

## УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ОСЦИЛЛОГРАФА

Осциллограф является прибором для визуального наблюдения электрических сигналов. Наблюдаемые сигналы представляются на экране осциллографа в определенном масштабе, что позволяет определять их параметры (например, амплитуду, период) путем непосредственного измерения. В осциллографе предусмотрены два основных вида представления сигналов – зависимости сигнала от времени, т.е.  $y(t)$  и зависимости одного изменяющегося со временем сигнала  $y(t)$  от другого –  $x(t)$ , т.е.  $y(x)$ .

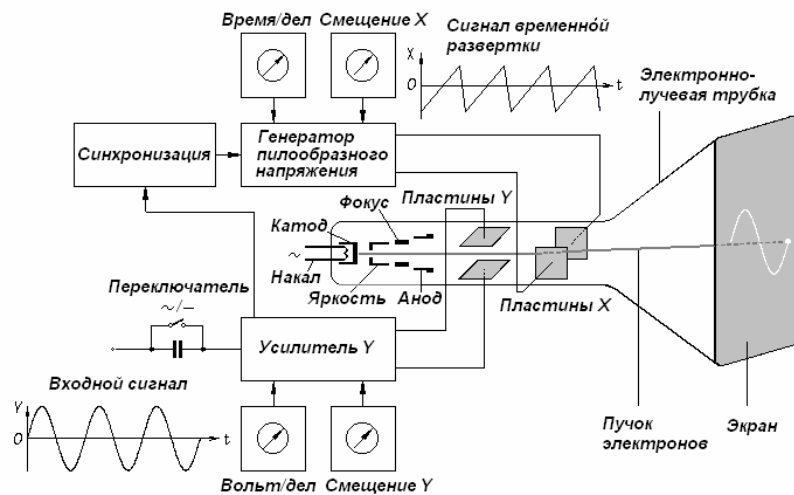


Рис. 1.

Структурная схема осциллографа приведена на рис. 1. Изображение сигнала создается на флюоресцирующем экране электронно-лучевой трубки ускоренным и сфокусированным пучком электронов. Смещение пучка по вертикали и горизонтали обеспечивают две пары отклоняющих пластин – Y и X. При наблюдении временной зависимости сигнала на отклоняющие пластины Y подается разность потенциалов, пропорциональная входному сигналу, масштаб (вольт/деление) для которого устанавли-

вается выбором коэффициента усиления, а на пластины  $X$  подается сигнал временной развертки от генератора пилообразного напряжения. Генератор пилообразного напряжения вырабатывает линейно изменяющееся со временем периодическое напряжение, причем время нарастания сигнала существенно превышает время убывания (см. вид сигнала временной развертки на рис. 1). При наблюдении зависимости вида  $y(x)$  сигнал на отклоняющие пластины  $X$  подается аналогично пластинам  $Y$ . Начальное положение пучка на экране может быть установлено подачей на пластины  $X$  и  $Y$  постоянных разностей потенциалов (“Смещение  $X$ ” и “Смещение  $Y$ ” на рис. 1).

Рассмотрим работу осциллографа в режиме временной развертки. Если на входе  $Y$  сигнал отсутствует, то пилообразное напряжение, подаваемое на пластины  $X$ , приведет, к перемещению луча вправо-влево, причем в одну сторону (прямой ход) луч будет двигаться сравнительно медленно, а возвращаться в исходную точку (обратный ход) – быстро. При этом на экране будет наблюдаться горизонтальная линия. Скорость прямого хода регулируется органами управления осциллографа, позволяя выбирать величину смещения луча в единицу времени, т.е. масштаб время/деление. Во время обратного хода луч гасится и следа на экране не оставляет.

Теперь предположим, что на пластины  $Y$  подан, например, синусоидальный сигнал  $y(t)=\sin\omega t$ . Тогда луч будет перемещаться одновременно как по горизонтали, так и по вертикали. Сначала ограничимся рассмотрением одного периода развертки. Поскольку пилообразное напряжение линейно, то при прямом ходе луча координата  $x$  будет возрастать со временем по линейному закону  $x(t)=kt$ . При этом в момент времени  $t=x/k$  координата  $y$  примет значение  $y(x/k)=\sin(\omega x/k)$ . Таким образом, траектория  $y(x)$  точки падения пучка электронов на экран, будет представлять собой фрагмент синусоиды, соответствующий длительности прямого хода развертки.

Для наблюдения на экране устойчивой картинке нужно, чтобы фрагменты периодического сигнала, накладывающиеся друг на друга при последовательных прямых ходах развертки, были одинаковыми. Однако за время обратного хода развертки вход-

ной сигнал успеваеt изменитьcя, и при непрерывной генерации напряжения развертки достичь этого не удается. Сказанное проиллюстрировано на рис. 2 и 3. Соответствующие прямому ходу непрерывной развертки фрагменты синусоиды a-d, сменяя друг друга на экране, не дают неподвижной картинкИ (рис. 3).

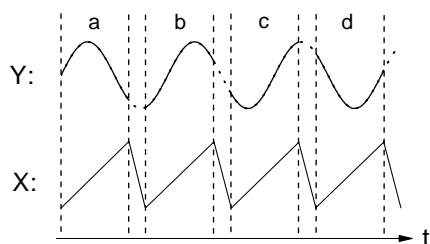


Рис. 2.

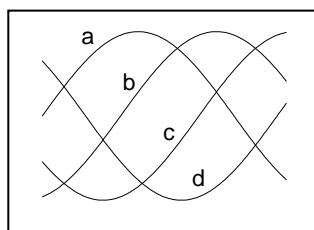


Рис. 3.

Проблема решается синхронизацией развертки с входным сигналом. Вместо непрерывной генерации пилообразного напряжения генератор развертки устанавливается в так называемый ждущий режим и вырабатывает один период напряжения всякий раз, когда входной сигнал достигает определенного уровня (см. рис. 4). Тогда при наложении одинаковых фрагментов периодического входного сигнала на экране наблюдается устойчивая неподвижная картинка (рис. 5).

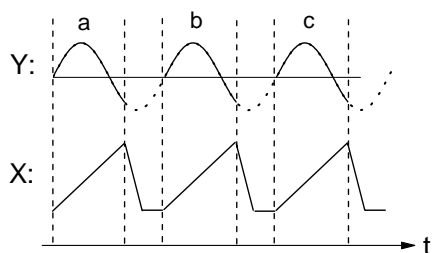


Рис. 4.

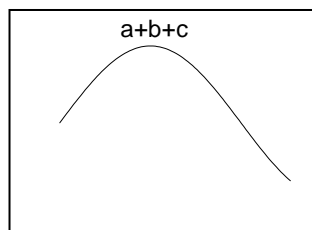


Рис. 5.

В настоящем практикуме используется двухканальный осциллограф марки НМ400 фирмы Nameg. Двухканальный осциллограф отличается от одноканального наличием двух каналов Y, что позволяет наблюдать на экране осциллографа одновременно две зависимости  $y_1(t)$  и  $y_2(t)$ . Для наблюдения зависимости вида

$y(x)$  сигнал  $y$  подается на один канал, а сигнал  $x$  – на другой. На рис. 6 показана лицевая панель осциллографа с указанием органов управления.

Питание осциллографа включается и выключается клавишей 1 (POWER). Последовательным нажатием на клавишу 4 (SELECT) выбирается один из трех регулируемых параметров пучка электронов – интенсивность (INTENS), фокусировка (FOCUS) и наклон прямой, по которой осуществляется развертка пучка (TRACE). Выбранный параметр обозначается светодиодом 3 и регулируется клавишами 2 (ADJUST). Нажатие клавиши «+» приводит к увеличению соответствующего параметра, клавиши «-» – к уменьшению.

Ручкой 13 (X-POSITION) устанавливается начальная координата  $x$  одновременно для обоих каналов. Начальная координата  $y$  устанавливается в каждом из каналов отдельно при помощи ручек 5 (POSITION 1 и POSITION 2).

Входные сигналы каналов 1 и 2 подаются на коаксиальные разъемы 29 (CH 1 и CH 2). Масштабные множители (вольт на деление в левой части шкалы или милливольт на деление в правой части) устанавливаются переключателями 14 (VOLTS/DIV). с погрешностью 3%. Кнопками 24 (DC/AC) выбирается гальваническое подсоединение входов либо емкостное. В последнем случае на вход поступает только переменная составляющая сигнала. Кнопками 25 (GND) входы отключаются от входных разъемов и подключаются к «земле». Нажатием кнопки 26 (INV) сигнал, поступающий на вход второго канала может быть инвертирован.

Кнопками на панели 32 выбирается режим работы осциллографа: CH1 – только канал 1 ( $y_1(t)$ ); CH2 – только канал 2 ( $y_2(t)$ ); DUAL – оба канала одновременно; XY – зависимость  $y(x)$ . В последнем случае сигнал, поступающий на вход 1, перемещает луч по горизонтали ( $x$ ), а на вход 2 – по вертикали ( $y$ ).

Параметры временной развертки (время/деление) устанавливаются переключателем 15 (TIME/DIV). Погрешность калибровки временной шкалы составляет 3%. Нажатием клавиши 12 (X-MAG/ $\times 10$ ) скорость перемещения луча при развертке увеличивается в 10 раз (с погрешностью 5%). В режиме XY временная развертка отключена.

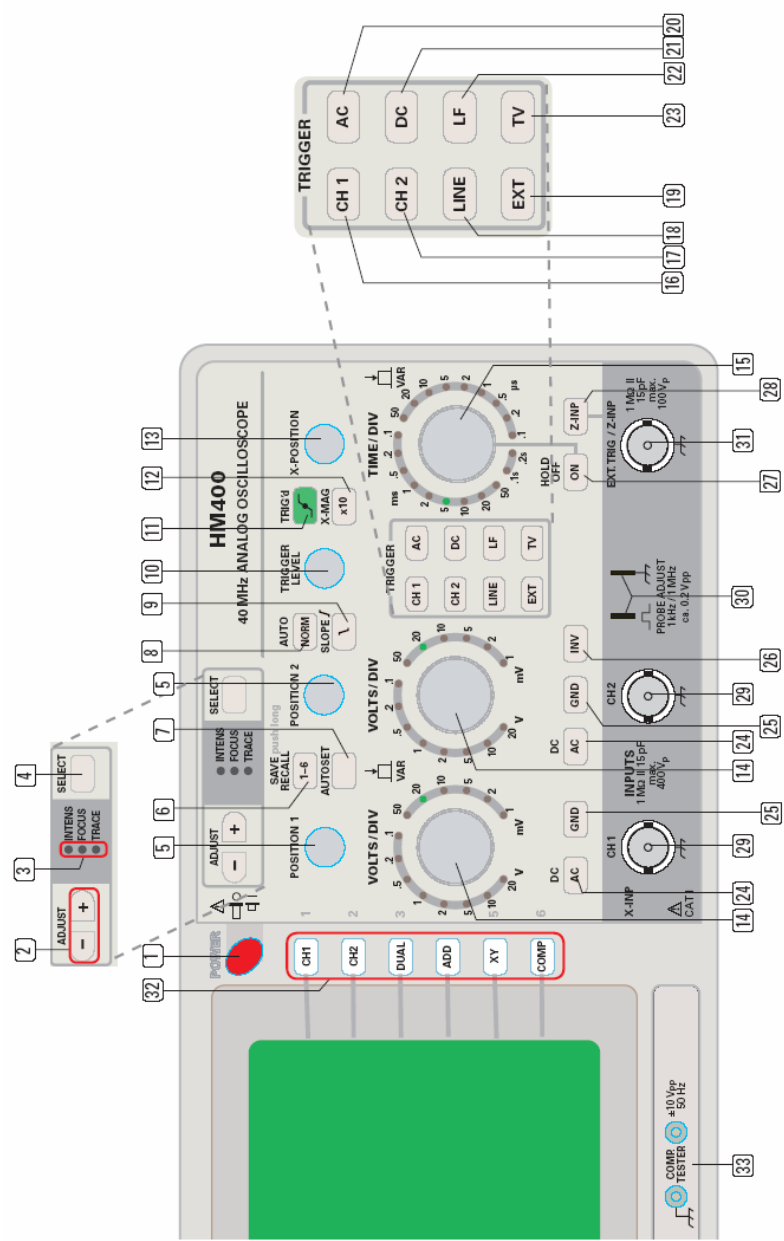


Рис. 6.

Клавишей 8 производится переключение между режимом непрерывной развертки (AUTO) и ждущей (NORM). Кнопки управления синхронизацией временной развертки расположены на панели TRIGGER. При нажатии кнопки 16 (CH 1) синхронизация выполняется относительно сигнала в канале 1, при нажатии кнопки 17 (CH 2) – относительно сигнала в канале 2. Уровень сигнала, при котором запускается развертка, устанавливается ручкой 10 (TRIGGER LEVEL). Кнопка 9 (SLOPE) устанавливает запуск по превышению уровня на фронте возрастания либо убывания сигнала.

Подробное описание осциллографа HM400, где указаны также функции всех органов управления, в том числе не упомянутых выше, можно взять в Интернете по адресу <http://www.iatephysics.narod.ru/HM400.pdf>