

**Государственное бюджетное профессиональное образовательное
учреждение Астраханской области
«Астраханский колледж вычислительной техники»**

Специальность 13.02.11

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Изучение универсального осциллографа

по дисциплине: "Измерительная техника"

Методические рекомендации

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР

Составил преподаватель:

(Цепляев В.К.)

Рассмотрено на заседании цикловой
комиссии специальности 13.02.11

"Техническая эксплуатация и
обслуживания электрического и электро-
механического оборудования в нефтяной
и газовой промышленности"

Протокол № ____ от _____

Рекомендовано для студентов.

Председатель комиссии:

(Ветлугин В.В.)

2018

Перв. примен.	СОДЕРЖАНИЕ														
	1 Цель работы..... 3 2 Приборы и оборудование..... 3 3 Правила техники безопасности..... 3 4 Теоритическая часть..... 4 5 Порядок выполнения работы..... 24 6 Содержание отчета..... 31 7 Контрольные вопросы..... 31 8 Используемая литература..... 32 Приложение А. Генератор Г5-54..... 33 Приложение Б.Осциллограф С1-72..... 34 Приложение В. Генератор Г3-106..... 35														
Справ. №															
Подп. и дата															
Взам. инв. №															
Инв. № дубл.															
Подп. и дата															
Инв. № подл.															
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР Изучение универсального осциллографа Методические рекомендации	Лит.	Лист	Листов							
									Разраб.	Цепляев			У	2	35
									Пров.	Ветлугтн					
									Н.контр.						
									Утв.						
					АКВТ										

1 Цель работы

1.1 Изучить принцип действия и структурную схему электронного осциллографа в различных режимах работы.

1.2 Изучить назначение и расположение ручек управления на передней панели и правила подготовки осциллографа к работе.

1.3 Научиться получать на экране осциллографа осциллограммы синусоидального и импульсного сигналов и измерять их параметры.

2 Приборы и оборудование

2.1 Осциллограф С1-72.

2.2 Генератор Г5-54

2.3 Генератор ГЗ-106.

3 Правила техники безопасности

3.1 Соединить клемму "↓" измерительных приборов с шиной защитного заземления.

3.2 Убедиться в наличии и исправности сетевых предохранителей измерительных приборов.

3.3 Соблюдать указания мер безопасности, приведённые в руководстве по эксплуатации приборов и оборудования, применяемых в данной работе.

3.4 Соблюдать все требования техники безопасности при работе в лаборатории электротехнических измерений.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										3

Копировал _____ Формат А4

4 Теоретическая часть

4.1 Осциллограф - это прибор, который позволяет наблюдать на экране форму электрических сигналов (то есть зависимость напряжения от времени) и измерять их параметры.

4.2 Преимуществами осциллографа по сравнению с другими измерительными приборами являются:

- наглядность восприятия информации;
- универсальность (можно измерять сразу несколько параметров сигнала).

К недостаткам можно отнести:

- небольшую точность измерений (до 2-5%);
- относительно большую трудоемкость измерений.

4.3 С помощью осциллографа можно измерять все параметры любых сигналов, в то время как более точные специализированные приборы измеряют обычно какой-то один параметр(например. напряжение, частоту и др.), и, главное, рассчитаны только на сигнал определенной формы (наиболее распространены приборы для измерения параметров гармонических сигналов).

Поэтому они могут давать большие и неконтролируемые погрешности при отклонении сигнала от "стандартного" вида.

Таким образом, наличие осциллографа как контролирующего прибора необходимо и при использовании других, более точных измерительных приборов, особенно, если вид сигнала не известен и может изменяться в процессе измерений.

4.4 В последнее время все шире используются цифровые осциллографы, а также измерительные приборы, выполненные в формате стандартных плат расширения персональных ЭВМ или сопряженные с ЭВМ по шине USB. которые могут работать как осциллограф с выдачей осциллограммы на монитор ЭВМ. Большим удобством таких устройств является их полная интеграция с ЭВМ. что облетает регистрацию результатов и их дальнейшую обработку в реальном времени.

4.5 Главным узлом любого аналогового осциллографа является электроннолучевая трубка (ЭЛТ), поэтому осциллограф и называется электроннолучевым.

Схематичное устройство трубки приведено на рисунке 1.

Электронная пушка создает и фокусирует электронный луч. Электроны испускаются из катода, подогреваемого до температуры, достаточной для начала термоэлектронной эмиссии, и затем ускоряются в электрическом поле между катодом и вторым анодом. Далее, до экрана, они пролетают в области почти

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										4
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

постоянного потенциала (равного потенциалу второго анода). Потенциал создается токопроводящим слоем, нанесенным на стенки трубки. Соударяясь с флюоресцирующим слоем на внутренней поверхности экрана люминофором, электроны вызывают его свечение.

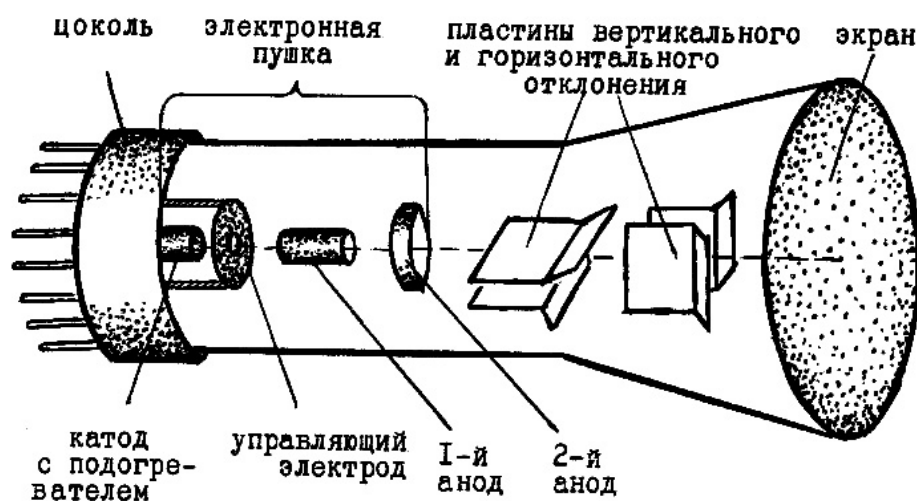


Рисунок 1 - Устройство электроннолучевой трубки

4.6 Принцип образования осциллограммы.

Положение светового пятна на экране зависит от пары напряжений, приложенных к горизонтально (X) и вертикально (Y) отклоняющим пластинам.

Принципиально важно, что отклонение электронного луча на экране прямо пропорционально напряжению, приложенному к соответствующей паре отклоняющих пластин. Если на Y-пластины подать переменное, например, синусоидальное, напряжение, то электронный луч начнет колебаться в вертикальном направлении. При достаточно большой частоте колебаний (20 - 50 Гц) движение луча на экране трубки будет восприниматься глазом как светящаяся непрерывная вертикальная линия (см. рисунок 2,а). Аналогично, напряжение, поданное на горизонтально отклоняющие пластины X, даст горизонтальную линию.

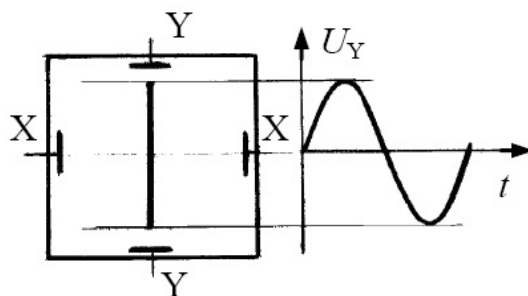
При одновременном воздействии переменных напряжений на обе пары пластин можно получить различные осциллограммы. Например, подавая на пластины X и Y два синусоидальных сигнала с определенными соотношениями частот и фаз, можно наблюдать разные неподвижные замкнутые кривые, фигуры Лиссажу, а также осциллограмму синусоидального сигнала (см. рисунок 2б.в).

4.7 Блок - схема осциллографа представлена на рисунке 3.

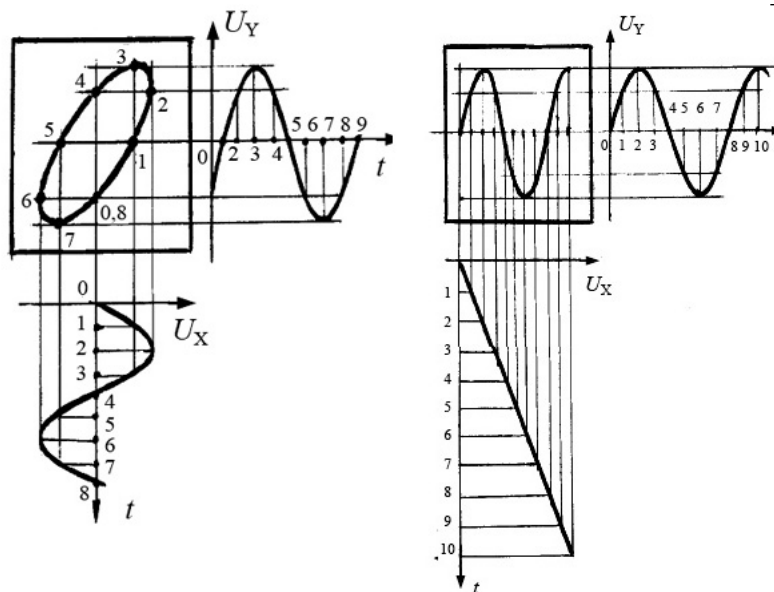
4.8 Канал вертикального отклонения Y или канал сигналов, служит для преобразования напряжения исследуемого сигнала в соответствующее ему

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	положение светового пятна на экране зависит от пары напряжений, приложенных к горизонтально (Х) и вертикально (У) отклоняющим пластинам.					
					Принципиально важно, что отклонение электронного луча на экране прямо пропорционально напряжению, приложенному к соответствующей паре отклоняющих пластин. Если на У-пластины подать переменное, например, синусоидальное, напряжение, то электронный луч начнет колебаться в вертикальном направлении. При достаточно большой частоте колебаний (20 - 50 Гц) движение луча на экране трубки будет восприниматься глазом как светящаяся непрерывная вертикальная линия (см. рисунок 2,а). Аналогично, напряжение, поданное на горизонтально отклоняющие пластины Х, даст горизонтальную линию.					
					При одновременном воздействии переменных напряжений на обе пары пластин можно получить различные осциллограммы. Например, подавая на пластины Х и У два синусоидальных сигнала с определенными соотношениями частот и фаз, можно наблюдать разные неподвижные замкнутые кривые, фигуры Лиссажу, а также осциллограмму синусоидального сигнала (см. рисунок 2б.в).					
					4.7 Блок - схема осциллографа представлена на рисунке 3.					
					4.8 Канал вертикального отклонения У или канал сигналов, служит для преобразования напряжения исследуемого сигнала в соответствующее ему					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										5

вертикальное отклонение луча.



а) получение осциллограммы



б) получение фигуры Лиссажу в) получение синусоидального сигнала

Рисунок 2 - Принцип образования осциллограммы

Он состоит из входного устройства, усилителя вертикального отклонения и вертикально - отклоняющих пластин ЭЛТ.

Входное устройство состоит из аттенюатора, позволяющего ослабить исследуемый сигнал в целое число раз и согласовать входное сопротивление канала сигнала с волновым сопротивлением кабеля, по которому поступает исследуемый сигнал; катодного повторителя, устраняющего влияние канала вертикального отклонения на источник измеряемого сигнала и позволяющего получить высокое входное сопротивление: линии задержки (в импульсных осциллографах), обеспечивающей подачу исследуемого импульса на вертикально - отклоняющие пластины с задержкой относительно начала горизонтально - отклоняющего

Инев. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инев. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата
Инев. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

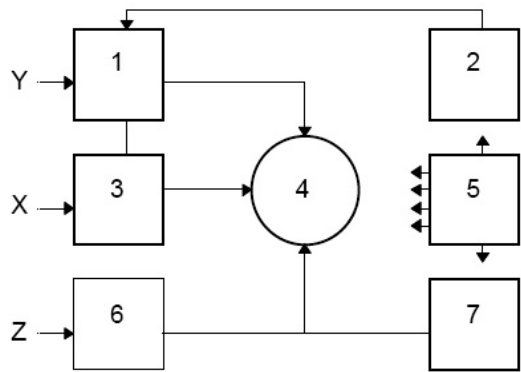
АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР

Лист
6

Копировал

Формат А4

напряжения, что дает возможность хорошо наблюдать фронт импульса.



- 1 - канал вертикального отклонения;
- 2 - калибратор амплитуды;
- 3 - канал горизонтального отклонения;
- 4 - электроннолучевая трубка (ЭЛТ);
- 5 - блок питания;
- 6 - канал управления яркостью;
- 7 - калибратор длительности.

Рисунок 3 - Блок - схема осциллографа

Усилитель вертикального отклонения усиливает исследуемый сигнал, подаваемый со входного устройства, до уровня, позволяющего получить достаточное вертикальное отклонение луча (высоту изображения сигнала) на экране ЭЛТ.

4.9 Канал горизонтального отклонения X или канал развертки, служит для создания и передачи напряжения, вызывающего горизонтальное перемещение луча, пропорциональное времени.

Вторая функция этого канала - усиление сигнала, синхронизирующего напряжение горизонтального отклонения.

В его состав входят:

- генератор напряжения горизонтального отклонения;
- усилитель, усиливающий вырабатываемое генератором напряжение до уровня, необходимого для отклонения луча в горизонтальном направлении; горизонтально - отклоняющие пластины;
- схема синхронизации, предназначенная для преобразования, усиления и регулирования амплитуды, а также изменения полярности синхронизирующих напряжений.

Иногда на входе канала горизонтального отклонения имеется аттенюатор.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

4.10 Канал управления яркостью Z предназначен для передачи со входа z на управляющий электрод ЭЛТ сигналов, модулирующих яркость свечения.

Обычно он состоит из усилителя, который, помимо усиления, позволяет изменять полярность модулирующего напряжения.

В этот же канал чаще всего подается напряжение от калибровочного генератора меток времени.

4.11 Калибраторы применяются для измерения параметров исследуемого сигнала.

Как правило, ими являются устройства для измерения напряжения и длительности.

4.12 Блок питания состоит из двух выпрямителей - высоковольтного, питающего высоким напряжением ЭЛТ, и низковольтного, питающего все узлы осциллографа и низковольтные электроды трубки, а также схемы регулировок напряжений, управляющих яркостью, фокусировкой и положением светящегося пятна на экране ЭЛТ.

4.13 Виды разверток.

Различают несколько видов разверток, используемых в осциллографических приборах.

В их названии нет единообразия, но имеется определенная система.

Если развертку получают в результате подачи развертывающего напряжения на одну пару отклоняющих пластин (как правило, горизонтально - отклоняющих), то ее называют по форме развертывающего напряжения:

- пилообразная;
- экспоненциальная;
- синусоидальная.

Когда же развертка создается подачей напряжения на обе пары пластин одновременно (и на радиально - отклоняющий электрод - в специальных трубках), ее название соответствует форме траектории, прочерчиваемой лучом:

- круговая;
- эллиптическая;
- спиральная;
- радиальная.

4.13.1 Линейная непрерывная развертка.

Для развертки этого вида характерно непрерывно повторяющееся перемещение луча по горизонтали, пропорциональное времени. Она создается пилообразным, т.е. линейно изменяющимся напряжением (см. рисунок 4).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										8
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

При минимальном значении развертывающего напряжения (точка 0) луч находится в крайнем левом положении на горизонтальной прямой экрана. По мере роста пилообразного напряжения луч перемещается слева направо с постоянной скоростью.

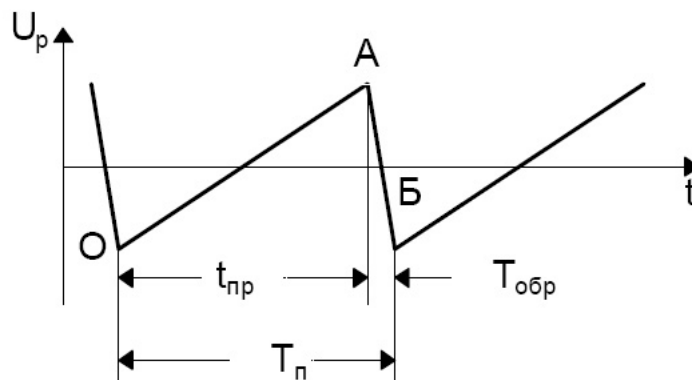


Рисунок 4 - Линейная развертка.

Это перемещение, называемое прямым ходом луча, происходит в течение времени $t_{пр}$, пока развертывающее напряжение не достигнет максимальной величины (точка А). При надлежащем выборе амплитуды пилообразного напряжения УМ луч за время прямого хода $t_{пр}$ переместится в крайнее правое положение экрана. Когда напряжение падает от А до Б, луч совершает обратный ход - за время $t_{обр}$ быстро возвращается в исходное положение, чтобы в следующий период повторить цикл, состоящий из прямого и обратного хода.

Так как каждый последующий цикл пилообразного напряжения непрерывно следует за предыдущим, то рассматриваемая развертка является линейной непрерывной. Очевидно, генератор такой развертки должен работать в автоколебательном режиме.

Основные характеристики линейной непрерывной развертки:

- период $T_{п} = t_{пр} + t_{обр}$;
- частота развертки $F = \frac{1}{T_{п}}$;
- максимальное отклонение луча за период, определяемое амплитудой развертывающего напряжения.

Для получения высококачественного изображения исследуемого процесса необходимо выполнение условия $t_{обр} \ll t_{пр}$.

В современных осциллографах это требование всегда выполняется. Кроме того, луч гасят при обратном ходе или подсвечивают при прямом.

Практически можно считать, что $T_{п} \gg t_{пр}$.

Инв. № подл.	Подп. и дата		Инв. № дубл.		Подп. и дата	
	Взам. инв. №					
	Подп. и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР	
					Лист 9	
Копировал					Формат А4	

Чтобы линия развертки или изображение сигнала не мерцали при наблюдении, луч должен прочерчивать одну и ту же траекторию не менее 15-20 раз в секунду.

При этом используется инерционная способность человеческого глаза сохранять зрительное впечатление равна, примерно, 1/15 сек.

Изображение представляется наблюдателю неподвижным, если луч при каждом прямом ходе прочерчивает одну и ту же кривую. Это достигается тогда, когда период развертывающего напряжения T_n равен или кратен периоду исследуемого сигнала $T_{\text{и}}$, т.е.

$$T_n = T_{\text{и}} \text{ или } T_n = n \cdot T_{\text{и}}$$

Два колебания, у которых частоты(периоды) равны или кратны и изменению одной из частот соответствует пропорциональное изменение второй частоты, называются синхронными (одновременными).

Таким образом, для получения неподвижного изображения напряжение развертки и исследуемое напряжение должны быть синхронными.

Это достигается синхронизацией напряжения развертки исследуемым сигналом или внешним напряжением с периодом, соответствующим условию

$$T_n = T_{\text{и}} \text{ или } T_n = n \cdot T_{\text{и}}$$

Важно отметить, что пилообразное напряжение не бывает строго линейным. Часто оно изменяется по экспоненте, близкой к прямой, причем степень линеаризации зависит от схемы генератора развертки. При недостаточно большой постоянной времени экспоненты форма наблюдаемого напряжения искажается.

В осциллографах, служащих для наблюдения формы колебания, нелинейность развертки характеризуется $y = 10\%$.

4.13.2 Линейная ждущая развертка.

Часто осциллограф используют для исследования различных импульсных процессов, в том числе непериодических. Непрерывная развертка не позволяет наблюдать однократные импульсы, а при исследовании процессов с большой скважностью она оказывается малоэффективной.

В последнем случае слишком малая часть периода следования импульсов приходится на долю импульса, а его вершина наблюдается в виде светящейся точки. Иначе говоря, большая часть периода напряжения горизонтальной развертки не используется.

Задача исследования непериодических импульсов и периодических импульсных процессов с большой скважностью успешно решается с помощью ждущей развертки.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист 10
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					
Копировал					Формат А4					

Её сущность заключается в том. что развертывающее напряжение подается на горизонтально-отклоняющие пластины лишь тогда, когда

исследуемый импульс поступает на вход осциллографа. После того как под действием развертывающего напряжения луч совершит один цикл прямого и обратного хода, развертка прекращается и «ждет» прихода нового импульса, запускающего её.

Длительность пилообразного напряжения T при ждущей развертке можно выбрать немного большей длительности наблюдаемого импульса t .

Это позволяет при надлежащей скорости развертки получить изображение импульса, занимающее почти весь экран.

Ждущая линейная развертка характеризуется длительностью пилообразного импульса $T_{\text{жд}}$ в микросекундах (при этом предполагается, что амплитуда «пилы» U_m отклоняет луч почти на весь экран) или скоростью развертки

$$C = \frac{U_m}{T_{\text{жд}}} h_T$$

выраженной в мм/мксек или см/мксек (h_T - чувствительность трубки к горизонтальному отклонению, мм/в).

Для того, чтобы при ждущей развертке фронт исследуемого импульса был хорошо виден, необходимо сдвинуть его относительно начала развертки, т.е. сделать так, чтобы момент начала горизонтальной развертки опережал момент прихода фронта исследуемого импульса на вертикально - отклоняющие пластины ЭЛТ.

4.13.3 Синхронизация непрерывной развертки.

При исследовании периодических напряжений для получения неподвижного изображения на экране трубки необходимо, чтобы периоды развертывающего и исследуемого напряжения были равны или кратны. Осуществление этого условия требует принятия специальных мер. так как частота колебаний релаксационных генераторов вообще и генераторов пилообразного напряжения в частности нестабильна по различным причинам: из-за колебаний питающих напряжений, нестабильности параметров схемы, флуктуационных явлений и т.п. Да и частота исследуемого сигнала не всегда достаточно стабильна.

Получить неподвижное изображение можно только в том случае, если удастся «навязать» генератору развертки частоту колебаний, при которой его напряжение и напряжение исследуемого сигнала будут синхронными.

Процесс, в результате которого вынуждают генерировать колебания точно с частотой внешнего напряжения или кратной ей. называется синхронизацией (захватыванием частоты).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист 11
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

- внутреннюю, т.е. исследуемым напряжением:

- от сети.

В положении «Внешняя» вход усилителя синхронизации подключается к зажимам, на которые поступает синхронизирующее напряжение от внешнего источника.

Для того, чтобы генератор развертки хорошо синхронизировался, необходимо должным образом выбирать амплитуду синусоидального напряжения.

Чересчур большая амплитуда синхронизирующего напряжения приводит к значительному уменьшению амплитуды пилообразного напряжения и даже может вызвать его искажения: развертка получается с неодинаковыми периодами.

Чтобы иметь возможность правильно выбрать амплитуду синхронизирующего напряжения, в усилителе синхронизации осциллографа применен орган регулировки амплитуды (ручка «Синхронизация»).

В самой сущности ждущей развертки заложена необходимость жесткой синхронизации. Так как в качестве генератора развертки применяется одновибратор, то синхронизация достигается возбуждением его либо исследуемым сигналом, либо синхронным с ним импульсом.

При синхронизации ждущей развертки необходимо создать условие хорошего наблюдения фронта исследуемого импульса - сделать так, чтобы начало напряжения развертки отклоняющего луча по горизонтали несколько опережало момент прихода

фронта исследуемого импульса на вертикально- отклоняющие пластины.

Такая задача решается двумя способами

Способ 1. Применением линии задержки в канале вертикального отклонения. В этом случае (см.рисунок 5,а) генератор ждущей развертки запускается коротким импульсом 2, получающимся в результате дифференцирования фронта исследуемого импульса 1, подаваемого из цепи, предшествующей линии задержки.

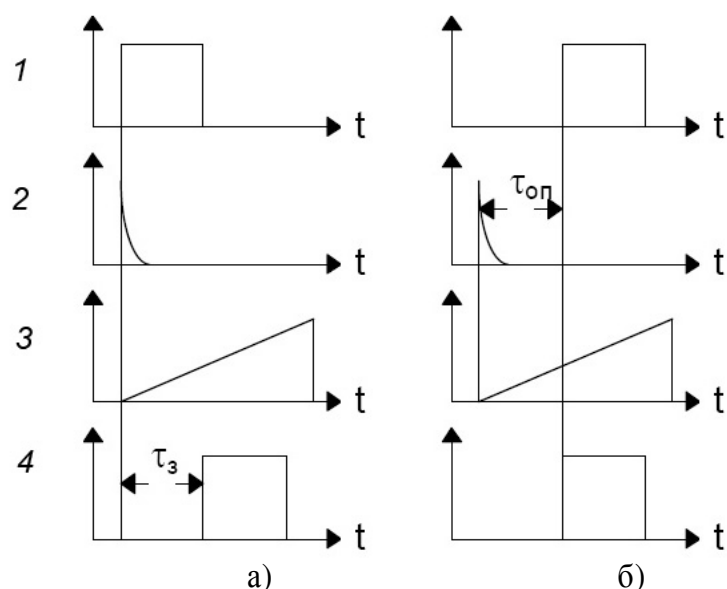


Рисунок 5- Синхронизация ждущей развертки

На вертикально - отклоняющие пластины фронт задержанного импульса 4 поступает с запаздыванием относительно начала действия напряжения развертки 3 на промежуток времени, определяемый линией задержки.

Следует иметь в виду, что применение линии задержки в канале вертикального отклонения приводит к некоторым искажениям наблюдаемого импульса.

В современных осциллографах высокого класса используют линии задержки, вносящие малозаметные искажения.

Способ 2. Запуском генератора ждущей развертки и устройства, импульс которого подлежит наблюдению, одним и тем же синхронизирующим импульсом.

При этом исследуемый импульс 1 не задерживают в канале вертикального отклонения (см. рисунок 5.б), а строят так систему запуска, чтобы либо генератор развертки запускался коротким импульсом 2 немного раньше, чем исследуемое устройство, либо при одновременном запуске использовалась задержка исследуемого импульса 1 относительно момента запуска в самом устройстве.

В обоих случаях начало действия развертывающего напряжения 3 будет опережать на время $t_{оп}$ момент прихода фронта исследуемого импульса на

Инв. № подл.	Подп. и дата				Лист
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. и дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13
АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					

На вертикально - отклоняющие пластины фронт задержанного импульса 4 поступает с запаздыванием относительно начала действия напряжения развертки 3 на промежуток времени, определяемый линией задержки.
Следует иметь в виду, что применение линии задержки в канале вертикального отклонения приводит к некоторым искажениям наблюдаемого импульса.
В современных осциллографах высокого класса используют линии задержки, вносящие малозаметные искажения.
Способ 2. Запуском генератора ждущей развертки и устройства, импульс которого подлежит наблюдению, одним и тем же синхронизирующим импульсом.
При этом исследуемый импульс 1 не задерживают в канале вертикального отклонения (см. рисунок 5.б), а строят так систему запуска, чтобы либо генератор развертки запускался коротким импульсом 2 немного раньше, чем исследуемое устройство, либо при одновременном запуске использовалась задержка исследуемого импульса 1 относительно момента запуска в самом устройстве.
В обоих случаях начало действия развертывающего напряжения 3 будет опережать на время $t_{оп}$ момент прихода фронта исследуемого импульса на

вертикально-отклоняющие пластины.

При использовании второго способа имеется возможность подавать исследуемый импульс непосредственно на вертикально-отклоняющие пластины (если, разумеется: амплитуда импульса достаточна для значительного отклонения луча). Тем самым исключаются искажения, которые могут вноситься линией задержки и остальными узлами канала вертикального отклонения.

4.14 Многолучевые осциллографы.

Многолучевые осциллографы применяются для одновременного наблюдения нескольких процессов.

Основным узлом, отличающим подобный осциллограф от обычного, является специфическая электроннолучевая трубка.

Наиболее распространены двухлучевые приборы.

Конструкция двухлучевой ЭЛТ состоит из стеклянной колбы, внутри которой помещены две отдельные электроннооптические системы и соответственно две системы отклоняющих пластин.

Эти системы образуют два луча, действующих на один общий экран. Таким образом, двухлучевая трубка представляет собой как бы две отдельные ЭЛТ, помещенные в одну колбу с общим экраном, на котором можно наблюдать одновременно две осциллограммы.

В осциллографе имеется один общий генератор развертки, напряжение которого подается через общий усилитель горизонтального отклонения на обе пары горизонтально-отклоняющих пластин.

Каналов вертикального отклонения в осциллографе два.

Каждый из них содержит все узлы канала вертикального отклонения от дно лучевого осциллографа.

Калибратор длительности, измеритель амплитуды и предусматриваемый иногда генератор импульсов, синхронизирующих запуск ждущей развёртки - единые.

Принципиально работа двухлучевого прибора не отличается от работы обычного электронного осциллографа.

Двухлучевые осциллографы удобно применять при исследовании нестационарных процессов, а также искажений импульсов, получающихся в результате прохождения через некоторую цепь (один луч вычерчивает входной импульс, а второй - выходной). и т.д.

Два процесса (несколько процессов) одной и той же частоты можно наблюдать и на экране обычного осциллографа, если воспользоваться специальным электронным коммутатором.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										14

С помощью последнего исследуемые напряжения попеременно подключают ко входу У осциллографа и на экране одновременно наблюдают две (несколько) осциллограммы.

4.15 Проведение измерений с помощью осциллографа.

Основным требованием, предъявляемым к каждому измерительному прибору, является минимальная погрешность измерений.

При исследовании формы напряжения с помощью осциллографа оно сводится к требованию минимального искажения, т.е. наиболее полного соответствия осциллограммы истинной форме напряжения.

Реализация этого требования, прежде всего, зависит от выбора осциллографа.

Необходимо также выполнить ряд условий неискаженного наблюдения, заключающихся в правильном подключении осциллографа к измеряемому объекту, выборе режимов работы прибора, осуществлении синхронизации развертки с исследуемым сигналом, получении оптимальных размеров изображения - высоты и ширины и др.

4.15.1 Наблюдение периодических сигналов.

Для получения хорошего изображения на экране ЭЛТ необходимо правильно выбирать режим работы осциллографа в зависимости от характера и параметров исследуемого сигнала.

Прежде всего выбирают вид развертки.

Исследуя периодические процессы линейную непрерывную развертку.

При наблюдении одного периода частота развертки должна быть равна частоте исследуемого напряжения, при наблюдении n периодов - в n раз ниже.

Минимальная частота развертки должна быть такой, чтобы изображение не мерцало на экране трубки с коротким или средним послесвечением.

При наблюдении периодических процессов наиболее целесообразно применять внутреннюю синхронизацию, то есть синхронизацию исследуемым сигналом.

Синхронизация от сети удобна при осциллографировании напряжений, частоты которых равны или кратны частоте сети, например, выходных напряжений трансформаторов, питаемых от сети, пульсацией выпрямителей и т.п.

Внешнюю синхронизацию используют сравнительно редко, в том случае, если исследуемый сигнал непригоден по форме для синхронизации или имеет слишком малую амплитуду.

Методика синхронизации такова: сначала устанавливают частоту развертки немного ниже частоты исследуемого сигнала, затем, установив малую амплитуду синхронизирующего напряжения, постепенно увеличивают её до

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										15

получения хорошей синхронизации - неподвижного изображения на экране ЭЛТ.

Если используется развертывающее напряжение от внешнего источника, то его подают на вход X осциллографа, выключая внутренний генератор развертки.

Амплитуда внешнего напряжения должна позволять растянуть изображение на значительную часть экрана.

Высота изображения должна быть удобной для наблюдения. Но её не следует устанавливать слишком большой, так как могут появиться искажения изображения, обусловленные нелинейностью отклонения луча на краях экрана.

Высоту регулируют с помощью аттенюатора, должным образом:

- выбирая коэффициент деления, и изменением усиления в канале вертикального отклонения. В некоторых случаях при достаточно большой амплитуде исследуемого напряжения имеет смысл подавать его непосредственно на вертикально-отклоняющие пластины.

Это особенно целесообразно, когда частота исследуемого напряжения превосходит верхний предел полосы пропускания усилителя канала вертикального отклонения.

4.15.2 Наблюдение импульсных процессов.

Для исследования однократных импульсных сигналов и периодически повторяющихся одиночных импульсов с большой скважностью или кодовых групп импульсов применяется ждущая развертка.

Скорость развертки выбирают так, чтобы изображение сигнала или его части растягивалось почти на весь экран.

Изображение растягивается тем больше, чем выше скорость развертки.

Синхронизировать ждущую развертку можно исследуемым и внешним импульсами в зависимости от условий наблюдения.

Если используется линия задержки канала вертикального отклонения осциллографа, то генератор развертки синхронизируют исследуемым сигналом.

При достаточно большой амплитуде осциллографируемый импульс целесообразно подавать непосредственно на вертикально - отклоняющие пластины ЭЛТ, так как при этом исключаются искажения, вносимые узлами канала вертикального отклонения.

Особенно важно пользоваться этой возможностью, когда необходимо исследовать короткие импульсы, спектры которых шире полосы пропускания усилителя вертикального отклонения.

В подобных случаях ввиду отсутствия задержки сигнала по отношению начала развертки синхронизация исследуемым сигналом неэффективна, так как при этом не

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										16
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

будет виден фронт импульса.

Для неискаженного наблюдения требуется внешний синхронизирующий импульс.

Если в осциллографе имеется внутренний импульсный генератор, то синхронизация обеспечивается тем, что он непосредственно возбуждает генератор ждущей развертки, в то время как для запуска исследуемого устройства используется задержанный синхронизирующий импульс.

Осциллографируя импульсы, яркость уменьшают настолько, чтобы пятно, наблюдаемое левее фронта импульса, исчезло или было плохо видно. Если яркость изображения импульса недостаточна, пользуются выдвижным тубусом.

В случае наблюдения однократных сигналов, импульсных напряжений с большой скважностью, всевозможных быстропротекающих процессов яркость свечения отдельных участков осциллограммы получается недостаточной.

Особенно плохо различимы фронты импульсов. Это обусловлено тем, что яркость свечения обратно пропорциональна скорости движения луча.

Кроме того, яркость уменьшается по мере отклонения луча от горизонтальной оси экрана к периферии трубки, что объясняется уменьшением плотности тока в электронном луче.

Таким образом, участки осциллограммы, прочерчиваемые лучом с большой скоростью, получаются весьма бледными.

При большой крутизне фронты и спады импульсов могут совсем не наблюдаться.

В импульсных осциллографах на время основного хода луча на управляющий электрод трубки подается положительный прямоугольный импульс подсвета, получаемый от генератора ждущей развертки.

Тем не менее изображения крутых фронтов импульсов остаются сравнительно бледными.

Поэтому в тех случаях, когда нужно летально исследовать форму импульсов и имеется возможность изменения частоты их следования, наблюдение следует вести при повышенной частоте, что способствует увеличению яркости.

Для исследования быстропротекающих процессов применяют ЭЛТ с длительным послесвечением и фоторегистрацию осциллограмм.

4.15.4 Измерение амплитуды напряжения

При измерении амплитуды исследуемое напряжение подают на вход У осциллографа и регулировкой коэффициента деления аттенюатора и усиления в канале вертикального отклонения устанавливают удобную для измерения высоту

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										17

изображения сигнала.

Обычно для этого используют горизонтальные линии или клетки масштабной сетки, нанесенной на прозрачном диске, который расположен перед экраном ЭЛТ (см.рисунок 6).



Рисунок 6-Экран осциллографа

Затем сравнивают высоту изображения измеряемого сигнала с отклонением луча, вызываемым калиброванным напряжением.

Методика сравнения в различных осциллографах неодинакова. Иногда она сводится к следующему.

Запомнив коэффициент деления переключателя аттенюатора, соответствующий установленной высоте изображения сигнала (например, 1:10), и не меняя усиления, подают на вход усилителя вместо сигнала вспомогательное напряжение от источника, находящегося внутри осциллографа.

Регулировкой амплитуды вспомогательного напряжения добиваются, чтобы высота его изображения составляла такое же количество клеток масштабной сетки, какое ранее занимало изображение измеряемого сигнала.

В тех приборах, где вспомогательное напряжение заранее не калибровано, его измеряют электронным вольтметром, имеющимся в осциллографе.

4.15.5 Измерение длительности импульса.

Длительность импульса измеряют различными способами. Чаще всего применяют калиброванные по длительности развертки или калибровочные метки.

Рассмотрим методику измерения длительности с помощью калиброванных меток. Их получают в результате подачи напряжения, вырабатываемого

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										18

калибратором, на управляющий электрод, (катод) ЭЛТ.

Это напряжение модулирует яркость: положительные полупериоды напряжения, повышающие потенциал управляющего электрода относительно катода, вызывают повышение яркости: отрицательные полупериоды гасят луч.

Если на вертикально - отклоняющие пластины подан исследуемый импульс, то при включении генератора меток на экране будет наблюдаться пунктирная кривая.

Расстояние между серединами двух ярких (темных) меток равно периоду напряжения генератора меток.

Таким образом, период определяет цену метки.

Длительность исследуемого импульса определяется произведением числа меток, укладываемых на измеряемом участке, на цену метки. Абсолютная погрешность измерения ± 0.5 метки.

Для уменьшения относительной погрешности измерения длительности желательно иметь большое число меток. Однако при очень большом количестве соседние метки сливаются и отсчет становится невозможным.

4.16 Искажения осциллограмм.

Искажения осциллограмм, то есть несоответствие изображения истинной форме исследуемого сигнала, возникают вследствие радиотехнических и электрооптических причин.

К радиотехническим причинам относятся:

- расстройка блоков каналов управления лучом и появление в них нелинейности;
- несогласованность сопротивлений источника импульсных сигналов и входа осциллографа;
- нестабильность напряжения питания, превышение допустимой величины сигнала на входе осциллографа;
- превышение величины синхронизирующего напряжения, влияние на электронный луч:
- внешних электрических и магнитных полей, взаимное влияние управляющих напряжений вследствие наличия паразитных параметров в отклоняющих системах многолучевых трубок.

Электрооптические искажения присущи электроннолучевым трубкам:

- астигматизм;
- трапецеидальные искажения;
- дефокусировка луча;
- нелинейные искажения вблизи границ экрана трубки.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										19

Астигматизм, т.е. неравномерность фокусировки по вертикальной и горизонтальной осям, приводит к искривлению формы пятна. Причиной астигматизма является неправильная юстировка элементов электронной пушки относительно отклоняющих пластин. Астигматизм можно уменьшить путем отдельного регулирования среднего потенциала каждой пары пластин относительно второго анода.

Трапецеидальные искажения осциллограммы вызываются зависимостью чувствительности пластин вертикального отклонения от напряжения, приложенного к пластинам горизонтального отклонения. Симметричное питание пластин, при котором средний потенциал их всегда равен потенциалу второго анода, уменьшает этот вид искажений.

Дефокусировка луча, т.е. размытость пятна на экране, возникает вследствие нестабильности напряжения питания. Возможной причиной может быть также несимметричность напряжений, поступающих на пластины вертикального отклонения.

Нелинейные искажения вблизи границ экрана возникают из-за краевого эффекта в отклоняющих пластинах, эффект обусловлен неоднородностью электростатического поля между пластинами у их краев. При большом отклонении луча траектория его искривляется. Второй причиной является выпуклость дна колбы, искажения не будут проявляться при ограничении размеров осциллограммы по обеим осям примерно до 70% диаметра экрана. В осциллографических трубках с плоским экраном эти причины отсутствуют.

4.17 Осциллографический метод измерения параметров сигналов.

4.17.1 Измерение амплитудных и временных параметров электрических сигналов производится на осциллографе с учетом положения переключателей чувствительности на входе канала Y и переключателя скорости развертки.

При этом ручки усиления плавно канала Y и частота развертки плавно должны находиться в крайнем правом положении (до щелчка).

4.17.2 По осциллограмме сигнала (см. рисунок 7) определяют период колебаний (или период следования импульсов в случае импульсного сигнала) T, после чего рассчитывают частоту колебаний $f = 1/T$.

При измерении периода необходимо получить на экране последовательность не более 2-х импульсов и, измерив расстояние IX между одноименными точками, определяют период повторения.

Величину T находят путем измерения расстояния 1х между точками пересечения горизонтальной прямой с одностипными участками осциллограммы

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					20

периодического сигнала.

Так как это расстояние пропорционально искомой величине T , значение периода определяется из выражения:

$$T = \Delta t \cdot l_x$$

где Δt - параметр осциллограммы (с/дел).

Например: При $\Delta t = 5$ мкс/дел и $l_x = 1.85$ дел, период $T = 9.3$ мкс.

Главное достоинство рассматриваемого метода - визуальный контроль реализации, исключающий ошибки измерения частоты, связанные с неправильной оценкой формы сигнала.

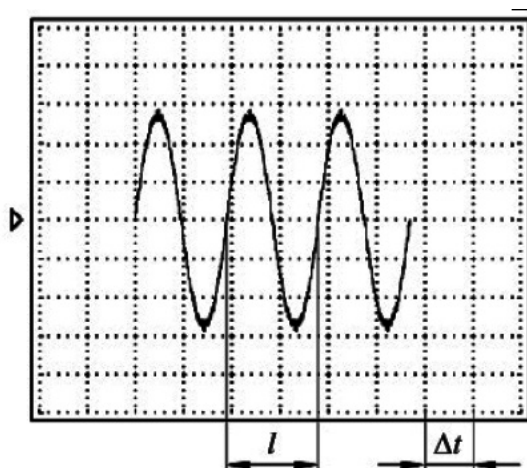


Рисунок 7 - Измерение временных сигналов

4.17.3 При измерении длительности импульса необходимо "растянуть" его по горизонтали до величины не менее 0.4 размера экрана и, измерив на экране размер импульса l_x по уровню 0.5 амплитуды, определить длительность импульса:

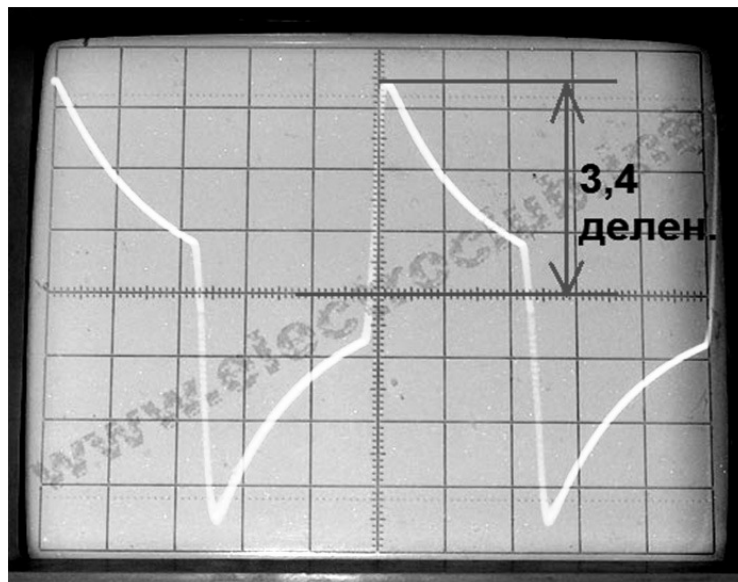
$$\tau_{\text{имп}} = K_{\text{разв}} \cdot l_x$$

4.17.4 Экспериментально при измерении амплитуды импульса следует получить на экране осциллографа изображение, равное не менее 0.4 размера экрана и, измерив отклонение луча l_y , определить амплитуду импульса по формуле:

$$U_m = l_y \cdot K_{\text{откл}}$$

Пример измерения амплитуды напряжения приведен на рисунке 8.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										21



$K_{откл} = 0,5 \text{ вольт/деление}; \text{Множитель масштаба } \times 10$

$$U = 0,5 \cdot 10 \cdot 3,4 = 17 \text{ В}$$

Рисунок 8 - Измерение амплитуды напряжения

4.18 Погрешности измерений

4.18.1 Погрешность отсчета включает в себя две составляющие:

- погрешность совмещения линий осциллограммы с линиями шкалы;
- погрешность отсчета из-за конечной ширины линии.

Погрешность совмещения принимается равной $\frac{b}{5}$, погрешность отсчета $\frac{b}{3}$, где b - ширина луча.

Поскольку они независимы, то относительная погрешность отсчета составляет

$$\delta = \frac{1}{H} \sqrt{\left(\frac{b}{5}\right)^2 + \left(\frac{b}{3}\right)^2} \approx 0,4 \frac{b}{H}$$

где H - размер измеряемого участка изображения на экране.

Относительная погрешность уменьшается с увеличением размеров изображения H .

Чтобы погрешность измерения была минимальна, изображение измеряемой части исследуемого сигнала должно занимать 80 - 90% рабочей площади экрана.

Нелинейность амплитудной (и частотной) характеристики приводит к тому, что сигналы различной амплитуды (частоты) усиливаются по-разному.

На экране многих осциллографов есть две пунктирные горизонтальные линии, которые ограничивают область, в которой амплитудная характеристика линейна и

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР	Лист
											22

гарантируется указанная в описании точность измерения напряжений.

Необходимо подбирать для работы осциллографы, для которых измеряемые напряжения лежат в диапазонах, рекомендованных для работы осциллографа. более того, ближе к середине диапазона - далеко от крайних значений.

Наблюдать сигнал можно и при минимальной (для данного осциллографа) амплитуде, но при измерении напряжения погрешность будет значительно больше 5% (аналогично и для частоты)

4.19 Калибратор

4.19.1 Встроенный в осциллограф калибратор позволяет с достаточной точностью калибровать масштабную сетку по оси Y (напряжение сигнала) и по оси X (напряжение развертки, определяющее масштаб времени).

4.19.2 Калибратор представляет собой высокостабильный (эталонный) генератор сигналов, обычно с набором нескольких фиксированных частот и амплитуд.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										23
Копировал					Формат А4					

5 Порядок выполнения работы

5.1 По техническому описанию осциллографа изучить его технические характеристики, расположение и назначение органов управления, проверить калибровку канала вертикального отклонения и длительности развертки. При необходимости произвести регулировку.

5.2 Собрать схему измерений согласно рисунку 9.

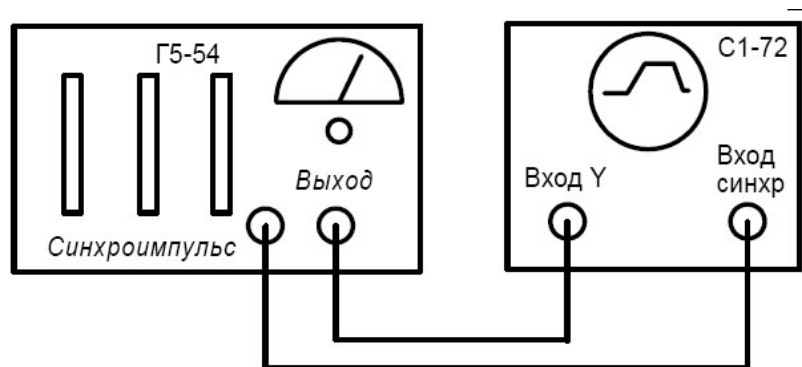


Рисунок 9 - Схема измерения параметров импульсного сигнала

5.3 Получить на экране осциллографа изображение импульсной последовательности с генератора импульсов, применив внешний запуск развертки импульсом с гнезда “синхроимпульсы” генератора Г5-54.

5.4 Провести измерения частоты следования выходных импульсов генератора в следующем порядке.

5.4.1 Устанавливая значения частот выходных импульсов на генераторе Г5-54 указанные в таблице 1, замерить значения частоты осциллографом.

Длительность выходного импульса положительной полярности установить в пределах 1 мкс.

5.4.2 Расчётные формулы.

а) период выходных импульсов генератора определяется по формуле:

$$T_{\text{изм}} = K_{\text{разв}} \cdot l_x$$

б) частота выходных импульсов генератора определяется по формуле:

$$F_{\text{изм}} = \frac{1}{T_{\text{изм}}}$$

в) вычисление абсолютной погрешности Δ_F измерения частоты определяется по формуле:

$$\Delta_F = F_{\text{г}} - F_{\text{изм}}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР				
					Лист 24				

где F_r - частота выходных импульсов генератора;

$F_{изм}$ - измеренная частота.

Таблица 1 - Результаты измерений частоты выходных импульсов генератор

Параметр	Частота выходных импульсов генератора F_r , кГц								
	0,1	0,5	1,0	12,0	30,0	40,0	50,0	70,0	90,0
$K_{разв}$, мкс/дел									
l_x , дел									
$T_{изм}$, мкс									
$F_{изм}$, кГц									
ΔF , кГц									
δ_F , %									

г) вычисление относительной погрешности δ_F измерения частоты определяется по формуле :

$$\delta_F = \frac{\Delta_F}{F_r} 100$$

5.5 Получить на экране осциллографа изображение импульсной последовательности с генератора импульсов, установив на нем параметры, применив внешний запуск развертки осциллографа импульсом с гнезда “синхроимпульсы” генератора Г5-54:

а) при измерении амплитуды импульса - частота F_r - 10 кГц, длительность импульса $\tau = 5$ мкс;

б) при измерении длительности импульса - амплитуды импульса $U_r = 2$ В, частота F_r - 1 кГц.

5.6 Провести измерение амплитуды импульса, используя калиброванные значения коэффициентов отклонения.

5.6.1 Результат измерения представить в виде $U_{имп} = U_{из} \pm \Delta U$ с учетом правила округления. Результаты измерений свести в таблицу 2.

5.6.2 Расчётные формулы.

а) амплитуда выходных импульсов генератора определяется по формуле:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист 25
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					

$$U_{\text{имп}} = I_Y \cdot K_{\text{откл}}$$

Таблица 2 - Результаты измерений амплитуды выходных импульсов генератора

Параметр	Амплитуда выходного импульсного сигнала по шкале генератора $U_r, \text{В}$			
	0,6	2,0	6,0	20,0
$K_{\text{откл}}, \text{Вдел}$				
$I_Y, \text{дел.}$				
$U_{\text{изм}}, \text{В}$				
$\Delta_A, \text{В}$				
$\delta_A, \%$				

б) поскольку определение амплитуды импульса относится к косвенным измерениям и определение погрешности производится на основании узаконенных правил.

Вычисляя частные погрешности путем нахождения частных производных, и переходя к относительным погрешностям, получим

$$\delta_A = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_K^2}$$

где δ_A - относительная погрешность измерения амплитуды импульса,

δ_1 - относительная погрешность измерения отклонения (размер импульса по вертикали),

δ_K - предел допустимой основной погрешности коэффициента канала вертикального отклонения (см. технические данные на осциллограф).

В свою очередь визуальная погрешность измерения отрезка по ГОСТ на электроннолучевые осциллографы составляет

$$\delta_1 = \frac{0,4q}{l}$$

где q - толщина луча на экране осциллографа, мм;

l - измеренное отклонение, мм.

Следовательно, для уменьшения погрешности (увеличения точности) измерений следует размер изображения получить максимально возможным, а регулировками «ЯРКОСТЬ» и «ФОКУС» получить наиболее тонкий луч на экране.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					26

Абсолютное значение погрешности определить по формуле

$$\Delta_A = \delta_A \cdot U_{\text{изм}}$$

5.7 Провести измерение длительности импульсов с помощью калиброванной развертки.

5.7.1 Данные измерений и расчётов свести в таблицу 3, соблюдая правила округления.

Таблица 3 - Результаты измерений длительности выходных импульсов генератор

Параметр	Длительность выходных импульсов по шкале генератора τ , мкс				
	1,0	10,0	30,0	100,0	300,0
$K_{\text{разв}}$, мкс\дел					
l_x , дел.					
$\tau_{\text{изм}}$, мкс					
Δ_τ , мкс					
δ_τ , %					

5.7.2 Расчётные формулы.

а) длительность выходных импульсов генератора определяется по формуле:

$$\tau_{\text{имп}} = K_{\text{разв}} \cdot l_x$$

б) относительная погрешность измерения длительности определится

$$\delta_\tau = \sqrt{\delta_l^2 + \delta_K^2}$$

где δ_l – относительная погрешность измерения отклонения луча (длительности импульса, периода повторения)

δ_K – предел допускаемой основной погрешности коэффициента развертки.

$$\delta_l = \frac{0,4q}{l}$$

где q - толщина луча на экране осциллографа, мм;

l - измеренное отклонение, мм.

в) абсолютное значение погрешности измерения длительности импульса, периода повторения определится

$$\Delta_\tau = \delta_\tau \cdot \tau_{\text{изм}}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										27

5.8 Собрать схему измерений согласно рисунку 10.

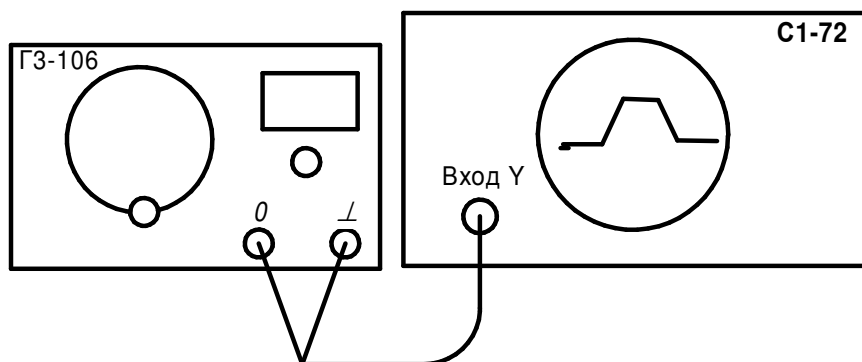


Рисунок 10 - Схема измерения параметров синусоидального сигнала

5.9 Получить на экране осциллографа устойчивое изображение синусоидального выходного сигнала генератора.

5.10 Провести измерения частоты синусоидального сигнала генератора в следующем порядке.

5.10.1 Устанавливая значения частот выходного сигнала и на генераторе ГЗ-106 указанные в таблице 4, замерить значения частоты осциллографом.

Амплитуду выходного сигнала установить в пределах 2-3 В.

5.10.2 Расчётные формулы.

а) период выходного сигнала генератора определяется по формуле:

$$T_{\text{изм}} = K_{\text{разв}} \cdot I_x$$

б) частота выходного сигнала генератора определяется по формуле:

$$F_{\text{изм}} = \frac{1}{T_{\text{изм}}}$$

в) вычисление абсолютной погрешности ΔF измерения частоты определяется по формуле:

$$\Delta F = F_{\text{г}} - F_{\text{изм}}$$

где $F_{\text{г}}$ - частота выходного сигнала генератора;

$F_{\text{изм}}$ - измеренная частота.

5.11 Провести измерение амплитуды синусоидального сигнала, используя калиброванные значения коэффициентов отклонения.

5.11.1 Результат измерения представить в виде $U_{\text{вых}} = U_{\text{изм}} \pm \Delta U$ с учетом правила кругления. Частота выходного сигнала - 50 кГц. Результаты измерений

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР				
					Лист 28				

свести в таблицу 5.

Таблица 4 - - Результаты измерений частоты синусоидального сигнала

Параметр	Частота выходных импульсов генератора F_r , кГц								
	0,1	0,5	1,0	5,0	20,0	30,0	50,0	75,0	90,0
$K_{разв}$, мкс/дел									
I_x , дел									
$T_{изм}$, мкс									
$F_{изм}$, кГц									
ΔF , кГц									
δ_F , %									

5.11.2 Расчётные формулы.

а) амплитуда выходных импульсов генератора определяется по формуле:

$$U_{изм} = I_Y \cdot K_{откл}$$

Таблица 5 - Результаты измерений амплитуды синусоидального сигнала

Параметр	Напряжение выходного сигнала по шкале генератора U_r , В			
	2,0	3,0	4,0	5,0
$K_{откл}$, В/дел				
I_y , дел.				
$U_{изм}$, В				
$U_{мг}$, В				
Δ_A , В				
δ_A , %				

б) поскольку определение амплитуды выходного напряжения относится к косвенным измерениям и определение погрешности производится на основании узаконенных правил.

Вычисляя частные погрешности путем нахождения частных производных, и переходя к относительным погрешностям, получим

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист
										29
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					
					Копировал					Формат А4

$$\delta_A = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_K^2}$$

где δ_A - относительная погрешность измерения амплитуды сигнала,

δ_1 – относительная погрешность измерения отклонения (размер импульса по вертикали),

δ_K – предел допустимой основной погрешности коэффициента канала вертикального отклонения (см. технические данные на осциллограф).

В свою очередь визуальная погрешность измерения отрезка по ГОСТ на электроннолучевые осциллографы составляет

$$\delta_1 = \frac{0,4q}{l}$$

где q - толщина луча на экране осциллографа, мм;

l - измеренное отклонение, мм.

Следовательно, для уменьшения погрешности (увеличения точности) измерений следует размер изображения получить максимально возможным, а регулировками «ЯРКОСТЬ» и «ФОКУС» получить наиболее тонкий луч на экране.

Абсолютное значение погрешности определить по формуле

$$\Delta_A = \delta_A \cdot U_{\text{изм}}$$

в) амплитуда выходного напряжения генератора определить по формуле

$$U_{\text{мг}} = 1,14 U_{\text{г}}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										30

6 Содержание отчёта

6.1 Цель работы.

6.2 Приборы и оборудование с краткими техническими характеристиками.

6.3 Выполнение рабочего задания по пунктам.

6.3.1 В каждом пункте необходимо отразить:

а) наименование раздела;

б) упрощённая схема измерений;

в) таблицы измерений;

г) осциллограммы измерений.

6.4 Выводы о проделанной работе.

7 Контрольные вопросы

7.1 Назовите основные осциллографические методы измерения напряжения и временных интервалов.

7.2 Объясните измерение напряжений методом калиброванной шкалы.

7.3 Объясните измерение временных диаграмм интервалов методом калибратора длительности.

7.4 Назовите основные параметры одиночного импульса.

7.5 Объясните методику измерения основных параметров одиночного импульса осциллографом.

7.6 Назовите основные параметры периодического импульса.

7.7 Объясните измерение периода импульсного сигнала осциллографом.

7.8 От каких факторов зависит точность измерения напряжения осциллографом и как ее увеличить?

7.9 Как увеличить точность измерения временных интервалов методом калибратора длительности.

7.10 Назовите основные функциональные узлы универсального электронного осциллографа и объясните их предназначение в его работе.

7.11 Что такое синхронизация, и как она осуществляется в электронном осциллографе?

7.12 Что такое внутренняя, внешняя синхронизация и в каких случаях она применяется?

7.13 Что такое ждущий режим развертки, как он осуществляется и для наблюдения каких сигналов он используется?

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										31

7.14 Как осуществляется калибровка коэффициента вертикального отклонения и калибровка коэффициента развертки?

7.15 Как с помощью осциллографа измерить амплитуду импульса?

7.16 Как с помощью осциллографа измерить период следования и длительность импульсов?

7.17 Как оценить точность измерения временных и амплитудных параметров сигналов, наблюдаемых на экране осциллографа?

7.18 Как определить истинную длительность фронта импульса при измерении его с помощью осциллографа, имеющего ограниченную полосу пропускания канала вертикального отклонения?

8 Используемая литература

8.1 Атамаян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин. - М. Высшая школа, 1982.

8.2 Измерения в электронике. Справочник./Под ред. В. А. Кузнецова. - М. Энергоатомиздат, 1987.

8.3 И.Ю. Зайчик, Г.И. Зайчик «Практикум по электрорадиоизмерениям», М., Высшая школа, 1985г.

8.4 Б.П. Хромой, Ю.Г. Моисеев «Электрорадиоизмерения», М., Радио и связь, 1985г.

8.5 Хрусталева З.А. Электротехнические измерения. -М: «КноРус», 2011 г.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист				
										32				
										Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Копировал Формат А4

Приложение А.

Генератор Г5-54

А.1 Генератор Г5-54 источник простых видов выходных последовательностей импульсов.

А.2 Генератор Г5-54 применяется для исследования различных радиотехнических устройств.

А.3 Измерение амплитуды выходных импульсов в пределах плавной регулировки осуществляется амплитудным вольтметром.

А.4 Основные технические характеристики генератора Г5-54:

а) частота (период) повторения: 0,01 Гц-100 кГц;

б) погрешность установки частоты: 0,1F;

в) максимальная амплитуда импульса: 50 В (500 Ом);

г) погрешность установки амплитуды: $0.1U + K \times 1$ В;

д) длительность импульсов: 0,1-1000 мкс;

е) неравномерность вершины импульса и исходного уровня в паузе между импульсами: менее 5 %;

ж) временной сдвиг основного импульса относительно синхроимпульса: 0-1000 мкс;

и) потребляемая мощность: 50 ВА;

к) масса: 6 кг;

л) габариты: 370x227x185 мм.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР					Лист
										33

Копировал _____ Формат А4

Приложение Б.

Осциллограф С1-72

Б.1 Осциллограф С1-72 предназначен для исследования сигналов с амплитудой 40 мВ - 60 В и длительностью 0,2 мкс - 0,5 с.

Б.2 Портативность прибора позволяет широко использовать его для ремонта и обслуживания различных радиотехнических и электронных устройств.

Б.3 Технические данные осциллографа С1-72

Б3.1 Канал вертикального отклонения:

- а) полоса пропускания - 0-10 МГц;
- б) время нарастания переходной характеристики - 35 нс;
- в) коэффициент отклонения - 20мВ/дел. -10В/дел.;
- г) погрешность - $\pm 5\%$;
- д) входное сопротивление - 1 МОм, 40 нФ; 10 МОм, 15 пФ (с выносным делителем).

Б3.2 Канал горизонтального отклонения:

- а) коэффициент развёртки - 0,05мкс/дел. -50мс/дел.;
- б) погрешность - $\pm 5\%$.

Б3.3 Канал синхронизации:

- а) внутренняя - при изображении 6 мм и более (до 10 МГц);
- б) внешняя - сигналами амплитудой 0,3-3 В и частотой до 10 МГц;
- в) погрешность - $\pm 5\%$.

Б3.4 Тип индикатора - электроннолучевая трубка 8ЛО4И, рабочая часть экрана - 30х60 мм.

Б3.5 Питание - от сети 220 В, 50 Гц; 115 или 220 В, 400 Гц; от источника постоянного тока 24 В; 0,75 А.

Б3.6 Потребляемая мощность - 35 ВА.

Б3.7 Габаритные размеры - 225х140х60 мм.

Б3.8 Масса - 8,5 кг.

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата		Лист
					АКВТ.13.02.11.ЛР34.0011МР	34
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Генератор ГЗ-106

В.2 Генератор ГЗ-106 - малогабаритный портативный генератор РС-типа с плавной установкой частоты в пределах каждого из 4 поддиапазонов.

В.3 Генератор ГЗ-106 может использоваться как источник сигнала в системах контроля радиотехнических средств, в комплектах аппаратуры связи и дальней связи, в селективных и широкополосных системах.

В.4 В режиме синхронизации генератор ГЗ-106 представляет собой активный фильтр и может применяться для уменьшения гармонических искажений синхронизирующего сигнала, повышения его выходного уровня, получения синусоидального сигнала из несинусоидального.

В.5 Выходное напряжение отсчитывается по шкале встроенного вольтметра (шкала вольтметра отградуирована в среднеквадратических значениях синусоидального сигнала - вольтах) и выходному аттенюатору.

В.6 Технические характеристики генератора ГЗ-106:

а) диапазон частот: 20 Гц-200 кГц (4 поддиапазона);

б) основная погрешность установки частоты: $\pm(3+30/f) \%$;

в) нестабильность частоты: $\pm 20 \cdot 10^{-4} f$ (за 15 минут) и $\pm 200 \cdot 10^{-4} f$ (за 3 часа);

г) выходное напряжение: 5 В (600 Ом);

д) ослабление выходного напряжения: 0-60 дБ с дискретностью через 20 дБ (с делителем) и -22 дБ (плавно регулируемое);

е) погрешность установки выходного напряжения: $\pm 6 \%$ (установка опорного уровня) и $\pm 0,8$ дБ (делитель);

ж) нестабильность выходного напряжения: $\pm 1\%$ (за 15 минут) и $\pm 10\%$ (за 3 часа);

и) коэффициент гармоник, %: 0,5 (20-200 Гц); 0,3 (200 Гц-20 кГц); 1 (20-200 кГц);

к) параметры сигнала прямоугольной формы:

- амплитуда: 5 В (600 Ом);

- скважность: 2;

- длительность фронта и среза: 150 нс:

л) потребляемая мощность: 20 ВА;

м) питание: 220±22 В, 50 Гц или 115 В, 400 Гц;

н) масса: 4,6 кг.

п) габариты: 225х258х162 мм.

Формат А4