

Голев Б.Ф., Дмитриев В.Д.

Исследование магнитносвязанных индуктивностей

Руководство к лабораторной работе по курсу ТЭЦ

Томск 2011

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

«Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

Исследование магнитно связанных индуктивностей

Руководство к лабораторной работе
по дисциплине «Теория электрических цепей» для студентов радиотехнического
факультета всех специальностей

Разработчики:

доцент кафедры ТОР

Б.Ф. Голев

доцент кафедры ТОР

В.Д. Дмитриев

Томск 2011

1. Цель работы

- 1.1 Экспериментальное определение собственной и взаимной индуктивностей.
- 1.2 Экспериментальная проверка расчетных величин эквивалентной индуктивности при последовательном и параллельном соединении согласно и встречно включенных магнитосвязанных катушек индуктивности.
- 1.3 Освоение методики определения одноименных и разноименных выводов.

2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из лабораторного макета и измерительного блока. Лабораторный макет включает генератор сигналов низкой частоты и панель «Исследование разветвленной цепи и магнитосвязанных индуктивностей». Внешний вид макета представлен на рис.1.

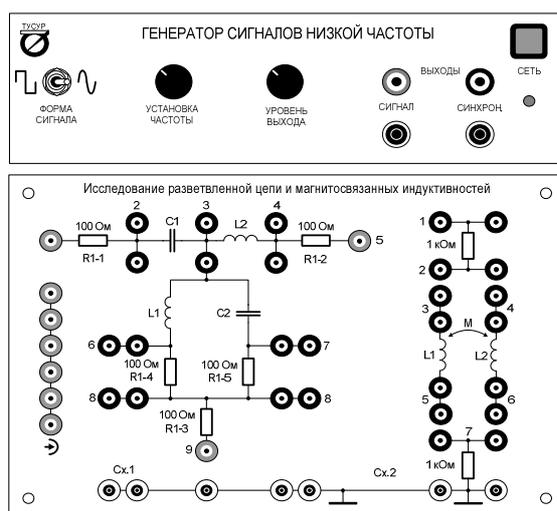


Рис.1. Макет «Исследование разветвленной цепи и магнитосвязанных индуктивностей».

Магнитосвязанные катушки индуктивностей L_1 и L_2 расположены в правой половине панели. Там же расположены два одинаковых резистора сопротивлением 1кОм, используемые для косвенного измерения тока через индуктивности.

Технические характеристики генератора сигналов низкой частоты (генератора ЭДС):

- Диапазон частот – 50Гц...1,5КГц;
- Выходное напряжение – 0...2В ампл.;
- Выходное сопротивление – 100Ом;

- Форма сигнала – гармоническая или последовательность прямоугольных импульсов (устанавливается переключателем «форма сигнала»).

Питание макета осуществляется от сети переменного тока 220В 50Гц.

Внешний вид измерительного блока представлен на рис.2. Он содержит мультиметры UT50С, UT50D и фазометр. Мультиметры предназначены для измерения частоты, напряжения, сопротивления, индуктивности и емкости. Питание измерительного блока осуществляется от лабораторного макета с помощью девятишлейфового плоского кабеля, подключаемого через внешние разъемы этих устройств.

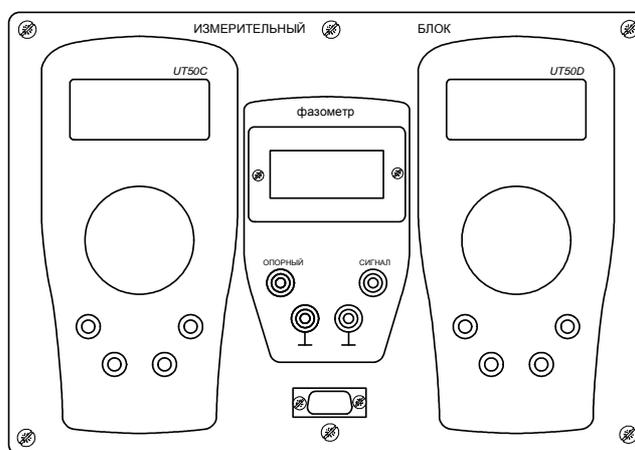


Рис.2. Измерительный блок

3. Программа работы

3.1 По рекомендуемой литературе /1, с.106-113/ изучить особенности расчета и эквивалентных преобразований электрических цепей, содержащих магнитно связанные индуктивности

3.2 Прямое измерение индуктивностей.

Переключить мультиметр UT50D в режим измерения индуктивностей. Измерить индуктивности L_1 и L_2 .

Исследовать последовательное соединение связанных индуктивностей:

- соединить перемычкой выводы 5 и 6. Измерить эквивалентную индуктивность L_{34} последовательно включенных индуктивностей, рис.3.

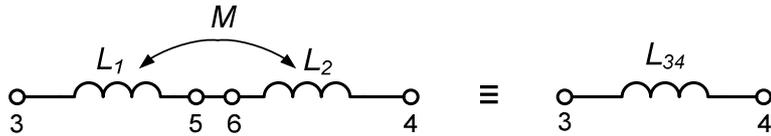


Рис.3.

–соединить перемычкой выводы 4 и 5. Измерить эквивалентную индуктивность L_{36} последовательно включенных индуктивностей, рис.4.

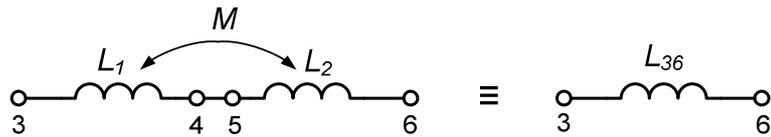


Рис.4

Измеренные данные занести в таблицу 1.

Таблица 1.

Индуктивность, мГн	L_1	L_2	Последовательное соединение		M	Параллельное соединение	
			L_{34}	L_{36}		$L_{согл}$	$L_{встр}$
измерение							
расчет							

По результатам измерений эквивалентных индуктивностей L_{34} и L_{36} определить одноименные узлы. В отчете по лабораторной работе одноименные узлы отметить звездочкой *.

Вычислить величину взаимной индуктивности по формуле

$$M = \frac{|L_{34} - L_{36}|}{4}.$$

Полученное значение M занести в таблицу 1.

3.3 Исследование параллельного соединения связанных индуктивностей.

Используя данные таблицы 1. вычислить величину эквивалентной индуктивности параллельного соединения связанных индуктивностей, включенных согласно ($L_{согл}$), и встречно ($L_{встр}$).

Расчетные соотношения:

$$L_{\bar{ii} \bar{ae}} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M};$$

$$L_{\text{анод } \delta} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$$

Измерить эквивалентную индуктивность параллельного соединения согласно включенных индуктивностей $L_{\text{согл}}$, и встречно включенных $L_{\text{встр}}$. Результаты измерений занести в таблицу 1. и сравнить с расчетными.

3.4 Косвенный метод экспериментального определения индуктивности L и взаимной индуктивности M .

Схема измерения представлена на рис.5. На рисунке обозначены номера выводов индуктивностей и резисторов.

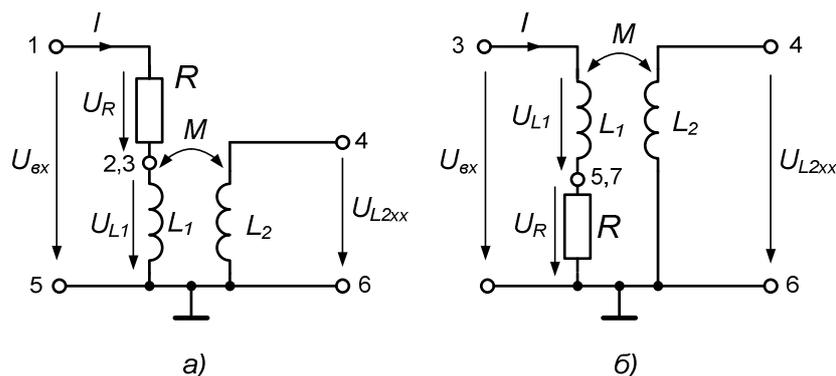


Рис.5

На вход схемы (Рис.5а) подать гармоническое напряжение от генератора низкой частоты. Частота указывается преподавателем. Рекомендованные частоты 500...1000 Гц. Контроль частоты осуществляется мультиметром UT50С, установленным в режим измерения частоты.

Выставить напряжение на входе схемы $U_{\text{ex}} = 1\text{В}$. Напряжение контролировать мультиметром UT50D, переведенным в режим измерения переменного напряжения.

Измерить напряжение U_{L1} и напряжение $U_{L2\text{xx}}$ на разомкнутых концах индуктивности L_2 .

Поменять местами индуктивности L_1 и сопротивление R . Измерить напряжение U_R ($U_{\text{вх}}=1\text{В}$!). Ток I численно равен напряжению U_R в миллиамперах. Результаты измерения занести в Таблицу 2.

Таблица 2. $U_{\text{вх}}=1\text{В}$, $R=1\text{кОм}$.

U_{L1} , В	$U_{L2\text{xx}}$, В	U_R , В	I , мА	M , мГн

Рассчитать величину индуктивности L_1 и взаимной индуктивности M . Вычисленные значения L_1 и M сравнить с определенными в разделе 3.2 (Таблица 1).

Чтобы определить величину L_2 следует индуктивности L_1 и L_2 в схеме Рис.5 поменять местами.

Расчетные соотношения:

$$\begin{aligned}\dot{U}_{L1} &= \dot{I}_{L1} \cdot j\omega L_1 \pm \dot{I}_{L2} \cdot j\omega M \\ \dot{U}_{L2} &= \pm \dot{I}_{L1} \cdot j\omega M + \dot{I}_{L2} \cdot j\omega L_2\end{aligned}$$

Если $I_{L2} = 0$, то $\dot{U}_{L2} = \dot{U}_{\text{вх}}$ и

Взаимная индуктивность

$$M = \frac{U_{L2\text{xx}}}{I_1 \cdot \omega} = \frac{R \cdot U_{L2\text{xx}}}{2\pi \cdot f \cdot U_R}$$

4. Контрольные вопросы

1. Дать определение согласному и встречному включению индуктивных катушек, понятие одноименных зажимов магнитно-связанных катушек.
2. При последовательном соединении катушек, каждая из которых равна 40 мГн, были определены значения $L_{\text{созл}}=100 \text{ мГн}$, $L_{\text{встр}}=20 \text{ мГн}$. Определить взаимную индуктивность M и коэффициент связи k .
3. При параллельном согласном включении двух одинаковых магнитно-связанных катушек результирующая индуктивность равна $L_{\Sigma} = 25 \text{ мГн}$, при встречном 5 мГн . Определить индуктивность этих катушек.

4. У двух магнитно-связанные катушек, каждая из которых индуктивностью 30 мГн, при параллельном согласном включении имеют эквивалентную индуктивность 20 мГн. Чему равна взаимная индуктивность M ?

5. Доказать, что последовательном соединении двух магнитно-связанных катушек эквивалентная индуктивность: $L_{\Sigma} = L_1 + L_2 \pm 2M$.

6. Доказать, что при параллельном соединении двух магнитно-связанных катушек эквивалентная индуктивность равна: $L_{\Sigma} = \frac{L_1 \cdot L_2 - M^2}{L_1 + L_2 \mp 2M}$. Какому включению соответствует знак минус в знаменателе?

7. Какой метод определения взаимной индуктивности M является, по вашему мнению, более точным. Ответ поясните.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атабеков Г.И. Основы теории цепей. СПб. : «Лань», 2006.-432с.