

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛОГОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра автоматики и вычислительной техники

МЕТРОЛОГИЯ СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ № 1, 2*

Факультет электроэнергетический

Специальности:

- 140604 - электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов;
- 140610 – электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений;
- 220201 – информатика и управление в технических системах;
- 230101 – вычислительные машины, комплексы, системы и сети;
- 230105 – программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем

Направления:

- 140400.62 –электроэнергетика и электротехника;
- 220400.62 – управление в технических системах;
- 230100.62 – информатика и вычислительная техника;
- 231000.62 – программная инженерия

Вологда
2011

УДК 389. 621.317

Метрология стандартизация и сертификация: методические указания к выполнению лабораторных работ № 1, 2. - Вологда: ВоГТУ, 2011 – 32 с.

В методических указаниях изложена методика проведения двух лабораторных работ, дающих представление о работе с электромеханическими и электронными измерительными приборами. Для каждой работы указана ее цель, приведены основные теоретические положения, дано описание лабораторного стенда, порядок ее выполнения, содержание отчета, контрольные вопросы. Прилагаются также инструкции по работе с некоторыми измерительными приборами

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГТУ

Составитель А.П. Сергушичева, канд. техн. наук, доцент

Рецензент А.Н. Швецов, д-р техн. наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум позволяет закрепить теоретические знания, проверить опытным путем некоторые положения теории, научиться работать с электроизмерительными приборами, познакомиться с методикой их поверки, приобрести навыки по экспериментальному исследованию и обработке результатов измерений, оценке их точности.

К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности и подготовившиеся к работе. Подготовка включает изучение соответствующих теоретических разделов дисциплины; ознакомление с описанием и последовательностью выполнения работы; выполнение предварительных расчетов и составление таблиц для записи результатов измерений; ответы на вопросы, приведенные в описании.

По каждой лабораторной работе оформляется бригадный отчет, в который включают: титульный лист, цель работы, основные теоретические положения, схемы, результаты экспериментов, расчеты, графический материал, анализ полученных результатов и выводы по работе. Продолжительность каждой работы соответствует четырем академическим часам.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В лаборатории метрологии и электрических измерений питание схем осуществляется напряжениями постоянного $\pm(0-30)\text{В}$ и переменного (220В) тока. Необходимо помнить, что токи, вызываемые этими напряжениями, могут быть опасными при неосторожном и неквалифицированном обращении со схемами. Все студенты перед началом работы на первом занятии проходят инструктаж о правилах безопасной работы в лаборатории в соответствии с утвержденной инструкцией. При выполнении экспериментальной части работ следует соблюдать следующие **правила**:

- Сборку схем и все изменения в схеме должны производиться только при отключенном источнике питания.
- Подавать напряжение на схему разрешается только после проверки и кратковременного пробного включения преподавателем.
- При проведении работы недопустимы касания руками неизолированных токоведущих частей лабораторного стенда.
- При возникновении каких-либо неисправностей в режиме работы (нагрев, запах горелой изоляции, дым, искры и т.п.) следует немедленно отключить схему от источника питания и сообщить об этом преподавателю.
- Металлические корпуса приборов должны быть заземлены.
- Нельзя оставлять схему и приборы, которые находятся под напряжением, без присмотра.
- По окончании работы все приборы должны быть отключены от источника питания, схема разобрана, соединительные провода аккуратно сложены, а приборы установлены на указанные места.
- Будьте осторожны при работе с высоким напряжением! Соблюдайте правила техники безопасности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Расширение пределов измерения и поверка электромеханических измерительных приборов

1. Цель работы

Цель работы - ознакомление с методикой проведения поверки электро-механических измерительных приборов для измерения тока и напряжения, оценка их метрологических характеристик.

2. Основные теоретические положения

2.1. Поверка. Нормируемые метрологические характеристики (ГОСТ 8.009-84 ГОСТ 2261-94)

Поверкой средств измерений называют совокупность действий, выполняемых для определения нормируемых метрологических характеристик средств измерений и проверки их соответствия регламентированным значениям. На основе результатов поверки устанавливают пригодность средств измерений к применению.

Метрологическими называют характеристики оказывающие влияние на точность измерений. Номенклатура нормируемых метрологических характеристик и полнота, с которой они должны описывать свойства средств измерений, зависят от их назначения, условий эксплуатации, режима работы и многих других факторов. Нормы на отдельные метрологические характеристики приводятся в эксплуатационной документации (паспорте, техническом описании, инструкции по эксплуатации и т. п.) в виде номинальных значений, коэффициентов, функций, заданных формулами, таблицами или графиками, пределов допускаемых отклонений от номинальных значений и функций. Знание метрологических характеристик необходимо для выбора средств измерений и оценки точности результатов измерений.

Точность – качество, отражающее близость к нулю погрешности измерения, а потому выражаемое количественно величиной максимально возможных погрешностей. Общая погрешность обусловлена множеством различных причин и может быть представлена суммой отдельных составляющих, которые по причине возникновения делятся на инструментальные, методические и субъективные. Субъективные погрешности непредсказуемы и предварительному расчету не подлежат. Все рассчитываемые погрешности выражают через а) абсолютную, б) относительную и в) приведенную погрешности.

Абсолютная погрешность прибора $\Delta_{\text{п}}$ – разность между показанием прибора $X_{\text{п}}$ и истинным (действительным) значением измеряемой величины $X_{\text{д}}$, определяемой по показанию образцового прибора (допустимая *погрешность* измерения *образцового прибора* должна быть, по крайней мере *в три раза меньше* допустимой погрешности *рабочего прибора*):

$$\Delta_{\text{п}} = X_{\text{п}} - X_{\text{д}}.$$

Для получения действительного значения измеряемой величины в ряде случаев учитывают погрешности средств измерений путем введения поправок. **Поправкой** называется абсолютная погрешность, взятая с обратным знаком $P = \pm \Delta_{\text{п}}$.

Относительная погрешность δ – безразмерная величина, равная отношению абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины (в процентах)

$$\delta = (\pm \Delta_{\text{п}} / X_{\text{д}}) * 100\%.$$

Во многих практических случаях допустимо абсолютную погрешность относить к показанию прибора $X_{\text{п}}$:

$$\delta = (\pm \Delta_{\text{п}} / X_{\text{п}}) * 100\%.$$

Приведенная погрешность γ – отношение абсолютной погрешности к нормирующему (номинальному) значению шкалы поверяемого прибора.

$$\gamma = (\pm \Delta_{\text{п}} / X_{\text{Н}}) * 100\%,$$

где $X_{\text{Н}}$ – нормирующее значение, которое принимается равным:

- конечному значению диапазона измерений для средств с равномерной или степенной шкалой, если нулевая отметка находится на краю или вне этой шкалы;
- арифметической сумме конечных значений диапазона измерений, если нулевая отметка находится внутри диапазона измерений.

Приведенная погрешность не является непосредственным показателем точности измерений, проводимых с помощью данного прибора, однако позволяет оценить точность самого средства измерения, а потому отображается на его класс точности K ($K \approx \gamma$, $K \geq \gamma$).

Класс точности или предел допустимой основной погрешности является основной метрологической характеристикой любого электромеханического прибора или устройства. **Основная погрешность** – это погрешность средств измерений, используемых в нормальных условиях эксплуатации, которые указываются в паспорте прибора или в руководстве по эксплуатации. Классы точности и соответствующие им предельно допустимые значения основной погрешности выбираются из ряда: $(1; 1,5; 2,5; 4,0; 5,0) * 10^n$, где $n=0$ или целому отрицательному числу. Для многопредельных приборов устанавливается различные пределы допустимых погрешностей. Пределы допустимых основной и

дополнительной погрешностей средств измерений могут устанавливаться в виде абсолютных, относительных, приведенных погрешностей или в виде определенного числа делений шкалы.

Кроме погрешностей и класса точности находит применение ряд других характеристик и свойств измерительных приборов, которые служат для оценки средств измерений, возможности их применения в разных условиях. К ним относятся:

- **чувствительность** измерительного прибора, характеризуемая отношением линейного или углового перемещения указателя (стрелки, пера) к изменению измеряемой величины и выражаемая в делениях шкалы на единицу измерения:

$$S = dy/dx = \Delta y / \Delta x,$$

где Δx – изменение измеряемой величины, Δy – перемещение указателя.

Для различных типов приборов чувствительность может быть постоянной во всем диапазоне измерений (приборы с равномерной шкалой) или менять значение на разных участках диапазона измерений;

- **постоянная прибора** C – величина, обратная чувствительности и равная числу единиц измеряемой величины, приходящихся на одно деление шкалы

$$C = 1/S;$$

- **диапазон измерений** – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности прибора. Если прибор предназначен для измерения величины, изменяющейся в широких пределах, то с целью повышения точности измерения в приборе предусматривается несколько диапазонов, которые переключаются вручную или автоматически;

- **вариация** $\delta_{\text{вар}}$ – разность показаний при повторном измерении одной и той же величины в неизменных внешних условиях. Ее определяют как наибольшую разность показаний прибора, полученную при прямом (возрастающем) и обратном (убывающем) ходе указателя прибора для одного и того же действительного значения измеряемой величины;

- **время успокоения** подвижной части указателя t_y – промежуток времени с момента скачкообразного изменения измеряемой величины до момента, когда указатель прибора не удаляется от своего окончательного положения (обычно в середине шкалы) более чем на 1% от длины шкалы. Определяется как среднее арифметическое из результатов трех измерений;

- **порог чувствительности** – наименьшее изменение входной (измеряемой) величины, способное вызвать заметное изменение показания прибора;

- **ток полного отклонения** $I_{\text{НОМ}}$ – значение силы тока, вызывающее отклонение указателя до конца шкалы;

- **напряжение полного отклонения** $U_{\text{НОМ}}$ – значение напряжения на рамке измерительного прибора, создающее в ее цепи ток $I_{\text{НОМ}}$;

- **внутреннее сопротивление** $R_{\text{ВН}}$ – значение сопротивления рамки прибора. (Последние три параметра связаны законом Ома: $U_{\text{НОМ}} = I_{\text{НОМ}} * R_{\text{ВН}}$);

- **мощность**, потребляемая прибором:

$P_A = I_A^2 \cdot R_A$ – мощность, потребляемая амперметром;

$P_V = U_V^2 \cdot R_V$ – мощность, потребляемая вольтметром.

2.2. Электрические измерительные преобразователи

Для расширения пределов измерения (изменения значения токов и напряжений полного отклонения) имеющих в наличии приборов широкое применение находят электрические преобразователи. К ним относятся измерительные трансформаторы тока и напряжения, шунты и добавочные сопротивления, делители напряжения и усилители.

Измерительные трансформаторы тока и напряжения (ТТ и ТН) предназначены для изменения пределов измерения по току и напряжению приборов, работающих на переменном токе. Первичный ток I_1 (напряжение U_1) в ТТ (ТН) больше вторичного I_2 (U_2), поэтому число витков в его первичной обмотке W_1 меньше (больше) числа витков вторичной обмотки W_2 . Номинальный вторичный ток у ТТ $I_{2н}$ равен 5А (иногда 1А), а номинальное вторичное напряжение у ТН $U_{2н}$ соответственно 100В (иногда $100\sqrt{3}$).

Трансформаторы тока и напряжения характеризуются действительными и номинальными коэффициентами трансформации K_I , K_U и $K_{Iн}$, $K_{Uн}$, которые определяются так:

$$K_I = I_1/I_2, \quad K_U = U_1/U_2, \quad K_{Iн} = I_{1н}/I_{2н}, \quad K_{Uн} = U_{1н}/U_{2н},$$

где $I_{1н}$, $I_{2н}$, $U_{1н}$, $U_{2н}$ - номинальные значения первичных и вторичных токов и напряжений. Действительные коэффициенты K_I и K_U являются, в общем случае, величинами изменяющимися, поэтому при определении первичных токов и напряжений используют номинальные коэффициенты, которые постоянны по величине и указываются на самих трансформаторах в виде дроби, числитель которой есть номинальное значение первичной, а знаменатель - вторичной величины. Следует помнить, что определение измеряемой величины по номинальным коэффициентам приводит к погрешностям, относительная величина которых равна:

- для трансформаторов тока (погрешность по току)

$$\delta_I = (K_{Iн} - K_I) \cdot 100\% / K_I;$$

- для трансформаторов напряжения (погрешность по напряжению)

$$\delta_U = (K_{Uн} - K_U) \cdot 100\% / K_U.$$

Шунты и добавочные сопротивления предназначены для изменения пределов измерения приборов (обычно магнитоэлектрических), которые работают в цепях постоянного тока.

Сопротивление шунта, включаемого параллельно прибору, определяется как:

$$R_{ш} = R_{им}/(n-1),$$

где $R_{им}$ - сопротивление измерительного механизма;

$n = I_x / I_{\text{ном}}$ - коэффициент шунтирования (кратность расширения предела измерения по току);

I_x - измеряемый ток;

$I_{\text{ном}}$ - ток полного отклонения измерительного механизма.

Величина добавочного сопротивления находится по формуле:

$$R_{\text{доб}} = R_{\text{им}} * (m - 1),$$

где $m = U_x / U_{\text{ном}}$ - кратность расширения предела измерения (по напряжению);

U_x - измеряемое напряжение;

$U_{\text{ном}}$ - напряжение полного отклонения измерительного механизма.

2.3. Методические указания

2.3.1. **Подготовка** к измерительным экспериментам включает определение основных метрологических характеристик как поверяемых, так и образцовых средств измерения. Их следует занести в таблицу по форме 1.1 (по примеру для амперметра М362).

Форма 1.1

Наименование прибора	Характеристики прибора					
	Пределы измерения	Диапазон показаний	Цена деления	Чувствительность	Класс точности	Погрешность измерений приведенная
Амперметр М362	Постоянный ток 5А	5А	0,2 А/дел	5 дел/А	1,5	$\pm 1,5\%$

2.3.2. Для **проведения поверки** установить приборы в рабочее положение, указанное на их шкале; с помощью корректоров установить стрелки приборов на нулевые отметки шкалы; установить реостатом минимальный ток в рабочей цепи; включить схему и прогреть приборы в течение 3-5 минут.

Поверку прибора следует производить на оцифрованных отметках шкалы с одновременным отсчетом показаний образцового прибора. При этом показания прибора устанавливаются плавно от нуля до конца шкалы и обратно, стараясь как можно точнее совмещать указатель с поверяемой отметкой шкалы прибора. При случайном переходе указателя нужной отметки шкалы, требуется вернуть указатель обратно и подвести его к нужной отметке. Подобная методика проведения поверки позволяет выявлять погрешности, возникающие за счет трения в кернах. Результаты испытаний заносятся в таблицу по форме 1.2, туда же записывают и вычисляемые величины: а) абсолютные погрешности Δ_1 при увеличении и Δ_2 при уменьшении показаний.; б) относительную погрешность δ ; в) приведенную погрешность γ ; г) поправку P ; д) вариацию показаний $\delta_{\text{вар}}$.

Примечание: для вычисления значений δ и γ надо брать наибольшие абсолютные погрешности для каждой точки поверяемого прибора.

По полученным результатам нужно найти наибольшую приведенную погрешность прибора, и по ней класс точности прибора. Класс точности K_p определяет наибольшую (предельную) допустимую приведенную погрешность прибора $\gamma_{\max}$ в рабочей части шкалы, выраженную абсолютным числом, значение которого равно приведенной погрешности в процентах.

Форма 1.2

Измерено			Вычислено					
I_p, A (U_p, B)	$I, A (U_p, B)$		$\Delta I_1, A(\Delta U_1, B)$	$\Delta I_2, A(\Delta U_2, B)$	δ	γ	P	$\delta_{\text{вар}}$
	При увеличении показаний	При уменьшении показаний	При увеличении показаний	При уменьшении показаний	%	%	%	%

2.3.3. Для **измерения времени успокоения** прибора его стрелку устанавливают на отметку, лежащую в середине шкалы. Определяют, чему равен 1% шкалы прибора и мысленно отмечают на ней точки, лежащие на расстоянии 1% по обе стороны от отметки, на которую установлена стрелка. Выключив прибор, дают стрелке остановиться и, не изменяя положения, установленного ранее на движке реостата, включают тумблером схемы и включают секундомер. Когда стрелка поверяемого прибора будет колебаться в пределах $\pm 1\%$ у выбранной отметки шкалы, секундомер останавливают. Это и будет время успокоения прибора, которое определяют как среднее арифметическое из результатов трех измерений.

3. Описание лабораторного стенда

В состав лабораторного стенда входят следующие измерительные приборы:

- поверяемый амперметр постоянного тока,
- поверяемый амперметр переменного тока,
- поверяемый вольтметр переменного тока,
- измерительный механизм постоянного тока,
- образцовый цифровой комбинированный прибор В7-38 для измерения постоянного и переменного напряжения,
- образцовый амперметр для измерения постоянного и переменного тока,
- трансформатор тока И-54,
- трансформатор напряжения УТН-1,
- два реостата,
- лабораторный автотрансформатор,
- магазин сопротивлений.

4. Содержание работы и порядок ее выполнения

4.1. Подготовка к измерительным экспериментам

4.1.1. Изучить теоретический материал (разделы 2.1, 2.2). Ознакомиться с методическими рекомендациями (раздел 2.3).

4.1.2. Подобрать необходимые для экспериментов средства измерений (в соответствии с разделом 3). Обратите внимание на метрологические характеристики (диапазоны измерений, класс точности и др.), род тока, рабочее положение прибора.

4.1.3. Занести в таблицу по форме 1 перечень необходимой аппаратуры и ее основные метрологические характеристики. Указанную таблицу можно заполнять по мере подготовки соответствующего эксперимента. Например, при подготовке эксперимента 1 вписываем в нее характеристики поверяемого и образцового амперметров постоянного тока.

4.2. Эксперимент 1. Поверка амперметра постоянного тока

4.2.1. Подключить приборы и элементы в соответствии со схемой, приведенной на рис. 1.

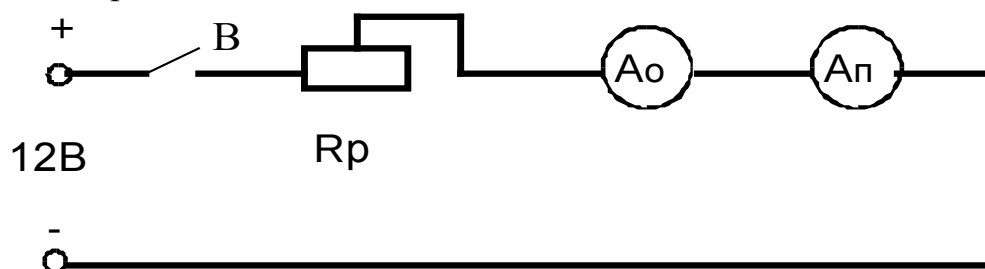


Рис. 1.1

4.2.2. Произвести поверку амперметра в соответствии с пунктом 2.3.2 методических указаний. Поверка осуществляется от сети постоянного тока напряжением 12В. Результаты измерений свести в таблицу по форме 1.2. По результатам полученных абсолютных погрешностей построить графики их зависимости от измеряемой величины.

4.2.3. Определить время успокоения прибора (см. пункт 2.3.3.).

4.3. Эксперимент 2. Поверка амперметра переменного тока с использованием трансформатора тока.

4.3.1. Подключить приборы и элементы в соответствии со схемой, приведенной на рис. 1.2. В данной работе применяется трансформатор тока (ТТ) типа И-54. Поэтому перед сборкой схемы нужно ознакомиться с правилами использования ТТ И-54 и его электрической схемой. Коэффициент трансфор-

мации ТТ $K_{\text{И}}$ следует устанавливать такого значения, чтобы указатель образцового прибора находился как можно ближе к конечной отметке шкалы.

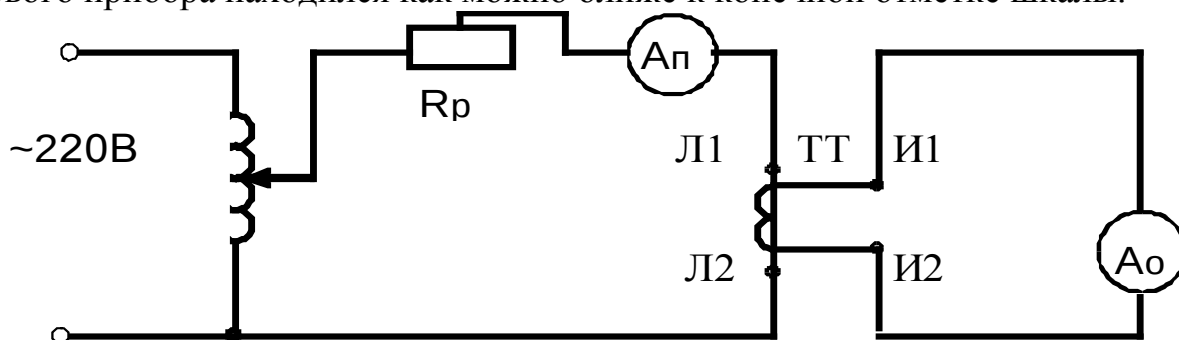


Рис. 1.2

4.3.2. Произвести поверку амперметра в соответствии с пунктом 2.3.2 методических указаний. Поверка осуществляется от сети переменного тока напряжением 220В. Результаты измерений свести в таблицу по форме 1.2. По результатам полученных абсолютных погрешностей построить график их зависимости от измеряемой величины.

4.3.3. Определить время успокоения прибора (см. пункт 2.3.3.).

4.4. Эксперимент 3. Поверка вольтметра с трансформатором напряжения.

4.4.1. Подключить приборы и элементы в соответствии со схемой, приведенной на рис. 1.3. Перед сборкой схемы нужно ознакомиться с ТН типа УТН-1 и его электрической схемой.

4.4.2. Произвести поверку вольтметра в соответствии с пунктом 2.3.2 методических указаний. Поверка осуществляется от сети переменного тока напряжением 220В. Результаты измерений свести в таблицу по форме 1.2. По результатам полученных абсолютных погрешностей построить график их зависимости от измеряемой величины.

4.4.3. Определить время успокоения прибора (см. пункт 2.3.3.).

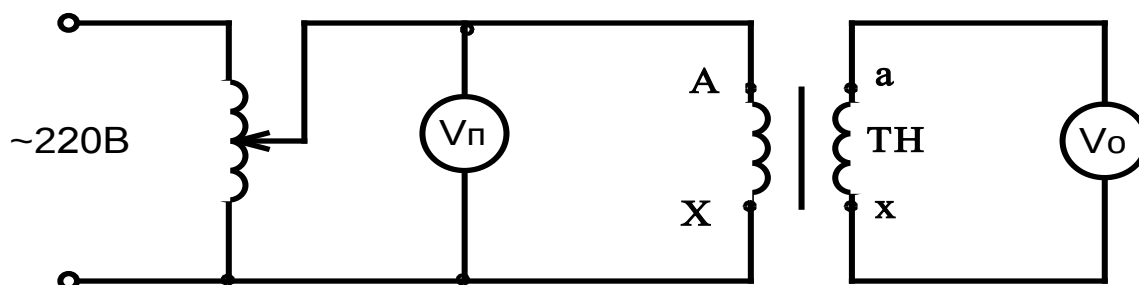


Рис. 1.3

4.5. Эксперимент 4. **Расширение пределов измерения** приборов на постоянном токе.

4.5.1. Определить сопротивление измерительного механизма ($R_{\text{ИМ}}$), пределы измерения которого требуется изменить, а также максимальную потребляемую мощность $P_{\text{ИМ}}$. Данные параметры можно определить через напряжение $U_{\text{НОМ}}$ и ток $I_{\text{НОМ}}$ полного отклонения заданного прибора при помощи их измерений по схеме, изображенной на рис. 1.4, где ИМ - исследуемый измерительный механизм. Сначала определяют ток полного отклонения $I_{\text{НОМ}}$, включив образцовый миллиамперметр последовательно с исследуемым ИМ, затем напряжение полного отклонения $U_{\text{НОМ}}$ (при отключенном миллиамперметре), включив параллельно ИМ образцовый вольтметр. Опытные и расчетные данные записать в таблицу по форме 1.3.

Форма 1.3

Измерено		Вычислено	
$I_{\text{НОМ}}, \text{A}$	$U_{\text{НОМ}}, \text{В}$	$R_{\text{ИМ}}, \text{Ом}$	$P_{\text{ИМ}}, \text{Вт}$

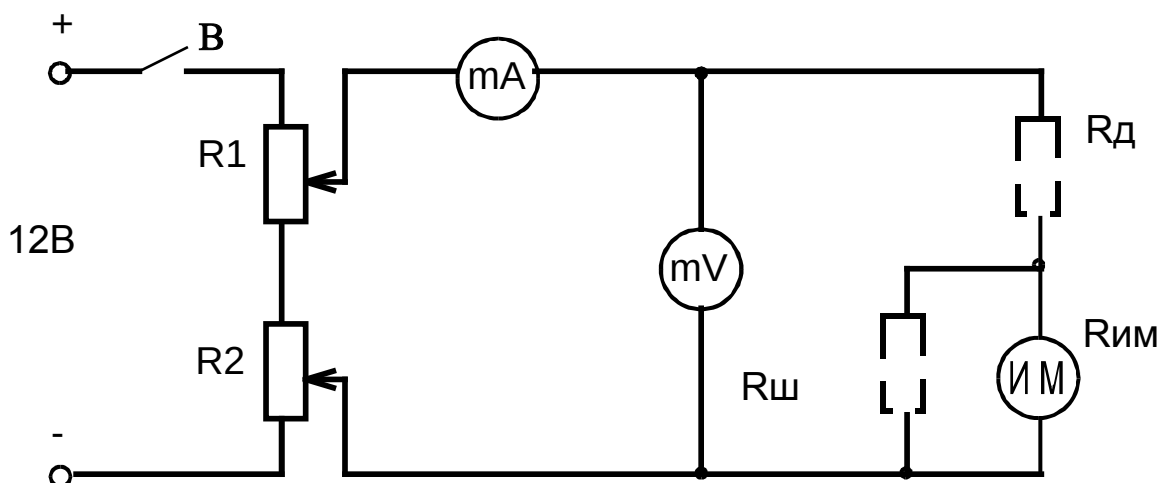


Рис. 1.4

4.5.2. На основании полученных результатов рассчитать добавочное сопротивление $R_{\text{доб}}$ и сопротивление шунта $R_{\text{ш}}$, исходя из заданных пределов измерения напряжения и тока, варианты которых выбираются из таблицы 1.1 по заданию преподавателя.

4.5.3. Для оценки правильности расчета величины $R_{\text{доб}}$ и $R_{\text{ш}}$ собрать схему, показанную на рис. 1.4, дополнив ее поочередно добавочным сопротивлением, а затем шунтом (указаны пунктиром на рис. 1.4), используя в их качестве магазин сопротивлений с установленными на нем рассчитанными $R_{\text{доб}}$ и $R_{\text{ш}}$. Добившись с помощью $R1$ и $R2$ отклонения стрелки до конечного деления шкалы, необходимо зафиксировать показания образцового прибора, которые отличаются от заданных пределов измерения ($R_{\text{доб}}$ и $R_{\text{ш}}$ рассчитаны не-

верно), поэтому следует подобрать уточненную величину $R_{доб}$ и $R_{ш}$ опытным путем, добиваясь, чтобы показания образцового прибора, соответствующие полному отклонению стрелки исследуемого прибора, было в точности равно заданному пределу измерения.

Таблица 1.1

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
Заданные пределы измерения								
$V_x, В$	12	14	16	18	20	22	24	26
$I_x, мА$	20	18	16	14	12	10	8	7

4.5.4. Проверить исследуемый прибор (вольтметр, миллиамперметр) путем сравнения с образцовым прибором по всей шкале, для чего нужно заранее рассчитать допустимое значение абсолютной погрешности:

$$\Delta U = \gamma \cdot U_{ном} / 100; \Delta I = \gamma \cdot I_{ном} / 100,$$

где γ - приведенная погрешность прибора, численно равная классу точности;

$U_{ном}, I_{ном}$ - номинальное значение шкалы прибора с учетом $R_{доб}$ или $R_{ш}$.

Найти абсолютную погрешность поверяемого прибора, устанавливая поочередно точные значения напряжения или тока по образцовому прибору и оценить, не выходит ли она за пределы допустимого значения. Полученные результаты записать в таблицы по форме 1.4 и 1.5.

Форма 1.4

Заданный предел измерения	$R_{доб}, Ом$		$R_{ш}, Ом$	
	Расчетное	Опытное	Расчетное	Опытное

Форма 1.5

Расчетная погрешность ($\Delta U, \Delta I$)	Измерено			
	$U_0, В$	$\Delta U, В$	$I_0, мА$	$\Delta I, мА$

5. Содержание отчета

5.1. Цель работы.

5.2. Перечень приборов и оборудования, их паспортные данные.

5.3. Принципиальные электрические схемы работы.

5.4. Таблицы экспериментальных данных.

5.5. Основные расчетные формулы, примеры расчетов.

5.6. Графики зависимостей абсолютных погрешностей от измеряемой величины.

5.7. Выводы по работе (Внимание! **Выводы** следует делать **по результатам** измерительных экспериментов).

6. Контрольные вопросы

1. С какой целью проводится поверка?
2. Какие характеристики называют метрологическими?
3. Приведите примеры метрологических характеристик.
4. Что такое точность?
5. Чем определяется класс точности приборов?
6. Какие классы точности существуют?
7. Как обозначаются приборы магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической и электростатической системы?
8. Чем отличаются понятия истинного и действительного значения физической величины?
9. Что такое средства измерения?
10. Как различить погрешности по причинам их возникновения? Приведите примеры.
11. Как делят погрешности по характеру их проявления?
12. Какая погрешность называется основной?
13. Что показывает чувствительность прибора?
14. Как определяется мощность, потребляемая прибором?
15. Как можно выявить соответствие прибора классу точности, указанному на его шкале?
16. Какими параметрами характеризуются электромеханические измерительные приборы?
17. В чем отличие действительных и номинальных коэффициентов трансформации у ТТ и ТН?
18. Какие правила должны соблюдаться для обеспечения нормального режима работы ТТ и ТН?
19. Для чего применяют добавочные сопротивления и шунты?
20. Какие преобразователи применяются для расширения пределов измерения вольтметров?
21. Как измеряют время успокоения прибора?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Применение электронных измерительных приборов

1. Цель работы

Цель работы: ознакомление с методами измерения параметров электрических сигналов с помощью электронного осциллографа, частотомера и вольтметра.

2. Основные теоретические положения

Измерение параметров электрических сигналов, таких как амплитуда, частота, фаза или разность фаз двух сигналов, длительность импульсов и длительность их переднего и заднего фронтов, линейность импульсов пилообразного и треугольного напряжения и ряда других, представляет большой практический интерес и может осуществляться разными методами и приборами. В данной работе измерение этих параметров производится электронным осциллографом, цифровым частотомером и электронным вольтметром. Инструкции по работе с осциллографом и частотомером приведены в приложениях А и Б.

2.1. Измерение амплитуды напряжения и интервалов времени

2.1.2. Для измерения **амплитуды** напряжения исследуемый сигнал подается на вход Y. Переключателем «В/дел» добиваются, чтобы изображение занимало около 7 делений по вертикали. Ручками смещения изображения по вертикали и горизонтали располагают изображение так, чтобы нижний уровень сигнала совпадал с одной из нижних линий сетки, а верхний уровень сигнала находился на центральной вертикальной линии. Измеряют размах изображения по вертикали в делениях. Перед измерением амплитуды нужно проверить калибровку осциллографа по амплитуде согласно инструкции.

2.1.2. С помощью осциллографа можно выполнить измерение различных параметров импульсов, **интервалов времени**. Измеряемый временной интервал (импульс) рекомендуется установить в центре экрана и выбором длительности развертки увеличить его длину на экране ЭЛТ (для повышения точности измерения). Результат определяется произведением двух величин: длины измеряемого интервала времени (длительности импульса) по горизонтали в делениях и значения величины времени на деление в данном положении переключателя «время/дел». Необходимо помнить, что перед проведением измерения временных интервалов нужно проверить калибровку длительности развертки по внутреннему калибратору согласно инструкции.

2.2. Измерение частоты

2.2.1. Частоту периодического сигнала можно определить, **измерив** его **период** T :

$$f = 1/T.$$

Для этого подсчитывают расстояние в делениях целого числа периодов, укладываемых наиболее близко к предельному значению шкалы на экране осциллографа. Например, два периода занимают расстояние $L=7,5$ деления при длительности развертки $T_p=2$ мс/дел. Тогда искомая частота сигнала равна:

$$f = \frac{n}{L * T_p} = \frac{2}{7,5 * 2 * 10^{-3}} = 133,3 \text{ Гц}.$$

2.2.2. Другим способом измерения частоты f (периода колебаний $T = 1/f$) с помощью осциллографа является сравнение исследуемых колебаний с колебаниями известной частоты **при помощи фигур Лиссажу**. Для этого сравниваемые напряжения подаются на обе пары пластин ЭЛТ (Y и X). Если отношение их частот равно целому числу, на экране ЭЛТ получается неподвижная или медленно вращающаяся фигура Лиссажу. По ее форме можно определить неизвестную частоту, если вторая частота известна. Стремятся подобрать частоту опорного генератора, равной частоте измеряемых колебаний, так как при этом фигура принимает простейший вид (круг, эллипс, прямая). Если измеряемая частота f_x близка по кратности опорной частоте f_0 , то изображение фигуры Лиссажу будет медленно вращаться. При этом число оборотов в секунду будет соответствовать разности частот:

$$\Delta f = f_1 - f_0 = n / \Delta t,$$

где n - число оборотов фигуры; Δt - интервал времени, соответствующий этому числу оборотов.

Тогда, зная опорную частоту, можно найти искомую:

$$f_1 = f_0 \pm \Delta f.$$

Электронно-лучевые осциллографы применяются для измерения частот электрических сигналов в диапазоне, указанном в технической инструкции; погрешность измерения практически равна погрешности калибровки генератора опорной частоты f_0 . Чаще всего измерения проводят при выключенной развертке осциллографа, пользуясь схемой соединения, показанной на рис. 2.1. На вход X осциллографа подают напряжение с неизвестной частотой $f_x = f_1$ а на вход Y - напряжение от генератора опорной частоты $f_Y = f_0$.

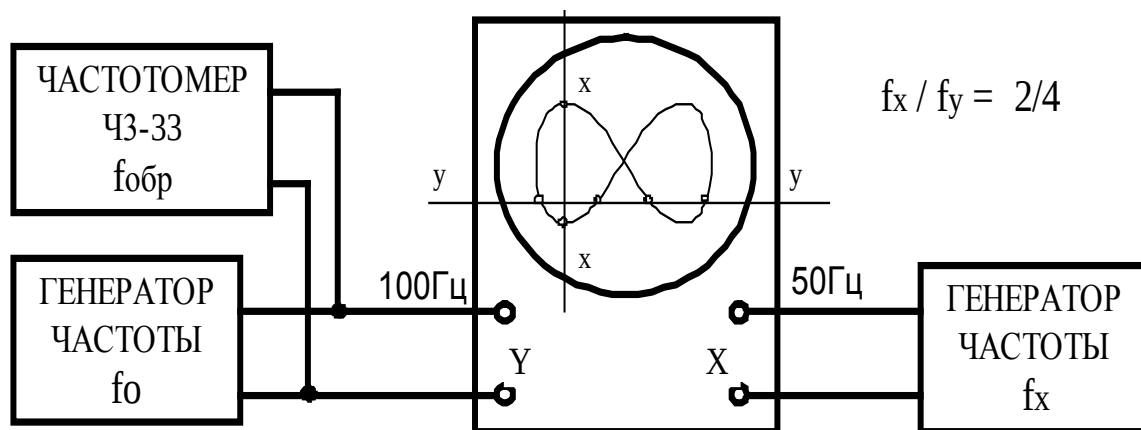


Рис. 2.1

При измерении частоту опорного генератора плавно изменяют до тех пор, пока на экране не возникнет одна из фигур Лиссажу возможно более простой формы. Эту фигуру пересекают линиями xx и yy , параллельными плоскостям отклоняющих пластин X_1, X_2 и Y_1, Y_2 и подсчитывают число пересечений каждой из линий с фигурой (N_B и N_Γ соответственно). Отношение полученных чисел равно отношению частот $f_1:f_0$ при условии, что проведенные линии не проходят через узловые точки фигуры или касательно к ней, а форма сравниваемых колебаний близка к синусоидальной. Зная одну из частот, например f_0 , легко найти вторую частоту из соотношения.

$$f_X / f_Y = f_1 / f_0 = N_B / N_\Gamma$$

2.2.3. По схеме на рис.2.1 можно производить измерение частоты f_n **импульсных колебаний**. При этом опорная частота синусоидального напряжения подается на вход X , а импульсного напряжения - на вход Y . Частоту развертки $f_0 = f_n$ постепенно повышают, начиная с ее наименьшего значения, пока на экране не возникнет достаточно устойчивое изображение одного импульса, что имеет место при $f_n = f_0$. Такая методика измерений не исключает возможность ошибки, так как одиночный импульс будет наблюдаться и при других, больше единицы, целочисленных отношениях $f_0:f_n$.

2.2.4. При целочисленном отношении сравниваемых частот, превышающем 8-10, из-за усложнения фигуры Лиссажу возрастает возможность ошибки в установлении истинного отношения частот. Для точного определения сравнительно больших целочисленных отношений частот (до 30-60) можно воспользоваться **методом круговой развертки** с модуляцией яркости изображения (рис.2.2).

В этом случае напряжение меньшей частоты f_x с помощью двух одинаковых фазорасщепляющих RC-цепочек преобразуется в два напряжения той же частоты, взаимно сдвинутые по фазе на 90° .

При воздействии этих напряжений на входы Y и X осциллографа и регулировке их амплитуд резисторами R и регуляторами усиления каналов Y и X

световое пятно на экране будет перемещаться по кривой, близкой к окружности; последнюю с помощью регулятора яркости устанавливают четко видимой. Напряжение более высокой опорной частоты $f_2 = f_0$ подводят к входу модулятора М (или канала Z) и оно периодически будет увеличивать или уменьшать интенсивность электронного луча, а следовательно, и яркость отдельных участков кривой развертки на экране. При целочисленном отношении частот $f_0:f_1 = m$, достигаемом изменением одной из них, кривая наблюдаемой окружности становится штриховой и состоит из m неподвижных светящихся отрезков одинаковой длины, разделенным темными промежутками. При нарушении целочисленного отношения наблюдается вращение штриховой окружности.

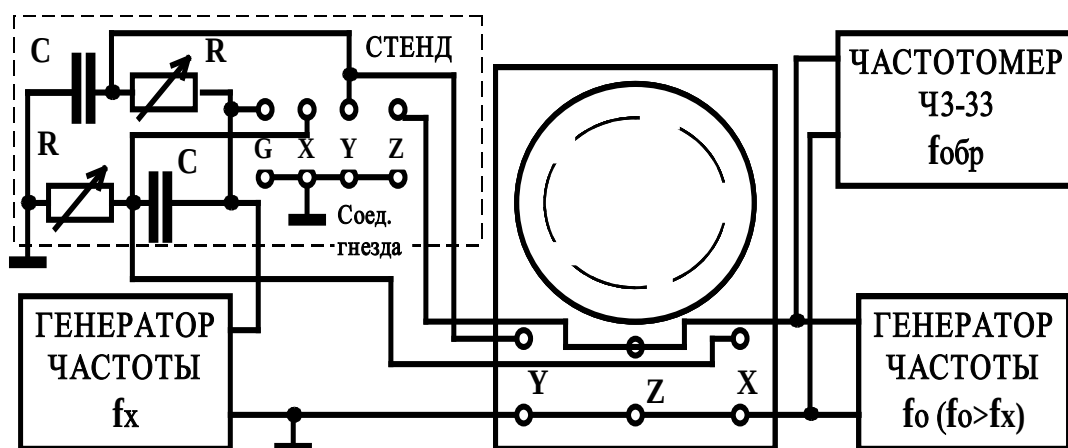


Рис. 2.2

Рассмотренный метод можно применять и для измерения частоты повторения f_{Π} импульсных колебаний. При этом напряжение опорной частоты f_0 осуществляет круговую развертку, регулятором яркости ее устанавливают видимой или невидимой в зависимости от полярности (соответственно отрицательной или положительной) подводимых к модулятору импульсных колебаний. Последние будут создавать на линии развертки в первом случае - темные разрывы, а во втором - светящиеся точки. Плавным изменением частоты f_0 (от ее минимально возможного значения) добиваются получения на линии развертки m неподвижных или медленно перемещающихся линий, при этом $f_{\Pi} = f_0 * m$.

2.3. Измерение фазового сдвига

2.3.1. Измерение фазовых сдвигов, как правило, производят с помощью приборов непосредственной оценки (фазометров различных типов). При их отсутствии можно использовать для этой цели однолучевые и двухлучевые осциллографы, которые позволяют измерять фазовые сдвиги весьма простым и наглядным методом линейной развертки.

Если осциллограф двухлучевой или снабжен электронным коммутатором, то кривые сравниваемых напряжений U_1 и U_2 могут быть воспроизведены од-

новременно на экране (рис. 2.3). При совмещении линий их разверток можно рассчитать фазовый сдвиг φ по формуле:

$$\varphi = [ab/av] \cdot 180^\circ = [ab/ag] \cdot 360^\circ,$$

где ab , av , и ag могут быть выражены в единицах времени, фазовых углов или линейных расстояний. При этом фазовый сдвиг может быть положительным (в сторону опережения) или отрицательным (в сторону отставания). На рис. 2.3 напряжение U_1 опережает по фазе напряжение U_2 , т.е. $\varphi_{12} > 0$, тогда как для напряжения U_2 угол $\varphi_{21} < 0$.

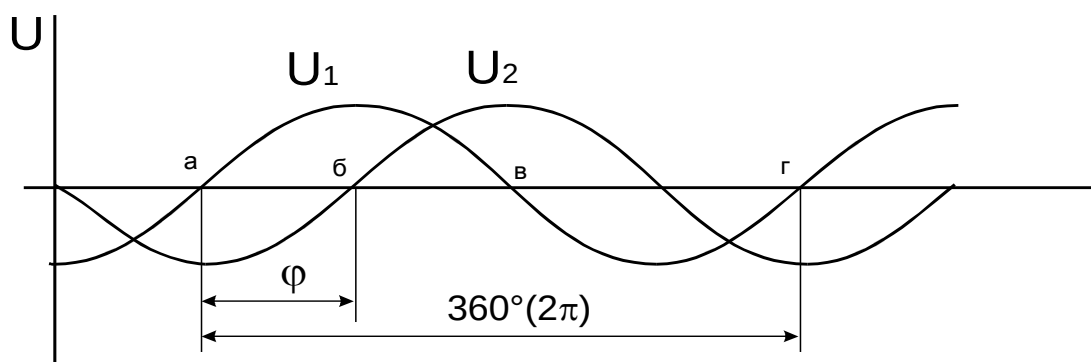


Рис. 2.3

2.3.2. Для измерения фазового сдвига широко применяется **метод синусоидальной развертки**, при котором сравниваемые синусоидальные напряжения U_1 и U_2 одновременно подводятся к входам Y и X осциллографа. При этом на экране наблюдается в общем случае эллипс (при одинаковых частотах U_1 и U_2) (рис.2.4), который при фазовых сдвигах 0° и 180° преобразуется в наклонные отрезки прямой линии.

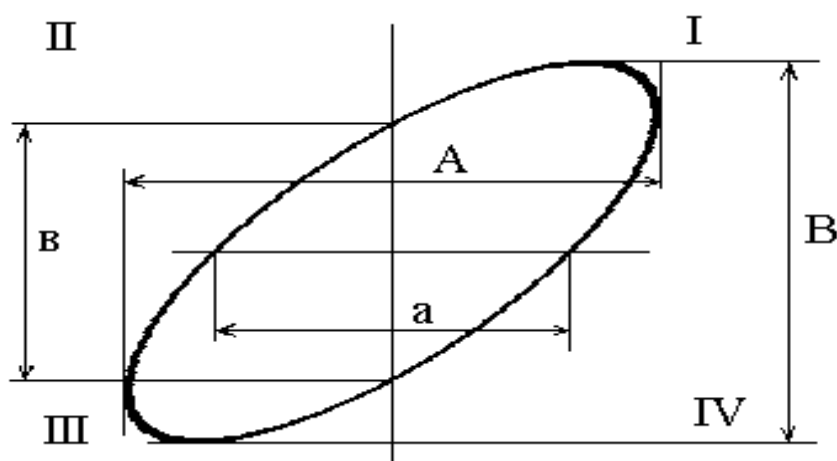


Рис. 2.4

Если эллипс симметризовать относительно осей Y и X, то искомый фазовый сдвиг определяется из формулы:

$$\sin \varphi = a/A = b/B,$$

в которой a и b - отрезки, отсекаемые эллипсом соответственно на осях xx и yy , а A и B - проекции эллипса на эти оси. Большая ось эллипса может быть

расположена в I,III или II,IV четвертях; в первом случае угол φ находится в пределах от 0° до 90° , а во втором - от 90° до 180° . Следует помнить, что данный метод позволяет определить лишь абсолютное значение фазового сдвига. Для выявления знака измеренного фазового сдвига нужно создать небольшой дополнительный фазовый сдвиг известного направления для одного из сравниваемых напряжений, например U_1 , подводя его к Y входу, через специально подобранный по емкости (в зависимости от частоты колебаний) конденсатор, сдвигающий фазу подводимого напряжения в сторону отставания. Если эллипс расширился, т.е. фазовый сдвиг увеличился, то напряжение U_1 отстает по фазе от напряжения U_2 и наоборот.

3. Описание лабораторного стенда

В данной работе используются следующие элементы и электронные приборы:

- генератор сигналов специальной формы Г6-27;
- генератор сигналов низкочастотный ГЗ-112/1;
- частотомер электронно-счетный ЧЗ-35А (или аналогичный ему);
- осциллограф электронно-лучевой С1-65А;
- мультиметр В7-38;
- фазосдвигающее устройство для обслуживания круговой развертки;
- коммуникационные гнезда для удобства подключения приборов.

4. Содержание работы и порядок ее выполнения

4.1. Подготовка к измерительным экспериментам

4.1.1. Изучить теоретический материал (разделы 2.1 – 2.3). Ознакомиться с инструкциями по работе с осциллографом и частотомером (приложения А, Б).

4.1.2. Занести в таблицу по форме 1.1 перечень аппаратуры, необходимой для выполнения работы, и ее метрологические характеристики.

4.1.3. Подготовить приборы к работе в соответствии с правилами, указанными в инструкции по эксплуатации.

4.2. Эксперимент 1. Измерение напряжения

Произвести измерение амплитуды сигнала синусоидальной формы с помощью осциллографа и электронного вольтметра. Следует помнить, что вольтметр измеряет действующее значение синусоидального напряжения U_d , а по осциллограмме определяется удвоенное значение его амплитуды U_m

$$U_d = U_m / \sqrt{2}$$

Определить относительную погрешность измерения, взяв за образцовые показания электронного вольтметра. Перед измерением амплитуды необходимо произвести калибровку усилителя Y осциллографа в соответствии с инструкцией.

Результаты занести в таблицу по форме 2.1. Здесь U – показания вольтметра, m – положение переключателя «В/дел»

Форма 2.1

Вольтметр	Осциллограф				Погрешности	
U , В	$U_m * 2$, дел.	m , В/дел	U_m , В	U_d , В	ΔU , В	δ_U , %

4.3. Эксперимент 2. Измерение временного интервала

Измерить временной интервал между двумя импульсами и длительность импульса с помощью осциллографа и электронного частотомера в соответствии с п.2.1.2. Значение временного интервала и длительности импульса установить по указанию преподавателя. Вычислить относительную погрешность измерений, взяв за образцовые показания цифрового частотомера.

4.4. Эксперимент 3. Измерение частоты (периода) сигнала

4.4.1. Измерить частоты сигнала **синусоидальной** формы для 5 значений частоты f_x в диапазоне от 20 Гц до 10 кГц в соответствии с методикой, изложенной в п.2.2.1. Определить погрешность измерений, взяв в качестве образцовых показания цифрового частотомера. Перед измерением периода сигналов и длительности сигналов необходимо произвести калибровку длительности в соответствии с инструкцией к осциллографу. Результаты занести в таблицу по форме 2.2. Здесь f – показания частотомера, $T_y * n$ – длительность n периодов сигнала в делениях шкалы осциллографа; m – положение переключателя «Время/дел».

4.4.2. Произвести измерение одного значения частоты повторения f_n импульсных сигналов **прямоугольной** формы, получаемых с выхода генератора Г6-27 по методике, указанной в п.2.2.1. Вычислить относительную погрешность измерения периода и частоты,

Форма 2.2

Частотомер	Осциллограф					Погрешности	
f , В	$T_y * n$, дел.	n	m , с/дел	T_y , с	f_y , Гц	Δf , Гц	δ , %

4.5. Эксперимент 4. Измерение частоты (периода) сигнала при помощи фигур Лиссажу

4.5.1. Произвести измерение частоты сигнала **синусоидальной** формы методом фигур Лиссажу, собрав для этого схему, изображенную на рис. 5. Для удобства подключения приборов используйте коммутационные гнезда.

На вход X осциллографа подать сигнал синусоидальной формы от генератора «неизвестной» частоты f_x , на вход Y - от опорного генератора, имеющего меньшую погрешность измерения. С помощью регулирования амплитуды выходных сигналов генераторов, и коэффициента усиления осциллографа получить на экране осциллографа изображение «квадратной» формы (при произвольном отношении частот f_0 и f_x). Изменяя частоту опорного генератора, добиться получения простейшей из фигур Лиссажу (круг, эллипс) для 5 значений частоты f_x в диапазоне от 20 Гц до 10 кГц. Одновременно необходимо фиксировать показания образцового цифрового частотомера, подключенного к выходу опорного генератора. На основании этих результатов определить абсолютную и относительную погрешности измерения частоты.

$$\Delta f = f_0 - f_{\text{обр}}; \quad \delta_f = \Delta f / f_{\text{обр}} * 100\%,$$

где Δf и δ_f - абсолютная и относительная погрешности измерения; f_0 и $f_{\text{обр}}$ - показания опорного генератора и образцового частотомера.

Результаты измерений и вычислений заносятся в таблицу по форме 2.3.

Форма 2.3

Генератор	Частотомер	Погрешности		
$f_x = f_0$, Гц	$f_{\text{обр}}$, Гц	Δf , Гц	δ_f , %	$\delta_{f_{\text{ср}}}$, %

4.5.2. Для одной из частот f_x получить и зарисовать изображения фигур на экране осциллографа при соотношении частот $f_x:f_y$ равным 1:1, 1:2, 2:1, 1:3, 2:3.

4.5.3. Измерить частоту повторения f_n импульсных сигналов по методике, изложенной в п.2.2.2 – 2.2.3, для одного значения частоты сигналов прямоугольной формы, получаемых с выхода генератора Г6-27. Зарисовать полученные осциллограммы.

4.6. Эксперимент 5. Измерение частоты сигнала методом круговой развертки

4.6.1. Измерить частоту **синусоидальных** колебаний методом круговой развертки (пункт 2.2.4) при соотношении частот $f_x:f_0 = 6, 10, 15$, для чего собрать схему, изображенную на рис. 2.4. Частоту f_x выбрать в диапазоне 20-200 Гц. Вычислить относительную погрешность измерения, взяв за образцовые показания цифрового частотомера. Зарисовать полученные осциллограммы.

4.6.2. Измерить частоту повторения f_n импульсных сигналов по методике, изложенной в п. 2.2.4, для одного значения частоты сигналов **прямоугольной** формы, получаемых с выхода генератора Г6-27. Зарисовать полученные осциллограммы.

4.7. Эксперимент 6. Измерение фазового сдвига методом синусоидальной развертки

С помощью однолучевого осциллографа измерить фазовый сдвиг между двумя напряжениями по методике, изложенной в п.2.3.2. Для этого необходимо собрать схему, показанную на рис. 2.4. Напряжение U_1 и U_2 подается на входы X и Y осциллографа с основного и дополнительного (сдвинутого по фазе) выходов фазовращателя RC. Напряжение на вход Z - не подавать.

5. Содержание отчета

- 5.1. Цель и содержание работы.
- 5.2. Перечень приборов, их метрологические характеристики.
- 5.3. Электрические схемы проводимых исследований.
- 5.4. Таблицы экспериментальных результатов.
- 5.5. Основные расчетные формулы с числовыми примерами расчета.
- 5.6. Полученные осциллограммы результатов измерений.
- 5.7. Выводы по работе.

6. Контрольные вопросы

1. Что можно измерить с помощью осциллографа?
2. Какие методы измерения частоты используются на практике?
3. Какой вид будет иметь фигура Лиссажу, если на вход Y подать синусоидальное напряжение, а на вход X - прямоугольное напряжение одинаковой амплитуды и частоты?
4. В чем заключается суть метода синусоидальной развертки при измерении фазовых сдвигов?
5. Какой косвенный метод можно использовать для измерения частоты импульсных колебаний?
6. Каким образом с помощью осциллографа можно измерить действующее значение синусоидального напряжения?
7. Каким образом на экране осциллографа можно получить изображение цифры восемь?
8. С какой целью выполняется калибровка осциллографа?

Приложение А

ЧАСТОТОМЕР ЭЛЕКТРОННО-СЧЕТНЫЙ ЧЗ-33

1. Назначение

Частотомер электронно-счетный ЧЗ-33 предназначен для автоматического измерения частоты и периода электрических колебаний, интервала времени, длительности импульса, отношения частот; счета количества импульсов; скорости вращения исследуемого объекта в комплекте с фотоэлектрическим преобразователем скорости вращения. Прибор можно использовать также как источник образцовых частот.

2. Подготовка к работе

2.1. Органы управления

На передней панели прибора расположены:

- гнезда ВХОД А, ВХОД Б, ВНЕШНИЙ ПУСК – для подачи входных сигналов;
- гнезда ВЫХ 0,1 Гц - 1 МГц, ВЫХ 10 МГц – с них снимаются образцовые частоты;
- переключатель МЕТКИ ВРЕМЕНИ, ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ – для выбора частоты заполнения при измерении периода, интервалов времени, а также для выбора времени измерения при измерении частоты, оборотов в минуту и при самоконтроле;
- переключатель РОД РАБОТЫ осуществляет коммутацию соединений между узлами прибора в различных режимах работы;
- разъем ЦПУ для подключения прибора к цифropечатающему устройству;
- лампочка ТЕРМОСТАТ сигнализирует о работе термостата;
- тумблер СЕТЬ для включения прибора;
- тумблер, кнопка и гнездо ВНЕШНИЙ ПУСК – для автоматического, ручного и дистанционного запуска прибора;
- а также два световых индикатора, потенциометр УРОВЕНЬ, тумблер ЗАПУСК Л, тумблер “= ~” канала А; два световых индикатора, потенциометр УРОВЕНЬ, тумблер ЗАПУСК Л, тумблер ФИЛЬТР НЧ канала Б; потенциометр ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ; гнездо для заземления прибора.

На задней стенке прибора расположены вилка для включения сетевого шнура; гнездо предохранителя; тумблер и гнездо ВНЕШНИЙ ГЕНЕРАТОР.

2.2. Подготовка к измерениям

Включить кабель питания прибора в сеть, тумблер СЕТЬ; при работе от внутреннего кварцевого генератора тумблер ВНЕШНИЙ ГЕНЕРАТОР должен находиться в нижнем положении. При включении прибора должна загореться лампочка индикации работы термостата и восемь ламп индикаторного табло. Прогреть прибор в течении часа.

2.3. Проверка работоспособности

Установить тумблер ВНЕШНИЙ ПУСК в нижнее положение; регулировку ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ в положение, обеспечивающее удобное время индикации. Произвести несколько отсчетов частоты для каждого положения переключателя РОД РАБОТЫ: 100кГц; 1МГц; 10 МГц при последовательной установке переключателя МЕТКИ ВРЕМЕНИ. ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ в положения 10 мS; 100 мS; 1 S; 10 S. Показания прибора, соответствующие различным положениям переключателей сведены в таблицу. Показания прибора могут отличаться от указанных в таблице не более чем на ± 1 ед. счета.

Метки времени Вре- мя измерения	Самоконтроль 100кГц	Самоконтроль 100кГц	Самоконтроль 100кГц
10 mS	0000100.0	0001000.0	0010000.0
100 mS	000100.00	001000.00	010000.00
1 S	00100.000	01000.000	10000.000
10 S	0100.0000	1000.0000	0000.0000

Выключение прибора производится тумблером СЕТЬ, положение остальных ручек произвольное.

3. Порядок работы

3.1. Измерение частоты. Подать измеряемый сигнал на гнездо ВХОД А. Установить переключатель РОД РАБОТЫ в положение F_A . Произвести настройку входных формирователей. Для этого тумблер “= ~” установить в положение “=”, если сигнал, подаваемый на ВХОД А, имеет постоянную составляющую, отличную от нуля. При входном синусоидальном сигнале потенциометр УРОВЕНЬ установить в положение соответствующее границе изменения состояния индикатора “+ –”. При импульсном сигнале потенциометр УРОВЕНЬ медленно вращать из крайнего правого положения при положительной полярности измеряемого сигнала и из крайнего левого при отрицательной до положения, в котором первоначально горевший индикатор гаснет и зажигается другой. Установить потенциометр ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ в положение, удобное для отсчета показаний; переключатель МЕТКИ ВРЕМЕНИ. ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ в одно из положений 10 mS-10S (в зависимости от требуемой точности измерений).

3.2. Измерение периода. Подать измеряемый сигнал на гнездо ВХОД Б. Установить переключатель РОД РАБОТЫ в положение T_B или $T_B \cdot 10$. При измерении периода синусоидальных сигналов низких частот от 1 до 100 Гц рекомендуется использовать фильтр низких частот, который позволяет исключить влияние высокочастотных помех, хотя несколько снижает чувствительность прибора, причем пропорционально величине измеряемой частоты. Фильтр в канале Б включается тумблером ФИЛЬТР НЧ, в канале А он отключен. Произвести настройку входных формирователей. Установить потенциометр ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ в положение, удобное для отсчета показаний; переключатель МЕТКИ ВРЕМЕНИ. ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ в одно из положений 0,1 μ S-1 mS (в зависимости от требуемой точности измерений).

3.3. Измерение интервалов времени. Импульсные сигналы, интервал времени между которыми замеряется подаются на гнезда ВХОД А и ВХОД Б. Установить переключатель РОД РАБОТЫ в положение А-Б. В зависимости от того, между какими фронтами импульсов надо измерить интервал времени, установите тумблер ЗАПУСК $\overline{L}$ каналов А и Б в положение $\overline{J}$ или $\overline{I}$. Настроить входные формирователи и установить в требуемые положения потенциометр ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ и переключатель МЕТКИ ВРЕМЕНИ. ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ (0,1 μ S-1 mS).

3.4. Измерение длительности импульсов. Импульсный сигнал, длительность импульсов которого нужно измерить, подается на гнезда ВХОД А и ВХОД Б. Установить переключатель РОД РАБОТЫ в положение А-Б. В зависимости от того, между какими фронтами импульсов надо измерить интервал времени, установить тумблер ЗАПУСК $\overline{L}$ канала А в положение, соответствующее полярности входных

импульсов, тумблер ЗАПУСК Л канала Б в противоположное положение. Настроить входные формирователи и установить в удобное для отсчета показаний положение потенциометр ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ.

3.5. Измерение отношения частот. Высшую из сравниваемых частот подать на гнездо ВХОД А, низшую - на гнездо ВХОД Б. Установить переключатель РОД РАБОТЫ в положение FA/ FB, переключатель МЕТКИ ВРЕМЕНИ. ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ в положение 1 mS. Установить потенциометр ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ в положение, удобное для отсчета показаний.

3.6. Непрерывный счет. Подать измеряемый сигнал на гнездо ВХОД А. Настроить входные формирователи. Установить переключатель РОД РАБОТЫ в положение ВЫКЛ. Установить переключатель МЕТКИ ВРЕМЕНИ. ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ в положение 1 mS, тумблер ВНЕШНИЙ ПУСК в верхнее положение и нажать кнопку, затем вернуть его в нижнее положение. Пуск счета осуществлять переводом переключателя РОД РАБОТЫ в положение ВЫКЛ, при продолжении счета - вновь в положение НЕПР.СЧЕТ. Отсчет показаний производится по индикаторному табло счетчика непосредственно в единицах. Для сброса показаний нажать кнопку ВНЕШНИЙ ПУСК при положении переключателя РОД РАБОТЫ - ВЫКЛ.

3.7. Измерение скорости вращения исследуемого объекта. С выхода фотоэлектрического преобразователя скорости вращения подать сигнал на гнездо ВХОД А. Установить переключатель РОД РАБОТЫ в положение ОБ/МИН.

Произвести настройку входных формирователей. Установить потенциометр ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ в положение, удобное для отсчета показаний; переключатель МЕТКИ ВРЕМЕНИ. ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ в одно из положений 10 mS-10 S (в зависимости от требуемой точности измерений).

Скорость вращения исследуемого объекта определяется по формуле:

$$N = n * 10000 \text{ об/мин},$$

где n -результат, индицируемый на табло.

Приложение А

ОСЦИЛЛОГРАФ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ С1-65А

1. Назначение

Осциллограф универсальный С1-65А предназначен для исследования формы электрических сигналов путем визуального наблюдения и измерения их амплитудных и временных параметров.

2. Подготовка к работе

2.1. Органы управления ЭЛТ.

-  – регулирует четкость изображения – фокусировку луча;
-  – регулирует яркость изображения;
-  – регулирует освещение шкалы;
-  – регулирует четкость изображения – астигматизм, используется совместно с ручкой .

2.2. Органы управления усилителем Y:

В/ДЕЛ – устанавливает коэффициент вертикального отклонения

ПЛАВНО – обеспечивает плавную регулировку коэффициента отклонения в каждом положении переключателя В/ДЕЛ

 – регулирует положение изображения по вертикали;

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

2.3. 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 сигнала частотой свыше 10МГц;

ВНУТР., СЕТЬ, ВНЕШН. – выбирает источник синхронизирующего сигнала;

ВНУТР. – выбирает внутренний источник синхронизирующего сигнала. Развертка синхронизируется сигналом, поступающим из измерения канала вертикального отклонения;

СЕТЬ – развертка синхронизируется сигналом с частотой питающей сети;

ВНЕШН. 1:1 – развертка синхронизируется внешним сигналом, поданным на гнездо $\ominus X$

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

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

$\perp$ – корпусная клемма.

2.4. Органы управления разверткой

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

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

$\leftrightarrow$ – ручки $\blacksquare$ $\blacksquare$ регулируют положение изображения по горизонтали;

$\blacksquare$ – обеспечивает грубое перемещение по горизонтали;

$\blacksquare$ $\blacksquare$ – обеспечивает плавное перемещение по горизонтали;

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

*1; *0,1; $\ominus X$ – устанавливает вид развертки;

*1 – переключатель ВРЕМЯ/ ДЕЛ. устанавливает скорость развертки;

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

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

Z, $\underline{Z}$, $\sqrt{\text{P}}$ – устанавливает автоматический, ждущий или однократный режим работы развертки;

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

$\underline{Z}$ – запуск развертки осуществляется только при наличии сигнала синхронизации;

$\sqrt{\text{P}}$ – 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;

$\oplus V$ – гнездо выхода генератора пилообразного напряжения.

2.5. Органы управления калибратора амплитуды и длительности

$\oplus$ – гнездо выхода сигнала калибратора амплитуды и длительности;

ВЫКЛ.; $\perp$ 1кГц – устанавливает режим калибратора:

ВЫКЛ. – калибратор выключен;

$\perp$ 1кГц – 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.

2.6. Органы управления на задней панели

⊖ Z — гнездо для подачи сигнала; осуществляющего яркостную модуляцию луча ЭЛТ;

⊥ — корпусное гнездо ;

2A — держатель предохранителя сети;

115 В; 220В — тумблер выбора напряжения питающей сети.

3. Порядок работы

3.1. **Регулировка яркости.** Подстройка яркости осуществляется при помощи ручки ⊙. Для предохранения люминофора от прожигания не устанавливайте чрезмерную яркость.

3.2. **Калибровка коэффициентов отклонения усилителя.** Для калибровки коэффициентов отклонения усилителя установите переключатели В/ДЕЛ. в положение 0,05, а КАЛИБРАТОР в положение 200 мВ. Соедините гнездо ⊕ калибратора с гнездом ⊖ усилителя Y. Размер изображения должен составлять четыре деления, в противном случае регулировкой шлица ▼ установите точно четыре деления. Аналогично откалибруйте усилитель при использовании выносного делителя 1:10. Для проведения наиболее точных измерений калибруйте коэффициент отклонения в том положении переключателя В/ДЕЛ., при котором производится измерение.

3.3. **Входное соединение.** Переключатель ≈⊥~ устанавливает вид связи входа усилителя Y с источником исследуемого сигнала. В положении ≈ осуществляется связь с источником исследуемого сигнала по постоянному току. Это положение может быть использовано в большинстве случаев. Однако, если постоянная составляющая исследуемого сигнала гораздо больше переменной составляющей, то целесообразно выбрать связь с источником сигнала по переменному току ~.

Связь по постоянному току следует применять при исследовании низкочастотных сигналов. В положении ~ постоянная составляющая блокируется конденсатором.

В положении ⊥ исследуемый сигнал, подаваемый на гнездо ⊖ осциллографа, прерывается но не заземляется. При этом входная схема усилителя вертикального отклонения отсоединяется от источника исследуемого сигнала и заземляется, устраняя необходимость внешнего заземления входа.

3.4. **Установка коэффициента отклонения усилителя.** Коэффициент отклонения усилителя устанавливается переключателем В/ДЕЛ. и ручкой ПЛАВНО и зависит от коэффициента ослабления делителя 1:10 (если такой применяется) и размера исследуемого сигнала.

Калиброванные коэффициенты отклонения устанавливаются переключателем В/ДЕЛ. только в том случае, когда ручка плавно установлена в положение ▼.

Ручкой ПЛАВНО можно изменять коэффициент отклонения в каждом положении переключателя В/ДЕЛ. не менее, чем в 2,5 раза. Ручкой ПЛАВНО увеличивается максимальный коэффициент отклонения осциллографа по крайней мере до 25 В/дел. (в положении 10 переключателя В/ДЕЛ.).

3.5. Источник запуска развертки. В большинстве случаев может быть использована внутренняя синхронизация. Источник синхронизирующего сигнала выбирается переключателем ВНУТР., СЕТЬ, ВНЕШН. 1:1; 1:10.

ВНУТР. – в этом положении запускающий сигнал поступает на вход схемы синхронизации с усилителя вертикального отклонения;

СЕТЬ – сигнал с частотой питающей сети поступает на вход схемы синхронизации;

ВНЕШН. 1:1 – синхронизация осуществляется внешним сигналом, который следует подать на гнездо $\ominus X$ схемы синхронизации.

3.6. Выбор режима запуска развертки. В осциллографе предусмотрено два режима запуска схемы синхронизации, которые выбираются тумблером  или $\sim$:

$\sim$ – в этом положении составляющая запускающего сигнала блокируется, т.е. не поступает на вход схемы синхронизации, а также ослабляются сигналы частотой менее 30 Гц. Этот режим запуска может быть использован в большинстве случаев. Точка запуска зависит от среднего уровня напряжения запускающего сигнала. Если запускающие сигналы будут случайными, не периодическими, то средний уровень напряжения будет меняться, что будет изменять и точку запуска. А это приводит к нарушению синхронизации. В этом случае пользоваться указанным режимом не рекомендуется (лучше использовать режим по постоянному току );

 – в этом положении обеспечивается устойчивая синхронизация низкочастотными сигналами, которые ослабляются в положении $\sim$, или сигналами с малой частотой повторения. Ручкой УРОВЕНЬ можно обеспечить запуск схемы синхронизации на любом уровне запускающего сигнала. При внутренней синхронизации ручкой $\uparrow$ также изменяют уровень запуска.

3.7. Уровень запуска развертки. Ручкой УРОВЕНЬ выбирается точка на запускающем сигнале, в которой синхронизируется развертка. Прежде чем установить ручку УРОВЕНЬ, выберите источник синхронизирующего сигнала, режим запуска схемы синхронизации и полярности запускающего сигнала. Затем установите ручку УРОВЕНЬ в среднее положение. Если развертка не синхронизируется в этой точке, вращайте ручку УРОВЕНЬ до появления синхронизации. В положении “–” тумблера “ $\pm$ ” можно получить синхронизацию при любом положении ручки УРОВЕНЬ в зависимости от уровня постоянной составляющей запускающего сигнала. Для нахождения точки, в которой синхронизируется развертка, перемещайте ручку УРОВЕНЬ против часовой стрелки до конца. Затем медленно перемещайте ручку УРОВЕНЬ по часовой стрелке до тех пор, пока не начнется синхронизация развертки.

3.8. Режимы развертки. В большинстве случаев можно использовать работу схемы развертки в автоматическом режиме запуска в положении переключателя Z. Этот режим используется, чтобы получить линию развертки при отсутствии запускающего сигнала. При наличии запускающего сигнала устойчивую синхронизацию можно получить путем регулировки ручки УРОВЕНЬ.

3.9. Калибровка длительности развертки. Для проверки калибровки длительности развертки установите переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ в положение 0,5 мс, ручку ПЛАВНО в положение ∇ , переключатель В/ДЕЛ в положение 0,02. Установите переключатель ВЫКЛ. –  1 кГц в положение  1 кГц, переключатель калибратора в положение 100 мВ. Подсоедините гнездо $\oplus$ калибратора к гнезду $\ominus$ усилителя Y. Откалибруйте развертку потенциометром ∇ так, чтобы на 10 делениях шкалы экрана укладывалось 5 периодов импульсов калибратора.

3.10. Выбор длительности развертки. При помощи ручки ВРЕМЯ/ ДЕЛ установите длительность калиброванной развертки блока развертки в пределах от 0,1 мкс/дел до 50 мкс/дел. Длительность развертки калибрована, когда ручка ПЛАВНО установлена в положение ▼. Для точных измерений временных интервалов рекомендуется использовать часть шкалы, ограниченную первым и девятым делениями. Ручкой ПЛАВНО обеспечивается плавное уменьшение длительности развертки в 2,5 раза. Это позволяет расширить предел длительности развертки более 1 с при установке переключателя ВРЕМЯ/ДЕЛ в положение 50 мс и ручки ПЛАВНО в крайнее левое положение.

3.11. Измерение переменного напряжения. Подайте сигнал на гнездо ⊕ усилителя Y; установите переключатель В/ДЕЛ так, чтобы сигнал на экране занимал около 7 делений; установите тумблер  в положение ~ (для низкочастотных сигналов менее 16 Гц используйте положение ≡); установите ручкой УРОВЕНЬ устойчивое изображение, а переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ в положение при котором на экране наблюдается несколько периодов исследуемого сигнала; Установите ручку ↑ так, чтобы нижний уровень сигнала совпадал с одной из нижних линий сетки, а верхний находился в пределах рабочей части экрана, сместите изображение таким образом, чтобы верхний уровень сигнала находился на центральной вертикальной линии. Измерьте расстояние между крайними точками размаха сигнала. Ручка ПЛАВНО должна быть установлена в положение ▼. Умножьте измеренное расстояние на показание переключателя В/ДЕЛ.

Библиографический список

1. Сергушичева А.П. Метрология, стандартизация, сертификация: учебное пособие. Часть 1 / А.П. Сергушичева – Вологда: ВоГТУ, 2004. – 188 с.
2. Сергушичева А.П. Основы метрологии: учебное пособие. Часть 2. / А.П. Сергушичева – Вологда: ВоГТУ, 2005. – 112 с.:ил.
3. Дворяшин, Б.В. Основы метрологии и радиоизмерения: учебное пособие для вузов.- М.: Радио и связь, 1993. - 320 с.
4. Клаассен, К.Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.
5. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: учебник для вузов – М.:Высш.шк., 2001.-
6. Сергеев, А.Г. Метрология: учеб.пособие для вузов / А.Г. Сергеев. – М.: Логос, 2000.-407с.

Подписано в печать 4.05.2011. Усл. печ. л. . Тираж .
Печать офсетная. Бумага офисная. Заказ № _____

Отпечатано: РИО ВоГТУ, г. Вологда, ул. Ленина, 15