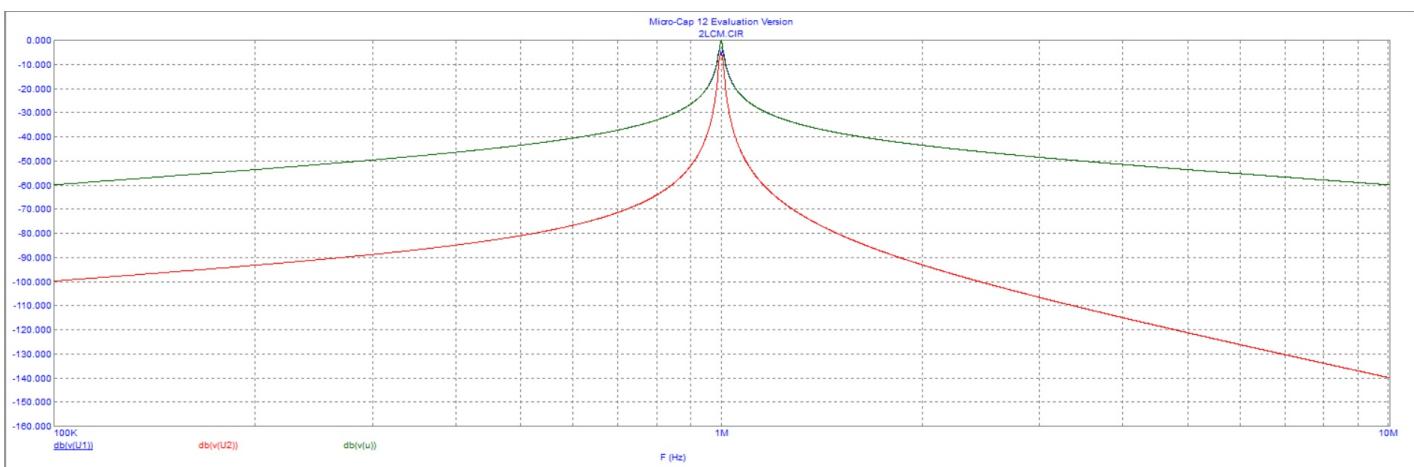


Рис. 18: Задание 1, пункт 8

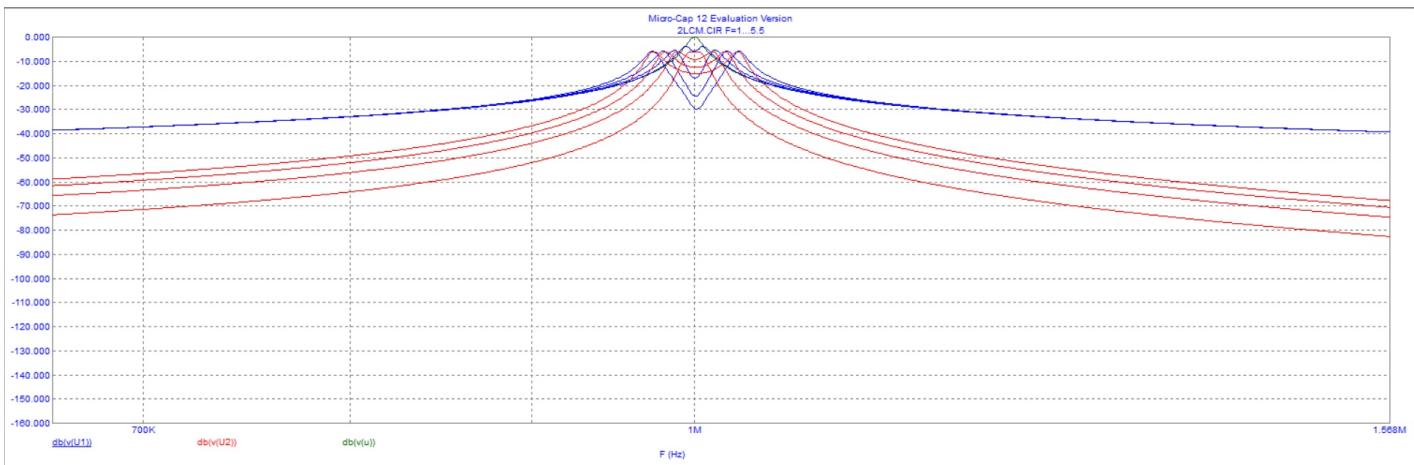


Рис. 19: Задание 1, пункт 8, варьирование $F[1, 5.5|1.5]$

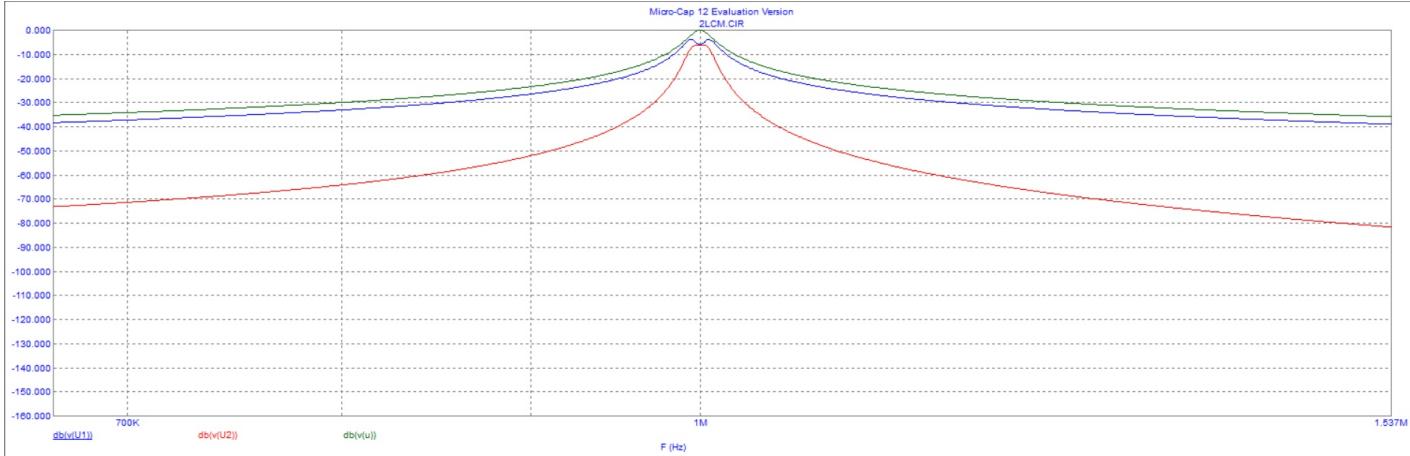


Рис. 20: Задание 1, пункт 8, варьирование $R = [70k, 70k|1k]$

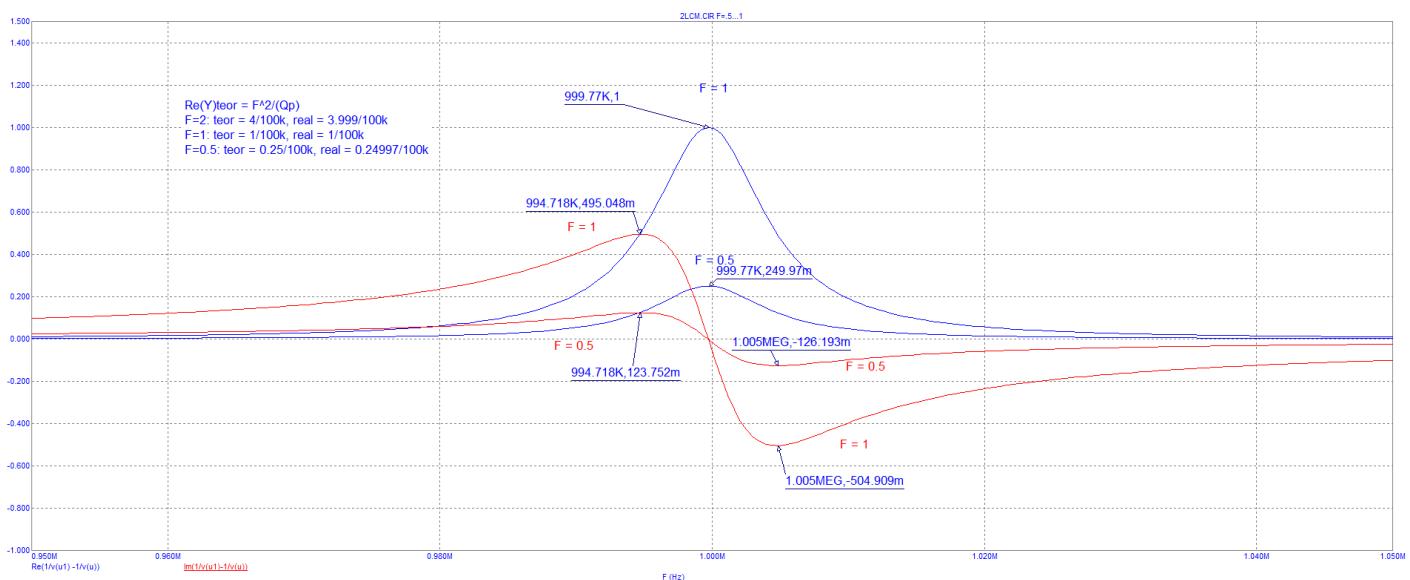


Рис. 21: Задание 1, пункт 9, варьирование $F[0.5, 1|0.5]$

2.2 Пункт

Измерим уровни затухания при расстройках на $\pm 50k$:

1 контур $-17 \frac{dB}{дек}$

2 контур $-35 \frac{dB}{дек}$.

Перейдём на частотный диапазон $[10Meg, 100k]$ и измерим уровни затухания при расстройках на декаду f_0 :

1 контур $-56 \frac{dB}{дек}$

2 контур $-94 \frac{dB}{дек}$ (вблизи $100k$), $-133 \frac{dB}{дек}$ (вблизи $10Meg$)

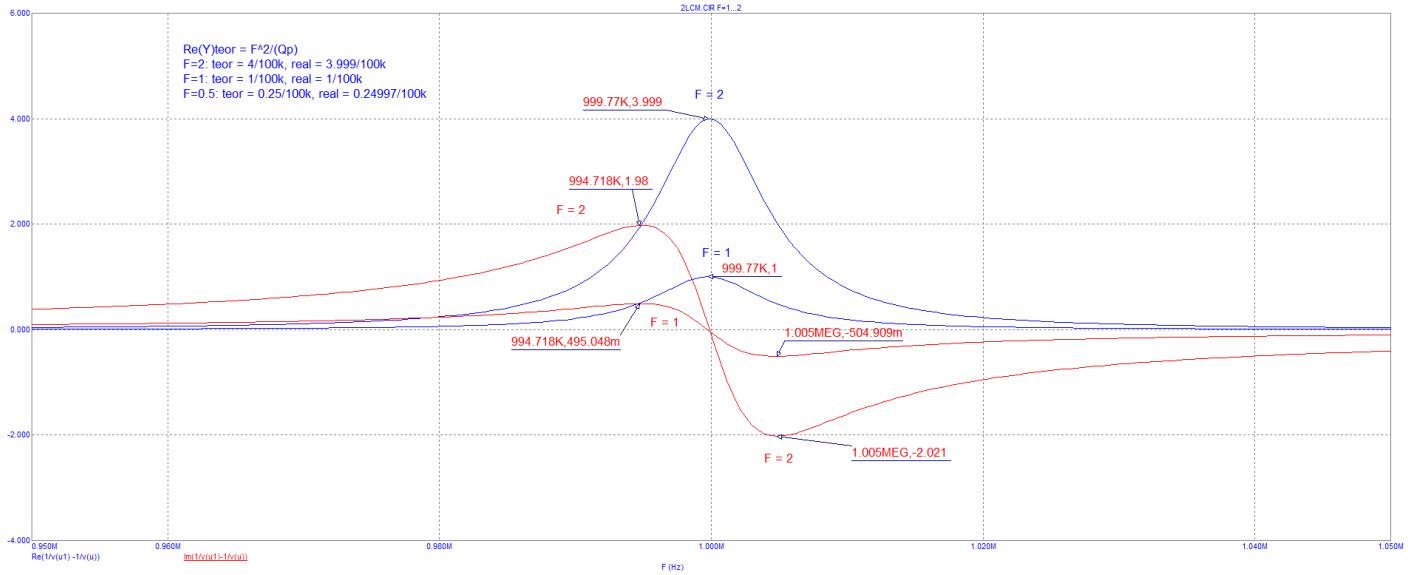


Рис. 22: Задание 1, пункт 9, варьирование $F[1, 2|1]$

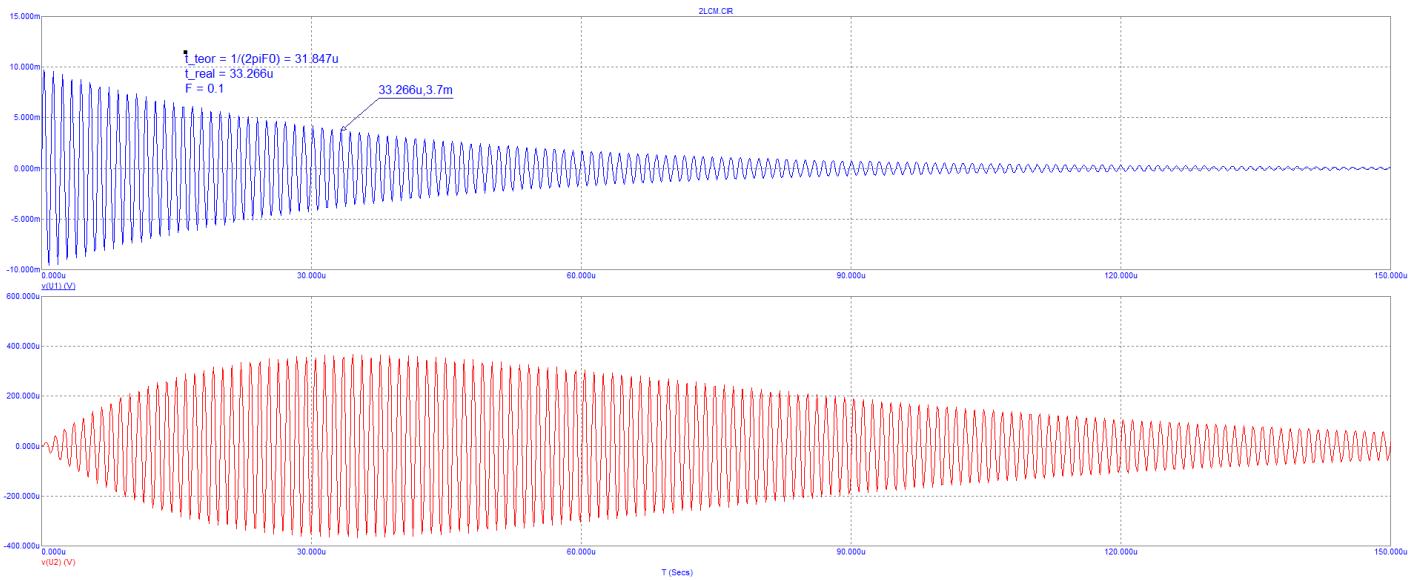


Рис. 23: Задание 1, пункт 10, $F = 1$

2.3 Пункт

Изучим переходные характеристики при значениях $F = 0.1, F = 1, F = 2, F = 4$. Убедимся в их сходстве с характеристиками системы с индуктивной связью.

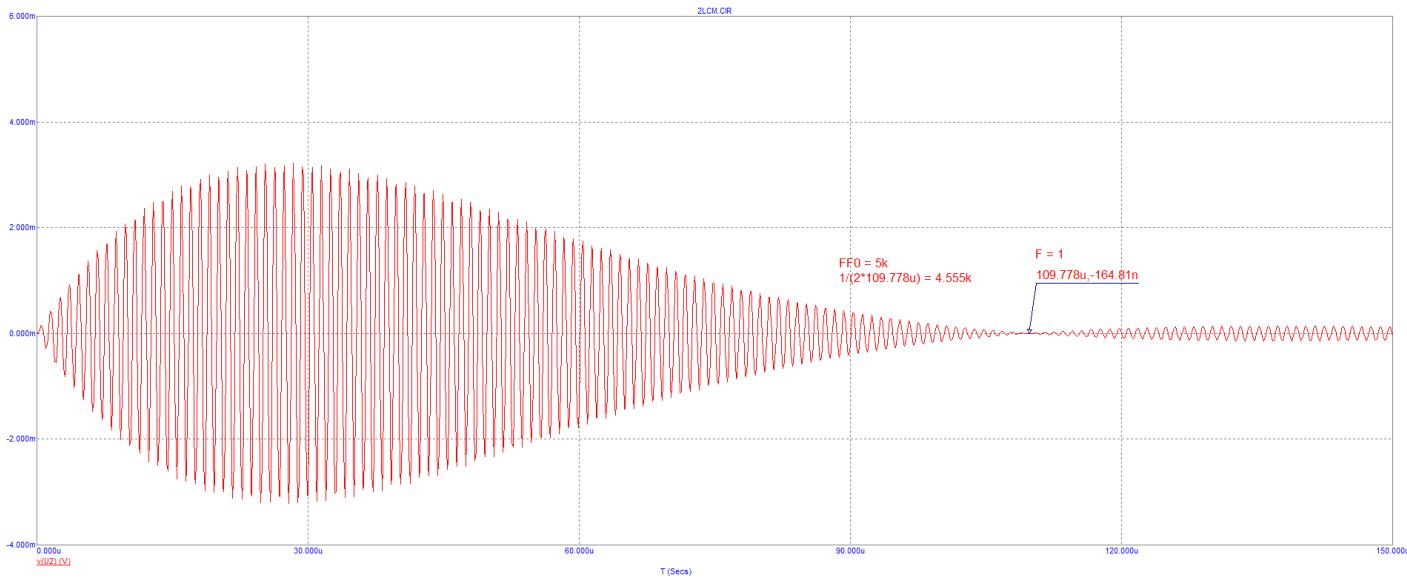


Рис. 24: Задание 1, пункт 10, варьирование $F[0.1, 0.1|1]$

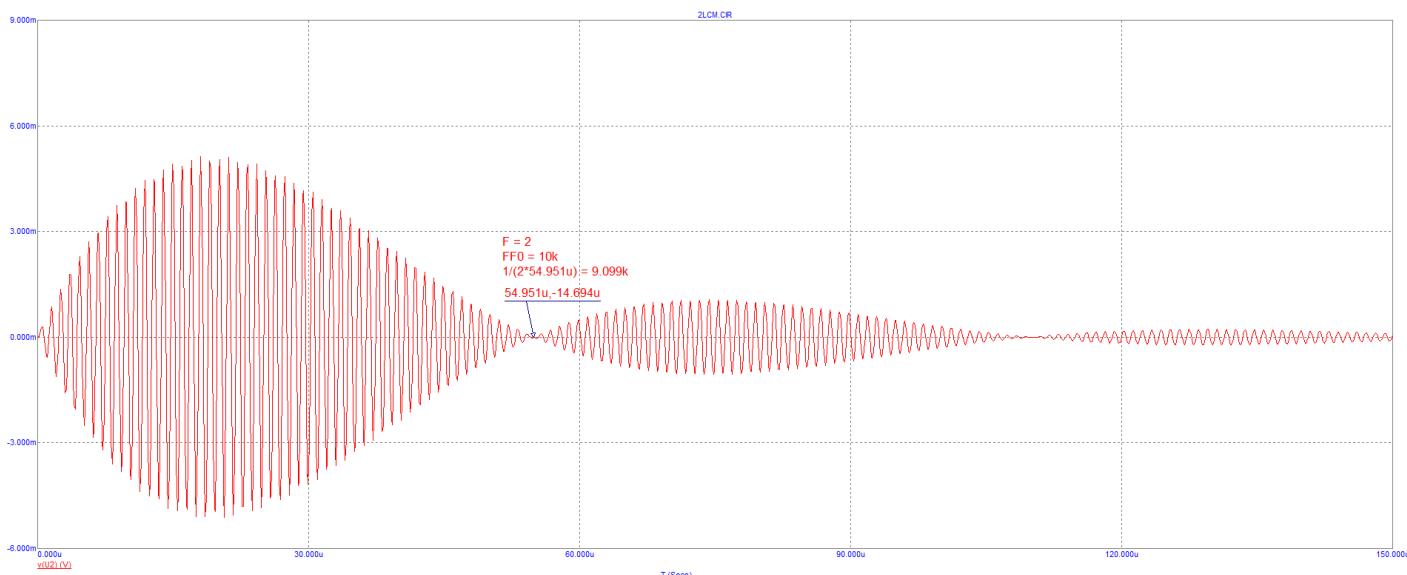


Рис. 25: Задание 1, пункт 10, варьирование $F[2, 2|1]$

Таблица 3: Зависимость частоты провала от F .

| F | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------------------|------|------|------|
| $f_{\text{пров}}, \Gamma_{\text{Д}}$ | 990k | 985k | 980k |

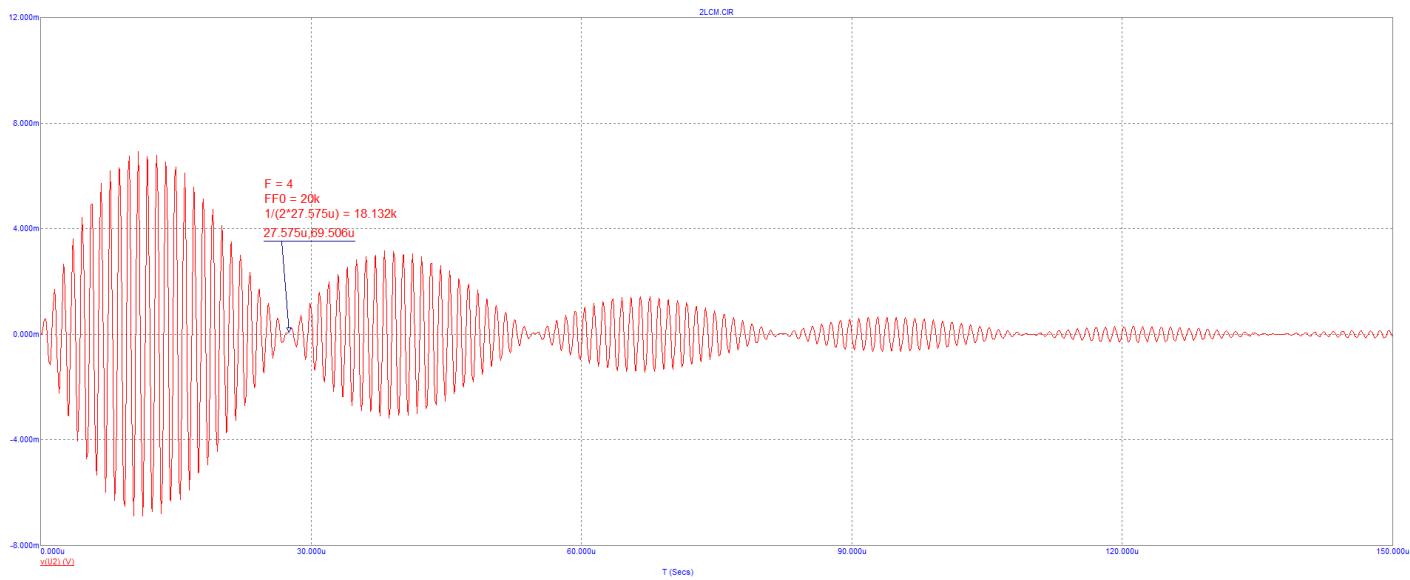


Рис. 26: Задание 1, пункт 10, варьирование $F[4,4|1]$

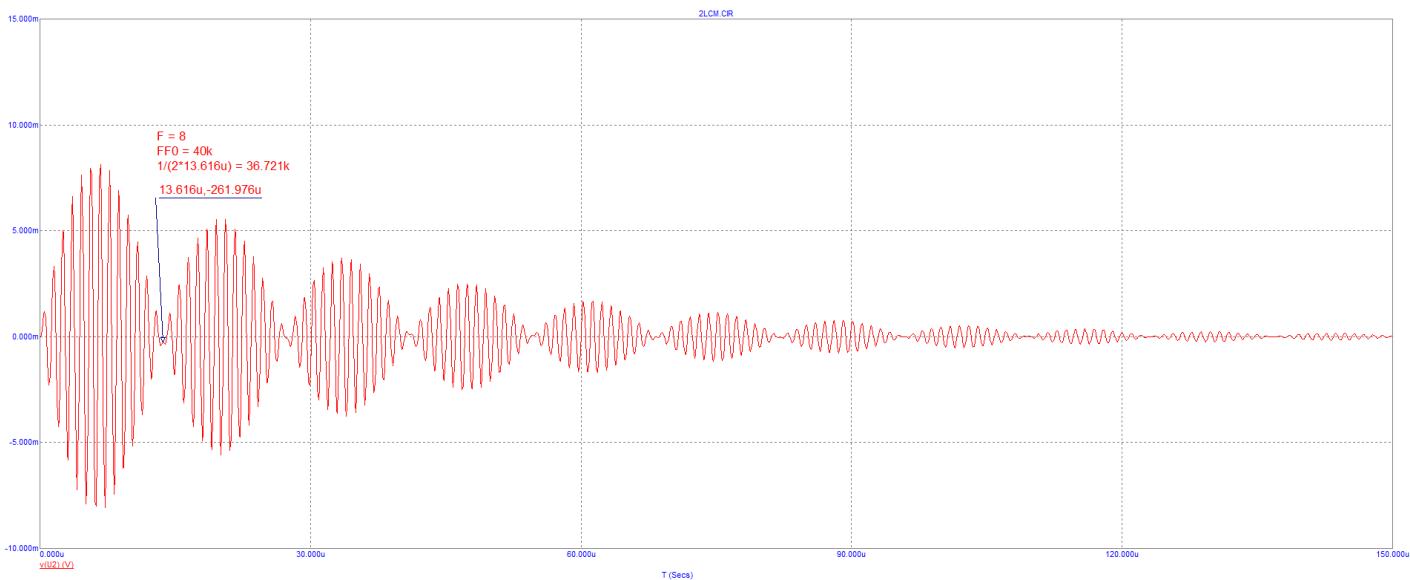


Рис. 27: Задание 1, пункт 10, варьирование $F[8,8|1]$

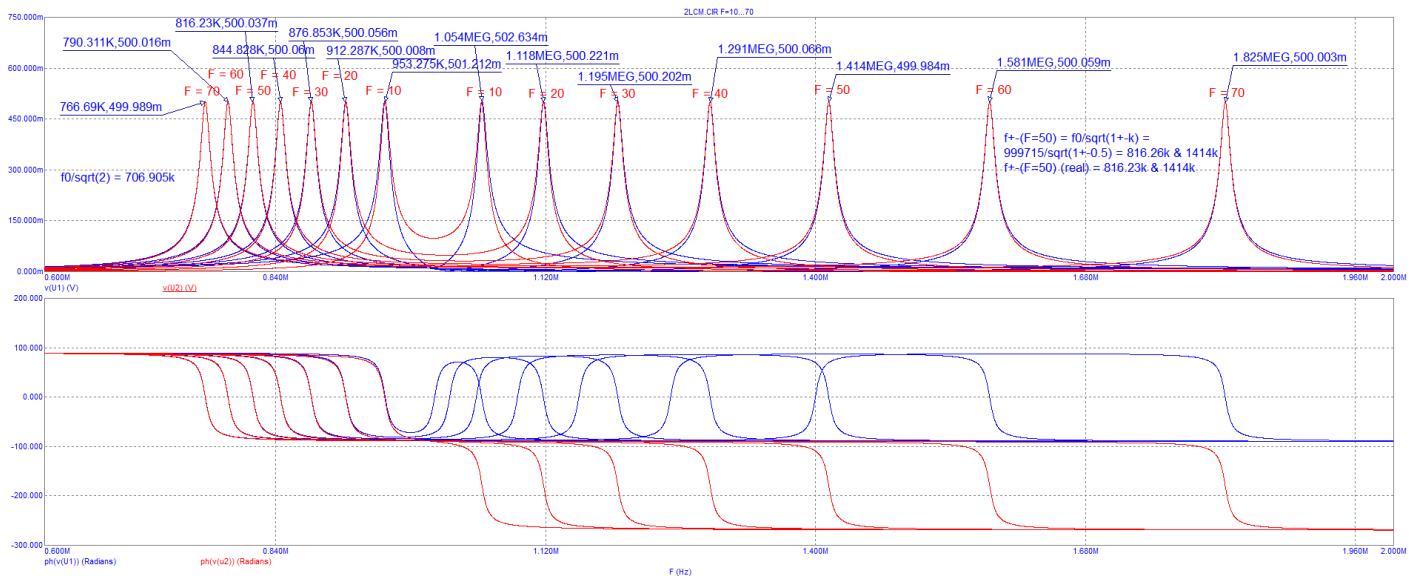


Рис. 28: Задание 1, пункт 11, варьирование $F[10, 70|10]$

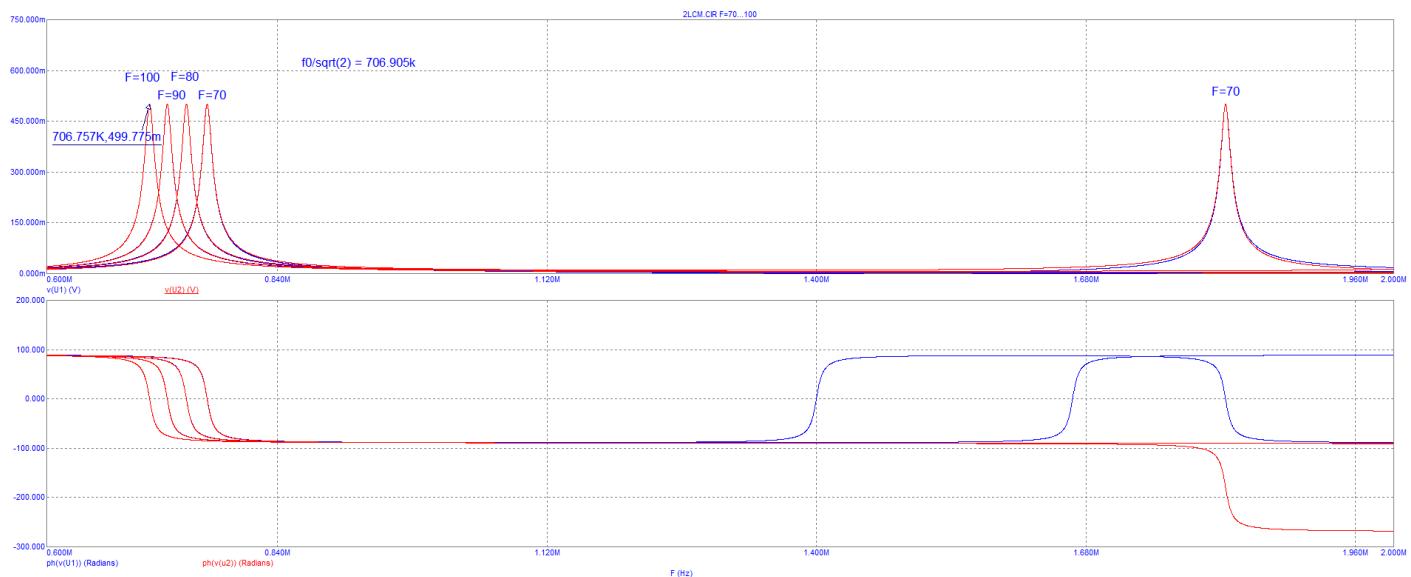


Рис. 29: Задание 1, пункт 11

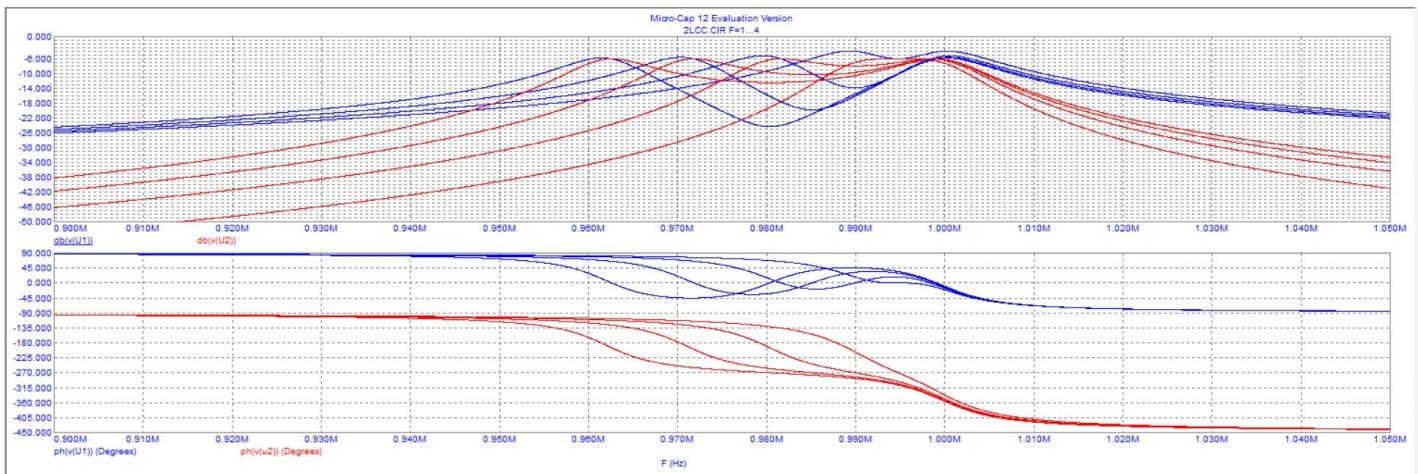


Рис. 30: Задание 2, пункт 1, варьирование $F[1, 4|1]$

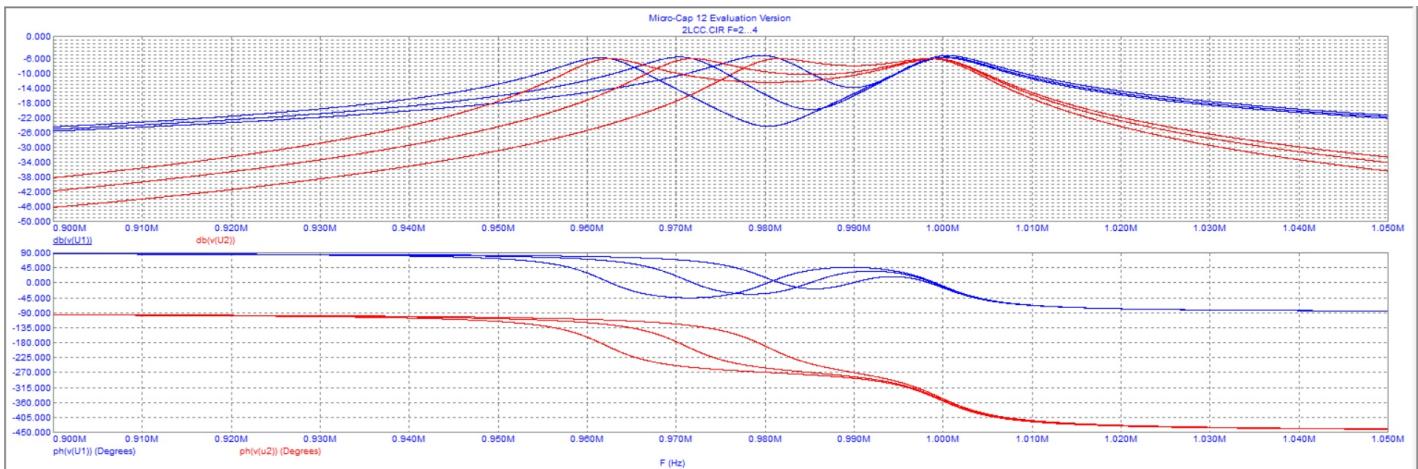


Рис. 31: Задание 2, пункт 1, варьирование $F[2, 4|1]$

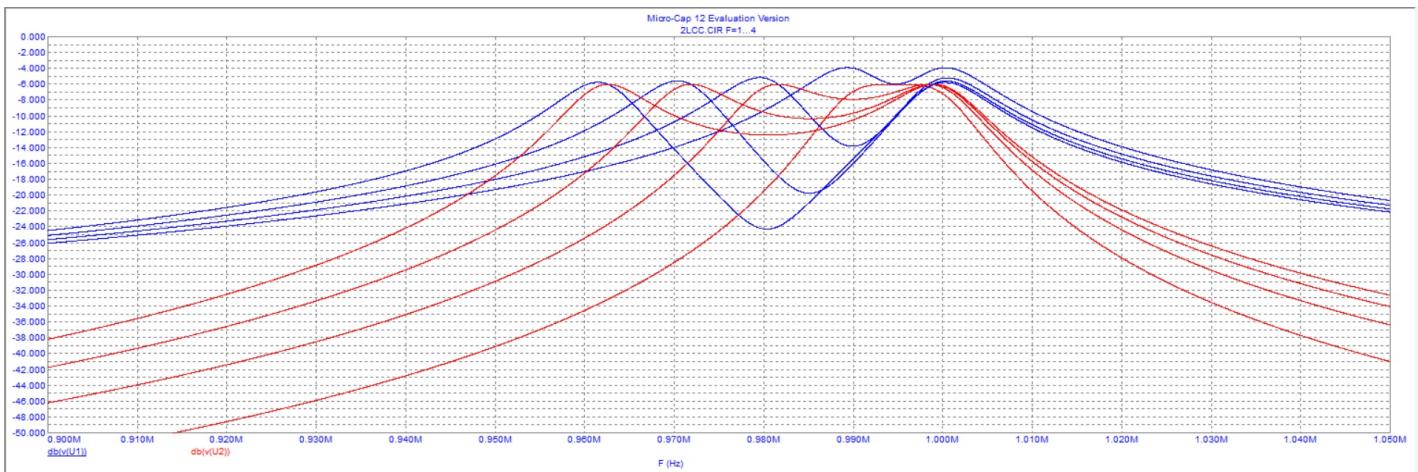


Рис. 32: Задание 2, пункт 2, варьирование $F[1, 4|1]$

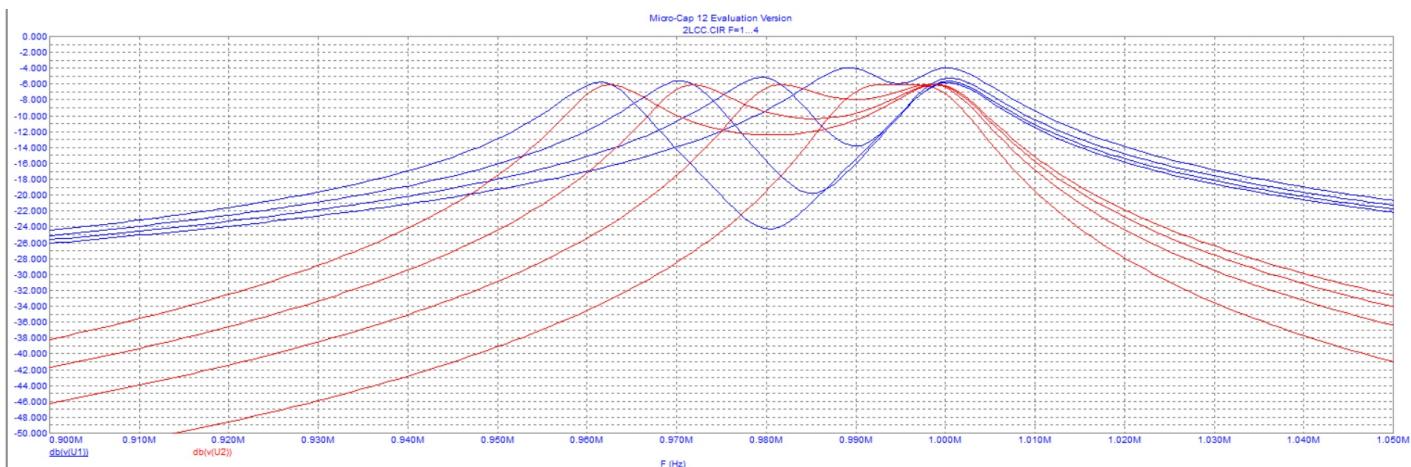


Рис. 33: Задание 2, пункт 2, частотный диапазон $[10Meg, 100k]$

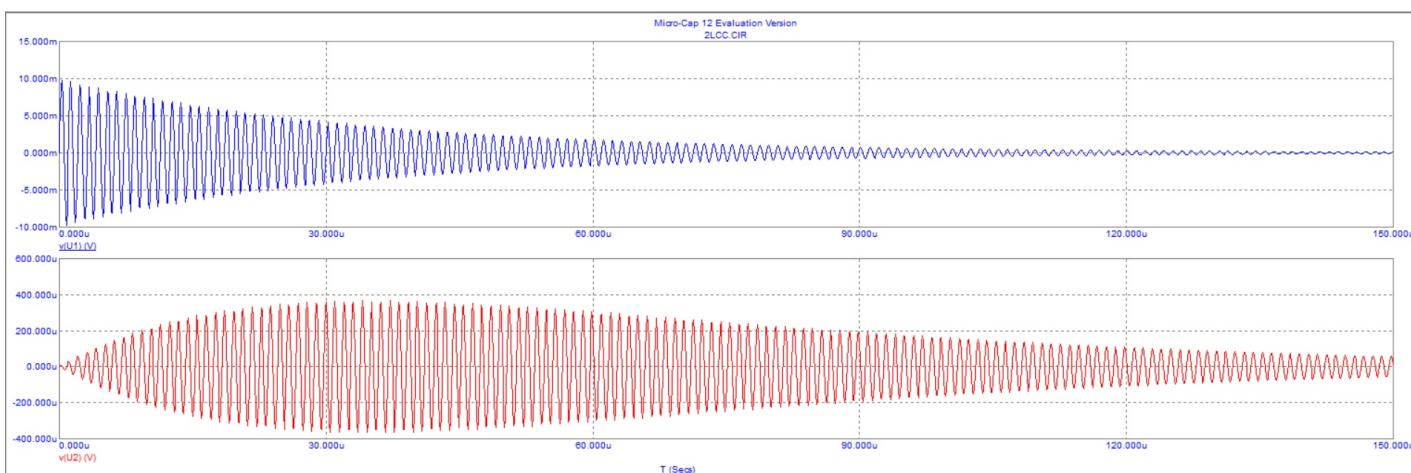


Рис. 34: Задание 2, пункт 3, варьирование $F[0.1, 0.1|1]$

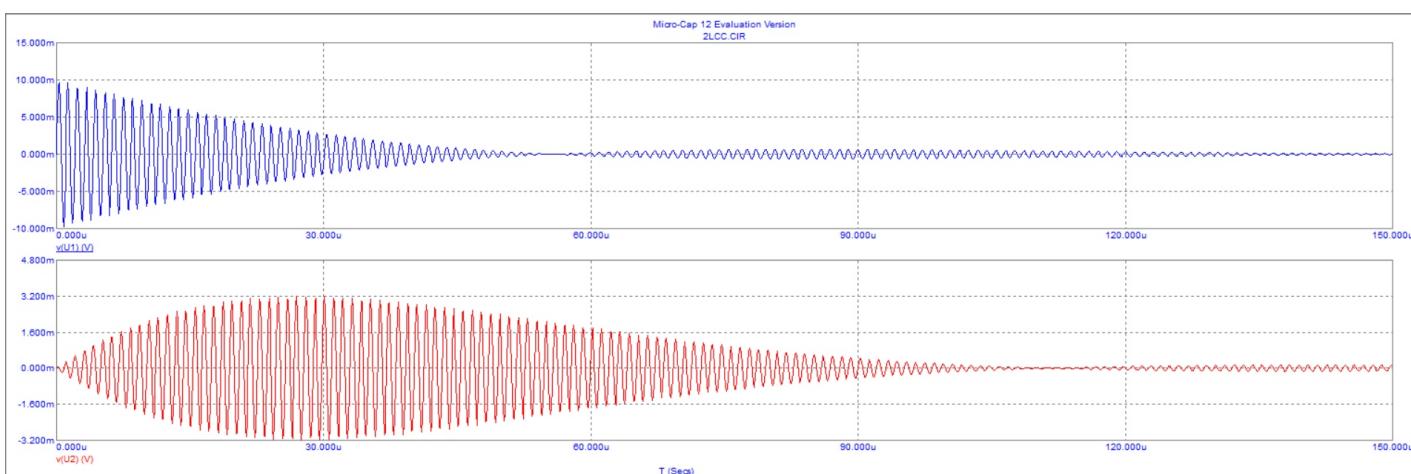


Рис. 35: Задание 2, пункт 3, варьирование $F[1, 1|1]$

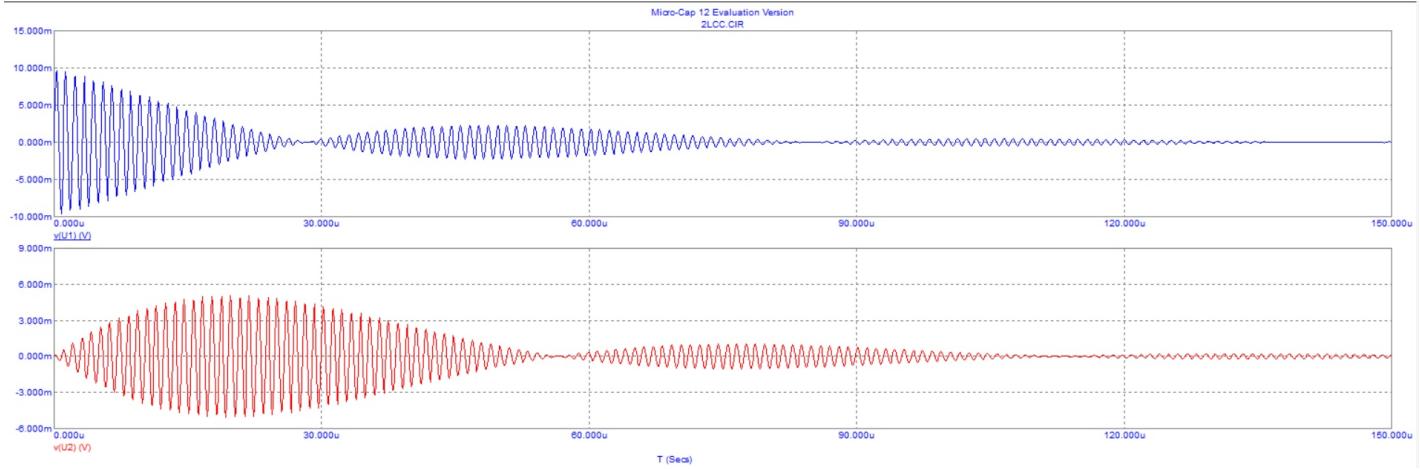


Рис. 36: Задание 2, пункт 3, варьирование $F[2, 2|1]$

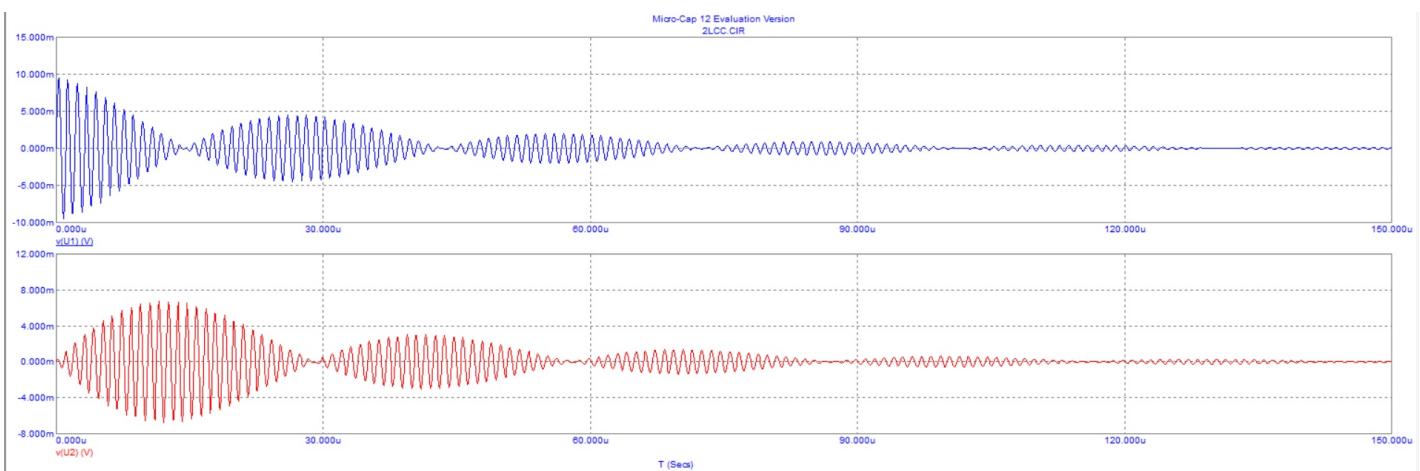


Рис. 37: Задание 2, пункт 3, варьирование $F[4, 4|1]$