
Московский Физико-Технический Институт
(государственный университет)

Лабораторная работа по радиотехническим сигналам и цепям №
20

Связанные колебательные контуры

Автор:

Баранников Андрей Б01-001

Преподаватель:

Григорьев Иван Александрович



Долгопрудный, 2021

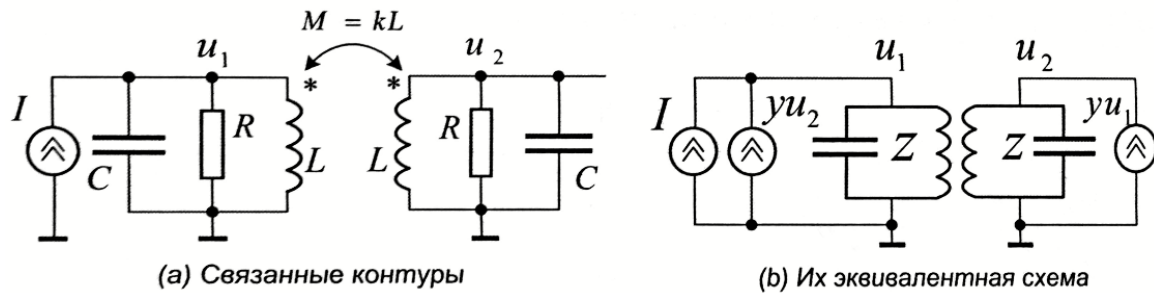


Рис. 1: Связанные контуры.

Задание №1. Система с индуктивной связью.

3. 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 φ : от -84.7° до 83.5°
На втором контуре φ : от -258.2° до 77.1°
- Разность фаз между напряжениями на контурах на частоте $\Delta\varphi(f_0)$: 89.8° .
- Измерив уровни $u_1(f_0)$, $u_2(f_0)$ при $F = 0.5, 1, 2$, проверим формулы:

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

F	0.5	1	2
$u_1(f_0)_{\text{эксп}}$	0.8	0.5	0.2
$u_1(f_0)_{\text{теор}}$	0.8	0.5	0.2
$u_2(f_0)_{\text{эксп}}$	0.4	0.5	0.2
$u_2(f_0)_{\text{теор}}$	0.4	0.5	0.2

Таблица 1: Проверка формулы уровней $u_1(f_0)$ и $u_2(f_0)$

По результатам измерений можно сделать вывод, что формула *выполняется*.

4. Измерим значения F , при которых возникает:

- Провал на первом контуре: $F = 0.6$
- Провал на втором контуре: $F = 1.1$
- Подъём на фазовой характеристике первого контура: $F = 1$.
- Измерим частоты пересечения нуля фазовой характеристикой u_1 при $F = 5$ ($\nu = 975.9k, 1.001M, 1.025M$) и при $F = 10$ ($\nu = 953.5k, 1.005M, 1.054M$).
- По приближенной $(f_0 \pm FF_0)$ и уточнённой $(f_0\sqrt{1 \pm \frac{F}{Q}})$ формулам:
 $F = 5: (1000 \pm 25) k \mid (1000\sqrt{1 \pm 0,05})k$
 $F = 10: (1000 \pm 50) k \mid (1000\sqrt{1 \pm 0,1})k$

5.

- При критической связи измерим ширину полосы по уровню -3dB эталонного контура ($\Delta f = 10k$) и ширину полосы по уровню -9dB резонансной кривой на втором контуре ($\Delta f = 14.3k$).
- Убедимся, что их отношение составляет $\sqrt{2}$:

$$10 k \cdot \sqrt{2} = 14.14 k \approx 14.3k$$

- Измерим уровни затухания критической кривой при сдвигах по частоте на декаду F_0 , то есть на $\pm 10F_0 = \pm 50k$:

$$\text{Затухание} - 34 \frac{dB}{\text{дек}_{F_0}}.$$

- Варьируя сопротивление потерь эталонного контура $R = [60k, 80k|5k]$, выясним, при какой добротности его полоса сравнивается с полосой двухконтурной системы:

$$Q = 70 \quad R = 70k \quad \Delta f = 14.1k$$

- Измерим затухание, вносимое эталонным контуром с этой добротностью при расстройках на декаду F_0 :

$$\text{Затухание} - 17,1 \frac{dB}{\text{дек}_{F_0}}.$$

- В итоге выигрыш двухконтурной системы $\simeq 2$ раза

6.

- 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:

$$\text{Эталон} : -19.75 \frac{dB}{\text{дек}_{F_0}} \quad \text{Двухконтурная система} : -36.45 \frac{dB}{\text{дек}_{F_0}}$$

Соответственно, выигрыш ≈ 2 раза.

7.

- Изучим поведение резонансных кривых при $F = [1, 5|1]$.
- Измерим значение F из диапазона $F = [2.2, 2.6|0.1]$, при котором провал на втором контуре касается сверху критического уровня -9dB:

$$F = 2.4$$

- При этом значении F измерим ширину полосы $\Delta\omega$ двухконтурной системы по уровню -9dB и уровни затухания при расстройках на декаду F_0 :

$$\Delta\omega \approx 30 \text{ к}$$

$$\text{Затухание эталона: } -21 \frac{dB}{\text{дек}_{F_0}} \quad \text{Затухание двухконтурной системы: } -26 \frac{dB}{\text{дек}_{F_0}}$$

- Варьированием сопротивления эталонного контура R добьёмся совпадения его полосы с полосой двухконтурной системы и измерим уровни затухания, вносимого контуром:

$$-15 \frac{dB}{\text{дек}}$$

Выигрыш по затуханию двухконтурной системы с неравномерностью -3dB в полосе пропускания ≈ 2 раза

10.

- В режиме *Transient* проанализируем переходные характеристики до напряжений на первом и втором контурах при $F = 1$.
- Установим $F = 0.1$ и измерим постоянную времени τ экспоненциального спада огибающей напряжения $u_1 e^{-t/\tau}$ до уровня $\frac{1}{e} = 0.37$:

$$\tau_{\text{эксп}} \approx 31.5 \text{ мкс} \quad \tau_{\text{теор}} \approx 32.0 \text{ мкс} \quad \tau_{\text{эксп}} \approx \tau_{\text{теор}}$$

F	ν , кГц
1	4,54
2	9,09
4	17,86
8	37,04

11. Установив диапазон моделирования $[2\text{Meg}, 600\text{k}]$, исследуем частотные и фазовые характеристики при сильной связи. Измерим частоты f_{\pm} пиков при $F = 50$:

$$f_+ = 1.414M \quad f_- = 818.274k$$

Задание №2. Система с ёмкостной связью.

1. Измерим диапазоны изменения фазовых характеристик на первом и втором контурах:
 на 1 контуре – от 90° до -90°
 на 2 контуре – от -90° до -450° .

Измерим значения F , при которых возникает:

- Провал на первом контуре: $F = 0.5$
- Провал на втором контуре: $F = 1$
- Подъём на фазовой характеристике первого контура: $F = 1$.

Снимем зависимость частоты провала на втором контуре от $F = [2, 4|1]$:

F	2	3	4
$f_{\text{пров}}, \text{Гц}$	$990k$	$985k$	$980k$

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

$$1 \text{ контур} : -17 \frac{dB}{\text{дек}} \quad 2 \text{ контур} : -35 \frac{dB}{\text{дек}}.$$

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

$$1 \text{ контур} : -56 \frac{dB}{\text{дек}} \quad 2 \text{ контур} : -94 \frac{dB}{\text{дек}} (\text{вблизи } 100k), -133 \frac{dB}{\text{дек}} (\text{вблизи } 10\text{Meg})$$