

### 3.2.2. Резонанс напряжений.

Фитэль Алёна, Попеску Полина Б06-103

15 сентября 2024 г.

**Цель работы:** исследование резонанса напряжений в последовательном колебательном контуре с изменяемой ёмкостью, включающее получение амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик, а также определение основных параметров контура.

**В работе используются:** генератор сигналов, источник напряжения, нагруженный на последовательный колебательный контур с переменной ёмкостью, двухлучевой осциллограф, цифровые вольтметры.

## 1 Описание работы

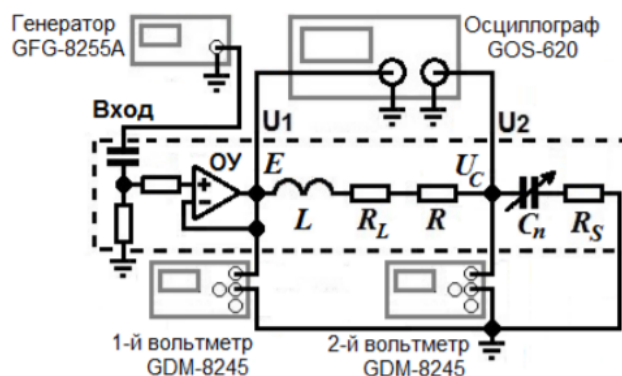


Схема экспериментального стенда для изучения резонанса напряжений в последовательном колебательном контуре показана на рисунке. Синусоидальный сигнал от генератора GFG8255A поступает через согласующую RC-цепочку на вход источника напряжения, собранного на операционном усилителе ОУ. Питание операционного усилителя осуществляется встроенным блоком-выпрямителем от сети переменного тока 220 Вольт (цепь питания на схеме не показана). Источник напряжения, обладающий по определению нулевым внутренним сопротивлением, фактически обеспечивает с высокой точностью постоянство амплитуды сигнала на меняющейся по величине нагрузке – последовательном колебательном контуре, изображенном на рисунке в виде эквивалентной схемы.

## 2 Ход работы

1. Подготавливаем установку к работе и включаем приборы.
2. Выставляем на входе контура напряжение  $E = 100$  мВ, в течении всей работы поддерживая его постоянным.
3. Добиваемся получения двух отцентрированных синусоид на осциллографе. Убеждаемся, что одна из синусоид при изменении частоты  $f$  генератора меняет амплитуду относительно начала координат, в то время как амплитуда другой не меняется с погрешностью не более 1%.
4. Для контуров с семью различными ёмкостями, меняя их с помощью переключателя на блоке, измеряем резонансные частоты  $f_{0n}$  и напряжения  $U_C(f_{0n})$ . Регистрируем также напряжения  $E(f_{0n})$ , игнорируя отклонения в пределах относительной погрешности 1

5. Для контуров ёмкостями  $C_1 = 25 \text{ нФ}$  и  $C_1 = 57.2 \text{ нФ}$  снимаем амплитудно-частотные характеристики  $U_C(f)$  (16-17 точек в сумме по обе стороны от резонанса) при том же напряжении  $E$ .

$C_1 = 25,0 \text{ нФ}$					$C_4 = 57,2 \text{ нФ}$				
$n$	$f, \text{ кГц}$	$\sigma_f, \text{ кГц}$	$A, \text{ В}$	$\sigma_A, \text{ В}$	$n$	$f, \text{ кГц}$	$\sigma_f, \text{ кГц}$	$A, \text{ В}$	$\sigma_A, \text{ В}$
1	29,8	0,1	0,40	0,01	1	17	0,1	0,13	0,01
2	27,3	0,1	0,20	0,01	2	17,6	0,1	0,18	0,01
3	28	0,1	0,22	0,01	3	18,4	0,1	0,22	0,01
4	28,5	0,1	0,25	0,01	4	18,7	0,1	0,24	0,01
5	29	0,1	0,28	0,01	5	19	0,1	0,26	0,01
6	29,5	0,1	0,32	0,01	6	19,3	0,1	0,30	0,01
7	30,5	0,1	0,48	0,01	7	19,5	0,1	0,32	0,01
8	30,9	0,1	0,60	0,01	8	19,7	0,1	0,34	0,01
9	31,3	0,1	0,90	0,01	9	20	0,1	0,4	0,01
10	31,5	0,1	1,00	0,01	10	20,2	0,1	0,48	0,01
11	31,7	0,1	1,10	0,01	11	20,3	0,1	0,52	0,01
12	31,9	0,1	1,30	0,01	12	20,5	0,1	0,6	0,01
13	32	0,1	1,40	0,01	13	20,7	0,1	0,78	0,01
14	32,2	0,1	1,35	0,01	14	20,8	0,1	0,83	0,01
15	32,4	0,1	1,25	0,01	15	21,1	0,1	1,00	0,01
16	32,8	0,1	0,90	0,01	16	21,2	0,1	1,00	0,01
17	33,1	0,1	0,75	0,01	17	21,4	0,1	1,00	0,01
18	33,6	0,1	0,60	0,01	18	21,6	0,1	0,80	0,01
19	34,1	0,1	0,40	0,01	19	21,8	0,1	0,72	0,01
20	34,6	0,1	0,35	0,01	20	21,9	0,1	0,64	0,01
21	35,1	0,1	0,24	0,01	21	22,1	0,1	0,54	0,01
22	35,4	0,1	0,24	0,01	22	22,6	0,1	0,4	0,01
23	36,6	0,1	0,18	0,01	23	22,9	0,1	0,32	0,01
24	37,3	0,1	0,16	0,01	24	23,2	0,1	0,28	0,01
25	32,5	0,1	1,30	0,01	25	23,6	0,1	0,24	0,01
26	32,9	0,1	0,85	0,01	26	23,8	0,1	0,22	0,01
27	33	0,1	0,80	0,01	27	24,3	0,1	0,18	0,01
					28	24,6	0,1	0,16	0,01
					29	24,9	0,1	0,15	0,01

6. Для тех же двух контуров снимите фазово-частотные характеристики  $\varphi_C(f)$  (16-17 точек в сумме по обе стороны от резонанса) при том же напряжении  $E$ .

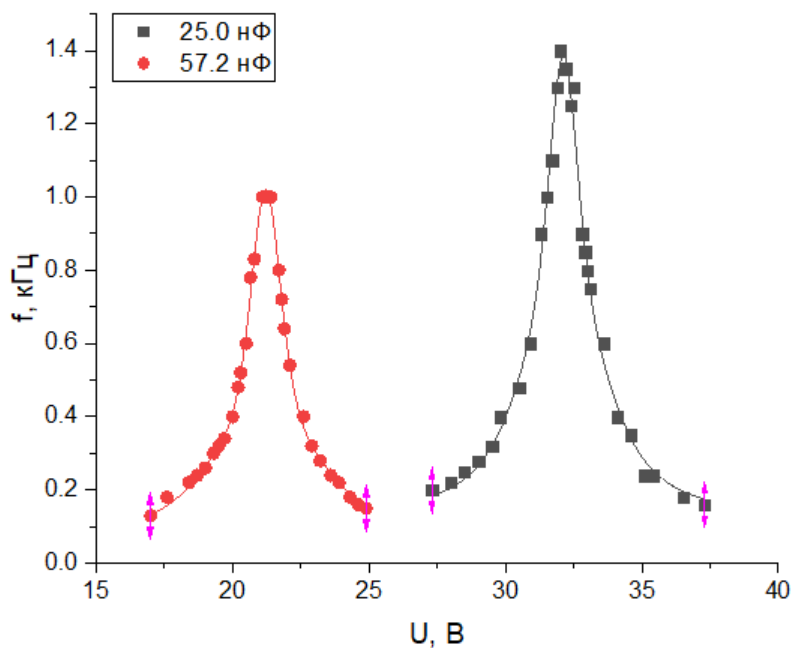
$C_1 = 25,0 \text{ нФ}$			$C_4 = 57,2 \text{ нФ}$		
$n$	$f, \text{ кГц}$	$-\varphi/\pi$	$n$	$f, \text{ кГц}$	$-\varphi/\pi$
1	29,6	0,03	1	18,8	0,06
2	29,8	0,04	2	19	0,08
3	30	0,05	3	19,5	0,08
4	30,4	0,05	4	19,6	0,11
5	30,8	0,1	5	19,8	0,15
6	31,2	0,14	6	20,1	0,17
7	31,5	0,21	7	20,3	0,2
8	31,6	0,29	8	20,5	0,22
9	31,9	0,4	9	20,7	0,27
10	32	0,49	10	20,8	0,36
11	32,3	0,6	11	21	0,41
12	32,5	0,71	12	21,1	0,45
13	32,8	0,8	13	21,2	0,48
14	33	0,86	14	21,3	0,57
15	33,2	0,87	15	21,5	0,71
16	33,5	0,88	16	21,7	0,81
17	33,8	0,94	17	22	0,86
18	34	0,98	18	22,3	0,93
19	34,4	1	19	22,4	1
20	32,6	0,74	20	22,6	1,11
21	32,4	0,66	21	22,8	1
			22	23,1	0,98

### 3 Обработка данных

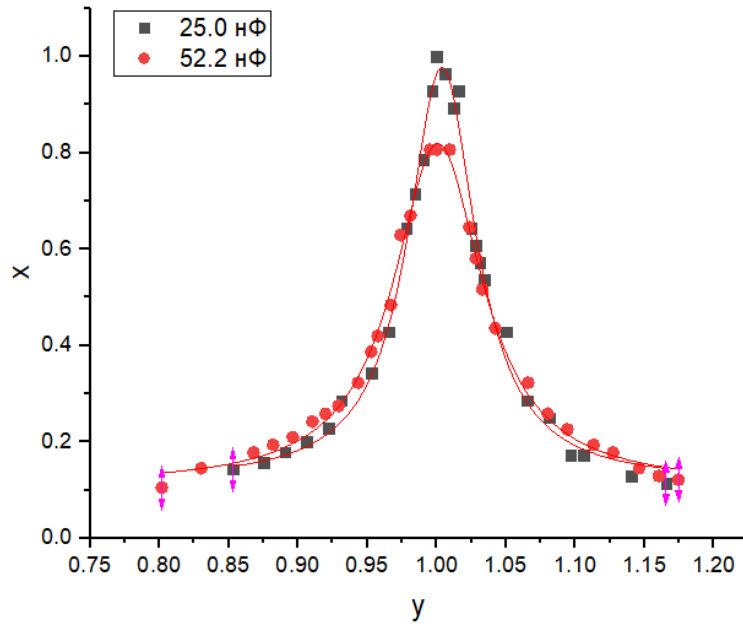
1. Результаты измерений представим в таблице.

$n$	$C_n$ , нФ	$f_{0n}$ , кГц	$U_C$ , В	$E$ , В	$L$ , мкГн	$Q$	$\rho$ , Ом	$R_{\Sigma}$ , Ом	$R_{S_{\max}}$ , Ом	$R_L$ , Ом	$I$ , мА
1	25,0	32,0	2,57	0,1	991,43	25.2	199,14	12,55	0,20	8,90	0,0080
2	33,2	28,0	2,14	0,1	975,10	22.5	171,38	10,80	0,17	7,18	0,0093
3	47,5	23,3	1,98	0,1	984,23	19.6	143,95	9,07	0,14	5,47	0,0110
4	57,2	21,2	1,83	0,1	987,27	17.8	131,38	8,28	0,13	4,70	0,0121
5	67,4	19,6	1,70	0,1	980,24	16.9	120,60	7,60	0,12	4,03	0,0132
6	82,1	17,7	1,57	0,1	986,77	15.6	109,63	6,91	0,11	3,35	0,0145
7	99,6	16,2	1,44	0,1	970,99	14.3	98,74	6,22	0,10	2,67	0,0161
Среднее значение					982,29	—				5,18	—
Среднеквадратичная погрешность среднего значения					2,74	—				0,83	—
Коэффициент Стьюденса $t_{n\alpha}$ для $n = 7, \alpha = 0,95$					2,34	—				2,34	—

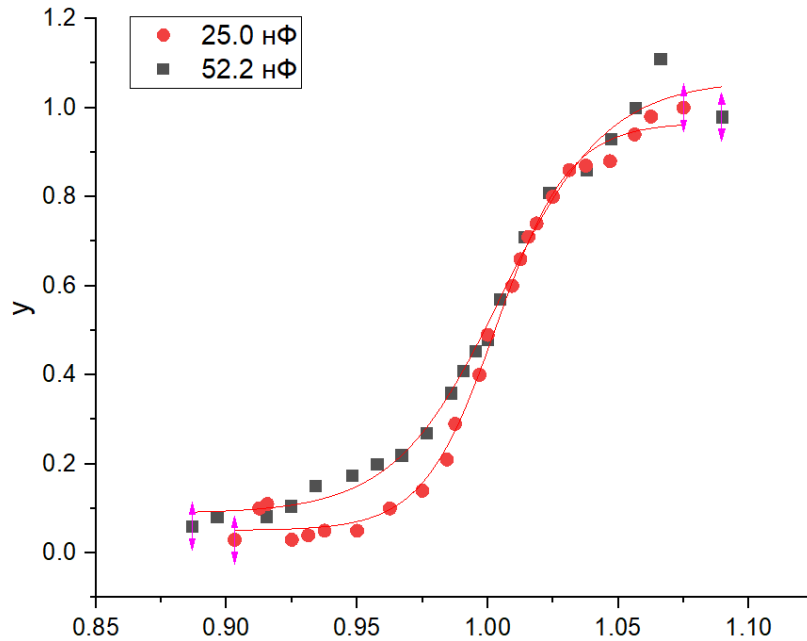
2. По данным из пункта 5 построим на одном графике амплитудно-частотные характеристики в координатах  $f, U_C(f)$ .



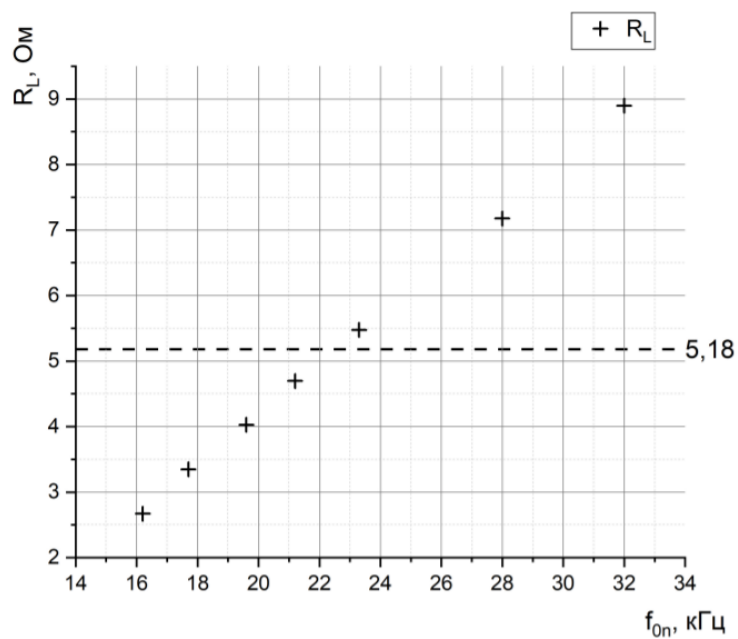
3. По тем же данным построим на одном графике амплитудно-частотные характеристики в безразмерных координатах  $x = f/f_{0n}, y = U_C(x)/U_C(1)$ . По ширине резонансных кривых на уровне 0.707 определим добротности  $Q$  соответствующих контуров:  $Q_1 = 25.4 \pm 0.3$  и  $Q_2 = 18.1 \pm 0.4$ .



4. По данным пункта 6 построим на одном графике фазово-частотные характеристики в координатах  $x = f/f_{0n}, y = \varphi/\pi$  для выбранных контуров. По этим характеристикам определим добротности контуров одним из двух способов: по расстоянию между точками по оси  $x$ , в которых  $y$  меняется от  $-0.25$  до  $-0.75$ , равному  $1/Q$ , или по формуле  $Q = 0.5 d\varphi_C(x)/dx$  при  $x = 0$ :  $Q_1 = 25 \pm 1$  и  $Q_2 = 17 \pm 2$ .



5. По данным таблицы построим зависимость  $R_L(f_{0n})$ , на график нанесём прямую  $\langle R_L \rangle$ .



## 4 Вывод

Проведено исследование колебаний напряжения в последовательном контуре. Несколькими методами была определена добротность контуров. Результаты в пределах погрешностей согласуются. Построен график  $R_L(f_0)$ . Видно, что сопротивление меняется практически линейно. Можно предположить, что изменения связаны с потерями на перемagnetивание сердечника катушки.