

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
"ЛЭТИ" ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)

КАФЕДРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

ОТЧЁТ  
ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1 (3)  
"ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ"

"МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ"

Выполнили: \_\_\_\_\_ Лесниченко Александр Олегович (группа 0308)

\_\_\_\_\_ Косневич Давид Андреевич (группа 0308)

\_\_\_\_\_ Сабурова Елизавета Алексеевна (группа 0308)

Преподаватель: \_\_\_\_\_ Анастасия Дмитриевна

Санкт-Петербург  
2022

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

К основным метрологическими характеристиками ЦИП относятся: статическая характеристика преобразования, шаг квантования (квант) или единица младшего разряда, основная инструментальная погрешность.

**Статическая характеристика** преобразования устанавливает связь между преобразуемой входной величиной  $x$  и результатом преобразования  $x_{\Pi}$  (показаниями ЦИП), который может принимать только квантованные значения  $x_{\Pi} = N \cdot q$ , где  $N$  – десятичное целое число,  $q$  – шаг квантования (квант) величины  $x$ . В этом отличие ЦИП от аналоговых средств измерений. Отсюда следует ступенчатая форма представления статической характеристики преобразования.

**Статическая характеристика** преобразования идеального ЦИП (рисунок 1) получается при квантовании измеряемой величины путем отождествления её с ближайшим по значению уровнем квантования. Изменения показаний идеального ЦИП  $x_{\Pi} = N \cdot q$  на единицу младшего разряда  $q$  происходят при фиксированных значениях входной величины, равных  $(N - 0.5) \cdot q$ ,  $N \in \mathbb{N}$ .

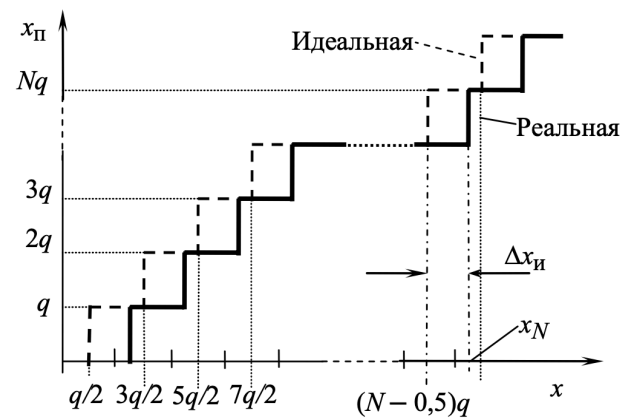


Рис. 1

**Статическая характеристика преобразования идеального ЦИП определяется значением единицы младшего разряда показаний, равным кванту  $q$ .**

Значение кванта  $q$  для идеального ЦИП:

$$q = \frac{x_{max}}{N_{max}} \quad (1);$$

**Статическая характеристика преобразования реального ЦИП отличается от статической характеристики идеального.** Различие проявляется в том, что смена показаний реального ЦИП происходит при значениях входной величины  $N$ , отличных от значений  $(N - 0.5) \cdot q$ .

Абсолютная основная погрешность ЦИП равна:

$$\Delta x = x_{\Pi} - x \quad (2);$$

где  $x_{\Pi}$  – показание ЦИП,  $x$  – действительное значение измеряемой величины.

Абсолютная инструментальная погрешность определяется для конкретных показаний ЦИП  $x_{\Pi} = N \cdot q$  (рисунок 2) по отличию реальной характеристики ЦИП от идеальной:

$$\Delta x = x_{\Pi} - 0.5 \cdot q - x_N \quad (3);$$

где  $x_N$  - значение входной величины, при котором происходит смена показаний  $x_{\Pi}$  ЦИП (показания меняются на единицу младшего разряда).

**Статическая характеристика преобразования ЦИП** определяется в режиме омметра; для этого:

1. На вход ЦИП необходимо подключить магазин сопротивлений. Предел измерения ЦИП выбрать по указанию преподавателя, определить для этого предела значение единицы младшего разряда.
2. Определить единицу младшего разряда магазина  $q_M$ , проверить выполнение условия  $q \gg q_M$ , при этом условии можно пренебречь дискретным характером изменения сопротивления магазина.

Для определения начального участка статической характеристики (рисунок 1) необходимо установить нулевое значение сопротивления магазина  $R$ , затем при плавном изменении сопротивления магазина (менять сопротивление магазина с минимально возможным шагом) следить за изменением показаний, фиксируя при этом конкретные значения сопротивления магазина  $R$ , при которых показания ЦИП  $R_{\Pi}$  меняются на единицу младшего разряда.

**Абсолютную инструментальную погрешность** определяют для 8...10 точек, *равномерно распределенных* по выбранному диапазону измерений. Инструментальная погрешность определяется по формуле (3), при этом  $R_N$  – значение сопротивления магазина, при котором происходит смена показаний  $R_{\Pi}$  ЦИП на единицу младшего разряда в выбранной точке.

### **Определение аддитивной и мультипликативной составляющих погрешности.**

В зависимости от характера изменения по диапазону измерения погрешности делятся на **аддитивные** и **мультипликативные**.

- Аддитивные погрешности не зависят от значения измеряемой величины  $x$ .
- Мультипликативные растут с увеличением  $x$ . Обычно для ЦИП погрешность задается в виде модели  $\Delta x = a + bx$ , где  $a, bx$  - аддитивная и мультипликативная составляющие погрешности соответственно.

### **Спецификация средств измерений, применяемых при эксперименте**

Наименование	Диапазоны измерений	Классы точности	Рабочий диапазон частот	Параметры входа
Вольтметр универсальный цифровой GDM-8135	200[мВ], 2[V] 20[V], 200[V]	$0.02U_{\text{изм}} + 1$ ед. мл.разр. $0.05U_{\text{изм}} + 1$ ед. мл.разр.	-	$I_R < 1[\text{мА}]$ $I_R < 0.01[\text{мкА}]$
Магазин сопротивлений РЗЗ	0.1,...,99999.9[Ом]	0.05	-	-

# ПРОТОКОЛ НАБЛЮДЕНИЙ

## Измерение сопротивлений

Номер	Номер резистора	Диапазон измерения	Значение кванта, [Ом]	Показания ЦИП $R_{п}$ , [кОм]	Абсолютная погрешность измерения $\Delta R$ , [кОм]	Относительная погрешность измерения, %	Результат измерения, $R_{п} \pm \Delta R$ , [кОм]
1	1	200 Ом	1	0,1162			
2	1	2 кОм	10	0,115			
3	1	20 кОм	100	0,11			
4	1	200 кОм	1000	0,2			
5	1	2000 кОм	10000	0			
6	1	20 МОм	100000	0			
7	2	100 Ом	1	—			
8	2	2 кОм	10	0,905			
9	2	20 кОм	100	0,9			
10	2	200 кОм	1000	1			
11	2	2000 кОм	10000	0			
12	2	20 МОм	100.000	0			
13	3	200 Ом	1	—			
14	3	2 кОм	10	—			
15	3	20 кОм	100	8,17			
16	3	200 кОм	1000	8,2			
17	3	2 МОм	10.000	8			
18	3	20 МОм	100.000	0			

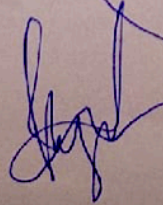
Таблица 3

Выполнил:

Косневич Д.А.

Сабунова Е.А.

Лесниченко А.О.

 2/2



# ПРОТОКОЛ НАБЛЮДЕНИЙ

## Статическая характеристика

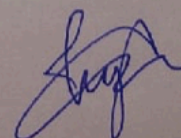
Номер измерения	$R_{П}, [Ом]$	$R, [Ом]$	$\Delta R, [Ом]$
1	0,001	0,0012	
2	0,002	0,0022	
3	0,003	0,00326	
4	0,004	0,00425	
5	0,005	0,00527	
6	0,006	0,00626	
7	0,007	0,00724	
8	0,008	0,00833	
9	0,009	0,00931	

Таблица 1

## Абсолютная инструментальная погрешность

Номер измерения	$R_{ПН}, [кОм]$	$R_N, [Ом]$	$\Delta R_{ПН}, [кОм]$
1	0,2	0,2013	
2	0,4	0,40115	
3	0,6	0,60103	
4	0,8	0,80096	
5	1,0	1,00087	
6	1,2	1,20099	
7	1,4	1,40105	
8	1,6	1,60132	
9	1,8	1,80181	

Таблица 2

 1/2

## ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

### Статическая характеристика

Номер измерения	$R_{\Pi}$ , [кОм]	$R$ , [кОм]	$\Delta R$ , [кОм]
1	0.001	0.0012	-0.0002
2	0.002	0.0022	-0.0002
3	0.003	0.00326	-0.00026
4	0.004	0.00425	-0.00025
5	0.005	0.00527	-0.00027
6	0.006	0.00626	-0.00026
7	0.007	0.00724	-0.00024
8	0.008	0.00833	-0.00033
9	0.009	0.00931	-0.00031

Таблица 1

Статическая характеристика преобразования идеального ЦИП и абсолютная инструментальная погрешность измерений:

$$\Delta R = R_{\Pi} - R = 0.001 - 0.0012 = -0.0002;$$

По полученным значениям построим начальный участок графика статической характеристики ЦИП в режиме омметра:  $R_{\Pi} = F(R)$  :

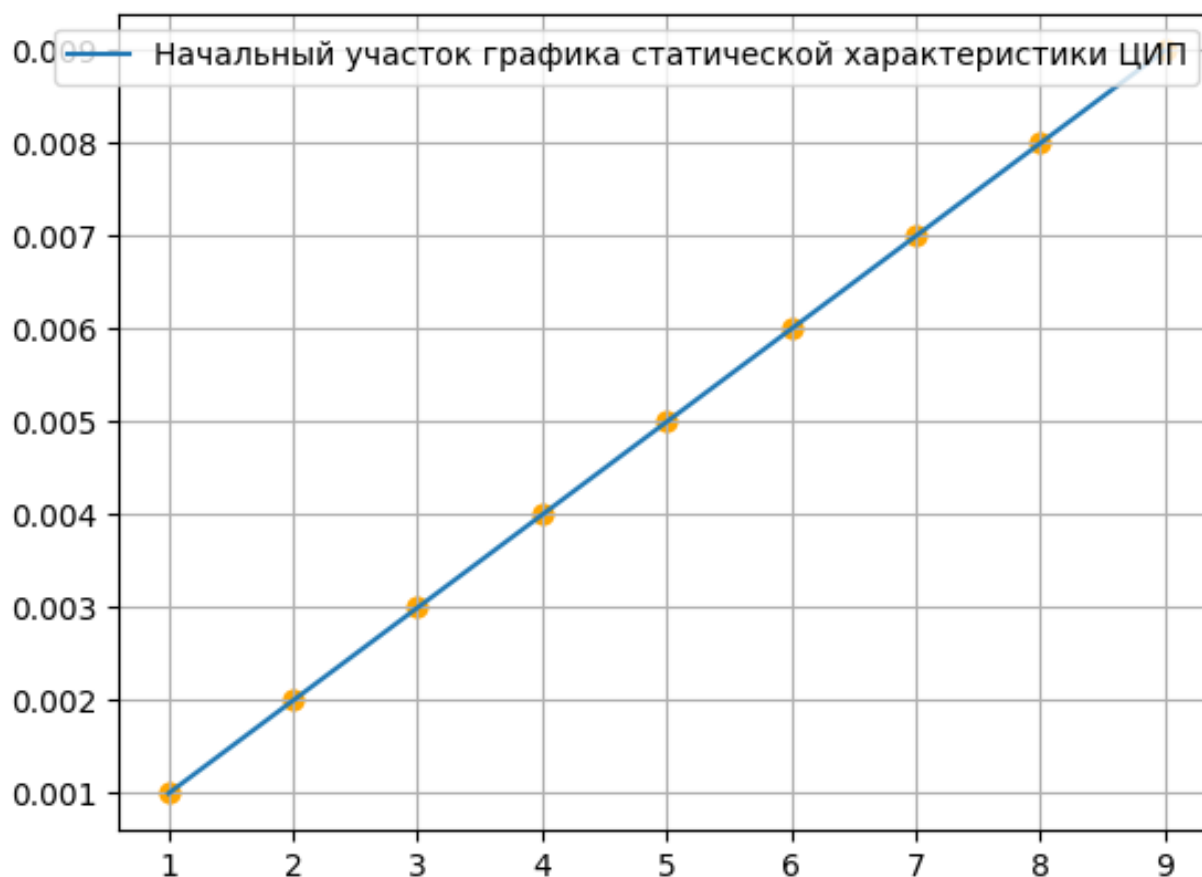


Рис. 1



Также построим график **абсолютной основной погрешности**  
 $\Delta R(R) = F(R) - F_{\text{д}}(R)$ , где  $F_{\text{д}}(R)$ —линейная характеристика идеального  
 омметра в виде прямой линии:



Рис. 2

### Определение аддитивной и мультипликативной составляющих погрешности.

Расчищаем из полученных значений:

$$\Delta R_{IN} = R_{IN} - 0.5 \cdot q - R_N = 0.2 - 0.5 \cdot 0.2 - 0.2013 = -0.1013;$$

Номер измерения	$R_{IN}$ , [кОм]	$R_N$ , [кОм]	$\Delta R_{IN}$ , [кОм]
1	0.2	0.2013	-0.1013
2	0.4	0.40115	-0.10115
3	0.6	0.60103	-0.10103
4	0.8	0.80096	-0.10096
5	1	1.00087	-0.10087
6	1.2	1.20099	-0.10099
7	1.4	1.40105	-0.10105
8	1.6	1.60132	-0.10132
9	1.8	1.80181	-0.10181

Таблица 3

Построение графика зависимости  $\Delta R_{IN}$  от  $R_{IN}$  :

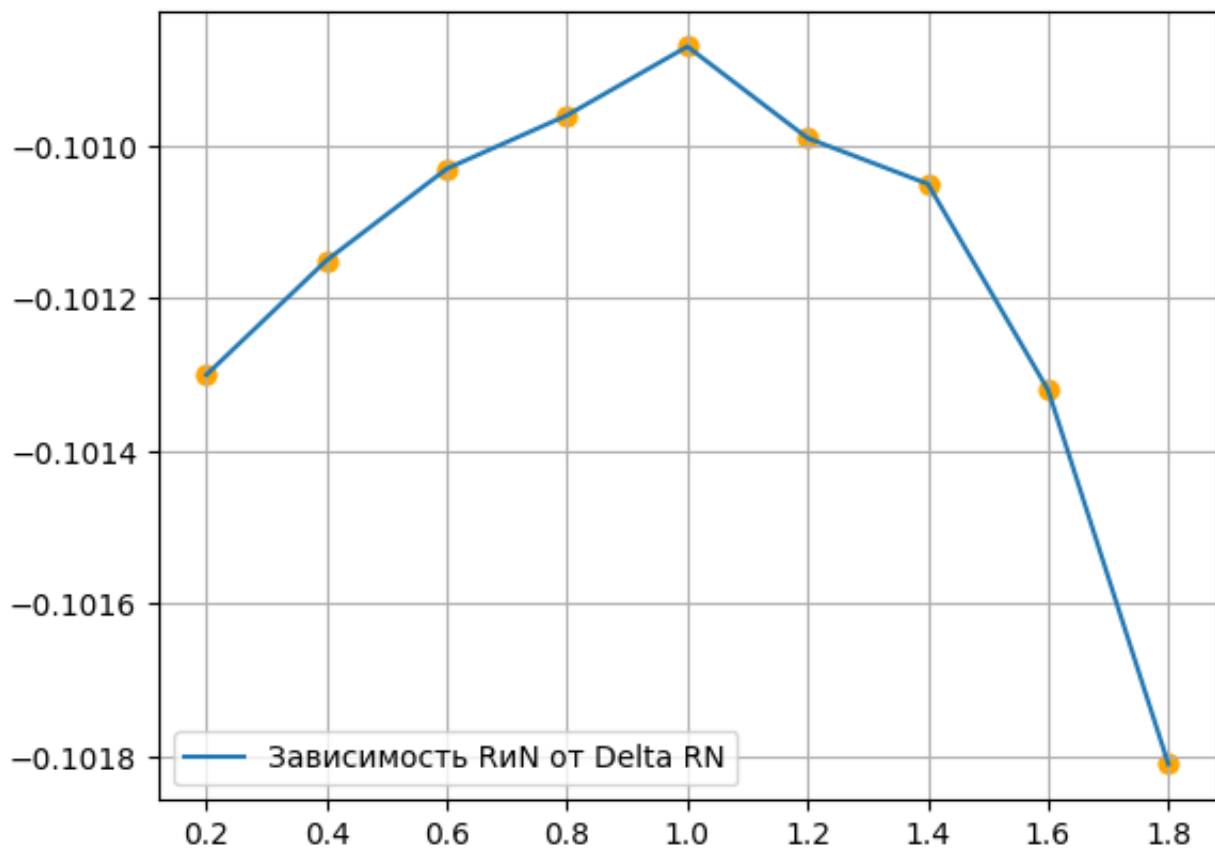


Рис. 3

### Измерение сопротивлений.

Номер	Номер резистора	Диапазон измерения	Значение кванта, [Ом]	Показания ЦИП $R_{\Pi}$ , [кОм]	Абсолютная погрешность измерения $\Delta R$ , [кОм]	Относительная погрешность измерения, %	Результат измерения, $R_{\Pi} \pm \Delta R$ , [кОм]	Квант
1	1	200 Ом	1	0.1162	0.0002424	0.209	$0.1162 \pm 0.0002$	0.00001
2	1	2 кОм	10	0.115	0.00123	1.07	$0.115 \pm 0.0012$	0.001
3	1	20 кОм	100	0.11	0.00122	1.109	$0.11 \pm 0.0012$	0.001
4	1	200 кОм	1000	0.2	0.0104	5.2	$0.2 \pm 0.0104$	0.01
5	1	2000 кОм	10000	0	0.00001	-	$0.0 \pm 0.0000$	
6	1	20 мОм	100000	0	0.001	-	$0.0 \pm 0.0010$	
7	2	200 Ом	1	-	-	-	-	
8	2	2 кОм	10	0.905	0.01181	1.305	$0.905 \pm 0.0118$	
9	2	20 кОм	100	0.9	0.00181	0.201	$0.9 \pm 0.0018$	
10	2	200 кОм	1000	1	0.003	0.3	$1.0 \pm 0.0030$	
11	2	2000 кОм	10000	0	0.001	-	$0.0 \pm 0.0010$	
12	2	20 мОм	100000	0	0.01	-	$0.0 \pm 0.0100$	
13	3	200 Ом	1	-	-	-	-	
14	3	2 кОм	10	-	-	-	-	
15	3	20 кОм	100	8.17	0.01734	0.212	$8.17 \pm 0.0173$	
16	3	200 кОм	1000	8.2	0.0264	0.322	$8.2 \pm 0.0264$	
17	3	2000 кОм	10000	8	0.01601	0.2	$8.0 \pm 0.0160$	
18	3	20 мОм	100000	0	0.001	-	$0.0 \pm 0.0010$	

Таблица 4

**Вывод:**