

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 №26  
«Измерение параметров элементов электрических цепей с помощью  
цифрового измерителя L, C, R»

Минск 2022

## Лабораторная работа №26

### Тема работы: «Измерение параметров элементов электрических цепей с помощью цифрового измерителя $L, C, R$ »

#### 1 Цель работы

Изучение структурной схемы, органов управления и принципа действия измерителя  $L, C, R$  цифрового E7-8; приобретение навыков измерения параметров электрических цепей.

#### 2 Задание

Измерить сопротивление. Рассчитать абсолютную и относительную погрешности.

#### 3 Оснащение работы

Техническое задание, измеритель  $L, C, R$  цифровой E7-8, набор измеряемых элементов, калькулятор.

#### 4 Основные теоретические сведения

Различают автоматические цифровые мосты переменного и постоянного тока.

Уравновешивание моста постоянного тока осуществляется переключением резисторов в плечах с помощью электронных ключей. Сигналы управления переключателями формируются из напряжения разбаланса моста. При достижении равновесия моста состояние электронных ключей соответствует в некотором коде значению измеряемого сопротивления. Этот код преобразуется в десятичный, который используется для управления цифровыми индикаторами.

Уравновешивание моста переменного тока достигается регулировкой активной и реактивной составляющих плеч, т.е. равновесие осуществляется по модулю и фазе. Сигналы управления формируются из напряжения разбаланса двумя фазовыми детекторами, знаки выходных сигналов которых определяют направление изменения регулировок. Реализация процесса уравновешивания зависит от схемы моста. В мостах, плечи которых состоят из двухполюсников, регулируются сопротивления, а в трансформаторных мостах – число витков.

Структурная схема измерителя  $L, C, R$  цифрового E7-8 (далее по тексту измеритель E7-8) приведена на рисунке 26.1.

В основе измерений измерителя E7-8 лежит мостовой метод с фазочувствительными детекторами уравновешивания.

Питание моста осуществляется от генератора с частотой 1000 Гц. Напряжение разбаланса мостовой схемы через усилитель сигнала разбаланса поступает на входы фазовых детекторов активной составляющей (АС) и реактивной (РС). Опорные напряжения фазовых детекторов снимаются с мостовой схемы и выбираются такими, чтобы связь контуров уравнивания была минимальной. Выходные напряжения разбаланса с фазовых детекторов подаются на реверсивные счетчики, управляющие состоянием органов уравнивания мостовой схемы: и на генераторы импульсов, задающие скорость счета реверсивных счетчиков. Направление счета реверсивных счетчиков определяется знаком напряжения разбаланса фазового детектора, скорость счета – величиной этого напряжения. Чем дальше мост от состояния равновесия, т. е. больше напряжение разбаланса, тем больше частота следования импульсов от генераторов АС и РС, тем больше скорость счета реверсивного счетчика и, следовательно, быстрее процесс уравнивания моста. По мере приближения к балансу напряжение разбаланса уменьшается, вследствие чего замедляется скорость уравнивания моста. Для пуска и остановки системы дискретного уравнивания имеется вспомогательная система аналогового уравнивания (САУ), плавно уравнивающая мост в пределах от минус 0,6 до плюс 0,6 единицы дискретности (на рисунке 26.1 она для простоты опущена). При наличии разбаланса, большего 0,6 единицы дискретности, САУ находится в состоянии ограничения и происходит дискретное уравнивание моста. При достижении разбаланса, не превышающего диапазона значений от минус 0,6 до плюс 0,6 единицы дискретности, САУ выходит из состояния ограничения и останавливает работу схемы дискретного уравнивания моста.

Измеритель Е7-8 предназначен для автоматического измерения параметров электрических цепей  $R$ ,  $L$ ,  $C$ ,  $Q$ ,  $\text{tg}\delta$ .

*Технические данные измерителя Е7-8*

1 Рабочая частота – 1000 Гц.

2 Диапазон измеряемых параметров:

– емкости ( $C$ ) от 0,01 пФ до 100 мкФ

– индуктивности ( $L$ ) от 0,1 мкГн до 100Гн

– сопротивления ( $R$ ) от 1 мОм до 1 МОм;

– проводимости ( $G$ ) от 0,1 мСм до 1 См;

– тангенс угла диэлектрических потерь ( $\text{tg}\delta$ ) – от 0,0001 до 1.

3 Погрешность измерений порядка от 0,1 до 0,2 %.

4 Прибор обеспечивает автоматический и ручной выбор пределов измерений.

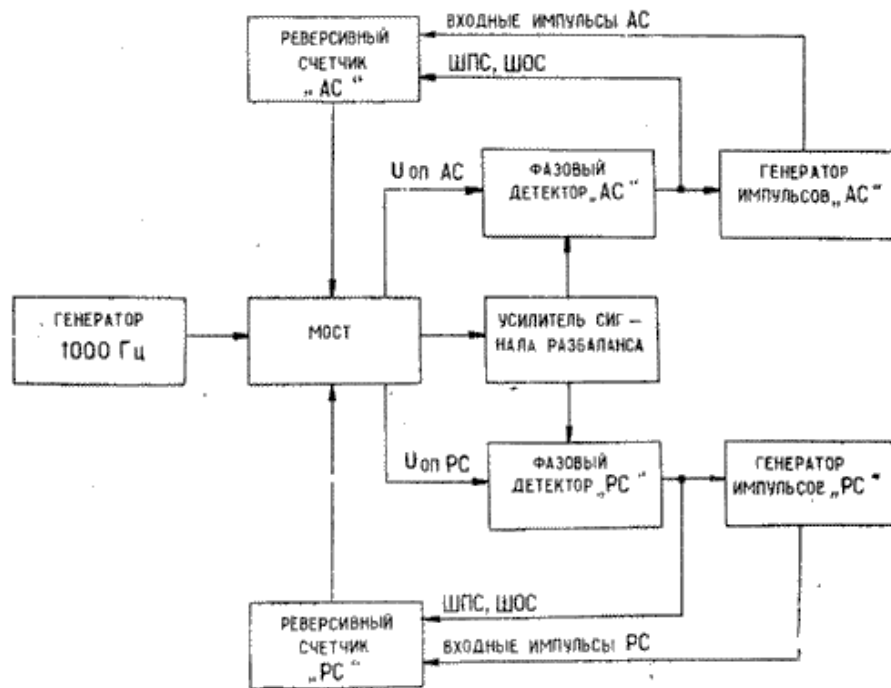


Рисунок 26.1 - Структурная схема измерителя  $L, C, R$  цифрового Е7-8

5 Прибор имеет два режима работы: следящий и режим одиночного измерения.

Передняя панель измерителя  $L, C, R$  цифрового Е7-8 представлена на рисунке 26.2.

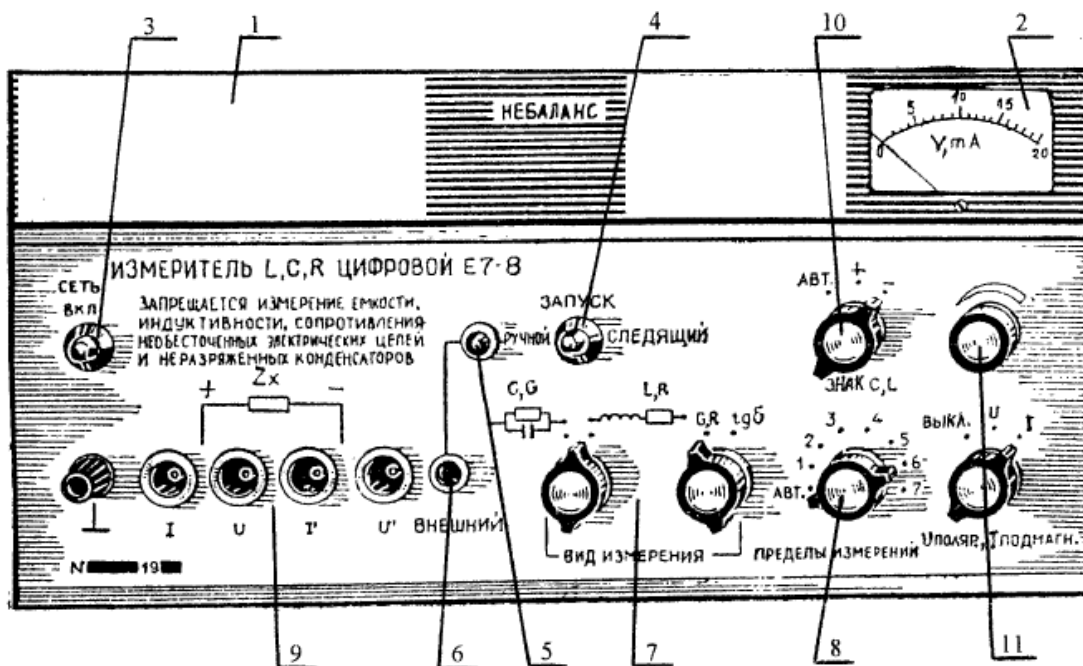


Рисунок 26.2 – Передняя панель измерителя Е7-8

## Органы управления

1 – цифровое табло, состоящее из двух групп индикаторов, выдачи результатов измерений.

2 – вольтметр, который предназначен для контроля поляризующего напряжения и тока подмагничивания с пределами измерения напряжения до 20 В и тока до 20 мА.

3 – тумблер СЕТЬ включения / выключения питания прибора.

4 – тумблер ЗАПУСК.

5 – кнопка РУЧНОЙ одиночного запуска.

6 – гнездо ВНЕШНИЙ внешнего запуска.

7 – два переключателя ВИД ИЗМЕРЕНИЯ, каждый на два положения.

8 – переключатель ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ на 8 положений.

9 – четыре гнезда для включения соответствующих разъемов соединительных кабелей:  $I$ ,  $U$ ,  $I'$ ,  $U'$ .

10 – переключатель ЗНАК  $C$ ,  $L$  знака реактивности на 3 положения: АВТ., «+», «-».

11 – переключатель  $U$  ПОЛЯР,  $I$  ПОДМАГН. на 3 положения: ВЫКЛ.;  $U$ ;  $I$  и переменный резистор для регулировки напряжения поляризации и тока подмагничивания.

### 5 Порядок выполнения работы

#### 5.1 Включить измеритель Е7-8:

– установить тумблер СЕТЬ в нижнее положение, вилку шнура питания включить в сетевую розетку;

– установить тумблер СЕТЬ в верхнее положение: загорятся индикаторы цифровых табло. Прогреть прибор в течение 2 – 3 минут.

#### 5.2 Измерение активного сопротивления

5.2.1 На измерителе Е7-8 установить переключатели ЗНАК  $C$ ,  $L$  в положение АВТ, ВИД ИЗМЕРЕНИЯ – в положение  $G$ ,  $R$ .

5.2.2 Подключить к измерителю Е7-8 резисторы.

5.2.3 Изменяя номиналы резисторов  $R$ , снять соответствующие отсчеты с цифрового табло. Результаты записать в таблицу 26.1.

Отключить макет от прибора.

Таблица 26.1 – Результаты измерений и вычислений

Параметр	Количество измерений					
	1	2	3	4	5	6
$R_{ИЗМ}$ , кОм						
$\Delta_R$ , кОм						
$\delta_R$ , %						

Рассчитать относительную погрешность измерения сопротивления по формуле:

$$\delta_R = \frac{\Delta_R}{R_{\text{ИЗМ}}} \cdot 100 \% = \frac{0,01 \cdot R_K}{R_{\text{ИЗМ}}}. \quad (26.2)$$

где  $R_K$  – значение предела измерения, полученное при замене всех цифр результата измерения на «9», сохраняя место запятой.

Результаты вычислений записать в таблицу 26.1.

### 5.3 Измерение параметров конденсатора

5.3.1 На измерителе Е7-8 переключатели ЗНАК  $C$ ,  $L$  установить в положение АВТ., ВИД ИЗМЕРЕНИЯ –  $C$ ,  $G$ ;  $\text{tg}\delta$ .

5.3.3 Подключить к измерителю Е7-8 конденсаторы.

5.3.4 Изменяя номиналы конденсатора  $C$ , снять соответствующие отсчеты с цифровых табло. Результаты записать в таблицу 26.2.

Отключить макет от прибора.

Таблица 26.2 – Результаты измерений и вычислений

Параметр	Количество измерений					
	1	2	3	4	5	6
$C_{\text{ИЗМ}}$ , пФ						
$\text{tg}\delta$						
$\Delta_C$ , пФ						
$\delta_C$ , %						

Рассчитать абсолютную погрешность измерения емкости конденсатора по формуле:

$$\Delta_C = 0,0001 \cdot C_K. \quad (26.3)$$

Рассчитать относительную погрешность измерения емкости конденсатора по формуле:

$$\delta_C = \frac{\Delta_C}{C_{\text{ИЗМ}}} \cdot 100 = \frac{0,01 \cdot C_K}{C_{\text{ИЗМ}}}. \quad (26.4)$$

где  $C_K$  – значение предела измерения, полученное при замене всех цифр результата измерения на «9», сохраняя место запятой.

Результаты вычислений записать в таблицу 26.2.

#### 5.4 Измерение параметров катушки индуктивности

5.4.1 На измерителе Е7-8 переключатели ВИД ИЗМЕРЕНИЯ установить в положения  $L$ ,  $R$ ;  $G$ ,  $R$ .

5.4.2 Подключить к измерителю Е7-8 катушки индуктивности.

5.4.4 Изменяя номиналы катушек индуктивности, снять соответствующие отсчеты с цифровых табло. Результаты записать в таблицу 26.3.

Отключить макет от прибора.

Таблица 26.3 – Результаты измерений и вычислений

Параметр	Количество измерений					
	1	2	3	4	5	6
$L_{\text{ИЗМ}}$ , мкГн						
$R_{\text{ИЗМ}}$ , кОм						
$\Delta_L$ , мкГн						
$\delta_L$ , %						

Рассчитать абсолютную погрешность измерения индуктивности по формуле:

$$\Delta_L = 0,0001 \cdot L_K. \quad (26.5)$$

Рассчитать относительную погрешность измерения индуктивности по формуле:

$$\delta_L = \frac{\Delta_L}{L_{\text{ИЗМ}}} \cdot 100 = \frac{0,01 \cdot L_K}{L_{\text{ИЗМ}}}. \quad (26.6)$$

где  $L_K$  – значение предела измерения, полученное при замене всех цифр результата измерения на «9», сохраняя место запятой.

5.5 Выключить измеритель Е7-8: установить тумблер СЕТЬ в нижнее положение, отключить вилку шнура питания от питающей сети.

## 6 Форма отчета о работе

Практическая работа № \_\_\_\_\_

Номер учебной группы \_\_\_\_\_

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

Дата выполнения работы \_\_\_\_\_

Тема работы: \_\_\_\_\_

Цель работы: \_\_\_\_\_

Оснащение работы: \_\_\_\_\_

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

---

## **7 Контрольные вопросы и задания**

- 1 По какому принципу происходит уравнивание моста постоянного тока?
- 2 По какому принципу происходит уравнивание моста переменного тока?
- 3 Какой метод лежит в основе измерений измерителем Е7-8?
- 4 Принцип действия измерителя Е7-8.
- 5 Принцип работы трансформаторного моста.
- 6 Какие параметры элементов электрической цепи можно измерить при помощи измерителя Е7-8?

## **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.