

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Изучение двухлучевого осциллографа

по дисциплине: "Измерительная техника"

Методические рекомендации

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР

Составил преподаватель:

(Цепляев В.К.)

Рассмотрено на заседании цикловой
комиссии специальности 140448

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

Протокол № ____ от _____

Рекомендовано для студентов.

Председатель комиссии:

(Ветлугин В.В.)

Перв. примен.	СОДЕРЖАНИЕ									
	1 Цель работы..... 3 2 Приборы и оборудование..... 3 3 Правила техники безопасности..... 3 4 Теоретическая часть..... 4 5 Порядок выполнения работы..... 24 6 Содержание отчета..... 26 7 Контрольные вопросы..... 26 8 Используемая литература..... 27 Приложение А. Генератор Г5-54..... 28 Приложение Б. Осциллограф С1-55..... 29									
Справ. №										
Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата							
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР					
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			Лит.	Лист	Листов
	Разраб.	Цепляев						У	2	29
	Пров.	Ветлугин								
	Н.контр.									
	Утв.									
						Изучение двулучевого осциллографа Методические рекомендации		АКВТ		

Формат А4

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

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

AKBT.13.02.11.ЛР34.0012МР

- | |
|------|
| 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 , 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 постоянного потенциала (равного потенциалу второго анода). Потенциал создается

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР					Лист
										4
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
					Копировал					Формат А4

токопроводящим слоем, нанесенным на стенки трубки. Соударяясь с флюоресцирующим слоем на внутренней поверхности экрана люминофором, электроны вызывают его свечение.

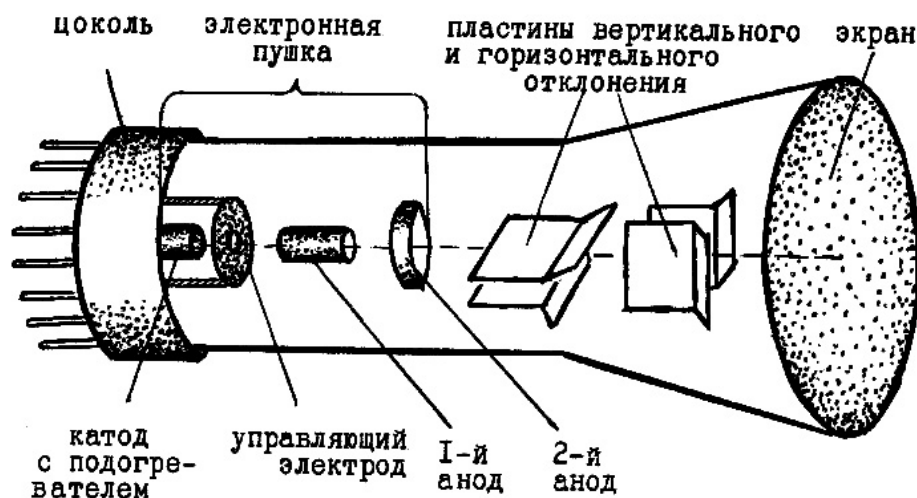


Рисунок 1 - Устройство электроннолучевой трубки

4.6 Принцип образования осциллограммы.

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

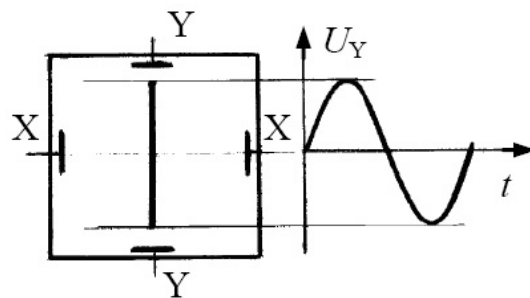
Принципиально важно, что отклонение электронного луча на экране прямо пропорционально напряжению, приложенному к соответствующей паре отклоняющих пластин. Если на Y-пластины подать переменное, например, синусоидальное, напряжение, то электронный луч начнет колебаться в вертикальном направлении. При достаточно 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).

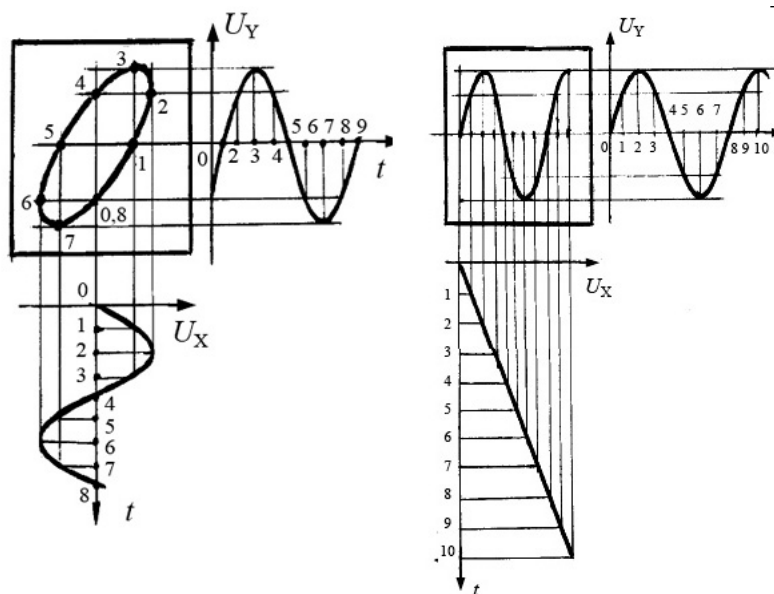
4.7 Блок - схема осциллографа представлена на рисунке 3.

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

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист 5	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР						
Копировал						Формат А4					



а) получение осциллограммы



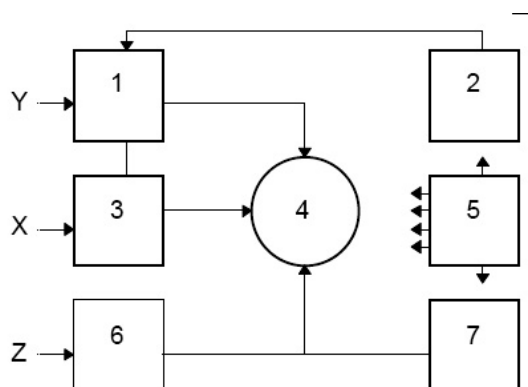
б) получение фигуры Лиссажу в) получение синусоидального сигнала

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 напряжения, что дает возможность хорошо наблюдать фронт импульса.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР
					Лист 6



- 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.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист 7
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР					
Копировал					Формат А4					

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						Лист 8	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР						
Копировал						Формат А4					

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.

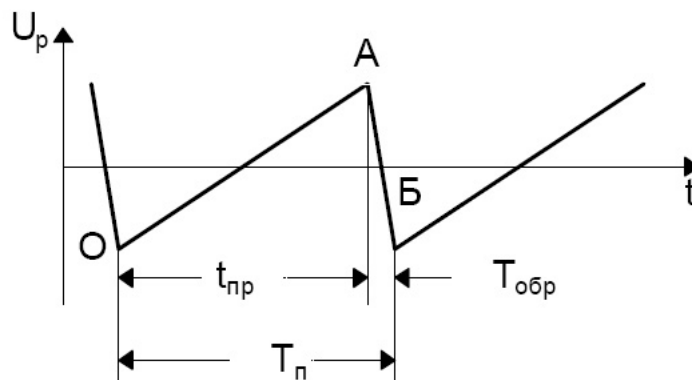


Рисунок 4 - Линейная развертка.

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 $T_{п} \gg t_{пр}$.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР

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_{Π} равен или кратен периоду исследуемого сигнала $T_{\text{и}}$, т.е.

$$T_{\Pi} = T_{\text{и}} \text{ или } T_{\Pi} = nT_{\text{и}}$$

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

$$T_{\Pi} = T_{\text{и}} \text{ или } T_{\Pi} = nT_{\text{и}}$$

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 $\gamma = 10\%$.

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.ЛР34.0012МР						
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.ЛР34.0012МР						
Копировал						Формат А4					

Если частоты внешнего и развертывающего напряжений близки, то частота развертки «подтягивается» к частоте синхронизирующего напряжения.

В осциллографах применяют три вида синхронизации:

- внутреннюю, т.е. исследуемым напряжением;
- внешнюю, осуществляемую с помощью внешнего источника, напряжение которого подается на генератор развертки;
- от сети.

Переключатель рода синхронизации в положении «Внутренняя» соединяет вход усилителя синхронизации с каналом вертикального отклонения. чем достигается подача исследуемого напряжения в схему синхронизации.

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

При положении переключателя «От сети» ко входу усилителя подводится небольшое напряжение от сети питания, снимаемое обычно с дополнительной обмотки силового трансформатора осциллографа.

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

В случае очень малой амплитуды синхронизация легко нарушается при небольшом изменении одного из периодов.

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

Кроме того, при синхронизации на субгармониках из-за слишком большой амплитуды может получаться неправильный коэффициент кратности периодов.

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

4.13.4 Синхронизация ждущей развертки.

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

Инев. № подл.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инев. №	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР	Лист
												12

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.

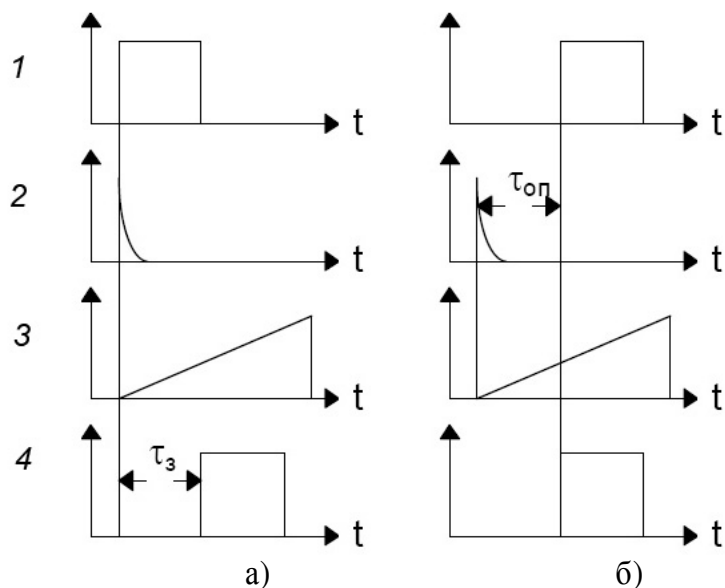


Рисунок 5- Синхронизация ждущей развертки

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			
	Инв. № дубл.			
	Взам. инв. №			
	Подп. и дата			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР				
Копировал				Лист
Формат А4				13

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 дна лучевого осциллографа.

Калибратор длительности, измеритель амплитуды и предусматриваемый иногда генератор импульсов, синхронизирующих запуск ждущей развертки - 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.ЛР34.0012МР					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.ЛР34.0012МР					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.ЛР34.0012МР					Лист
										16
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
					Копировал					Формат А4

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, пользуется 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 детально 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

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.ЛР34.0012МР					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.ЛР34.0012МР					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 однопериодными участками осциллограммы

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР					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.

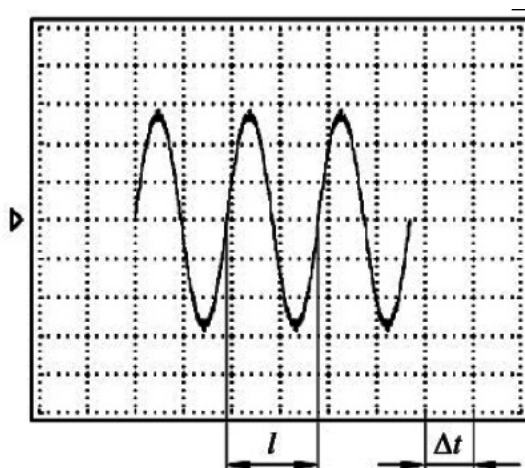


Рисунок 7 - Измерение временных сигналов

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:

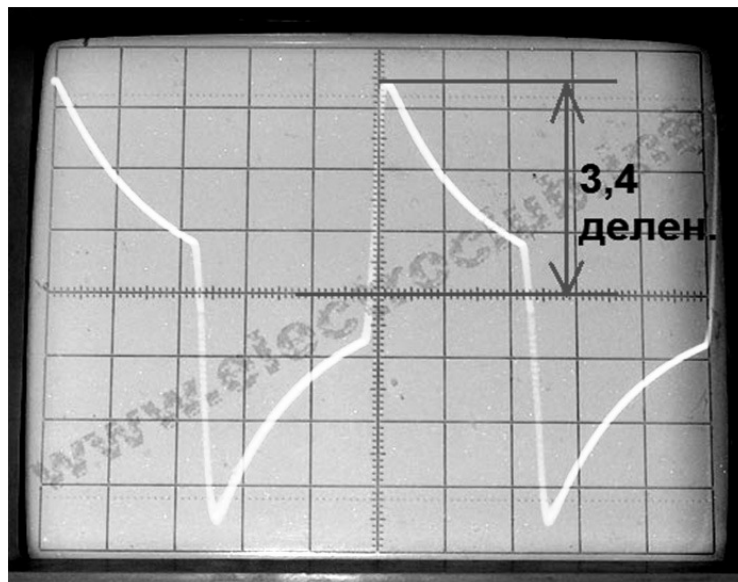
$$\tau_{\text{имп}} = K_{\text{разв}} \cdot l_x$$

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.ЛР34.0012МР					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	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР						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).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР				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 Провести измерения задержки выходных импульсов генератора в следующем порядке.

5.2.1 Длительность выходного импульса положительной полярности установить в пределах 1- 5 мкс, амплитуду выходного импульса - 1...2 В, частоту - 10.....50 кГц.

5.2.2 Собрать схему измерений двухлучевым осциллографом согласно рисунка 9.

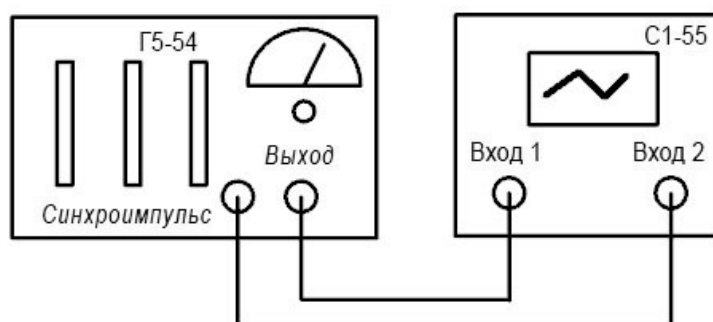


Рисунок 9 - Схема измерений задержки двухлучевым осциллографом

5.2.3 Получить на экране осциллографа устойчивое изображение импульсной последовательности с генератора импульсов, применив внутренний запуск развертки от импульса, поступающего на вход первого канала осциллографа (см. рисунок 10).

Устанавливая значения задержки импульсов на генераторе Г5-54 указанные в таблице 1, замерить значения задержки основного импульса относительно синхроимпульса осциллографом.

5.3 Расчётные формулы.

а) вычисление абсолютной погрешности Δt измерения задержки определяется по формуле:

$$\Delta t = t_{\text{зад}} - t_{\text{зад.изм}}$$

где $t_{\text{зад}}$ - задержка выходных импульсов генератора;

$t_{\text{зад.изм}}$ - измеренная задержка.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР				
Копировал					Формат А4				
					Лист 24				

б) вычисление относительной погрешности δt измерения частоты определяется по формуле :

$$\delta t = \frac{\Delta t}{t_{\text{зад}}} 100\%$$

Результаты измерений и расчётов свести в таблицу 1.

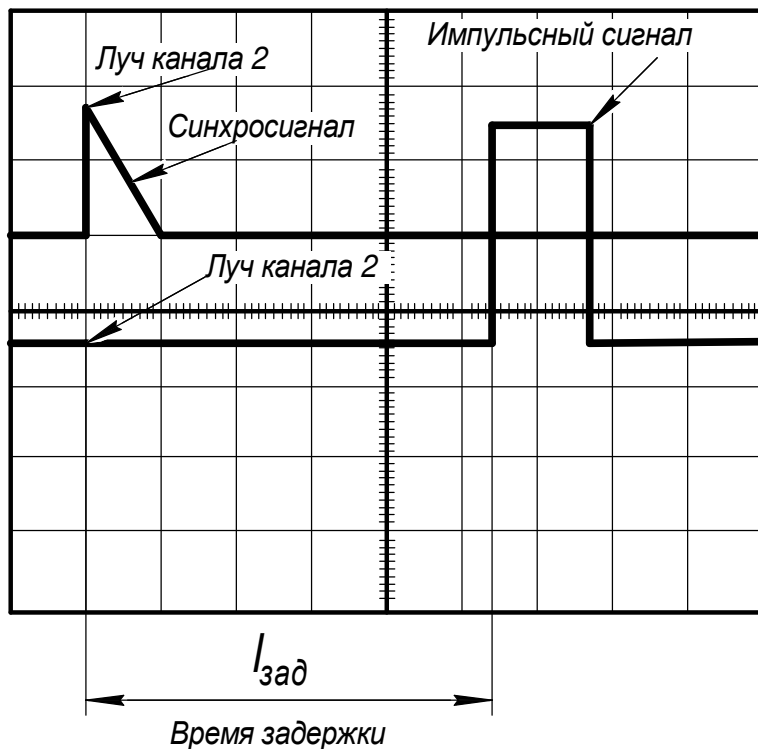


Рисунок 10 - Осциллограмма измерений задержки двухлучевым осциллографом

Таблица 1 - Результаты измерений задержки осциллографом

Параметр	Задержка выходных импульсов генератора $t_{\text{зад}}$, мкс								
	0,3	0,65	2,0	6,5	10,0	20,0	50,0	70,0	100,0
$K_{\text{разв}}$, мкс/дел									
l_x , дел									
$t_{\text{зад.изм}}$, мкс									
Δt , мкс									
δ_t , %									

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.ЛР34.0012МР					Лист
										26

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 Атамалян 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						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР					Лист
										27

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	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР					Лист
										28
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
					Копировал					Формат А4

Приложение Б.

Осциллограф двухлучевой С1-55

Б1 Основные характеристики осциллографа С1-55

Б1.1 Вертикальное отклонение

а) полоса пропускания - 0-10 МГц

б) время нарастания - 35 нс

в) коэффициент отклонения - 10 мВ/дел-20 В/дел

г) входное сопротивление и емкость - 1 МОм, 40 пФ

Б1.2 Горизонтальное отклонение

а) коэффициент развертки - 0,02 мкс/дел-20 мс/дел (с 5-кратной растяжкой)

б) режим работы развертки - автоколебательный, ждущий

Б1.3 Синхронизация

а) внутренняя - при изображении 6 мм и более (до 10 МГц)

б) внешняя - сигналами амплитудой 0,5-15 В и частотой до 10 МГц

Б1.4 Погрешность измерений амплитуды и временных интервалов - 10%

Б1.5 Рабочая часть экрана для каждого луча - 42Х60 мм

Б1.6 Питание

а) от сети - 220 В, 50 Гц; 115 и 220 В, 400 Гц

б) от источника постоянного тока - 24 В; 1,5 А

Б1.7 Потребляемая мощность - 70 В · А

Б1.8 Габаритные размеры - 355Х205Х490 мм

Б1.9 Масса - 15 кг

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата							
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0012МР	Лист 29

Копировал

Формат А4