

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина  
Кафедра «Технологии и средства связи»

Оценка работы \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

## ИНЕРЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ ЦЕПЕЙ

### *Отчет по лабораторной работе № 5*

по дисциплине «Основы теории цепей»

Подпись

Дата 14.04.23

Фамилия

Преподаватель Ворожцов Сергей Владимирович

Студент Пятышин Артем Андреевич

Группа РИ-211121

Екатеринбург

2023

## Цель работы

Расчет и экспериментальная проверка амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик линейных электрических цепей первого и второго порядка

## Расчетная часть

При  $L=0,55\text{мГн}$ ;  $C=68\text{нФ}$ ;  $R=470\text{Ом}$ ;

1) Для RC-цепи:

$$K_U = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega CR)^2}}, \quad \varphi_U(\omega) = -\arctg(\omega CR)$$

$$f_{cp} = \frac{1}{2\pi CR} = (2\pi \cdot 470\Omega \cdot 68\text{нФ})^{-1} = 4,979 \text{ кГц}$$

Графики АЧХ и ФЧХ от  $K_{max}$  до  $0,1K_{max}$ :

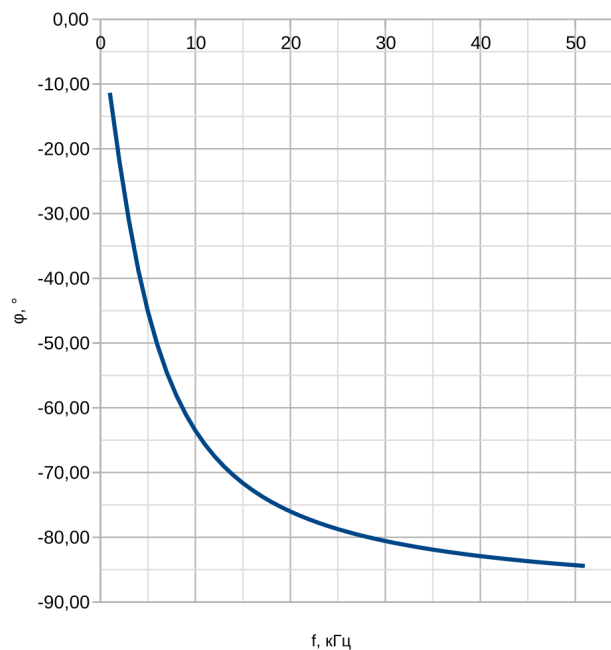
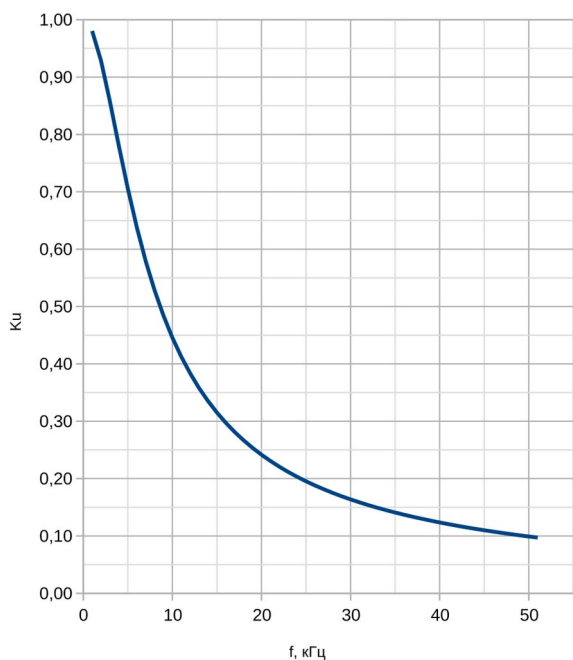


Рис. 1.1 – График АЧХ RC-цепи

Рис. 1.2 – График ФЧХ RC-цепи

2) Для CR-цепи:

$$K_U = \frac{\omega CR}{\sqrt{1+(\omega CR)^2}}, \varphi_U(\omega) = \arctg\left(\frac{1}{\omega CR}\right)$$

$$f_{cp} = \frac{1}{2\pi CR} = (2\pi \cdot 470\Omega \cdot 68\text{нФ})^{-1} = 4,979 \text{ кГц}$$

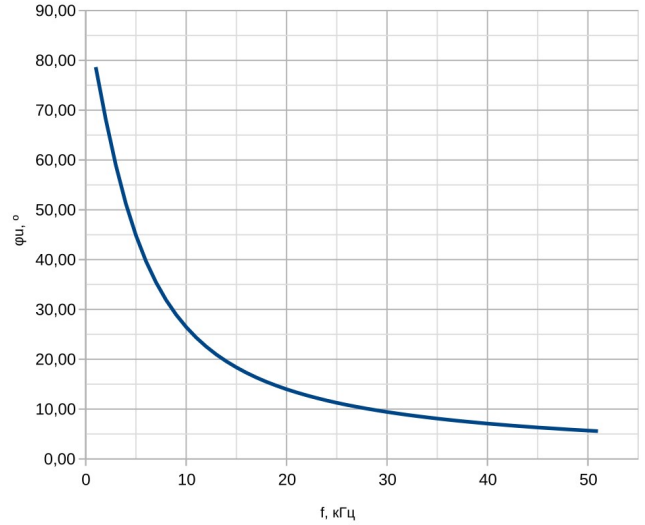
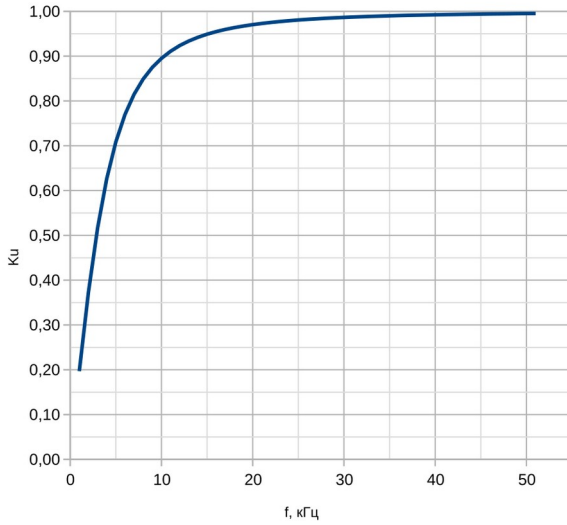


Рис. 2.1 – График АЧХ CR-цепи

Рис. 2.2 – График ФЧХ CR -цепи

3) Для LR-цепи:

$$K_U = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega \frac{L}{R})^2}}, \varphi_U(\omega) = -\arctg\left(\omega \frac{L}{R}\right)$$

$$f_{cp} = \frac{1}{2\pi \frac{L}{R}} = (2\pi \cdot (0,55 \text{ мГн} / 470\Omega))^{-1} = 136 \text{ кГц}$$

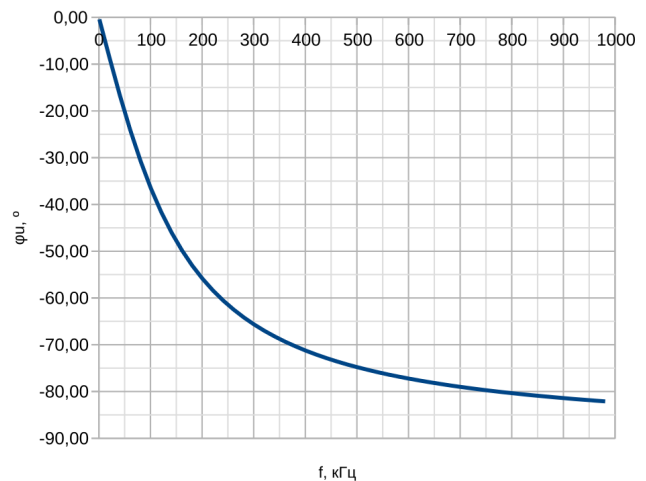
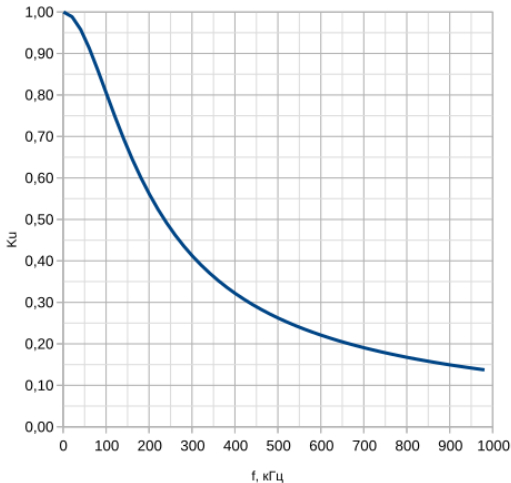


Рис. 3.1 – График АЧХ LR-цепи

Рис. 3.2 – График ФЧХ LR -цепи

4) Для RLC-цепи ( $R_{кр}$ ):

$$K_U = \frac{1}{\sqrt{(1 - \omega^2 CL)^2 + (\omega CR)^2}}, \varphi_U(\omega) = \arctg(\omega^2 CL - \omega CR)$$

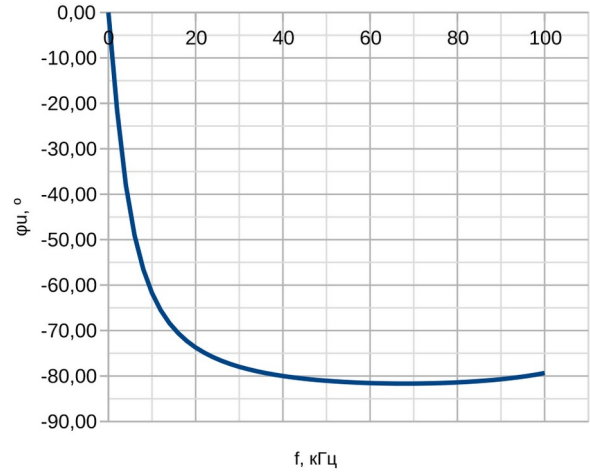
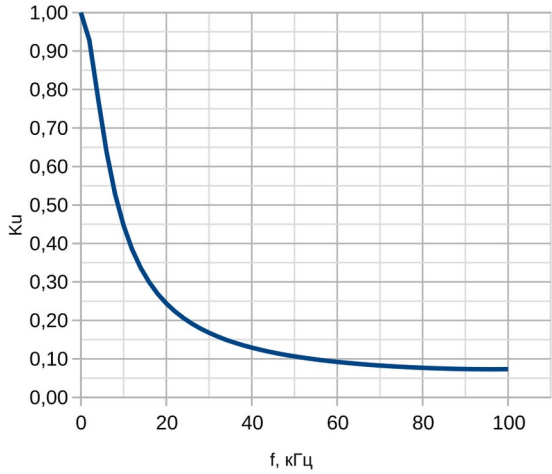


Рис. 4.1 – График АЧХ LR-цепи ( $R_{кр}$ )

Рис. 4.2 – График ФЧХ LR -цепи ( $R_{кр}$ )

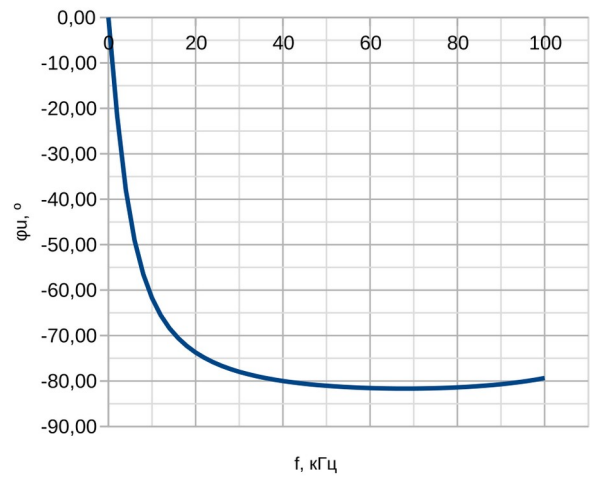
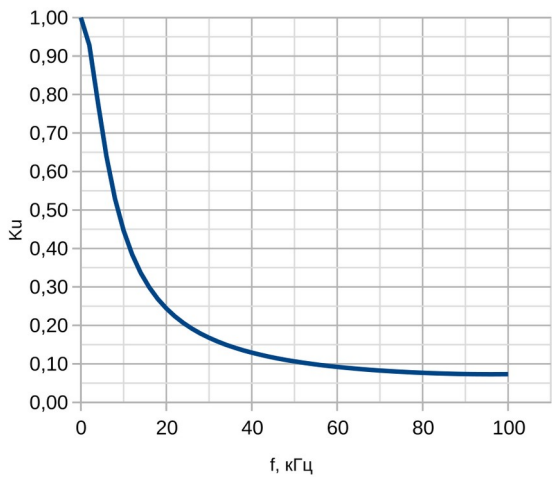


Рис. 4.3 – График АЧХ LR-цепи ( $R_{кр}$ )

Рис. 4.4 – График ФЧХ LR -цепи ( $R_{кр}$ )

## Экспериментальная часть

### 1. Схема электрическая RC-цепи:

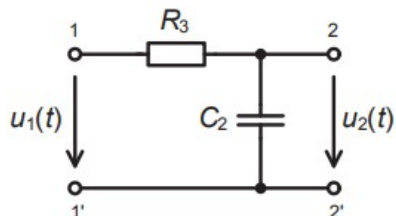


Рис. 1.1 – Схема исследуемой RC-цепи

Таблица 1 – Таблица измерения RC-цепи

$f$ , кГц	10	11	12,5	15	20	30	40	60	80	100	200
$U_{M1}$ , В	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
$U_{M2}$ , В	3,04	2,98	2,72	2,32	1,84	1,24	0,94	0,64	0,46	0,42	0,20
$\tau_3$ , $\Delta\varphi$	14,00	13,20	12,40	10,80	9,80	6,60	5,40	3,80	2,80	2,24	1,16
$K_U$	0,61	0,60	0,54	0,46	0,37	0,25	0,19	0,13	0,09	0,08	0,04
$\varphi_U$ , рад	0,88	0,91	0,95	1,02	1,23	1,24	1,36	1,43	1,41	1,41	1,46
$\varphi_U$ , °	50,40	52,27	54,24	58,32	70,56	71,28	77,76	82,08	80,64	80,64	83,52

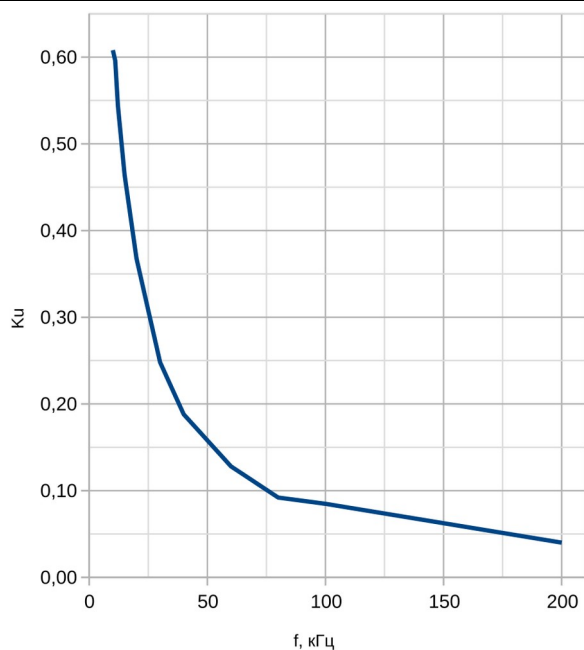


Рисунок 1.2 – АЧХ RC-цепи

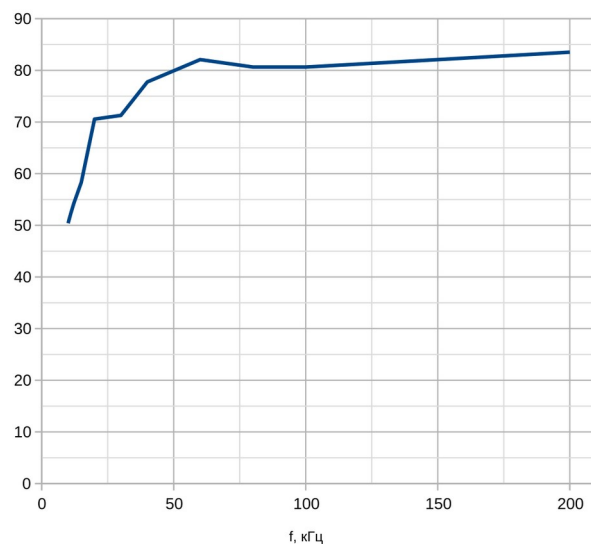


Рисунок 1.3 – ФЧХ RC-цепи



## 2. Схема электрическая CR-цепи:

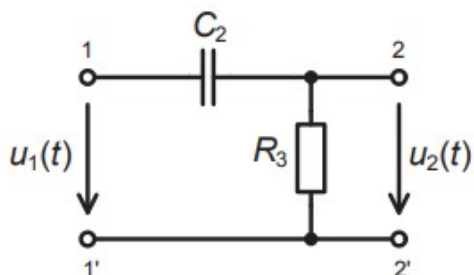


Рис. 2.1 – Схема исследуемой CR-цепи

Таблица 2 – Таблица измерения CR цепи

$f$ , кГц	10	12	14	16	18	20	22	24	28	30
$U_{M1}$ , В	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
$U_{M2}$ , В	0,45	0,54	0,62	0,70	0,82	0,90	0,98	1,06	1,24	1,26
$\tau_3$ , Δφ	27,00	23,20	20,00	16,80	16,00	14,40	13,20	12,40	0,80	0,20
$K_U$	11,16	9,33	8,01	7,14	6,10	5,56	5,10	4,72	4,03	3,97
$\varphi_U$ , рад	1,70	1,75	1,76	1,69	1,81	1,81	1,82	1,87	1,90	1,92
$\varphi_U$ , °	97,20	100,22	100,80	96,77	103,68	103,68	104,54	107,14	108,86	110,16

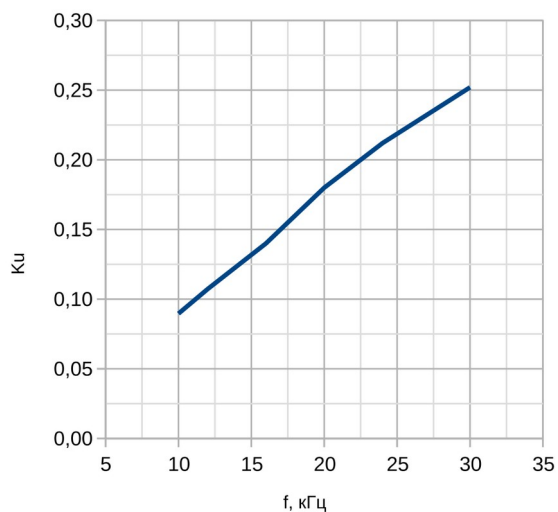


Рисунок 2.2. – АЧХ CR-цепи

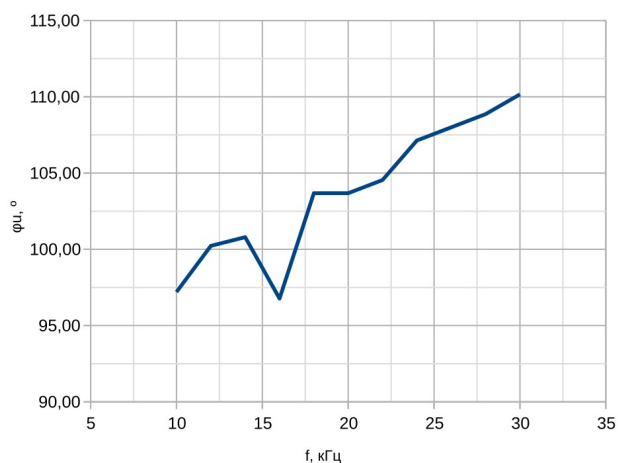


Рисунок 2.3. – ФЧХ CR-цепи

### 3. Схема электрическая LR-цепи:

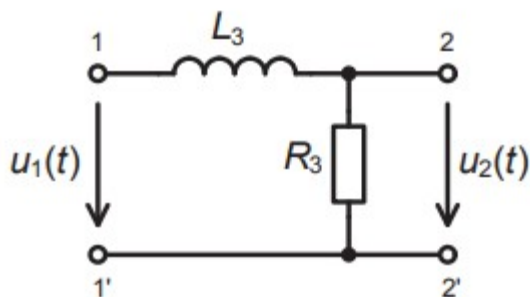


Рис. 3.1 – Схема исследуемой LR-цепи

Таблица 3 – Таблица измерения LR-цепи

$f$ , кГц	10	30	60	80	120	140	150	160
$U_{M1}$ , В	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
$U_{M2}$ , В	5,00	4,80	4,48	4,24	3,52	3,30	3,12	2,96
$\tau_3$ , $\Delta\phi$	1,44	1,44	1,44	1,28	1,28	1,28	1,28	0,96
$K_U$	1,00	0,96	0,90	0,85	0,70	0,66	0,62	0,59
$\varphi_U$ , рад	0,09	0,27	0,54	0,64	0,97	1,13	1,21	0,97
$\varphi_U$ , °	5,18	15,55	31,10	36,86	55,30	64,51	69,12	55,30

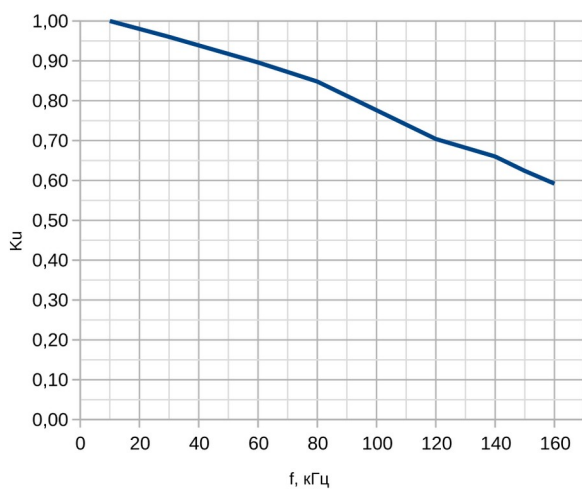


Рисунок 2.2. – АЧХ LR-цепи

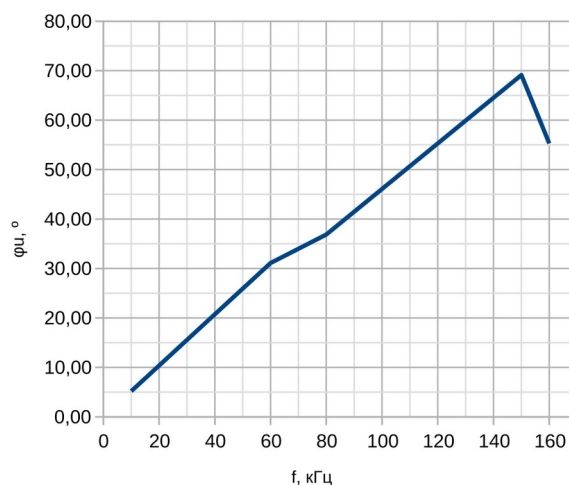


Рисунок 2.3. – ФЧХ LR-цепи



4. Схема электрическая LRC-цепи:

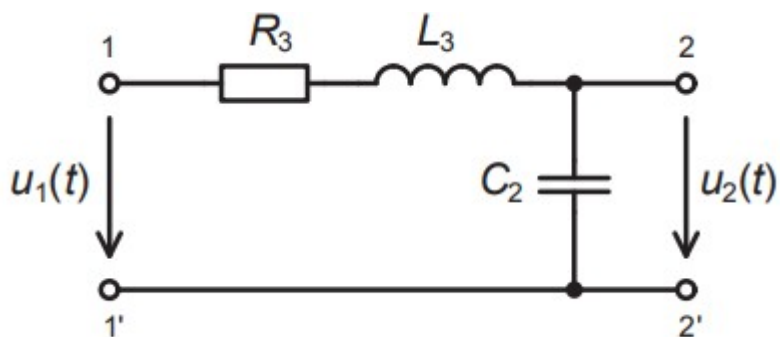
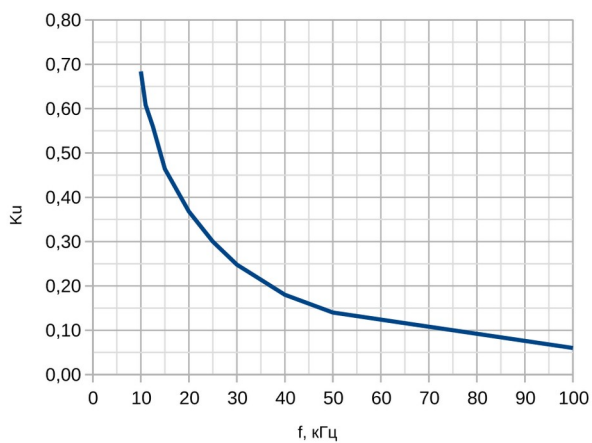


Рис. 4.1 – Схема исследуемой RLC-цепи

Таблица 4 – Таблица измерения RLC-цепи

$f$ , кГц	10	11	12,5	15	20	25	30	40	50	100
$U_{M1}$ , В	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
$U_{M2}$ , В	3,42	3,04	2,80	2,32	1,84	1,50	1,24	0,90	0,70	0,30
$\tau_3$ , Δφ	15,20	14,40	13,20	12,10	10,80	9,60	8,40	6,80	6,00	3,56
$K_U$	0,68	0,61	0,56	0,46	0,37	0,30	0,25	0,18	0,14	0,06
$\varphi_U$ , рад	0,96	1,00	1,04	1,14	1,36	1,51	1,58	1,71	1,88	2,24
$\varphi_U$ , °	54,72	57,02	59,40	65,34	77,76	86,40	90,72	97,92	108,00	128,16



унок 4.2. – АЧХ RLC-цепи

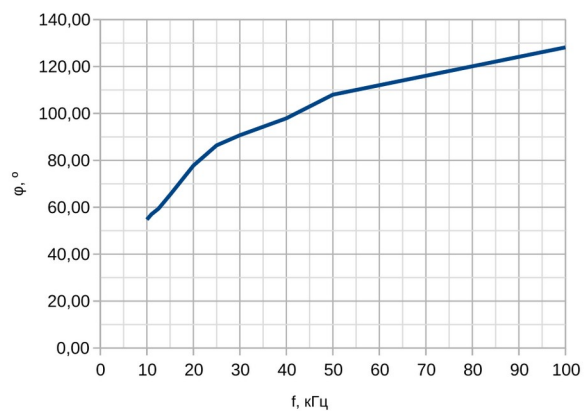


Рисунок 4.3. – ФЧХ RLC-цепи

Рис

## Обработка результатов

Таблица 2 – Таблица сравнения данных

$f_{cp}$ , кГц	$RC$	$CR$	$LR$	$RLC$		
				$2R_{кр}$	$R_{кр}$	$0.5R_{кр}$
расч.	4,979	4,979	136	-	5	-
эксперим.	5	50	125	-	9	-

Вывод: В ходе данной работы был произведен расчет и выполнена экспериментальная проверка амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик линейных электрических цепей первого и второго порядка. Однако в ходе сравнения теоретических и экспериментальных характеристик и их графиков выявились серьезные расхождения, которые могут быть обусловлены несколькими факторами. Неточные номиналы радиоэлектронных компонентов цепи, погрешности, вносимые измерительными приборами, например, высокое сопротивление генератора. Все это может вызывать серьезные расхождения результатов. Немаловажную роль также сыграло возможное нарушение методики проведения измерений и/или неверная интерпретация полученных результатов. Так, например, напарником были перепутаны каналы осциллографа при измерении сдвига фаз.