

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет “ЛЭТИ”

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторной работы по дисциплине
“Приборы и техника радиоизмерений”

ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ С ЦИФРОВЫМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ БЛОКОМ

Санкт-Петербург
2012

ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ С ЦИФРОВЫМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ БЛОКОМ

В лабораторной работе изучаются устройство и принцип действия универсального двухканального аналого-цифрового электронно-лучевого осциллографа GOS-6200. Изучаются структурная схема осциллографа и методы измерения параметров (напряжений и временных интервалов) сигналов сложной формы.

Структурная схема универсального аналогового осциллографа GOS-6200

Аналоговый осциллограф с цифровым измерительным блоком – это измерительный прибор, позволяющий получить изображение (осциллограмму) сигнала в реальном масштабе времени. Осциллограмма строится в виде графика в декартовой системе координат напряжение–время на экране электронно-лучевой трубки с электростатическим принципом отклонения. Измерение параметров сигналов производят в таких осциллографах *методом сравнения с эталоном (курсорные измерения)* с использованием встроенного цифрового измерительного блока. При этом (в отличие от цифровых осциллографов) аналого-цифрового преобразования сигнала не производят, что позволяет получить высокое быстродействие и широкую рабочую полосу каналов вертикального отклонения в сочетании с достаточно высокой точностью экранных измерений.

Основным узлом *универсального* аналогового осциллографа является электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) с электростатическим отклонением луча. Исследуемый сигнал после усиления, как и в случае с универсальным осциллографом, подается на вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ. *Двухканальные* осциллографы с электронной коммутацией сигналов позволяют наблюдать на экране два синхронных сигнала. Электронный коммутатор позволяет наблюдать как один, так и другой сигналы, подаваемые на оба канала, оба сигнала вместе и сумму или разность сигналов.

Ряд осциллографов имеют канал горизонтального отклонения с двумя генераторами развертки (система двойной развертки), что позволяет реализовать режим временного окна и увеличить точность измерения временных интервалов.

Аналого-цифровые осциллографы имеют повышенную точность измерения напряжения и временных интервалов за счет использования курсорных измерений на экране. При этом реализуют метод сравнения с эталоном. На экране, кроме исследуемых сигналов, создают изображения курсоров (электронных меток), расстояние между которыми известно и его можно менять. Курсоры имеют вид горизонтальных и вертикальных линий или ярких точек (маркеров). Расстояние

между курсорами меняют вручную, помещая их на исследуемые точки изображения. Результат измерения отсчитывают затем по шкалам градуировки курсоров или по показаниям на цифровом табло. Такой метод измерения позволяет избавиться от большинства погрешностей, характерных для метода калиброванных шкал (нелинейности отклонения и развертки, погрешности калибровки, дискретности шкалы).

В лабораторной работе используется универсальный аналоговый осциллограф GOS-6200. Это широкополосный аналоговый двухканальный осциллограф с электронной коммутацией каналов. Он имеет систему двойной развертки и цифровой микропроцессорный блок для курсорных измерений. Структурная схема осциллографа приведена на рис. 2.1.

Основными блоками осциллографа являются электронно-лучевая трубка (ЭЛТ), каналы вертикального (Y) и горизонтального (X) отклонений луча. Осциллограф также содержит устройство синхронизации и запуска, канал модуляции луча по яркости (Z), калибратор и цифровой измерительный блок. Органы управления на передней панели осциллографа обычно объединяют в группы (см. рис. 2.1). Так, управление каналами вертикального отклонения сгруппировано в блок VERTICAL, органы управления разверткой – HORIZONTAL, блок синхронизации и запуска обозначен TRIGGER. Работа цифрового измерительного блока управляется кнопкой MEAS'MT. Некоторые кнопки имеют двойное назначение. При кратковременном нажатии выполняется одна функция, при длительном – другая, обозначенная надписью с подчеркиванием. Предусмотрен режим отключения органов управления передней панели – блокировка и разблокировка осуществляется длительным нажатием кнопки SETUPS LOCK.

Запоминание установленных параметров осциллографа осуществляют кнопками SAVE и RECALL панели SETUPS. Предусмотрено хранение в энергонезависимой памяти осциллографа до 10 предварительных установок параметров. Кратковременное нажатие одной из кнопок вызывает на экран номер предустановок памяти (MEM0–MEM9), которые можно выбирать этими же кнопками. Длительное нажатие кнопки SAVE позволяет сохранить установленные параметры в выбранной ячейке памяти, длительное нажатие кнопки RECALL – вызов из памяти сохраненного состояния. Осциллограф имеет режим автоматической настройки. При нажатии кнопки AUTOSET масштабы изображения устанавливаются автоматически так, чтобы изображение сигнала заняло бы 3–6 дел. по вертикали в одноканальном режиме и 3 дел. – в двухканальном. Коэффициент развертки подбирается так, чтобы отразить на экране от 1.6 до 4 периодов сигнала.

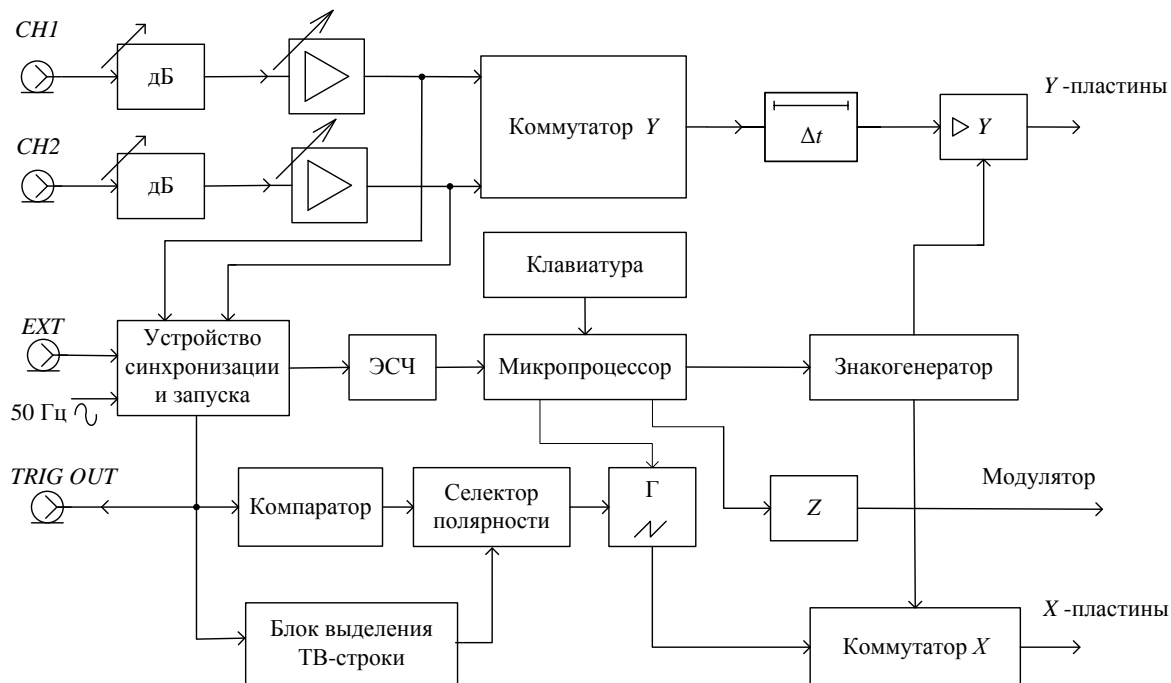


Рис. 2.1. Структурная схема осциллографа с цифровым измерительным блоком

В осциллографе применена ЭЛТ с электростатическим формированием и отклонением луча. Изображение сигнала образуется на плоском экране с люминесцентным покрытием, имеющим зеленый цвет свечения экрана. Ширина линии луча (фокусировка) регулируется ручкой FOCUS.

Непосредственно на экране ЭЛТ изнутри колбы нанесена шкала (прямоугольная сетка 8Ч10 дел.). Масштаб изображения по вертикали и горизонтали задается относительно деления этой шкалы. В пределах шкалы гарантируются основные метрологические параметры осциллографа (погрешности измерения напряжения и временных интервалов). Для удобства наблюдения шкала может быть подсвечена (ручка ILLUM).

В осциллографе предусмотрено два канала вертикального отклонения луча. Каждый из двух каналов Y (CH1 и CH2) служит для усиления исследуемых сигналов. Он включает входное устройство, калиброванный аттенюатор, предварительный усилитель. Сигналы с двух каналов попадают на коммутатор, линию задержки и оконечный усилитель.

Режим работы каналов отображается в левой нижней части экрана. Входное устройство управляется кнопкой AC/DC. Оно представляет собой коммутируемый разделительный конденсатор, позволяющий при необходимости убрать или оставить постоянную составляющую сигнала («открытый» ($DC \cong$) или «закрытый» ($AC \approx$) входы). Есть возможность замкнуть вход на общий провод (\perp) – это делается кратковременным нажатием кнопки GND. Калиброванный аттенюатор и предварительный усилитель обеспечивают регулировку и усиление уровня сигнала.

ла. Аттенюатор отградуирован в коэффициенте отклонения (VOLTS/DIV – В/дел.). Шкала аттенюатора отображается на экране в цифровом виде (пределы изменения от 2 мВ/дел. до 5 В/дел.). В усилителе предусматривают возможность смещения изображения по вертикали (ручка POSITION). Режим плавного ручного изменения коэффициента отклонения (высоты изображения) включают длительным нажатием кнопки VAR. Режим плавной регулировки ручкой VOLTS/DIV отмечен в служебной области экрана символом (>).

Для исследования сигналов при наличии на входе высокочастотного шума используют узкополосный режим канала Y. Он включается кнопкой 20 MHz и контролируется индикатором BWL.

Сигнал на оконечные каскады и ЭЛТ в двухканальном осциллографе подают через электронный коммутатор каналов. Обеспечивается независимое наблюдение сигналов в каналах I и II (включение и выключение канала реализуют кратковременным нажатием кнопок CH1 и CH2). Режимы совместного наблюдения сигналов переключают кнопкой ALT/CHOP/ADD. Обычно используют поочередный режим переключения (ALT), при котором на один ход развертки создается изображение одного из сигналов, на другой – второго. Этот режим при медленных развертках создает мелькание изображения. Тогда применяют прерывистый режим переключения каналов (CHOP) с достаточно высокой частотой коммутации, не связанной с частотой работы развертки. Третий режим (ADD) позволяет складывать сигналы каналов, а при инвертировании сигнала второго канала (кнопка INV) и вычитать их.

Линия задержки обеспечивает небольшой временной сдвиг сигнала, подаваемого на отклоняющие пластины Y, относительно начала развертки. Это позволяет сохранить на осциллограмме передний фронт исследуемого импульса при запуске генератора развертки от входных сигналов (внутренняя синхронизация и запуск).

Оконечный усилитель канала Y увеличивает амплитуду сигнала до значения, необходимого для отклонения луча в пределах рабочей части экрана. Малое выходное сопротивление усилителя позволяет уменьшить частотную зависимость канала на верхних частотах, возникающую из-за паразитной емкости отклоняющих пластин. Оконечный усилитель имеет симметричный выход, что также уменьшает искажения осциллограммы.

Канал горизонтального отклонения осциллографа GOS-6200. Канал X в универсальном осциллографе служит для отклонения луча по горизонтали. Он содержит блок развертки и оконечный усилитель. Генератор развертки вырабатывает линейно изменяющееся (пилообразное) напряжение. Генератор развертки имеет три режима работы, переключаемые кнопкой MODE в блоке синхрониза-

ции (TRIGGER): *автоколебательный* (АТО) (непрерывный), *ждущий* (NML) и режим TV, в котором развертка запускается телевизионным сигналом. Ждущий режим применяется для исследования непериодических сигналов и импульсов большой скважности.

В X–Y-режиме (используемом, например, при измерении частоты, фазового сдвига и пр.) генератор развертки отключают. На оконечный усилитель канала X подают сигналы от внешнего источника развертывающего напряжения. Этот режим включают кратковременным нажатием кнопки X–Y. При этом на экране появляется обозначение X–Y. Первое нажатие подключает к каналам X и Y сигнал только одного канала CH1 X, CH1 Y. Второе нажатие кнопки X–Y включает наиболее употребительный режим CH1 X, CH2 Y. Третье нажатие кнопки позволяет получить на экране две фигуры Лиссажу CH1 Y1, CH2 Y2. Отклонение по X в этом случае производится сигналом, поданным на вход EXT.

Оконечный усилитель канала X выполняет те же функции, что и оконечный усилитель канала Y. Для получения более крупного масштаба осциллограммы по горизонтали используют режим растяжки изображения в 10 раз (кнопка $\times 10$ MAG). При этом масштаб меняют не регулировкой генератора развертки, а дискретным увеличением коэффициента передачи усилителя канала X.

Устройство синхронизации и запуска УСЗ (TRIGGER) обеспечивает неподвижность изображения на экране. Это устройство вырабатывает импульсы синхронизации (запуска), которые привязаны к одной и той же характерной точке сигнала (например, фронт, срез импульса и др.). Источником (SOURCE) сигнала, подаваемого на вход УСЗ, могут быть входной сигнал CH1 или CH2 (внутренняя синхронизация), синхронизация от питающей сети 50 Гц (\sim). Синхронизация и запуск от внешнего источника, подключенного к гнезду EXT, производится при положении EXT коммутатора SOURCE или EXT/10 (с ослаблением в 10 раз).

Для периодических сигналов устройство синхронизации вырабатывает импульсы с периодом, равным периоду входного сигнала. В автоколебательном режиме эти импульсы воздействуют на генератор развертки, синхронизируя его с исследуемым сигналом. Период развертки при этом равен или кратен периоду входного сигнала. Кадры изображения сигнала накладываются друг на друга без смещения, тем самым обеспечивается неподвижность осциллограммы. В ждущем режиме напряжение развертки вырабатывается только при наличии на входе генератора импульса запуска. Его формирует устройство запуска в момент прихода входного сигнала или сигнала внешнего запуска на вход EXT.

Для правильной работы УСЗ с различными сигналами используют ручную регулировку уровня напряжения срабатывания LEVEL. По этому уровню проис-

ходит выработка импульса запуска. Значение напряжения, V , индицируется на экране в правом нижнем углу только в момент регулировки уровня. Переключение полярности синхронизации (SLOPE) позволяет выбрать момент срабатывания УСЗ на фронте (нарастании) или на срезе (убывании) сигнала.

В осциллографе GOS-6200 используют разнообразные режимы обработки сигнала синхронизации. Предусмотрен набор фильтров синхронизации (переключаемых кнопкой COUPLING). Фильтр высокой частоты (ФВЧ – режим AC) позволяет из сигнала синхронизации убрать постоянную составляющую и НЧ-помехи, фильтр низкой частоты (ФНЧ – режим DC) отфильтровывает высокочастотные помехи. Кроме этого предусмотрены два фильтра с частотой среза 40 кГц: ФНЧ (LFR) и ФВЧ (HFR), которые используют для устойчивой синхронизации сигналов сложной формы. Дополнительный фильтр НЧ-шумов и наводок (NR) удобен в случае синхронизации ВЧ-сигналов с сохранением постоянной составляющей.

При работе с телевизионным сигналом используют специальный режим запуска (TV) по импульсам кадровой (TV-V) и строчной (TV-H) синхронизации. Также в осциллографе предусмотрен специальный режим выделения сигнала заданной строки изображения (TV-L) в трех системах телевидения (NTSC, PAL, SECAM). Включение этих режимов производят кнопкой TV-V/TV-H, выбор номера строки – ручкой TV LINE SELECT с индикацией номера строки на экране.

Канал Z служит для модуляции яркости изображения на экране. Основное назначение канала – подсвет рабочего хода развертки. Во время обратного хода электронно-лучевая трубка запирается отрицательным напряжением на модуляторе развертки. В осциллографе предусмотрен вход Z на задней панели прибора.

Система двойной развертки осциллографа GOS-6200. В современных аналоговых осциллографах часто используют систему двойной развертки. Она помогает исследовать фрагменты сигналов в удобном масштабе и увеличивать точность измерений временных интервалов. В канале X осциллографа GOS-6200 предусмотрен генератор основной (MAIN) и задержанной (DELAY) разверток. Запуск второй развертки осуществляется от генератора основной развертки с регулируемым временным сдвигом.

Система двойной развертки управляется кнопкой MAIN/ALT/DELAY. Положение MAIN соответствует работе осциллографа с основной разверткой, ее коэффициент развертки (MTB) устанавливается переключателем TIME/DIV и выводится в правой верхней части экрана. При необходимости используют плавную

некалиброванную регулировку K_p . Для ее включения необходимо длительно нажать кнопку VAR канала X. При этом на экране появляется значок (>).

Положение ALT используют для установки коэффициента задержанной развертки (DTB) той же ручкой TIME/DIV. Задержку развертки (DLY) устанавливают регулировкой DELAY TIME. Она меняется в пределах длительности прямого хода основной развертки. Значение задержки выводится в левой верхней части экрана. Область действия второй развертки показана на экране двумя вертикальными пунктирными линиями. В режиме ALT на экран выводится вторая осциллограмма, соответствующая задержанной развертке. Ее положение по вертикали можно менять регулировкой вертикального смещения при включенной кнопке TRACE SEP.

Третье положение (DELAY) позволяет наблюдать осциллограмму только для режима задержанной развертки. Регулируя задержку, можно детально исследовать форму сигнала в удобном масштабе и использовать метод замещения для точных измерений временных интервалов.

Принцип действия цифрового измерительного блока осциллографа и режимы его работы. Для точных измерений параметров сигнала в осциллографе GOS-6200 используется метод сравнения с эталоном. Цифровой измерительный блок на экране создает осциллограмма образцовых (эталонных) сигналов – курсоров («электронных меток») – в виде пар горизонтальных или вертикальных пунктирных линий, расстояние между которыми откалибровано в измеряемых единицах. Курсоры позволяют произвести точные измерения напряжения, временных интервалов, частоты и фазового сдвига.

Включение режима курсорных измерений производится длинным нажатием кнопки CURSOR ON/OFF. Дальнейшее кратковременное нажатие этой кнопки (FUNC) позволяет выбрать вид курсорных измерений:

Измерение абсолютного интервала напряжений, В, сигналов в первом или втором каналах ΔV_1 , ΔV_2 . Переключение курсоров между каналами осуществляется длительным нажатием кнопки CURSOR POS $\Delta V_{1/2}$.

Измерение относительного интервала напряжений, %, от максимального размера изображения, равного 5 дел. шкалы (100 % по шкале осциллографа). Этот режим удобно использовать, например, при измерении выброса прямоугольного сигнала.

Измерение относительной разности напряжений, дБ, от размера 5 дел. шкалы (100 % = 0 дБ). Этот режим удобно использовать, например, при измерении АЧХ осциллографа на уровне –3 дБ.

Измерение интервала времени. В этом случае используют вертикальные курсоры, расстояние между которыми ΔT_D , мкс, мс, с, выводится в верхней части экрана.

Процентное измерение временных интервалов ΔT . За 100 % выбирается интервал, занимающий 5 дел. по горизонтали.

Определение частоты по измеренному периоду $1/\Delta T_D$. Для правильного отсчета необходимо курсоры установить в начало и конец периода сигнала. На экране отображается значение частоты, Гц, кГц, МГц.

Измерение разности фаз двух синусоидальных сигналов проводят при предварительной установке размера периода сигналов 5 дел. по шкале осциллографа. Затем курсоры устанавливают в точки, соответствующие временному сдвигу одного сигнала относительно другого. Результат измерения фазового сдвига, \dots° , выводится на экран.

Для перемещения курсоров необходимо включить режим CURSOR POS. Регулируя положение курсоров ручками C1 и C2 и совмещая их с интересующими точками исследуемого сигнала, отсчитываем результат измерения, выводимый на экран.

В цифровом измерительном блоке осциллографа GOS-6200 дополнительно реализовано автоматическое измерение частотных и временных параметров исследуемого сигнала без использования курсоров. Для этого используется тот факт, что при неподвижном изображении частота входного сигнала и частота сигнала синхронизации совпадают. Внутренним частотомером измеряется частота или период сигнала синхронизации, результат измерения и расчета выводится в нижнем правом углу. Для выбора этого режима длительным нажатием кнопки CURSOR ON/OFF отключают курсорные измерения. Затем кратковременным нажатием кнопки FUNC производят установку измеряемого параметра: частота – FREQ, период – PERIOD, ширина (длительность) сигнала – WIDTH, скважность (отношение периода к длительности) – DUTY.

Технические характеристики осциллографа

По точности воспроизведения формы сигнала и измерения его параметров универсальный двухканальный осциллограф GOS-6200 аналогичен отечественным осциллографам 1-го класса (основная погрешность измерения напряжения и временных интервалов не хуже 3 %). Особенность прибора – наличие блока цифровых курсорных измерений и вывод цифровой и символьной информации на экран ЭЛТ. Кроме этого осциллограф содержит режимы выделения строк и син-

хронизации по кадрам и строкам стандартного ТВ-сигнала в форматах NTSC, PAL, SECAM.

Основные технические параметры осциллографа приведены в табл. 2.1.

Рассмотрим *назначение органов управления осциллографа GOS-6200*.

На *базовом блоке* расположена кнопка и индикатор включения прибора POWER, выход калибратора CAL и органы управления ЭЛТ: яркость INTEN, фокус FOCUS, подсветка шкалы ILLUM (рис. 2.2).

Таблица 2.1

Основные технические параметры осциллографа GOS-6200

Характеристики	Параметры	Значения
Канал вертикального отклонения	Полоса пропускания	0...200 МГц (–3дБ), 0...20 МГц при 2 мВ/дел.)
	Коэффициент отклонения (K_0)	От 2 мВ/дел. до 5 В/дел. (шаг 1–2–5)
	Погрешность установки K_0	±3 %
	Регулировка K_0	Плавное перекрытие в 2.5 раза
	Время нарастания	≤1.75нс (≤17,5нс при 2 мВ/дел.)
	Выброс ПХ	Не более 5 %
	Входной импеданс	1 МОм/25 пФ
	Режимы отклонения	CH1: только канал I. CH2: только канал II. DUAL: каналы I и II (прерывисто/попеременно). ADD: алгебраическое сложение каналов I и II
Канал горизонтального отклонения	Коэффициент развертки (K_p) А (основная)	От 20 нс/дел. до 0.5 с/дел. (шаг 1–2–5), растяжка ×10
	Коэффициент развертки (K_p) В (задержанная)	От 20 нс/дел. до 50 мс/дел. (шаг 1–2–5), растяжка ×10
	Погрешность установки K_p	±3 % (±5 % при растяжке ×10)
	Регулировка K_p	Плавное перекрытие в 2.5 раза
	Задержка запуска развертки В	от 1 мкс до 5 мс (±5 %), плавная регулировка
	Режимы запуска разверток	Автоколебательный, ждущий, однократный
Синхронизация	Источники синхронизации	Канал I, канал II, сеть, внешний
	Фильтры синхронизации	Связь по постоянному/переменному току, ФВЧ, ТВ
Х-У–вход	Полоса пропускания	0...500 кГц (–3дБ)
	Коэффициент отклонения	от 2 мВ/дел до 5 В/дел/ (±3 %)
Курсорные измерения	Режимы измерений	ΔV , ΔV %, ΔVdB , ΔT , $1/\Delta T$, ΔT %, $\Delta \Theta$
	Точность	±3 % в пределах по вертикали ±3 дел., по горизонтали ±4 дел.

Автоматические измерения	Режимы измерений	Частота, период, длительность импульса, скважность
	Точность	$\pm 0.01 \%$
ЭЛТ	Размер экрана	8×10 дел. (1 дел. = 10 мм)
Параметры калибратора	Форма сигнала	Меандр с частотой $1 \text{ кГц} \pm 5 \%$
	Амплитуда	$2 \text{ В} \pm 2 \%$

Блок каналов Y (VERTICAL) содержит входные разъемы CH1 и CH2, входные переключатели AC/DC (закрытый/открытый вход), кнопки GND – заземление входа. Коэффициент отклонения устанавливается калиброванными аттенуаторами (VOLTS/DIV), а также некалиброванной плавной регулировкой VAR. Вертикальное смещение осциллограммы регулируется в каждом канале плавно ручкой POSITION. Осциллограф обеспечивает следующие режимы работы коммутатора каналов ALT/CHOP/ADD – поочередное (на каждый ход развертки) или прерывистое переключение каналов (с частотой 250 кГц). Режим ADD обеспечивает сложение сигналов каналов CH1 + CH2.

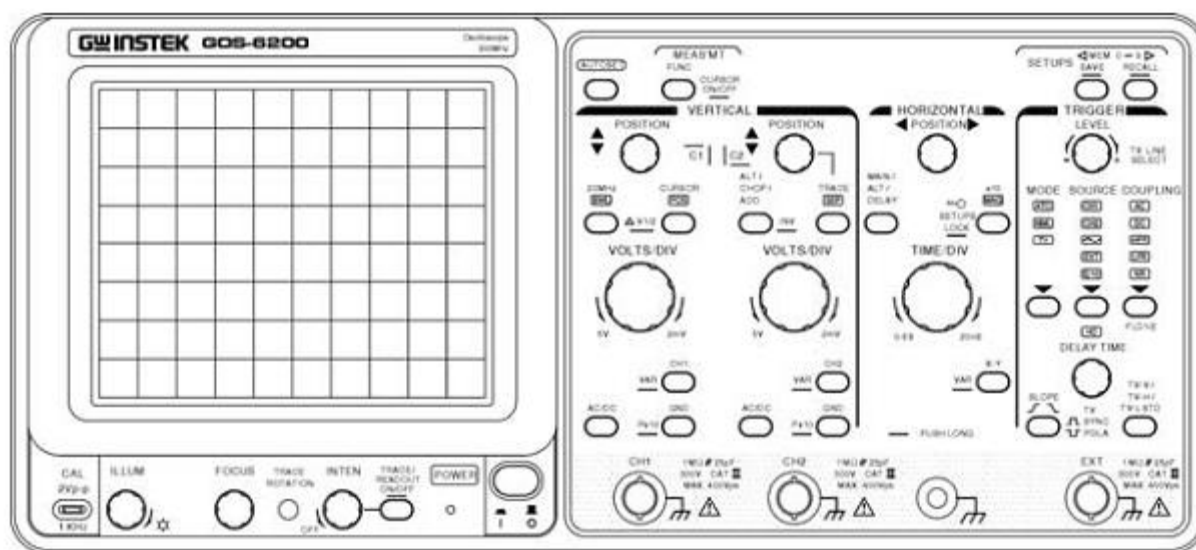


Рис. 2.2. Обозначения органов управления осциллографа GOS-6200

Канал X осциллографа (HORIZONTAL) содержит два генератора: основной (MAIN) и задержанной разверток (DELAY). Коэффициент разверток устанавливается дискретно (TIME/DIV). При необходимости используют некалиброванную плавную регулировку при включенном режиме VAR. Растяжка развертки включается кнопкой $\times 10 \text{ MAG}$. Горизонтальное положение осциллограммы регулируется ручкой POSITION. Режим работы канала X переключается кнопкой MAIN/ALT/DELAY. При этом реализуются следующие режимы работы канала X:

1. Только развертка MAIN.
2. Совмещение осциллограмм разверток с выделением области действия задержанной развертки.

3. Только задержанная развертка, запускаемая от основной развертки с плавно регулируемой задержкой (ручкой DELAY TIME).

Отключение развертки осуществляется кнопкой режима X-Y.

Блок синхронизации и запуска (TRIGGER) позволяет выбрать источник сигнала синхронизации (SOURCE), режим работы генератора развертки (MODE) – автоколебательный (ATO), ждущий – NORM и с запуском от видеосигнала (TV). Переключатель COUPLING служит для установки режима обработки сигнала синхронизации.

Функция выключателя SLOPE – это выбор полярности сигнала синхронизации: (+) – синхронизация по возрастанию сигнала (запуск по фронту), (–) – по убыванию (запуск по срезу импульса). Уровень срабатывания устройства синхронизации и запуска регулируется вручную ручкой LEVEL.

В осциллографе предусмотрен режим задержки синхронизации и запуска. С помощью ручки НО (совмещенной с регулировкой DELAY TIME) можно вручную увеличивать время блокировки напряжения развертки $t_{\text{бл}}$. Это позволяет повысить стабильность работы блока синхронизации в случае, когда на периоде сигнала возможна выработка более чем одного сигнала запуска. Нормальное положение этой регулировки – 0 %.

Измерительный блок (MEAS'MT) включает и выключает режим курсорных измерений, переключает вид курсоров. В обычном режиме кнопка FUNC служит для переключения функций измерения параметров сигнала – частоты, периода, длительности и скважности.

Блок установок (SETUPS) позволяет запомнить в памяти состояние органов управления осциллографа и – при необходимости – восстановить предыдущее состояние прибора.

Амплитудные и временные параметры стандартного ТВ-видеосигнала

В лабораторной работе в качестве объекта исследования используется стандартный телевизионный видеосигнал. Параметры этого сигнала для систем вещательного телевидения – период и длительность синхроимпульсов, амплитуда и форма – строго стандартизированы в ГОСТ 7845–92. В табл. 2.2 приведены стандартные параметры видеосигнала отечественного телевидения.

Телевизионный видеосигнал состоит из сигналов изображения, а также строчных и кадровых гасящих (бланкирующих) и синхронизирующих импульсов. В видеосигнале различают:

активный интервал, в течение которого передается изображение;

пассивный интервал, в котором передаются гасящие и синхронизирующие импульсы, сигналы опознавания цвета, сигналы телетекста, тест-сигналы изображения и пр.

Таблица 2.2

Стандартные параметры видеосигнала

Величина	Значение
Число строк	625
Частота полей, Гц	50
Частота строк, Гц	15 625
Длительность строки, мкс	64
Длительность синхроимпульса, мкс	4.7 ± 0.2
Длительность фронта гасящего импульса строк, мкс	0.3 ± 0.1
Длительность гасящего строчного импульса, мкс	12 ± 0.3
Длительность полного кадра, мс	40
Интервал между фронтом строчного и гасящего импульса, мкс	1.5 ± 0.3
Длительность кадрового гасящего импульса (длительность строки)	25

Сигнал изображения представляет собой напряжение, значение которого при перемещении луча вдоль строки непрерывно изменяется в соответствии с характером передачи. Это напряжение достигает 75 % максимального значения при передаче белого и уменьшается до 10–15 % при передаче темных мест изображения. На рис. 2.3 показана форма полного видеосигнала двух смежных полей изображения для отечественного телевизионного стандарта.

Амплитудные значения сигнала изображения соответствуют мгновенной яркости передаваемого элемента изображения. Нулевым уровнем в видеосигнале считается уровень гашения. В активной части видеосигнала (выше уровня гашения) находятся уровни «белого» (порядка 70 % от амплитуды сигнала) и «черного» (порядка 5 %). Интервал между уровнем гашения и нулевым уровнем называется *защитным*. Амплитуда синхроимпульса составляет 30 % от размаха всего видеосигнала.

Полный видеосигнал содержит строчные и кадровые синхроимпульсы. Они передаются во время обратного хода соответственно строчной и кадровой разверток. Чтобы не нарушалась синхронизация строк во время обратного хода кадровой развертки, кадровый синхроимпульс имеет врезки строчных импульсов длительностью 4.7 мкс. При таком расположении передаваемых синхроимпульсов возможен небольшой сдвиг по фазе кадровых синхроимпульсов двух смежных полей. Это приводит к нарушению взаимного положения строк раstra, выражающемуся в ухудшении вертикальной четкости изображения на экране телевизора. Для устранения отмеченного явления перед кадровым импульсом и после него передаются уравнивающие импульсы длительностью 2.35 мкс. Частота следования уравнивающих импульсов и врезок в 2 раза выше строчной частоты. При их

наличии выделенные кадровые синхроимпульсы двух смежных полей идентичны по фазе и форме.

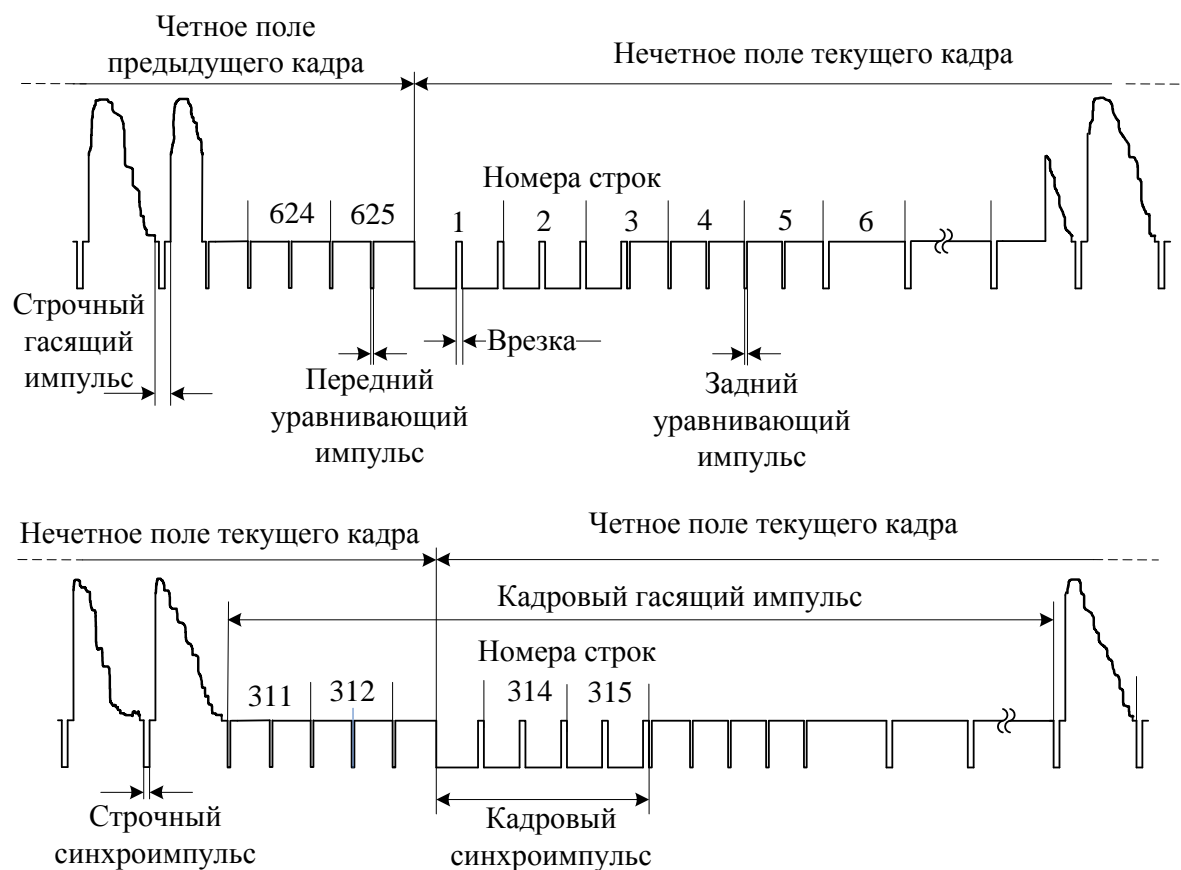


Рис.

2.3. Полный видеосигнал

Для видеосигналов с упрощенной синхросмесью без врезок и уравнивающих импульсов (например, сигналов от игровых приставок, простейших видеокамер, видеотестеров – генераторов испытательных телесигналов) вертикальная четкость изображения заметно ухудшается.

Таким образом, на кадровом гасящем импульсе стандартного видеосигнала сигналы синхронизации размещаются в следующем порядке: сначала идут шесть уравнивающих импульсов с частотой повторения 31 250 Гц, за ними – шесть широких импульсов, представляющих сигнал кадровой синхронизации, затем – опять шесть уравнивающих импульсов, после чего следуют обычные строчные синхронизирующие импульсы. В связи с применением чересстрочной развертки обратный ход кадровой развертки должен происходить 2 раза в течение передачи полного кадра (сначала – после передачи нечетных, а затем – четных строк). Вначале луч отбрасывается вверх после окончания передачи целой строки, потом – после передачи половины строки. Такая последовательность обеспечивается двумя полукадровыми импульсами, отличающимися один от другого различными сдвигами во времени по отношению к передаче последнего строчного синхронизирующего импульса. В первом из них это время соответствует развертке одной

строки, а во втором – половине строки. Соответственно, оказываются сдвинутыми на половину строки и все другие синхронизирующие импульсы, насаженные на втором полукадровом бланкирующем импульсе. Такая форма сигнала позволяет получить устойчивую чересстрочную развертку, обеспечить непрерывность следования строчных синхронизирующих импульсов во время передачи кадрового бланкирующего сигнала и легко отделить сигналы синхронизации от полного телевизионного сигнала.

Продолжительность передачи импульсов определена стандартом. Время передачи одной строки составляет 64 мкс. Соответственно, продолжительность передачи строчного гасящего импульса составляет 10...11 мкс, строчного синхронизирующего импульса – 4.4...5.1 мкс, кадрового бланкирующего импульса – 1500...1600 мкс, кадрового синхронизирующего импульса – 192 мкс и, наконец, уравнивающих импульсов – 2.56 мкс. Строчные гасящие импульсы посылаются после окончания передачи каждой строки. Значение их фиксировано на уровне 75 % (уровень черного) максимальной амплитуды. Строчные синхронизирующие импульсы размещаются на строчном бланкирующем импульсе, занимая остающиеся 25 % амплитуды. Они регулируют точность начала развертки каждой следующей строки.

Кадровые гасящие импульсы посылаются по окончании развертки последней строки (низ изображения). Они запирают луч во время обратного хода, пока он движется снизу вверх, и служат «подставкой» для импульсов кадровой синхронизации, опуская их над уровнем сигнала в область «чернее черного». Кадровый синхронизирующий импульс заставляет луч совершить обратный ход снизу вверх в точном соответствии с перемещением луча в передающей трубке телевизионного центра.

Лабораторный макет состоит из аналогового телевизионного осциллографа GOS-6200, телевизионной камеры, закрепленной на станине вместе с планшетом с тестовым черно-белым изображением.

Задание и указания к выполнению работы

Подготовка осциллографа к работе

Перед работой изучите назначение органов управления осциллографа. В противном случае многое из задания к работе окажется трудновыполнимым.

Проверьте калибровку осциллографа для второго канала CH2. Для этого соедините осциллографическим щупом 1:1 клемму CAL 2V 1 kHz калибратора осциллографа с входом выбранного канала. Включите осциллограф.

Переключатель входа канала CH2 установите в положение AC – «закрытый вход», кнопку GND надо отключить. Выберите коэффициент отклонения канала

0.5 В/дел., коэффициент основной (MAIN) развертки $MTB = 0.5$ мс/дел. Напомним, что индикация установленных параметров и режимов осуществляется в служебных зонах экрана. Включите автоколебательный режим работы развертки (ATO), источник синхросигнала (SOURCE) – CH2, фильтр синхронизации (COUPLING) – AC, полярность синхронизации SLOPE – положительная. На экране должно появиться изображение меандра (образцового сигнала калибратора). Получите тонкую линию развертки, регулируя яркость (INTEN) и фокусировку (FOCUS) луча.

Амплитуда сигнала калибратора 2 В, поэтому при правильно откалиброванном канале Y осциллограмма должна занимать 4 дел. по вертикали. С помощью ручки HORIZONTAL POSITION совместите начало первого импульса с левой вертикальной линией шкалы. Совпадение конца пятого периода с последней правой линией шкалы говорит о том, что осциллограф откалиброван по длительности.

Если калибровка по вертикали и/или горизонтали нарушена, то осциллограф требует технического обслуживания в метрологической службе.

Измерение параметров строчного ТВ-видеосигнала

Подайте на вход канала CH1 видеосигнал от телевизионной камеры. Включите канал CH1, а второй канал выключите кратковременным нажатием кнопки CH2.

Установите на осциллографе следующие положения органов управления:

переключатель входа канала CH1 - в положение DC - «открытый вход», кнопку GND надо отключить;

режим развертки – основной (MAIN);

режим запуска развертки (MODE) - TV, источник синхросигнала (SOURCE) – CH1.

Кнопкой TV-V/TV-H установите режим синхронизации от телевизионного видеосигнала по частоте строк TV-H. Полярность синхронизации SLOPE - отрицательная. Выберите коэффициенты отклонения и развертки так, чтобы получить изображение сигналов одной или нескольких строк на экране. Из-за наличия кадровых синхроимпульсов в видеосигнале на экране могут наблюдаться дрожащие горизонтальные линии. Зарисуйте вид видеосигнала одной строки изображения.

Включите режим курсорных измерений (длительным нажатием кнопки CURSOR ON/OFF). Кратковременным нажатием кнопки FUNC выберите режим измерения длительности DT_D . Нажмите кнопку CURSOR POS и, перемещая курсоры ручками C1 и C2, измерьте период повторения строчных синхроимпульсов. Переведите курсоры в режим измерения частоты $1/DT_D$ (кратковременным нажатием кнопки FUNC) и запишите частоту строчных импульсов. Зафиксируйте так-

же результат измерения частоты в автоматическом режиме, который выводится в правом нижнем углу экрана. Результаты занесите в таблицу по форме табл. 2.3.

Таблица 2.3

Измеренные параметры строчного видеосигнала

Параметр	Стандартное значение	Измеренное значение	Погрешность, %
Период строчных синхроимпульсов, мкс	64 ± 0.032		
Частота строчных импульсов, Гц	$15\,625 \pm 3$		
Частота строчных импульсов (автоматическое измерение), кГц	$15\,625 \pm 3$		
Длительность гасящего импульса строк, мкс	12.0 ± 0.3		
Длительность строчного синхроимпульса, мкс	4.7 ± 0.2		
Длительность сдвига синхроимпульса относительно начала гасящего импульса, мкс	1.5 ± 0.3		

Для измерения параметров строчного синхроимпульса используйте задержанную развертку. Переведите осциллограф сначала в режим двойной развертки (ALT). На экране появится изображение полного сигнала и фрагмента сигнала, создаваемого задержанной разверткой (область ее действия выделена двумя пунктирными линиями – не путать с курсорами!). Установите область задержанной развертки на строчный синхроимпульс ручками DELAY TIME и TIME/DIV. Переключите осциллограф в режим задержанной развертки (DELAY). На экране появится изображение синхроимпульса в крупном масштабе. Курсорами в режиме DT_D (при включенном режиме CURSOR POS) измерьте длительности гасящего импульса и строчного синхроимпульса, а также сдвиг синхроимпульса относительно начала гасящего импульса (см. рис. 2.3). Сравните их со стандартными значениями. Занесите результаты измерений в таблицу по форме табл. 2.3.

Вернитесь в основной режим развертки MAIN. Измерьте длительность сигнала изображения черно-белых полей. Он имеет вид ступеньки, отражающей урони белого (максимум) и черного (минимум). Включите курсоры измерения разности напряжений ΔV_1 (кнопка FUNC) и измерьте уровни напряжения видеосигнала: уровень белого (максимальное значение напряжения), уровень черного (уровень ступеньки) и уровень гасящих импульсов относительно минимального значения напряжения - уровня строчных синхроимпульсов. Результаты сведите в таблицу по форме табл. 2.4. Зарисуйте вид синхроимпульса и нанесите на него измеренные параметры.

Таблица 2.4

Измеренные параметры сигнала изображения черно-белых полей

Длительность сигнала изображения, мкс	Длительность ступеньки белого уровня, мкс	Уровень белого U_{\max} , В	Уровень черного U_{\min} , В	Амплитуда строчного импульса $U_{\text{си}}$, В	$U_{\text{си}}/U_{\max}$, %

Измерение параметров кадрового ТВ-видеосигнала

Исследуйте форму кадрового синхроимпульса. Он содержит гасящий кадровый импульс с кадровым синхроимпульсом в его начале (см. рис. 2.3). Кадровый синхроимпульс заполняется импульсами врезок двойной строчной частоты. До и после кадрового синхроимпульса следуют уравнивающие импульсы двойной строчной частоты и длительности, в 2 раза меньшей длительности строчных синхроимпульсов и импульсов врезок.

Для наблюдения кадровых импульсов используйте основную развертку (MAIN). Кнопкой TV-V/TV-H установите режим синхронизации по кадрам TV-V. Полярность синхронизации SLOPE – отрицательная. Подберите коэффициент основной развертки (MTB) так, чтобы получить на экране несколько периодов полей (полукадров) сигнала. Установите режим курсорных измерений длительным нажатием кнопки CURSOR ON/OFF. Выберите режим измерения длительности DT_D кнопкой FUNC. Используя курсоры, измерьте период и частоту кадровых синхроимпульсов по методике, аналогичной изложенной ранее для строчных синхроимпульсов. Запишите результат автоматического измерения частоты, выводимого в нижнем углу экрана. Занесите результаты в таблицу по форме табл. 2.5.

Таблица 2.5

Измеренные параметры кадрового видеосигнала

Параметр	Стандартное значение	Измеренное значение	Погрешность, %
Период кадровых синхроимпульсов, мс	20		
Частота кадровых импульсов, Гц	50		
Частота кадровых импульсов (автоматическое измерение), Гц	50		
Длительность гасящего импульса кадров, мкс	1600		
Длительность кадрового синхроимпульса, мкс	160		

Включите режим ALT и установите область задержанной развертки на второй кадровый гасящий импульс. Переключите осциллограф в режим задержанной развертки и получите изображение кадрового гасящего импульса от начала синхроимпульса до сигнала изображения следующей строки. Зарисуйте его вид.

Перемещая курсоры ручками С1 и С2, измерьте длительность кадрового гасящего импульса и длительность кадрового синхроимпульса. Сравните их со стандартными значениями. Занесите результаты измерений в таблицу по форме табл. 2.5.

Измерение отношения сигнал/шум видеосигнала с телевизионной камеры

Подайте на вход канала CH1 видеосигнал от телевизионной камеры.
Установите на осциллографе следующие параметры органов управления:
переключатель входа канала – в положение DC – «открытый вход», кнопку GND – отключить;
основной режим развертки – MAIN;
режим запуска (MODE) – TV, источник синхросигнала (SOURCE) – CH1;
полярность синхронизации (SLOPE) – отрицательная;
кнопкой TV-V/TV-H установите режим выделения заданной строки в системе SECAM.

Выберите коэффициенты отклонения и развертки так, чтобы получить изображение одной строки в удобном масштабе. Ручкой TV LINE SELECT выберите строку в пределах центра поля (с номером в пределе 100–200).

Используйте видеокамеру при максимальном усилении, для чего закройте объектив светонепроницаемым колпаком. Система автоматического регулирования усиления (APY) камеры установит наибольший коэффициент усиления, а на осциллограмме будет наблюдаться дорожка внутренних шумов камеры на уровне сигнала черного цвета. Зарисуйте полученную осциллограмму видеосигнала.

Установите режим курсорных измерений ΔV_1 . Перемещая курсоры ручками С1 и С2, измерьте высоту шумовой дорожки $\Delta V_{ш}$. Для этого один из курсоров установите на верхний край шумовой дорожки (по наибольшим выбросам), другой – на нижний. Предполагая нормальное распределение шума, считаем, что ширина шумовой дорожки соответствует отклонению случайного сигнала в пределах $\pm 3u$. Тогда u (среднеквадратическое значение шума) определим как $\Delta V_{ш}/6$.

Измерьте амплитуду полезного сигнала как размах между сигналами от черного и белого полей изображения. На осциллограмме такого изображения наблюдается ступенчатый видеосигнал. Измерьте его размах ΔV_c от уровня черного до уровня белого. Рассчитайте отношение сигнал/шум, дБ, по следующей формуле:

$$20\lg\left(\frac{\Delta V_c}{u}\right) = 20\lg\left(6\frac{\Delta V_c}{\Delta V_{ш}}\right).$$

Запишите результаты измерения и расчета отношения сигнал/шум.

Отчет по лабораторной работе должен содержать структурную схему осциллографа, результаты измерений, краткие выводы.