

Практическая работа по электрическим измерениям

ТУЛГУ

ПЗ № 1. Измерение электрических величин с помощью универсального электронно-лучевого осциллографа

Вариант 2

Задание на практическую работу:

Оценить предельные погрешности измерения длительности фронта $t_f = 2$ мкс методами калиброванной шкалы и сравнения, используя блок сдвоенной развертки осциллографа, если длительность развертки $D_p = 0,5$ мкс/дел, погрешность калиброванной шкалы $\gamma_K = 3\%$, погрешность калиброванной шкалы задержки $\gamma_z = 2\%$, толщина луча $b_L = 0,8$ мм, толщина визирной линии $b_{ВЛ} = 0,2$ мм, $U_M = 40$ мм.

Исходные данные:

Длительность фронта t_f , мкс	1
Длительность развертки D_p , мкс/ дел	0,5
Погрешность калибр шкалы, γ_K , %	1
Погрешность калибр шкалы задер, γ_z , %	0,5
Амплитуда, U_M , мм	15
Толщина луча, b_L , мм	0,8
Толщина визирной линии, $b_{ВЛ}$, мм	0,2
Постоянная времени, τ , мкс	0,5

Решение:

Погрешность измерения t_f методом калиброванной шкалы складывается из погрешности γ_K и погрешности γ_z , обусловленной конечной толщиной луча и визирной линии:

$$\gamma_L = (\Delta t_{0,1} + \Delta t_{0,9})/t_f,$$

где

$$\Delta t_{0,1} = t_1 - t'_1$$

t_1 и t'_1 определяются из выражений:

для уровня $0,1 U_M$,

$$U_{MH} = 0,1 \times 15 = 1,5 \text{ мм.}$$

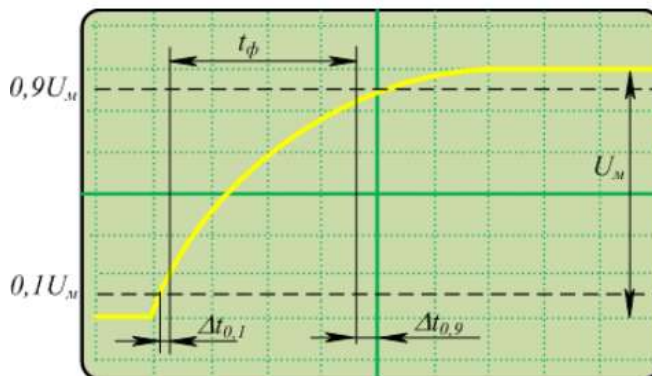


Рис.1 Вид на экране осциллографа

$$1 - e^{-t_1/\tau} = U_{\text{MH}}/U_M,$$

$$1 - e^{-t_1/\tau} = 1,5/15.$$

Отсюда

$$t_1 = \ln((1 - U_{\text{MH}}/U_M) \times \tau);$$

$$t_1 = \ln((1 - 1,5/15) \times 0,5) = 0,798 \text{ мкс.}$$

Смещение определяется как $\Delta_l = b_{\text{л}} + b_{\text{вл}} = 0,8 + 0,2 = 1 \text{ мм.}$

Для уровня, смещенного вниз на 1 мм,

Отсюда

$$t'_1 = \ln((1 - (U_{\text{MH}} - 1)/U_M) \times \tau);$$

$$t'_1 = \ln((1 - 0,5/15) \times 0,5) = 0,728 \text{ мкс.};$$

$$\Delta t_{0,1} = t_1 - t'_1;$$

$$\Delta t_{0,1} = 0,798 - 0,728 = 0,07 \text{ мм.};$$

- t_2, t'_2 определяются из выражений: для уровня $0,9U_M, U_{\text{МК}} = 0,9 \times 15 = 13,5 \text{ мм.}$

Отсюда

$$t_2 = \ln((1 - U_{\text{МК}}/U_M) \times \tau);$$

$$t_2 = \ln((1 - 13,5/15) \times 0,5) = 2,996 \text{ мкс.};$$

и для уровня, смещенного вверх на 1 мм,

$$t'_2 = \ln((1 - (U_{\text{МК}} + 1)/U_M) \times \tau);$$

$$t'_2 = \ln((1 - 14,5/15) \times 0,5) = 4,07 \text{ мкс.};$$

Тогда

$$\Delta t_{0,9} = -(t_2 - t'_2);$$

$$\Delta t_{0,9} = -(2,996 - 4,07) = 1,07 \text{ мкс.}$$

Подставив полученные значения $\Delta t_{0,1}, \Delta t_{0,9}, t_f$ в выражение (1), найдем

$$\gamma_{\text{л}} = (\Delta t_{0,1} + \Delta t_{0,9})/t_f,$$

$$\gamma_{\text{л}} = (0,07 + 1,07)/1 = 1,14.$$

Таким образом,

$$\gamma_{тф} = \gamma_k + \gamma_l$$

$$\gamma_{тф} = 0,01 + 1,14 = 1,15, \text{ т.е. } 115\%.$$

Осциллограмма измеряемого импульса на уровнях $0,1U_m$ и $0,9U_m$ при использовании сдвоенной развертки показана на рисунке 2 (длительность основной развертки в 10 раз больше длительности задержанной развертки).

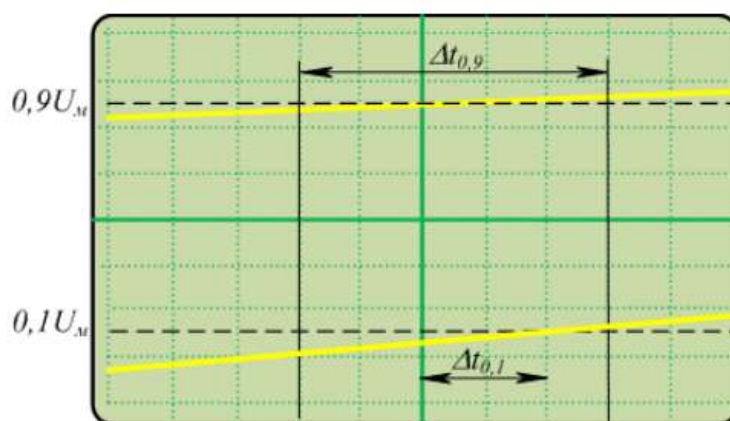


Рис.2. Осциллограмма измеряемого импульса

Погрешность, обусловленная конечной толщиной луча и визирной линии, в этом случае в 10 раз меньше. Предельная погрешность измерения $t_{ф}$:

$$\gamma_{тф} = 0,1\gamma_l + \gamma_z = 0,114 + 0,005 = 0,119, \text{ т.е. } 11,9\%.$$

Рассчитываемые величины:

Величина начала фронта, $U_{мн}$, мм	1,5
Величина окончания фронта, $U_{мк}$, мм	13,5
Время начала фронта, t_1 , мкс	0,798
Уровень смещения вниз	1,000
Время начала фронта со смещ, t'_1 , мкс	0,728
$\Delta t_{0,1}$	0,07
Время окончания фронта, t_2 , мкс	2,996
Уровень смещения вверх	1,000
Время начала фронта со смещ, t'_2 , мкс	4,07
$\Delta t_{0,9}$	1,07
Погрешность луча γ_l	1,14
Погрешность фронта, $\gamma_{тф}$, %	115
Предельная погрешность	11,9