

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Вятский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ВятГУ»)
Факультет автоматики и вычислительной техники
Кафедра электронных вычислительных машин

**МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЁМКОСТИ, ИНДУКТИВНОСТИ,
ТАНГЕНСА УГЛА ПОТЕРЬ И ДОБРОТНОСТИ**

Отчет по лабораторной работе №3 по дисциплине
«Метрология, стандартизация и сертификация»
Вариант 2

Выполнил студент группы ИВТ-32 _____/Рзаев А. Э./
Проверил доцент кафедры ЭВМ _____/Скворцов А. А./

Киров 2018

1 Цель работы

Цель данной лабораторной работы – изучение основных методов измерения ёмкости, индуктивности, тангенса угла потерь и добротности.

2 Задание

1. Собрать схему рис. 1а: $E_{on} = 12 \text{ В}$, $R_A = 10 \text{ Ом}$, $R_V = 100 \text{ кОм}$. Подключить ко входу схемы источник опорного постоянного напряжения $E_{on} = 12 \text{ В}$. Записать показания вольтметра и амперметра и рассчитать значения $R_x = U/I$.

2. Вместо источника опорного напряжения подключить источник переменного синусоидального напряжения $U = 10 \text{ В}$ частотой $f = 100 \text{ кГц}$. Записать показания приборов и рассчитать полное сопротивление $Z_L = \frac{U_{\sim}}{I_{\sim}}$.

3. Рассчитать значение неизвестной индуктивности L_x по формуле (2):

$$L_x = \frac{\sqrt{Z_L^2 - R_x^2}}{\omega},$$

где $\omega = 2\pi f$.

4. Рассчитать относительную погрешность измерения:

$$\gamma = \frac{L_{xp} - L_{xu}}{L_{xu}},$$

где L_{xp} - рассчитанное в п.4 значение индуктивности; L_{xu} - установленное по своему варианту значение индуктивности.

5. Собрать схему рис. 1б. $E_{on} = 12 \text{ В}$, $R_A = 10 \text{ Ом}$, $R_V = 100 \text{ кОм}$.

6. Повторить п.п. 2 - 4 для емкости. Рассчитать емкость и погрешность измерения (по аналогии с индуктивностью):

$$C_x = \frac{\sqrt{\frac{1}{Z_C^2} - \frac{1}{R_x^2}}}{\omega}$$

7. Собрать схему рис. 2а: $U_{\sim} = 10 \text{ В}$, $f = 100 \text{ кГц}$, $R_1 = R_2 = 1 \text{ кОм}$, $C_0 = 3 \text{ нФ}$, $R_0 = 30 \text{ Ом}$.

8. Уравновесить мостовую схему, изменяя C_0 и R_0 до достижения показаний вольтметра, равных либо существенно приближенных к нулю.

9. Определить C_x и R_x по показаниям C_0 и R_0 . Рассчитать погрешности измерения C_x , R_x и тангенс угла потерь.

10. Собрать схему рис. 2б. $U_{\sim} = 10 \text{ В}$, $f = 100 \text{ кГц}$, $R_1 = R_2 = 1 \text{ кОм}$, $C_0 = 2 \text{ мкФ}$, $R_0 = 2 \text{ кОм}$.

11. Уравновесить схему, изменяя C_0 и R_0 , и определить C_x и R_x по показаниям C_0 и R_0 .

12. Рассчитать погрешности измерения C_x и R_x , тангенс угла потерь.

13. Собрать схему рис. 3а: $U_{\sim} = 10 \text{ В}$, $f = 100 \text{ кГц}$, $R_1 = R_2 = 1 \text{ кОм}$, $L_0 = 2 \text{ мН}$, $R_0 = 2 \text{ кОм}$.

14. Уравновесить мостовую схему, изменяя L_0 и R_0 . Записать значения R_x и L_x по показаниям L_0 и R_0 .

15. Рассчитать погрешность измерения R_x и L_x , а также добротность катушки индуктивности.

16. Собрать схему рис. 3б: $U_{\sim} = 10 \text{ В}$, $f = 100 \text{ кГц}$, $R_0 = 1 \text{ кОм}$, $C_0 = 10 \text{ нФ}$, $R_1 = R_2 = 1 \text{ кОм}$.

17. Уравновесить мостовую схему. Рассчитать значения R_x , L_x и добротность катушки по формулам, приведенным в описании схемы, а также погрешность измерения R_x и L_x .

18. Собрать схему рис. 4 для измерения L_x резонансным методом. $U_{\sim} = 10 \text{ В}$, $R_0 = 1 \text{ кОм}$, $C_0 = 1 \text{ нФ}$.

19. Изменяя частоту генератора (начать можно с 50 кГц) найти резонансную частоту, соответствующую максимуму показаний вольтметра. Вычислить L_x по формуле

$$L_x = \frac{1}{(2\pi f)^2 \cdot C_0}.$$

20. Рассчитать относительную погрешность в определении L_x .

3 Выполнение задания

3.1 Экспериментальная часть

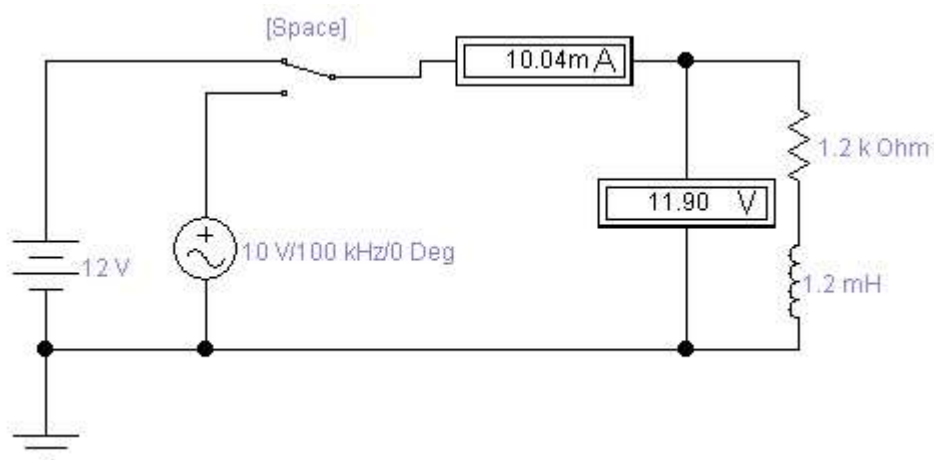


Рисунок 1 – Схема метода амперметра – вольтметра для определения индуктивности при первом положении ключа

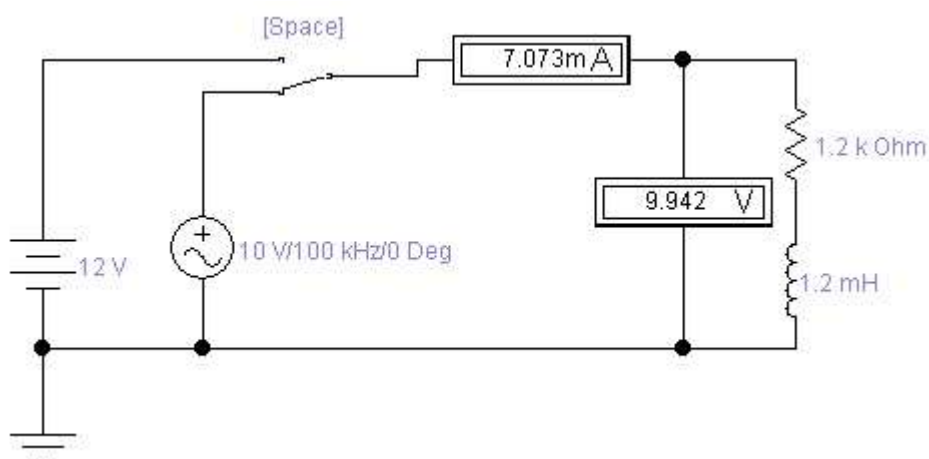


Рисунок 2 – Схема метода амперметра – вольтметра для определения индуктивности при втором положении ключа

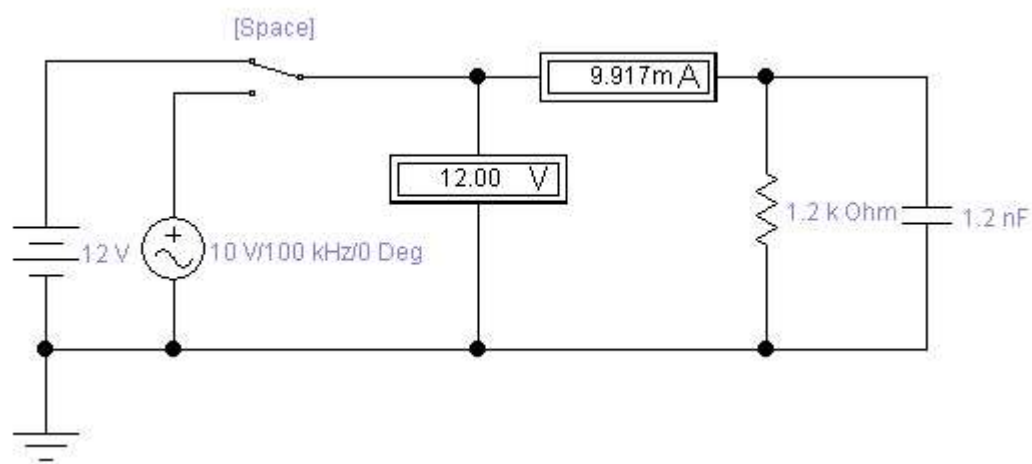


Рисунок 3 – Схема метода амперметра – вольтметра для определения ёмкости при первом положении ключа

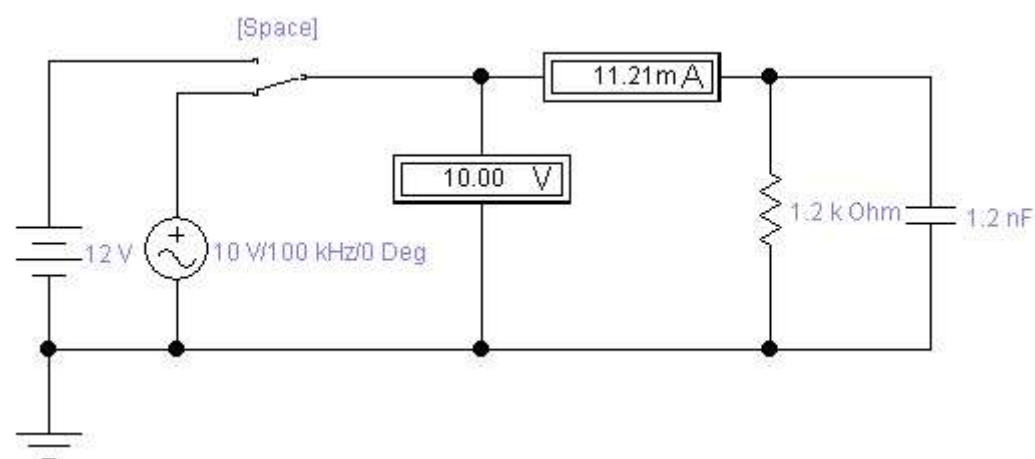


Рисунок 4 – Схема метода амперметра – вольтметра для определения ёмкости при втором положении ключа

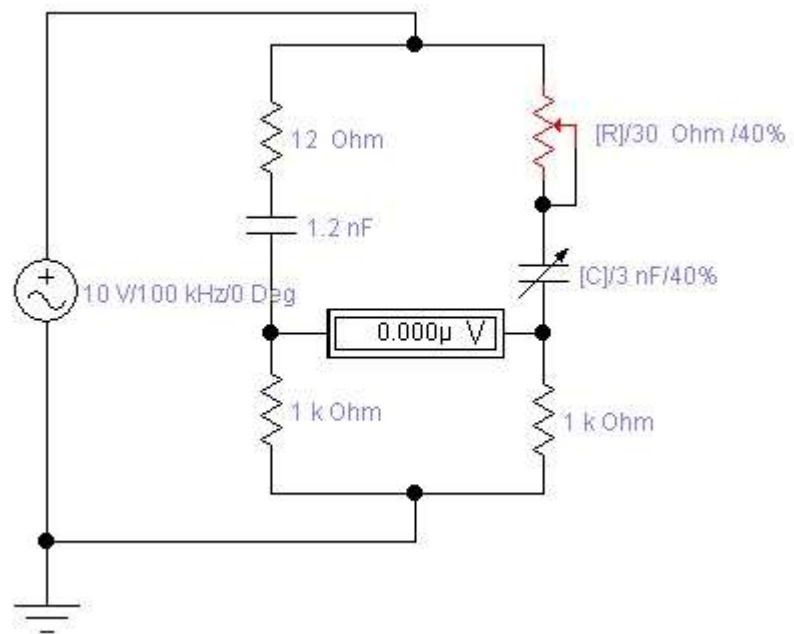


Рисунок 5 – Мостовая схема измерения ёмкости с малыми потерями в диэлектрике

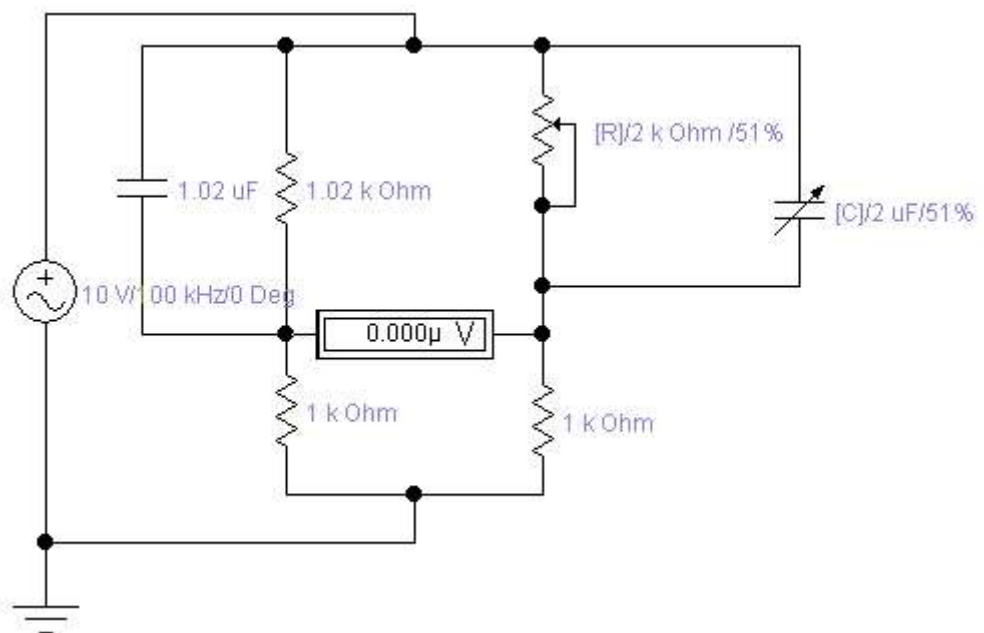


Рисунок 6 – Мостовая схема измерения ёмкости с большими потерями в диэлектрике

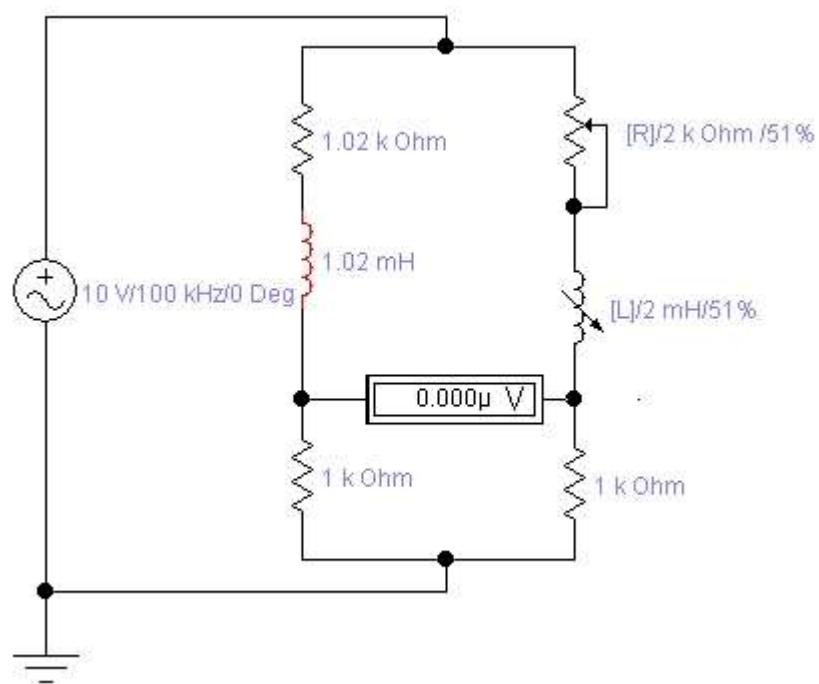


Рисунок 7 – Мостовая схема измерения индуктивности с использованием образцовой индуктивности

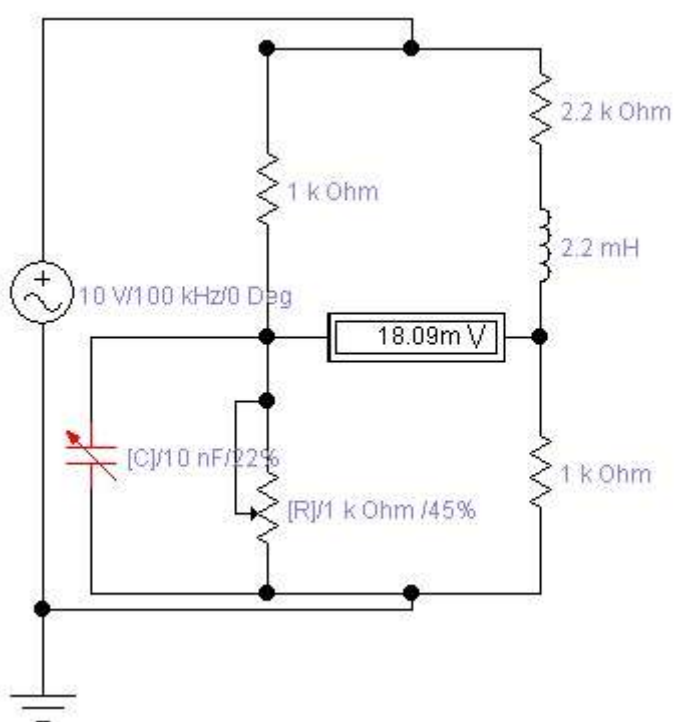


Рисунок 8 – Мостовая схема измерения индуктивности с использованием образцовой индуктивности

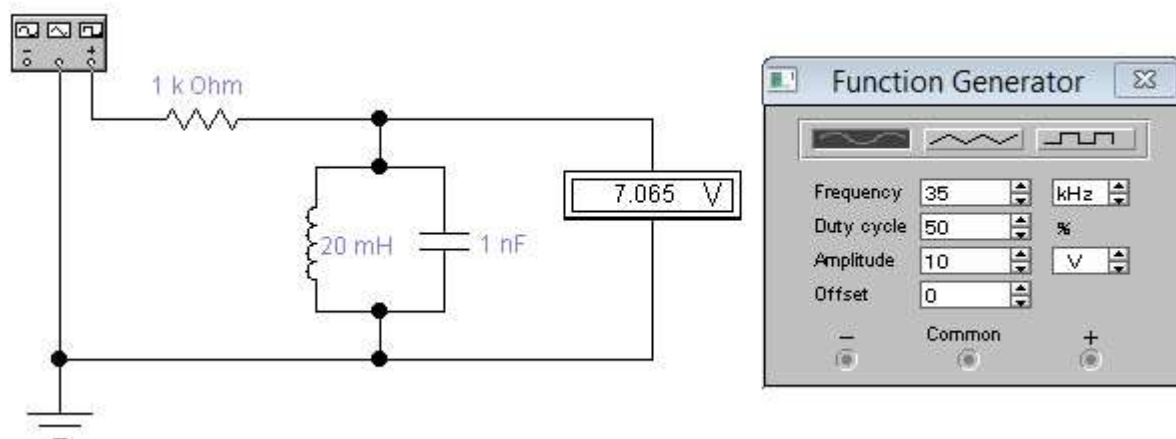


Рисунок 9 – Схема измерения резонансным методом и параметры Function Generator

3.2 Аналитическая часть

1) Вычисление ёмкости и индуктивности по схемам рисунков 1-4:

$$R_x = \frac{U_V}{I_A} = \frac{11.9}{0.01004} = 1185 \text{ Ом};$$

$$Z = \frac{U_{\sim}}{I_{\sim}} = \frac{9.94}{0.00707} = 1405 \text{ Ом};$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$L_x = \frac{\sqrt{Z_L^2 - R_x^2}}{\omega} = \frac{\sqrt{1405^2 - 1185^2}}{6.28 \cdot 10^5} = 1.202 \text{ мГн};$$

$$\gamma = \frac{L_{xp} - L_{xu}}{L_{xu}} = \frac{1.202 - 1.2}{1.2} = 0.2 \text{ \%};$$

$$R_x = \frac{U_V}{I_A} = \frac{12}{0.0092} = 1304 \text{ Ом};$$

$$Z = \frac{U_{\sim}}{I_{\sim}} = \frac{10}{0.0112} = 892 \text{ Ом};$$

$$C_x = \frac{\sqrt{\frac{1}{Z_C^2} - \frac{1}{R_x^2}}}{\omega} = \frac{\sqrt{\frac{1}{892^2} - \frac{1}{1304^2}}}{6.28 \cdot 10^5} = 1.302 \text{ нФ};$$

$$\gamma = \frac{C_{xp} - C_{xu}}{C_{xu}} = \frac{1.302 - 1.2}{1.2} = 8.5 \text{ \%};$$

2) Расчет ёмкости по схемам рисунков 5-6:

$$R_x = R_0 \cdot 0.4 = 30 \cdot 0.4 = 12 \text{ Ом};$$

$$C_x = C_0 \cdot 0.4 = 3 \cdot 0.4 = 1.2 \text{ нФ};$$

$$tg\delta = \omega R_x C_x = 6.28 \cdot 10^5 \cdot 12 \cdot 1.2 \cdot 10^{-9} = 0.009;$$

$$R_x = R_0 \cdot 0.51 = 2 \cdot 0.51 = 1.02 \text{ кОм};$$

$$C_x = C_0 \cdot 0.51 = 2 \cdot 0.51 = 1.02 \text{ мкФ};$$

$$tg\delta = \frac{1}{\omega R_x C_x} = \frac{1}{6.28 \cdot 10^5 \cdot 1.02 \cdot 10^3 \cdot 1.02 \cdot 10^{-6}} = 0.0015;$$

$$\gamma = \frac{C_{xp} - C_{xu}}{C_{xu}} = \frac{1.02 - 1.02}{1.02} = 0;$$

$$\gamma = \frac{R_{xp} - R_{xu}}{R_{xu}} = \frac{1.02 - 1.02}{1.02} = 0;$$

3) Расчет индуктивности по схемам рисунков 7-8:

$$L_X = L_0 * 0.51 = 2 * 0.51 = 1.02 \text{ мГн};$$

$$R_X = R_0 * 0.51 = 2 * 0.51 = 1.02 \text{ кОм};$$

$$\gamma = \frac{L_{xp} - L_{xu}}{L_{xu}} = \frac{1.02 - 1.02}{1.02} = 0;$$

$$\gamma = \frac{R_{xp} - R_{xu}}{R_{xu}} = \frac{1.02 - 1.02}{1.02} = 0;$$

$$Q_x = \frac{\omega L_x}{R_x} = \frac{6.28 * 10^5 * 1.02 * 10^{-3}}{1020} = 0.628;$$

$$L_x = R_1 \cdot R_2 \cdot C_0 = 1000 * 1000 * 10 * 10^{-9} * 0.22 = 2.2 \text{ мГн};$$

$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_0} = \frac{1000 * 1000}{1000 * 0.45} = 2.2 \text{ кОм};$$

$$\gamma = \frac{L_{xp} - L_{xu}}{L_{xu}} = \frac{2.2 - 2.2}{2.2} = 0;$$

$$\gamma = \frac{R_{xp} - R_{xu}}{R_{xu}} = \frac{2.2 - 2.2}{2.2} = 0;$$

$$Q_x = \frac{\omega L_x}{R_x} = \frac{6.28 * 10^5 * 2.2 * 10^{-3}}{2200} = 0.628;$$

4) Расчеты по схеме рисунка 9:

$$f = 35 \text{ кГц};$$

$$U = 10 \text{ В};$$

$$L_x = \frac{1}{(2\pi f)^2 \cdot C_0} = \frac{1}{(6.28 * 35 * 10^3)^2 * 1 * 10^{-9}} = 20.7 \text{ мГн};$$

$$\gamma = \frac{L_{xp} - L_{xu}}{L_{xu}} = \frac{20.7 - 20}{20} = 3.5 \text{ \%}.$$

4 Вывод

В ходе данной лабораторной работы были изучены некоторые методы измерения емкости, индуктивности, добротности и тангенса угла потерь.

При выполнении работы было установлено, что наиболее точные значения были получены при измерении нулевым и мостовым методами, однако они достаточно сложны в реализации и требуют ручного подбора некоторых параметров. Схема резонансного метода имеет достаточно невысокую погрешность и очень проста в реализации, однако все также требует ручного подбора одного из параметров. Этот недостаток отсутствует в схемах косвенных методов (амперметра-вольтметра), однако эти схемы более сложны в реализации, имеют более высокую погрешность и требуют проведения измерения как по постоянному, так и по переменному току.