

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
2008

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.

1. 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. Она 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 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 аналого-цифровой осциллограф GOS-6200. Внешний вид осциллографа приведен на рис.1.



Рис. 1. Универсальный двухканальный аналого-цифровой 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.

Основными блоками осциллографа являются электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) с устройством ускорения и фокусировки электронов, каналы вертикального (Y) и горизонтального (X) отклонений луча, блок синхронизации и запуска, канал модуляции луча по яркости (Z) и калибратор. Органы управления этих блоков на передней панели осциллографа обычно объединяют в группы (см.рис.1.1), что упрощает регулировку и управление прибором. 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.

В данном осциллографе некоторые кнопки имеют двойное назначение. При кратковременном нажатии выполняется одна функция, при длительном - другая, обозначенная надписью с подчеркиванием. Для автономной работы в осциллографе предусмотрен режим отключения передней панели управления – блокировка и разблокировка всех органов управления осуществляется длительным нажатие 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 памяти (MEM0...MEM9), которые можно выбирать этими же кнопками. Длительное нажатие кнопки SAVE позволяет сохранить установленные параметры в выбранной ячейке памяти, длительно нажатие кнопки RECALL – вызов из памяти сохраненного состояния. Отметим, что осциллограф имеет режим автоматической настройки AUTOSET/ При нажатии этой кнопки коэффициент отклонения и устанавливаются автоматически так, чтобы изображение сигнала

заняло бы 3..6 деления по вертикали в одноканальном режиме и 3 – в двухканальном. Коэффициент развертки подбирается так, чтобы отразить на экране от 1,6 до 4 периодов сигнала

В осциллографе применена ЭЛТ с электростатическим формированием и отклонением луча. Трубка содержит две пары пластин для отклонения электронного луча по вертикали и горизонтали, ускоряющие и фокусирующие электроды, модулятор для управления плотностью луча (а, следовательно, и яркостью изображения) и катод с подогревателем. Изображение сигнала образуется на плоском экране с люминесцентным покрытием, имеющим зеленый цвет свечения экрана. Ширина линии луча (фокусировка) регулируется ручкой FOCUS.

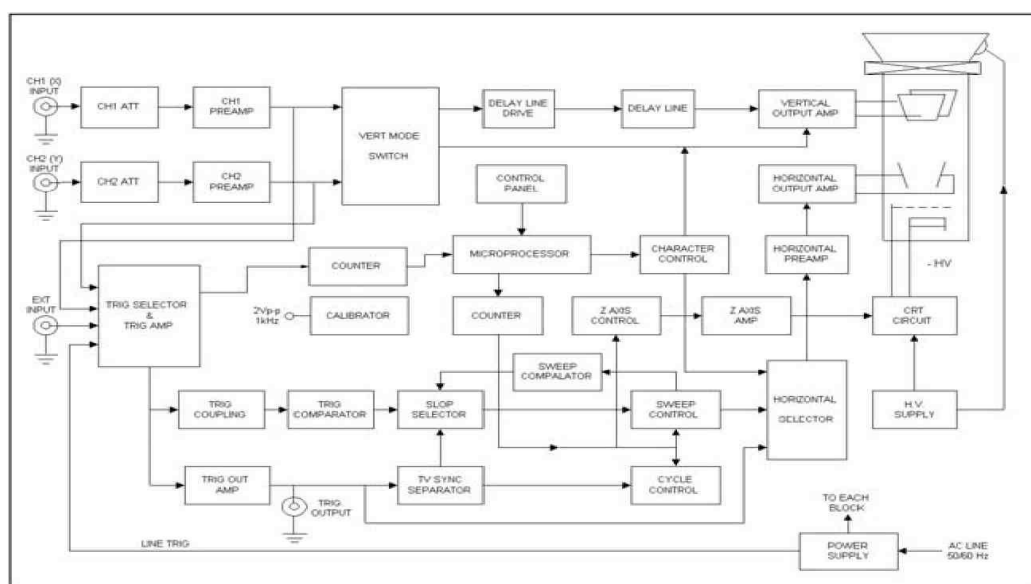


Рис. 2. Структурная схема осциллографа с цифровым измерительным блоком

Непосредственно на экране ЭЛТ изнутри колбы нанесена шкала (прямоугольная сетка 8 x 10 делений). 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 двухканальном осциллографе предусматривают два блока вертикального отклонения луча, содержащих идентичные входные устройства, аттенюаторы и предварительные усилители. Каждый из двух каналов Y (CH1 и CH2) служит для

усиления исследуемых сигналов. Он включает входное устройство, калиброванный аттенюатор, предварительный усилитель, линию задержки и оконечный усилитель.

Режим работы каналов отображается на экране в левой нижней части. 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 исследуемого сигнала. Аттенюатор отградуирован в VOLTS/DIV (В/дел) - коэффициент отклонения канала., который отображается на экране в цифровом виде (пределы изменения 2 мВ/дел ... 5 В/дел в последовательности 1-2-5). В усилителе предусматривают возможность смещения изображения по вертикали (ручка POSITION). Режим плавного изменения коэффициента отклонения (высоты изображения) включают длительным нажатием кнопки VAR. Плавную регулировку реализуют ручкой VOLTS/DIV, при этом в служебной области экрана выводится символ (>).

Для исследования сигналов в ограниченном частотном диапазоне (например, при наличии широкополосного шума) используют переключение в узкополосный режим. Для этого нажимают кнопку 20 MHz. Включение режима подтверждается индикатором BWL (ограниченная полоса).

Сигнал на оконечные каскады и ЭЛТ в двухканальном осциллографе подают через электронный коммутатор каналов. Он обеспечивает независимое наблюдение сигналов в каналах 1 и 2 (включение и выключение канала реализуют кратковременным нажатием кнопок CH1 и CH2). Совместное наблюдение сигналов реализуют в режиме коммутации каналов 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 неудобен при медленных развертках, так как создает мелькание изобрае-

ния. В таком случае применяют *прерывистый режим* переключения каналов (CHOP) с достаточно высокой частотой, не связанной с частотой работы развертки. Третий режим (ADD) позволяет складывать сигналы каналов, а при длительном нажатии кнопки инвертирования сигнала второго канала INV – и вычитать их.

Линия задержки в канале Y 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. Кроме того, 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.

2. 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. (рис. 3).

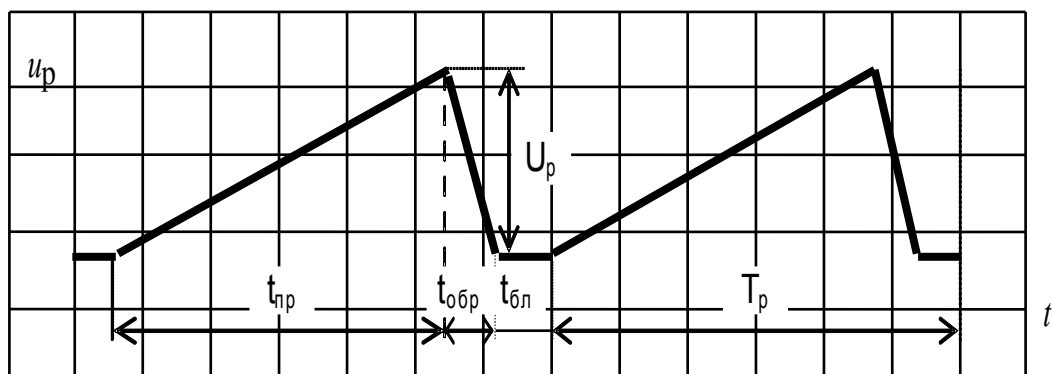


Рис. 3. Пилообразное напряжение непрерывной развертки

Оно имеет участок прямого хода развертки $t_{пр}$, участок обратного хода $t_{обр}$ и некоторый интервал блокировки $t_{бл}$, дополняющий до периода T_p при синхронизации

$$T_p = t_{пр} + t_{обр} + t_{бл} . \quad (1)$$

Длительность прямого хода определяет временной масштаб осциллограммы по оси X и приближенно равна цене деления (коэффициенту развертки), умноженному на 10 делений всей шкалы. Время обратного хода стараются делать минимальным. Время блокировки является временем задержки срабатывания генератора развертки до прихода импульса синхронизации или запуска. Оно отличается от нуля в случае, когда при синхронизации генератора его период становится кратен или равен периоду входного сигнала и не равен сумме времен прямого и обратного хода.

Генератор развертки имеет три режима работы, переключаемых кнопкой MODE в блоке синхронизации (TRIGGER): *автоколебательный* (ATO) (непрерывный), *ждущий* (NML) и режим TV, в котором развертка будет запускаться телевизионным сигналом. Ждущий режим применяется для исследования непериодических сигналов и импульсов большой скважности. В ряде случаев (при измерении частоты, фазового сдвига и пр.) генератор развертки отключают, а на оконечный усилитель канала X подают сигналы от внешнего источника развертывающего напряжения (*X-Y режим*). Его включают кратковременным нажатием кнопки X-Y. При этом на экране появляется обозначение X-Y. Первое нажатие позволяет получить наклонную линию для сигнала только одного канала CH1-X, CH1-Y – используют для нормировки сигнала. Второе нажатие кнопки X-Y включает режим CH1 – X, CH2 – Y, третье нажатие кнопки позволяет получить две фигуры Лиссажу CH1 – Y1, CH2 – Y2, а отклонение по X производится сигналом, поданным на вход EXT. В последнем случае размер по горизонтали можно менять дискретно (1:1, 1:10) кнопкой SOURCE.

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 x10 MAG). При этом масштаб меняют не регулировкой генератора развертки, а дискретным увеличением коэффициента передачи усилителя канала X.

Устройство синхронизации и запуска УСЗ (TRIGGER) обеспечивает возможность получения неподвижного изображения на экране. Это устройство должно вырабатывать импульсы синхронизации (запуска), которые привязываются к одной и той же характерной точке сигнала (например, фронт, срез импульса и др.). Эти импульсы вырабатываются из источника (SOURCE) разного вида: внутренняя синхронизация от входных сигналов обеспечивается при источнике сигнала CH1 или CH2, синхронизация от питающей сети 50 Гц – при положении (~). Синхронизация и запуск от внешнего источника, подключенного к гнезду EXT производится при положении EXT или EXT/10 (с ослаблением в 10 раз).

Для периодических сигналов устройство синхронизации вырабатывает импульсы с периодом, равным периоду входного сигнала. В автоколебательном режиме работы генератора развертки эти импульсы воздействуют на генератор развертки, синхронизируя его с исследуемым сигналом и обеспечивая тем самым неподвижность осциллограммы. В ждущем режиме УСЗ вырабатывает импульсы, запускающие генератор развертки. При этом напряжение развертки вырабатывается только при наличии на входе осциллографа исследуемого сигнала. В УСЗ используют ручную регулировку уровня срабатывания LEVEL, по которому вырабатывается сигнал синхронизации или запуска. Величина напряжения (В) индицируется на экране в правом нижнем углу только в момент регулировки.

Переключение полярности синхронизации позволяет выбрать точку срабатывания УСЗ на фронте (нарастании) или на срезе (убывании) сигнала. Оно производится кнопкой SLOPE. При нестабильной работе УСЗ в случае сложных сигналов используют регулировку стабильности (НО – Hold off). Это задержка запуска развертки (увеличение времени блокировки) в пределах 0-100% периода сигнала. Значение задержки в % индицируется в верхнем правом углу экрана.

Для расширения функциональности используют разнообразные режимы обработки сигнала синхронизации. В осциллографе GOS-6200 предусмотрен набор

фильтров синхронизации (переключаемых кнопкой COUPLING). Это фильтр высокой частоты (ФВЧ - режим «АС») – из сигнала синхронизации убирается постоянная составляющая, фильтр низкой частоты (ФНЧ - режим «DC») – фильтруются высокочастотные составляющие сигнала. 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 удобно использовать специальный режим запуска (TV) по импульсам кадровой (TV-V) и строчной (TV-H) ТВ синхронизации. Кроме этого, в осциллографе предусмотрен 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 производят ручкой TV LINE SELECT с индикацией номера и режима 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.

Калибратор CAL служит для проверки масштабных коэффициентов по горизонтали и вертикали и представляет собой генератор эталонного прямоугольного сигнала частотой 1 кГц и амплитудой 2 В.

3. Система двойной развертки осциллографа GOS-6200

В современных аналоговых осциллографах используют систему двойной развертки. Она помогает исследовать фрагменты сигналов в удобном масштабе и увеличить точность измерений временных интервалов. В канале X таких осциллографов предусматривают два генератора развертки - основной (А) и задержанной (В). Оба генератора могут работать независимо, обеспечивая обычный осциллографический режим. Однако наибольший интерес представляет случай, когда запуск развертки В осуществляется от генератора развертки А с некоторой задержкой, величина которой может регулироваться. Задержку запуска В иногда делают калиброванной, что позволяет проводить измерения временных интервалов методом замещения.

В осциллографе GOS-6200 задержанная развертка управляется кнопкой MAIN/ALT/DELAY. Положение MAIN соответствует работе с основной разверткой, ее коэффициент развертки MTB устанавливается переключателем TIME/DIV и выводится в правой верхней части экрана. При необходимости возможна плавная некалиброванная регулировка, для чего необходимо длительно нажать кнопку VAR канала X. На экране некалиброванный режим отражается появлением значка (>). Положение ALT используют для установки коэффициента задержанной развертки DTB, которое производят той же ручкой TIME/DIV. Зона действия задержанной развертки устанавливается регулировкой DELAY TIME в УСЗ и индицируется на экране двумя вертикальными пунктирными линиями. Величина задержки DLY относительно основной развертки выводится в левой верхней части экрана. Регулировка позволяет менять задержку от 0 до полной длительности прямого хода основной развертки. Вид сигнала при задержанной развертке отражается при этом на экране в виде второй осциллограммы. Ее положение по вертикали может регулироваться отдельно от осциллограммы основной развертки при включенной кнопке TRACE SEP.

Для наблюдения измерений растянутой части экрана необходимо включить режим DELAY. В этом режиме можно использовать метод замещения для точных измерений временных интервалов. Регулировкой времени задержки поочередно совмещают концевые точки интересующего интервала времени с какой-нибудь вертикальной линией шкалы. Разность задержек равна измеряемой длительности временного интервала.

4. Принцип действия цифрового измерительного блока осциллографа и режимы его работы

Цифровой измерительный блок осциллографа GOS-6200 использует метод сравнения с эталоном. При этом на экране создается осциллограмма образцовых (эталонных) сигналов, которые называют «электронные метки» или курсоры. Система курсоров позволяет провести точные измерения напряжения, временных интервалов, частоты и фазового сдвига. Курсоры в осциллографе выглядят как пара вертикальных или горизонтальных пунктирных линий, расстояние между которыми откалибровано в измеряемых единицах. Для перемещения курсоров необходимо включить режим CURSOR POS. Регулируя положение курсоров ручками C1 и C2 и совмещая их с точками исследуемого сигнала, отсчитываем результат измерения, выводимый на экран осциллографа.

Для включения режима курсорных измерений нажмите и удерживайте кнопку FUNC CURSOR ON/OFF. Дальнейшее кратковременное нажатие этой кнопки позволяет выбрать одну из семи функций курсорных измерений:

1. Интервал напряжений (в В) сигналов в первом или втором каналах ΔV_1 (ΔV_2). Переключение курсоров между каналами осуществляется длительным нажатием кнопки CURSOR POS- $\Delta V_1/2$, при этом учитывается установленный в каждом канале коэффициент отклонения.
2. Интервал напряжений в процентах от размера изображения ΔV , соответствующего 5 делениям шкалы (100% по шкале осциллографа).
Этот режим удобно использовать, например, при измерении выброса

прямоугольного сигнала. При этом предварительно надо отрегулировать размер импульса так, чтобы он занимал 5 делений (от 0 до 100% по шкале).

3. Измерение разности напряжений в дБ (логарифмическая шкала курсоров) позволяет установить интервал в курсорах в дБ относительно изображения в 5 делений (100%=0 дБ). Этот режим удобно использовать, например, при измерении АЧХ осциллографа на уровне -3 дБ.
4. Измерение интервала времени (в мкс, мс, с). В этом случае используют вертикальные курсоры, расстояние между которыми ΔT_m выводится в верхней части экрана. Для измерения длительности сигналов по определенным уровням используют масштабирование сигнала в пределах 5 делений шкалы по вертикали. Курсоры располагают в точках пересечения сигнала с линиями 10% и 90% для измерения фронта и среза импульса. Для измерения длительности используют уровень 50% (центральная линия шкалы осциллографа.).
5. Процентное измерение временных интервалов ΔT . За 100% выбирается интервал, занимающий 5 делений по горизонтали. Этот режим используют при предварительной установке размера сигнала (например, его периода) равным 5 делениям шкалы.
6. Определение частоты по измеренному периоду $1/\Delta T_m$. Для правильного отсчета необходимо курсоры установить в начало и конец периода сигнала, на экране отображается значение частоты в Гц, кГц, МГц.
7. Измерение разности фаз двух синусоидальных сигналов проводят при предварительной установке размера периода сигналов 5 делений по шкале осциллографа. Затем курсоры устанавливают в точки, соответствующие временному сдвигу одного сигнала относительно другого. Результат измерения выводится на экран в градусах.

В цифровом измерительном блоке осциллографа GOS-6200 реализовано автоматическое измерение частотных и временных параметров исследуемого сигнала.

дуемого сигнала и без использования курсоров. Для этого используется тот факт, что частота входного сигнала и частота сигнала синхронизации совпадают. Внутренним частотомером измеряется частота или период (длительность) сигнала синхронизации, результат выводится в нижнем правом углу. Для выбора измеряемого параметра отключают курсорные измерения и производят установку кратковременным нажатием кнопки FUNC. (частота –FREQ, период –PERIOD, ширина (длительность) сигнала +WIDTH, скважность (отношение периода к длительности) +DUTY. Выбор измеряемого сигнала осуществляется выбором источника синхронизации.

5. Технические характеристики осциллографа GOS-6200

Особенности осциллографа:

- Полоса пропускания 0-200МГц
- Курсорные измерения и экранная графика (7 функций)
- Автоматическая/ручная установка размера изображения
- Задержанная развертка
- Автоматическое измерение параметров
- Блок выделения ТВ-строк (NTSC, PAL, SECAM)
- Автоматическая установка уровня синхронизации
- Память на 10 установок органов управления
- ТВ-синхронизация (построчная, покадровая)
- Выход сигнала синхронизации
- Модуляция яркости луча (Z-вход)

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 %). Главная особенность прибора — наличие блока цифровых курсорных измерений и вывод цифровой и символьной инфор-

мации на экран ЭЛТ. Такие функциональные возможности приближают его к цифровым осциллографам.

Основные технические параметры осциллографа приведены в таблице 1.

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ПАРАМЕТРЫ	ЗНАЧЕНИЯ
КАНАЛ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОТКЛОНЕНИЯ	Полоса пропускания	0...200МГц (-3дБ), 0..20 МГц при 2 мВ/дел)
	Козф. отклонения ($K_{откл.}$)	2мВ/дел...5В/дел (шаг 1-2-5)
	Погрешность установки $K_{откл.}$	±3%
	Регулировка $K_{откл.}$	Плавное перекрытие в 2,5раза
	Время нарастания	≤ 1.75нс (≤17.5нс при 2 мВ/дел)
	Выброс ПХ	Не более 5%
	Входной импеданс	1МОм/25пФ
	Задержка изображения	Обеспечивает возможность наблюдения переднего фронта
	Макс. входное напряжение	400В (DC+ $A_{спик.}$, до 1кГц)
	Режимы отклонения	CH1: только канал 1.CH2: только канал 2. DUAL: каналы 1 и 2 (прерывисто/попеременно) автовыбор :прерывисто 0,5С~5мС/дел, переменнo : 2мС~0,1мкс/дел) Когда кнопка CHOP нажата, работает режим переключения с частотой 250кГц. ADD: алгебраическое сложение каналов 1 и 2.
КАНАЛ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ОТКЛОНЕНИЯ	Коэффициент развертки (Кразв.) А (основная)	20 нс/дел...0,5с/дел (шаг 1-2-5), растяжка x10
	Коэффициент развертки (Кразв.) В (задержанная)	20 нс/дел...50 мс/дел (шаг 1-2-5), растяжка x10
	Погрешность установки Кразв.	±3%(±5% при растяжке x10)
	Регулировка Кразв.	Плавное перекрытие в 2,5раза
	Задержка запуска развертки В	1мкс...5мс (±5%), плавная регулировка
	Режимы запуска разверток	Автоколебательный, ждущий, однократный
СИНХРОНИЗАЦИЯ	Режимы работы разверток	А, А и В, В
	Источники синхронизации	Канал 1, канал 2, сеть, внешний
	Фильтры синхронизации	Связь по постоянному/переменному току, ФВЧ, ТВ
	Уровень внеш. синхронизации	До 400В (DC+ $A_{спик.}$, до 1кГц)
	Вход внешней синхронизации	1МОм/25пФ
X-Y ВХОД	Полоса пропускания	0...500 кГц (-3дБ)
	Коэффициент отклонения	2мВ/дел...5В/дел (±3%)
	Разность фаз X-Y	≤ 30 в диапазоне 0...50кГц
КУРСОРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ	Режимы измерений	$\Delta V, \Delta V\%, \Delta VdB, \Delta T, 1/\Delta T, \Delta T\%, \Delta \Theta$
	Разрешение курсора	1/100 деления
	Точность	±3% в пределах по вертикали ±3 дел., по горизонтали ±4 дел

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ	Режимы измерений	Частота, период, длительность импульса, скважность
	Количество значащих цифр	6
	Точность	$\pm 0.01\%$
ЭЛТ	Размер экрана	8×10дел. (1дел.=10мм)
	Напряжение ускорения	14.5кВ
ПАРАМЕТРЫ КАЛИБРАТОРА	Форма сигнала	Меандр с частотой 1 кГц $\pm 5\%$
	Амплитуда	2В $\pm 2\%$
	Выходное сопротивление	2Ком
ОБЩИЕ ДАННЫЕ	Напряжение питания	100/120/220/230В $\pm 10\%$, 50/60Гц
	Потребляемая мощность	70ВА
	Габаритные размеры	310×150×485мм
	Масса	9,5кг

6. 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.4)

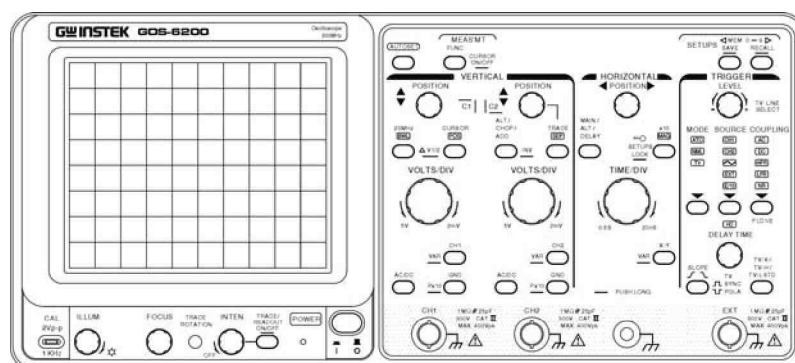


Рис. 4. Обозначения органов управления осциллографа GOS -6200

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

переключение каналов/ Режим ADD обеспечивает сложение сигналов каналов CH1+CH2.

Канал X осциллографа (HORIZONTAL) содержит два генератора: основной развертки (режим MAIN) и задержанной развертки (DELAY). Коэффициент разверток устанавливается дискретно TIME/DIV. При необходимости используют некалиброванную плавную регулировку при включенном режиме VAR. Растяжка развертки включается кнопкой x10 MAG. Горизонтальное положение осциллограммы регулируется ручкой POSITION. Режим работы канала X переключается кнопками 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 HO (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 – частота, период, длительность и скважность.

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

7. Временные и амплитудные 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 таблице 3 приведены стандартные параметры видеосигнала отечественного телевидения

Таблица 3

Стандарт	
Число строк	625
Частота полей, Гц	50
Частота строк, Гц	15625
Длительность строки, мкс	64
Длительность синхроимпульса, мкс	$4,7 \pm 0,2$
Длительность фронта гасящего импульса строк, мкс	$0,3 \pm 0,1$
Длительность гасящего строчного импульса, мкс	$12 \pm 0,3$
Длительность полного кадра, мс	40
Интервал между фронтом строчного и гасящего импульса, мкс	$1,5 \pm 0,3$
Длительность кадрового гасящего импульса (длит. строки)	25

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.

Сигнал изображения представляет собой напряжение, величина 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. 5 показана форма полного видеосигнала двух смежных полей изображения для отечественного телевизионного стандарта.

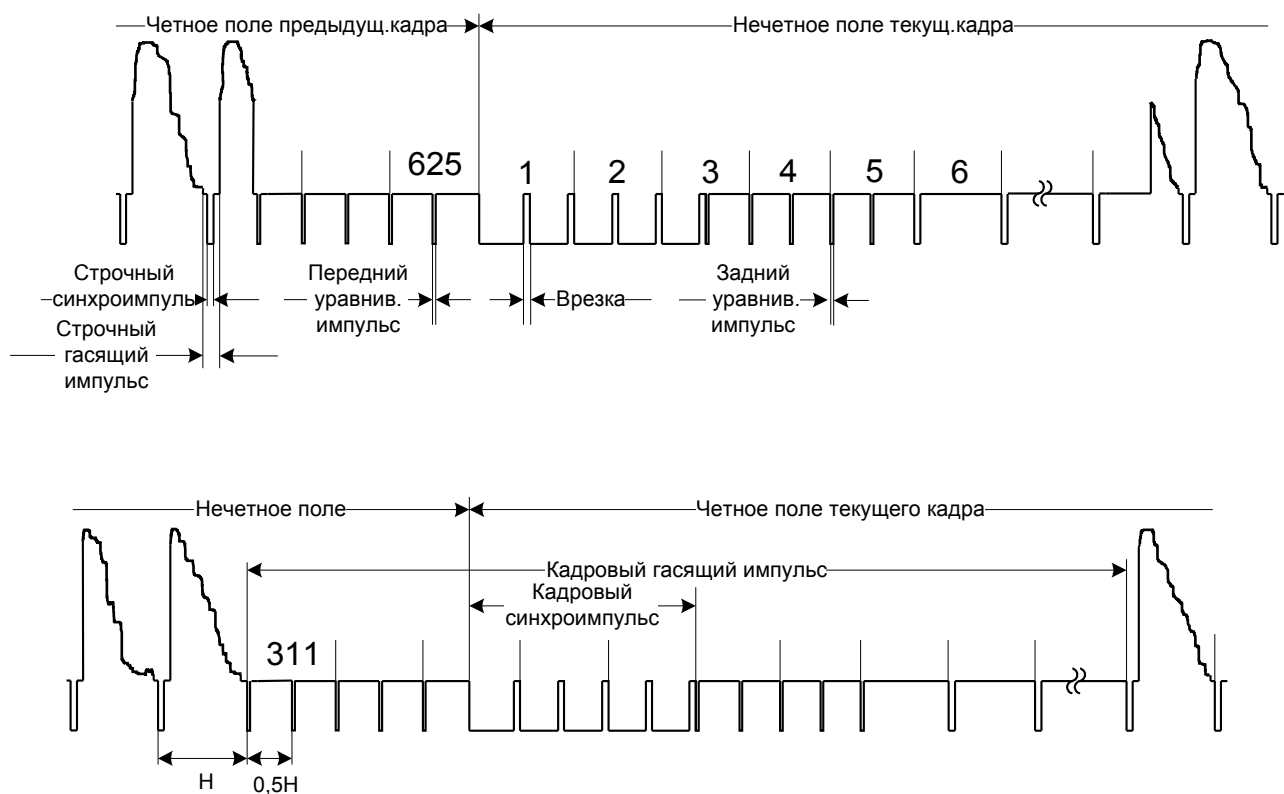


Рис. 5. Полный видеосигнал

Амплитудные значения сигнала изображения соответствуют мгновенной яркости передаваемого элемента изображения. Нулевым уровнем в видеосигнале счи-

тается 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.

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: сперва идут шесть уравнивающих импульсов с частотой повторения 31250 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 (сперва — после передачи нечетных, а затем — четных строк).

Сначала 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 (обозначено буквой Н) 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. Величина их фиксирована 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.

8. Задание и указания к выполнению работы

1. Подготовка осциллографа к работе

Перед работой изучите назначение органов управления осциллографа (разделы 1-6). 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 деления 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 нарушены, то осциллограф требует технического обслуживания в метрологической службе.

2. 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 - положительная. Выберите коэффициент отклонения и коэффициент 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 ΔT_M . Нажмите кнопку CURSOR POS и, перемещая курсоры ручками C1 и C2, измерьте период повторения строчных синхроимпульсов. Переведите курсоры в режим измерения частоты $1/\Delta T_M$ (кратковременным нажатием кнопки FUNC) и запишите частоту строчных импульсов. Зафиксируйте также результат измерения частоты в автоматическом режиме, который выводится в правом нижнем углу экрана. Результаты занесите в таблицу по форме 1.

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 ΔT_M (при включенном режиме CURSOR POS) измерьте длительности гасящего импульса и строчного синхроимпульса, а также сдвиг синхроимпульса относительно начала гасящего импульса (см. рис. 5). Сравните их со стандартными значениями. Занесите результаты измерений в таблицу по форме 1.

Вернитесь в основной режим развертки MAIN. Измерьте длительность сигнала изображения черно-белых полей. Он имеет вид ступеньки, отражающей уровни 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 2. Зарисуйте вид синхроимпульса и нанесите на него измеренные параметры.

3. Измерение параметров кадрового ТВ видеосигнала

Исследуйте форму кадрового синхроимпульса. Он содержит гасящий кадровый импульс с кадровым синхроимпульсом в его начале (см.рис.5). Кадровый синхроимпульс заполняется импульсами врезок двойной строчной частоты. До и после кадрового синхроимпульса следуют уравнивающие импульсы двойной строчной частоты и длительности, в два раза меньшей длительности строчных синхроимпульсов и импульсов врезок.

Для наблюдения кадровый 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 длительно-

сти ΔT_M кнопкой FUNC. Используя курсоры, измерьте период и частоту кадровых синхроимпульсов по методике, аналогичной изложенной выше для строчных синхроимпульсов. Запишите результат автоматического измерения частоты, выводимого в нижнем углу экрана. Занесите результаты в таблицу по форме 3.

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 C1 и C2, измерьте длительность кадрового гасящего импульса и длительность кадрового синхроимпульса. Сравните их со стандартными значениями. Занесите результаты измерений в таблицу по форме 3.

4. 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 – положительная
- Кнопкой TV-V/TV-H установите режим выделения заданной строки в системе SECAM..

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

Установите на камере максимальное усиление. Для этого закройте объектив светонепроницаемым колпаком. Система АРУ камеры установит максимальный коэффициент усиления. При этом 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 C1 и C2, 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 $\pm 3\sigma$. Тогда σ – среднеквадратическое значение шума - определим как $\Delta V_{ш}/6$.

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

$$c / ш = 20 \cdot \lg\left(\frac{\Delta V_c}{\sigma}\right) = 20 \cdot \lg\left(6 \cdot \frac{\Delta V_c}{\Delta V_{ш}}\right), \text{дБ}.$$

Запишите результаты измерения и расчета с/ш.

Содержание отчета по лабораторной работе

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

Рекомендуемые формы таблиц

Форма 1

	Стандартное значение	Измеренное значение	Погрешность, %
Период строчных синхроимпульсов, мкс	$64 \pm 0,032$		
Частота строчных импульсов, Гц	15625 ± 3		
Частота строчных импульсов (автоматическое измерение), кГц	15625 ± 3		
Длительность гасящего импульса строк, мкс	$12,0 \pm 0,3$		
Длительность строчного синхроимпульса	$4,7 \pm 0,2$		
Длительность сдвига синхроимпульса относительно начала гасящего импульса, мкс	$1,5 \pm 0,3$		

Форма 2

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

	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		

Контрольные вопросы

1. Объясните назначение цифрового блока в аналоговом осциллографе. Какой метод измерения в нем реализован?
2. Для чего в осциллографе предусматривают регулировку (ограничение) полосы пропускания канала Y?
3. Для чего в двухканальном осциллографе используется электронный коммутатор? Каковы режимы его работы?
4. Почему на пилообразном напряжении развертки присутствует участок блокировки? В каком случае он отсутствует?
5. Какие режимы работы генератора развертки используют в осциллографе?
6. Назовите режимы синхронизации осциллографа. Какие режимы используются при работе с телевизионным сигналом?
7. Для чего в осциллографе используют фильтрацию сигнала синхронизации? Какие типы фильтров использованы для этого?
8. Для чего нужна система двойной развертки осциллографа? Какие дополнительные измерительные возможности она дает?

9. Какие режимы курсорных измерений предусмотрены в осциллографе GOS-6200?
10. Как работает блок выделения строки телевизионного сигнала в осциллографе GOS-6200?

Список литературы

1. Дворяшин Б.В. Метрология и радиоизмерения / Учеб. Пособие для студентов ВУЗов, -М.: Издательский центр «Академия», 2005. - 304с
2. Метрология и радиоизмерения / Учебник для ВУЗов. /Под ред. В.И.Нефедова, -М.: Высшая школа, 2003.
3. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах/ Учебник для ВУЗов/ В.И.Нефедов, В.И.Хахин, Е.В.Федорова и др. /Под ред. В.И.Нефедова, -М.: Высшая школа, 2001. 383с
4. Винокуров В.И., Каплин С.И., Петелин И.Г. Электрорадиоизмерения. - М.: Высш. шк., 1986.
5. Мирский Г.З. Электронные измерения. - М.: Радио и связь, 1986.