

Отчет по лабораторной работе №3  
"Исследование вольтметров переменного  
напряжения"

сер. УКІЗ - 83

Громов А.А.



29.10.20  
ММ

# Исследование вольтметров переменного напряжения

## Цель работы:

1. Изучить принципы действия, устройство и основные метрологические характеристики аналоговых вольтметров с преобразованием амплитудного (синусового), среднеквадратического и средневыпрямленного значений напряжения.

2. Изучить особенности измерения напряжений различной формы.

3. Получить практические навыки работы с измерительными приборами.

## Таблица:

## Таблица 3.1.

| Тип вольтметра   | Показания вольтметра   |  |
|--|--|--|
|  | открытый вход  | закрытый вход  |
| Вольтметр постоянного напряжения                           | $U_{изк} = U_{ср} = \int_0^T U(t) dt$  | -----  |
| Вольтметр с преобразованием среднеквадратического значения | $U_{изк} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt}$                                      | $U_{изк} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (U(t) - U_{ср})^2 dt}$   |
| Вольтметр с преобразованием средневыпрямленного значения   | $U_{изк} = \frac{1}{T} \int_0^T  U(t)  dt$   | $U_{изк} = \frac{1}{T} \int_0^T (U(t) - U_{ср}) dt$  |
| Вольтметр с пиквотом (амплитудным) значением               | $U_{изк} = \max\{U(t)\}$<br>цифровой вольтметр - исл. из одностороннего преобразования | $U_{изк} = 0,707 \max\{U(t) - U_{ср}\}$<br>такой вольтметр иногда некорректно называли амплитудным вольтметром |



## Основное метрологическое описание вольтметров Таблица 3.2

| Характеристика                        | Вольтметр электродинамический тип В7-15                             | Вольтметр электродинамический тип В7-27А     | Вольтметр электромагнитный типа С6-11  |
|---------------------------------------|---|--|--|
| Тип преобразователя                   | аккумуляторный с закрытым входом                                    | средневыпрямленного среднего арифметического |  |
| Пределы измерения, В                  | 0,2 - 1000  | 10   | $10^{-3}$ - 100  |
| Диапазон частот, Гц                   | $(20 - 700) \cdot 10^6$   | $20 - 6 \cdot 10^6$                          | $20 - 200 \cdot 10^3$  |
| Основное нормированное погрешность, % | 4   | $\delta = \pm [C + d(\frac{U_k}{U_n} - 1)]$  | $50 \text{ Гц} - 10 \text{ кГц} - 5\%;$<br>$20 - 50 \text{ Гц}; 10 - 15 \text{ кГц} - 7\%;$<br>$15 - 20 \text{ кГц} - 9\%$ |
| Входное сопротивление, Ом             | $3 \cdot 10^6 - 1 \text{ кГц}$<br>$50 \cdot 10^3 - 100 \text{ МГц}$ | $14 \cdot 10^6 \pm 2\%$                      | $\geq 100 \cdot 10^3$  |
| Входная емкость, пФ                   | $\leq 30$   | $\leq 45$                                    | $\leq 110$   |

Таблица 3.3

Результаты расчета эллипсности погрешностей сигналов различной формы и показаний вольтметров

Расчет показаний типа вольтметров при изм. конт.

| Тип преобразователя | индукционного сигнала    | преимуществом сигнала | индукционного сигнала | индукционного сигнала |
|---------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                     | формы 503 по ГОСТ 503-77 | ср. кр. = 4,5         | ср. кр. = 4,5         | ср. кр. = 4,5         |
|                     | 0,25                     | 0,5                   | 0,75                  | 0,9                   |
| Амплитуда           | 2,12                     | 1,41                  | 0,70                  | 1,41                  |
| Ср. значение        | 1,66                     | 2,22                  | 1,66                  | 1,41                  |
| Ср. квадрат         | 1,73                     | 2                     | 1,73                  | 1,41                  |



# Графики к таблице 3.3:

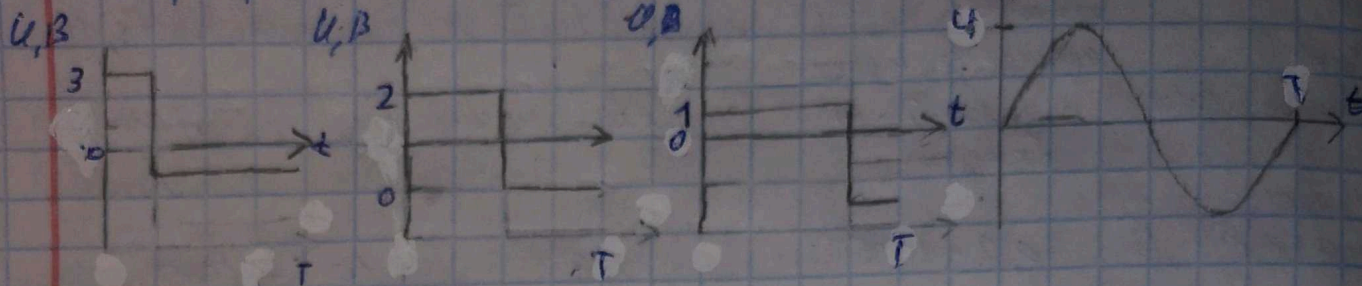


Таблица 3.4

## Результаты измерений напряжений сигналов различной формы

| Вольтметр<br>(тип преобразователя)                   | Показания вольтметра<br>при измерении напряжения<br>сигнала |      |      | Расчет ридинга<br>импульсов по<br>результатам измер. |      |      | Расчет ридинга<br>среднеквадратичного<br>сигнала |
|--|---|------|------|--|------|------|--|
|  | при $U_3 = 0,75$  |      |      | при $U_3 =$  |      |      |  |
|  | сигнал  | 0,25 | 0,5  | 0,75   | 0,25 | 0,5  | 0,75   |
| B7-15 (B7-15)<br>сигнал. преобразоват.               | 1,40  | 2,10 | 1,40 | 0,7  | 3,96 | 3,96 | 3,96   |
| B7-27/A (B7-16)<br>с преобр. среднеквадратичного зч. | 1,40  | 1,59 | 2,05 | 1,75   | 3,82 | 3,62 | 4,20   |
| С6-11 с преобр.<br>ср. кв. значения                  | 1,57  | 1,53 | 1,86 | 1,66   | 3,53 | 3,72 | 3,83   |

Таблица 3.6

## Результаты измерения и вычисления погрешностей, возникающих вследствие явления резонанса во входной цепи вольтметра при подключении проводимости

| Частота, МГц | $U_1, B$ | $S_1$ | $U_2, B$ | $S_2$ |
|--------------|----------|-------|----------|-------|
| 0,1          | 2,0      | 0,00  | 2,0      | 0,00  |
| 1            | 2,0      | 0,00  | 2,0      | 0,00  |
| 5            | 2,0      | 0,00  | 2,0      | 0,00  |
| 10           | 2,1      | 0,05  | 2,0      | 0,00  |



|    |     |      |     |       |
|----|-----|------|-----|-------|
| 15 | 2,2 | 0,10 | 2,0 | 0,00  |
| 20 | 2,5 | 0,25 | 2,0 | 0,05  |
| 25 | 2,8 | 0,40 | 2,2 | 0,10  |
| 30 | 3,0 | 0,50 | 1,8 | -0,10 |
| 35 | 3,4 | 0,70 | 1,5 | -0,05 |
| 40 | 4,6 | 1,30 | 1,8 | -0,05 |
| 45 | 5,8 | 1,80 | 2,0 | 0,00  |
| 50 | 5,0 | 1,50 | 2,2 | 0,10  |
| 55 | 1,6 | 1,30 | 2,2 | 0,1   |
| 60 | 3,0 | 0,50 | 2,4 | 0,05  |
| 65 | 2,6 | 0,3  | 2,1 | 0,05  |
| 70 | 1,4 | -0,3 | 2,0 | 0,00  |

Пример расчета:  
для таблицы 3.3,

$$U_{\text{max A}} = 0,707 \max (U(t) - U_{\text{cp}})$$

$$U_{\text{max A}}^{(k=0,25)} = 0,707 \cdot U_p (1 - 0,25) = 2,12$$

$$U_{\text{ср. в}} = \frac{1}{T} \int_0^T (U(t) - U_{\text{cp}}) dt$$

$$U_{\text{ср. в}} (k=0,25) = U_p \cdot 2,22 \cdot 0,25 (1 - 0,25) = 1,66$$

$$U_{\text{ср. в}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (U(t) - U_{\text{cp}})^2 dt}$$

$$U_{\text{ср. в}} (k=0,25) = U_p \cdot \sqrt{0,25 (1 - 0,25)} = 1,73$$

$$U_{\text{ср. в}} = \frac{U_p}{2} \cdot 0,707 = 1,41$$

для таблицы 3.4

$$A) U_p = \frac{U_{\text{max}}}{0,707 (1 - 0,25)} = 3,860$$

$$CP) U_p = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{0,25 (1 - 0,25)}} = 5,52$$

$$B) U_p = \frac{U_{\text{max}}}{2 \cdot 0,25 (1 - 0,25)} = 3,82$$

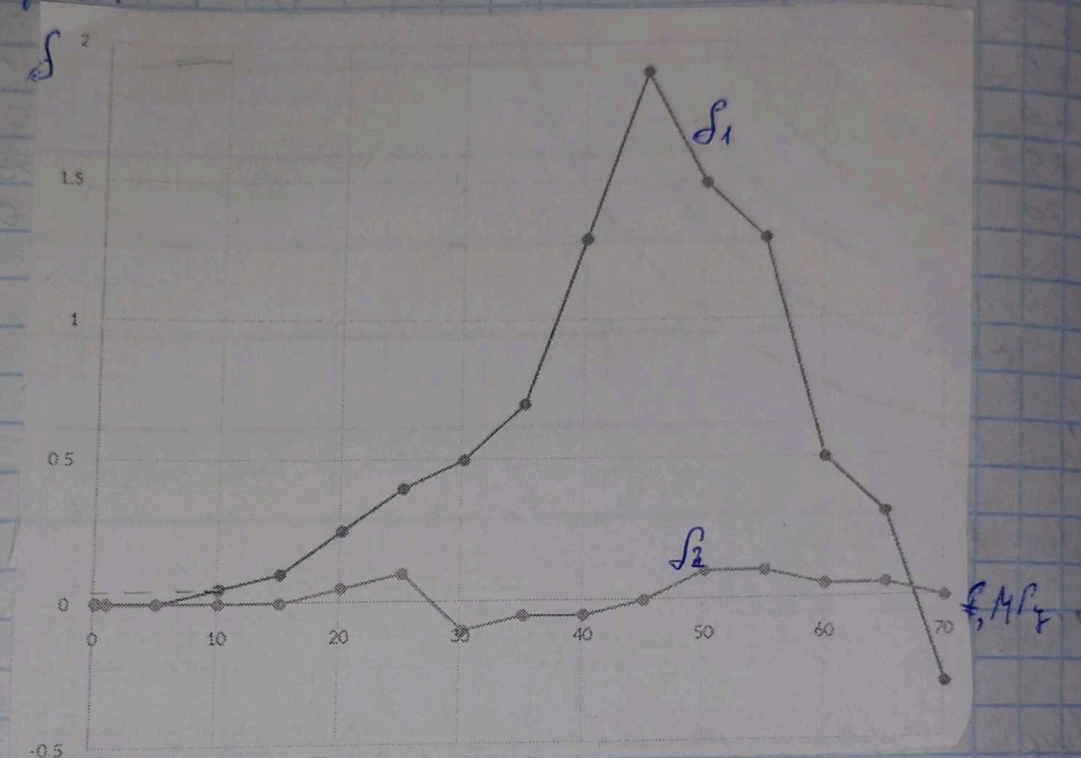
$$sin) U_{p, \text{sin}} = \frac{U_{\text{max}} \cdot 2}{0,707}$$



дл. волны 3.6 /  $S_1 = \frac{U_1 - U_{0,1}}{U_{0,1}} = \frac{3,0 - 2,0}{2,0} = 0,50$

$S_2 = \frac{U_2 - U_{0,2}}{U_{0,2}} = \frac{1,3 - 2,0}{2,0} = -0,35$

График:



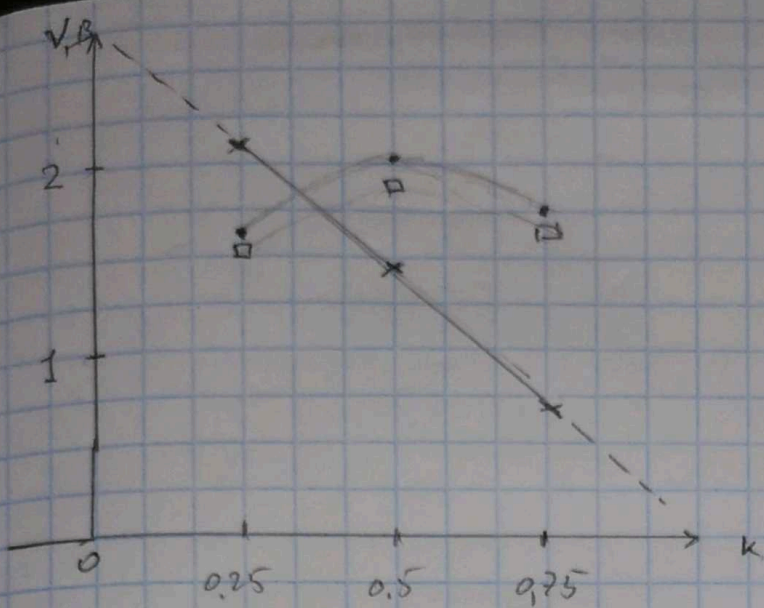
Выводы:

1. Рассчитанные теоретические данные практически совпадают с полученными экспериментальными.

2. Лучшим по результатам измерений оказался вольтметр В7-15.

3. Мы установили что вольтметр типа В7-15 не может подключать созд. проводники при частоте  $f \approx 10 \text{ МГц}$





$\times$  - B7-15  
 $\bullet$  - B7-27/A  
 $\square$  - C6-11