

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

Задание на практическую работу

Оценить предельные погрешности измерения длительности фронта $t_{\phi} = 2$ мкс методами калиброванной шкалы и сравнения, используя блок двоянной развертки осциллографа, если длительность развертки $D_p = 0,5$ мкс/дел, погрешность калиброванной шкалы $\gamma_K = 3\%$, погрешность калиброванной шкалы задержки $\gamma_3 = 2\%$, толщина луча $b_L = 0,8$ мм, толщина визирной линии $b_{вЛ} = 0,2$ мм, $U_M = 40$ мм.

Решение. Погрешность измерения t_{ϕ} методом калиброванной шкалы складывается из погрешности γ_K и погрешности γ_3 , обусловленной конечной толщиной луча и визирной линии (рисунок 4):

$$\gamma_{t_{\phi}} = \gamma_K + \gamma_L,$$

где

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

в свою очередь

$$\Delta t_{0,1} = t_1 - t'_1 \text{ (рисунок 4);}$$

t_1 и t'_1 определяются из выражений:

для уровня $0,1U_M$, $U_{MN} = 0,1 \times 40 = 4$ мм.

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

$$1 - e^{-t_1/\tau} = 4/40,$$

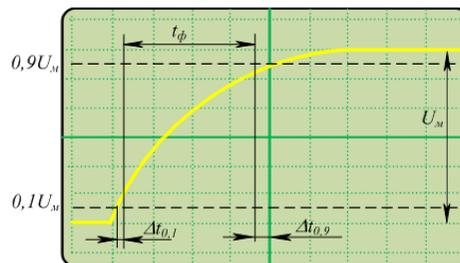


Рисунок 4 - Вид на экране осциллографа

Отсюда

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

$$t_1 = \ln((1 - 4/40) \times 1) = 0,105 \text{ мкс};$$

Смещение определяется как $\Delta L = b_L + b_{вЛ} = 0,8 + 0,2 = 1$ мм.

Для уровня, смещенного вниз на 1 мм,

$$1 - e^{-t'/\tau} = (U_{MN} - 1)/U_M = 3/40,$$

Отсюда

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

$$t'_1 = \ln((1 - 3/40) \times 1) = 0,078 \text{ мкс};$$

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

$$\Delta t_{0,1} = 0,105 - 0,078 = 0,027 \text{ мм};$$

t_2 , t'_2 определяются из выражений: для уровня $0,9U_M$, $U_{МК} = 0,9 \times 40 = 36$ мм:

$$1 - e^{-t_2/\tau} = U_{МК}/U_M = 36/40.$$

Отсюда

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

$$t_2 = \ln((1 - 36/40) \times 1) = 2,303 \text{ мкс};$$

и для уровня, смещенного вверх на 1 мм,

$$1 - e^{-t'/\tau} = (U_{МК} + 1)/U_M = 37/40.$$

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

$$t'_2 = \ln((1 - 37/40) \times 1) = 2,590 \text{ мкс};$$

Тогда

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

$$\Delta t_{0,9} = -(2,303 - 2,590) = 0,288 \text{ мкс}.$$

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

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

$$\gamma_L = (0,027 + 0,288)/2 = 0,158.$$

Таким образом,

$$\gamma_{t_{\phi}} = \gamma_K + \gamma_L,$$

$$\gamma_{t_{\phi}} = 0,03 + 0,158 = 0,188,$$

т.е. 18,8%.

Осциллограмма измеряемого импульса на уровнях $0,1U_M$ и $0,9U_M$ при использовании двоянной развертки показана на рисунке 5 (длительность основной развертки в 10 раз больше длительности задержанной развертки).

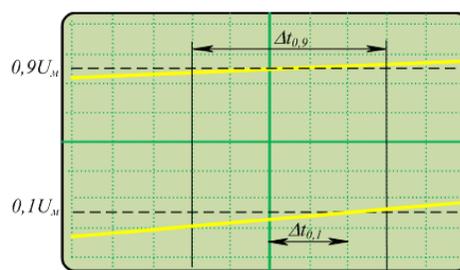


Рисунок 5 - Осциллограмма измеряемого импульса

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

$$\gamma_{t_{\phi}} = 0,1\gamma_L + \gamma_3 = 0,0188 + 0,02 = 0,0388,$$

т.е. 3,88%.

Задание на практическую работу

Произвести требуемые погрешности в соответствии с исходными данными в соответствии с вариантом.

Величина	Вар1	Вар2	Вар3	Вар4	Вар5	Вар6	Вар7	Вар8	Вар9	Вар10
Длительность фронта t_{ϕ} , мкс	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Длительность развертки D_p , мкс/дел	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Погрешность калибр шкалы, γ_K , %	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
Погрешность калибр шкалы задерж, γ_3 , %	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	2	2	2
Амплитуда, U_M , мм	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Толщина луча, b_L , мм	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Толщина визирной линии, $b_{вЛ}$, мм	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Постоянная времени, τ , мкс	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1,5	1,5	1,5

Рассчитываемые величины:

Величина начала фронта, U_{MN} , мм	4
Величина окончания фронта, $U_{МК}$, мм	36
Время начала фронта, t_1 , мкс	0,105
Уровень смещения вниз	1,000
Время начала фронта со смещ, t'_1 , мкс	0,078
$\Delta t_{0,1}$	0,027
Время окончания фронта, t_2 , мкс	2,303
Уровень смещения вверх	1,000
Время начала фронта со смещ, t'_2 , мкс	2,590
$\Delta t_{0,9}$	0,288
Погрешность луча γ_L	0,158
Погрешность фронта, $\gamma_{t_{\phi}}$, %	18,754
Предельная погрешность	3,875

Заполнить таблицу расчетных величин в соответствии с вариантом задания. (В таблице приведены результаты расчета по рассмотренному примеру).