

Метрология и радиоизмерения

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению лабораторной работы № 5
для студентов специальности 11.05.01
«Радиоэлектронные системы и комплексы»
очной формы обучения*

Воронеж 2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра радиоэлектронных устройств и систем

Метрология и радиоизмерения

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению лабораторной работы № 5
для студентов специальности 11.05.01
«Радиоэлектронные системы и комплексы»
очной формы обучения*

Воронеж 2022

УДК 721:53(073)
ББК 38.113я7-5

Составитель Ю. В. Худяков

Метрология и радиоизмерения: методические указания к выполнению лабораторной работы № 5 для студентов специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Ю. В. Худяков. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. – 43 с.

В методических указаниях рассматриваются принципы работы осциллографа С1-65А. Тематика лабораторной работы соответствует рабочей программе дисциплины «Метрология и радиоизмерения».

Предназначены для студентов 3 курса специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» очной формы обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МиР_УМД_ЛР5.pdf.

Ил. 21. Табл. 5. Библиогр.: 4 назв.

**УДК 721:53(073)
ББК 38.113я7-5**

Рецензент – А. В. Останков, д-р техн. наук, профессор
кафедры радиотехники ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания к выполнению лабораторных работ составлены в соответствии с программой курса «Метрология и радиоизмерения» для специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы».

В указаниях изучаются основные принципы работы осциллографа С1-65А.

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 ИЗУЧЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ОСЦИЛЛОГРАФА С1-65А

1.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является:

- изучение принципа работы осциллографа;
- изучение органов оперативного управления на передней и задней панелей осциллографа;
- изучение органов оперативного управления на функциональной схеме осциллографа;
- изучение органов оперативного управления на принципиальной схеме осциллографа;
- проверка основных параметров осциллографа С1-65А.

1.2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Содержанием практической части работы является определение основных параметров осциллографа С1-65А и их сравнение с паспортными данными на этот прибор.

Для выполнения лабораторного задания студенты должны ознакомиться с органами оперативной регулировки генератора высокочастотного Г4-102, генератора низкочастотного ГЗ-56, частотомера VC-2000, тестера М-832 и милливольтметра ВЗ-42

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

В отчете представить описание принципа работы осциллографа С1-65А, назначение органов оперативного управления и их представление на функциональной и принципиальной схемах.

Осциллограф универсальный С1-65А предназначен для исследования формы электрических сигналов путем визуального наблюдения и измерения их амплитудных и временных параметров в цеховых, лабораторных и полевых условиях эксплуатации.

2.1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Рабочая часть экрана осциллографа: по горизонтали—80 мм (10 делений); по вертикали—64 мм (8 делений);

Минимальная частота следования развертки, при которой обеспечивается наблюдение исследуемого сигнала на наиболее быстрой развертке, не более 50 Гц.

Ширина линии луча не превышает 0,6 мм. При коэффициенте отклонения 0,005 В/дел. ширина линии луча не превышает 0,8 мм.

Нормальный диапазон амплитудно-частотной характеристики тракта вертикального отклонения находится в пределах от 0 до 10 МГц. При коэффициенте отклонения 0,005 В/дел. — от 0 до 7 МГц.

Время нарастания переходной характеристики тракта вертикального отклонения в положениях 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10 переключателя В/ДЕЛ. не превышает 8 нс; в положении 0,005 переключателя В/ДЕЛ. не превышает 10 нс; в положениях 0,01; 0,02; 0,05 не превышает 7 нс.

Выброс на переходной характеристике не превышает 5%.

Спад вершины ПХ длительностью 0,5 мс не превышает 5% (для закрытого входа).

Неравномерность переходной характеристики (отражения, синхронные наводки) после времени установления $3\tau_r$, отсчитываемого от точки на фронте ПХ, расположенной на уровне 0,1, не должна превышать 1,5%.

Примечание. τ_r время нарастания ПХ.

Параметры входа канала вертикального отклонения

а) входное сопротивление $1 \pm 0,03$ МОм;

б) входная емкость, параллельная входному сопротивлению, не превышает 25 пФ;

в) входное сопротивление с выносным делителем $1:10$ 10 ± 1 МОм с емкостью, параллельной входному сопротивлению,

г) вход открытый и закрытый.

Коэффициент отклонения устанавливается одиннадцатью ступенями от 0,005 до 10 В/дел. с плавной регулировкой коэффициента отклонения относительно калиброванного положения не менее чем в 2,5 раза.

Нелинейность отклонения не превышает 10%.

Пределы перемещения луча по вертикали не менее ± 64 мм.

Допускаемое суммарное значение постоянного и переменного напряжения исследуемого сигнала на закрытом входе усилителя вертикального отклонения (УВО) 300 В.

Максимально допускаемая амплитуда исследуемого сигнала не превышает:

а) при работе без выносного делителя 60 В;

б) при работе с выносным делителем 300 В.

Минимальное значение исследуемого сигнала, при котором обеспечивается класс точности осциллографа, не более 15 мВ.

Минимальная длительность исследуемого временного интервала, при которой обеспечивается класс точности осциллографа, не более 35 нс.

Долговременный и кратковременный дрейф усилителя вертикального отклонения:

а) в течение 1 час. не более 10 мВ (2 деления);

б) за 1 мин. не более 1,0 мВ (0,2 деления);

2.1.15 Смещение луча:

а) 2,5 мВ (0,5 дел.) при изменении напряжения сети 50 Гц на $\pm 10\%$ от номинального;

б) периодические и случайные отклонения 0,5 мВ (0,1 деления).

Задержка изображения сигнала относительно начала развертки на экране электроннолучевой трубки не менее 40 нс.

Калибратор амплитуды и длительности обеспечивает выдачу 11 значений калибровочных напряжений (типа меандр): 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50 В с частотой следования 1000 Гц. Предел допускаемой основной погрешности установки калибровочного напряжения не более $\pm 1\%$ в нормальных условиях применения, и не более $\pm 2,5\%$ в рабочих условиях применения. Частота следования импульсов 1000 ± 10 Гц в нормальных условиях применения и 1000 ± 25 Гц в рабочих условиях применения.

Предел допускаемой основной погрешности измерения напряжения не превышает $\pm 5\%$ в нормальных условиях применения и $\pm 6\%$ в рабочих условиях применения.

Значение коэффициентов развертки: 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50 мкс/дел.; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50 мс/дел.

Генератор развертки работает в автоколебательном и ждущем режимах и имеет однократный запуск.

Нелинейность рабочей части развертки не превышает 5 %. При этом в рабочую часть растянутой развертки не включаются начальный и конечный участки развертки, составляющие по 10 % от ее длительности.

Предел допускаемой основной погрешности измерения временных интервалов во всем диапазоне развертки (кроме растянутой) при размере изображения по горизонтали не менее двух делений не превышает $\pm 5\%$ в нормальных условиях применения и $\pm 6\%$ в рабочих условиях применения.

Предел допускаемой погрешности измерения временных интервалов в рабочей части растянутой развертки не превышает $\pm 5\%$ в нормальных условиях применения и $\pm 10\%$ в рабочих условиях применения.

Внутренняя синхронизация развертки осуществляется:

а) гармоническим сигналом в диапазоне частот от 10 Гц до 50 МГц и импульсным сигналом обеих полярностей длительностью от 0,05 мкс до 1 с при размере изображения не менее 0,8 деления;

б) сигналом питающей сети.

Внешняя синхронизация развертки осуществляется гармоническими сигналами частотой от 10 Гц до 50 МГц при размахе напряжения сигнала от 0,5 до 30 В и импульсными сигналами обеих полярностей длительностью от 0,05 мкс до 1 с при амплитуде напряжения сигнала от 0,5 до 30 В. В режиме

автозапуска синхронизация осуществляется сигналами частотой не менее 30 Гц.

Перемещение луча по горизонтали обеспечивает установку начала и конца рабочей части развертки в центральной части экрана.

Коэффициент отклонения канала горизонтального отклонения не более 0,32 В/дел.

Полоса пропускания канала горизонтального отклонения от 20 Гц до 3 МГц.

Параметры входа канала горизонтального отклонения и входа схемы синхронизации:

- а) входное сопротивление $1 \pm 0,2$ Мом;
- б) входная емкость, параллельная входному сопротивлению, не более 50 пФ;
- в) вход открытый и закрытый. Суммарное максимально допустимое постоянное и переменное напряжение при закрытом входе не превышает 300 В;
- г) входное сопротивление с внешним выносным делителем 100 ± 20 кОм с параллельной емкостью не более 12 пФ.

Амплитуда пилообразного напряжения на гнезде $\text{G} \rightarrow \text{V}$ развертки не менее 6 В на нагрузке 20 ± 2 кОм с параллельной емкостью 50 ± 5 пФ.

Канал Z обеспечивает наблюдение яркостных меток при подаче на его вход среднеквадратического значения испытательного напряжения от 1,5 до 20 В в полосе частот от 20 Гц до 10 МГц.

Параметры входа Z:

- а) входное сопротивление 50 ± 5 кОм;
- б) входная емкость, параллельная входному сопротивлению, не более 140 пФ.

Электрическая изоляция цепей питания между входом сетевого разъема и корпусом осциллографа выдерживает без пробоя среднеквадратическое значение испытательного напряжения :

- а) 1,5 кВ в нормальных условиях;
- б) 600 В в условиях повышенной влажности;
- в) 375 В в условиях пониженного атмосферного давления.

2.2. ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ

Структурная схема осциллографа (рисунок 1) содержит:

- осциллографический индикатор—ЭЛТ;
- канал вертикального отклонения, включающий:
 - входной аттенюатор;
 - предусилитель;
 - линию задержки;
 - выходной усилитель;
- предусилитель синхронизации;
- канал горизонтального отклонения, включающий:

- схему синхронизации;
- блок развертки;
- усилитель горизонтального отклонения;
- усилитель Z (усилитель подсвета);
- калибратор амплитуды и длительности;
- блок питания.

Электроннолучевая трубка служит для визуального наблюдения формы исследуемых электрических сигналов.

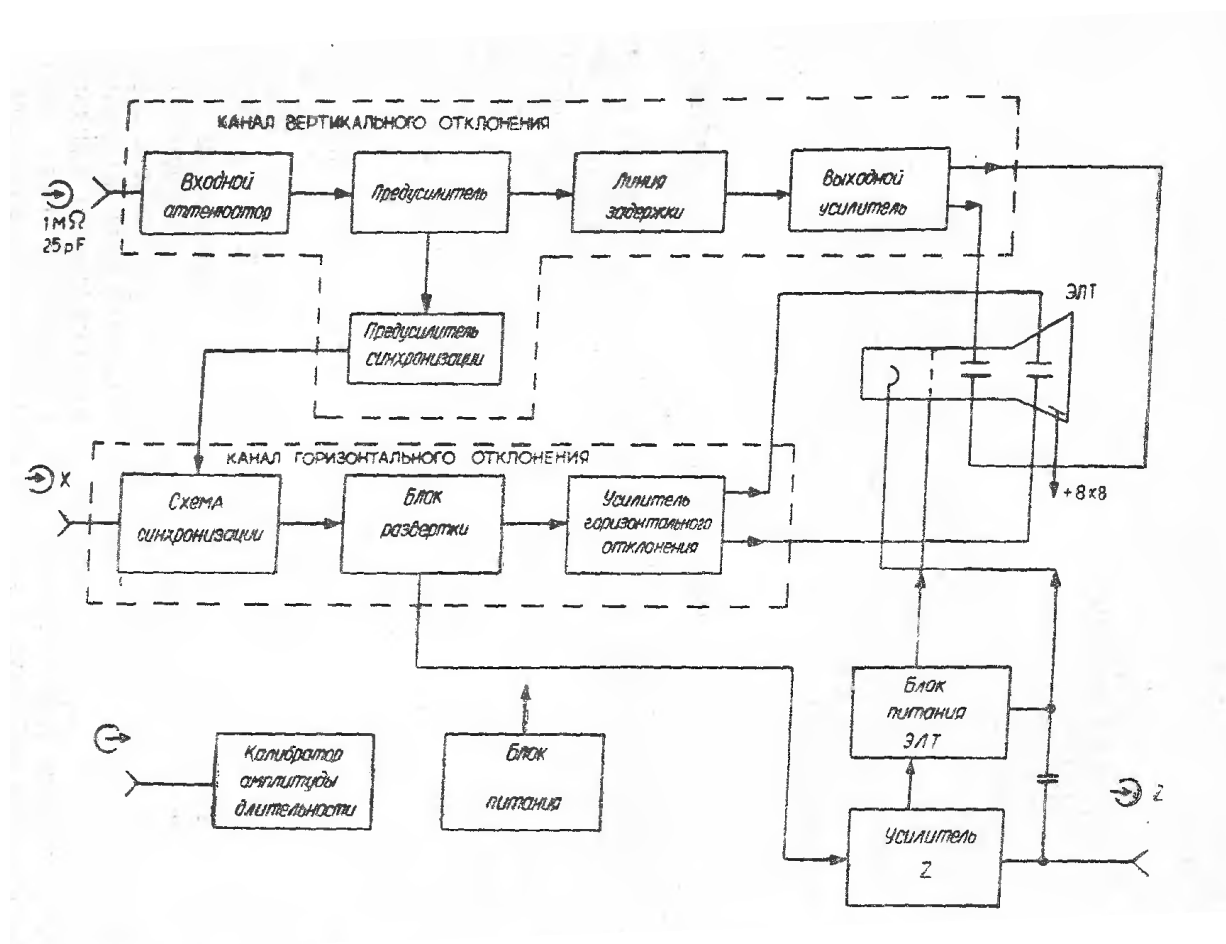


Рис. 1. Структурная схема осциллографа С1-65А

Исследуемые сигналы подаются на вход У. При помощи входного аттенюатора выбирают значение сигнала, удобное для исследования на экране ЭЛТ. Исследуемый сигнал усиливается предусилителем вертикального отклонения.

В тракт усилителя вертикального отклонения включена симметричная линия задержки, которая задерживает исследуемый сигнал на время, компенсирующее задержку сигнала в схеме синхронизации, блоке развертки и схеме подсвета, что позволяет наблюдать фронты коротких импульсов.

Выходной усилитель вертикального отклонения усиливает исследуемый сигнал до значения, удобного для исследования на экране ЭЛТ. С выхода

канала вертикального отклонения исследуемый сигнал подается на вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ.

Блок развертки вырабатывает пилообразное напряжение для осуществления временной развертки луча ЭЛТ. Пилообразное напряжение усиливается до необходимого размера усилителем горизонтального отклонения и поступает на горизонтально отклоняющие пластины ЭЛТ. В схеме усилителя горизонтального отклонения предусмотрено умножение скорости развертки в 10 раз. Блок развертки может работать в ждущем и автоколебательном режимах и имеет однократный запуск.

В осциллографе предусмотрена возможность подачи внешнего сигнала на горизонтально отклоняющие пластины ЭЛТ через усилитель горизонтального отклонения. При этом внешний сигнал подается на вход X.

С выхода усилителя Z (усилитель подсвета) снимаются импульсы для подсвета прямого хода развертки и гашения обратного хода. Эти импульсы через блок питания ЭЛТ управляют работой ЭЛТ.

В осциллографе предусмотрена возможность подачи внешнего сигнала на вход усилителя Z для получения яркостных меток времени.

Схема синхронизации служит для получения неподвижного изображения на экране ЭЛТ. В схеме синхронизации осуществляется выбор источника синхронизации (внутреннего, внешнего, от сети), вида связи с источником синхронизации (постоянной, переменной), полярности синхронизации.

Для проверки чувствительности канала вертикального отклонения и проверки калибровки длительности развертки служит калибратор амплитуды и длительности. С помощью калибратора осуществляется также компенсация выносного делителя.

3. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ

3.1. ИЗУЧИТЬ МАТЕРИАЛ СООТВЕТСТВУЮЩИХ ЛЕКЦИЙ И СЛЕДУЮЩИЕ РАЗДЕЛЫ ПО ЛИТЕРАТУРЕ:

- а) структурные схемы аналоговых вольтметров [1, с. 190-197];
- б) цифровой метод измерения частоты [1, с. 280-284];
- в) генераторы гармонических колебаний [1, с.218-225];
- г) универсальные осциллографы [1, с. 246-259];
- д) техническое описание и инструкция по эксплуатации (ТО и ИЭ) генератора Г4-102;
- е) техническое описание и инструкция по эксплуатации милливольтметра В3-42;
- ж) инструкции по эксплуатации частотомера VC-2000;
- з) техническое описание и инструкция по эксплуатации осциллографа С1-65А.

3.2. ИЗУЧИТЬ ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ ОСЦИЛЛОГРАФА С1-65А

Расположение органов управления на передней и задней панелях осциллографа показано соответственно на рисунках 2 и 3.



Рис. 2. Фотография передней панели осциллографа С1-65А



Рис. 3. Фотография задней панели осциллографа С1-65А

Органы управления ЭЛТ:

 – регулирует четкость изображения – фокусировку луча;

 – регулирует яркость изображения;

 – регулирует освещение шкалы;

 – регулирует четкость изображения – астигматизм, используется совместно с ручкой 

Органы управления усилителем Y:

V/ДЕЛ – устанавливает коэффициент вертикального отклонения;

ПЛАВНО – обеспечивает плавную регулировку коэффициента отклонения в каждом положении переключателя V/ДЕЛ.;

 – регулирует положение изображения по вертикали;

БАЛАНС – балансирует предусилитель вертикального отклонения в положениях 0,005; 0,01; 0,02 и 0,05 переключателя V/ДЕЛ.

 – регулирует усиление усилителя Y;

 – выбирает способ подачи входного сигнала на вход усилителя Y;

 – все составляющие входного сигнала проходят на вход усилителя Y;

 – заземляет входную схему усилителя (входной сигнал не заземлен);

 – блокирует постоянную составляющую входного сигнала.

Низкочастотный предел составляет 1,6 Гц;

 – служит входом для подачи исследуемых сигналов.

БАЛАНС 0,1 V/ДЕЛ. – балансирует предусилитель вертикального отклонения в положении 0,1 переключателя V/ДЕЛ.

Органы управления синхронизацией:

$\pm$ – выбирает полярность запускающего сигнала, синхронизирующего развертку;

– + – синхронизирует развертку положительным импульсом запускающего сигнала;

– – синхронизирует развертку отрицательным импульсом запускающего сигнала;

 – устанавливает режим запуска схемы синхронизации;

 – проходят запускающие сигналы от 0 до 50 МГц;

 – постоянная составляющая блокируется и сигналы частотой менее 30 Гц ослабляются;

УРОВЕНЬ – выбирает уровень исследуемого сигнала, от которого происходит запуск развертки;

ВЧ – обеспечивает устойчивое изображение сигналов частотой свыше 10 МГц;

ВНУТР. СЕТЬ;

ВНЕШН. 1:1; 1:10 – выбирает источник синхронизирующего сигнала;

ВНУТР. – выбирает внутренний источник синхронизирующего сигнала.

Развертка синхронизируется сигналом, поступающим из канала вертикального отклонения;

СЕТЬ – развертка синхронизируется сигналом с частотой питающей сети;
ВНЕШН. 1:1 – развертка синхронизируется внешним сигналом,
поданным на гнездо  X;

ВНЕШН. 1:10 – внешний синхронизирующий сигнал ослабляется в 10 раз;

ВНЕШН.  X – входное гнездо для внешнего синхронизирующего сигнала. Это гнездо используется также в качестве внешнего горизонтального входа, когда переключатель $\times 1$, $\times 0,1$  X установлен в положение  X;

 – корпусная клемма.

Органы управления разверткой:

ВРЕМЯ/ДЕЛ. – устанавливает скорость развертки. Ручка ПЛАВНО должна находиться в положении , соответствующем калиброванной скорости развертки;

ПЛАВНО – обеспечивает плавную регулировку скорости развертки в каждом положении переключателя ВРЕМЯ/ДЕЛ.;

 – ручки   регулируют положение изображения по горизонтали;

 – обеспечивает грубое перемещение по горизонтали;

 – обеспечивает плавное перемещение по горизонтали;

 – регулирует скорость развертки во всех положениях переключателя ВРЕМЯ/ДЕЛ.;

$\times 1$; $\times 0,1$  X – устанавливает вид развертки;

$\times 1$ – переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. устанавливает скорость развертки;

$\times 0,1$ – увеличивает скорость развертки в 10 раз за счет растяжки центрального участка изображения;

 X – горизонтальное отклонение осуществляется внешним сигналом, который подается на гнездо  X синхронизации;

   – устанавливает автоматический, ждущий или однократный режим работы развертки;

 – развертка обеспечивается независимо от наличия запускающего сигнала. Синхронизация осуществляется любым сигналом частотой не менее 30 Гц;

 – запуск развертки осуществляется только при наличии сигнала синхронизации;

 – однократный запуск развертки осуществляется одиночным сигналом. Для последующего запуска необходимо: – нажать кнопку ГОТОВ;

ГОТОВ – свечение сигнальной лампы указывает на то, что развертка может быть запущена приходящим сигналом. После окончания цикла развертки следует вновь нажать на кнопку ГОТОВ, чтобы подготовить схему развертки к новому запуску;

 V – гнездо выхода генератора пилообразного напряжения.

Органы управления калибратора амплитуды и длительности:

 – гнездо выхода сигнала калибратора амплитуды и длительности;

ВЫКЛ.; Π 1 kHz устанавливает режим калибратора;

ВЫКЛ. – калибратор выключен;

□ 1 kHz – вырабатывается выходной прямоугольный сигнал калибратора амплитуды и длительности с частотой повторения 1 кГц;
— – устанавливается постоянное выходное напряжение калибратора;

СЕТЬ ВКЛ. – свечение сигнальной лампы указывает, что тумблер СЕТЬ включен и осциллограф подсоединен к сети.

⊕ – клемма защитного заземления.

Органы управления на задней панели:

⊗ Z – гнездо для подачи сигнала, осуществляющего яркостную модуляцию луча ЭЛТ;

⊥ – корпусное гнездо;

2A – держатель предохранителя сети;

115 V; 220 V – тумблер выбора напряжения питающей сети.

Органы управления на нижней крышке: ПОДСТРОЙКА ЯРКОСТИ, БАЛАНС 0,1 V/ДЕЛ. – для подстройки в процессе эксплуатации.

Органы управления на боковой стенке СОВМЕЩЕНИЕ ЛУЧА С ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ЛИНИЕЙ – для подстройки в процессе эксплуатации.

4. ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ

Лабораторное задание состоит из следующих пунктов:

1. Первичные оперативные регулировки.
2. Регулировка качества линий осциллограммы.
3. Определение основной погрешности калибратора амплитуды и длительности.
4. Балансировка усилителя Y.
5. Калибровка коэффициентов отклонения усилителя Y.
6. Определение коэффициентов отклонения усилителя Y.
7. Измерение напряжения синусоидального сигнала.
8. Измерение временных интервалов.
9. Измерение периода синусоидального сигнала.
10. Измерение напряжения методом сравнения.
11. Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики УВО.
12. Изучение органов оперативной регулировки блока синхронизации.
13. Проверка калибровки длительности развертки.
14. Проверка растяжки длительности развертки.

Переведите тумблер СЕТЬ на передней панели осциллографа в положение ВКЛ. При этом должна загореться сигнальная лампа. Дайте осциллографу прогреться в течение 15 мин.

Приступите к подстройке режимов и проверке работоспособности осциллографа.

4.1. ПЕРВИЧНЫЕ ОПЕРАТИВНЫЕ РЕГУЛИРОВКИ:

Установить ручки  и  по часовой стрелке в крайнее положение.

Установите переключатель $\approx \perp \sim$ усилителя Y в положение $\sim$.

Установите переключатель $\times 1; \times 0,1; \odot X$ развертки в положение $\times 1$.

Установите переключатель $Z. Z. \rightarrow$ развертки в положение Z.

Установите переключатель ВНУТР.; СЕТЬ; ВНЕШН. 1:1; 1 : 10 синхронизации в положение ВНУТР.

Установите тумблер $\approx \sim$ синхронизации в положение $\sim$.

Установите тумблер « $\pm$ » синхронизации в положение « $+$ ».

Установите переключатель ВЫКЛ. 1 kHz выбора режима калибратора в положение 1 kHz, а переключатель выходного напряжения калибратора – в положение 200 mV.

Добейтесь появления горизонтальной линии развертки на всю длину экрана по средней калибровочной линии сетки вращением ручки смещения луча по вертикали  усилителя Y и ручек грубо  и точно  смещения луча по горизонтали .

Вращайте ручки  и  до тех пор, пока линия (осциллограмма) не станет удобной для наблюдения.

При регулировке яркости изображения возможно нарушение фокусировки. В этом случае необходима подстройка при помощи ручки . Для предохранения люминофора от прожигания не устанавливайте чрезмерную яркость. Яркость не должна быть слишком большой, особенно при переключении переключателя ВРЕМЯ/ДЕЛ. $\times 1; \times 0,1; \odot X$. из положения $\times 0,1$ в положение $\times 1$.

При недостаточной яркости линии развертки (точки) или при появлении обратного хода развертки в крайнем правом положении ручек подрегулируйте потенциометр ПОДСТРОЙКА ЯРКОСТИ.

Проведем фотографирование этой осциллограммы и положения органов управления для отчета. На рисунке 4 представлена фотография осциллограммы и положение органов управления после всех манипуляций.

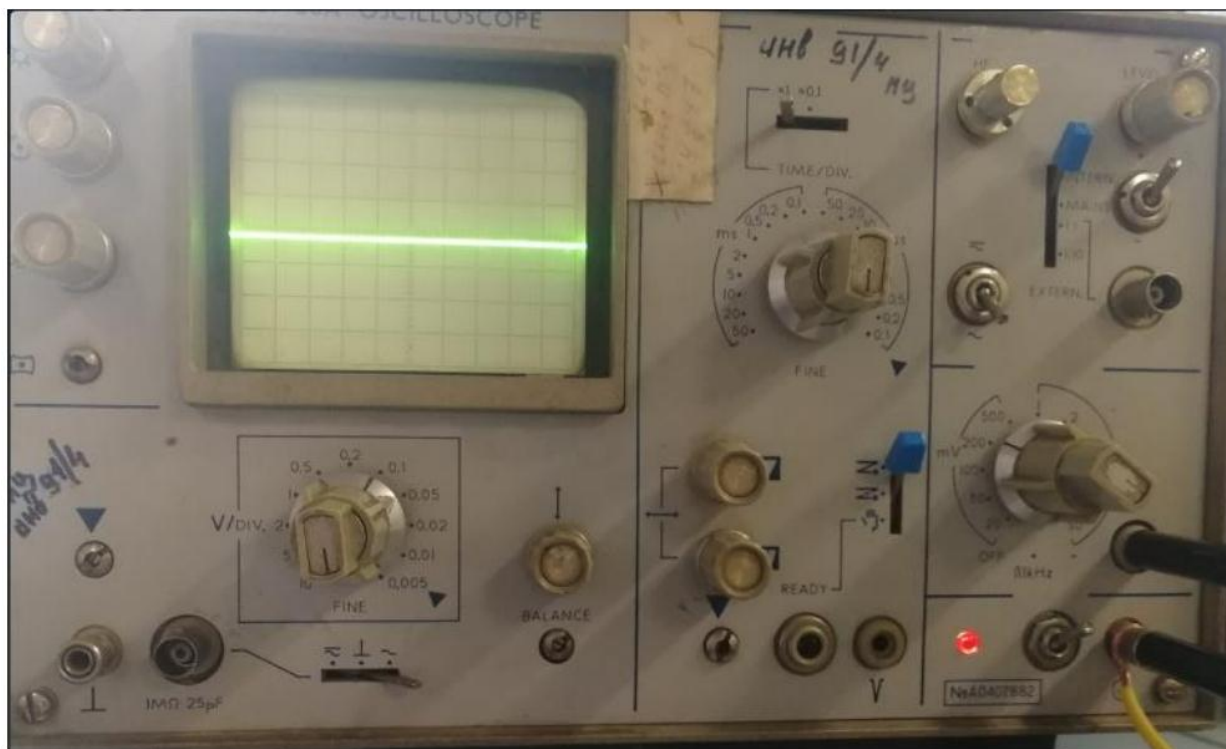


Рис. 4. Фотография осциллограммы и органов управления после первичных оперативных регулировок

4.2. РЕГУЛИРОВКА КАЧЕСТВА ЛИНИЙ ОСЦИЛЛОГРАММЫ

Установить ручки оперативных регулировок согласно разделу 4.1.

Установите переключатель $V/\text{ДЕЛ.}$ усилителя Y в положение 0,05, а регулятор ПЛАВНО этого переключателя по часовой стрелке в крайнем положении после щелчка.

Соедините кабелем гнездо $\odot$ калибратора с гнездом $\odot$ усилителя Y . Размер изображения должен составлять четыре деления.

Установите переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. развертки в положение 0,5 ms, а регулятор ПЛАВНО этого переключателя по часовой стрелке в крайнем положении после щелчка.

Поворачивайте ручку УРОВЕНЬ до получения устойчивого изображения. При этом на 10 делениях шкалы экрана должно укладываться 5 периодов импульсов калибратора.

Произведите фокусировку изображения с помощью ручки $\odot$. Если нельзя достичь хорошей фокусировки изображения, следует произвести регулировку астигматизма $\bowtie$.

Для проверки правильной установки ручки $\bowtie$ медленно вращайте ручку $\odot$, проходя через положение наилучшей фокусировки. Если ручка $\bowtie$ установлена правильно, то вертикальные и горизонтальные участки изображения будут хорошо сфокусированы в одном и том же положении ручки $\odot$.

Для правильной установки ручки $\bowtie$ проделайте следующие операции:

а) установите переключатель V/ДЕЛ. усилителя Y в положение 0,5, а регулятор ПЛАВНО этого переключателя по часовой стрелке в крайнем положении после щелчка;

б) установите переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. развертки в положение 0,2 ms;

в) подайте сигнал калибратора значением 1 В на вход усилителя Y, при этом размер изображения должен быть равный 2 делениям;

г) поворачивайте ручку УРОВЕНЬ до получения устойчивого изображения, при этом на 10 делениях шкалы экрана должно укладываться 2 периода импульсов калибратора;

д) установите при средних положениях ручек $\odot$ и ∞ такую яркость изображения, чтобы был виден фронт калибровочного импульса;

е) установите ручку ∞ таким образом, чтобы горизонтальные и вертикальные участки изображения одинаково фокусировались;

ж) добейтесь при помощи ручки $\odot$, чтобы вертикальная часть изображения была как можно тоньше.

з) Для получения лучшей фокусировки операции, указанные в п.п. е) и ж), повторите.

Переведите переключатель $\approx \perp \sim$ усилителя Y в положение $\perp$.

Совместите ручкой $\perp$ усилителя Y линию развертки с центральной градуированной горизонтальной линией сетки.

Поворачивайте ручку $\odot$ по часовой стрелке. Начиная с некоторого положения, градуированные линии подсвечиваются. Установите удобное для работы освещение шкалы.

Проведем фотографирование этой осциллограммы и положения органов управления для отчета. На рисунке 5 представлена фотография осциллограммы и положение органов управления для раздела 4.2.

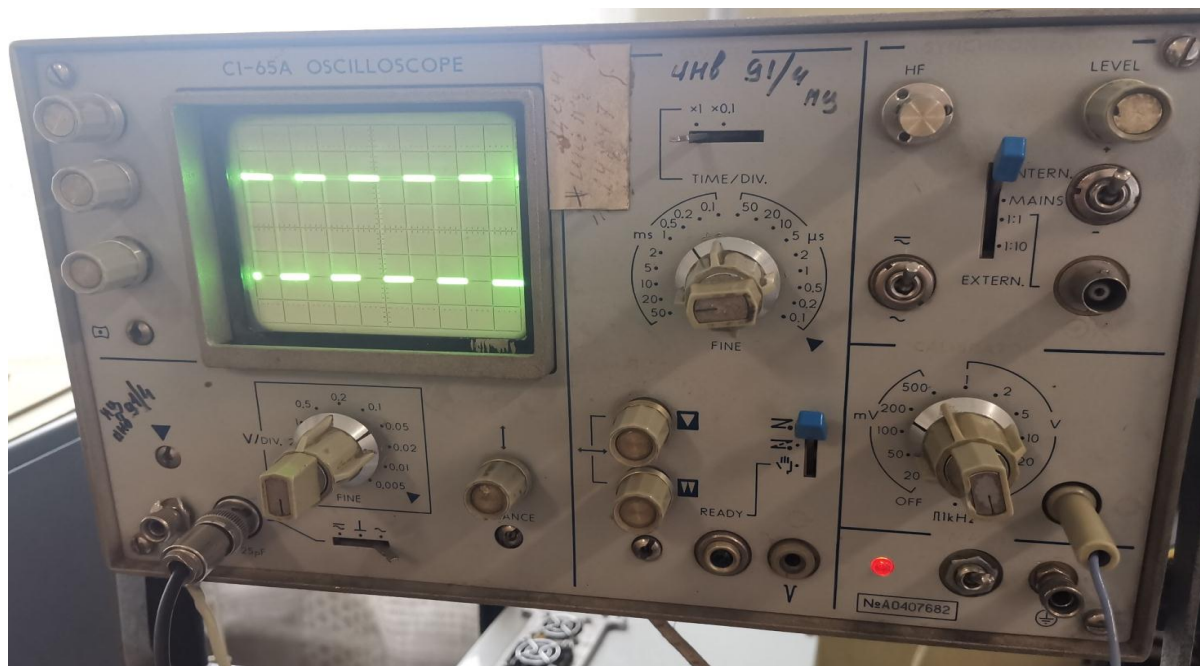


Рис. 5. Фотография осциллограммы и органов управления после регулировки качества линий осциллограммы

4.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОЙ ПОГРЕШНОСТИ КАЛИБРАТОРА АМПЛИТУДЫ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Выходное напряжение калибратора представляет собой прямоугольные импульсы в форме меандра с частотой следования 1 кГц.

Выходное напряжение калибратора используется для проверки усилителя вертикального отклонения и развертки. Сигналы калибратора используются также для проверки и компенсации выносного делителя 1:10. Кроме того, сигнал калибратора может использоваться как источник сигнала для других приборов.

Калибратор вырабатывает прямоугольные импульсы с размахом 20, 50, 100, 200, 500 мВ; 1, 2, 5, 10, 20, 50 В.

Диапазон напряжения выбирается переключателем аттенюатором калибратора.

Частота повторения импульсов калибратора стабильна, поэтому калибратор используется для проверки длительности развертки.

Определение частоты следования импульсов калибратора производится прямым измерением частоты с помощью частотомера VC-2000.

Установите переключатель ВЫКЛ. 1 kHz выбора режима калибратора в положение 1 kHz .

Установите переключатель размаха выходного напряжения калибратора в положение 1 V.

Гнездо  выхода калибратора соедините кабелем с входом В частотомера VC-2000.

Кнопкой выбора шага (диапазона) RANGE частотомера VC-2000 выбрать шаг №3, а кнопкой выбора времени измерения GATE TIME выбрать 1 с.

Провести отсчет результата измерения и определить абсолютную погрешность. Запишите эти показания в отчет.

Результат считается удовлетворительным, если частота отличается от 1000 Гц не более, чем ± 10 Гц.

Определение амплитуды импульсов калибратора производится прямым измерением эффективного значения выходного напряжения милливольтметром ВЗ-42. Милливольтметр ВЗ-42 содержит детектор среднеквадратического напряжения, поэтому результаты измерения не зависят от формы сигнала. Для прямоугольных импульсов в форме меандра среднеквадратическое напряжение равно амплитуде этих импульсов или половине напряжения размаха.

Установите предел измерения милливольтметра ВЗ-42 равным 100 В (+40 дБ).

При необходимости проведите калибровку прибора ВЗ-42 на этом пределе измерений. Для этого ручкой  установки нуля прибора ВЗ-42 установить электрический нуль. Затем переключатель пределов установить в положение  (калибровка) и ручкой  установить стрелку на конечную отметку шкалы.

Гнездо  выхода калибратора соедините кабелем с входом милливольтметра ВЗ-42.

Установите переключатель ВЫКЛ. Π 1 kHz выбора режима калибратора в положение Π 1 kHz.

Установите переключатель размаха выходного напряжения калибратора в положение 50 V.

Провести отсчет уровня выходного напряжения калибратора по шкале прибора ВЗ-42. Результаты измерения занести в таблицу 1.

Установите переключатель размаха выходного напряжения калибратора в положение 20 V.

Установите предел измерения милливольтметра ВЗ-42 ближайшее в сторону увеличения значение или равное положению выходного напряжения калибратора осциллографа С1-65 (в данном случае 30 В).

Провести отсчет уровня выходного напряжения калибратора по шкале прибора ВЗ-42. Результаты измерения занести в таблицу 1.

Повторите вышеуказанные операции для всех оставшихся значений выходного напряжения калибратора: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10 В. Результаты измерений также занести в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты измерения выходных напряжений в форме меандра и расчета погрешностей измерения калибратора осциллографа С1-65

Единица измерения	мВ					В					
Выходное напряжение калибратора по шкале переключателя в режиме Π 1 kHz	20	50	100	200	500	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0	50,0
Измеренное прибором ВЗ-42 выходное напряжение калибратора в форме меандра											
Абсолютная погрешность											
Относительная погрешность, %											

Результат проверки считается удовлетворительным, если во всех положениях переключателя значения выходного напряжения не будут отличаться от указанных на передней панели прибора более чем на 1 %.

4.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОГО ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ КАЛИБРАТОРА ПРОИЗВОДИТСЯ ПРЯМЫМ ИЗМЕРЕНИЕМ С ПОМОЩЬЮ ТЕСТЕРА М-832 ИЛИ ЕМУ АНАЛОГИЧНЫХ

Установите переключатель калибратора ВЫКЛ. ≈ 1 kHz выбора режима калибратора в положение «-».

Установите переключатель выходного напряжения калибратора в положение 50 V.

Установите переключатель тестера М-832 в сектор постоянного напряжения «V-» («VDC») и положение «200»

Гнездо  выхода калибратора и клемму  соедините штатными проводниками тестера соответственно со входом тестера VΩmA (проводник красного цвета) и СОМ (проводник черного цвета).

Результат измерения внесите в таблицу 2.

Установите переключатель выходного напряжения калибратора в положение 20 V.

Установите предел измерения тестера М-832 в секторе «V-» («VDC») ближайшее в сторону увеличения значение или равное положению выходного напряжения калибратора осциллографа С1-65 (в данном случае 20 или 200).

Результат измерения внесите в таблицу 2.

Повторите вышеуказанные операции, приведенные в п.п. 4.1.3.22 и 4.1.3.23 для всех оставшихся значений выходного напряжения калибратора: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10 В. Результаты измерений также занести в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты измерения выходных напряжений постоянного тока и расчета погрешностей измерения калибратора осциллографа С1-65

Единица измерения	мВ					В					
Выходное напряжение калибратора по шкале переключателя в режиме «-»	20	50	100	200	500	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0	50,0
Измеренное тестером М-832 выходное постоянное напряжение калибратора											
Абсолютная погрешность											
Относительная погрешность, %											

Результат проверки считается удовлетворительным, если во всех положениях переключателя значения выходного напряжения не будут отличаться от указанных на передней панели прибора более чем на 1 %.

4.5. БАЛАНСИРОВКА УСИЛИТЕЛЯ Y

Для проверки независимости режима усилителя от переключения переключателя V/ДЕЛ. установите переключатель $\approx \perp \sim$ в положение $\perp$, а переключатель Z. Z. $\rightarrow$ в положение Z.

Устанавливайте переключатель V/ДЕЛ. сначала в положение 0,05, а затем в положение 0,005 по вертикали. Если линия развертки смещается, то необходимо осуществить балансировку.

Балансировка начинается с того, что переключатель $\approx \perp \sim$ установить в положении $\perp$, переключатель V/ДЕЛ. усилителя Y – в положение 0,05, и установите линию развертки в центр экрана ЭЛТ ручкой 1;

Установите переключатель V/ДЕЛ. в положение 0,005, вставьте отвертку в шлиц ручки БАЛАНС и возвратите линию развертки в положение, которое она занимала при 0,05;

Повторяйте операции пп. 4.1.4.3 и 4.1.4.4 до тех пор, пока линия развертки перестанет перемещаться при переключении переключателя V/ДЕЛ. из положения 0,05 в положение 0,005.

Калибровка коэффициентов отклонения усилителя Y

Установите переключатель входа $\approx \perp \sim$ усилителя Y в положение « $\sim$ ».

Установите переключатель V/ДЕЛ. усилителя Y в положение 0,05.

Установите переключатель калибратора ВЫКЛ. 1 kHz выбора режима калибратора в положение 1 kHz.

Установите переключатель аттенюатора калибратора в положение 200 mV.

Соедините гнездо $\odot$ калибратора с гнездом $\ominus$ усилителя Y.

Установите переключатель x1; x0,1; $\odot$ X развертки в положение $\times 1$.

Установите переключатель Z. Z. $\rightarrow$ развертки в положение Z.

Установите переключатель ВНУТР.; СЕТЬ; ВНЕШН. 1:1; 1 : 10 синхронизации в положение ВНУТР.

Установите тумблер « $\approx \sim$ » синхронизации в положение « $\sim$ ».

Установите тумблер « $\pm$ » синхронизации в положение «+».

Установите переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. развертки в положение 0,5 ms

Поворачивайте ручку УРОВЕНЬ развертки до получения устойчивого изображения. При этом на 10 делениях шкалы экрана должно укладываться 5 периодов импульсов калибратора.

Установите ручкой 1 изображение по центру экрана. Изображение представляет собой прямоугольные импульсы.

Поверните ручку ПЛАВНО усилителя Y до упора по часовой стрелке в положение $\blacktriangledown$ после щелчка.

Размер изображения должен составлять четыре деления, в противном случае регулировкой с помощью отвертки шлица « $\blacktriangledown$ », выведенным на переднюю панель, установите точно четыре деления.

Поверните ручку ПЛАВНО против часовой стрелки до упора. Изображение уменьшится не менее, чем в 2,5 раза.

Ручку ПЛАВНО поверните снова до упора по часовой стрелке в положение ▼ после щелчка.

Для проведения наиболее точных измерений калибруйте коэффициент отклонения в том положении переключателя V/ДЕЛ., при котором производится измерение.

Проведем фотографирование этой осциллограммы и положения органов управления для отчета. На рисунке 6 представлена фотография осциллограммы и положение органов управления для раздела 4.5.

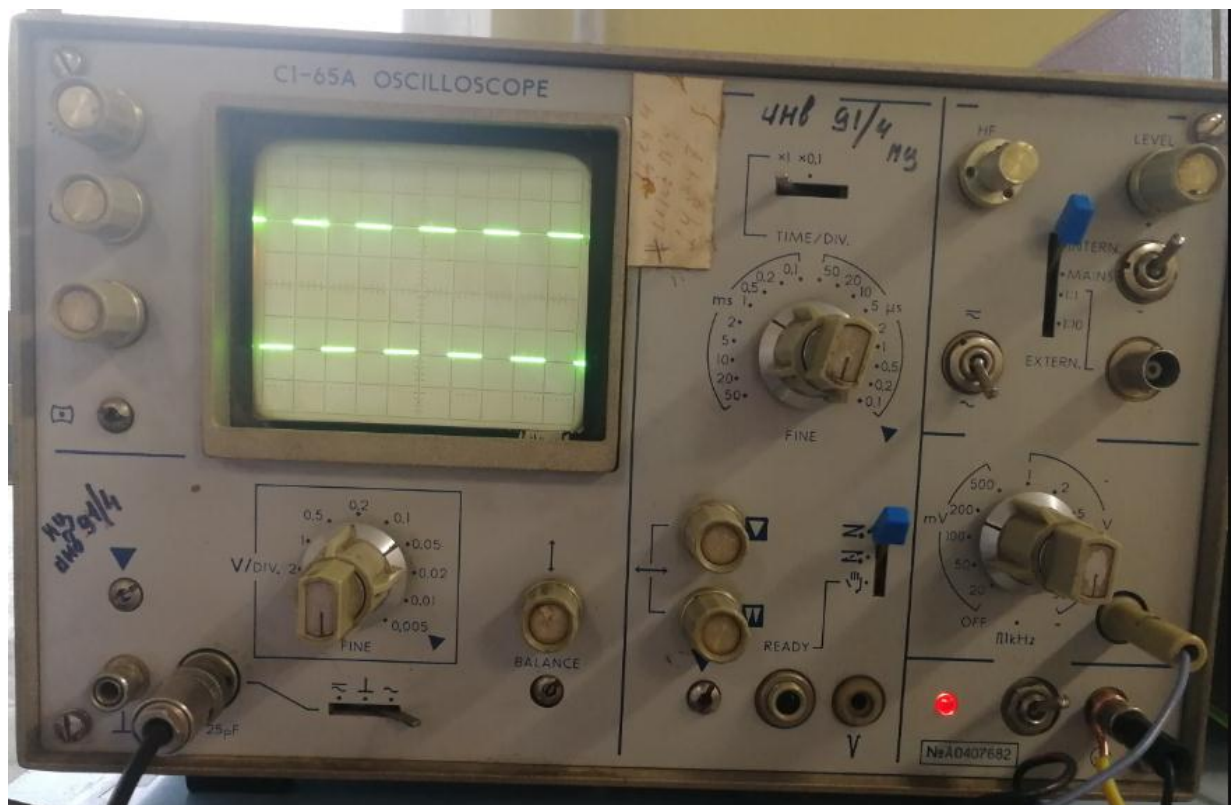


Рис. 6. Фотография осциллограммы и органов управления для раздела 4.5

4.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТКЛОНЕНИЯ УСИЛИТЕЛЯ У

Установите переключатель калибратора ВЫКЛ. π 1 kHz выбора режима калибратора в положение «-».

Установите переключатель выходного напряжения калибратора в положение 50 V.

Установите переключатель « $\approx \perp \sim$ » входа усилителя У в положение « $\approx$ ».

Установите переключатель V/ДЕЛ в положение 10 В.

Установите ручкой $\updownarrow$ линию развертки по нижней линии градуировочной сетки.

Гнездо  выхода калибратора соедините кабелем с входом  усилителя У.

Посчитайте на сколько делений переместилась вверх линия развертки.

Гнездо  выхода калибратора отсоедините от кабеля путем изъятия однополюсной потенциальной вилки кабеля.

Определите коэффициент отклонения усилителя У для измеряемого напряжения 50 В. Результат расчета занести в таблицу 3.

Определите абсолютную погрешность между величинами градуировки на переключателе V/ДЕЛ и рассчитанным на основе измерений. Результат расчета занести в таблицу 3.

Определите относительную погрешность между величинами градуировки на переключателе V/ДЕЛ и рассчитанным на основе измерений. Результат расчета занести в таблицу 3.

Установите переключатель выходного напряжения калибратора в положение 20 В.

Установите переключатель V/ДЕЛ в положение, при котором максимальное отклонение линии развертки вверх будет соответствовать напряжению ближайшему в сторону увеличения от измеряемого (в нашем случае 5 В/ ДЕЛ).

При необходимости установите ручкой  линию развертки по нижней линии градуированной сетки.

Гнездо  выхода калибратора соедините с кабелем путем вставки в это гнездо однополюсной потенциальной вилки кабеля.

Посчитайте на сколько делений переместилась вверх линия развертки.

Гнездо  выхода калибратора отсоедините от кабеля путем изъятия однополюсной потенциальной вилки кабеля.

Определите коэффициент отклонения усилителя У для измеряемого напряжения 20 В. Результат расчета занести в таблицу 3.

Определите абсолютную погрешность между величинами градуировки на переключателе V/ДЕЛ и рассчитанным на основе измерений. Результат расчета занести в таблицу 3.

Определите относительную погрешность между величинами градуировки на переключателе V/ДЕЛ и рассчитанным на основе измерений. Результат расчета занести в таблицу 3.

Повторите измерения и расчеты по п.п. от 4.1.6.12 до 4.1.6.19 для выходных напряжений калибратора 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10 В. Результаты измерений также занести в таблицу 3.

Таблица 3

Результаты измерения выходных напряжений по градуированной шкале экрана осциллографа С1-65А и расчетов коэффициентов отклонения усилителя Y и погрешностей измерения этих коэффициентов

Единица измерения	мВ					В					
Выходное напряжение калибратора по шкале переключателя в режиме «-»	20	50	100	200	500	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0	50,0
Положение переключателя V/дел усилителя Y											
Смещение линии развертки в делениях											
Измеренное напряжение											
Коэффициент отклонения, В/дел											
Абсолютная погрешность коэффициента отклонения											
Относительная погрешность коэффициента отклонения, %											

4.7. ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ СИНУСОИДАЛЬНОГО СИГНАЛА

1. Включите генератор Г4-102.
2. Соединить кабелем основной выход генератора Г4-102 « μV » со входом $\oplus$ усилителя Y.
3. Выставить на аттенюаторе ручками ступенчатой и плавной регулировки максимальное напряжение на выходе генератора Г4-102 « μV » - 5×10^5 мкВ или 0,5 В эффективного (среднеквадратического) значения. Необходимо помнить, что без 50-и омной нагрузки напряжение на выходе генератора в два раза больше, чем обозначено на шкале аттенюатора.
4. Установите частоту генератора 1 МГц.
5. Установите переключатель входа « $\approx \perp \sim$ » усилителя Y в положение « $\sim$ ».
6. Установите переключатель «x1; x0,1; $\oplus X$ »развертки в положение « $\times 1$ ».
7. Установите переключатель «Z. Z. ϕ » развертки в положение «Z».
8. Установите переключатель «ВНУТР.; СЕТЬ; ВНЕШН. 1:1; 1 : 10» синхронизации в положение «ВНУТР».
9. Установите тумблер « $\approx \sim$ » синхронизации в положение« $\sim$ ».
10. Переключателем «ВРЕМЯ/ДЕЛ.»развертки установить время развертки 0,2 μs . Ручку «ПЛАВНО» этого переключателя повернуть в крайнее положение по часовой стрелке после щелчка.
Включить тумблер « μV » основного выхода генератора Г4-102

Установите переключатель «V/ДЕЛ.» усилителя Y так, чтобы сигнал на экране ЭЛТ занимал около 7 делений.

Ручка «ПЛАВНО» усилителя Y должна быть установлена в крайнее по часовой стрелке положение «▼» после щелчка.

Установите ручкой «УРОВЕНЬ» синхронизации устойчивое изображение.

Установите ручку «I» усилителя Y так, чтобы нижний уровень сигнала совпадал с одной из нижних линий сетки, а верхний уровень находился в пределах рабочей части экрана.

Сместите ручками грубо «▼» и плавно «▼▼ ↔» горизонтальной развертки изображение таким образом, чтобы верхний уровень сигнала находился на центральной вертикальной линии (рисунок 7);

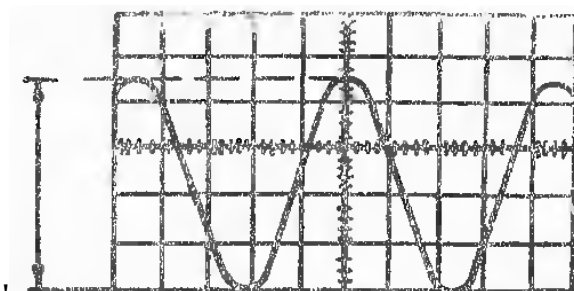


Рис. 7. Измерение полного размаха сигнала (максимум расположен на градуированной вертикали)

Измерьте расстояние в делениях между крайними точками размаха сигнала и умножьте его на показание переключателя V/ДЕЛ. и, таким образом определите размах и амплитуду измеряемого синусоидального напряжения.

Рассчитайте эффективное значение напряжения.

Определите абсолютную и относительную погрешности измерения напряжения.

Проведем фотографирование этой осциллограммы и положения органов управления для отчета. На рисунке 8 представлена фотография осциллограммы и положение органов управления для раздела 4.7.



Рис. 8. Фотография осциллограммы и органов управления для раздела 4.7

4.8. ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ

Выполните пункты от 1 до 10 раздела 4.7.

Переключателем ВРЕМЯ/ДЕЛ развертки установить время развертки, при которой расстояние между двумя измеряемыми точками будет меньше 8 делений, т. к. возможна нелинейность изображения в первом и последнем делениях шкалы (в нашем случае 0,1 μ с).

Установите переключатель V/ДЕЛ. усилителя Y так, чтобы сигнал на экране ЭЛТ занимал около 7 делений.

Ручка ПЛАВНО усилителя Y должна быть установлена в крайнее по часовой стрелке положение $\blacktriangledown$ после щелчка.

Установите ручкой УРОВЕНЬ синхронизации устойчивое изображение.



Рис. 9. Измерение временного интервала

Ручкой $\updownarrow$ усилителя Y переместите изображение таким образом, чтобы точки, между которыми измеряется время, находились на горизонтальной центральной линии.

Сместите ручки грубо $\blacktriangledown$ и плавно $\blacktriangledown\blacktriangledown$ $\longleftrightarrow$ горизонтальной развертки изображение таким образом, чтобы точки между которыми измеряется время, находились в пределах восьми центральных делений сетки.

Измерьте горизонтальное расстояние между измеряемыми точками в единицах градуировочной шкалы (рисунок 10) и умножьте его на показание переключателя ВРЕМЯ/ДЕЛ. развертки. Если на переключателе $\times 1$; $\times 0,1$; $\odot$ $\times$ развертки используется умножение развертки $\times 0,1$, результат умножьте на 0,1.

Проведем фотографирование этой осциллограммы и положения органов управления для отчета. На рисунке 10 представлена фотография осциллограммы и положение органов управления для раздела 4.8.

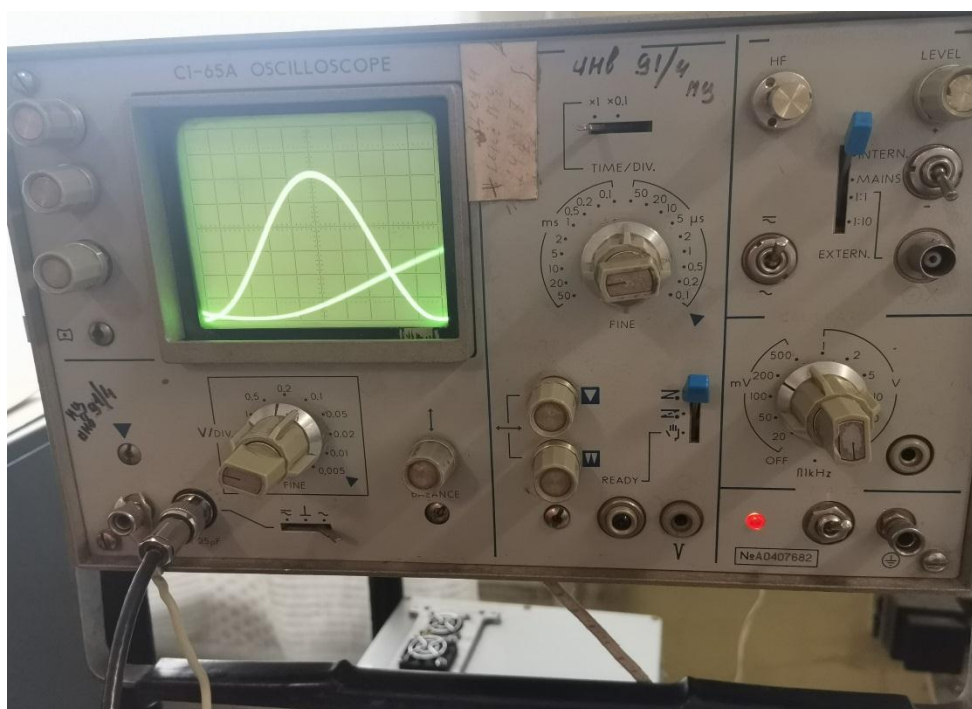


Рис. 10. Фотография осциллограммы и органов управления для раздела 4.8

4.9. ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРИОДА СИНУСОИДАЛЬНОГО СИГНАЛА

Выполните пункты от 1 до 10 раздела 4.7.

Переключателем ВРЕМЯ/ДЕЛ развертки установить время развертки, при которой на экране осциллографа можно наблюдать от одного до двух периодов синусоидальных напряжений. Ручка ПЛАВНО этого переключателя должна быть в крайнем положение по часовой стрелке после щелчка

Установите ручку ПЛАВНО усилителя Y в среднее положение.

Установите переключатель $V/\text{ДЕЛ.}$ усилителя Y так, чтобы сигнал на экране ЭЛТ занимал от 5 до 8 делений, то на всю градуированную шкалу по вертикали.

Установите ручкой УРОВЕНЬ синхронизации устойчивое изображение.

Ручками $\updownarrow$ и ПЛАВНО усилителя Y добиться, чтобы размах синусоиды был точно в пределах от нижней до верхней градуированных горизонтальных линий, как показано на рисунке 11.

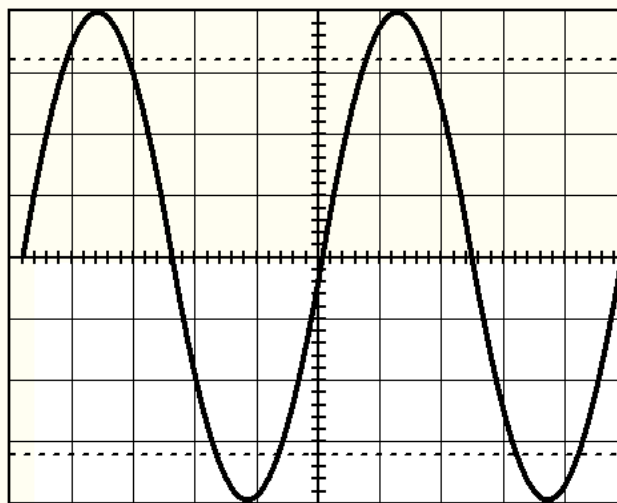


Рис. 11. Установка размаха синусоидального сигнала в пределах вертикальной градуированной шкалы

Переключателем ВРЕМЯ/ДЕЛ развертки установить время развертки, при которой на экране осциллографа можно наблюдать от 0,6 до 1 периода синусоидальных напряжений.

Сместите ручками грубо $\blacktriangledown$ и плавно $\blacktriangledown\blacktriangledown \longleftrightarrow$ горизонтальной развертки изображение таким образом, чтобы точки пересечения осциллограммой горизонтальной градуированной линии сетки находились в пределах восьми центральных делений этой линии сетки и симметрично относительно центральной вертикальной градуированной линии шкалы, как показано на рисунке 12.

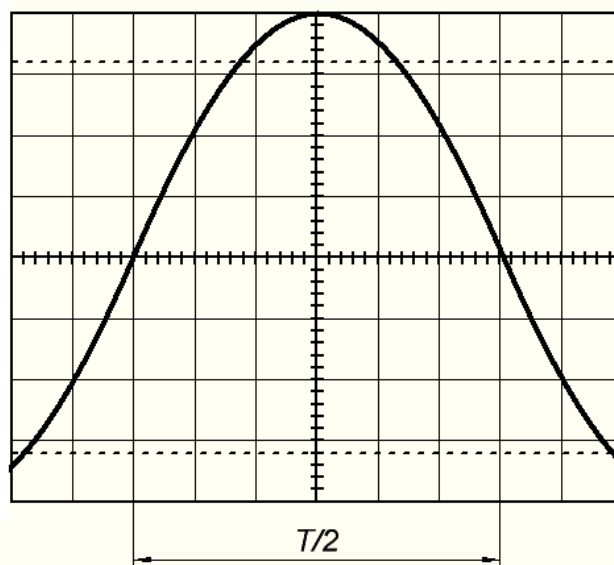


Рис. 12. Вид осциллограммы для отсчета меток градуированной шкалы при измерении периода синусоидального сигнала (T – период сигнала, дел)

Измерьте горизонтальное расстояние между измеряемыми точками пересечения осциллограммой центральной горизонтальной градуированной линии в единицах градуированной шкалы. Вследствие симметричности синусоиды относительно центральной горизонтальной градуированной линии расстояние между точками пересечения осциллограммой этой линии будет согласно рисунку 12 равняться половине периода синусоидального сигнала. Удвоенное значение этого расстояния будет равняться периоду.

Умножьте расстояние, полученное ранее, на показание переключателя ВРЕМЯ/ДЕЛ. развертки. Если на переключателе $\times 1$; $\times 0,1$; $\odot \times$ развертки используется умножение развертки $\times 0,1$, результат умножьте на 0,1.

Определите абсолютную и относительную погрешности измерения периода.

Проведем фотографирование этой осциллограммы и положения органов управления для отчета. На рисунке 13 представлена фотография осциллограммы и положение органов управления для раздела 4.9.

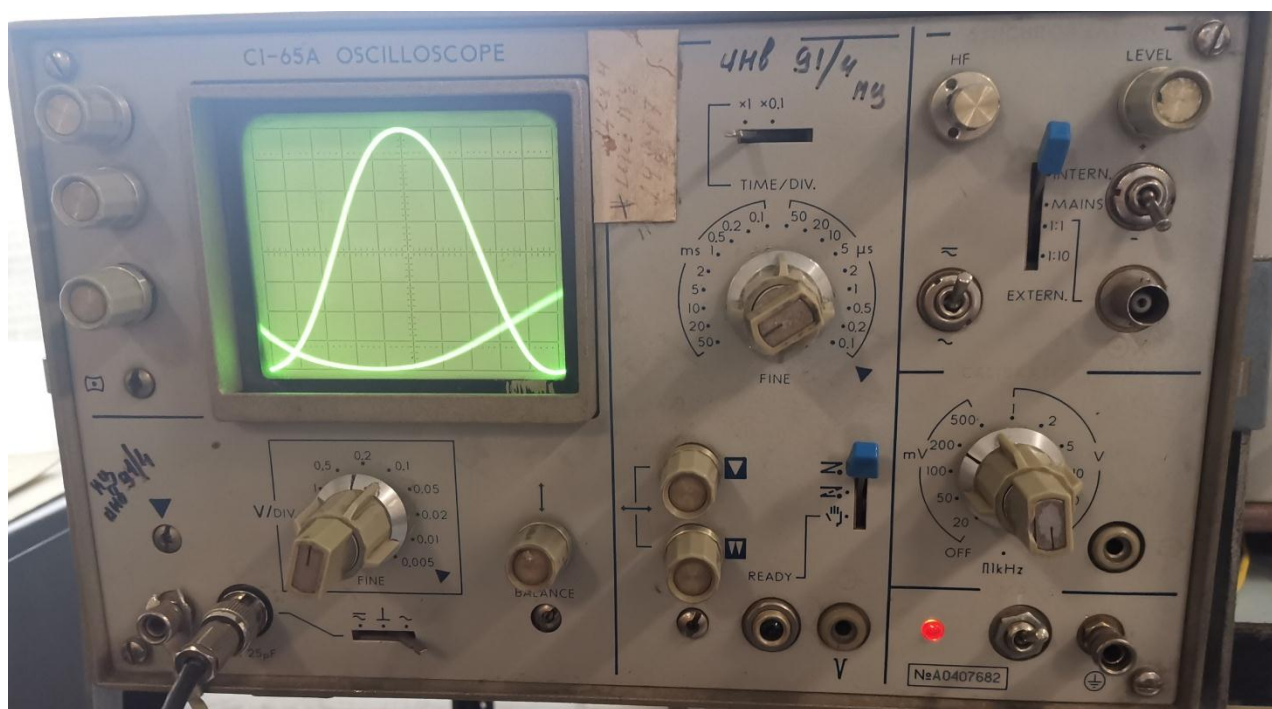


Рис. 13. Фотография осциллограммы и органов управления для раздела 4.9

4.10. ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ МЕТОДОМ СРАВНЕНИЯ

В ряде случаев требуется определить значение коэффициентов отклонения, отличающихся от устанавливаемых ступенчатым переключателем аттенюатора $V/\text{ДЕЛ}$. усилителя Y . Этот метод используется при сравнении амплитуды исследуемого сигнала с амплитудой контрольного (исходного) напряжения. Для этого необходимо определить новый коэффициента отклонения.

Выполните пункты от 1 до 10 пункта 4.7.

Переключателем ВРЕМЯ/ДЕЛ развертки установить время развертки 0,2 мс.

Установите переключатель V/ДЕЛ. ($Y_{исх}$) усилителя Y так, чтобы размах сигнала на экране ЭЛТ занимал около $6 \div 7$ делений. Как правило, размер размаха такого сигнала не совпадает точно с целым числом делений. Идентифицируем этот сигнал как исходный.

Установите ручкой УРОВЕНЬ синхронизации устойчивое изображение исходного сигнала.

Установите переключателем V/ДЕЛ. и ручкой ПЛАВНО усилителя Y изображение на точное число делений ($A_{н\text{ исх}}$). Не изменяйте установку ручки ПЛАВНО после получения желаемого изображения. Идентифицируем этот сигнал в делениях как новый.

Разделите амплитуду исходного сигнала $U_{т\text{ исх}}$ (в нашем случае 1,41 В) на величину отклонения в делениях $A_{н\text{ исх}}$ (определенной ранее). Результат представляет собой сравнительный коэффициент отклонения в В/Дел: $K_{ср} = U_{т\text{ исх}} / A_{н\text{ исх}}$. Относительный сравнительный коэффициент отклонения равняется отношению сравнительного коэффициента отклонения к значению положения переключателя в В/Дел: $K_{ср\text{ отн}} = Y_{ср} / Y_{исх}$.

Для определения коэффициента отклонения $K_{i\text{ ср}}$ в любом положении переключателя Y_i , V/ДЕЛ. усилителя Y умножьте показание Y_i переключателя V/ДЕЛ. на относительный сравнительный коэффициент отклонения $K_{ср\text{ отн}}$, который рассчитали до этого.

Для определения размаха сигнала по сравнению с исходным сигналом выключите тумблер «μV» основного выхода генератора Г4-102.

Установите новое значение выходного напряжения 5×10^4 мкВ, что без 50-тиомной нагрузки соответствует напряжению 0,1 В эфф или имеет размах 0,282 В.

Включите тумблер «μV» основного выхода генератора Г4-102.

Установите переключатель V/ДЕЛ. в положение Y_i , обеспечивающее наиболее удобное для измерений отклонение. Не трогайте ручку ПЛАВНО.

Установите ручкой УРОВЕНЬ синхронизации устойчивое изображение исходного сигнала.

Определите новый относительный сравнительный коэффициент отклонения $K_{i\text{ ср}} = Y_i \times K_{ср\text{ отн}}$.

Измерьте размер изображения $A_{изм}$ сигнала в делениях.

Определите размах нового значения выходного напряжения $2U_{т\text{ изм}}$ как произведение нового относительного коэффициента отклонения $K_{i\text{ ср}}$, определенного на размер в делениях $A_{изм}$ размаха изображения сигнала.

Результаты измерений и расчетов свести в таблицу 4.

Таблица 4

Результаты измерений и расчетов по пункту 4.1.10 «Измерение напряжения методом сравнения»

Частота исходного сигнала генератора Г4-102, МГц	1	Примечание
Выходное эффективное напряжение исходного сигнала по шкале аттенюатора Г4-102, В	5	
Выходное эффективное напряжение исходного сигнала без 50-и омной нагрузки, В	1	
Выходное амплитудное напряжение исходного сигнала без 50-и омной нагрузки $U_{m\text{ исх}}$, В	1,41	
Положение переключателя ВРЕМЯ/ДЕЛ развертки, мкс (μс)	0.2	
Положение переключателя V/ДЕЛ. усилителя Y, В/дел: $Y_{исх}$	0,5	
Амплитудное напряжение исходного сигнала $A_{исх}$, дел.		
Амплитудное напряжение $A_{н\text{ исх}}$ нового сигнала, дел. (целое число делений)		
Сравнительный коэффициент отклонения, В/дел: $K_{ср} = U_{m\text{ исх}} / A_{н\text{ исх}}$		
Относительный сравнительный коэффициент отклонения $K_{ср\text{ отн}} = Y_{ср} / Y_{исх}$		
Новое выходное эффективное напряжение сигнала по шкале аттенюатора Г4-102, В	5×10^4 мкВ	
Новое выходное эффективное напряжение сигнала без 50-и омной нагрузки согласно шкалы аттенюатора	0,1 В эфф	
Новое выходное амплитудное (заявленное) напряжение сигнала без 50-и омной нагрузки согласно шкалы аттенюатора, В	0,141 В	
Размах нового напряжения сигнала без 50-и омной нагрузки согласно шкалы аттенюатора, В	0,282 В	
Новое положение Y_i переключателя V/ДЕЛ. усилителя Y, В/дел	0,05	
Новый относительный сравнительный коэффициент отклонения $K_{i\text{ ср}} = Y_i \times K_{ср\text{ отн}}$		
Размах нового $A_{изм}$ измеренного напряжения сигнала, дел		
Размах нового измеренного напряжения сигнала $U_{m\text{ изм}}$ с учетом нового коэффициента отклонения, В		
Абсолютная погрешность между заявленным и измеренным напряжениями, В		
Относительная погрешность между заявленным и измеренным напряжениями (погрешность измерения напряжения методом сравнения), %		

4.11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ УВО

Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики проводится путем измерения АЧХ по заранее оговоренным точкам в пределах

нормального диапазона амплитудно-частотной характеристики тракта вертикального отклонения, который находится в пределах от 0 до 10 МГц. При коэффициенте отклонения 0,005 В/дел. — от 0 до 7 МГц. Измерение АЧХ проводится во всех положениях переключателя В/ДЕЛ.

Установите ручку ПЛАВНО В/ДЕЛ. в крайнее положение по часовой стрелке после щелчка.

Переключатель В/ДЕЛ. усилителя У установите в положение 0,005.

Переключатель $\approx$; $\perp$; $\sim$ усилителя У установите в положение $\approx$.

Включите генератор Г4-102 и дайте им прогреться в течении 30 минут.

Установите на первом поддиапазоне частоту генератора Г4-102, равную 100 кГц.

Соедините кабелями основной выход генератора Г4-102 со входом усилителя У осциллографа.

Ступенчатый аттенюатор генератора Г4-102 установить в сектор $\times 10^3$ мкВ.

Включите тумблер « μ V» основного выхода генератора Г4-102.

Переключателем ВРЕМЯ/ДЕЛ развертки установить время развертки, при которой на экране осциллографа можно наблюдать от одного до двух периодов синусоидальных напряжений. Ручка ПЛАВНО этого переключателя должна быть в крайнем положении по часовой стрелке после щелчка

Установите ручкой УРОВЕНЬ синхронизации устойчивое изображение сигнала.

Плавным регулятором аттенюатора установите такую амплитуду сигнала, чтобы размер изображения на экране ЭЛТ составлял 6 делений.

Если напряжения на входе УВО недостаточно, то необходимо ступенчатый аттенюатор генератора Г4-102 установить в сектор $\times 10^4$ мкВ и плавным регулятором аттенюатора установить размер изображения на экране ЭЛТ равный 6 делений.

Определите по шкале аттенюатора генератора Г4-102 значение выходного напряжения (в этом случае немного больше 10 мВ), при котором размер изображения на экране ЭЛТ равен 6 делений.

Измерьте размер изображения сигнала на частотах 500 кГц, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 МГц. При этом напряжение входного сигнала должна быть постоянное и равное контрольному напряжению сигнала на частоте 100 кГц, а переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. развертки и ручка УРОВЕНЬ синхронизации должны обеспечивать наблюдение на экране осциллографа от одного до двух периодов синусоидального напряжения. Контролируйте размер изображения при переходе от одной частоты к другой.

Переключатель В/ДЕЛ. усилителя У установите в положение 0,01.

Установите на первом поддиапазоне частоту генератора Г4-102, равную 100 кГц.

Ступенчатым и плавным регулятором аттенюатора генератора Г4-102 установите такую амплитуду сигнала, чтобы размер изображения на экране ЭЛТ составлял 6 делений.

Переключателем ВРЕМЯ/ДЕЛ развертки установить время развертки, при которой на экране осциллографа можно наблюдать от одного до двух периодов синусоидальных напряжений. Ручка ПЛАВНО этого переключателя должна быть в крайнем положении по часовой стрелке после щелчка.

Установите ручкой УРОВЕНЬ синхронизации устойчивое изображение сигнала.

Измерьте размер изображения сигнала на частотах 500 кГц, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 МГц. При этом напряжение входного сигнала должна быть постоянное и равное контрольному напряжению сигнала на частоте 100 кГц, а переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. развертки и ручка УРОВЕНЬ синхронизации должны обеспечивать наблюдение на экране осциллографа от одного до двух периодов синусоидального напряжения. Контролируйте размер изображения при переходе от одной частоты к другой.

Выключите тумблер « μV » основного выхода генератора Г4-102.

Отсоедините кабель, соединяющий основной выход генератора Г4-102 и тройной ВЧ соединитель.

Результаты измерения АЧХ УВО занести в таблицу 5.

Таблица 5

Результаты измерения АЧХ УВО и расчета ее неравномерности

Единица измерения частоты		кГц		МГц						
Частота сигнала		100	500	1	2	3	4	5	7	10
Десятичный логарифм частоты сигнала, Гц		5	5,7	6	6,3	6,5	6,6	6,7	6,8	7
Положение переключателя осциллографа ВРЕМЯ/ДЕЛ										
Положение переключателя осциллографа V/ДЕЛ										
0,005	Напряжения по шкале аттенюатора генератора Г4-102									
	Напряжения по калиброванной шкале осциллографа, дел	6								
	Отклонение напряжения от контрольного по калибровочной шкале осциллографа	0								
	Неравномерность АЧХ, %	0								
0,01	Напряжения по шкале аттенюатора генератора Г4-102									
	Напряжения по калиброванной шкале осциллографа, дел	6								
	Отклонение напряжения от контрольного по калибровочной шкале осциллографа	0								
	Неравномерность АЧХ, %	0								
0,02	Напряжения по шкале аттенюатора генератора Г4-102									
	Напряжения по калиброванной шкале осциллографа, дел	6								
	Отклонение напряжения от контрольного по калибровочной шкале осциллографа	0								
	Неравномерность АЧХ, %	0								

Единица измерения частоты		кГц		МГц						
Частота сигнала		100	500	1	2	3	4	5	7	10
Десятичный логарифм частоты сигнала, Гц		5	5,7	6	6,3	6,5	6,6	6,7	6,8	7
0,05	Напряжения по шкале аттенюатора генератора Г4-102									
	Напряжения по калиброванной шкале осциллографа, дел	6								
	Отклонение напряжения от контрольного по калибровочной шкале осциллографа	0								
	Неравномерность АЧХ, %	0								
0,1	Напряжения по шкале аттенюатора генератора Г4-102									
	Напряжения по калиброванной шкале осциллографа, дел	6								
	Отклонение напряжения от контрольного по калибровочной шкале осциллографа	0								
	Неравномерность АЧХ, %	0								
0,2	Напряжения по шкале аттенюатора генератора Г4-102									
	Напряжения по калиброванной шкале осциллографа, дел	6								
	Отклонение напряжения от контрольного по калибровочной шкале осциллографа	0								
	Неравномерность АЧХ, %	0								

Неравномерность амплитудно-частотной характеристики в процентах подсчитывается по формуле

$$N_1 = \frac{H_2 - H_1}{H_1} \cdot 100,$$

где H_1 — размер изображения в делениях на частоте 100 кГц; H_2 — размер изображения в делениях, максимально, отличающийся от размера изображения на частоте 100 кГц.

Результат считается удовлетворительным, если неравномерность АЧХ не превышает 5%.

Построить графики зависимости неравномерности АЧХ, % от логарифма частоты для положений переключателя V/ДЕЛ. усилителя Y осциллографа 0,005; 0,02 и 0,1. Получается три рисунка. Подрисуночная надпись к одному из этих рисунков: “Рисунок 11 – График зависимости неравномерности АЧХ, % от логарифма частоты для положения переключателя V/ДЕЛ. усилителя Y осциллографа 0,005”.

4.12. ИЗУЧЕНИЕ ОРГАНОВ ОПЕРАТИВНОЙ РЕГУЛИРОВКИ БЛОКА СИНХРОНИЗАЦИИ

Установить ручки оперативных регулировок согласно разделу 4.1.

Установите переключатель V/ДЕЛ. усилителя Y в положение 0,05, а регулятор ПЛАВНО этого переключателя по часовой стрелке в крайнем положении после щелчка.

Соедините кабелем гнездо $\ominus$ калибратора с гнездом $\oplus$ усилителя Y. Размер изображения должен составлять четыре деления.

Установите переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. развертки в положение 0,2 ms, а регулятор ПЛАВНО этого переключателя по часовой стрелке в крайнем положении после щелчка.

Поворачивайте ручку УРОВЕНЬ до получения устойчивого изображения. При этом на 10 делениях шкалы экрана должно укладываться 2 периода импульсов калибратора, а развертка должна начинаться с положительного фронта прямоугольного импульса калибратора.

Проведем фотографирование этой осциллограммы и положения органов управления для отчета. На рисунке 14 представлена фотография осциллограммы и положение органов управления в режиме внутренней синхронизации по переднему фронту импульса.

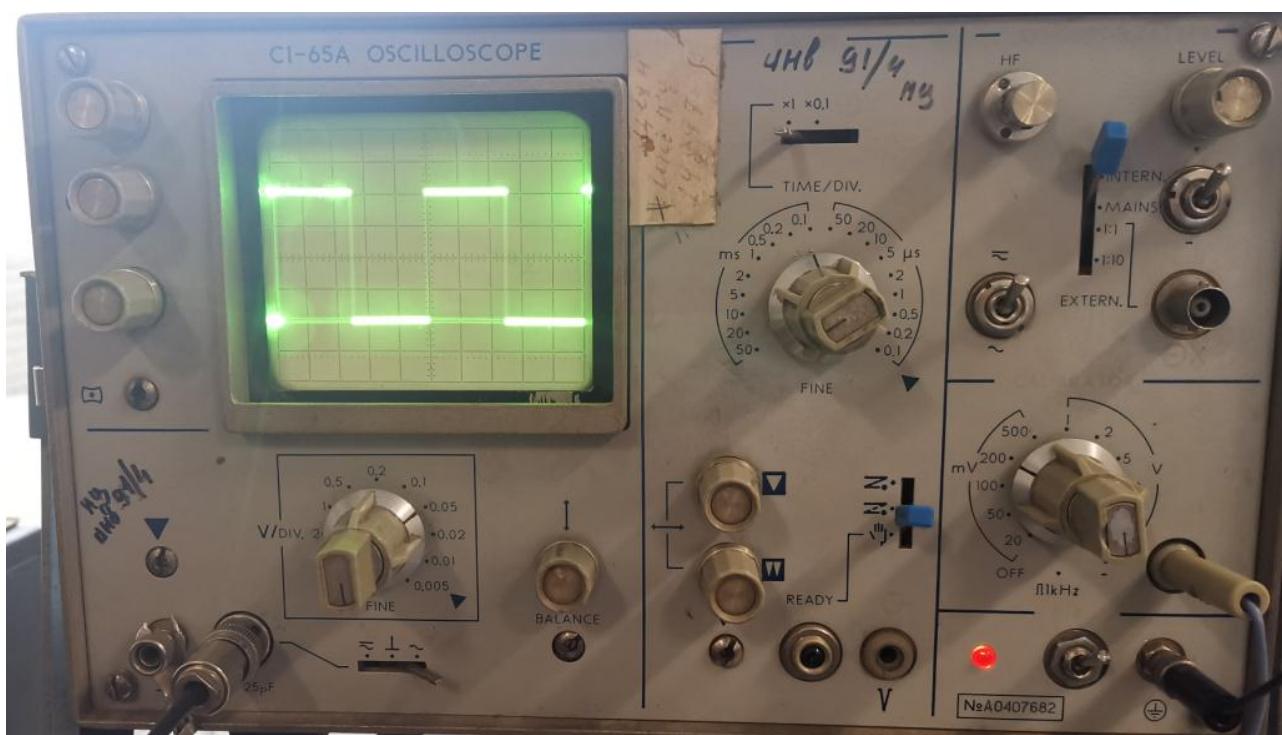


Рис. 14. Фотография осциллограммы и положение органов управления в режиме внутренней синхронизации по переднему фронту импульса

Установите тумблер « $\pm$ » в положение «—». Развертка должна начинаться с отрицательного фронта прямоугольного импульса калибратора. Когда на экране ЭЛТ появляется несколько периодов исследуемого сигнала, положение тумблера « $\pm$ » не имеет значения.

Проведем фотографирование этой осциллограммы и положения органов управления для отчета. На рисунке 15 представлена фотография осциллограммы и положение органов управления в режиме внутренней синхронизации по заднему фронту импульса.

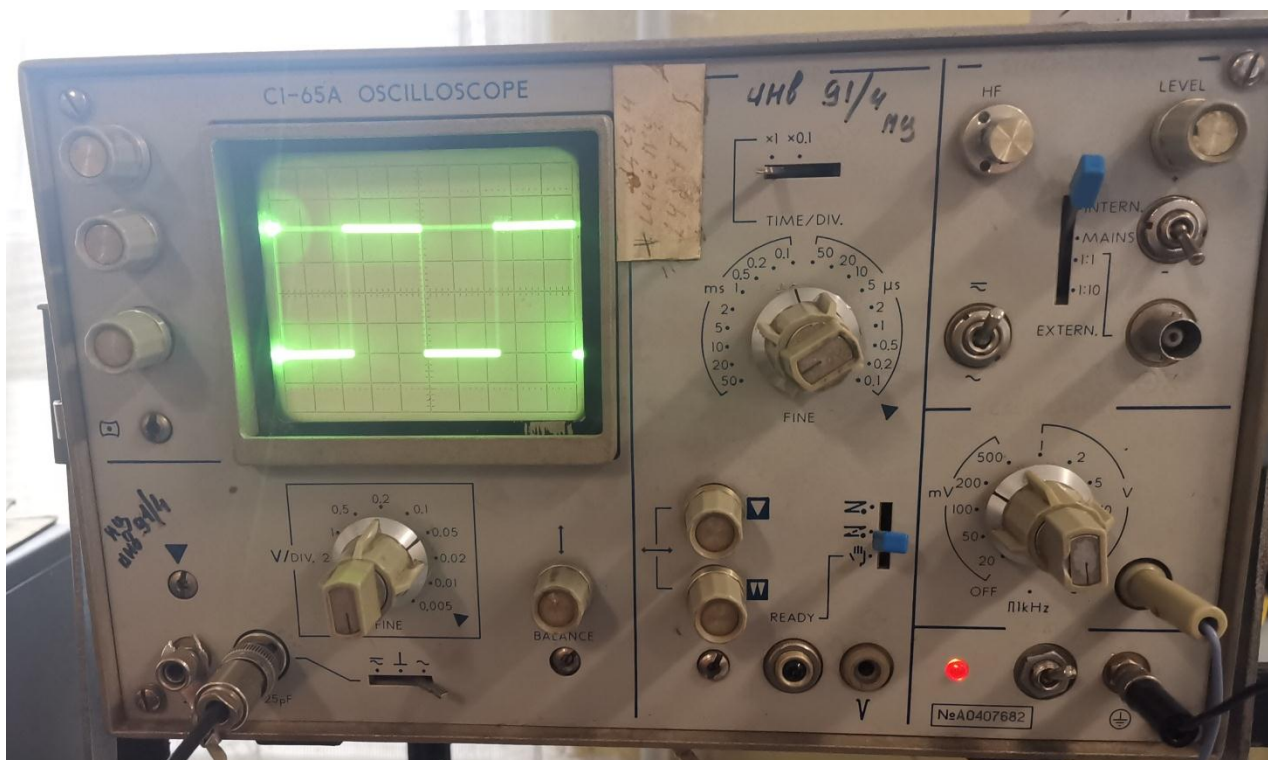


Рис. 15. Фотография осциллограммы и положение органов управления в режиме внутренней синхронизации по заднему фронту импульса

Установите тумблер $\approx \sim$ в положение $\approx$.

Поворачивайте ручку **1** усилителя Y до тех пор, пока изображение станет неустойчивым. Смещение изображения изменяет уровень постоянной составляющей, который влияет на синхронизацию при режиме запуск.

Проведем фотографирование этой осциллограммы и положения органов управления для отчета. На рисунке 16 представлена фотография осциллограммы и положение органов управления в режиме срыва синхронизации при изменении уровень постоянной составляющей.



Рис. 16. Фотография осциллограммы и положение органов управления режиме срыва синхронизации при изменении уровня постоянной составляющей

Верните изображение в центр экрана. Синхронизация должна восстановиться.

Отключите кабель от гнезда $\oplus$ усилителя Y .

Подключите этот кабель к одному из портов ВЧ тройного соединителя.

Подключите любой другой порт ВЧ тройного соединителя другим кабелем к гнезду $\oplus$ усилителя Y .

Подключите оставшийся третий порт ВЧ тройного соединителя третьим кабелем к гнезду $\oplus X$ для внешнего синхронизирующего сигнала.

Установите переключатель «ВНУТР.; СЕТЬ; ВНЕШН. 1:1; 1 : 10» в положение «ВНЕШН. 1:1».

Регулировки ручкой управления УРОВЕНЬ добейтесь устойчивого изображения

Установите тумблер « $\pm$ » синхронизации в положение «+». Развертка должна начинаться с положительного фронта прямоугольного импульса калибратора.

Проведем фотографирование этой осциллограммы и положения органов управления для отчета. На рисунке 17 представлена фотография осциллограммы и положение органов управления в режиме внешней синхронизации по переднему фронту импульса.

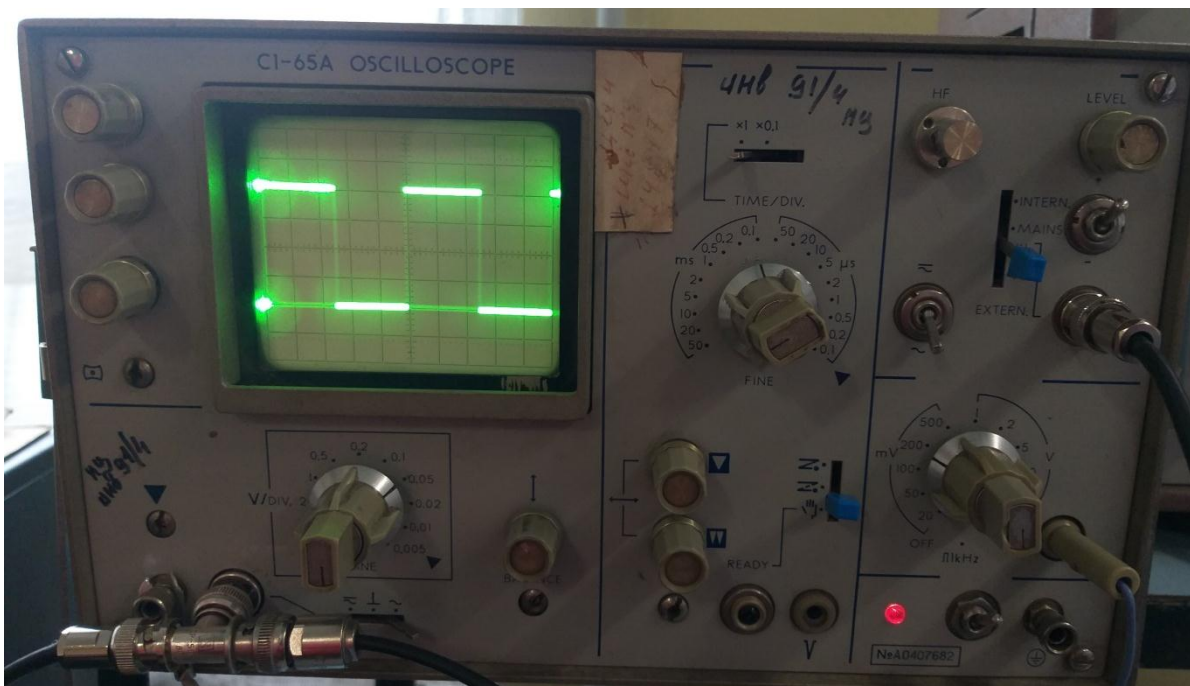


Рис. 17. Фотография осциллограммы и положение органов управления в режиме внешней синхронизации по переднему фронту импульса

Установите тумблер « $\pm$ » в положение «—». Развертка должна начинаться с отрицательного фронта прямоугольного импульса калибратора.

Проведем фотографирование этой осциллограммы и положения органов управления для отчета. На рисунке 18 представлена фотография осциллограммы и положение органов управления в режиме внешней синхронизации по заднему фронту импульса.

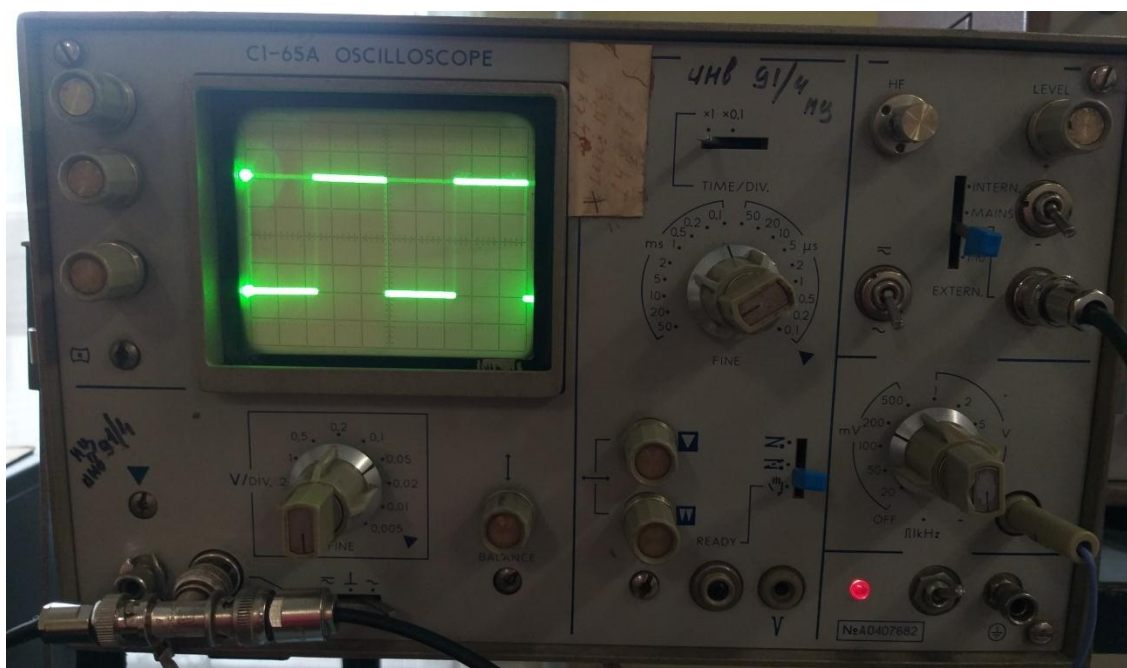


Рис. 18. Фотография осциллограммы и положение органов управления в режиме внешней синхронизации по заднему фронту импульса.

Установите переключатель ВНУТР.; СЕТЬ; ВНЕШН. 1:1; 1:10 в положение ВНЕШН. 1:10. Регулировки те же, что в положении ВНЕШН. 1:1. При этом ручка УРОВЕНЬ имеет меньший диапазон регулировки в этом режиме, т. к. сигнал синхронизации ослабляется.

Верните переключатель ВНУТР.; СЕТЬ; ВНЕШН. 1:1; 1:10 в положение ВНУТР.

4.13. ПРОВЕРКА КАЛИБРОВКИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАЗВЕРТКИ

Установите переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. развертки в положение 0,5 ms, а ручку ПЛАВНО этого переключателя по часовой стрелке в крайнем положении после щелчка.

Установите переключатель V/ДЕЛ. усилителя Y в положение 0,02, а ручку ПЛАВНО этого переключателя по часовой стрелке в крайнем положении после щелчка.

Установите переключатель «ВЫКЛ. 1 kHz —» калибратора в положение 1 kHz, переключатель уровень выходного напряжения калибратора в положение 100 mV.

Регулировки ручкой управления УРОВЕНЬ развертки добейтесь устойчивого изображения.

С помощью отвертки откалибруйте развертку потенциометром ▼, выведенный под шлиц так, чтобы на 10 делениях шкалы экрана укладывалось 5 периодов импульсов калибратора.

Проведем фотографирование этой осциллограммы и положения органов управления для отчета. На рисунке 19 представлена фотография осциллограммы и положение органов управления после калибровки длительности развертки.



Рис. 19. Фотография осциллограммы и положение органов управления после калибровки длительности развертки

4.14. ПРОВЕРКА РАСТЯЖКИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАЗВЕРТКИ

В осциллографе предусмотрена десятикратная растяжка центрального участка длительности развертки. Эквивалентная длительность растянутой развертки составляет 100 делений.

Установите переключатель V/ДЕЛ. усилителя Y в положение 0,2, а ручку ПЛАВНО этого переключателя по часовой стрелке в крайнем положении после щелчка.

Переключатель $\approx$; $\perp$; $\sim$ усилителя Y установите в положение $\sim$.

Кабель, идущий от гнезда $\oplus$ усилителя Y, отсоедините от ВЧ тройного соединителя и подсоедините его к основному выходу генератора Г4-102.

Установите частоту генератора 10 МГц

Ступенчатый аттенюатор генератора Г4-102 установить в «красный» сектор $\times 10^5$ мкВ

Включите тумблер « μ V» основного выхода генератора Г4-102.

Плавным регулятором аттенюатора генератора Г4-102 установите такую амплитуду сигнала, чтобы размер изображения на экране ЭЛТ составлял 6 делений.

Регулировкой ручкой управления УРОВЕНЬ добейтесь устойчивого изображения. Изображение должно представлять собой 10 периодов синусоидального сигнала на 10-ти делениях градуированной шкалы экрана ЭЛТ.

При помощи ручек управления горизонтальным перемещением луча развертки $\longleftrightarrow$ грубо $\blacktriangledown$ и точно $\blacktriangledown\blacktriangledown$ переместите в центр экрана ЭЛТ часть изображения, которую необходимо растянуть.

Проведите фотографирование этой осциллограммы и положения органов управления для отчета. На рисунке 20 показана фотография осциллограммы и положение органов управления до растяжки изображения.

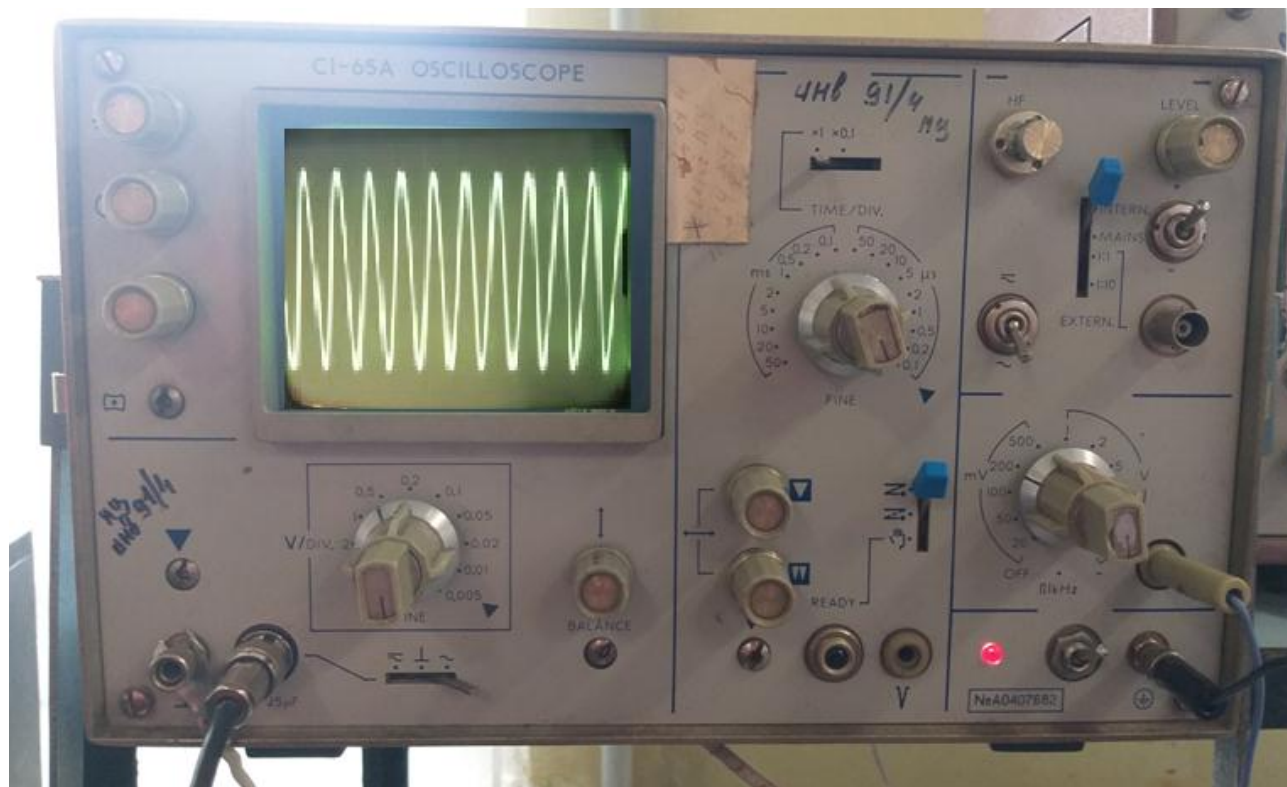


Рис. 20. Фотография осциллограммы и положение органов управления до растяжки изображения

Установите переключатель $\times 1$; $\times 0,1$; $\odot$ X развертки в положение $\times 0,1$. Скорость развертки определяется путем умножения на 0,1 показаний переключателя ВРЕМЯ/ДЕЛ.

Регулировкой ручками управления «УРОВЕНЬ» и «ВЧ» синхронизации добейтесь устойчивого изображения.

При помощи ручек управления горизонтальным перемещением луча развертки $\longleftrightarrow$ грубо $\blacktriangledown$ и точно $\blacktriangledown\blacktriangledown$ участок растянутой развертки в форме, удобной для наблюдения, размером до 10 делений установите на экране ЭЛТ. Изображение должно представлять собой один период синусоидального сигнала на 10-ти делениях градуированной шкалы экрана ЭЛТ.

При помощи ручки ПЛАВНО развертки установите требуемый размер изображения растянутого участка.

Проведем фотографирование этой осциллограммы и положения органов управления для отчета. На рисунке 21 представлена фотография осциллограммы и положение органов управления после растяжки изображения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нефедов В.И. Метрология и радиоизмерения: учебник для вузов / В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Бирюков [и др.]; ред. В.И. Нефедов – 2 изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2006 – 526 с.
2. Афонский, А. А. Измерительные приборы и массовые электронные измерения: справочник / А. А. Афонский, В. П. Дьяконов - М., СОЛОН-ПРЕСС, 2007 г., - 541 с.
3. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник: допущено МО РФ / Ю.В. Димов - 3-е изд. - СПб.: Питер, 2010 (СПб. : Печатный двор им. А. М. Горького, 2005). - 432 с.
4. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: учебник для вузов : допущено МО РФ / под ред. В. И. Нефедова, А. С. Сигова. - изд. 3-е, перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 2005 (Смоленск : Смоленская обл. типография им. В. И. Смирнова, 2005). - 598 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Лабораторная работа №5. Изучение универсального осциллографа С1-65А3	
1.1. Цель работы	3
1.2. Содержание работы	3
2. Краткие теоретические сведения	3
2.1. Технические данные	3
2.2. Принципы действия	6
3. Домашнее задание и методические указания по его выполнению	8
3.1. Изучить материал соответствующих лекций и следующие разделы по литературе:	8
3.2. Изучить органы управления осциллографа С1-65А.....	9
4. Лабораторное задание и методические указания по его выполнению	12
4.1. Первичные оперативные регулировки:.....	13
4.2. Регулировка качества линий осциллограммы.....	14
4.3. Определение основной погрешности калибратора амплитуды и длительности.....	16
4.4. Определение постоянного выходного напряжения калибратора производится прямым измерением с помощью тестера М-832 или ему аналогичных.....	18
4.5. Балансировка усилителя Y.....	19
4.6. Определение коэффициентов отклонения усилителя Y	20
4.7. Измерение напряжения синусоидального сигнала.....	22
4.8. Измерение временных интервалов.....	24
4.9. Измерение периода синусоидального сигнала.....	25
4.10. Измерение напряжения методом сравнения	27
4.11. Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики УВО.....	29
4.12. Изучение органов оперативной регулировки блока синхронизации.....	32
4.13. Проверка калибровки длительности развертки.....	37
4.14. Проверка растяжки длительности развертки	38
Заключение.....	40
Библиографический список.....	41

Метрология и радиоизмерения

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению лабораторной работы № 5
для студентов специальности 11.05.01
«Радиоэлектронные системы и комплексы»
очной формы обучения*

Составитель
Худяков Юрий Васильевич

В авторской редакции

Подписано к изданию 13.09.2022.
Уч.-изд. л. 2,3.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84