

Министерство высшего и среднего специального
образования Р С Ф С Р

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СВОЙСТВ
МАТЕРИАЛОВ РЭА

4.1
ПРИБОРЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Методические указания к лабораторным работам
по курсу "Материалы конструкций РЭА и их обработка"

Куйбышев 1982

УДК 537.74

Данные указания являются продолжением вышедших в 1979 г. методических указаний под общим названием "Информосхемы электрорадиомизмерительных приборов". В I части (Приборы общего назначения) излагаются необходимые сведения по изучению принципов построения, характеристик и методов эксплуатации измерительных приборов, используемых для исследований и испытаний материалов РЭА.

Предназначены для самостоятельной подготовки студентов II курса специальности 0705.

Составители: к.т.н. В.Н. Б у р о в, к.т.н. Ю.С. Д м и т -
р и е в

Рецензенты: И.П. Ф е д о р о в а, А.А. З ы к о в

Утверждены редакционно-издательским
советом института 12.12.1980 г.

П Р И Б О Р Ы О Б Щ Е Г О Н А З Н А Ч Е Н И Я

1. П Р И Б О Р Ы Д Л Я И З М Е Р Е Н И Я Л И Н Е Й Н Ы Х Р А З М Е Р О В О Б Р А З Ц О В М А Т Е Р И А Л О В

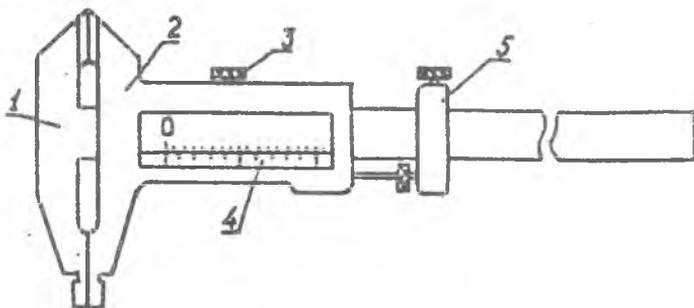
Образцы испытываемых материалов в лабораторных работах должны измеряться с наименьшей погрешностью, соответствующей требованиям ГОСТа. При одинаковых условиях проведения опыта всякое измерение следует производить не менее двух-пяти раз. Это обеспечивает наименьшую погрешность конечного результата.

Линейные измерения образцов в зависимости от допустимой погрешности измерения следует выполнять линейкой, штангенциркулем или микрометром.

Ш т а н г е н ц и р к у л и (ГОСТ 166-73) изготавливают типов: ШЦ-I, ШЦТ-I, ШЦ-II, ШЦ-III. При выполнении лабораторных работ рекомендуется пользоваться штангенциркулем типа ШЦ-II с двусторонним расположением губок для наружных и внутренних измерений и для разметки. Штангенциркуль типа ШЦ-II бывает с пределами измерений 0-160, 0-250 и 0-400 мм.

Штангенциркуль (рис. 1) представляет собой стальную штангу I с миллиметровыми делениями. На штангу надета рамка 2 с зажимом, которая должна передвигаться по штанге легко, без заеданий. С рамкой соединен нониус 4, являющийся добавочной шкалой, которая обеспечивает отсчеты с погрешностью не более 0,05 или 0,1 мм. Штангенциркуль снабжен микрометрической подачей 5 рамки с винтом добавочной шкалы; сделано так, что при сдвигании обеих губок штангенциркуля вплотную нулевые деления штанги и нониуса совпадают. Устанавливают нониус с помощью зажима 3 рамки и винта микрометрической подачи 5.

Перед измерением образец помещают между губками штангенциркуля так, чтобы они плотно и без перекоса прижимались к образцу. Что-



Р и с. 1. Штангенциркуль: 1 - штанга, 2 - рамка, 3 - зажим рамки, 4 - нониус, 5 - микрометрическая подача

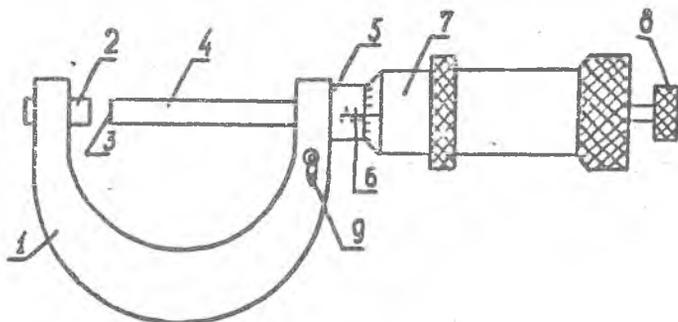
бы определить размер, сначала отсчитывают целое число миллиметров, которые прошла по штанге крайняя левая черта нониуса, затем, десятые и, наконец, сотые доли миллиметра - по полному совпадению черточек (делений) нониуса с какой-либо черточкой штанги. Частое практическое применение штангенциркуля обеспечивает приобретение навыка пользования им, быстроту и точность измерений.

Наименьшая погрешность измерения штангенциркулем во многом зависит от бережного обращения с ним.

Губки инструмента, которые должны одновременно и без перекося касаться граней образца, запрещается надвигать на измеряемый образец с усилием.

М и к р о м е т р (ГОСТ 6507-78) состоит из скобы - корпуса 1 (рис. 2), на одной стороне которого расположена неподвижная плоскость 2, а на другой - нарезана гайка. Сквозь гайку проходит винт 4 с подвижной плоскостью 3. Винт передвигают, вращением гильзы 7, на скошенной части которой по окружности нанесено 50 равных делений. При одном полном обороте гильзы 7 винт 4 перемещается на 0,5 мм, а при повороте ее на одно деление - на 0,01 мм.

На стебле 5 вдоль хода винта нанесены две шкалы 6: верхняя с миллиметровыми делениями, нижняя со штрихами, делениями каждый миллиметр пополам. При соприкосновении измерительных плоскостей 3, 2 нулевые деления масштаба и гильзы совпадают. Чрезмерное давление винта на плоскости 2 и 3 устраняют трещоткой 8. Микрометр закрепляют в данном положении осторожным поворотом тормоза 9, а



Р и с. 2. Микрометр: 1 - скоба, 2 - неподвижная плоскость, 3 - подвижная плоскость, 4 - винт, 5 - стопсель, 6 - шкала, 7 - гильза, 8 - трещотка, 9 - тормоз

затем определяют размер. Деление масштаба, ближайшее к окружности гильзы 7, дает целое число полумиллиметров, а деление окружности гильзы, соответствующее со шкалой 6, показывает число сотых долей миллиметра, содержащихся сверх целого числа полумиллиметров.

2. РТУТНЫЙ ТЕРМОМЕТР

Ртутный термометр является наиболее точным стандартным прибором для абсолютных измерений температуры воздуха, окружающего испытываемый образец материала. Устройство термометра общеизвестно, поэтому описания его не требуется. Укажем лишь, как избежать ошибок при измерениях температуры неопытным экспериментатором. Как правило, в процессе исследований температурных свойств образцов материалов при задаваемой температуре оказывается только шарик с жидкостью (ртутью), а большая часть жидкости в капилляре и шкала имеют другую температуру. При градуировке весь термометр выдерживают при заданной температуре. Чтобы учесть это несоответствие условий градуировки и измерения, к показаниям термометра добавляют поправку

$$\delta_t = n(t - t_1) \alpha,$$

где

n - число градусных делений в выступающей части столбика жидкости;

t - наблюдаемая температура;

t_r - средняя температура выступающего столбика;

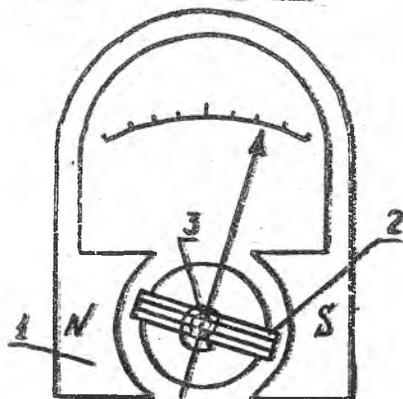
α - коэффициент, зависящий от сорта стекла и жидкости: $\alpha = \beta_{жс} - 3\alpha_{ст}$, $\beta_{жс}$ - объемный коэффициент расширения жидкости, $\alpha_{ст}$ - линейный коэффициент расширения стекла.

В среднем для обычных ртутных термометров $\alpha = 0,00016$, для ртутных термометров из кварцевого стекла $\alpha = 0,00018$, из бозросиликатного стекла № 59 ("палочные" термометры) $\alpha = 0,000168$.

В термометрах, предназначенных для низких температур вместо ртути, замерзающей при -39°C , применяются те или иные органические жидкости. Для таких термометров $\alpha = 0,0010$.

3. ЦИТОВЫЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Существует большое разнообразие цитовых электроизмерительных приборов, с которыми Вы будете знакомиться при изучении специальных курсов. В лаборатории "Материалов РЭА" используются лишь микроамперметры и гальванометры магнитоэлектрической системы.



Р и с. 3. Схема устройства электроизмерительного прибора магнитоэлектрической системы

В приборах магнитоэлектрической системы используется взаимодействие между проводником с током и постоянным магнитом. Проводник с током конструктивно выполняется в виде прямоугольной катушки, подвешенной между полюсными наконечниками 1 постоянного магнита, имеющими полукруглую форму (рис. 3). Когда по подвешенной катушке 2 течет ток, на нее со стороны магнитного поля действует сила, стремящаяся повернуть рамку и поставить ее в положение, в котором магнитный поток, охватываемый током, максимален. Момент отклоняющих сил пропорцио-

нален силе тока, поэтому измерив величину момента, можно определить величину тока. Возможность измерения отклоняющего момента обеспечивается тем, что рамка удерживается в своем начальном положении упругими силами. Они создаются спиральной пружиной 3, прикрепленной одним концом к оси рамки, а другим - к неподвижным частям прибора. Главным недостатком магнитоэлектрических приборов является невозможность измерения переменных токов. Поэтому их надо отличать от других систем. Отличие следует производить по значкам, которые наносятся на лицевую панель прибора. Магнитоэлектрическая система изображается в виде подковообразного магнита с чертой между полюсами.

При знакомстве с прибором следует обратить особое внимание на его класс точности, который указывается на шкале в виде числа, равного основной приведенной погрешности, т.е. максимальной абсолютной погрешности, выраженной в процентах от максимального значения измеряемой величины при работе в нормальных условиях. Существуют классы 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Приборы постоянного тока отмечаются горизонтальной чертой на шкале. Испытательное напряжение изоляции в киловольтах указывается цифрой в звездочке.

Следует помнить, что все приборы градуируются при температуре 20°C. Приборы группы А (значок А не ставится) предназначены для работы при температурах +10 - +35°C и при относительной влажности до 80%, причем их основная погрешность удваивается на каждые 10° изменения температуры.

Гальванометры отличаются от приборов меньшей чувствительностью способа подвеса подвижной системы - она подвешивается на тонкой нити из фосфористой бронзы.

Гальванометры могут одинаково применяться как для измерения токов, так и для измерения напряжений.

Гальванометры, как все приборы, имеют корректор - устройство, позволяющее поворачивать верхний конец нити подвеса. Кроме того, они обязательно снабжаются арретиром, закрепляющим подвижную систему и охраняющим нить от обрыва.

Арретир обычно представляет собой металлическую вилочку, поднимающую рамку и прижимающую ее к сердечнику магнита.

4. ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ

Генераторы сигналов представляют собой маломощные источники переменных напряжений с регулируемой амплитудой и частотой, используются в установках для испытаний образцов материалов РЭА.

Генераторы сигналов создают переменные напряжения в диапазоне звуковых частот по форме, близкой к синусоидальной.

Типовая схема измерительного генератора включает в себя: возбуждатель - главный узел каждого генератора, который создает переменное напряжение определенной частоты; выходной усилитель; вольтметр детекторного типа, позволяющий устанавливать и контролировать величину выходного напряжения генератора; аттенуатора; выходные и согласующие устройства и дополнительные устройства, куда входит блок питания.

4.1. З в у к о в ы й г е н е р а т о р Г 3 - 1 8

Краткие технические характеристики

1. Диапазон генерируемых частот от 20 до 20000 Гц перекрывается одной непрерывной шкалой. Распределение частот по шкале линейное от 20 до 100 Гц и логарифмическое от 100 до 20000 Гц.

2. Погрешность генератора по частоте составляет $\pm(0,01-2)\%$ Гц.

3. В генераторе предусмотрена возможность расстройки частоты в пределах $\Delta f = \pm 60$ Гц. Погрешность градуировки шкалы расстройки составляет $\pm(0,02 f - 1)$ Гц.

4. Нестабильность частоты после 20-минутного предварительного самопрогрева генератора при работе в нормальном режиме не превышает 5 Гц за первый час работы и 2 Гц в течение каждого последующего часа.

5. Номинальная выходная мощность генератора равна 1 Вт, максимальная выходная мощность - 3 Вт.

6. Гармонические искажения при номинальной мощности 1 Вт и напряжении питания $220 \text{ В} \pm 2,5\%$:

- 0,5% в диапазоне частот от 200 до 5000 Гц,
- 1% в диапазоне частот от 5 до 20 кГц,
- 1,5% в диапазоне частот от 20 до 200 кГц,
- 2% в диапазоне частот от 50 до 20000 кГц

(при выходной мощности 3 Вт).

7. Неравномерность частотной характеристики относительно напряжения на частоте 1 кГц при согласованной нагрузке 600 Ом и выходной мощности 1 Вт не превышает $\pm 0,5$ дБ.

8. Выходное сопротивление генератора рассчитано на согласование с нагрузкой 6, 50, 200, 600 и 5000 Ом.

9. Диапазон изменения выходного напряжения от 3 В до 30 В. Выходное напряжение изменяется плавно с помощью аттенюатора. Погрешность коэффициента деления аттенюатора при работе на активную согласованную нагрузку 600 Ом не превышает: $\pm 0,5$ дБ для затуханий от +30 до 30 дБ; 1 дБ для затуханий от -40 до -10 дБ.

10. Напряжение на выходе аттенюатора контролируется стрелочным прибором, погрешность градуировки которого не превышает $\pm 2,5\%$ верхнего предела измерения в диапазоне частот от 20 до 5000 Гц и $\pm 3,5\%$ в диапазоне частот от 5 до 20 кГц.

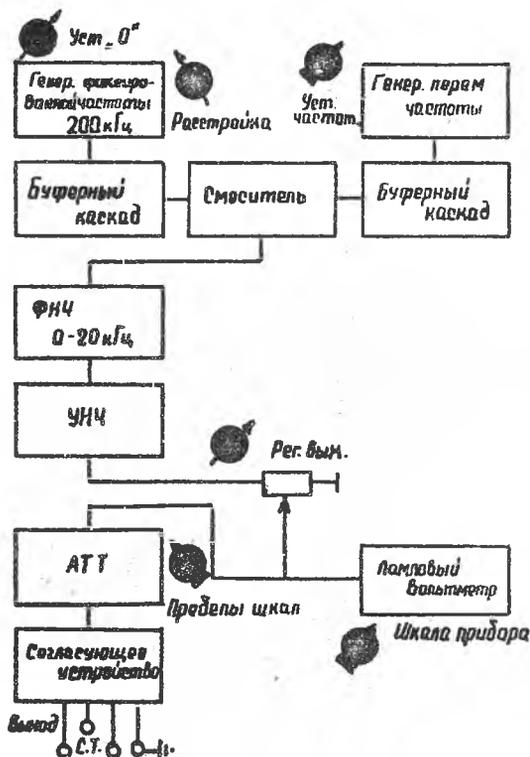
11. Питание осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц.

12. Мощность, потребляемая прибором, не превышает 140 ВА.

13. Габариты прибора 440x385x615 мм.

Описание функциональной схемы прибора

В генераторе (рис. 4) используется возбудитель на биениях, который состоит из двух высокочастотных генераторов: одного, работающего на фиксированной частоте 200 кГц, и другого - на переменной частоте 180-200 кГц и детектора - сместителя для создания тока разностной частоты. На выходе сместителя включен фильтр нижних частот, задерживающий все высокочастотные составляющие, полученные после преобразования. Таким образом, диапазон частот генератора ПЗ-18 получается 0-20 кГц. Звуковая частота усиливается усилителем низкой частоты и поступает на вход аттенюатора, работающего на трансформатор, согласующий выходные сопротивления генератора с различными сопротивлениями нагрузки. Напряжение на выходе усилителя измеряется ламповым вольтметром.



Р и с. 4. Функциональная схема прибора ГЗ-18

Методика работы с прибором

1. Установить тумблер включения сети в положение "Вкл." При этом должна загореться сигнальная лампочка (рис. 5).
2. Произвести установку "Q" шкалы частот:
 - а) установить ручку регулировки амплитуды выхода примерно в среднее положение;
 - б) установить шкалу расстройки на нуль;
 - в) вращением ручки "Уст. нуля" получить нулевые биения. Контроль нулевых биений производится по оптическому индикатору, расположенному в левом верхнем углу прибора.

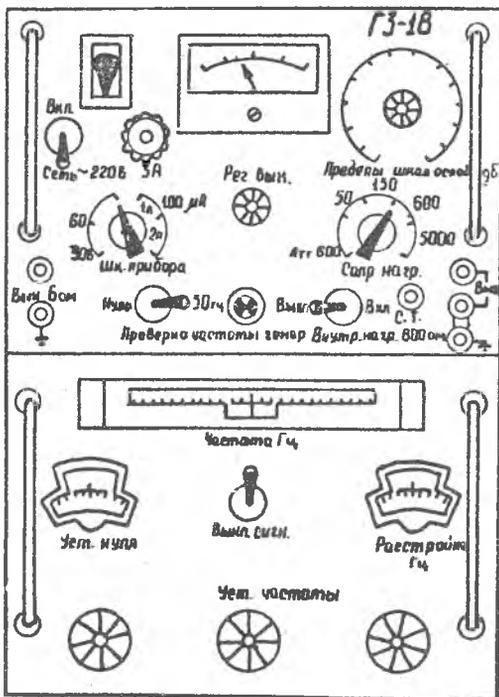
3. Установить заданную частоту по основной шкале ручкой "Уст. частоты".

4. Регулировка и отсчет выходного напряжения:

а) величину выходного напряжения генератора можно изменять плавно ручкой "Рег. вых." и ступенями через каждые 10 дБ при помощи переключателя аттенюатора, имеющего градуировку "Предел шкал" - "Ослаб. дБ".

Указанные пределы шкал и ослабление в дБ справедливы лишь при работе на активную нагрузку, равную 600 Ом. За нулевой уровень (0 дБ) принято напряжение 0,776 В. При акустических нагрузках за нулевой уровень мощности принята мощность 1 мВт на сопротивлении нагрузки в 600 Ом, что соответствует напряжению 0,775 В на этом сопротивлении;

б) при других согласованных нагрузках, соответствующих положениям переключателя 50, 200, 600 Ом точное определение выходного напряжения может быть произведено подключением вольтметра к выходным клеммам генератора. Грубая оценка величины выходного напряжения может быть произведена умножением показания прибора на соответствующий коэффициент (табл. I).



Р и с. 5. Лицевая панель прибора Р-18

Т а б л и ц а I

Входное сопротивление	Коэффициент выходного напряжения
5	0,100
50	0,289
150	0,500
600	1,000

Вопросы для самопроверки

1. Каковы особенности задающего генератора ГЗ-16?
2. Какова методика установки "0" шкалы частот генератора?
3. Обосновать необходимость грубой и точной установки частоты и указать последовательность точной установки частоты.
4. Какая выходная мощность генератора соответствует показанию встроенного вольтметра "0" дБ?
5. Особенности установки и использования симметричного и несимметричного выхода измерительного генератора.

4.2. Г е н е р а т о р с и г н а л о в ГЗ - 56

Генератор ГЗ-56 - источник синусоидальных электрических колебаний звуковой и ультразвуковой частоты.

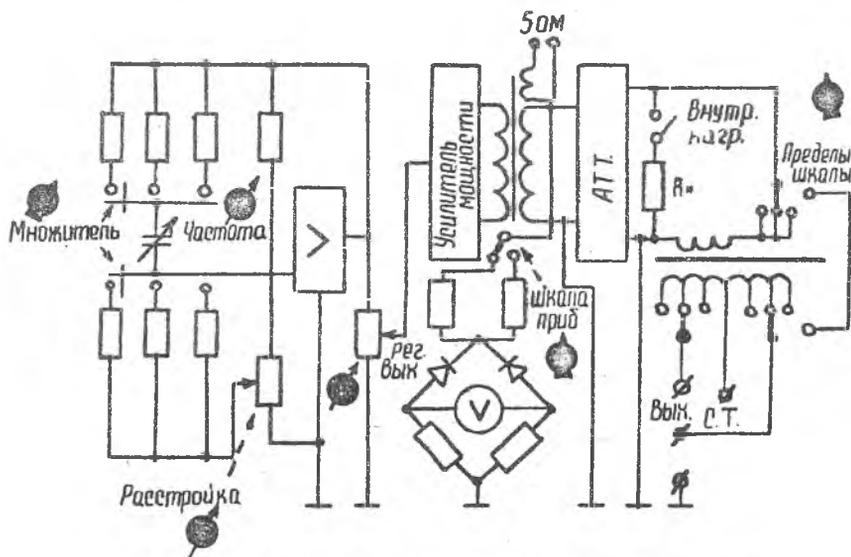
Краткие технические характеристики

1. Диапазон частот от 20 до 200000 Гц.
2. Весь диапазон перекрывается при помощи четырех поддиапазонов:
 - а) множители поддиапазонов - $\times 1$, $\times 10$, $\times 100$;
 - б) значения отсчетов по шкале:
 - $\times 1$ от 20 до 200 Гц;
 - $\times 10$ от 200 до 2000 Гц;
 - $\times 100$ от 2000 до 20000 Гц;
 - $\times 1000$ от 20 кГц до 200 кГц.
3. Погрешность по частоте составляет $\pm(0,02 f + 1)$ Гц.
4. Пределы плавной расстройки по частоте $\pm 15\%$.

5. Погрешность вводимой расстройки составляет $\pm(0,003 + 0,3)$ Гц.
6. Номинальная выходная мощность 0,5 Вт.
7. Максимальная выходная мощность 5 Вт на входе аттенуатора.
8. Выходное сопротивление генератора рассчитано на согласованные нагрузки 5,50 и 500 Ом.
9. Изменение выходного напряжения осуществляется плавно, а также с помощью аттенуатора ступенями через 10 дБ до 100 дБ относительно выходного уровня от уровня 100 мкВ.
10. Генератор питается от сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц.
11. Потребляемая мощность не превышает 150 ВА.

Краткое описание функциональной
схемы прибора

Задающий генератор (возбудитель) (рис. 6) собран по резистивно-емкостной схеме и представляет собой двухламповый усилитель на резисторах, охваченный положительной обратной связью. К выходу задающего генератора подключен усилитель мощности (двухкаскадный).



Р и с. 6. Функциональная схема генератора ГЗ-56/І

Первый каскад - Мазинвертер, собранный по симметричной автобалансовой схеме. Второй каскад - усилитель мощности, собранный по двухтактной схеме, нагрузкой которого является аттенюатор и выходной трансформатор. Выходное устройство генератора содержит I согласующий трансформатор, который работает в диапазоне частот $20 - 20 \cdot 10^3$ Гц. Переключение этого трансформатора происходит автоматически с помощью реле. Согласующий трансформатор служит для согласования выхода генератора с нагрузками 5,50 и 600 Ом.

Аттенюатор, включенный на выходе согласующего трансформатора, обеспечивает общее ослабление выходного сигнала до 100 дБ ступенями через каждые 10 дБ.

Схема аттенюатора рассчитана для работы на активную нагрузку 600 Ом.

Вольтметр, подключенный ко входу аттенюатора, служит для контроля и установки напряжения. Прибор имеет две шкалы: одну основную на 31,6 В и другую дополнительную на 60 В.

Методика работы с прибором

1. Поставить тумблер включения сети в положение "Вкл", при этом должна загораться подсветка шкалы аттенюатора (для получения частоты большой точности к работе следует приступить после 30-минутного предварительного прогрева).

2. Установить с помощью переключателя "Множитель" и ручки "Частота Гц" требуемую частоту. Регулировка амплитуды выходного напряжения осуществляется плавно с помощью потенциометра "Рег. вых." и ступенями через каждые 10 дБ при помощи переключателя аттенюатора, имеющего гравировку. Пределы шкал - ослабление, начальное положение которого +30 дБ. При положении АТТ 600 переключателя "Сопр.нагр. - Входное сопротивление Ω " нелинейные искажения и неравномерность частотной характеристики генератора минимальны.

При работе с внешними нагрузками 0,50, 15⁰ и 600 Ом тумблер "Внутр. нагр." должен находиться в положении "Вкл".

При работе на сопротивление, значительно большее 600 Ом, для правильного деления аттенюатора и отсчета выходного напряжения необходимо включить внутреннюю нагрузку 600 Ом с помощью тумблера "Внутр. нагр".

Контроль выходного напряжения осуществляется по стрелочному прибору. В зависимости от величины выходного напряжения переключатель "Шкала прибора" ставится в положение XI или X2.

Контроль токов выходных ламп производится при положении II и 2II переключателя "Шк.прибора", при этом верхняя шкала стрелочного прибора имеет пределы 0-100 *mA*.

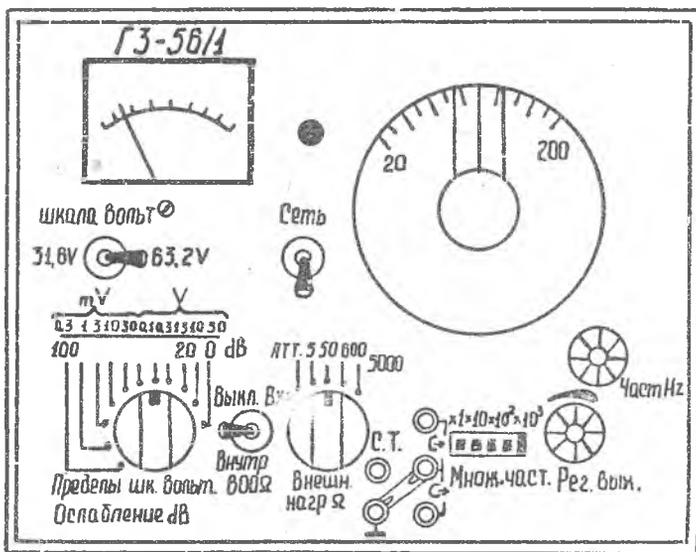
При установке переключателя "Вых.сопротивление" в одно из четырех положений стрелка, ведущая к окну аттенюатора, указывает соответственно предельное значение шкалы стрелочного прибора в точках 10 и 30, а также величину ослабления.

Для получения наименьших нелинейных искажений на низких частотах рекомендуется проверить баланс токов выходных ламп и при необходимости выравнять их через отверстие в боковой стенке прибора "Баланс токов".

При работе генератора на высокочувствительные схемы, номинальное выходное напряжение которых исчисляется единицами, десятками и сотнями милливольт, измерение выходного напряжения можно производить с помощью стрелочного прибора, шкала которого соответствует значению напряжения, указанного на шкале аттенюатора. При этом выходное напряжение отсчитывается либо в вольтах или милливольт, либо в децибелах (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Децибелы	Отношение напряжений	Децибелы	Отношение напряжений
0	1	20	10^{-1}
1	0,8913	30	$3,162 \cdot 10^{-2}$
2	0,7943	40	10^{-2}
3	0,7079	50	$3,162 \cdot 10^{-3}$
4	0,6310	60	10^{-3}
5	0,5623	70	$3,162 \cdot 10^{-4}$
6	0,5012	80	10^{-4}
7	0,4467	90	$3,162 \cdot 10^{-5}$
8	0,3961	100	10^{-5}
9	0,3548	110	$3,162 \cdot 10^{-6}$
10	0,3162	120	10^{-6}



Р и с. 7. Лицевая панель генератора ГЗ-56/1

Вопросы для самопроверки

1. Какова методика установки частоты генератора?
2. Какова методика измерения выходного напряжения генератора встроенным вольтметром?
3. Как влияет переключатель выходного сопротивления генератора на величину выходного напряжения?
4. В каких случаях необходимо использовать внутреннюю нагрузку генератора?
5. Что определяет диапазон изменения выходного напряжения генератора?

5. ЛАМПОВЫЕ ВОЛЬТМЕТРЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

При испытаниях образцов материалов РЗА используются токи различных частот. Токи измерить значительно сложнее, чем напряжение, т.е. в первом случае требуется разрывная цепь. Напряжение

наиболее удобно измерять ламповыми вольтметрами. Они могут использоваться самостоятельно и работать в составе генератора, измерительной добротности и др.

Существует несколько разновидностей вольтметров переменного тока. Простейший ламповый вольтметр представляет собой последовательное или параллельное соединение лампового диода и магнитоэлектрического индикатора.

В лаборатории придется измерять напряжения весьма малых величин. Такие сигналы сравнимы с шумами лампового усилителя, и точность измерений снижается. В таких случаях рационально использовать селективные вольтметры, которые могут одновременно использоваться в качестве избирательного усилителя.

5.1. Измерительный усилитель типа У2 - IА (28 - ИМ)

Измерительный усилитель У2-IA представляет собой переносной лабораторный прибор, предназначенный для усиления и измерения слабых сигналов звуковой частоты.

Краткие технические характеристики

1. Диапазон усиливаемых частот 200-10000 Гц.
2. Усилитель работает в двух режимах - при широкой полосе пропускания и узкой полосе пропускания.
3. Чувствительность усилителя, т.е. величина напряжения, подаваемая на вход, при котором стрелка индикатора отклоняется на всю шкалу, равна: при широкой полосе пропускания не более 25 мкВ; при узкой полосе пропускания не более 10 мкВ.
4. Пределы измеряемых напряжений от 10 мкВ до 200 В.
5. Погрешность измерения напряжений в диапазоне частот 400-5000 Гц не превышает $\pm 5\%$ максимального значения шкалы.
6. Неравномерность частотной характеристики от 2 до 5%.
7. Усилитель дает возможность при широкой полосе измерять напряжение и отношение напряжений, при узкой полосе измерять отношение напряжений. Отношения напряжений измеряются в пределах от 0,01 до 1 с точностью $\pm 3\%$.

8. Усилитель имеет на входе два аттенюатора - декадный, дающий ослабление в 10, 100, 1000 раз и ступенчатый, дающий ослабление в 1,25; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0 раз. Кроме того, в усилителе имеется плавная регулировка усиления.

9. Вход усилителя рассчитан на работу от кристаллического детектора или болометра и имеет входное сопротивление не менее 500 Ом.

10. На входе усилителя установлен ламповый вольтметр, имеющий шкалы:

- а - на 100 делений для измерения отношений напряжений;
- б - шкалу, градуированную в величинах измеряемых напряжений.

Кроме того, в усилителе имеется выход на коаксиальное гнездо и переключатель, дающий возможность отключать ламповый вольтметр от выхода усилителя.

11. Амплитудная характеристика линейна с точностью до 2,5%.

12. В усилителе имеется калировка коэффициента усиления по сигналу, получаемому от генератора калибрационного сигнала, частотой около 1000 Гц.

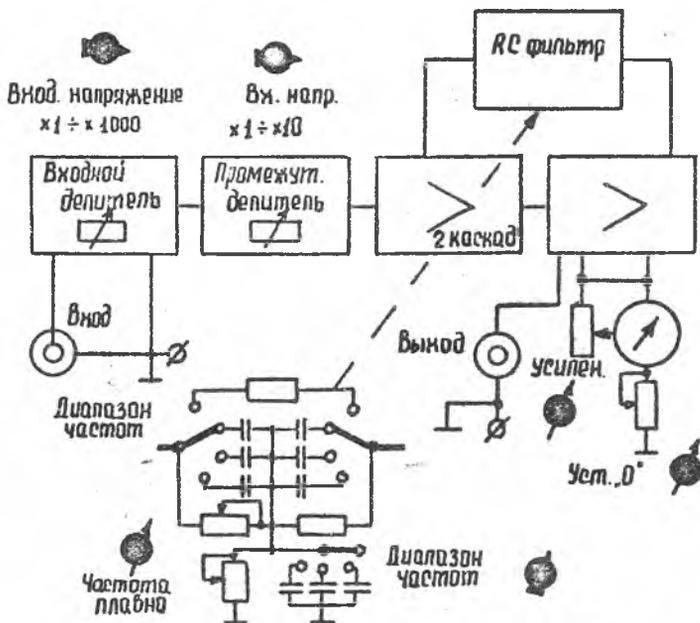
13. Питание от сети переменного тока 127 и 220 В, 50 Гц.

14. Потребляемая мощность 80 ВА.

Описание мнемосхемы прибора

Прибор У2-1А является трехкаскадным усилителем. Его схема (рис. 8) состоит из следующих основных узлов: входного трансформатора (на схеме рис. 8 не показан) и двух аттенюаторов; первого и второго каскадов усиления; емкостно-резистивного фильтра; третьего каскада усиления; лампового вольтметра; генератора калибрационного сигнала и силовой части (на рис. 8 не показан), состоящей из высоковольтного выпрямителя; электронного стабилизатора и низковольтного выпрямителя.

Сигнал с болометрического или кристаллического зонда подается на входной делитель декадный, а затем на ступенчатый. Далее сигнал подается в усилители первого и второго каскадов для усиления, а затем на третий каскад. В цепь отрицательной обратной связи между 3 и 2 каскадами включен настраивающийся емкостно-резистивный фильтр, ограничивающий полосу частот и дающий возможность производить измерения сигналов с низким уровнем, соизмеримым с уровнем шумов, даваемых лампами и самой схемой.



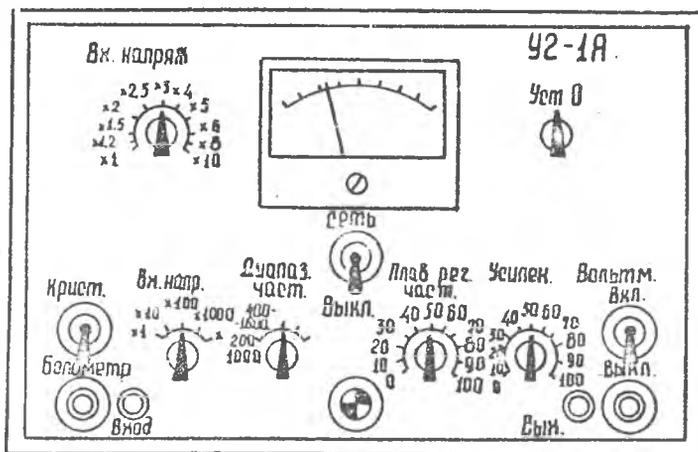
Р и с. 8. Функциональная схема прибора У2-1А (2В-III)

После трех ступеней усиления сигнал поступает на потенциометр плавной регулировки усиления, после чего подается на буферный каскад и воздействует на диодный вольтметр.

Для проверки коэффициента усиления в приборе имеется устройство для получения калибрационного сигнала, который, пройдя весь тракт усиления, дает возможность установить регулятором усиления нестабильный коэффициент усиления.

Методика работы с прибором

1. Включить прибор в сеть (рис. 9).
2. Переключатели "Вх. напр." установить в максимальное положение.
3. Ручку "Усиление" установить на 0.
4. Включить тумблер "Сеть" и тумблер "Вольтметр".



Р и с. 9. Лицевая панель прибора У2-1А (23-мм)

5. Ручкой "Уст. 0" установить стрелку вольтметра на 0 шкалы.
6. Подключить кристалл или бонометр по входу усилителя.
7. Ручками "Диапазон частот" и "Плавная регулировка частоты" настроить усилитель на частоту измеряемого сигнала.
8. Поворачивая вправо ручку "Усиление", добиться показаний вольтметра. Если вольтметр не реагирует на входной сигнал, то с помощью ручки "Входное напряжение" уменьшить ослабление сигнала, поворачивая переключатели влево до тех пор, пока вольтметр не покажет удобную для измерения величину входного напряжения.
9. При отключении вольтметра гальванометр будет показывать отношение напряжений на входе и выходе усилителя в зависимости от положения ручки "Усиление", т.е. коэффициент усиления сигнала.

Вопросы для самопроверки

1. Какие основные узлы имеет прибор?
2. Для чего предназначен прибор?
3. Какие источники сигналов можно подключать к прибору?
4. Как измерить величину входного сигнала?
5. Для чего нужен *RC* фильтр?
6. Как подготовить прибор к работе?

6. ОСЦИЛЛОГРАФЫ

Электронные осциллографы позволяют визуально наблюдать и исследовать величины и формы токов и напряжений в различных участках экспериментальных установок.

Осциллографы состоят в основном из электронно-лучевой трубки, усилителя вертикального отклонения, генератора горизонтальной (временной) развертки, усилителя напряжения развертки.

6.1. Импульсный синхроскоп СИ-5

Основные технические характеристики

1. Прибор дает возможность рассматривать импульсы длительностью от 0,1 до 3000 мкс с частотой следования от 100 Гц до 10 кГц, измерять длительность амплитуды и наблюдать кривые периодических процессов и фигуры Лиссажу.

2. Чувствительность усилителя вертикального отклонения на частоте 100 Гц не менее 20 мВ ЭФФ/мм.

3. Неравномерность частотной характеристики усилителя вертикального отклонения не более 3 дБ в диапазоне частот от 10 Гц до 10 кГц.

4. Сопротивление входа усилителя вертикального отклонения не менее 0,5 МОм параллельно с емкостью не более 50 пФ.

5. Чувствительность усилителя горизонтального отклонения на частоте 100 кГц не менее 12 мВ ЭФФ/мм.

6. Неравномерность частотной характеристики усилителя горизонтального отклонения не более 3 дБ в диапазоне частот 20 Гц до 400 кГц.

7. Сопротивление входа усилителя горизонтального отклонения не менее 80 кОм.

8. Калибрационные отметки для измерения длительности импульсов установлены 0,05; 0,2; 1,0; 5,0; 20,0 и 100 мкс. Погрешность калибратора длительности не превышает $\pm 5\%$.

9. Калибратор амплитуды с непосредственным отсчетом на шкале калибратора эффективного и импульсного значения напряжения на участке шкалы 0,2-12 ЭФФ. Имеем погрешность не более $\pm 10\%$ измеряемой величины напряжения.

10. В приборе имеется возможность подавать исследуемые напряжения непосредственно на вертикально-отклоняющие пластины трубки.

11. Сопротивление входа на вертикально- и горизонтально-отклоняющие пластины трубки не менее $3,6 \text{ МОм}$ параллельно с емкостью не более 30 пФ .

12. Максимальная погрешность входного делителя $\pm 5\%$.

13. Питание прибора от сети переменного тока напряжением 127 или 220 В частотой 50 Гц, а также от сети напряжением 115 В частотой 400 Гц.

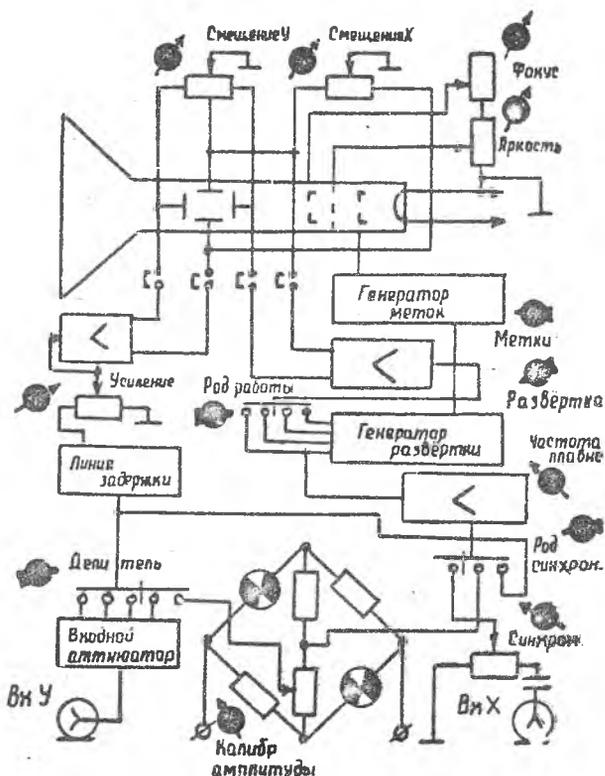
Описание функциональной схемы прибора

Резистивно-емкостный входной аттенкуатор прибора, схема которого изображена на рис. 10, предназначен для избежания перегрузки первой лампы усилителя "У". Коэффициенты деления 1:1, 1:10, 1:100. На усилитель вертикального отклонения сигнал поступает через линию задержки. Усилитель "У" имеет две полосы пропускания: 50 кГц и 10 мГц, которые переключаются тумблером на задней стенке осциллографа. Усилитель синхронизации и горизонтального отклонения предназначен для усиления напряжения синхронизации в режиме развертки и для усиления горизонтального отклонения напряжения при рассмотрении фигур Лиссажу.

Входное напряжение калибратора длительности поступает на катод ЭЛТ и модулирует яркость луча. Изображение исследуемого сигнала получается состоящим из световых точек и темных промежутков между ними. Длительность исследуемого сигнала определяется по числу световых точек и положению переключателя "Метки".

Изменение напряжения исследуемого сигнала производится путем сравнения изображения исследуемого сигнала с изображением калибровочного напряжения калибратора амплитуды.

Вертикальное и горизонтальное отклонения регулируются изменением потенциалов на соответствующих пластинах. Яркость регулируется током луча; Фокус - изменением потенциала на фокусирующей системе.



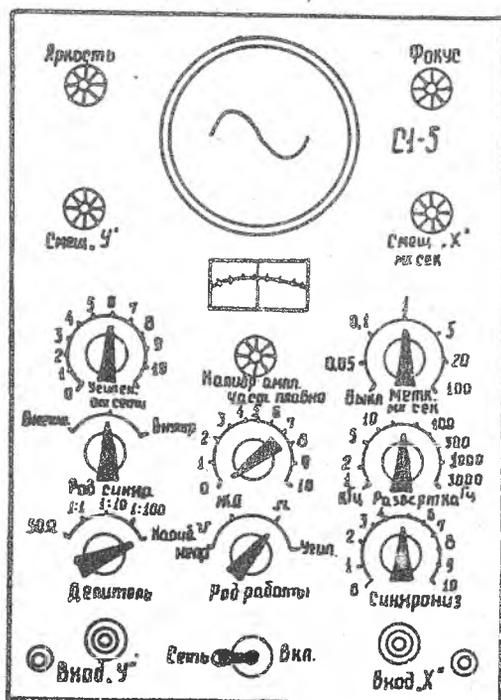
Р и с. 10. Функциональная схема осциллографа CI-5

Методика работы с прибором

1. Включить прибор в сеть (рис. 11).

2. Выбрать режим работы. Выбор определяется характером и величиной исследуемого напряжения и особенностью исследуемой схемы.

А. Вид развертки. Для исследования импульсов до 3000 мкс следует пользоваться адущей разверткой. Для исследования периодических колебаний или импульсов длительностью свыше 3000 мкс — непрерывной разверткой. Установка развертки производится переключателем "Род работы".



Р и с. II. Лицевая панель осциллографа CI-5

Б. Частота или длительность развертки. Частоту развертки выбирают с таким расчетом, чтобы можно было видеть весь импульс или форму волны.

Если длительность исследуемого сигнала (импульса) известна, то можно заранее поставить переключатель диапазонов развертки на требуемую частоту развертки.

При использовании непрерывной разверткой переключатель частоты развертки определяет только диапазоны частот. Точная регулировка частоты производится ручкой "Частота плавно". Эта ручка имеет собственную частоту развертки при вращении от левого до правого крайних положений.

В. Вид синхронизации. В большинстве случаев наиболее удобно синхронизировать развертку исследуемым сигналом. Для этого переключатель синхронизации поставить в положение "Внутр."

Если исследуемый сигнал недостаточен по амплитуде или не пригоден по форме для синхронизации, то следует источник внешнего синхронизирующего напряжения (синхронного с исследуемым напряжением) соединить с гнездом "Вход X" и поставить переключатель в положение "Внешн".

Для того, чтобы непрерывную развертку синхронизировать напряжением, имеющим частоту сети, необходимо переключатель синхронизации поставить в положение "От сети".

Г. Ослабление входного делителя. Максимальное напряжение, которое можно подать на вход прибора - 200 В, амплитудного значения. При большом напряжении необходимо воспользоваться делителем. Переключатель делителя имеет еще положение "50 Ом". В этом случае параллельно входному гнезду включается сопротивление $R=50$ Ом, обеспечивающее низковольтный вход прибора при соотношении деления 1:1.

Работа прибора при различных режимах

А. Ждущая развертка с синхронизацией исследуемым сигналом.

1. Поставить переключатель "Род работы" в положение "жд.  или "жд. ".

2. Удостовериться, что переключатель синхронизации находится в положении "Внутр".

3. Включить исследуемый сигнал на гнездо "Вход У", а корпус исследуемого объекта соединить с клеммой, обозначенной знаком заземления.

Если изображение не появляется, надо ручку "Синхрониз." вращать вправо до появления устойчивого изображения. Как только появится импульс, необходимо ручкой синхронизации уменьшить амплитуду синхронизации до минимальной величины, достаточной до получения устойчивого изображения. Яркость и фокусировку необходимо отрегулировать так, чтобы изображение было максимально четким и ясным.

Б. Непрерывная развертка с синхронизацией исследуемым сигналом.

Методика работы аналогична вышеприведенной с добавлением следующих пунктов:

1. Поставить переключатель "Род работы" в положение "Непр."
2. Выбрать диапазон развертки и ручкой "Частота" плавно добиться стабильности изображения, а ручкой "Синхрониз." при минимальной амплитуде синхронизации установить изображение неподвижно. Переключатель "Метки" обязательно должен стоять в положении "Выкл."
- В. Развертка синхронизацией от внешнего источника.
 1. Включить вход источника внешней синхронизации на гнездо "Вход X".
 2. Поставить переключатель "Род синхронизации" в положение "Внешн." Остальные операции те же.
 - Г. Развертка с синхронизацией от сети. (Возможна только при непрерывной развертке).
 1. Переключатель синхронизация поставить в положение "От сети".
 2. Ручкой "Синхрониз." регулировать амплитуду синхронизации. Остальные операции те же.

Определение длительности сигнала

Все операции остаются теми же, что и при пользовании едущей разверткой. Переключатель "Метки" включается на одно из рабочих положений. Выбирается наиболее удобное его положение. Цена метки зависит от выбора диапазона меток (0,05; 0,2; 1; 5; 20; 100 мкс).

Определение амплитуды импульса

1. Подать исследуемый импульс на вход усилителя вертикального отклонения.
2. При помощи входного делителя и ручки "Усиление" установить на экране импульсы требуемых размеров, но не более 25 см.
3. Отсчитать величину установленного изображения на масштабной сетке, наложенной на экран сетки.
4. Запомнить положение входного делителя и не изменять положение ручки "Усиление".
5. Поставить входной делитель в положение "Калибр."
6. Ручкой "Калибровка амплитуды" отрегулировать на экране размер изображений до указанной величины.
7. На шкале потенциометра "калибровка амплитуды" отсчитать против риски на шкале прибора.

При изменении амплитуды импульсов необходимо отсчет производить по шкале "Имп.", при изменении синусоидальных напряжений надо пользоваться шкалой "Эфф."

8. Определить калибрационное напряжение. Амплитуда исследуемого импульса:

$$U_u = \frac{x_1}{x_2} U_k K,$$

где x_1 - величина исследуемого напряжения;

x_2 - величина изображения калибрационного сигнала;

U_k - калибрационное напряжение, В;

K - коэффициент входного делителя, при котором измеряется исследуемый сигнал.

Непосредственная подача напряжения на отклоняющие электроды трубки

1. Использовать внешнюю синхронизацию (максимальное напряжение, подаваемое на пластины непосредственно - 200 В амплитудного значения).

2. Открыть заднюю крышку.

3. Вынуть из гнезда короткозамкнутые вилки.

4. В гнезда, обозначенные "Пластины", включить исследуемое напряжение.

Вопросы для самопроверки

1. Порядок включения осциллографа СИ-5.

2. Укажите положение органов управления осциллографа для подачи входного сигнала на пластины X.

3. Методика измерения амплитуды синусоидального напряжения.

4. Методика измерения внешних интервалов.

5. Порядок управления полосой пропускания усилителей осциллографа.

Составители Виктор Николаевич Буров,
Юрий Сергеевич Дмитриев

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СВОЙСТВ
МАТЕРИАЛОВ РЭА

Приборы общего назначения

Методические указания
к лабораторным работам

Редактор Л. С о к о л о в а
Техн. редактор Н. К а л е н ю к
Корректор Н. К у п р и я н о в а

Подписано к печати 28.10.82 г. Формат 60x84¹/₁₆
Бумага оберточная белая. Оперативная печать.
Усл.п.л. 1,6. Уч.-изд.л. 1,5. Тираж 500 экз.
Заказ №30 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт им. академика С.П.Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Офсетный участок КуАИ, Куйбышев,
ул. Ульяновская, 18.