

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
"ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ"
РАЗДЕЛ "ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ, МАГНИТНЫХ И
НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН. ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ"
(для студентов специальностей СЗО1-СЗО3)

Утверждено
на заседании кафедры
электрических машин.
Протокол № 12 от 02.07.92.

Перезатверджено
на засіданні кафедри
«Електромеханіки і ТОЕ»
протокол № 1 від 30.08.2013

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Промышленная электроника и информационно-измерительная техника в электроэнергетике". Раздел "Измерение электрических, магнитных и неэлектрических величин. Информационно-измерительные системы (для студентов специальностей 0301-0303) /Сост.: Л.А.Васильев, В.П.Корниенко. - Донецк: ДИИ. - 1992. - 71 с.

Содержат основные рекомендации по применению в технике измерений электронных и цифровых приборов, по измерению параметров магнитных цепей и исследованию преобразователей неэлектрических величин, а также по информационно-измерительным системам.

Подготовлены в соответствии с программой дисциплины для студентов энергетических специальностей.

Составители:

Л.А.Васильев, доц.
В.П.Корниенко, доц.

Отв. за выпуск

М.З.Дудник, проф.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ОСЦИЛЛОГРАФА

Цель работы: изучить устройство и применение электронно-лучевого осциллографа.

Оборудование и приборы

В работе используются электронно-лучевые осциллографы (ЭЛО) типов С1-67, С1-72 и С1-73, лабораторный стенд 87Л-01, магазины сопротивлений РЗЗ, специальные лабораторные панели.

Пояснения к работе

Электронно-лучевой осциллограф - это прибор для наблюдения, измерения и регистрации параметров электрических сигналов, использующий отклонение одного или нескольких электронных лучей для получения изображений мгновенных значений функциональных зависимостей переменных величин, одной из которых обычно является время.

По ГОСТ 15094-69 "Приборы электронные радиоизмерительные. Классификация. Наименования и обозначения" ЭЛО относятся к подгруппе С (приборы для наблюдения, измерения и исследования формы сигнала и спектра) и классифицируются следующим образом:

- С1 - осциллографы универсальные;
- С2 - измерители коэффициента глубины амплитудной модуляции;
- С3 - измерители девиации частоты;
- С4 - анализаторы спектра;
- С6 - измерители нелинейных искажений;
- С7 - осциллографы скоростные, стробоскопические;
- С8 - осциллографы запоминающие;
- С9 - осциллографы специальные.

В универсальном осциллографе исследуемый сигнал подается через канал вертикального отклонения (аттенюаторы, усилители) на вертикально-отклоняющую систему электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), а горизонтальное отклонение осуществляется генератором развертки.

Стробоскопический осциллограф использует для изображения формы сигнала упорядоченный (или случайный) отбор мгновенных значений исследуемого сигнала и осуществляет временное преобразование сигнала

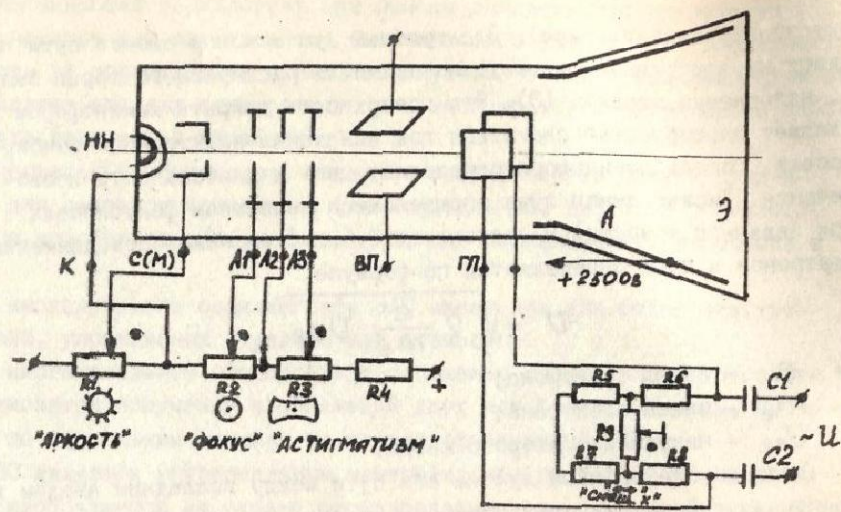


Рис. 8.1

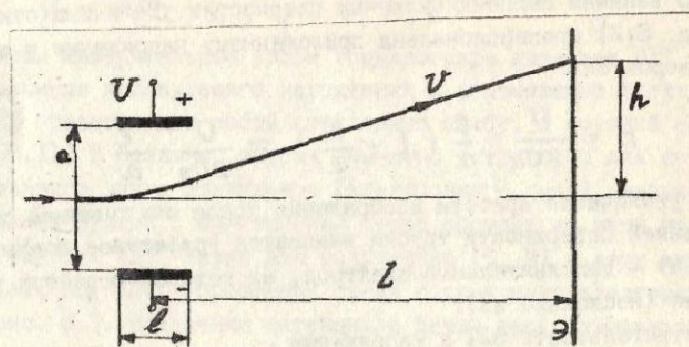


Рис. 8.2

на экране, создаваемого этим напряжением

$$k_0 = \frac{l}{S_u} = \frac{U}{h} \left[\frac{B}{\partial_{\text{дел}}} \cdot \frac{B}{\text{см}} \right]$$

ЭЛТ выпускаются с диаметром экрана от 70 до 180 мм, а рабочая площадь экрана значительно меньше - от 30x50 до 100x120 мм. Масштабная сетка наносится на внутреннюю поверхность баллона.

Упрощенная структурная схема ЭЛО показана на рис. 8.3.

По каналу Y поступает исследуемый сигнал U_y , вызывающий вертикальное отклонение луча в трубке. В канал Y входят: аттенуатор АТТ для ослабления больших сигналов; предварительный усилитель ПУ для усиления малых сигналов; линия задержки ЛЗ для небольшой временной задержки сигнала; оконечный усилитель ОУ, на выходе которого вырабатывается симметричный противофазный сигнал, поступающий на две вертикально отклоняющие пластины Y. Переключателем SA2 можно отключить канал Y и соединить пластины Y с гнездами "Вход на пластины Y". Этот вход используется в том случае, если частота сигнала выше верхней граничной частоты канала Y, а напряжение его не требует усиления.

Вход канала вертикального отклонения может быть открытым и закрытым. При открытом входе возможно прохождение как переменного, так и постоянного, при закрытом - только переменного напряжения. Виды входа на передней панели чаще всего обозначены и выбираются с помощью специального переключателя.

Делителем напряжения (аттенуатором) устанавливается допустимое входное напряжение, не перегружающее входной каскад. В осциллографах осуществляется деление входного напряжения в отношениях 1:1; 1:2; 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:1000; 1:2000. Бывает и дополнительный выносной делитель с коэффициентом делителя 1:10 и 1:100.

Делитель напряжения имеет отдельный переключатель для выбора нужного коэффициента отклонения k_0 , он размещается на передней панели и снабжается специальной надписью (например, "ВОЛЬТ/ДЕЛ").

Коэффициент отклонения k_0 - величина обратная чувствительности, и выражает отношение напряжения исследуемого сигнала к величине отклонения луча на экране. В современных осциллографах изменение чувствительности (коэффициента отклонения) осуществляется ступенями (переключателем) и плавно-потенциометром. Во всех положениях переключателя (например, "ВОЛЬТ/ДЕЛ") и одним, как правило,

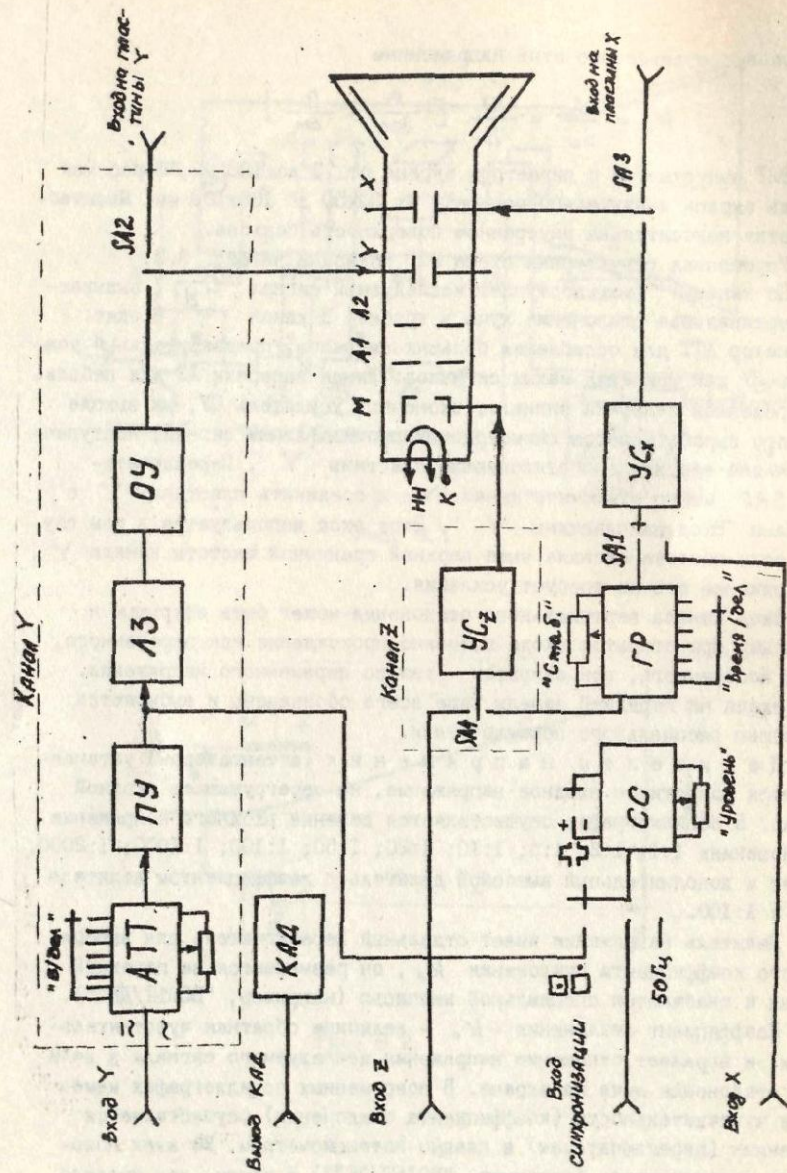


Рис. 8.3

крайне правом, потенциометра ("УСИЛЕНИЕ") нормируется погрешность чувствительности, а соответствующие значения коэффициента отклонения называются калиброванными.

Линия задержки применяется для задержки сигнала на единицы или десятки наносекунд (10^{-9} с) при исследовании случайных, однократных и непериодических сигналов.

Канал горизонтального отклонения луча обеспечивает получение пилообразного напряжения периодической развертки и ее синхронизацию; получение ждущей развертки и ее запуск; усиление напряжения развертки. Ступенчатый переключатель частоты развертываемого периодического пилообразного напряжения ("ВРЕМЯ/ДЕЛ"), ручка для плавной регулировки его ("ДЛИТЕЛЬНОСТЬ") и другие органы канала выведены на переднюю панель осциллографа.

По каналу X поступает напряжение U_x , вызывающее горизонтальное отклонение луча. Одновременное воздействие двух напряжений U_y и U_x на электронный луч трубки вызывает появление осциллограммы, отображающей зависимость $U_y = f(U_x)$ или $U_y = f(t)$. Напряжение U_x называют развертывающим напряжением, а канал X - каналом развертки. Главным узлом канала X является генератор развертки ГР, вырабатывающий пилообразное напряжение, пропорциональное времени: $U_x = m \cdot t$. Форма напряжения ГР показана на рис. 8.4. Это напряжение имеет три участка - участок, соответствующий прямому ходу луча $t_{пр}$; участок обратного хода луча $t_{обр}$ и участок блокировки $t_{бл}$. На последних двух участках от ГР на усилитель канала Z поступает напряжение, закрывающее электронную пушку и экран не засвечивается. $t_{пр}$ регулируется с помощью ручки "ВРЕМЯ/ДЕЛ", $t_{бл}$ - "СТАБИЛЬНОСТЬ", а $t_{обр}$ зависит от конструктивных особенностей ЭЛО. Основные режимы работы ГР следующие.

Автоколебательная развертка - режим работы ГР, когда развертка периодически запускается и при отсутствии сигнала запуска от схемы синхронизации СС.

Ждущая развертка - режим работы ГР, когда развертка запускается только при наличии сигнала запуска.

Однократная развертка - режим работы ГР, когда запуск его происходит один раз с последующей блокировкой. Для повторного запуска генератор необходимо восстановить (подготовить к запуску).

Кроме этих, существуют задержанная, задерживающая и смешанная развертки.

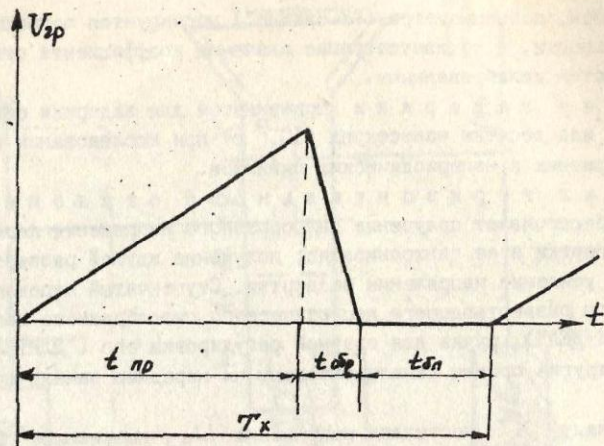


Рис. 8.4

Коэффициент развертки – отношение времени к длине перемещения луча на экране в течение этого времени, вызванного воздействием генератора развертки (например, мкс/дел)

$$K_p = \frac{t_x}{l_x} \quad [\text{ВРЕМЯ/ДЕЛ; ВРЕМЯ/СМ}].$$

Растяжка – это изменение в определенное число раз масштаба по горизонтали с целью увеличения изображения по ширине экрана.

Для получения на экране неподвижного изображения необходимо, чтобы период напряжения развертки был равен периоду исследуемого сигнала или в целое число раз был больше. Это достигается путем синхронизации.

Синхронизация – это процесс, при котором развертка становится зависимой от наблюдаемого сигнала или другого сигнала, связанного с наблюдаемым, с целью получения неподвижного изображения на экране. При внутренней синхронизации сигнал, управляющий работой схемы синхронизации, а значит и запуском ГР, подается из канала Y . Этот сигнал сравнивается со значением, задаваемым ручкой "УРОВЕНЬ", а при их равенстве на выходе СС появляется импульс, запускающий ГР.

В современных ЭЛО имеется возможность выбрать знак производной входного напряжения СС. При внешней синхронизации сигнал на СС должен подаваться от внешнего источника через вход на передней или боковой панели ЭЛО.

Канал управления яркостью луча предназначен для подачи на модулятор внешних сигналов, модулирующих яркость свечения экрана, и используется для создания яркостных калибровочных меток от внешнего сигнала при измерении частоты, временных интервалов.

Калибраторы амплитуды и длительности. Осциллографы снабжаются специальными измерительными устройствами – калибраторами для измерения амплитуды исследуемого сигнала и для измерения длительности импульсов, интервала между двумя импульсами и т.п. (калибраторы времени или длительности).

Калибратор амплитуды – это источник стабильного переменного напряжения известной амплитуды, которое может подключаться ко входу канала вертикального отклонения. Сигнал калибратора – строго прямоугольной формы с частотой 1–2 кГц и скважностью, равной двум. Имеются калибраторы и с синусоидальной формой сигнала.

Питание осциллографа осуществляется от сети переменного тока. Выпрямление переменного напряжения в постоянное, необходимое для питания цепей электронно-лучевой трубки, генератора развертки и усилителей, осуществляется через блок питания, состоящий из выпрямителей. Все узлы осциллографа монтируются в одном корпусе.

Электронно-лучевые осциллографы широко применяются во многих областях науки и техники: радиоэлектронике, экспериментальной физике, химии, биологии, медицине, металлургии и т.д. Приборостроительная промышленность выпускает несколько десятков типов универсальных осциллографов, например, С1-64, С1-67, С1-68, С1-72, С1-101 и др.

Условные графические обозначения органов управления на передней (боковой) панели ЭЛО представлены в табл. 8.1.

Таблица 8.1
Условные обозначения и назначение органов управления ЭЛО

Назначение органов управления и присоединения	Обозначение			
	Основное		Допускаемое	
	текстовое	графическое		
I	2	3	4	
Управление коэффициентом отклонения	ВОЛЬТ/ДЕЛ	-	$\frac{V}{ДЕЛ}$ ($\frac{V}{СМ}$)	
Управление коэффициентом развертки	ВРЕМЯ/ДЕЛ		ВРЕМЯ/СМ	
Перемещение луча по вертикали	СМЕЩЕНИЕ Y		СМЕЩ. Y	
Перемещение луча по горизонтали	СМЕЩЕНИЕ X		СМЕЩ. X	
Вход сигнала	ВХОД		-	
Выход сигнала	ВЫХОД		-	
Вход тракта вертикального отклонения: несогласованный	ВХОД	$1 M \Omega$	-	
	$1 M \Omega$ 20p	20p F		
согласованный	ВХОД		-	
	50Ω $5 V_{max}$	50Ω $5 V_{max}$		
Вид входа тракта вертикального отклонения:				
	по постоянному току (открытый вход)			
по переменному току (закрытый вход)				
Режим работы развертки:				
	автоколебательный	АВТ.	-	-
	ждущий	ЖДУЩ.	-	-
однократный	ОДНОКР.	-	-	-

Окончание табл. 8.1

I	2	3	4	
Регулировка уровня синхронизации (запуска) развертки	УРОВЕНЬ	-	УРОВ.	
Управление стабильностью синхронизации в автоколебательном режиме (времени блокировки запуска развертки)	СТАБИЛЬНОСТЬ	-	СТАБ.	
Растяжка развертки	РАСТЯЖКА	-	РАСТЯЖ. МНОЖИТЕЛЬ	
Значение (кратность) растяжки	x10	-	x0,1	
Вид (источник) синхронизации				
	внутренняя	ВНУТР.		-
	внешняя от сети	ВНЕШ. СЕТЬ		-
Яркость луча	ЯРКОСТЬ	50 Гц 	ЯРК.	
Фокусирование луча	ФОКУС		-	
Дополнительное фокусирование луча по осям	АСТИГМАТИЗМ		 АСТИГ.	
Яркость освещения шкалы	ШКАЛА		ОСВЕЩЕНИЕ ШКАЛЫ	

Порядок выполнения работы

А. Осциллограф С1-73

1. Изучить структурную схему (рис. 8.5) и органы управления ЭЛО типа С1-73.
2. Подготовить ЭЛО к проведению измерений, для чего установить органы управления на передней панели в следующие положения:

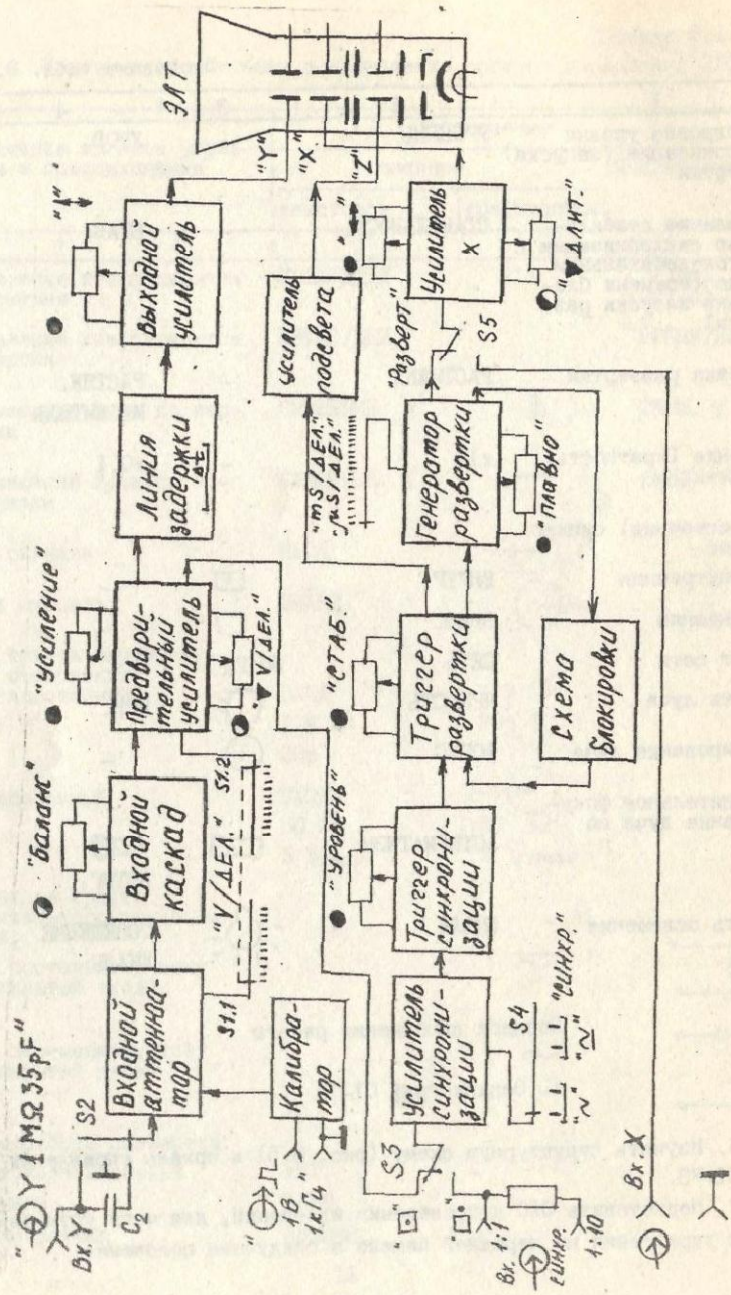


Рис. 8.5. Осциллограф CI-73

ручку "ЯРКОСТЬ" - в крайнее левое;
 ручку "ФОКУС" - в среднее;
 переключатель "V/ДЕЛ" - "0,05";
 ручку "УСИЛЕНИЕ" - в крайнее правое;
 ручку "↓" - в среднее;
 переключатель "≈ 1 ≈" - в "1";
 ручку "УРОВЕНЬ" - в крайнее правое;
 переключатель "СИНХР." - в "≈ +";
 переключатель "mS/ДЕЛ, μS/ДЕЛ" - в "1 mS/ДЕЛ";
 ручку "ПЛАВНО" - в крайнее правое;
 ручку "СТАБ" - в крайнее правое;
 ручку "←" - в среднее.

Установить тумблеры на правой боковой панели в следующие положения:

"РАЗВЕРТ." - "X" - "РАЗВЕРТ".
 "СИНХР." - "□".

Убедиться в наличии предохранителя на задней стенке ЭЛО и в соответствии его напряжению питающей сети.

Подсоединить шнур питания ЭЛО к сети и включить тумблер "ПИТАНИЕ" на передней панели осциллографа. При этом должна загореться сигнальная лампа. Дайте осциллографу прогреться в течение 2...3 мин. Приступите к подстройке режимов и проверке работоспособности ЭЛО:

- ручкой "ЯРКОСТЬ" установите яркость изображения, удобную для наблюдения;
- ручкой "↓" вертикального перемещения совместить линию развертки с центром ЭЛТ;
- ручкой "ФОКУС" установить одинаковую четкость изображения по всей линии луча;

перевести переключатель "V/ДЕЛ" из положения "0,05" в "0,01". Если горизонтальная линия изменила положение по вертикали, то необходимо сбалансировать усилитель с помощью ручки "БАЛАНС" на левой стенке до тех пор, пока линия развертки не перестанет перемещаться по вертикали при переключении из положения "0,05" в положение "0,01" и "0,02";

установить переключатель "V/ДЕЛ" в положение "5 ДЕЛ", а ручку "УСИЛЕНИЕ" в крайнее правое положение. Если величина изображения импульсов не составляет 5 делений, то необходимо откалибровать ЭЛО ручкой "V/ДЕЛ." на левой стенке осциллографа;

повернуть ручку "УСИЛЕНИЕ" влево до упора. Величина изображения должна уменьшаться. Вернуть ручку "УСИЛЕНИЕ" в крайнее правое положение;

установить поворотом ручки "УРОВЕНЬ" устойчивое изображение на экране ЭЛТ;

установить переключатель "СИНХР." в положение "+ ~ ". Линия развертки должна начинаться с положительного перепада импульса. Установить переключатель "СИНХР." в положение "- ~ ". Линия развертки должна начинаться с отрицательного перепада импульса;

установить переключатель "mS /ДЕЛ.", "μS /ДЕЛ." в положение "1 mS /ДЕЛ." Поворотом ручки "←" совместить начало периода сигнала с первой вертикальной линией экрана ЭЛТ. На всей длине экрана (10 делений) должно помешаться 10 периодов. При необходимости выполнить калибровку длительности развертки с помощью шлица "▼ ДЛИТ." на правой стенке ЭЛО;

повернуть ручку "←" от упора до упора. Изображение должно перемещаться по горизонтали;

при вращении ручки "ПЛАВНО" влево до упора скорость развертки должна уменьшаться. Возвратить ручку в крайнее правое положение.

3. Измерить постоянное напряжение источника ГН2 лабораторного стенда 87Л-01, для чего:

установить переключатель "1κ" в "1";

ручкой "↑" установить на экране линию на 3 деления ниже центра;

подключить канал Y ЭЛО к источнику ГН2 стенда. Ручки "ГРУБО" и "ПЛАВНО" источника установить в крайнее левое положение. Переключатель ИВ стенда поставить в положение 25В ГН2;

рассчитать и занести в табл. 8.2 требуемые значения коэффициента отклонения K_0 для измеряемых напряжений 5, 10, 15 В;

установить требуемое K_0 , включить стенд. Установить по ИВ поочередно 5, 10, 15 В и измерить их с помощью ЭЛО в режиме открытого входа Y. Данные занести в табл. 8.2;

рассчитать требуемые значения по формулам

$$U = K_0 y ; \quad \delta = \frac{U - U_V}{U_V} \cdot 100\%$$

Таблица 8.2

Результаты измерений постоянного напряжения

Показания вольтметра ИВ, $U_V, В$	Коэффициент отклонения $K_0, В/дел$	Величина от- клонения $y, дел$	Показания ЭЛО $U, В$	Относитель- ная погреш- ность изме- рения $\delta, \%$
---	---	--------------------------------------	----------------------------	---

4. Исследование выпрямленного напряжения.

Для питания многих цепей необходимы источники напряжения постоянного тока. Электрические станции производят напряжение переменного тока. Поэтому возникает необходимость в выпрямителях, преобразующих напряжение переменного тока в напряжение постоянного тока.

Есть много схем выпрямителей, которые зависят от мощности нагрузки. Практически каждая из них дает большие или меньшие амплитуды пульсаций выпрямленного напряжения.

Исследуя это напряжение при открытом входе осциллографа, можно получить осциллограмму формы выпрямленного напряжения и измерить составляющее этого напряжения (рис. 8.6).

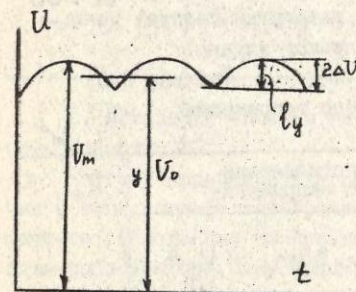


Рис. 8.6

Среднее выпрямленное напряжение U_0 на нагрузке равно

$$U_0 = U_m - \Delta U,$$

где ΔU — амплитуда переменной составляющей выпрямленного напряжения, т.е. амплитуда пульсаций.

Отношение амплитуды пульсаций к среднему выпрямленному напряжению, выраженному в процентах, называется коэффициентом пульсаций:

$$K_n = \frac{\Delta U}{U_0 \cdot 100\%}$$

Для некоторых выпрямителей допускается K_n до 1%.

Амплитуду переменной составляющей можно более точно измерить в режиме закрытый вход осциллографа по каналу (" ~ "), т.к. при этом определяется постоянная составляющая.

Если снять осциллограмму выпрямленного напряжения, то требуемые

значения можно найти по формулам

$$U_0 = k_0 Y_0 ;$$

$$\Delta U = k_0 \frac{e_y}{2}$$

Измерить пульсирующее напряжение источника ГНЗ, для чего: подготовить ЭЛО для измерения пульсирующего напряжения и подключить его к ГНЗ;

переключатель ИВ поставить в положение 100 в ГНЗ, а ручку регулировки напряжения ГНЗ повернуть в крайнее левое положение;

установить поочередно по ИВ 40 и 100 В и измерить постоянную составляющую с помощью ЭЛО в режиме открытого входа. Требуемое значение коэффициента отклонения выбрать самостоятельно, обеспечив наименьшую погрешность;

для измерения амплитуды переменной составляющей необходимо использовать закрытый вход канала Y , а генератор развертки отключить. В этом режиме можно измерить длину вертикальной линии e_y ,

в которой помещается две амплитуды переменной составляющей; результаты измерений и расчетов занести в табл. 8.3.

ВНИМАНИЕ! При отключенном генераторе развертки следует уменьшить яркость изображения, иначе возможен прожог экрана.

Таблица 8.3

Результаты измерений выпрямленного напряжения

Среднее значение выпрямленного напряжения			Переменная составляющая выпрямленного напряжения			$K_p, \%$
$Y_0, \text{ дел}$	$k_0, \text{ В/дел}$	$U_0, \text{ В}$	$e_y, \text{ дел}$	$k_0, \text{ В/дел}$	$\Delta U, \text{ В}$	

5. Измерить амплитуду синусоидального напряжения источника ИП лабораторного стенда 87Л-01.

При определении амплитуды переменного напряжения измерения удобно проводить, отключив генератор развертки от усилителя канала X. Если в таком режиме на вход Y подать синусоидальное напряжение, то на экране будет вертикальная линия длиной e_y , а амплитуда переменного напряжения равна

$$U_m = k_0 \frac{e_y}{2}$$

Если в исследуемом напряжении нет постоянной составляющей, то измерения можно проводить в режиме открытого или закрытого входа канала Y .

Для измерения амплитуды синусоидального напряжения необходимо: установить линию ЭЛО в середине экрана. Выбрать и установить ручкой "√/ДЕЛ" требуемое значение коэффициента отклонения; подключить ЭЛО к источнику ИП, при этом вывод "Обш" ИП соединить с выводом "1" ЭЛО;

переключатель ИВ поставить в положение "≈ 25В ИП"; включить стэнд и измерить действующее значение напряжения ИП в режимах "≈ 15 В" и "+15 %" с помощью ИВ и амплитуду напряжения с помощью ЭЛО при отключенном генераторе развертки. Данные занести в табл. 8.4;

включить генератор развертки и добиться неподвижного изображения напряжения на экране.

Таблица 8.4

Результаты измерения амплитуды переменного напряжения

Показание ИВ, $U_v, \text{ В}$	Коэффициент отклонения $k_0, \text{ В/дел}$	Длина вертикальной линии, $e_y, \text{ дел}$	Показание ЭЛО, $U_m, \text{ В}$	Относительная погрешность измерения, $\delta, \%$

6. Измерение частоты генератора низкой частоты ГНЧ при линейной развертке ЭЛО.

Частоту периодических колебаний можно легко измерить при наличии в осциллографе калиброванной развертки. Более сложно измеряется частота, основанная на сравнении ее с образцовой, осциллографическим способом при синусоидальной и круговой развертках.

Измерив период сигнала T , можно определить частоту $f = 1/T$.

При любом периоде развертки число периода исследуемого напряжения на длине шкалы (в делениях) зависит от частоты исследуемого сигнала.

На вход канала Y подается напряжение неизвестной частоты; внутренний генератор развертки включен. Подсчитывают расстояние e_x в делениях, которое занимает целое число n периодов, укладывающихся наиболее близко к 10 делениям шкалы экрана. Искомая частота f равна:

$$f = \frac{n}{e_x K_p}$$

где K_p - коэффициент длительности развертки, время/дел.

Для измерения частоты ГНЧ необходимо:

подготовить ЭЛО к измерению переменных напряжений. Включить ГР, переключатель " $\sim \perp \approx$ " канала Υ поставить в положение " \perp ", совместить линию с центром на экране, перевести переключатель в положение " \sim ". Выбрать необходимое значение коэффициента отклонения (действующее значение ГНЧ составляет до 1В и регулируется ручкой "Амплитуда" на блоке ГНЧ). Установить переключатель " $\sqrt{\text{ДЕЛ}}$ " ЭЛО в требуемое положение. Подключить ЭЛО к клеммам "I:1" и " \perp " ГНЧ;

подготовить стенд 87Л-01. Переключатели диапазонов ГНЧ и ИВ поставить в положение "1 кГц". Тумблер ЧМ/ГНЧ измерителя выходов ИВ поставить в положение ГНЧ. Включить тумблеры питания ГНЧ, ЧМ, сеть. Ручку "Амплитуда" ГНЧ установить в такое положение, чтобы амплитуда сигнала на экране ЭЛО занимала 2...3 деления. Выполнить измерения для частот $f_x = 200, 400, 600, 800, 1000$ Гц дважды при числе периодов на экране $n = 1$ и при $n = 4...10$. Значение частоты устанавливать по прибору ИВ. Для уменьшения погрешностей измерения рекомендуется производить в правой половине шкалы, для чего использовать разные пределы измерения частоты;

результаты измерений и вычислений занести в табл. 8.5.

Таблица 8.5

Результаты измерений и вычислений частоты

Показания ИВ	Результаты измерений и вычислений						Относительная погрешность результата $\delta, \%$
	Период $T, \text{мс}$	Коэффициент разв. $K_p, \%$	Число периодов n	Длина периода $E_x, \text{дел}$	Период $T_x, \text{мс}$	Частота $f_x, \text{Гц}$	
$f, \text{Гц}$							

7. Измерение продолжительности и скважности импульсов.

Измерение продолжительности импульса и периода их следования производится аналогично тому, как производилось в п. 6 измерение периода синусоидального напряжения ГНЧ.

Скважность определяется как отношение периода следования к продолжительности импульса

$$q = \frac{T}{\tau_{\text{имп}}}$$

Нахождение амплитуды импульсов выполняется аналогично тому, как это делалось для выпрямленного (пульсирующего) напряжения.

Для выполнения этого опыта необходимо:

подготовить ЭЛО к измерению постоянных напряжений $U \leq 1В$ и подключить его к гнездам " \perp " и " \perp " генератора прямоугольных импульсов ГИ;

установить переключатели диапазонов в следующие положения: ГНЧ - "1кГц", М - "1кГц", ГИ - "1000 Гц", тумблер М/ГНЧ - в положение ГНЧ, ручки "Амплитуда" и "Длительность" в крайнее правое положение;

включить питание ГНЧ, ГИ, М, сеть стенда и установить на выходе ГНЧ частоту $f = 200$ Гц;

изменяя частоту ГНЧ и длительность импульса получить на экране ЭЛО изображения двух-трех импульсов и снять осциллограмму. Записать значения коэффициентов отклонения и развертки;

построить на бумаге график полученного напряжения, указав масштабы по осям абсцисс и ординат.

В. Осциллографы С1-67 и С1-72

8. Изучить структурную схему и органы управления ЭЛО С1-67 и С1-72 (рис. 8.7 и 8.8). Подготовить осциллографы к работе и настроить их (в бригаде один осциллограф С1-67 или С1-72).

9. Измерение амплитуды напряжений с наружным делителем.

Наружные делители напряжений применяются для расширения пределов измерений ЭЛО по амплитуде. В простейшем варианте они представляют собой последовательное соединение двух резисторов, подключаемых к измеряемому напряжению. Вход ЭЛО подключается к одному из резисторов. Штатные наружные делители, прилагаемые к осциллографу, имеют частотную компенсацию.

Для выполнения этой работы необходимо:

изобразить схему наружного делителя и рассчитать значения R_1 и R_2 , обеспечив уменьшение напряжения в 10 и в 100 раз ($a = 1:10; 1:100, K_g = 10; 100$). Так как в работе используются магазины РЗЗ, то допустимая мощность каждого резистора не должна превышать 0,25 Вт;

собрать схему, установить рассчитанные R_1 и R_2 и измерить фазное напряжение трехфазной сети ~ 127 В. Значение линейного напряжения сети определить по шитовому вольтметру;

результаты измерений и расчетов для $K_g = 10$ и 100 занести в таблицу 8.6, амплитуду напряжения сети можно определить по формуле

$$U_m = \frac{\sqrt{2} U_v}{\sqrt{3}}$$

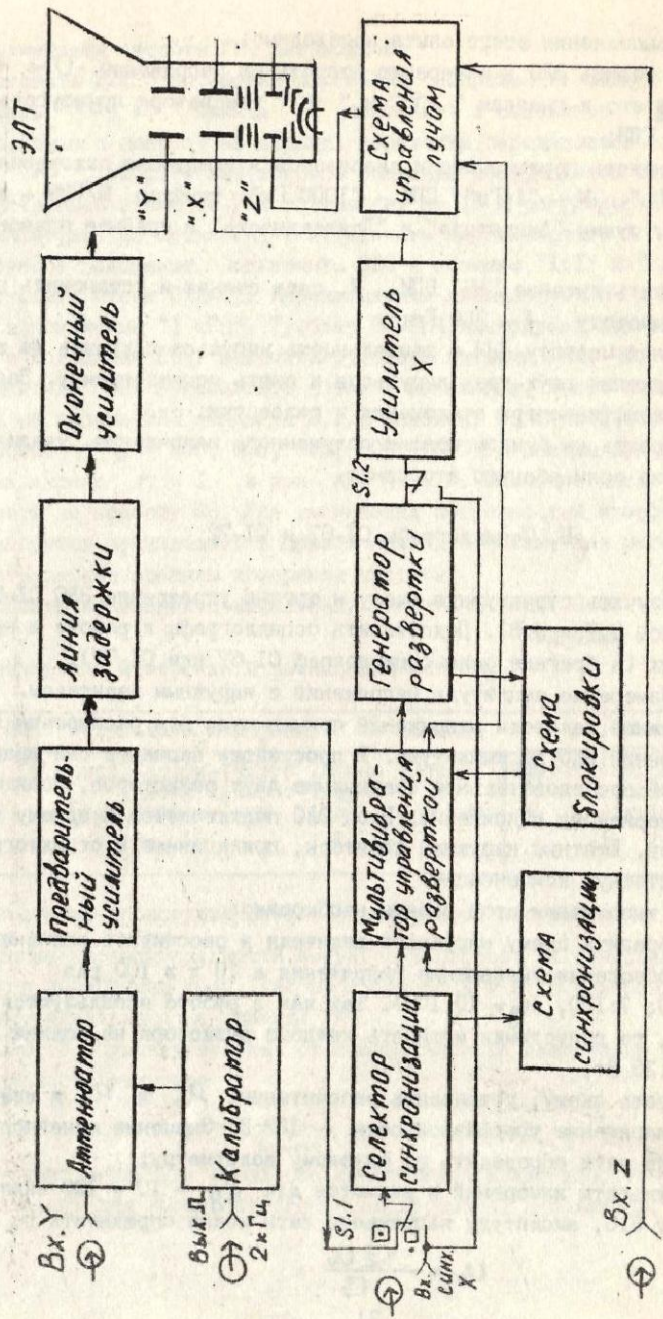


Рис. 8.7. Осциллограф CI-67

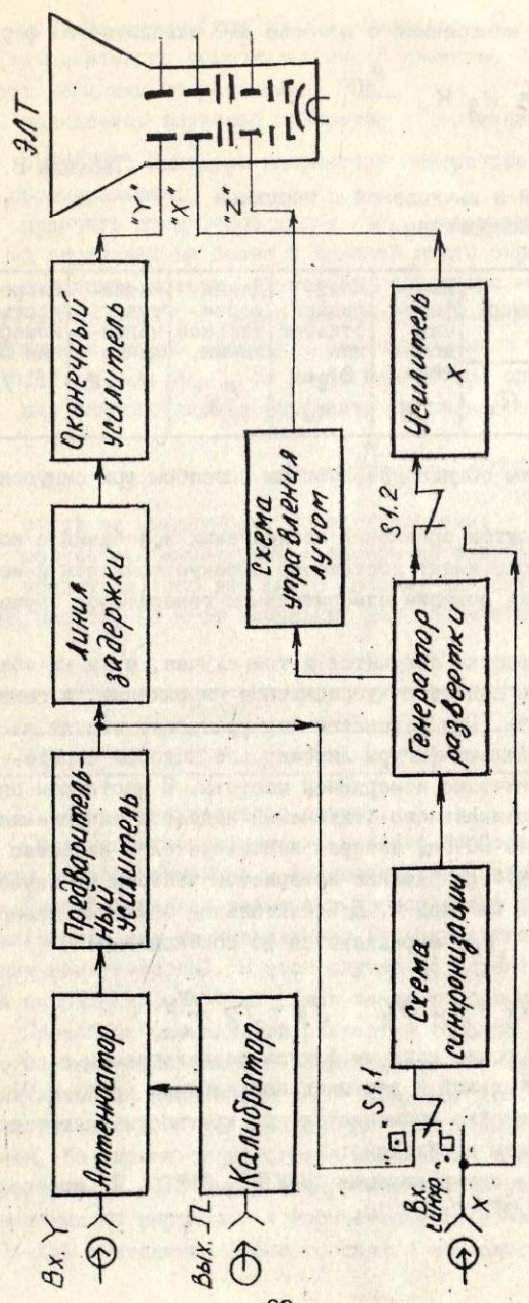


Рис. 8.8. Осциллограф CI-72

а амплитуда напряжения, измеренная с помощью ЭЛО находится по формуле

$$U_m = k_g K_o \frac{e_y}{2}$$

Таблица 8.6

Результаты измерений и вычислений с наружным делителем напряжения

Измеряемое напряжение, В		Значения сопротивлений, Ом		Коэффициент делителя К _г	Коэффициент отклонения В/дел К _о	Длина вертикальной линии, e _y	Амплитуда напряжения U _m , В	Погрешность измерения ЭЛО δ, %
U _v	U _m	R ₁	R ₂					

10. Измерение частоты осциллографическим способом при синусоидальной развертке.

Измерение частоты путем сравнения исследуемых колебаний с колебаниями образцовой частоты имеет достаточно высокую точность и может быть использовано для проверки измерительных генераторов звуковых частот.

Синусоидальная развертка получится в том случае, если на обе пары отклоняющих пластин подать синусоидальное напряжение, а генератор развертки выключить. При равенстве или краткости частот на экране получаются неподвижные фигуры Лиссажу, по которым определяется действительное значение измеряемой частоты. В настоящем опыте на вход канала Y вертикального отклонения подается напряжение сети промышленной частоты 50 Гц, которая используется в качестве образцовой (f_y = 50 Гц). Напряжение измеряемой частоты от звукового генератора подается на вход X. Действительное значение измеряемой частоты генератора f_x определяется из соотношений:

$$f_x N_x = f_y N_y; f_x = f_y \frac{N_y}{N_x}$$

где N_x, N_y - число точек касания фигуры осциллограммы с горизонтальной и вертикальной линиями (рис. 8.9).

Синусоидальная развертка применяется при кратности частот до 10.

При выполнении работы необходимо:

ручку переключателя синхронизации "ВНУТР., ВНЕШ., X" поставить в положение "X", "ВОЛЬТ/ДЕЛ." - в 10;

собрать схему (рис. 8.10). Резистор R₁ установить в положение максимального сопротивления. В качестве R₁ и R₂ можно использовать магазины сопротивления РЗЗ;

подключить звуковой генератор к вертикальному каналу.

ВНИМАНИЕ! Выходное напряжение генератора установить по указанию преподавателя;

включить схему. Реостатом R₂ установить величину изображения по вертикали не более 6 делений шкалы экрана;

выполнить поверку звукового генератора на частотах f_x = 25; 50; 75; 100; 150; 200; 250 Гц, для чего получить на экране ЭЛО неподвижное изображение фигуры Лиссажу с рассчитанными в табл. 8.6 числами касаний осей N_x и N_y. По лимбу генератора определить его показания; для каждого случая вычислить погрешность градуировки генератора

$$\delta_r = \frac{f_r - f_x}{f_x} \cdot 100\%$$

снять на кальку одну из осциллограмм;

результаты вычислений и измерений записать в табл. 8.7;

убедиться, что вид фигур Лиссажу зависит не только от соотношения частот, но и от начальных фаз напряжений.

Таблица 8.7

Расчет				Эксперимент	
f _x , Гц	f _y , Гц	N _x	N _y	f _r , Гц	δ _r , %

11. Измерение фазового сдвига.

Среди осциллографических методов наибольшее распространение получили способы линейной и синусоидальной разверток.

Способ линейной развертки предполагает применение двухлучевого осциллографа или двухканального (однолучевого осциллографа с электронным коммутатором). В этом случае на экране создается изображение двух напряжений, фазовый сдвиг между которыми необходимо измерить.

Способ синусоидальной развертки (способ эллипса) осуществляется с помощью однолучевого осциллографа. В канал вертикального отклонения подается напряжение U_y = U_m sin (ωt + φ), а в канал горизонтального - U_x = U_m sin ωt; генератор развертки выключен. На экране осциллографа появляется осциллограмма в виде эллипса (рис. 8.11). Перед измерением удобно уравнивать максимальные отклонения по вертикали и горизонтали (т.е. вписать эллипс в квадрат). Для вычисления фазового сдвига измеряют по осциллограмме от-

секаемые на координатных осях отрезки y и A (рис. 8.II) и вычисляют φ :

$$\varphi = \pm \arcsin \frac{y}{A}$$

Способ синусоидальной развертки позволяет измерять φ в пределах $0-90^\circ$ без определения знака фазового угла.

Осциллографический метод измерения фазы не требует никаких дополнительных приборов и прост по идее. Однако он является косвенным, требует линейных измерений и вычислений, что приводит к значительным погрешностям.

При выполнении этой работы необходимо:

собрать схему рис. 8.I2;

выключить генератор развертки; установить режим заземленного входа усилителя Y (положение " \perp ");

ручкой "РЕГ. ВЫХОДА" звукового генератора ГЗЧ установить напряжение не более 10 В частотой 50 Гц, при котором на экране получится горизонтальная линия длиной в 6 делений;

в режиме открытого входа (" \sim ") переключателя "ВОЛЬТ/ДЕЛ." (и, если имеется, ручкой "УСИЛЕНИЕ") изображение эллипса вписать в квадрат рабочей части шкалы. По размерам A и y эллипса и формуле: определить фазовый сдвиг;

не изменяя напряжение, измерить угол сдвига фаз на частотах 100, 200, 500, 1000 и 1500 Гц;

снять на кальку одну из осциллограмм;

результаты измерений и вычислений записать в табл. 8.8.

Таблица 8.8

Результаты измерения фазового сдвига

$f, \text{Гц}$	$y, \text{дел.}$	$A, \text{дел.}$	$\varphi, \text{град.}$
----------------	------------------	------------------	-------------------------

Содержание отчета

1. Схемы включения ЭЛО в опытах.
2. Таблицы результатов измерений и расчетов.
3. Осциллограммы напряжений.
4. Перечень использованных в работе приборов.
5. Выводы по работе и по каждому опыту.
6. Ответы на контрольные вопросы (по указанию преподавателя).

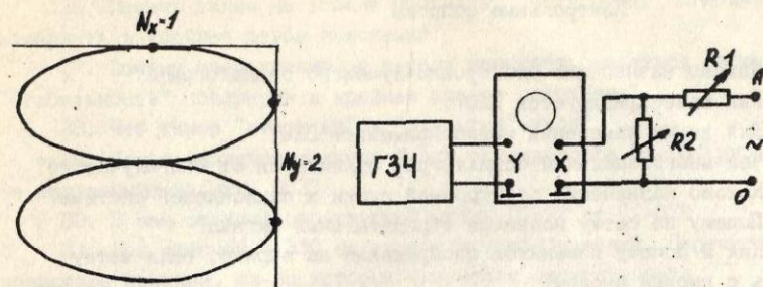


Рис. 8.9

Рис. 8.I0

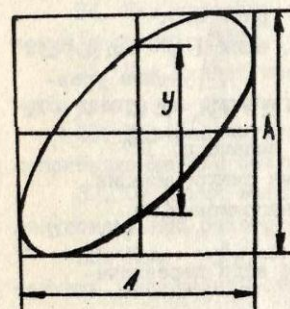


Рис. 8.II

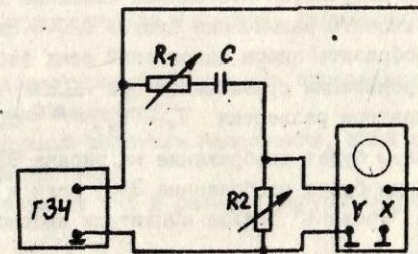


Рис. 8.I2

Контрольные вопросы

1. Каково назначение электронно-лучевого осциллографа?
2. Как классифицируются ЭЛО?
3. Для каких измерений можно применить ЭЛО?
4. Чем многоканальный осциллограф отличается от многолучевого?
5. Каково назначение электронной пушки и отклоняющей системы?
6. Почему на сетку подается отрицательный сигнал?
7. Как и почему изменится изображение на экране, если сетку соединить с первым анодом?
8. Рассчитать скорость движения электронов в ЭЛТ, если $U_{a2} = 400 \text{ В}$.
9. Какое напряжение необходимо подать на пластины, чтобы при чувствительности $0,1 \text{ см/В}$ получить отклонение 5 см ?
10. Как получается постоянное смещение луча на экране?
11. Объяснить назначение блоков ЭЛО в схеме рис. 8.3.
12. Изобразить эпюры напряжений всех блоков, если $U_y = U_m \sin \omega t$ схема синхронизации срабатывает при $\frac{dU_y}{dt} < 0$, в левом уровне, у генератора развертки $T_x = T_y$, $t_{обр} = 0,1 T_x$, $t_{дл} = 0,4 T_x$
13. Каким будет изображение на экране ЭЛО в задаче п. 12?
14. Каким будет изображение ЭЛО, если в схеме синхронизации установлен "Уровень" больше амплитуды входного напряжения, а $T_x \neq T_y$?
15. Как изменится изображение на экране ЭЛО, если переключатель СС перевести из положения "+" в "-"?
16. Каково назначение линии задержки?
17. Какие существуют виды синхронизации?
18. В каких режимах может работать генератор развертки?
19. Что регулирует ручка "Стабильность"? Как при ее вращении изменяется выходное напряжение генератора развертки?
20. Как изменится выходное напряжение ГР, если переключатель "Время/дел" перевести из положения $0,5 \text{ мс/дел.}$ в 1 мс/дел. ?
21. На экране ЭЛО изображение неподвижной синусоиды. Как изменится изображение, если переключатель SA1 перевести в нижнее положение?
22. Дайте определение коэффициентам отклонения и развертки?
23. Что такое синхронизация?
24. Почему на экране не виден обратный ход луча и чем это достигается?
25. Почему, если ручку "Яркость" повернуть в крайнее левое положение изображение на экране пропадает?

26. Почему линия на экране пропадает, если ручку "Стабильность" повернуть в крайнее левое положение?

27. Почему изображение на экране начинает смешаться, если ручку "Стабильность" повернуть в крайнее правое положение?

28. Что такое "открытый" и "закрытый" вход?

29. Какое назначение имеют блоки осциллографа CI-73 (рис. 8.5), не показанные на рис. 8.3?

30. В чем отличие структурной схемы CI-72 от CI-67?

31. При включении ЭЛО на экране нет изображения. Перечислите возможные причины, из-за которых оно может отсутствовать.

32. Каким будет изображение на экране, если в режиме "закрытого" входа в канал Y подать постоянное напряжение?

33. Как определить значение визуальной погрешности при измерении напряжения с помощью ЭЛО, если неизвестно его действительное значение?

34. Как измерить амплитуду, период и частоту переменного напряжения с помощью ЭЛО?

35. Как влияет направление вращения луча при определении фазового сдвига на рассчитываемое значение?

36. Как рассчитать наружный делитель напряжения, если входное сопротивление ЭЛО соизмеримо с R_2 ?

37. От каких величин зависят вид и размеры фигуры Лиссажу при синусоидальной развертке?

38. При $f_x \approx f_y = 50 \text{ Гц}$ фигура Лиссажу делает 1 оборот в секунду. Определить относительную погрешность измерения частоты f_x .

Лабораторная работа 9

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ЧАСТОТОМЕРА

Цель работы: изучить устройство и применение для измерений цифрового частотомера.

Оборудование и приборы

В работе используются частотомер ЧЗ-32, лабораторный стенд 87Д-01, электронно-лучевой осциллограф CI-73.

Пояснения к работе

Частотомер электронно-счетный ЧЗ-32 предназначен для измерений: частоты и периода электрических колебаний, отношений двух частот,

интервалов времени, длительности импульсов; счета числа электрических импульсов, выдачи напряжения кварцованных частот и кодирования сигналов для регистрации результатов измерений на ленте цифрочащательной машины.

В основе действия цифрового частотомера (ЦЧ) лежит частотно-импульсный метод преобразования. Принцип действия ЦЧ среднего значения заключается в подсчете числа периодов T_x неизвестной частоты f_x за образцовый интервал времени Δt_0 , формируемый прибором.

Упрощенная структурная схема и временные диаграммы сигналов ЦЧ приведены на рис. 9.1. Входной периодический (в частности, синусоидальный) сигнал с измеряемой частотой f_x поступает на вход формирователя импульсов ФИ. Выходной сигнал ФИ прямоугольной формы и той же частоты f_x подается на один из двух входов логического элемента И. На другой вход подается импульс, имеющий заданную длительность $\Delta t_0 = t_{сч}$. Он получается на выходе делителя частоты ДЧ, который делит в K раз образцовую частоту f_0 сигнала прямоугольной формы, вырабатываемого генератором импульсов стабильной частоты ГИСЧ. На выходе И образуется сигнал, переходы которого от "0" к "1" на интервале Δt_0 подсчитываются счетчиком импульсов ПУ. Код числа N этих переходов поступает с выхода счетчика на цифровое отсчетное устройство ЦОУ. Без учета погрешностей в соответствии с рис. 9.1,б можно записать

$$N = \frac{\Delta t_0}{T_x} = \Delta t_0 \cdot f_x = \frac{k}{f_0} f_x$$

$$f_x = \frac{N}{\Delta t_0} = \frac{f_0}{k} N = q N.$$

где T_x - период входного сигнала; q - квант, т.е. значение единицы дискретности ЦЧ.

В ЦЧ можно выделить три источника погрешностей:

а) отличие кванта от номинального значения из-за отличия частоты f_0 от номинального значения $f_{0 \text{ ном}}$ на некоторую величину Δf_0 (неточность установки номинала, временная и температурная нестабильность). Можно записать

$$q = q_{\text{ном}} \left(1 + \frac{\delta f_0}{100} \right),$$

где $\delta f_0 = \frac{\Delta f_0}{f_{0 \text{ ном}}} \cdot 100\% = \frac{\Delta f_0}{f_0 \text{ ном}} \cdot 100\%$ - относительная

погрешность, вносимая несовершенством генератора импульсов;

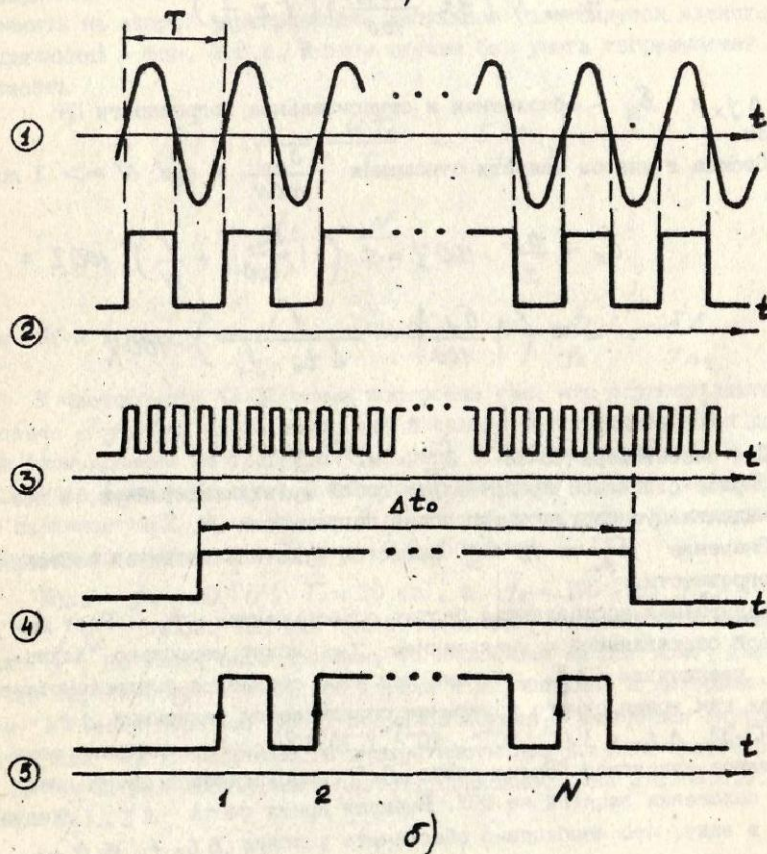
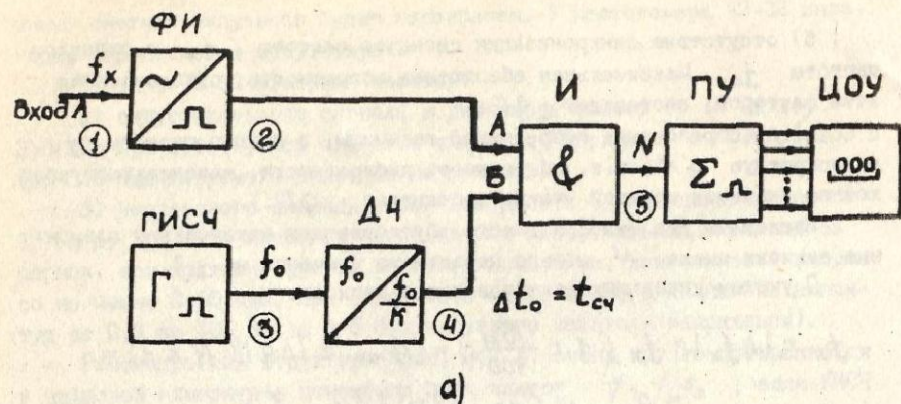


Рис. 9.1

б) отсутствие синхронизации сигналов частоты f_x с сигналом частоты f_0 . Максимальная абсолютная погрешность, обусловленная этим фактором, составляет $\pm q/2$;

в) преобразование непрерывной величины, а именно частоты f_x , в дискретную qN , т.е. погрешность дискретности, максимальное абсолютное значение которой также составляет $\pm q/2$.

Последние два фактора вместе обуславливают максимально возможные отличия числа N от его идеального значения на ± 1 .

С учетом указанных факторов можно записать

$$f_x \pm |\Delta f_x| = f_x \left(1 \pm \frac{|\delta_x|}{100} \right) = (q_{\text{ном}} \pm |\Delta q|) (N \pm 1) = q_{\text{ном}} N \left(1 \pm \frac{|\delta_{f_0}|}{100} \right) \left(1 \pm \frac{1}{N} \right),$$

где Δf_x и δ_x - абсолютная и относительная погрешности ЦЧ в целом.

Отсюда с учетом малости отношения $\frac{\delta_{f_0}}{100N}$ и при $N \gg 1$ получим

$$\begin{aligned} \delta_x &= \frac{\Delta f_x}{f_x} \cdot 100\% = \pm \left(\left| \frac{\delta_{f_0}}{100} \right| + \frac{1}{N} \right) \cdot 100\% = \\ &= \pm \left(\left| \frac{\delta_{f_0}}{100} \right| + \frac{1}{\Delta t_0 \cdot f_x} \right) \cdot 100\% \end{aligned}$$

Для частотомера ЧЗ-32 $\delta_{f_0} = 10^{-5}\%$.

Первое слагаемое представляет собой мультипликативную, а второе - аддитивную составляющую общей погрешности ЦЧ.

Значение $\delta_{f_0} = 10^{-5}\%$ является мультипликативной составляющей погрешности.

Аддитивная составляющая растет с уменьшением f_x . Рост аддитивной составляющей с уменьшением f_x можно несколько "задержать", увеличивая Δt_0 , однако при этом снижается быстродействие ЦЧ, так как время одного измерения определяется величиной Δt_0 . У ЦЧ ЧЗ-32 $\Delta t_0 = 10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1}, 1, 10, 100$ с. Переключение этих интервалов рукояткой "Время счета S" сопровождается изменением места положения запятой на ЦОУ. Выбирая время счета Δt_0 следует иметь в виду, что необходимо обеспечить условие $\Delta t_0 \cdot f_x \leq N_{\text{max}}$,

иначе счетчик импульсов будет переполнен. У частотомера ЧЗ-32 индикация переполнения отсутствует.

ЦЧ типа ЧЗ-32 измеряет частоту:

а) синусоидального сигнала в диапазоне частот от 10 Гц до 3,5 МГц при действующем значении входного напряжения от 0,1 до 100 В (до 3 В без наружного делителя напряжения);

б) импульсного сигнала любой полярности в диапазоне частот от 10 Гц до 3,5 МГц, имеющего не более 2-х экстремальных значений за период, при крутизне фронта не менее 0,25 В/нс, длительности импульса не менее 0,16 мкс, при скважности не менее 2, в диапазоне амплитуд от 0,3 до 100 В (до 3 В без наружного делителя напряжения).

Рассмотренная структура (рис. 9.1,а) очень при этом превращается в цифровой измеритель отношения двух частот f_1/f_2 , если ГИСЧ заменить на второй формирователь импульсов (для синусоидального напряжения) - рис. 9.2,а. В этом случае без учета погрешностей можно записать

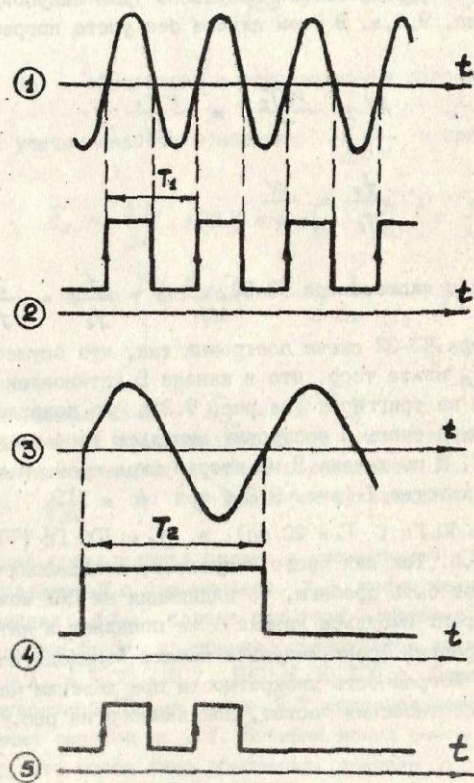
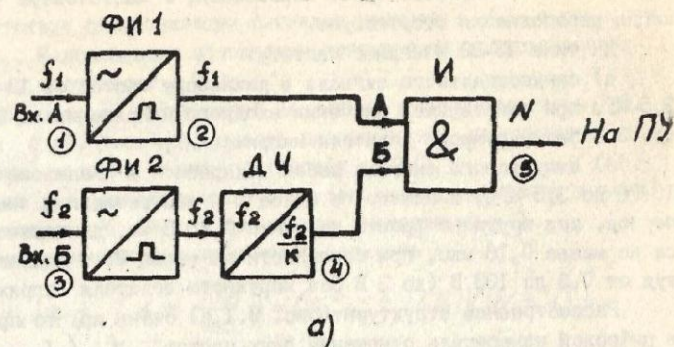
$$N = \frac{KT_2}{T_1} = \frac{Kf_1}{f_2};$$

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{N}{K}$$

При $K = 1$, как у частотомера ЧЗ-32, $N = \frac{f_1}{f_2} = \frac{f_A}{f_B}$

У частотомера ЧЗ-32 схема построена так, что осуществляется деление f_A/f_B из-за того, что в канале Б установлен блок делитель базы времени на триггерах (на рис. 9.2,а не показан). В итоге из канала А на вход схемы И поступают импульсы того же периода и со скважностью 2, а из канала Б на второй вход схемы И поступают импульсы со скважностью 1 (рис. 9.2,б при $K = 1$).

Если $f_1 = 50$ Гц ($T_1 = 20$ мс), а $f_2 = 100$ Гц ($T_2 = 10$ мс), то $f_1/f_2 = 0,5$. Так как число импульсов, попадающих в интервал T_2 , не может быть дробным, то индикация на ЦОУ может быть "0" (если передний фронт импульса канала А не попадает в интервал T_2) или "1" (если передний фронт импульса канала А находится внутри интервала T_2). Погрешность дискретности при делении частот равна $\Delta N = \pm 1$. Для соотношения частот, показанного на рис. 9.2,б, $N = 2 \pm 1$.



б)
Рис. 9.2
34

Частотомер ЧЗ-32 измеряет отношение частот синусоидальных колебаний от 1:1 до $3,5 \cdot 10^5:1$. Диапазон низшей из сравниваемых частот от 10 Гц до 100 кГц при входном напряжении от 0,5 до 100 В. Диапазон высшей из сравниваемых частот от 10 Гц до 3,5 МГц при входном напряжении от 0,5 до 100 В.

Основная относительная погрешность измерения отношения частот, выраженная в %, не превышает суммарную.

$$\delta_{f_1/f_2} = \pm \left(0,003 + \frac{f_2}{f_1} \right) \cdot 100\%$$

где f_1 и f_2 - высшая и низшая частоты соответственно.

Прибор может также измерять отношения частот импульсных колебаний.

ЦЧ, кроме измерения частоты, может измерять:

а) период T_x синусоидального или любого периодического сигнала;

б) длительность импульса τ_n или паузы τ_n ;

в) интервал времени Δt .

В этом случае ЦЧ работает в режиме цифрового хронометра (ЦХ).

Все ЦХ основаны на время-импульсном методе преобразования непрерывных величин в код. Сопоставление структурной схемы ЦХ (рис. 9.3,а) показывает, что схемы содержат одни и те же элементы, но каналы А и Б взаимно заменены до схемы И. Это различие приводит к тому, что в схеме рис. 9.1,а интервал времени счета Δt_0 формируется посредством ГИСЧ и ДЧ и наполняется импульсами, сформированными из входного сигнала с измеряемой частотой f_x . В схеме рис. 9.3,а интервал времени счета задается входным сигналом, т.е. измеряемым периодом T_x , и наполняется импульсами образцовой частоты f_0/k , задаваемой ГИСЧ и ДЧ (рис. 9.3,б).

Для схемы рис. 9.3,а без учета погрешностей в соответствии с рис. 9.3,б можно записать

$$N = \frac{T_x}{T_0 \cdot k} = T_x \frac{f_0}{k}$$

$$T_x = \frac{k}{f_0} N = q N,$$

где q - квант, $T_0 \cdot k$ - период меток времени.

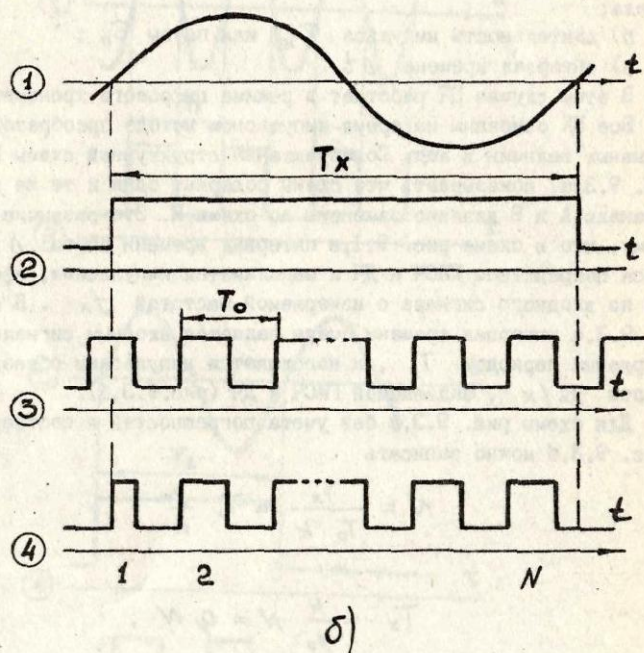
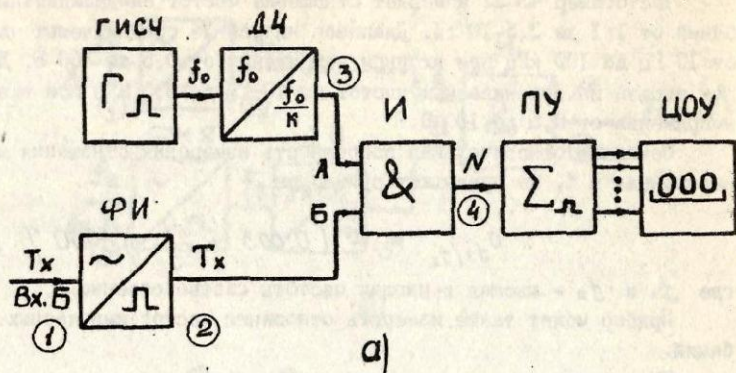


Рис. 9.3

В схеме рис. 9.3,а действуют те же источники погрешности, что и в схеме рис. 9.1,а, поэтому можно записать

$$\begin{aligned} \delta_{T_x} &= \frac{\Delta T_x}{T_x} \cdot 100\% = \pm \left(\left| \frac{\delta f_0}{f_0} \right| + \frac{1}{N} \right) \cdot 100\% = \\ &= \pm \left(\left| \delta f_0 \right| + \frac{100}{N} \right) \% = \pm \left(\left| \delta f_0 \right| + \frac{100 \cdot k}{f_0 T_x} \right) \% \end{aligned}$$

При измерении 10 периодов T_x вторая составляющая погрешности уменьшается в 10 раз.

При использовании соотношения $f_x = 1/T_x$ можно определить частоту измеряемого напряжения.

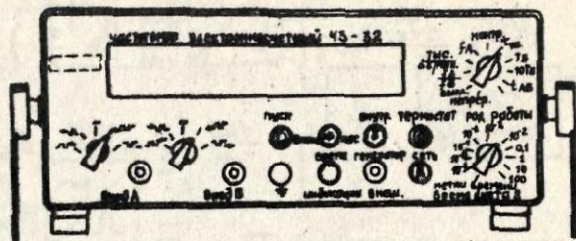
У частотомера ЧЗ-32 при измерении периода ДЧ может иметь $K = 1000; 100; 10; 1$, что соответствует меткам времени $10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$ с.

Расположение органов управления

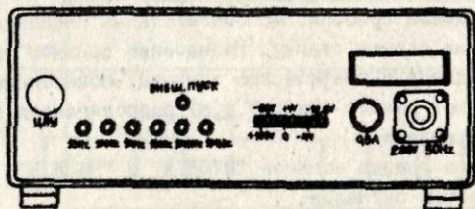
Все основные гнезда и органы управления ЦЧ ЧЗ-32 расположены на передней панели прибора. Вспомогательные гнезда и органы управления вынесены на заднюю стенку. Назначение органов управления и гнезд разъясняют надписи и графические символы, помещенные возле них.

На передней панели (рис. 9.4,а) располагаются следующие основные органы управления:

- а) входные гнезда каналов "ВХОД А" и "ВХОД Б", служащие для подачи измеряемых сигналов;
- б) переключатели формирователей импульсов и полярности импульсов и фронта, от которого запускается прибор по двум каналам;
- в) переключатель "РОД РАБОТЫ", который обеспечивает взаимное соединение блоков и узлов прибора при различных режимах работы;
- г) переключатель "МЕТКИ ВРЕМЕНИ - ВРЕМЯ СЧЕТА S", с помощью которого производится выбор необходимого времени измерения или периода меток времени;
- д) тумблер "СЕТЬ" и фонарь сигнальной лампы;
- е) тумблер переключения на внешний опорный генератор (ГИСЧ) и гнездо подключения внешнего опорного генератора;
- ж) тумблер "ВНЕШ. - АВТ." и кнопка "ПУСК", служащие для переключения на автоматический или ручной (внешний) пуск и для ручного



а)



б)

Рис. 9.4

- (или внешнего автоматического) запуска прибора;
- з) ручка регулировки "ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ", позволяющая плавно изменять время индицирования результатов измерения;
 - и) клемма " \perp ", соединенная с корпусом прибора.

На задней панели прибора (рис. 9.4,б) располагаются элементы, не требующие особого пояснения:

- а) сетевой разъем;
- б) предохранитель;
- в) шесть контрольных гнезд питающих напряжений;
- г) шесть высокочастотных гнезд стандартных частот (выходы ДЧ);
- д) гнездо внешнего пуска;
- е) разъем для подключения цифрпечатающего устройства "ЦПУ".

Подготовка к измерениям

1. Включить тумблер "СЕТЬ", при этом загорается сигнальная лампочка и лампы индикаторного табло.
2. Установить тумблер ГИСЧ в положение "ВНУТР."
3. Прогреть прибор в течение 0,5...1 часа. После прогревания термостатированного кварцевого генератора лампа "ТЕРМОСТАТ" периодически меняет яркость свечения.
4. После включения прибора производится проверка правильности работы основных узлов прибора в следующем порядке:
 - а) установить переключатель "РОД РАБОТЫ" в положение "КОНТР.";
 - б) установить переключатель "МЕТКИ ВРЕМЕНИ-ВРЕМЯ СЧЕТА S" в положение "10⁻³";
 - в) установить тумблер "ВНЕШН. - АВТ." в положение "АВТ.", а регулировку "ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ" - в положение, обеспечивающее удобное время индикации;
 - г) произвести несколько отсчетов частоты 1 МГц для времени счета 10⁻³ с.

Затем переключатель "МЕТКИ ВРЕМЕНИ-ВРЕМЯ СЧЕТА S" последовательно переключить в положение времени счета "10⁻²", "0,1", "1", "10", "100" с; сделав по несколько измерений частоты 1 МГц на каждом положении. При этом показания прибора должны соответствовать измеряемой частоте с отклонением не более ± 1 счета (единица младшего разряда).

Порядок выполнения работы

1. Подготовить к измерениям ЦЧ 43-38 и лабораторный стенд

87Л-01 (включить станд, ГНЧ, ГПИ, ЧМ). Вместо станда 87Л-01 может использоваться звуковой генератор.

2. Измерение частоты:

к гнезду "ВХОД А" подключить кабель, вход которого соединить с источником колебаний измеряемой частоты (ГНЧ или звуковым генератором);

установить переключатель "РОД РАБОТЫ" в положение " f_A ", тумблер "ВНЕШН. - АВТ." - в положение "ВНЕШН.", тумблер опорного генератора - в положение "ВНУТР.";

установить переключатель "МЕТКИ ВРЕМЕНИ - ВРЕМЯ СЧЕТА S" в положение 10 с, а переключатель входа канала А - в положение " \sim ";

установить поочередно на выходе генератора частоты 25-50-100-150-200-500-1000-1500-2000-2500-5000-10000-15000-20000 Гц. Измерение частоты генератора ГНЧ станда 87Л-01 производится с помощью ЧМ. Запуск ЦЧ производится нажатием на кнопку "ПУСК". Показания ЦЧ и ГНЧ (звукового генератора) записать в табл. 9.1;

рассчитать погрешности частотомера и генератора, приняв показания частотомера за действительные значения.

Таблица 9.1

Результаты измерения частоты

Показания генератора, Гц	Показания частотомера, Гц	Относительная погрешность результатов измерений частотомера, %	Относительная погрешность показаний генератора, %

2. Измерение периодов

Проверить работоспособность прибора в режиме измерения периодов, для чего:

установить тумблер опорного генератора (ГИСЧ) в положение "ВНУТР.", тумблер "ВНЕШН. - АВТ." в положение "АВТ";

соединить кабелем гнездо "ВХОД Б" с выходом стандартной частоты "10 Гц";

установить переключатель "РОД РАБОТЫ" в положение " $\rightarrow \square$ ";

установить переключатель "МЕТКИ ВРЕМЕНИ-ВРЕМЯ СЧЕТА S" в положение "10⁻⁶";

установить переключатель входа канала Б в положение " $\leftarrow \square$ ";

установить удобное время индикации с помощью регулировки "ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ";

произвести несколько отсчетов величины периодов; установить переключатель "МЕТКИ ВРЕМЕНИ-ВРЕМЯ СЧЕТА S" в положение "10⁻⁶". Произвести несколько отсчетов величины периода; соединить гнездо "ВХОД Б" последовательно с выходом стандартной частоты 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, произвести по несколько отсчетов величин периода при различных величинах меток времени. Затем повторить все измерения при положении переключателя "РОД РАБОТЫ" - "10 Т_Б".

Показания прибора должны соответствовать стандартной частоте с отклонением не более ± 1 ед. младшего разряда.

Для измерения периода необходимо:

установить переключатель "РОД РАБОТЫ" в положение "Т_Б" или "10 Т_Б";

установить переключатель входа канала Б в положение " \sim ";

установить значение меток времени "10⁻⁶". При перевыполнении ЦОУ период меток времени увеличивается;

установить тумблер "ВНЕШН. - АВТ." в положение "ВНЕШН.". Запуск ЦЧ при этом производится от кнопки "ПУСК", а измерения выполняются однократно;

подать исследуемый сигнал от звукового генератора через кабель на гнездо "ВХОД Б" прибора;

значения измеряемого периода для частот 50-100-200-250-500-1000-2000-2500-5000-10000-20000 Гц отсчитать на ЦОУ и занести в табл. 9.2.

Таблица 9.2

Результаты измерения периода

Показания звукового генератора	Показания частотомера, мс	Относительная погрешность генератора, %
f , Гц	, мс	

3. Измерение отношения частот:

установить переключатели входа каналов А и Б в положение, соответствующее форме сигнала (" \sim " или " $\rightarrow \square$ ");

установить требуемое время индикации, а тумблер "ВНЕШН.-АВТ." в положение "АВТ." (или "ВНЕШН.");

подать исследуемые сигналы - от ГНЧ (или звукового генератора) - в канал А, от делителя частоты кварцевого генератора ("10 Гц" или "100 Гц") - в канал Б;

установить частоты звукового генератора 50-100-200-250-500-

1000-2000-2500-5000-10000-20000 Гц и отсчитать значения отношения частот исследуемых сигналов на ЦОУ;
результаты измерений занести в табл. 9.3.

Таблица 9.3

Показания генератора, f_A , Гц	Поддиапазон делителя частоты, f_B , Гц	f_A/f_B
-------------------------------------	---	-----------

4. Измерение длительности импульса

Проверка работоспособности прибора:
установить переключатель "РОД РАБОТЫ" в положение " \mathcal{E}_{AB} " и определить удобное время индикации;
соединить гнездо "ВХОД Б" с выходом стандартной частоты "10 кГц";
переключатель входа канала Б установить в положение " $\rightarrow \square$ ";
произвести несколько отсчетов для стандартных частот "10 кГц"; "1 кГц"; "100 Гц"; "10 Гц";
показания прибора должны соответствовать длительности импульса стандартной частоты со скажностью 2 и отклонением не более ± 1 единица младшего разряда.
Для измерения длительности импульса необходимо:
установить переключатель "РОД РАБОТЫ" в положение " \mathcal{E}_{AB} ";
установить переключатель входа канала Б в положение " $\rightarrow \square$ ";
установить переключатель "МЕТКИ ВРЕМЕНИ-ВРЕМЯ СЧЕТА S " в положение "10⁻⁶";
установить ручной запуск частотомера;
подключить электронно-лучевой осциллограф к ГПИ стенда 87Л-01 (гнездо " \square ");
установить переключатели стенда для ГНЧ - "1 кГц", для ГПИ - "100 Гц";
установить частоту ГНЧ 200 Гц (изменение частоты производить с помощью ЧМ стенда);
ручки "Длительность" и "Амплитуда" ГПИ стенда установить в крайнее правое положение;
снять осциллограмму выходного напряжения ГПИ;
подключить к ГПИ вместо осциллографа ЦЧ и измерить продолжительность импульса;
повторить измерения, изменяя длительность импульса ручкой "Длительность" ГПИ стенда 87Л-01 для 2...3 точек и 2...3 значений частоты;

результаты измерений занести в табл. 9.4.

Примечание. При работе в лаборатории 8.308 измерения и осциллографирование выполнить для всех частот, выведенных на задней панели ЦЧ.

Таблица 9.4

Результаты измерений продолжительности импульса

Частота f , Гц	Коэффициенты		Длина им- пульса $e_{x, gen}$	Продолжительность импуль- са, мс	
	отклоне- ния $K_{o, B/gen}$	развертки, $K_p, мс/gen$		по осцил- лограмме	по ЦЧ

Содержание отчета

1. Структурные схемы ЦЧ.
2. Таблицы результатов измерений и расчетов.
3. Осциллограммы импульсных напряжений в опыте 4.
4. Перечень использованных в работе приборов.
5. Выводы по каждому опыту и в целом по работе.
6. Ответы на контрольные вопросы (по указанию преподавателя).

Контрольные вопросы

1. Каково назначение цифрового частотомера?
2. Какие измерения может выполнять ЦЧ?
3. Какой метод аналого-цифрового преобразования положен в основу работы ЦЧ при измерении частоты, отношения частот, периода, продолжительности импульса?
4. Перечислить все источники погрешностей ЦЧ при различных измерениях.
5. Как рассчитать погрешность частотомера при измерении частоты, отношения частот, периода, продолжительности импульса?
6. Объяснить причину возникновения погрешности дискретности ЦЧ при различных измерениях.
7. Как выбрать время счета при измерении частоты, чтобы избежать переполнения ЦОУ?
8. Как рассчитать погрешность дискретности при измерении частоты?
9. Какие способы существуют для уменьшения погрешности дискретности при измерении частоты?

10. Какой результат (мгновенный или средний) и почему получается на ЦОУ при измерении частоты?

11. Как уменьшить погрешности измерения частоты, повысив одновременно быстродействие прибора?

12. Указать область применения изменений отношений частот f_A/f_B .

13. Как определить погрешность (абсолютную и относительную) при измерении отношений частот?

14. Чему будет равна индикация на ЦОУ отношения частот $f_A = 237$ Гц, $f_B = 100$ Гц?

15. В чем заключается особенность работы ЦЧ при измерении периода по отношению к измерению частоты?

16. Из каких соображений и как выбираются метки времени при измерении периода?

17. Какие составляющие погрешности влияют на точность измерения периода?

18. Какой результат (мгновенный или средний) и почему получается на ЦОУ при положении ручки "РОД РАБОТЫ":

а) " T_B "; б) " $10 T_B$ "?

19. Как уменьшить погрешность измерения периода?

20. Какой прибор дает более точный результат при измерении продолжительности импульса - ЭЛО или ЦЧ и почему?

21. Как рассчитать погрешность дискретности при измерении продолжительности импульса?

22. Можно ли (если да - то как) с помощью ЦЧ ЧЗ-ЗВ измерить продолжительность паузы в опыте 4?

23. Что такое скважность импульса?

24. Какие изменения в схеме ЦЧ происходят при положениях переключателей входа каналов А и В " \perp ", " $\rightarrow \perp$ ", " \sim ", " \perp ", " \perp "?

Лабораторная работа 10

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕНЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Цель работы: ознакомление с устройством, исследование основных свойств тензорезисторных преобразователей и их градуировка.

Оборудование и приборы

В работе используются лабораторный стенд с тензорезисторами, магнитоэлектрический гальванометр типа М 250/1, вольтметр, магазин сопротивления типа Р 33, реостат, микрометр.

Содержание работы

1. Настройка схемы с тензорезисторами на максимальную чувствительность.
2. Проведение градуировки тензорезисторов.
3. Расчет чувствительности тензопреобразователя.

Пояснения к работе

При механической деформации проводящих материалов их активное сопротивление изменяется. Это явление, получившее название тензоэффекта, положено в основу работы тензорезисторных преобразователей.

Тензорезисторные преобразователи применяются для измерения неэлектрических величин. Различают два основных направления использования тензорезисторов:

- 1) измерение механических сил, давлений, ускорений, вибраций и т.п. тензорезисторами, закрепленными на упругих элементах, деформируемых под воздействием измеряемой неэлектрической величины;
- 2) измерение собственно деформаций поверхности деталей машин и инженерных конструкций при изучении их напряженного состояния.

Тензорезисторы обладают хорошими динамическими свойствами и применяются для измерения как статических, так и быстроизменяющихся динамических деформаций.

Наиболее широко распространены проволочные тензорезисторы (рис. 10.1). На полоску тонкой бумаги или лаковую пленку 1 наклеивается так называемая решетка из зигзагообразно уложенной тонкой проволоки 2 диаметром 0,02-0,05 мм. К концам проволоки присоединяются (пайкой или сваркой) выводные медные проводники 3, при помощи которых преобразователь включается в измерительную электрическую цепь. Сверху преобразователь покрывается слоем лака.

Преобразователи выполняются различных размеров в зависимости от назначения. Длина петли (базы) у преобразователей бывает от 0,5 до 150 мм, ширина чувствительного элемента - от 0,6 до 60 мм. Сопротивление преобразователей чаще всего составляет 30-500 Ом.

2. Как строятся ИИС?
3. Какие существуют классификации ИИС?
4. Дать классификацию и определения ИИС по назначению.
5. Изобразить структурную схему аналоговой ИИС, которая одновременно измеряет n величин.
6. Каковы метрологические характеристики ИИС?
7. Что такое ИВК (выбрать правильный ответ)?
 - а) информационно-измерительная система;
 - б) ядро ИИС;
 - в) вычислительный комплекс;
 - г) измерительная система.
8. Если в работе не удалось получить код 255, то как рассчитать R_{max} ?
9. Можно ли вместо резисторов подключить источники ЭДС?
10. Можно ли (если да - то как, если нет - почему) измерить одновременно с помощью ПЭВМ "Агат" температуру в помещении и на улице?
11. Чем отличаются незамкнутая и замкнутая ИИС?
12. Как на основе ИВК построить замкнутую ИИС?
13. Как экспериментально определить (хотя бы приблизительно) время одного преобразования (или быстродействие) ИИС, рассмотренной в работе?
14. Объяснить структурные схемы составленного программного обеспечения.
15. Как можно упростить программы и повысить быстродействие ИИС?

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа 8. Исследование электронно-лучевого осциллографа.....	3
Лабораторная работа 9. Исследование цифрового частотомера.....	29
Лабораторная работа 10. Исследование тензопреобразователей.....	44
Лабораторная работа 11. Определение характеристик магнитных материалов.....	52
Лабораторная работа 12. Исследование информационно-измерительной системы.....	60

Сведения о пользовании

№ п/п	Учебный год	Фамилия студента	Группа