

Электронные осциллографы

РАСОВ Д.Д.

ГПОУ «СЦБТ»

Основные данные осциллографа указаны на его лицевой панели.

Осциллографы могут быть следующих типов: *светолучевые* (группа Н) и *электронные* (группа С).

В свою очередь электронные осциллографы (ЭО) по виду индикации подразделяются на *аналоговые* и *цифровые*, по назначению на *универсальные* (С1), *стробоскопические* (С7), *запоминающие* (С8) и *специальные* (С9), а по числу одновременно исследуемых процессов на *одноканальные* и *многоканальные*.

Одноканальные (однолучевые) осциллографы, позволяющие наблюдать на экране один процесс, имеют один вход Y , один переключатель «Вольт/дел.» и по одной ручке регулировки яркости, астигматизма, фокуса.

Многоканальные двухлучевые осциллографы, позволяющие исследовать два процесса одновременно, имеют два входа Y (Y_1 и Y_2), два переключателя «Вольт/дел.» и по две ручки регулировки яркости (Яркость1 и Яркость2), фокуса (Фокус1 и Фокус2), астигматизма (Астигматизм1, Астигматизм2).

Двухканальные ЭО имеют два входа Y (Y_1 и Y_2), два переключателя «Вольт/дел.» и по одной ручке регулировки яркости, астигматизма, фокуса.

Все осциллографы имеют три электрических входа Y, X, Z:

Y — предназначен для подачи исследуемого сигнала, под действием которого электронный луч перемещается в вертикальном направлении. У этого входа указывается входной импеданс — значения активного $R_{вх}$ и реактивного $C_{вх}$ сопротивлений. Сопротивление $R_{вх}$, обычно равное 1 МОм, определяет незначительное потребление мощности осциллографом из исследуемой цепи, а сопротивление $C_{вх}$ в зависимости от назначения прибора варьируется в пределах десятков пикофарадов. Входная емкость влияет на полосу пропускания ЭО (чем меньше $C_{вх}$, тем больше частотный диапазон);

X — предназначен для подачи вспомогательного напряжения, обеспечивающего перемещение электронного луча по горизонтали и получения неподвижной осциллограммы;

Z — (в отличие от X и Y) предназначен для управления яркостью луча и расположен на задней панели прибора.

Ключевым моментом работы с осциллографом является приобретение пользовательских навыков и умения измерять параметры различных сигналов с возможно меньшей погрешностью, что невозможно осуществить без знания универсальной методики измерения, используемой для любого аналогового ЭО.

Методика измерения параметров сигналов

Универсальная методика измерений с помощью осциллографа включает в себя следующие процессы.

1. Определение формы исследуемого сигнала (табл. 7.1).

Сигнал может быть однополярным, т.е. с амплитудой одной полярности (см. табл. 7.1, сигналы с номерами 2 и 4а—в) и двухполярные с положительной и отрицательной амплитудами (сигналы с номерами 1, 3 и 4г).

2. Установка ручкой регулировки линии развертки ЭО:

- для положительного однополярного сигнала — внизу экрана, а для отрицательного однополярного сигнала — вверху (на расстоянии не менее одного деления от края);

- для двухполярного сигнала — по центру экрана.

3. Выбор положения масштабозадающих органов управления ЭО:

- размер осциллограммы по горизонтали устанавливается переключателем «Время/дел.» и тумблером «Развертка» (если он есть) в соответствии с периодом повторения сигнала. Произведение значений, установленных переключателем и тумблером, является ее масштабом;

- размер осциллограммы по вертикали устанавливается переключателем «Вольт/дел.» (в некоторых осциллографах и тумблером «Усилитель») в соответствии с амплитудой сигнала. Показание переключателя «Вольт/дел.» (или произведение значений, установленных переключателем «Вольт/дел.» и тумблером «Усилитель») является масштабом осциллограммы.

От выбранного масштаба осциллограммы зависит погрешность измерения параметров сигнала.

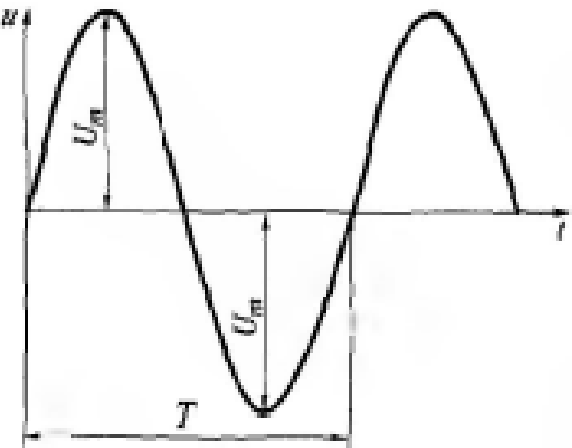
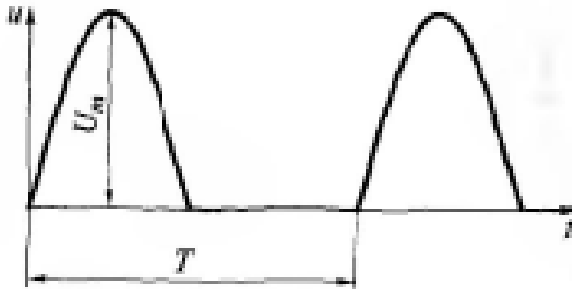
4. Определение значений конкретных прямых параметров сигнала по осциллограмме и производных вторичных параметров по расчетным формулам, приведенным в табл. 7.1.

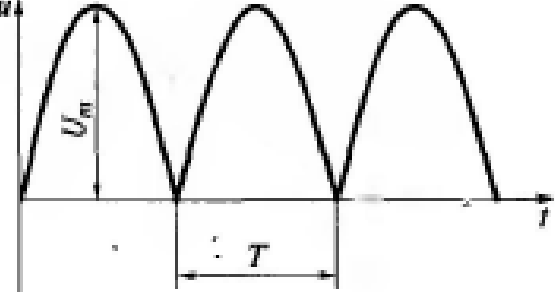
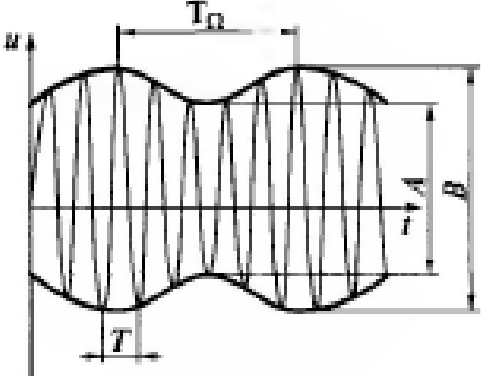
5. Расчет всех прямых параметров сигнала в любой момент времени осциллограммы (по вертикали A_v и по горизонтали A_r) производится по формуле

$$A_{v(r)} = C_{н(х)} n_{н(х)}, \quad (7.1)$$

где $C_{н(х)}$ — цена одного деления масштабной сетки осциллографа по вертикали (горизонтали); $n_{н(х)}$ — линейный размер параметра сигнала по вертикали (горизонтали) в делениях масштабной сетки.

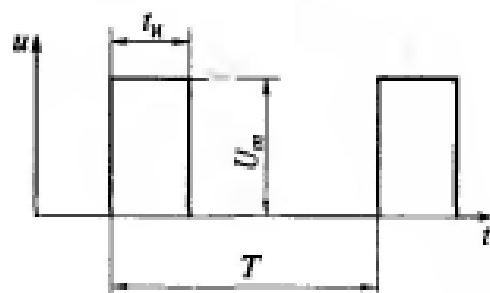
Сигналы, широко используемые в электронике

Название сигнала	Форма сигнала	Параметры сигнала	Формулы для расчета производных параметров
1. Синусоидальный		<p>U_m — амплитудное значение; U — среднеквадратическое значение; T — период повторения; F — частота</p>	$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,707U_m \quad (7.2)$
2. Пульсирующий: а) однополупериодный			$F = \frac{1}{T} \quad (7.3)$

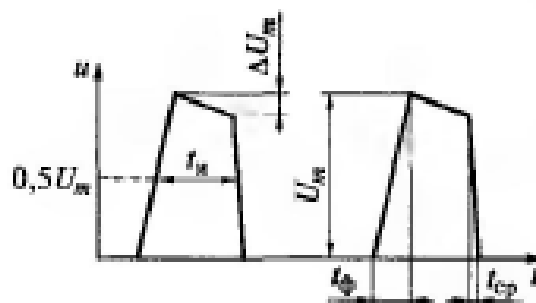
Название сигнала	Форма сигнала	Параметры сигнала	Формулы для расчета производных параметров
б) двухполупериодный			
3. Амплитудно-модулированный (АМ колебание)		T_{Ω} — период повторения модулирующей частоты; F — модулирующая частота; T — период повторения несущей частоты; f — несущая частота; M — коэффициент амплитудной модуляции; A, B — линейные размеры	$F = \frac{1}{T_{\Omega}}$ $f = \frac{1}{T}$ $M = \frac{A - B}{A + B} 100 \quad (7.4)$

4. Импульсный:

а) прямоугольный

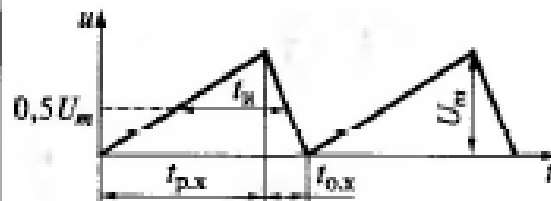


б) трапецидальный



в) пилообразный:

• непрерывный



U_m — амплитуда импульса;

t_n — длительность импульса;

T — период повторения импульса;

F — частота повторения импульса;

q — скважность;

ΔU_m — скос вершины импульса;

t_ϕ — передний фронт импульса;

$t_{ср}$ — задний срез импульса;

$t_{р.х}$ — время рабочего хода пилы;

$t_{о.х}$ — время обратного хода пилы

$$q = \frac{T}{t_n} = \frac{1}{Ft_n} \quad (7.5)$$

Примеры решения задач

Пример 7.1. Требуется указать полное название прибора, представленного на рис. 7.1.

Решение. В соответствии с каталоговой классификацией радиоизмерительных приборов (см. приложение 5) С1 — обозначение осциллографа электронного универсального, а 67 — номер модели.

Так как на изображении лицевой панели отсутствует цифровой индикатор, то прибор аналоговый.

На лицевой панели прибора один вход Y (обозначенный на панели прибора входным импедансом), один переключатель «Вольт/дел.», по одной ручке «Яркость» и «Фокус», что характеризует осциллограф как однолучевой.

Следовательно, полное название прибора — осциллограф электронный аналоговый универсальный однолучевой.

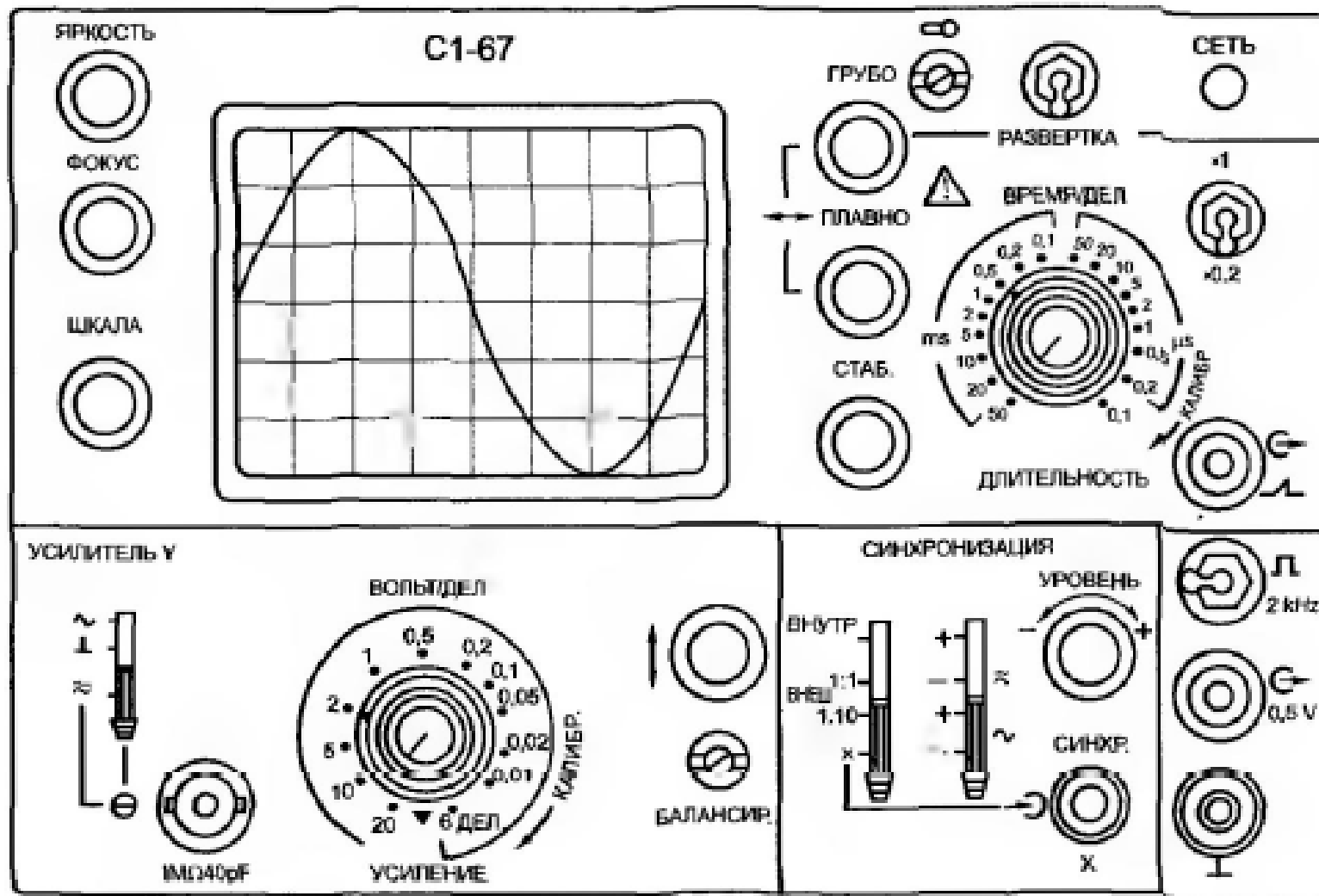


Рис. 7.1. Изображение лицевой панели прибора С1-67 с синусоидальным сигналом

Пример 7.2. Требуется определить диапазон измерения напряжения по передней панели осциллографа С1-67 (см. рис. 7.1).

Решение. Напряжение, измеряемое осциллографом, рассчитаем по формуле (7.1): $U = C_Y n_Y$.

Минимальное (максимальное) напряжение U_{\min} (U_{\max}) найдем исходя из минимального (максимального) значений C_Y и n_Y .

На шкале переключателя «Вольт/дел.» минимальное значение C_Y равно 0,01 В/дел. (максимальное — 20 В/дел.).

Минимальный линейный размер по вертикали n_Y принимаем равным одному делению, так как при меньших значениях возрастает погрешность измерения, максимальное значение n_Y по масштабной сетке — 6 делений.

Следовательно, диапазон измерения напряжений осциллографом С1-67 составляет:

$$U_{\min} = (0,01 \text{ В/дел.})(1 \text{ дел.}) = 0,01 \text{ В}; \quad U_{\max} = (20 \text{ В/дел.})(6 \text{ дел.}) = 120 \text{ В.}$$

Пример 7.3. Требуется определить параметры синусоидального сигнала (см. табл. 7.1) при следующих положениях переключателей и тумблера прибора, показанного на рис. 7.1: «Вольт/дел.» — 2; «Время/дел.» — 50 мс/дел.; тумблер «Развертка» — $\times 0,2$.

Решение. Исходя из синусоиды, показанной на экране осциллографа, амплитуда сигнала составляет 3 деления, а его период — 8 делений.

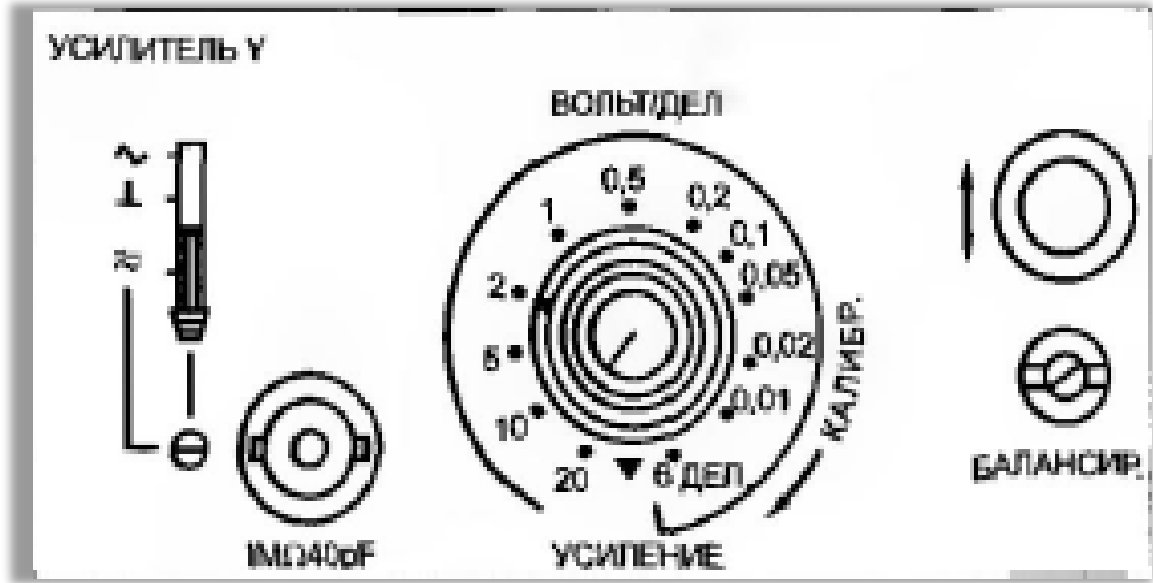
Заданный сигнал является синусоидальным с параметрами U_m , U , T , F .

Амплитудное значение напряжения определяем по формуле (7.5):

$$U_m = C_{\gamma} n_{\gamma} = (2 \text{ В/дел.}) (3 \text{ дел.}) = 6 \text{ В.}$$

Среднеквадратическое значение напряжения определяем из формулы (7.2):

$$U \approx 0,707 \cdot 6 \text{ В} = 4,2 \text{ В.}$$



Период повторения сигнала определяем по формуле (7.1):

$$T = C_{\text{ХЛХ}} = (50 \text{ мс/дел.})(0,2 \cdot 8 \text{ дел.}) = 80 \text{ мс.}$$

Частоту повторения определяем по формуле (7.3):

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{80 \cdot 10^{-3} \text{ с}} = 125 \text{ Гц.}$$

Следовательно, параметры измеренного синусоидального сигнала составляют:

$$U_m = 6 \text{ В}; U = 4,2 \text{ В}; T = 80 \text{ мс}; F = 12,5 \text{ Гц.}$$

Пример 7.4. Требуется определить, как изменятся линейные размеры осциллограммы по горизонтали и вертикали, если переключатель «Вольт/дел.» из положения 2 (когда амплитуда сигнала соответствует трем делениям), перевести в положение 10?

Решение. Линейные размеры осциллограммы по горизонтали регулируются переключателем «Время/дел.» и тумблером «Развертка», положение которых по условию задачи не изменяется. Следовательно, размеры осциллограммы по горизонтали не изменятся.

Амплитуда сигнала по вертикали в исходном положении переключателя «Вольт/дел.»

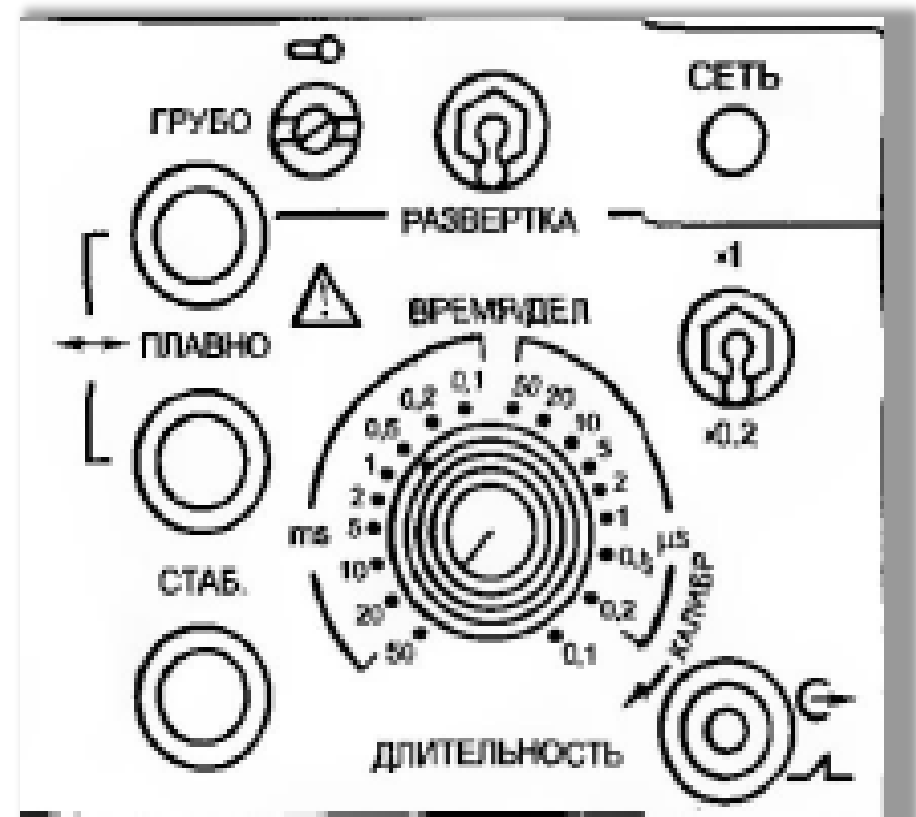
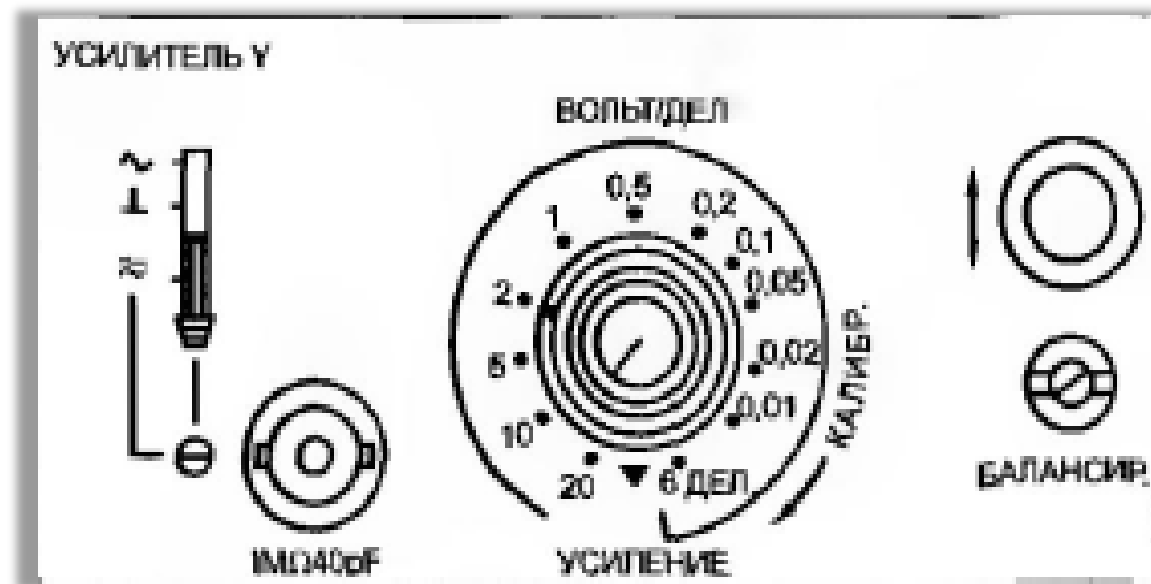
$$U_m = C_{\gamma n_{\gamma}} = (2 \text{ В/дел.})(3 \text{ дел.}) = 6 \text{ В.}$$

найдем амплитуду сигнала по вертикали при положении переключателя «Вольт/дел.» на отметке 10 из следующей формулы:

$$U_m = (10 \text{ В/дел.})(x \text{ дел.}) = 6 \text{ В,}$$

откуда

$$x = \frac{6 \text{ В}}{10 \text{ В/дел.}} = 0,6 \text{ дел.}$$



Итак, при $C_Y = 2$ В/дел. линейный размер параметра $n_Y = 3$ дел.; а при $C_Y = 10$ В/дел. этот размер $n_Y = 0,6$ дел., т.е. при заданном положении переключателя размеры осциллограммы по вертикали уменьшатся в 5 раз, а ее размеры по горизонтали не изменятся.

Пример 7.5. Требуется определить входное полное сопротивление осциллографа С1-67, показанного на рис. 7.1.

Решение. Сведения о входном полном сопротивлении указаны на лицевой панели прибора, т.е. в данном случае $R_{вх} = 1$ МОм, а $C_{вх} = 40$ пФ.

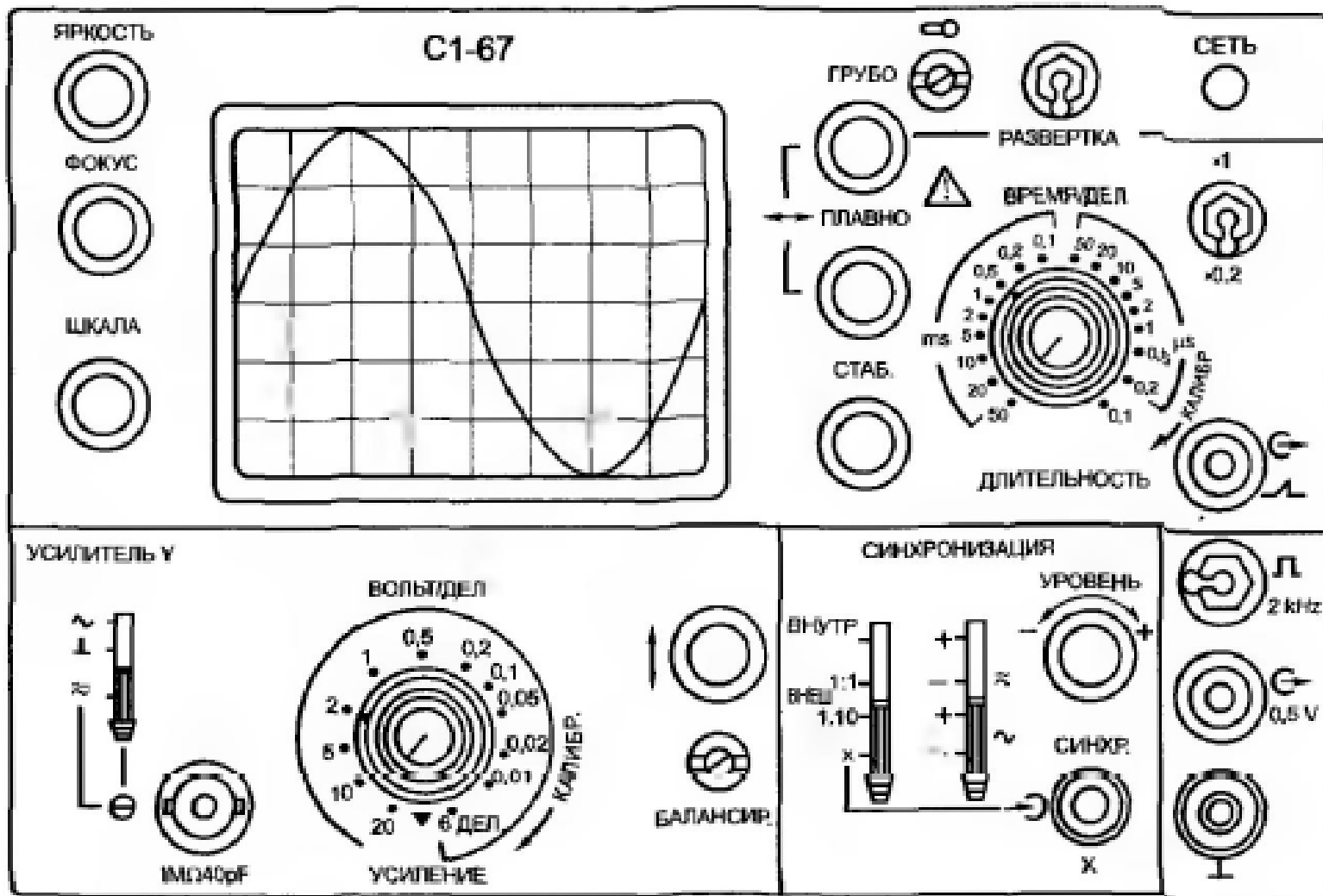


Рис. 7.1. Изображение лицевой панели прибора С1-67 с синусоидальным сигналом