

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»  
Филиал «Минский радиотехнический колледж»

Учебный предмет  
«Электрические измерения»

**Инструкция**  
по выполнению лабораторной работы №25  
«Измерение параметров катушек индуктивности различными приборами»

Минск 2022 г.

## Лабораторная работа № 25

### Тема работы: «Измерение параметров катушек индуктивности различными приборами»

#### 1 Цель работы

Изучить порядок измерения параметров катушки индуктивности; научиться производить расчеты, сравнивать результаты измерений.

#### 2 Задание

- 1) записать технические характеристики приборов;
- 2) собрать электрическую цепь, выполнить измерения напряжения, сопротивление, силы тока и мощности, вычислить значения индуктивности катушки для каждого метода измерений, абсолютные и относительные погрешности, проанализировать результаты измерений;
- 3) построить графики зависимости от измеренной индуктивности катушки и от напряжения источника питания.

#### 3 Оснащение работы

Универсальный источник питания; аналоговый вольтметр и амперметр; цифровые вольтметр и амперметр; ваттметр; соединительные провода.

#### 4 Краткие теоретические сведения

##### *Методы измерения индуктивности катушки*

Катушка индуктивности является элементом цепей переменного тока, что обуславливает некоторую специфику методов измерения этой величины.

При измерении параметров катушки индуктивности в ней обычно выделяют и изменяют значения индуктивности  $L$ , сопротивления потерь  $R$ , записываемой энергии при протекании по ней тока  $W$  и добротности  $Q$ .

Схемы измерения параметров катушки индуктивности чрезвычайно разнообразны, но их можно объединить в три группы: резонансные, непосредственной оценки и мостовые. В данной лабораторной работе использованы только методы непосредственной оценки.

Методы измерения индуктивности  $L$  приборами непосредственной оценки основаны на определении токов и (или) напряжений, мощности в измерительной цепи с последующим вычислением величины индуктивности по известным формулам (либо непосредственной градуировке одного из используемых приборов в единицах измеряемой величины). Для измерения параметров катушки индуктивности в данной лабораторной работе использованы следующие методы:

- Метод одного вольтметра;
- Метод амперметра и вольтметра;
- Метод ваттметра;

При выборе метода измерения и производстве измерений необходимо иметь в виду, что индуктивность  $L$  и взаимная индуктивность  $M$  могут зависеть от тока, напряжения, внешних электромагнитных полей и т.п.

### *Метод одного вольтметра*

В простейшем случае величина индуктивности  $L$  может быть определена с помощью одного вольтметра, которым измеряют падения напряжений на элементах цепи, как показано на рисунке 25.1.

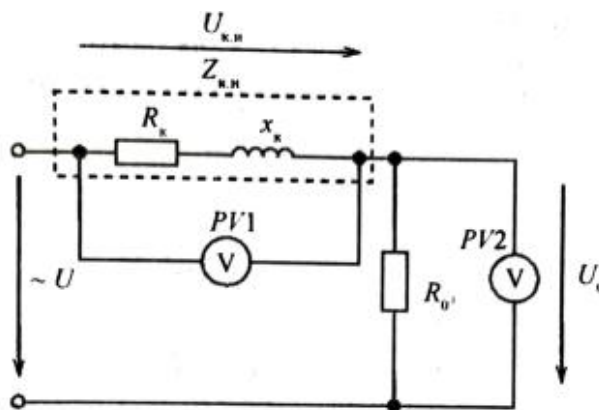


Рисунок 25.1 - Схема для измерения индуктивности методом одного вольтметра

Вольтметром определяют падение напряжения на элементах  $Z_{к.и}$  и  $R_0$  схемы. Полное сопротивление катушки индуктивности

$$Z_{к.и} = \sqrt{R_{к.и}^2 + x_{к.и}^2}$$

Из этой формулы можно выразить  $x_{к.и}$

$$x_{к.и} = \sqrt{Z_{к.и}^2 - R_{к.и}^2}$$

Общее сопротивление реальной катушки  $Z_{к.и}$ , можно выразить из закона Ома. Исходя из того, что катушка соединена с образцовым резистором  $R_0$  последовательно, через них проходит одинаковый ток:

$$Z_{к.и} = \frac{U_{к.и}}{I} = \frac{U_{к.и}}{U_0/R_0} = \frac{R_0 U_{к.и}}{U_0}$$

$$\text{Тогда } x_{к.и} = \sqrt{\left(\frac{R_0 U_{к.и}}{U_0}\right)^2 - R_{к.и}^2} \text{ или } x_{к.и} = \sqrt{R_0^2 \left(\frac{U_{к.и}}{U_0}\right)^2 - R_{к.и}^2}.$$

Зная индуктивное сопротивление катушки, можно определить ее индуктивность

$$L = \frac{x_{к.и}}{\omega} = \frac{\sqrt{R_0^2 \left(\frac{U_{к.и}}{U_0}\right)^2 - R_{к.и}^2}}{\omega}$$

### **Метод амперметра и вольтметра**

При использовании данного метода применяют схему для измерения индуктивности, приведенную на рисунке 19.

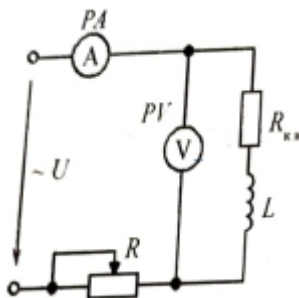


Рисунок 19. Схема для измерения индуктивности методом амперметра и вольтметра

Активное сопротивление катушки  $R_{к.и}$  определяют или с помощью омметра, или с помощью амперметра и вольтметра при питании цепи постоянным током. При синусоидальном токе, измерив действующие значения тока  $I$  и напряжения  $U$  на зажимах катушки, можно определить ее полное сопротивление

$$Z_{к.и} = \frac{U_{к.и}}{I} = \sqrt{R_{к.и}^2 + \omega^2 L^2},$$

а затем и ее индуктивность

$$L = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z_{к.и}^2 - R_{к.и}^2}.$$

Если сопротивление катушки соизмеримо с сопротивлением вольтметра, то амперметр включают после вольтметра. Точность измерения этим методом низкая из-за суммирования погрешностей показания приборов.

### **Метод ваттметра**

Для определения параметров цепи, состоящей только из индуктивности, может быть использован метод трех приборов (рисунок 20).

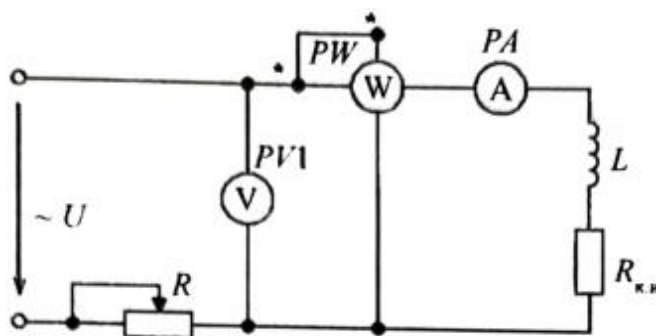


Рисунок 20. Схема для измерения индуктивности методом ваттметра

По показаниям приборов (вольтметра, ваттметра, амперметра) могут быть рассчитаны все параметры индуктивности. Выразим индуктивностью катушки:

$$L = \frac{x_{к.и}}{\omega} = \frac{\sqrt{Z_{к.и}^2 - R_{к.и}^2}}{\omega} = \frac{\sqrt{(U/I)^2 - (P/I^2)^2}}{\omega} = \frac{1}{\omega I^2} \sqrt{I^2 U^2 - P^2},$$

где  $x_{к.и} = Z_{к.и}^2 - R_{к.и}^2$ ,  $Z_{к.и} = U/I$ ,  $R_{к.и} = P/I^2$ .

### 5 Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с требованиями по охране труда при выполнении лабораторных работ, изучить краткие теоретические сведения.
2. Ознакомиться с приборами, используемыми при выполнении лабораторной работы, и подготовить их к работе. Определить технические данные и заполнить таблицу 25.1.

Таблица 25.1 - Технические характеристики приборов

Прибор	Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения

3. Выполнить прямые измерения искомых сопротивлений  $R_{к.и}$  цифровым омметром. Результаты измерений записать в таблицу 25.2.

Таблица 25.2 - Результаты измерений и вычислений

Напряжение источника питания, В	Измерение										Расчет		
	Метод одного вольтметра				Метод амперметра и вольтметра			Метод ваттметра			Метод одного вольтметра	Метод амперметра и вольтметра	Метод ваттметра
	$R_0$ , Ом	$R_{к.и}$ , Ом	$U_{к.и}$ , В	$U_0$ , В	$R_{к.и}$ , Ом	$U$ , В	$I$ , А	$P$ , Вт	$U$ , В	$I$ , А	$L_V$ , Гн	$L_{AV}$ , Гн	$L_W$ , Гн
50													
100													
150													
200													

4. Собрать цепь (см. рисунок 18) для измерения индуктивности дросселя методом одного вольтметра и показать ее преподавателю для проверки.
5. Включить цепь и произвести измерения напряжений  $U_{к.и}$  и  $U_0$  при различных напряжениях источника питания. Результаты измерений записать в таблицу 25.2.
6. Собрать цепь (см. рисунок 19) для измерения индуктивности дросселя методом амперметра и вольтметра и показать ее преподавателю для проверки.
7. Включить цепь и произвести измерения напряжения  $U$  и тока  $I$  при различных напряжениях источника питания. Результат измерений записать в таблицу 25.2.
8. Собрать цепь (см. рисунок 20) для измерения индуктивности дросселя методом ваттметра и показать ее преподавателю для проверки.
9. Включить цепь и произвести измерения напряжения  $U$ , тока  $I$ , мощности  $P$  при различных напряжениях источника питания. Результаты измерений записать в таблицу 25.2.
10. Вычислить значения индуктивности при различных напряжениях источника питания и для каждого метода измерений. Результаты расчетов записать в таблицу 25.2.
11. Вычислить абсолютные, относительные погрешности измерений. Результаты вычислений записать в таблицу 25.3.

Таблица 25.3 - Погрешности измерений

Напряжение источника питания, В	Погрешность			
	Абсолютная, Гн		Относительная, %	
	$\Delta_{AV}$	$\Delta_W$	$\delta_{AV}$	$\delta_W$
50				
100				
150				
200				

12. По данным измерений и расчетов построить график зависимости относительной погрешности измерений  $\delta$  от измеренной индуктивности при методе амперметра и вольтметра и при методе ваттметра, т.е.  $\delta_{AV} = f(L_{AV})$  и  $\delta_W = f(L_W)$ .
13. По данным измерений и расчетов построить графики зависимости относительной погрешности измерений  $\delta$  от напряжения источника питания при методе амперметра и вольтметра и при методе ваттметра, т.е.  $\delta_{AV} = f(U_{AV})$  и  $\delta_W = f(U_W)$ .
14. По данным измерений и расчетов вычислить энергию катушки и ее добротность при различных напряжениях источника питания и для каждого метода измерений. Результаты расчетов записать в таблицу 25.4.

Таблица 24.4 - Результаты вычислений

Напряжение источника питания, В	Метод					
	Одного вольтметра		Амперметра и вольтметра		Ваттметра	
	W, Дж	Q	W, Дж	Q	W, Дж	Q
50						
100						
150						
200						

Формулы для расчетов:

$$W = \frac{I^2 L}{2} Q = \frac{\omega L}{R_{к.и}}$$

15. Выполнить контрольные задания.
16. Оформить отчет по рекомендуемой форме.
17. Сделать выводы по результатам лабораторной работы.
18. Сдать отчет преподавателю.

## 6 Форма отчета о работе

Лабораторная работа № \_\_\_\_\_

Номер учебной группы \_\_\_\_\_

Фамилия, инициалы учащегося \_\_\_\_\_

Дата выполнения работы \_\_\_\_\_

Тема работы: \_\_\_\_\_

Цель работы: \_\_\_\_\_

Оснащение работы: \_\_\_\_\_

Результат выполнения работы: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Таблицы с исходными данными и результатами расчетов в соответствии с вариантом.

Расчеты.

Ответы на контрольные вопросы.

Выводы по работе.

### **7 Контрольные вопросы и задания**

1. Поясните, в чем состоит сущность метода измерения индуктивности.
2. Объясните, в чем состоит неточность используемых методов в данной лабораторной работе.
3. Укажите, какой из рассмотренных методов является более точным.
4. Объясните, как определить погрешности в рассматриваемых в данной лабораторной работе методах. Предложите более точные методы измерения индуктивности.
5. Поясните, с какой целью в данной лабораторной работе использован омметр.
6. Порассуждайте, можно ли с использованием только омметра определить значение индуктивности  $L$ .
7. Поясните, изменится ли индуктивность катушки, если последовательно с ней подключить резистор.

### **8 Рекомендуемая литература**

**Бабер, А.И.** Электрические измерения: учеб. пособие / А.И. Бабер, Е.Т. Харевская. - Минск: РИПО, 2019.

**Нефедов В.И.,** Электрорадиоизмерения / В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюков, Е.В. Самохина. — М.: Издательство «Форум» Инфра-М, 2018.

**Новикова Н.В.,** Электрические измерения. Лабораторный практикум / Н.В. Новикова, В.О. Афонько. Минск : РИПО, 2018.

**Шишмарев, В.Ю.** Электрорадиоизмерения: учеб. для средн. проф. образования/ Шишмарев, В.Ю., Шанин В.И. 3-е изд. - М.: Изд-во «Юрайт», 2019.