

621.39
Б20

А. К. БАЛИХИН

РАДИОИЗМЕРЕНИЯ

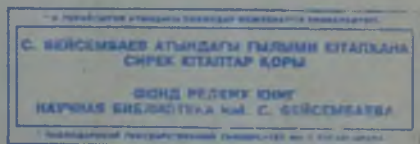
ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ВООРУЖЕННЫХ СИЛ СОЮЗА ССР
Москва—1949

А. К. БАЛИХИН

621.39

Б20

РАДИОИЗМЕРЕНИЯ



ВСЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ВООРУЖЕННЫХ СИЛ СОЮЗА ССР
МОСКВА — 1949

В книге изложены основы радиоизмерительной техники, рассмотрена измерительная аппаратура, приводится методика измерения качественных показателей радиоустройств.

В приложении дан справочный материал, полезный при измерениях.

Книга рассчитана на читателя, знакомого с основами электротехники и радиотехники.

ОТ РЕДАКЦИИ

Во время печатания книги Комитет по делам мер и измерительных приборов при Совете Министров Союза ССР опубликовал новое Положение об электрических и магнитных единицах, вводимое в действие на всей территории Союза ССР при электрических и магнитных измерениях.

Указанное Положение, дающее новые определения единиц измерений и предусматривающее введение некоторых новых единиц, помещено в конце книги.

ВВЕДЕНИЕ

Гениальный русский изобретатель радио Александр Степанович Попов первый заложил основы развития современной радиотехники. Радиоизмерения — одна из самостоятельных областей радиотехники. Многие позднейшие открытия в области радио и совершенствование радиоаппаратуры тесно связаны с развитием техники радиоизмерений.

А. С. Попов и в области радиоизмерений также был новатором. В 1905 г. им была разработана схема дифференциального мостика для измерения малых емкостей. Этот мостик позволил производить точные измерения емкости судовых антенн. Измерением было впервые установлено влияние металлического такелажа на емкость антенн.

Дальнейшее развитие радио и техники радиоизмерений связано с именами крупнейших советских ученых и инженеров: Шулейкина М. В., Бонч-Бруевича М. А., Вологодина В. П., Мандельштама Л. И., Папалекси Н. Д., Введенского Б. А., Минца А. Л., Кляцкина И. Г., Берга А. И. и др.

Академик Шулейкин М. В. положил начало измерениям в радиосетях.

Проф. Петровскому А. А. принадлежит ряд работ в области применения радио для разведки рудных ископаемых.

Многие новые методы измерений, схемы и приборы предложены и разработаны в Советском Союзе. Видную роль в этом играли: Циклинский Н. Н., Момот Е. Г., Кьяндский Г. А., Сифоров В. И., Щукин А. Н., Нейман М. С., Пистолькорс А. А., Дубенецкий В. Г., Шембель Б. К. и др.

Отечественной радиопромышленностью и исследовательскими лабораториями, вновь созданными за годы сталинских пятилеток, разработано и выпущено значительное количество измерительных приборов, исчисляемых сотнями типов. Часть этих приборов описана в книге.

В годы Великой Отечественной войны в связи с широким внедрением в радиотехнику аппаратуры дециметровых и сантиметровых волн разработаны измерительные приборы и для этого диапазона.

При описании некоторых радиоизмерительных приборов отечественного производства приводится аналогичная им иностранная аппаратура, встречающаяся в практике лабораторных измерений.

Глава I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОИЗМЕРЕНИЯХ

ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ РАДИОИЗМЕРЕНИЙ

Рациональная эксплуатация современных радиоустройств невозможна без надлежащего контроля за их работой. Например, радиопередатчик должен работать на строго определенной частоте колебаний. Изменение ее может привести к нарушению связи и вызвать помехи приему соседних радиостанций. Следовательно, контроль за частотой передатчика является необходимым условием для нормальной его эксплуатации.

Радиоизмерения играют большую роль и при ремонте радиоустройств. Например, путем измерения можно обнаружить дефекты отдельных элементов схемы (трансформаторов, контуров, конденсаторов, сопротивлений), проверить качество новых элементов, которыми будут заменены поврежденные, и, наконец, проверить работу всего устройства после ремонта.

Иногда кажется, что после замены некоторых деталей радиоустройство работает нормально, в то время как режим работы, градуировка, качество воспроизведения и другие показатели нарушились, превысив допустимые нормы. Например, отремонтированный передатчик будет потреблять большую мощность от бортовой сети самолета, градуировка его по шкале настройки резко изменится, ухудшится отдача мощности в антенну, изменится глубина модуляции и т. д. Эти недостатки можно выявить только соответствующими измерениями.

В некоторых случаях причиной нарушения связи была недооценка радиоизмерений как при ремонте аппаратуры, так и при ее эксплуатации.

В задачу радиоизмерений входит:

- 1) определение параметров отдельных элементов радиотехнических устройств;

2) определение величин, характеризующих режим работы, а именно: тока, напряжения, мощности, частоты, коэффициента модуляции и т. д.;

3) определение качественных показателей радиоустройств;

4) определение характера помех и установление причин, их порождающих;

5) измерение напряженности поля и снятие диаграмм направленности.

Характер измерений зависит от их цели, от аппаратуры, подлежащей измерениям, а также от того, в каких случаях они производятся. С этой точки зрения радиоизмерения можно было бы подразделить на эксплуатационные, производственные (приемные, сдаточные и измерения при ремонте в мастерских или заводе) и измерения исследовательского характера.

Эксплуатационные измерения в свою очередь можно подразделить на:

а) периодические, производящиеся в плановом порядке для проверки оборудования и для обеспечения бесперебойной работы радиоустановок;

б) контрольные — для проверки работы отдельных узлов и элементов оборудования;

в) измерения, которые производятся в аварийных случаях.

Последние помогают быстро отыскивать, а следовательно, и устранять повреждения и ускоряют введение в строй поврежденной радиоустановки.

Основными величинами, подвергающимися измерению в радиотехнических установках, являются: напряжение, ток, мощность, частота, сопротивление постоянному и переменному току, емкость, индуктивность, взаимоиндуктивность, фазовые сдвиги, искажения (частотные, нелинейные, фазовые), усиление, длительность импульса, частота повторений импульсов, напряженность поля, уровень шумов и помех и т. п.

Измерения производятся как на постоянном, так и на переменном токе в весьма широком диапазоне частот (от единиц герц до тысяч мегагерц) и в достаточно широких пределах измеряемых величин, поэтому методика измерений и аппаратура, используемая в радиотехнической практике, чрезвычайно разнообразны.

Существует три метода измерений:

1. Метод сравнения, сущность которого заключается в сравнении эффектов, вызываемых измеряемой величиной, с эффектом соответствующей известной величины. При измерении методом сравнения пользуются различными схемами (мостиковыми, компенсационными и др.).

2. Косвенный метод, который характеризуется тем, что искомая величина определяется не непосредственно, а путем измерения вспомогательной величины, находящейся в известных соотношениях с искомой (например, измерение напряженности поля).

3. Метод непосредственного отсчета, характерный тем, что при нем пользуются приборами, проградуированными непосредственно в измеряемых величинах.

К отдельным видам измерений предъявляют различные требования. Например, при измерении частоты допускается погрешность 0,001—0,0001%, тогда как при измерении напряженности поля погрешность достигает 20—30%.

Применение радиоизмерительной техники в широком диапазоне частот, а также разнообразие измеряемых величин привели к появлению большого количества измерительных приборов, достигающих в отдельных областях (например, в технике УКВ) сотен наименований.

В большинстве своем эта аппаратура переносная, и лишь в редких случаях она связывается с комплектами оборудования. Однако для хорошей и согласованной работы различных радиоустройств (особенно радиолокационных) необходимо комплектовать их вместе с измерительными приборами.

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ПОНЯТИЕ ОБ ЭТАЛОНАХ

Сущность всякого измерения сводится к сравнению измеряемой величины с известной, принятой за единицу. Так, при взвешивании какого-нибудь предмета мы сравниваем его вес с весом гирь, выраженных в условных единицах — граммах, килограммах и т. п., при измерении длины — с величиной, выраженной в сантиметрах, метрах и т. п. По утвержденному в СССР общесоюзному стандарту (ОСТ 515) для электрических и радиотехнических измерений установлены следующие единицы.

Единица силы тока — ампер — сила неизменяющегося электрического тока, который отлагает 0,001118 г серебра в секунду, проходя через водный раствор азотно-кислого серебра.

Единица электрического напряжения и электродвижущей силы (э. д. с.) — вольт — электрическое напряжение или электродвижущая сила, которые в проводнике, имеющем сопротивление в 1 ом, производят ток силой в 1 а.

Единица электрического сопротивления — ом — сопротивление при неизменяющемся электрическом токе и при температуре тающего льда ртутного столба длиной 106,3 см, имеющего сечение, одинаковое по всей длине, и массу в 14,4521 г.

Единица электрической мощности — ватт — мощность неизменяющегося электрического тока силой в 1 а при напряжении в 1 в.

Единица электрической емкости — фарада — емкость конденсатора, заряжаемого до напряжения в 1 в одним кулоном.

Единица индуктивности — генри — самоиндукция электрической цепи, в которой индуцируется электродвижущая сила в 1 в при равномерном изменении тока в этой же цепи со скоростью 1 а/сек.

Единица взаимной индукции — генри — взаимная индукция в системе двух электрических цепей, в одной из которых индуцируется электродвижущая сила в 1 в при равномерном изменении тока в другой цепи со скоростью 1 а/сек.

Единица частоты — герц — частота периодически изменяющейся во времени величины, период которой равен одной средней солнечной секунде.

Таблица 1

Наименование единиц	Соотношения	Обозначения	
		ино- стран- ные	русские
Вольт	$1 \text{ в} = 10^3 \text{ мв} = 10^6 \text{ мкв}$	V	в
Милливольт	$10^{-3} \text{ в} = 1 \text{ мв} = 10^3 \text{ мкв}$	mV	мв
Микровольт	$10^{-6} \text{ в} = 10^{-3} \text{ мв} = 1 \text{ мкв}$	μV	мкв
Ампер	$1 \text{ а} = 10^3 \text{ ма} = 10^6 \text{ мка}$	A	а
Миллиампер	$10^{-3} \text{ а} = 1 \text{ ма} = 10^3 \text{ мка}$	mA	мг
Микроампер	$10^{-6} \text{ а} = 10^{-3} \text{ ма} = 1 \text{ мка}$	μA	мка
Ом	$1 \text{ ом} = 10^{-6} \text{ мгом}$	Ω	ом
Мегом	$10^6 \text{ ом} = 1 \text{ мгом}$	MΩ	мгом
Ватт	$1 \text{ вт} = 10^{-3} \text{ квт} = 10^3 \text{ мвт}$	W	вт
Киловатт	$10^3 \text{ вт} = 1 \text{ квт} = 10^6 \text{ мвт}$	kW	квт
Милливатт	$10^{-3} \text{ вт} = 10^{-6} \text{ квт} = 1 \text{ мвт}$	mW	мвт
Генри	$1 \text{ гн} = 10^3 \text{ мгн} = 10^6 \text{ мкгн} = 10^9 \text{ см}$	H	гн
Миллигенри	$10^{-3} \text{ гн} = 1 \text{ мгн} = 10^3 \text{ мкгн} = 10^6 \text{ см}$	mH	мгн
Микрогенри	$10^{-6} \text{ гн} = 10^{-3} \text{ мгн} = 1 \text{ мкгн} = 10^3 \text{ см}$	μH	мкгн
Фарада	$1 \text{ ф} = 10^6 \text{ мкф} = 10^{12} \text{ мкмкф} = 9 \cdot 10^{11} \text{ см}$	F	ф
Микрофарада	$10^{-6} \text{ ф} = 1 \text{ мкф} = 10^6 \text{ мкмкф} = 9 \cdot 10^5 \text{ см}$	μF	мкф
Микромикрофа- рада	$10^{-12} \text{ ф} = 10^{-6} \text{ мкф} = 1 \text{ мкмкф} = 0,9 \text{ см}$	μμF	мкмкф
Герц	$1 \text{ гц} = 10^{-3} \text{ кгц} = 10^{-6} \text{ мггц}$	Hz	гц
Килогерц	$10^3 \text{ гц} = 1 \text{ кгц} = 10^{-3} \text{ мггц}$	kHz	кгц
Мегагерц	$10^6 \text{ гц} = 10^3 \text{ кгц} = 1 \text{ мггц}$	MHz	мггц

В табл. 1 (ОСТ 515) приводятся условные обозначения перечисленных выше единиц в иностранной и русской транскрипции, а также единицы, которые меньше или больше основной в тысячу или миллион раз.

В этих единицах градуируется большинство измерительных приборов.

Для градуировки приборов применяются так называемые эталоны единиц измерения, для установления которых используются химические, тепловые и другие явления электрического тока. Так, за эталон ампера (единицу силы электрического тока) принят ток, который в 1 секунду отлагает из водного раствора азотнокислого серебра 1,118 мг чистого серебра. Установка, состоящая из ванны с водным раствором азотнокислого серебра и двух электродов, служит эталоном ампера. На одном из электродов, соединенном с отрицательным полюсом источника тока, выделяется серебро. Определяя вес выделившегося серебра и время, в течение которого оно выделилось, можно установить силу тока, например в амперах, и проградуировать в этих единицах измерительный прибор, который может служить эталоном для градуировки других приборов, используемых в радиотехнической практике измерений.

Аналогично изложенному устанавливаются эталоны для других единиц, и по ним производится градуировка измерительных приборов.

ОСОБЕННОСТИ РАДИОИЗМЕРЕНИЙ

На измерения в цепях высокой частоты оказывает влияние наличие вредной емкости и индуктивности в измерительном приборе. Чем выше частота, тем сильнее сказывается их влияние на результат измерения. Эквивалентная схема измерительного прибора может быть представлена в виде емкости, индуктивности и некоторого активного сопротивления. Емкость образуется токопроводящими деталями прибора по отношению друг к другу и к окружающим предметам, а также между проводами, соединяющими прибор с измеряемой цепью. Соединительные провода обладают также индуктивностью и активным сопротивлением. Присоединение такой системы к цепи высокой частоты изменит режим источника тока. При изменении частоты полное сопротивление измерительного прибора не будет оставаться величиной постоянной, а следовательно, результат измерения будет также изменяться. Кроме того, в соединительных проводах могут возникать стоячие волны. Все эти явления влияют на точность измерений, зависящую от частоты.

При измерениях на высоких частотах необходимо поэтому соблюдать предосторожность. Например, если произ-

водится измерение напряженности поля, то при записи результатов измерения необходимо указывать условия, при которых производилось измерение, и дату. От места измерения нужно удалить лишние проводники и диэлектрики, соединительные проводники должны быть по возможности короткими, измерительная установка должна быть тщательно экранирована от воздействия внешних электрических полей и измерение должно производиться в специальных экранированных камерах.

При измерениях в цепях высокой частоты большое значение приобретает вопрос о потребляемой мощности. Очень важно, чтобы измерительный прибор не изменял режима работы измеряемого источника тока или цепи. Это приобретает первостепенное значение при измерениях в маломощных цепях (например, во входных цепях радиоприемников), при исследовании маломощных гетеродинов и т. д.

При радиоизмерениях в большинстве случаев пользуются косвенными методами, приводящими к созданию специальных измерительных установок. Их особенность состоит в том, что, кроме измерительных приборов, они содержат ряд вспомогательных приборов и деталей (переключатели, реостаты, электронные лампы для усиления и генерирования, трансформаторы и т. д.). К измерительным установкам, как и к измерительным приборам, в зависимости от их назначения предъявляются различные требования в отношении точности градуировки, чувствительности, потребляемой мощности, постоянства и надежности действия и портативности.

В настоящее время в большинстве радиоизмерительных установок используются электронные лампы, для питания цепей которых применяются источники постоянного (гальванические элементы, аккумуляторы) или переменного тока (через выпрямитель).

В последнем случае необходимо принять меры к стабилизации напряжения, а также к защите измеряемой цепи от влияния переменного тока.

Глава II

ИЗМЕРЕНИЕ ТОКОВ ЗВУКОВОЙ И ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

ТЕПЛОВЫЕ ПРИБОРЫ

Измерение токов звуковой и высокой частоты производится в основном двумя типами приборов: тепловыми и термоэлектрическими.

Тепловыми называются приборы, в которых отклонение стрелки происходит вследствие изменения длины нити под влиянием тепла, выделяемого током, протекающим через нить.

Устройство теплового прибора схематически изображено на рис. 1.

Измеряемый ток протекает по металлической нити $АВВ$, к которой в точке $В$ прикреплена другая нить $ВГД$, одним концом закрепленная неподвижно в точке $Д$.

На оси стрелки укреплен алюминиевый ролик (блок) $Е$, через который пропущена тонкая шелковая нить, одним концом закрепленная в точке $Г$ с нитью $ВГД$, а другим — прикрепленная к пружине $ЗЖ$, стремящейся разогнуть-ся влево.

При отсутствии тока стрелка прибора находится в положении, изображенном на рисунке сплошной линией. При прохождении тока нить $АВВ$ нагревается и удлиняется. Вследствие этого нить $ВГД$ ослабляется, а пружина $ЗЖ$ своей силой вытягивает эту нить. При этом ролик повернется, а вместе с ним отклонится на некоторый угол и стрелка прибора, изображенная на рисунке пунктиром. Угол отклонения стрелки прибора зависит от силы тока, проходящего через нить.

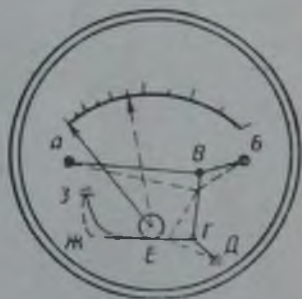


Рис. 1. Схема устройства теплового прибора

Отклонение стрелки может быть вызвано и повышением температуры воздуха, окружающего прибор. Для устранения этого влияния на показания прибора зажимы нити устанавливаются на специальной металлической пластине (основании), имеющей одинаковый с нитью температурный коэффициент расширения.

Нагреваемая нить *АВВ* изготавливается из различных сплавов, которые должны иметь определенный температурный коэффициент, удельное сопротивление, а также обладать тугоплавкостью и неокисляемостью. Чаще всего нить изготавливается из сплава серебра с платиной или платины с иридием (платино-иридиевая нить).

Диаметр нити равен сотым долям миллиметра. Чем меньше диаметр, тем чувствительнее прибор и тем шире пределы частот, в которых градуировка остается неизменной. Применение нитей толще 0,2—0,3 мм делает прибор менее удобным вследствие медленного нагревания нити, а следовательно, и медленного перемещения стрелки.

Влияние частоты на показания прибора вызывается главным образом двумя причинами: изменением активного сопротивления нагреваемой нити и емкостью токопроводящих деталей прибора относительно друг друга и относительно окружающих предметов.

Влияние частоты измеряемого тока на показания прибора вследствие изменения активного сопротивления нагреваемой нити определяется по формуле

$$I = \frac{I_{\infty}}{\sqrt{1 + \frac{r}{R}}},$$

где I — действующее значение измеряемого тока;

I_{∞} — отсчет по шкале прибора при градуировке последним постоянным током;

R — сопротивление нити при постоянном токе;

r — активное сопротивление нити при частоте измеряемого тока.

Паразитные емкости, шунтирующие нагреваемую нить, дают тем большую ошибку, чем выше частота измеряемого тока. Для уменьшения паразитной емкости уменьшают габариты прибора, сокращают количество металлических деталей в нем (вплоть до изготовления кожуха из диэлектрика), а также во время работы располагают прибор дальше от стен и металлических предметов. Современными тепловыми приборами можно измерять переменный ток, частота которого достигает 30 мГц.

Тепловые приборы изготавливаются для токов, не превышающих 1 а. Для измерения токов большой силы прибегают

к шунтированию прибора. Однако при шунтировании необходимо избегать влияния шунта на точность измерения.

Положительными сторонами тепловых приборов являются: пригодность для измерения как на постоянном, так и на переменном токе в довольно широком спектре частот, независимость показаний от внешних магнитных полей и от формы тока.

Недостатками прибора являются: малая чувствительность, неравномерность шкалы, непостоянство нуля (зависимость от внешней температуры), медленная установка стрелки прибора при измерении (тепловая инерция) и чувствительность к перегрузкам.

На рис. 2 изображен внешний вид прибора ТИР на 2 а для частоты до 0,5 мГц.



Рис. 2. Внешний вид теплового амперметра ТИР

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Принцип действия термоэлектрических приборов основан на использовании термоэлектродвижущей силы, возникающей при нагреве контакта двух разнородных проводников.

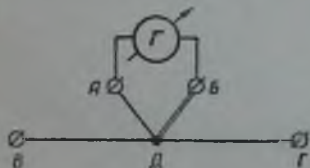


Рис. 3. Схема устройства термоэлектрического прибора

Термопара представляет собой две проволоочки АД и ДБ (рис. 3), изготовленные из разных металлов (например, сурьма и висмут или медь и константан), концы которых сварены между собой.

Если подогревать место сварки этих проволочек (точка Д), а свободные концы А и Б присоединить к чувствительному магнитоэлектрическому прибору, то стрелка прибора отклонится под действием тока, возникающего в этой цепи от термоэлектродвижущей силы.

Термоэлектрические приборы состоят поэтому из двух частей: термоэлемента и чувствительного прибора магнитоэлектрической системы для измерения возникающей термоэлектродвижущей силы.

Термоэлемент в свою очередь состоит из подогревателя и термопары.

Место сварки проволочек можно нагревать электрическим током. Для этого стык проводов приваривается к проволочке *ВГ*, называемой подогревателем, через которую пропускается ток.

При прохождении тока через подогреватель нагревается место сварки проводов термопары, в результате чего возникает термоэлектродвижущая сила. Вполне понятно, что нагрев можно производить как переменным, так и постоянным током.

Величина э. д. с. зависит от температуры нагрева места сварки и от того, из каких материалов изготовлены проволочки термопары. Материалами для термопары служат: сурьма — висмут, манганин — константан, медь — константан, железо — константан, нихром — никель, платина — платино-иридий и др. Проволочка для подогревателя может быть сделана из того же металла, из которого сделаны и проволочки термопары.

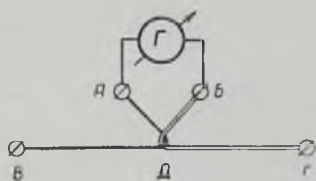


Рис. 4. Схема крестообразного термоэлемента

Для защиты от потока воздуха, который может нарушить тепловой режим, термоэлементы помещаются в коробки (открытые термоэлементы) или в стеклянные сосуды, из которых удален воздух (вакуумные термоэлементы).

Открытые или вакуумные термоэлементы часто монтируются в самом измерительном приборе, который в этом случае именуется термоамперметром или термогальванометром, в зависимости от силы измеряемого тока, на которую он рассчитан.

В практике можно встретить термоэлементы без отдельного подогревателя. Такой термоэлемент показан на рис. 4, где *АВ* и *БГ* — проволочки из разного металла, захватывающие друг друга крестообразно и сваренные в точке *Д*. Подогревателем в этом случае служат проволочки термопары *ВДГ*.

Подогреватель изготавливается из проволоки различного сечения, соответствующего силе измеряемого тока. Термопара может не иметь непосредственного контакта с подогревателем, т. е. может быть отделена от него слоем воздуха или изолятора (фарфор, стекло). Термоэлементы косвенного подогрева имеют некоторые преимущества при измерении токов высокой частоты.

Вакуумные термоэлементы изготавливаются на токи не выше 1 а, поэтому для расширения пределов измерения прибегают к шунтированию их. При этом погрешность возрастает с увеличением частоты измеряемого тока.

Термоэлементы пригодны для измерения токов высокой частоты, однако с увеличением частоты погрешность при измерениях возрастает.

При увеличении частоты измеряемого тока из-за явления скин-эффекта возрастает сопротивление проволоочки подогревателя. Это приводит при той же величине измеряемого тока к большему выделению тепла в подогревателе, а следовательно, к увеличению погрешности при измерениях. При измерении малых токов (несколько десятков миллиампер) явление скин-эффекта не оказывает существенного влияния, так как подогреватель изготавливается из провода малого диаметра.

Ток, протекающий по подогревателю, индуцирует паразитную э. д. с. в цепи термопара — гальванометр, которая увеличивает погрешность измерения. Для уменьшения влияния индукции на точность измерения провода термопары по возможности располагают перпендикулярно к оси нити подогревателя.

При увеличении частоты возрастает влияние паразитной емкости, создаваемой металлическими частями прибора и шун-

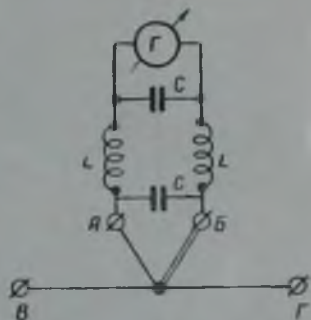


Рис. 5. Схема соединения термоэлемента с гальванометром



Рис. 6. Внешний вид открытого термоэлемента

тирующей подогреватель, вследствие чего происходит ответвление измеряемого тока. Для уменьшения погрешности, вызываемой паразитной емкостью, термоэлементы изготавливают с косвенным подогревом или отделяют цепь гальванометра и термоэлемента фильтром (рис. 5).

По этим причинам частота измеряемого термоэлектрическим прибором тока не должна быть выше 200 мГц.

Основными качествами термоэлектрических приборов являются: малая зависимость показаний прибора от частоты в диапазоне до 200 мГц, достаточно высокая точность измерений и неизменность градуировки.

Недостатки термоэлектрических приборов следующие: недопустимость перегрузок, зависимость показаний прибора от изменения внешней температуры (относится главным образом к открытым термоэлементам) и некоторая неравномерность шкалы.

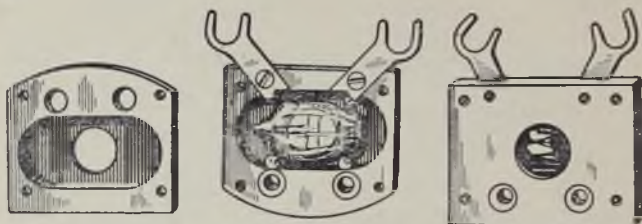


Рис. 7. Внешний вид вакуумного термоэлемента ТП-6

В радиоизмерительной технике и радиостанциях находят применение как открытые термоэлементы, так и вакуумные типа ТК и ТП, изготавливаемые нашей промышленностью (см. приложение 1).

На рис. 6 изображен внешний вид открытого термоэлемента на 2 а, на рис. 7 — вид вакуумного термоэлемента типа ТП-6.

Глава III

ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ЗВУКОВЫХ И ВЫСОКИХ ЧАСТОТ

Общие сведения

Измерение напряжений переменного тока различных частот может производиться следующими типами вольтметров:

- 1) тепловыми,
- 2) электростатическими,
- 3) термоэлектрическими,
- 4) купроксными и
- 5) ламповыми.

При измерении напряжений радиочастот основное затруднение заключается в устранении или учете влияний, оказываемых прибором или установкой на измеряемую цепь. При выборе типа вольтметра следует обращать внимание на то, какое изменение в параметрах цепи производит включение прибора и как изменяется от этого показание самого прибора.

Основными элементами, влияющими на изменение режима измеряемой цепи или на ее параметры, являются, как указывалось выше, входная емкость, индуктивность и активное сопротивление прибора.

Если измеряется напряжение на контуре с малой емкостью, то подключение прибора, имеющего входную емкость, изменит параметры контура, вызовет его расстройку и, следовательно, результат измерения будет не точен.

Такое же влияние окажет и входная индуктивность прибора.

Малое входное сопротивление активной составляющей прибора будет нагружать измеряемую цепь и вносить в нее дополнительное сопротивление. Это приведет к увеличению декремента затухания и притуплению резонансной кривой контура, что вызовет погрешность в измерении.

Следовательно, к вольтметрам, которые используются при радиочастотах, предъявляются дополнительные требования: малая входная емкость, малая индуктивность и большое входное сопротивление. Малая входная емкость достигается разумной конструкцией, малая входная индуктивность — короткими проводами ввода, большое входное сопротивление — надлежащим режимом работы и выбором схемы прибора.

Наибольшее практическое применение в радиотехнических измерениях получили купроксные вольтметры в диапазоне звуковых частот и ламповые вольтметры при высоких и ультравысоких частотах.

ТЕПЛОВЫЕ И ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВОЛЬТМЕТРЫ

По принципу действия и устройству тепловые вольтметры не отличаются от рассмотренных в предыдущей главе тепловых амперметров. Они имеют очень небольшое сопротивление (около 6—10 ом на 1 в измеряемого напряжения), вследствие чего присоединение такого прибора к цепи настолько резко изменяет ее режим, что само измерение теряет смысл. В силу этого тепловые вольтметры в радиоизмерениях почти не применяются.

Термоэлектрические вольтметры по принципу действия не отличаются от термоэлектрических амперметров. Для использования термоэлемента (с магнитоэлектрическим прибором) в качестве вольтметра последовательно с подогревателем включается добавочное сопротивление.

Чтобы уменьшить погрешность от частоты измеряемого напряжения, добавочное сопротивление не должно иметь реактивных составляющих, а зависимость его от скин-эффекта должна быть незначительна. Термоэлектрические вольтметры с вакуумными термopарами изготавливаются на напряжение от 0,5 до 150 в и выше. Погрешность в зависимости от частоты в лучших термовольтметрах достигает 0,5% (для частот 0,5—0,6 мгц). Предельная частота измеряемого напряжения для вольтметра этого типа равна 3 мгц.

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ ВОЛЬТМЕТРЫ

Принцип действия электростатических вольтметров основан на взаимном притяжении проводников, имеющих заряды противоположных знаков.

Такой вольтметр состоит из двух или нескольких неподвижных металлических пластин *а* (рис. 8) и одной или нескольких подвижных *б*, вращающихся на оси *О*. К оси прикреплена стрелка и один конец пружины *П*.

При включении прибора в цепь постоянного тока пластины *а* заряжаются положительно, а пластины *б* отрица-

тельно. Вследствие этого между пластинами возникают силы взаимного притяжения, и подвижная система пластин, а следовательно, и связанная с ними стрелка прибора повернутся на некоторый угол. Противодействием этому притяжению будет оказывать спиральная пружина Π . Если снять приложенное к пластинам напряжение, то стрелка прибора под действием пружины Π вернется в исходное положение.

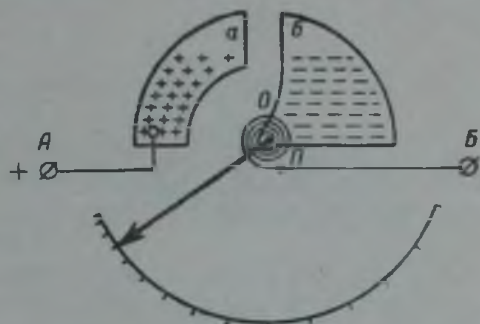


Рис. 8. Схема устройства электростатического вольметра

При включении такого прибора в цепь переменного тока знаки зарядов будут изменяться одновременно на обеих пластинах, и поэтому сила взаимодействия не изменит своего направления. Следовательно, электростатические вольметры можно использовать для измерения напряжения постоянного и переменного тока.

Электростатические вольметры изготавливаются главным образом для измерения высоких напряжений.

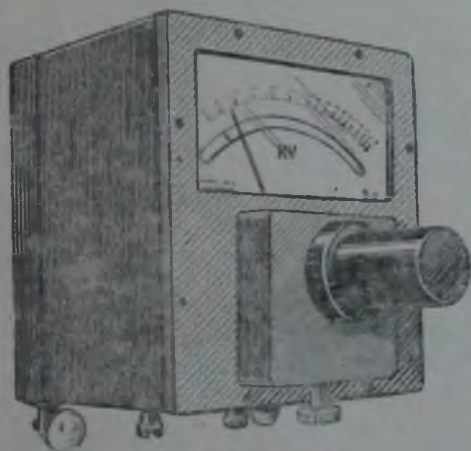


Рис. 9. Внешний вид электростатического вольметра на 1500 в

Достоинством их является то, что они пригодны для измерения как постоянного, так и переменного напряжений; их показания в довольно широком диапазоне не зависят от частоты; расход энергии, потребляемой этими приборами (при постоянном токе), равен нулю; показания его не зависят от температуры и внешних магнитных полей.

К недостаткам этих приборов следует отнести: сравнительно небольшую точность измерения (2—5%); хрупкость их (подвижная система пластин для повы-

шения чувствительности подвешивается на кварцевых нитях); непригодность для измерения напряжений в диапазоне высоких частот из-за большой входной емкости прибора, достигающей 80—100 мкмкф; подверженность влиянию внешних электрических полей и непригодность для измерения

малых напряжений (в лучших образцах приборов лабораторного типа первая отсчетная точка соответствует 10 в).

Электростатические вольтметры изготавливаются главным образом стационарного типа и используются в лабораторных условиях. На рис. 9 изображен внешний вид электростатического вольтметра на 1500 в.

КУПРОКСНЫЕ ВОЛЬТМЕТРЫ

Наиболее широкое распространение для измерения переменных напряжений в области низких частот получили вольтметры с купроксными выпрямителями.

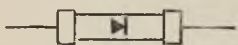


Рис. 10. Внешний вид купроксного элемента

В купроксных вольтметрах для выпрямления переменных токов используется меднозакисный выпрямитель-купрокс. Он состоит из меди и закиси меди, разделенных тонким непроводящим слоем, называемым

запорным. Образование закиси меди достигается путем прокаливания меди в воздухе при температуре 800—900° С. Пара медь — закись меди обладает несимметричной проводимостью.

Меднозакисные выпрямители изготавливаются в виде палочек, пластинок или шайб из красной меди, одна сторона которых покрыта закисью меди, образованной термическим путем. Один вывод берется от меди, другой — от слоя закиси меди. Контакт с закисью меди осуществляется плотно прилегающей свинцовой прокладкой (шайбой или пояском) или покрытием слоя закиси меди металлической медью, нанесенной электрическим путем. Для предохранения от механи-

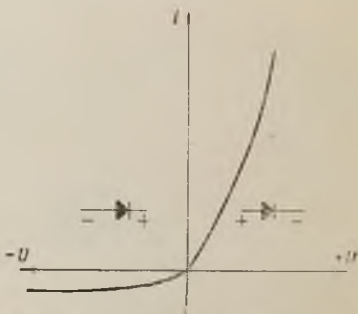


Рис. 11. Характеристика купроксного элемента

ческих воздействий и атмосферных влияний купроксы помещают в специальный корпус и снабжают жесткими выводами. Внешний вид одного из типов купрокса, используемого в вольтметрах, изображен на рис. 10.

Размеры меднозакисных выпрямителей, применяемых в измерительной аппаратуре, настолько малы, что их можно свободно помещать в корпус измерительного прибора магнитоэлектрического типа.

На рис. 11 изображена характеристика купроксного элемента, которая показывает зависимость тока, проходящего через купрокс, от величины и знака приложенного к купроксному элементу напряжения.

Если плюс напряжения подводится к записи меди, то через купрокс проходит ток (правая часть рис. 11), величина

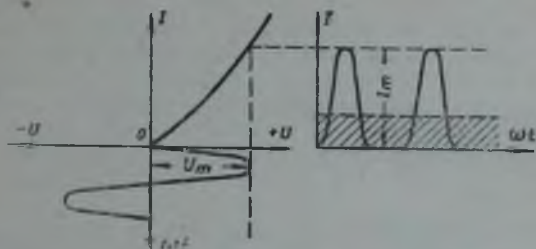


Рис. 12. Графическое изображение процесса выпрямления переменного тока

которого пропорциональна приложенному напряжению. При изменении знака напряжения ток почти не проходит (левая часть рис. 11).

На рис. 12 изображены примерная характеристика купрокса и процесс выпрямления переменного тока.

К купроксу подводится измеряемое переменное напряжение с амплитудой U_m . В цепи его возникает пульсирующий ток с амплитудой I_m .

Для регистрации тока последовательно с купроксом включается гальванометр магнитоэлектрической системы. Показания гальванометра будут пропорциональны среднему значению выпрямленного тока, показанного на рисунке пунктиром.

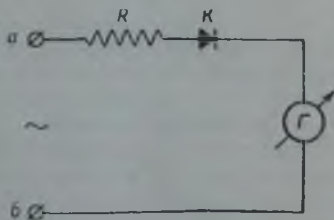


Рис. 13. Простейшая схема купроксного вольтметра

Простейшая схема купроксного вольтметра изображена на рис. 13, где K — купроксный элемент; G — магнитоэлектрический прибор (гальванометр); R — сопротивление, включаемое для расширения пределов измерения; ab — клеммы для подключения измеряемого напряжения.

Принцип действия прибора заключается в следующем. Если верхняя клемма a будет находиться под положительным потенциалом, то через купрокс будет проходить ток. Когда же клемма a относительно клеммы b будет находиться под

отрицательным потенциалом, тока в цепи не будет. Гальванометр покажет среднее значение выпрямленного тока, пропорциональное амплитуде приложенного к клеммам напряжения. Если показания прибора проградуировать в величинах подводимого к клеммам напряжения, то этим вольтметром можно пользоваться для измерения напряжения.

Простейшая схема может быть использована для измерения небольших напряжений — порядка нескольких вольт, так как при более высоких напряжениях возможен пробой запирающего слоя и порча купрокса. Включение добавочного сопротивления также не устраняет опасность пробоя, так как в отрицательный полупериод все напряжение, величина которого может быть выше допустимого пробивного напряжения запирающего слоя, будет приложено к купроксу.

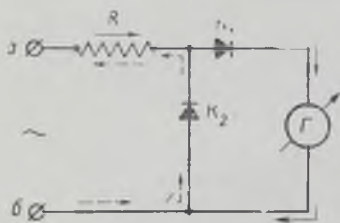


Рис. 14. Схема купроксного вольтметра со «встречным» купроксом

В самом деле (рис. 13), когда клемма *a* находится под положительным потенциалом относительно клеммы *b* и через купрокс проходит ток, то купрокс имеет малое сопротивление, и падение напряжения на нем незначительно; когда же клемма *a* находится под отрицательным потенциа-

лом, ток через купрокс почти не проходит, сопротивление его становится большим, а следовательно, на купроксе окажется почти все напряжение, подводимое к клеммам *ab*.

Чтобы устранить этот недостаток, в схему включают так называемый «встречный» купрокс, который должен пропускать через себя ток в отрицательный полупериод и этим шунтировать цепь прибора с основным купроксом. На рис. 14 изображена схема купроксного вольтметра со «встречным» купроксом K_2 . Сплошными стрелками указано направление тока, проходящего через купрокс K_1 , когда на клемме *a* положительный потенциал, и пунктирными стрелками, — когда на клемме *a* отрицательный потенциал. Схема (рис. 14) является одноконтурной или однополупериодной, так как в ней используется для выпрямления лишь один полупериод измеряемого напряжения.

Для использования обоих полупериодов применяется схема моста (схема Греча), изображенная на рис. 15. Сплошными стрелками указано направление тока через купроксы и прибор, когда на клемме *a* положительный потенциал, а пунктирными стрелками — направление тока, когда на клемме *a* отрицательный потенциал. В этом случае напряжение

на купроксах вполонину меньше, по сравнению с однотактной схемой, поэтому опасность пробоя значительно уменьшается. В отношении чувствительности обе схемы почти равноценны.

Купроксные элементы, изготовляемые нашей промышленностью для измерительных приборов, носят название «цвигтекторов»¹.

Купроксный элемент можно изготовить собственными средствами. Для этого берут кусок медной проволоки диаметром 2—3 мм и длиной 2—3 см, прокаливают его до темновинищевого цвета и быстро опускают в нашатырный спирт. При выполнении этой операции провод покрывается слоем заиси меди.

Одним выводом элемента является зачищенный конец провода, а вторым — слой заиси меди, на который для лучшего контакта надевается свинцовый пояс, плотно прилегающий к поверхности.

В качестве пояска можно использовать фольгу. Изготовленные таким способом купроксные элементы подвергаются испытанию по схеме рис. 13, после чего отбираются те из них, которые дают большее отклонение стрелки гальванометра тогда, когда заись меди соединена с плюсом источника тока, и наименьшее, когда заись меди соединена с минусом.

К положительным свойствам купроксных вольтметров можно отнести простоту устройства, надежность действия, достаточную чувствительность (от долей вольта и выше), небольшую мощность потребления (сопротивление достигает 2 000 ом на 1 в) и независимость показаний от магнитных и электрических полей.

К недостаткам купроксных вольтметров относятся: некоторая неравномерность шкалы, зависимость показаний от частоты и резко выраженная зависимость показаний прибора от температуры.

Купроксные вольтметры нельзя применять для измерения напряжений при высоких частотах. Объясняется это тем, что слой заиси меди отделен от медного электрода тонким не-

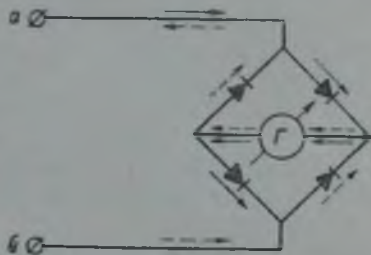


Рис. 15. Купроксный вольтметр, работающий по схеме моста

¹ «Цвигтектор» произошел от слова «детектор», у которого частица «де» заменена тремя начальными буквами наименования лаборатории, изготовляющей цвигтекторы ЦВИ (Центральная всесоюзная исследовательская радиолaborатория).

проводящим слоем, который служит причиной возникновения большой емкости между электродами (около $0,025—0,027$ мкф на 1 см^2 активной поверхности). Так как эту емкость можно рассматривать включенной параллельно выпрямляющему элементу, ее шунтирующее действие оказывается весьма значительным. Это приводит к тому, что с увеличением частоты измеряемого напряжения эффект выпрямления уменьшается. Купроксные вольтметры применяются поэтому только в области звуковых частот (от 30 до 10 000 гц).

Повышение температуры купрокса понижает эффект выпрямления. Например, изменение температуры в два раза (от 15 до 30°C) снижает коэффициент выпрямления почти в полтора раза. Допустимая температура при работе с купроксными вольтметрами не выше $40—50^\circ\text{C}$.

В купроксных вольтметрах наблюдается некоторая зависимость показаний от формы кривой измеряемого напряжения. Это объясняется тем, что приборы обычно градуируются при синусоидальном напряжении, при котором соотношение между средним значением выпрямленного тока и эффективным значением переменного тока является величиной постоянной. При измерении напряжения, форма которого отличается от синусоиды (например, при больших искажениях сигнала на выходе приемника), показания прибора будут давать некоторую погрешность.

В авиационной технике широким распространением пользуется прибор ИВ-3 (измеритель выхода), являющийся купроксным вольтметром и входящий в комплект АИРЛ (аэродромной измерительной радиолaborатории).

Измеритель выхода ИВ-3

Прибор ИВ-3 является вольтметром переменного тока купроксного типа. Он предназначен для измерения напряжений звуковых частот на выходе радиоприемников при их испытании при помощи генератора стандартных сигналов, для испытания усилителей низкой частоты и других целей.

Пределы измерений прибора $0,5—300$ в. Весь предел измеряемых напряжений разбит на семь шкал.

I шкала на	3 в
II	6
III	15
IV	30
V	60
VI	150
VII	300

Точность градуировки относительно эталона при температуре $+20^\circ\text{C}$ и частоте 50 гц равна $\pm 4\%$ от номинала каждой из шкал при синусоидальной форме напряжения.

Погрешность, вызванная изменением частоты от 50 до 8000 гц (в результате влияния паразитных емкостей) не более $\pm 2\%$.

Для учета погрешности измерений, вызванной изменением окружающей температуры, к показаниям прибора вводится поправка, определяемая по кривой, прилагаемой к прибору.

На рис. 16 изображен вид графика температурных поправок, на котором от оси абсцисс отложены температуры в градусах по Цельсию, а по оси ординат — поправки в процентах.

При температуре $+20^{\circ}\text{C}$ поправка равна нулю, так как это соответствует температуре градуировки прибора. При температуре -10°C поправка равна 21% .

Эта поправка, выраженная в вольтах, прибавляется к показаниям прибора.

Входное сопротивление для шкалы 300 в не ниже 20 000 ом. На остальных же шкалах величина входного сопротивления несколько меняется и зависит от выбранной шкалы напряжения.

Конструктивно прибор смонтирован на алюминиевой панели и находится в алюминиевом футляре (рис. 17). Размеры

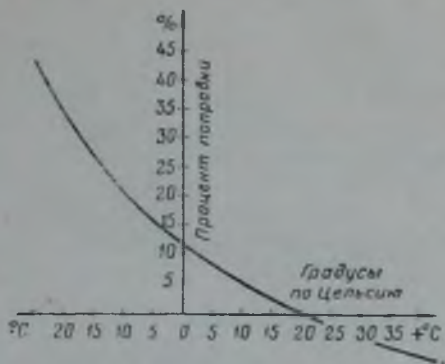


Рис. 16. Вид графика температурных поправок к прибору ИВ-3

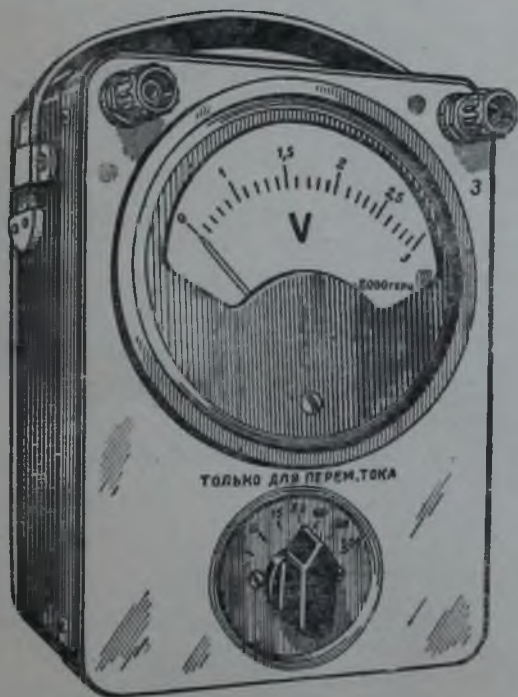


Рис. 17. Внешний вид прибора ИВ-3

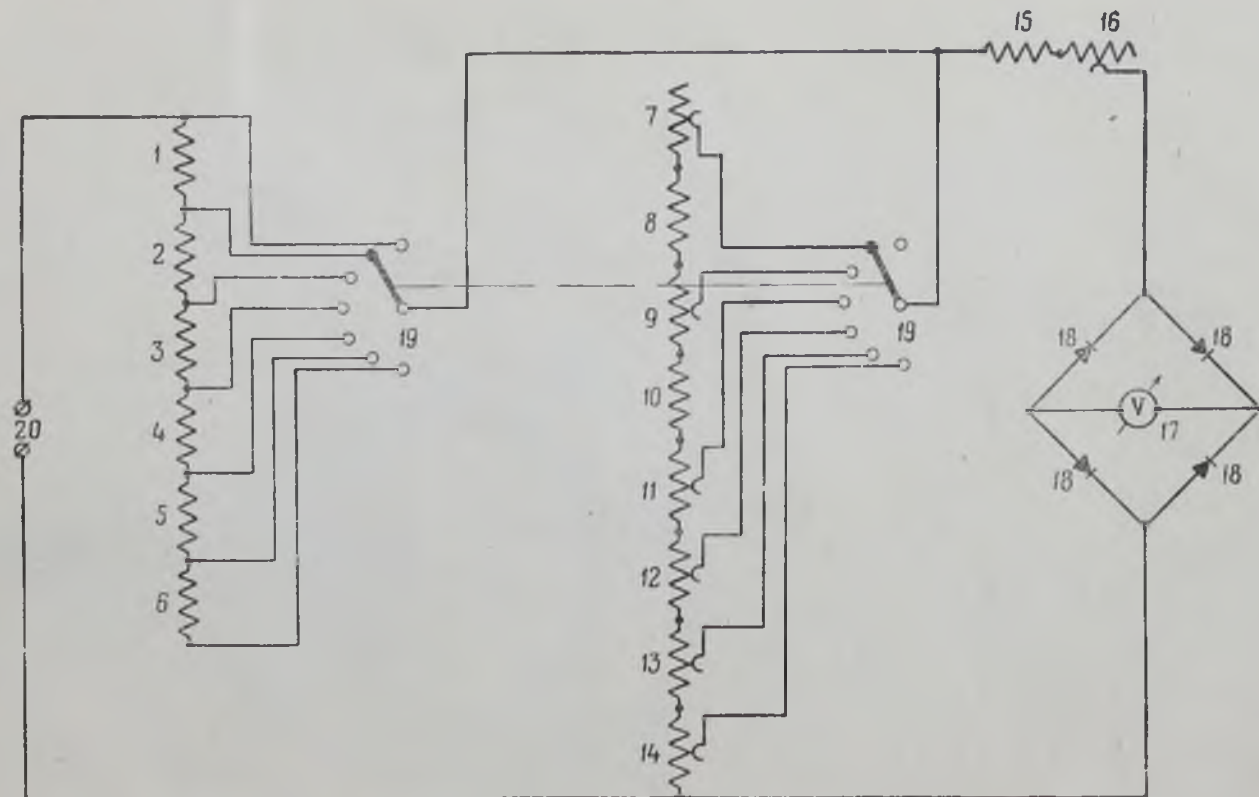


Рис. 18. Принципиальная схема прибора ИВ-3:

1 — сопротивление 10 000 ом; 2 — сопротивление 6 000 ом; 3 — сопротивление 2 000 ом; 4 — сопротивление 1 000 ом; 5 — сопротивление 500 ом; 6 — сопротивление 200 ом; 7 — потенциометр полупеременный 3 300 ом; 8 — сопротивление 12 200 ом; 9 — потенциометр полупеременный 1 200 ом; 10 — сопротивление 1 800 ом; 11 — потенциометр полупеременный 1 200 ом; 12 — потенциометр полупеременный 800 ом; 13 — потенциометр полупеременный 300 ом; 14 — потенциометр полупеременный 300 ом; 15 — сопротивление 15 800 ом; 16 — потенциометр полупеременный 3 300 ом; 17 — гальванометр на 100 мка; 18 — выпрямитель купроксний типа ВЧ-1; 19 — переключатель двухполюсный на семь положений; 20 — зажимы

без выступающих частей $185 \times 135 \times 95$ мм. Вес прибора около 2,5 кг.

Схема прибора ИВ-3 (рис. 18) состоит из двух узлов:

1) выпрямителя, собранного по схеме Грецца из четырех купроксов (цвитекторов) 18, гальванометра 17, типа 4МШ на 100 мка, измеряющего выпрямленный ток, и сопротивлений 15 и 16 для первоначальной регулировки схемы;

2) делителя напряжения, состоящего из сопротивлений 1—14, соединенных с соответствующими контактами переключателя шкал 19.

Сопротивления делителя подобраны так, что входное сопротивление прибора на всех шкалах не ниже 20 000 ом.

На передней панели прибора расположены: гальванометр, шкала которого проградуирована в вольтах, клеммы для подключения прибора к измеряемому напряжению и переключатель шкал.

Величина измеряемого напряжения находится путем умножения показаний прибора на число 2, 5, 10, 20, 50 или 100, в зависимости от положения переключателя шкалы, за исключением первой шкалы, где отсчет берется непосредственно.

Измеряемое напряжение подводится к входным клеммам. Конец провода, имеющего нулевой потенциал, присоединяется к правой клемме 3 (рис. 17), которая для устойчивости работы заземляется. Переход с одной шкалы на другую осуществляется переключателем шкал. Если в измеряемой цепи кроме переменного тока содержится и составляющая постоянного тока, то включение прибора следует производить через емкость, равную 2—4 мкф.

Во избежание повреждений прибора рекомендуется первоначально поставить переключатель шкал на 300 в, после чего, если потребуется, переходить на шкалы меньших напряжений.

Дальнейшим усовершенствованием является прибор ИВ-3М (модернизированный), предназначенный для тех же целей, что и прибор ИВ-3.

ЛАМПОВЫЕ ВОЛЬТМЕТРЫ

Принцип действия ламповых вольтметров основан на использовании выпрямительных свойств лампы.

Простейший ламповый вольтметр состоит из двух основных элементов: электронной лампы, работающей в режиме детектора, и индикатора тока — прибора магнитоэлектрического типа.

Измеряемое напряжение высокой частоты, подводимое к электронной лампе, детектируется ею и измеряется прибором постоянного тока. Шкала прибора (гальванометра) может быть проградуирована в значениях измеряемого напряжения.

То обстоятельство, что в качестве детектирующего элемента применяется электронная лампа, обладающая значительно лучшей стабильностью и меньшей входной емкостью, позволяет изготовлять вольтметры, пригодные для измерения напряжения в очень широком диапазоне частот. Используя усилительные свойства лампы, можно изготовить вольтметр любой чувствительности путем добавления нужного числа предварительных или последующих каскадов усиления и измерять напряжения от долей вольта до нескольких десятков и сотен вольт.

В зависимости от типа применяемых ламп ламповые вольтметры можно подразделить на диодные, трехэлектродные и вольтметры с многоэлектродными лампами, по количеству ламп — на одноламповые и многоламповые.

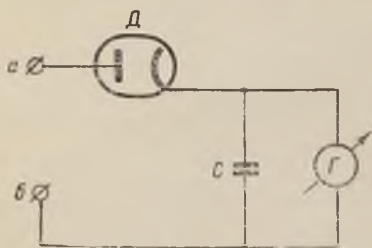


Рис. 19. Схема простейшего диодного вольтметра

К положительным качествам ламповых вольтметров относятся:

- 1) большое входное сопротивление;
- 2) высокая чувствительность (при помощи ламповых вольтметров можно

измерять переменные напряжения, равные тысячным и даже десятитысячным долям вольта¹);

- 3) малая зависимость показаний от частоты.

В настоящее время изготовляются вольтметры, позволяющие производить измерения от самых низких частот звукового диапазона до ультравысоких (1 000 мГц и выше).

Простейшая схема диодного вольтметра изображена на рис. 19. Она состоит из двухэлектродной лампы *Д*, являющейся диодным детектором, и гальванометра *Г*, шунтированного емкостью *С*. Измеряемое напряжение подводится к клеммам *аб*.

Лампа пропускает ток только в одном направлении, следовательно, в анодной цепи мы получим пульсирующий ток. Показания гальванометра будут соответствовать величине среднего значения выпрямленного (пульсирующего) тока.

¹ Автором был изготовлен ламповый вольтметр, измеряющий миллионные доли вольта.

Емкость C , шунтирующая гальванометр, включается обычно при измерении в высокочастотных цепях и служит для замыкания переменной составляющей тока высокой частоты. В этом случае через гальванометр будет протекать только постоянная составляющая тока.

Величина выпрямленного тока будет тем больше, чем выше измеряемое напряжение. Шкалу гальванометра можно проградуировать, если к клеммам ab подводить переменное напряжение известной величины, после чего таким вольтметром можно пользоваться для измерения напряжений.

Недостатком схемы является некоторая неравномерность шкалы, узкий диапазон измеряемого напряжения и малое входное сопротивление, так как на измерение затрачивается значительная мощность, поступающая непосредственно от источника измеряемого напряжения.

Кроме того, эта схема не может быть использована для измерения напряжения в цепях, содержащих, кроме переменной, постоянную составляющую.

Для устранения указанного недостатка используется схема диодного вольтметра с разделительным конденсатором и параллельным включением диода к цепи, содержащей сопротивление R и прибор постоянного тока (рис. 20). Однако наличие разделительного конденсатора приводит к зависимости показаний вольтметра от частоты измеряемого напряжения.

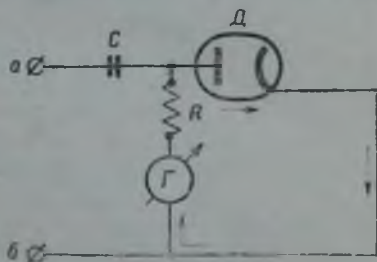


Рис. 20. Схема диодного вольтметра с разделительным конденсатором и параллельным включением диода

Ламповые вольтметры, работающие по такой схеме, дают правильные показания только при измерении синусоидальных напряжений.

Разновидностью диодных вольтметров является схема, в которой используется явление заряда конденсатора от измеряемого напряжения и последующий разряд его через некоторое сопротивление. Напряжение, снимаемое с сопротивления, подается на усилитель постоянного тока, в анодную цепь которого включается прибор постоянного тока.

Этот вольтметр измеряет амплитудное значение напряжения и часто называется амплитудным или пиковым. Образцом вольтметра, работающего в таком режиме, является ламповый вольтметр ВКС-7 (описание см. ниже).

Чувствительность ламповых вольтметров зависит от чувствительности гальванометра, величины сопротивления R и параметров лампы. Чувствительность вольтметров можно

значительно повысить, если перед диодом поставить один каскад усиления. Такая схема называется двухкаскадной.

Коэффициент усиления предварительного усилителя не должен зависеть от частоты измеряемого напряжения. Подобные усилители выполняются по схемам так называемых широкополосных усилителей.

Ламповые вольтметры на трехэлектродных или многоэлектродных лампах работают обычно в режиме анодного детектирования. Простейшая схема вольтметра с использованием трехэлектродной лампы изображена на рис. 21. Подбор рабочей точки на нижнем изгибе характеристики триода производится изменением сопротивления R , на котором под действием анодного тока лампы создается падение напряжения. Измеряемое напряжение подводится к точкам ab .

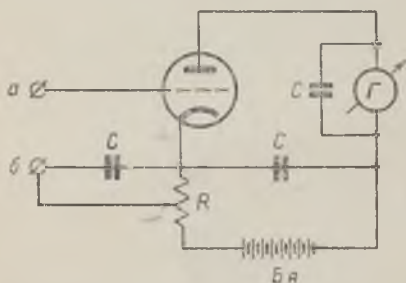


Рис. 21. Схема вольтметра с трехэлектродной лампой

Емкости C подбираются такой величины, чтобы их сопротивления для переменных составляющих тока были ничтожно малы.

Положительной стороной вольтметров подобного типа является высокое входное сопротивление, и при амплитудах измеряемого напряжения, не заходящих в область сеточных токов, включение

такого вольтметра практически не влияет на измеряемую цепь.

Недостатками данной схемы являются: ограниченное использование шкалы гальванометра вследствие начального тока, протекающего через гальванометр в исходном режиме, и необходимость в источнике анодного напряжения.

Для устранения указанных недостатков вольтметры изготавливаются с питанием от сети переменного тока, а для полного использования шкалы гальванометра применяется метод компенсации начального тока в цепи гальванометра.

Подача на сетку лампы необходимого отрицательного смещения осуществляется через параллельно включаемое в цепь сетка — катод лампы высокоомное сопротивление.

Ламповый вольтметр ВКС-7

Прибор ВКС-7 представляет собой двухламповый вольтметр с диодным детектированием и усилителем постоянного тока, в цепи которого находится гальванометр, градуированный в вольтах измеряемого напряжения.

Вольтметр ВКС-7 пригоден для измерения переменных напряжений от 0,1 до 150 в в диапазоне частот от 30 до 10^6 гц (от низких звуковых частот до ультравысоких).

Прибор имеет пять шкал на 1,5; 5; 15; 50; 150 в, каждая из которых имеет свою градуировку.

Этот вольтметр является амплитудным (пиковым). Он проградуирован в действующих значениях подводимого синусоидального напряжения.

Точность измерения синусоидального напряжения $\pm 3\%$ от полного значения используемой шкалы.

Влияние частоты на точность измерения в диапазоне 30— $50 \cdot 10^6$ гц составляет около 1%. При 100 мгц ошибка возрастает. Напряжение, показываемое вольтметром, на 3—4% ниже подводимого.

Входное сопротивление вольтметра при низких частотах около 5 мгом. При высоких частотах входное сопротивление из-за влияния входной емкости уменьшается. Так, при частоте 10 мгц оно равно 0,45 мгом, а при частоте 50 мгц — 0,3 мгом на всех шкалах.

Показания вольтметра несколько зависят от формы кривой измеряемого напряжения. При напряжении до 4 в для кривой измеряемого напряжения плоской формы показания вольтметра будут несколько выше, а для острой формы — ниже.

В рассматриваемом вольтметре в качестве диодного детектора используется лампа типа «жолудь» 955, а в усилителе постоянного тока и выпрямителе — лампы 6Ф5.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока в 50 гц при напряжении 100—240 в. Потребляемая мощность при напряжении сети 100 в составляет 20 вт.

Прибор (рис. 22) смонтирован на алюминиевой панели и заключен в дубовый ящик, имеющий съемную крышку. На передней панели расположены: гальванометр, шкала которого имеет пять градуировок, переключатель шкалы, ручка для установки стрелки гальванометра в нулевое положение при переходе с одной шкалы на другую, фишка питания, тумблер для включения прибора и клеммы В и З для подключения измеряемого напряжения.

Упрощенная принципиальная схема лампового вольтметра изображена на рис. 23. Этот прибор состоит из диодного вольтметра и усилителя постоянного тока.

При положительных полупериодах напряжения, подводимого к клемме В относительно клеммы З, конденсатор 1 ($C = 20\,000$ мкмкф) заряжается через лампу 5 до тех пор, пока напряжение на конденсаторе не будет равно пиковому значению подведенного переменного напряжения.

При отрицательном полупериоде лампа ток не проводит, и конденсатор 1 будет разряжаться через сопротивление 3 .

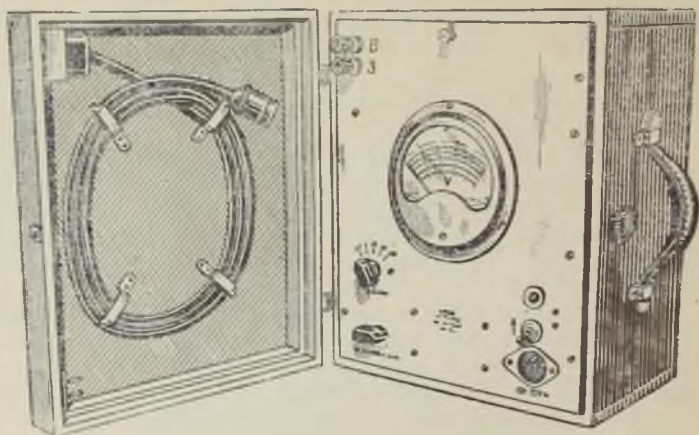


Рис. 22. Внешний вид лампового вольтметра ВКС-7

Так как величина сопротивления 3 велика (50 мгом), то за отрицательный полупериод конденсатор разряжается только частично.

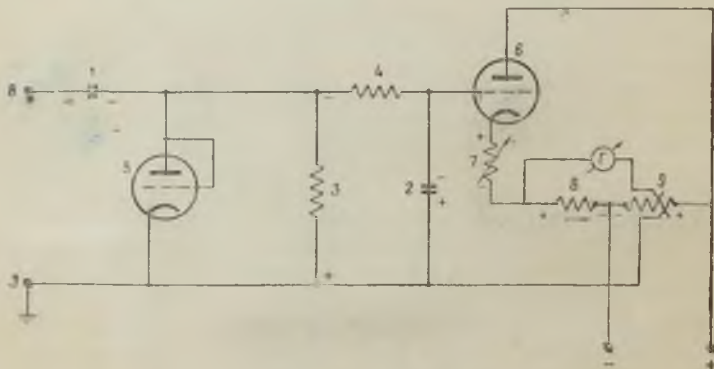


Рис. 23. Упрощенная принципиальная схема лампового вольтметра ВКС-7

В результате этого на сопротивлении 3 создается падение напряжения, пропорциональное амплитуде измеряемого напряжения.

Напряжение, снимаемое с сопротивления 3, подается на управляющую сетку усилительной лампы 6 через фильтр, состоящий из сопротивления 4 и конденсатора 2.

Постоянная составляющая этого напряжения создает на сетке усилительной лампы 6 отрицательный потенциал по отношению к катоду и, следовательно, вызывает уменьшение анодного тока лампы.

Кроме того, в цепи катода усилительной лампы имеются сопротивления 7 и 8, автоматически задающие отрицательное смещение на сетку усилительной лампы. При изменении анодного тока лампы величина этого смещения меняется.

С увеличением измеряемого напряжения на сетке растет отрицательное напряжение, подводимое с сопротивления 3, ток в анодной цепи усилительной лампы уменьшается, а вместе с ним уменьшается и отрицательное напряжение на сетке, подаваемое с сопротивлений 7 и 8.

Полное изменение потенциала сетки равно разности этих напряжений. Режим работы лампы подбирается так, чтобы результирующее изменение потенциала на сетке было незначительно. Это достигается соответствующим выбором сопротивлений 7 и 8.

Гальванометр Г включен в схему моста, два плеча которого составлены из сопротивления 8, включенного в цепь катода лампы; и части сопротивления 9, замкнутого на источник анодного напряжения усилительной лампы. Схема моста используется для компенсации начального анодного тока, проходящего через гальванометр при отсутствии измеряемого напряжения.

Падение напряжения на сопротивлении 8, вызванное начальным анодным током, компенсируется равным и противоположным напряжением, снимаемым с потенциометра 9.

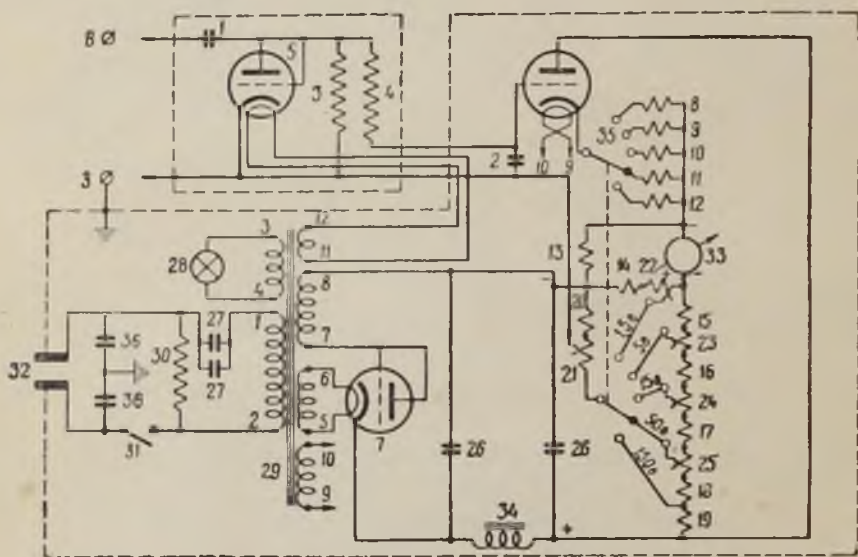
Перемещая верхний (рис. 23) движок потенциометра 9, можно найти положение, при котором ток через гальванометр проходить не будет, и стрелка прибора встанет на нуль. Такая компенсация начального отклонения стрелки гальванометра используется в данном приборе для расширения пределов использования шкалы прибора.

Если подать на вход вольтметра измеряемое напряжение, то изменится напряжение на сетке усилительной лампы, изменится анодный ток ее, изменится падение напряжения на сопротивлении 8, а следовательно, нарушится компенсация, и стрелка гальванометра отклонится. Отклонение стрелки будет тем больше, чем больше величина измеряемого напряжения.

Анодный ток усилительной лампы под действием измеряемого напряжения может уменьшаться только до нуля, поэтому сеточная цепь усилительной лампы без вреда для

Полная схема вольтметра приведена на рис. 24. Сопротивления 8, 9, 10, 11, 12 в цепи катода служат для изменения чувствительности вольтметра, дают возможность разбить весь диапазон измеряемых напряжений на пять шкал и играют ту же роль, что и сопротивление 7 (рис. 23).

Потенциометр 21 (рис. 24) служит для установки стрелки гальванометра на нуль при переходе с одной шкалы на другую и выполняет ту же роль, что и часть сопротивления 9 (рис. 23). Одновременно с переключением сопротивлений



1 — конденсатор 20 000 мкмкф; 2 — конденсатор 11 000 мкмкф; 3 — сопротивление 50 мгом; 4 — сопротивление 10 мгом; 5 — лампа «жюль» 955; 6 — лампа 6Ф5; 7 — лампа 6Ф5; 8 — сопротивление 880 ом; 9 — сопротивление 8 300 ом; 10 — сопротивление 30 000 ом; 11 — сопротивление 107 000 ом; 12 — сопротивление 320 000 ом; 13 — сопротивление 10 000 ом; 14 — сопротивление 1 900 ом; 15 — сопротивление 1 200 ом; 16 — сопротивление 400 ом; 17 — сопротивление 15 000 ом; 18 — сопротивление 54 000 ом; 19 — сопротивление 46 000 ом; 20 — сопротивление 250 000 ом; 21 — потенциометр установки нуля 11 000 ом; 22 — потенциометр полупеременный на 680 ом; 23 — потенциометр полупеременный на 680 ом; 24 — потенциометр полупеременный на 2 800 ом; 25 — потенциометр полупеременный на 8 300 ом; 26 — конденсатор 1 мкф; 27 — конденсатор 1 мкф; 28 — лампочка сигнальная 3,5 в; 29 — сетевой трансформатор; 30 — сопротивление 100 000 ом; 31 — выключатель сети; 32 — колодка питания; 33 — гальванометр на 0,5 ма и 500 ом; 34 — дроссель фильтра 50 гн; 35 — переключатель двухполюсный на пять направлений; 36 — конденсатор 4 000 мкмкф

34

го напряжения, образованного сопротивлениями 14 и 22, 15 и 23, 16 и 24, 17 и 25, 18 и 19.

Полупеременные потенциометры 22, 23, 24 и 25 служат для регулировки схемы, чтобы при переходе с одной шкалы на другую нулевое положение стрелки прибора оставалось неизменным.

Диодная часть вольтметра смонтирована в специальном выносном стакане — «пробнике», связанном со схемой вольтметра гибким экранированным кабелем длиной около 1,5 м. В тех случаях, когда нет необходимости пользоваться выносным «пробником», он укладывается в специальное отделение внутри ящика, а измеряемое напряжение подводится к клеммам на панели прибора. Выносной диод «пробник» при измерениях на высоких частотах позволяет устранить шунтирующее влияние емкостей соединительных проводов.

Питание вольтметра от сети переменного тока напряжением 110—220 в осуществляется через трансформатор 29, в котором применена феррорезонансная стабилизация, позволяющая поддерживать во вторичных обмотках напряжение постоянным при изменении напряжения сети в пределах от 100 до 240 в. Силовой трансформатор имеет пять самостоятельных вторичных обмоток: три для отдельного питания накала ламп, одну для подачи высокого напряжения к выпрямителю и одну для накала сигнальной лампы 28.

Выпрямитель собран по однополупериодной схеме на лампе 6Ф5.

Конденсаторы 27 служат для получения феррорезонанса в первичной обмотке трансформатора на частоте питающего тока.

Сопротивление 30 является разрядным для того, чтобы конденсаторы 27 не оставались заряженными после выключения сети. Конденсаторы 36 шунтируют провода питания от проникновения токов высокой частоты в первичную обмотку трансформатора.

Прибор включается в сеть посредством кабеля питания длиной около 2 м, который при переноске прибора укладывается в крышке ящика.

Управление прибором. Для приведения прибора в действие включают штепсельную вилку кабеля в розетку переменного тока 110—220 в.

При включении тумблера загорается сигнальная лампочка, указывающая на включение прибора. Через 10—15 секунд стрелка гальванометра отклонится по шкале вправо доотказа и вскоре вернется обратно.

Поставив переключатель шкал в нужное положение, ручкой «установка нуля» устанавливают стрелку гальванометра на нуль. Установку стрелки рекомендуется производить при замкнутых входных клеммах.

Измеряемое напряжение подводится к клеммам В и З. Клемма В служит для присоединения провода, имеющего более высокий потенциал относительно земли, клемма З — для соединения с землей.

При измерении напряжений с частотами до 10 мГц измеряемое напряжение можно подводить к клеммам на панели. При измерении напряжений с частотами свыше 20 мГц рекомендуется подводить напряжение к зажимам «пробника». Точность измерения при этом значительно повышается.

Кроме лампового вольтметра ВКС-7 имеются вольтметры ВКС-7А и ВКС-7Б, в которых вместо ламп 6Ф5 используются лампы 6Г7.

Глава IV

ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ

Общие сведения

При эксплуатации и ремонте радиоустройства весьма существенным моментом является измерение частоты (длины волны).

Каждая радиостанция должна работать на определенной частоте, отклонения от которой в ту или другую сторону ухудшают качество приема и надежность связи, а вследствие интерференции частот засоряется эфир.

По установленным нормам для радиовещательных станций, работающих в диапазоне 10—1 600 кгц, отклонение несущих частот не должно превышать ± 20 гц, а для станций, работающих в диапазоне 1 600—30 000 кгц, $\pm 0,005\%$.

Для самолетных и наземных передвижных радиостанций отклонения несущих частот не должны превышать $0,3 \div 0,05\%$ в диапазоне от 175 кгц до 12 мгц, поэтому для измерения частоты нужны точные измерительные установки.

За единицу частоты принят герц — частота изменяющейся во времени величины, период которой равен одной средней солнечной секунде. Таким образом, абсолютным эталоном частоты является период обращения земного шара вокруг своей оси, по которому определяется средняя солнечная секунда.

Определение средней солнечной секунды производится точными астрономическими приборами, а сравнение периода колебаний со средней солнечной секундой осуществляется при помощи высокостабильных ламповых генераторов.

Такой способ измерения частоты требует весьма сложных установок, поэтому на практике пользуются приборами, выверенными по абсолютному эталону частоты, так называемыми вторичными эталонами частоты, по которым производится градуировка менее точных приборов.

Весь спектр частот, используемый в настоящее время в радиотехнике, подразделяется на:

	Длина волны	Частота
Очень длинные волны	Более 10 000 м	Ниже 30 кГц
Длинные волны	10 000 — 1 000 м	30 — 300 кГц
Средние и промежуточные волны	1 000 — 100 м	300 — 3 000
Короткие волны	100 — 10 м	3 000 — 30 000
Ультракороткие волны	10 — 1 м	30 — 300 мГц
Дециметровые волны	1 м — 10 см	300 — 3 000
Сантиметровые волны	10 см — 1 см	3 000 — 30 000
Миллиметровые волны	1 см — 1 мм	30 000 — 300 000

Из существующих методов измерения частоты рассмотрим только два основных:

а) резонансный, который, как наиболее простой, используется главным образом в эксплуатационной практике в диапазоне от низких до ультравысоких частот;

б) метод сравнения измеряемой частоты с эталонной, или стандартной, т. е. с известной другой частотой.

Этим методом можно производить измерение на всем диапазоне частот — от самых низших до самых высших. В основе метода сравнения лежит явление «биений».

В соответствии с методами измерения частоты приборы, которыми осуществляются измерения, могут быть также разбиты на два типа:

а) частотомеры (волномеры) резонансного типа, содержащие градуированный колебательный контур, настраиваемый в резонанс на частоту исследуемого источника колебаний;

б) частотомеры (волномеры) гетеродинного типа, содержащие в себе источник высокочастотных (градуированных по эталону) колебаний.

К приборам второго типа относятся кварцевые калибраторы, звуковые генераторы, генераторы стандартных сигналов и гетеродинные волномеры.

ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ РЕЗОНАНСНЫМ МЕТОДОМ

В основу измерения частоты этим методом положено явление резонанса в колебательных цепях.

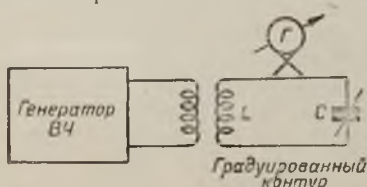


Рис. 25. Принципиальная схема измерения частоты резонансным методом

Резонансный волномер представляет собой колебательный контур, составленный из катушки индуктивности и конденсатора переменной емкости C (рис. 25) и проградуированный в частотах или длинах волн. Настраивая контур в резонанс на частоту генератора

и пользуясь градуировкой контура, можно легко определить частоту генератора. Индикатором резонанса в таких приборах (волномерах) служит гальванометр с детектором, тепловой амперметр или термоэлектрический прибор.

Погрешность при измерении частоты резонансным методом складывается из погрешностей градуировки прибора и отсчета.

Для измерения частоты этим методом в диапазоне длинных, средних и коротких волн применяются волномеры типа КВ-5, ВУ-1 и ДВ-2.

Волномер КВ-5

Этот волномер служит для измерения частоты и градуировки радиопередатчиков и радиоприемников.

Диапазон частот 2 000—20 000 кГц разбит на пять поддиапазонов, перекрываемых сменными катушками. Точность измерения равна $\pm 0,1\%$.

Принципиальная схема, изображенная на рис. 26, представляет собой замкнутый колебательный контур, состоящий из сменных катушек индуктивностей и конденсатора переменной емкости.

Индикатором резонанса является магнитоэлектрический прибор типа 4МШ с вакуумным термоэлементом типа ТП-6. Подогреватель термопары включается параллельно участку монтажного провода контура волномера длиной 7 см, выполняющего роль шунта.

Монтаж прибора выполнен на алюминиевой панели, которая винтами прикреплена к дубовому ящику.

На панели (рис. 27) расположены: термогальванометр, клеммы для присоединения сменных катушек, ручка для переноски волномера и два окошка (со стеклами) для считывания делений со шкалы волномера. Сбоку ящика волномера находится эбонитовая ручка, вращением которой производится перемещение пластин конденсатора переменной емкости, чем достигается настройка волномера в резонанс с измеряемой частотой.

Вращение роторной части конденсатора осуществляется при помощи червячного верньера. Замедление верньера равно 1 : 50, т. е. полный оборот ручки верньера соответствует повороту ротора конденсатора на $1/50$ часть окружности.

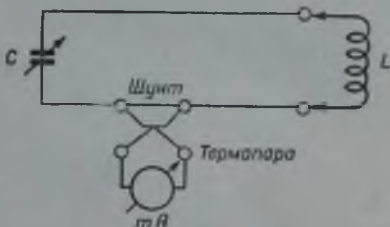


Рис. 26. Принципиальная схема волномера КВ-5

Основная шкала конденсатора имеет 25 делений. Визиром для отсчетов их служит зачерненная риска на стекле малого окошка панели. Каждое деление шкалы конденсатора делится еще на 100 частей, нанесенных на барабанчик, который укреплен на оси червяка, поэтому первые цифры отсчета — сотни — берутся с малого окошка панели, а единицы делений — с барабанчика. Таким образом, вся шкала имеет 2 500 делений.

Сменная индуктивность волномера представлена двумя секционированными катушками, заключенными в деревянные

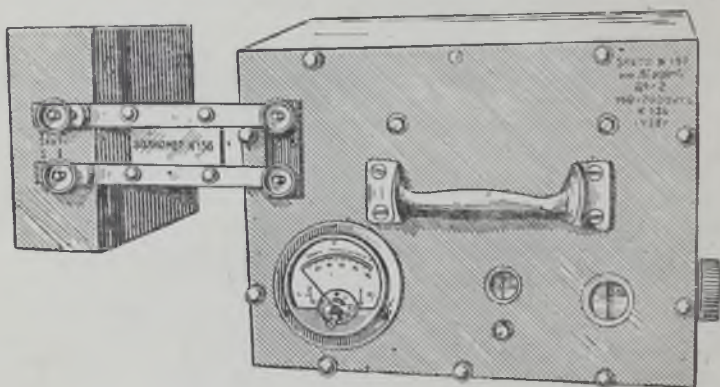


Рис. 27. Внешний вид волномеров KB-5 и ДВ-2

футляры. Катушки при помощи жесткой соединительной вилки присоединяются к клеммам конденсатора на панели волномера.

Для определения частоты радиопередатчика волномер с подключенной к нему катушкой связывается с колебательным контуром или с антенной радиостанции. Вращая ручку верньера и наблюдая за показаниями гальванометра, находят положение резонанса, при котором отклонение стрелки гальванометра будет максимальным. Связь волномера с передатчиком считается нормальной, если максимальное отклонение стрелки гальванометра при резонансе не превышает половины всей шкалы его.

При сильной связи возможны искажения результатов измерений, пережог терморезистора и порча гальванометра.

При расплывчатом максимуме (тупая кривая резонанса) для повышения точности измерения пользуются «вилочным» методом определения резонанса. Сущность его заключается

в том, что со шкалы берут два отсчета, соответствующих прохождению стрелки гальванометра через одно и то же деление при подъеме и спаде кривой резонанса. Средняя арифметическая величина взятых отсчетов соответствует вершине кривой резонанса.

Наилучшие результаты измерений получаются в том случае, когда показания гальванометра в точках «вилки» при расстройке контура отличаются от максимального на 20—30%.

По данным отсчета шкалы частота передатчика находится по таблицам градуировки для данной катушки.

Если мощность радиостанции мала и стрелка гальванометра волномера не отклоняется, то отсчет можно вести методом «отсоса» энергии из контура передатчика.

Применяя этот же метод для градуировки приемников, используют срыв генерации, если приемник с обратной связью. При проверке градуировки супергетеродинного приемника настраивают его на какую-нибудь работающую станцию, связывают волномер с катушкой входа приемника и настройкой контура волномера добиваются почти полного пропадания слышимости принимаемого сигнала. Точка минимума слышимости и будет соответствовать настройке волномера в резонанс с частотой принимаемой радиостанции, а следовательно, частоте настройки приемника.

Таблица градуировки представляет собой ряд клеток, получившихся в результате пересечения вертикальных и горизонтальных прямых. По вертикали в крайнем левом столбце обозначены сотни шкалы от 1 до 25; по горизонтали в верхней строке нанесены единицы шкалы (считываемые с барабанчика через 10 единиц) от 0 до 90.

Отсчет со шкалы по таблице производится в следующем порядке: сначала отыскиваются сотни в левом столбце, затем десятки в верхней строке, а на пересечении прямых, идущих вправо от сотен и вниз от единиц, считывается частота, соответствующая данному отсчету по шкале.

Например, с катушкой II отсчет при резонансе равен 1 160 делениям. В этом случае в крайнем левом столбце таблицы II находим число 11, а в верхней строке — 60. На пересечении прямых, проведенных от 11 вправо и от 60 вниз, находим частоту, равную 3659,7 кГц.

Если последняя цифра отсчета оканчивается не нулем, то определение частоты производится при помощи строк в столбце РР. Допустим, что мы получили отсчет 1 164. Находим частоту, соответствующую 1 160, которая будет равна 3659,7 кГц, а затем в строке РР, на линии 11 против цифры 4, находим 3,48. Измеренная частота будет равна сумме $3659,7 + 3,48 = 3663,18$ кГц.

Волномер ДВ-2

Волномер ДВ-2 предназначен для диапазона длинных и средних волн. Весь диапазон 100—2 000 кГц перекрывают пять сменных катушек. Точность измерения $\pm 0,1\%$.

Принципиальная схема и конструкция его не отличаются от схемы и конструкции волномера КВ-5 (рис. 27). Работа с волномером, отсчет по шкале и определение частоты по таблице производятся аналогично КВ-5.

Волномер ВУ-1

Волномер ВУ-1 является всеволновым. Весь его диапазон (50—20 000 кГц) перекрывается одиннадцатью сменными катушками. Точность градуировки $\pm 0,3\%$.

Принципиальная схема волномера изображена на рис. 28, где 1 — конденсатор переменной емкости; 2 — сменная катушка индуктивности; 3 — конденсатор постоянной емкости 5 мкмкф, 4 — укорачивающий конденсатор постоянной емкости; 5 — кнопочный джек; 6 — переключатель поддиапазонов; 7 — термоэлемент типа ТП-6; 8 — гальванометр на 58 ма; 9 — шунт гальванометра.

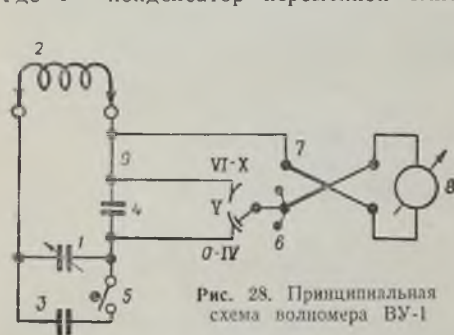


Рис. 28. Принципиальная схема волномера ВУ-1

Весь диапазон волномера разбит на три поддиапазона, отличающихся между собой способом связи контура с термогальванометром и величиной контурной емкости.

При работе с катушками 0—4 (переключатель 6 в положении 0—IV, длинные волны) емкостью контура служит конденсатор переменной емкости 1, а конденсатор 4 вместе с проводом 9 шунтирует термогальванометр.

При работе с катушкой 5 (переключатель 6 в положении V) емкостью контура служит конденсатор 1; конденсатор 4 замкнут накоротко, а провод 9 шунтирует термогальванометр.

Когда переключатель 6 находится в положении VI—X (катушки 6—10), получается схема коротких волн. В этом случае конденсатор 4 включается последовательно с конденсатором 1, а провод 9 шунтирует термогальванометр.

Конструктивно волномер ВУ-1 оформлен так же, как КВ-5, и работа с ним незначительно отличается от работы с волномером КВ-5.

При настройке волномера используется джек 5 добавочного конденсатора 3. Периодическим нажатием кнопки 5 и одновременным вращением верньера конденсатора 1 находят такое положение конденсатора переменной емкости, при котором нажатие кнопки не будет вызывать изменений в отклонении стрелки термогальванометра.

Градусы шкалы, соответствующие точке настройки, определяют собой искомую частоту.

Применение добавочного конденсатора освобождает от необходимости пользоваться «вилочным» методом определения резонанса и дает более точную настройку.

Необходимо отметить, что градуировка волномера производится при использовании добавочного конденсатора, поэтому при всех измерениях необходимо работать только с ним. Простой отсчет по максимуму потребует в этом случае внесения поправок в градуировочные таблицы.

Волномер УВ-III

Прибор УВ-III является волномером резонансного типа и предназначается для измерения частоты и для проверки градуировки радиопередатчиков.

Диапазон измеряемых частот 20 000—100 000 кГц ($\lambda = 15 \div 3$ м).

Весь диапазон перекрывается шестью сменными катушками бескаркасного типа.

Погрешность при измерении волномером не превышает $\pm 0,3\%$.

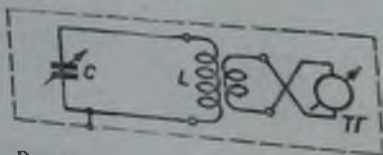


Рис. 29. Принципиальная схема резонансного волномера УВ-III

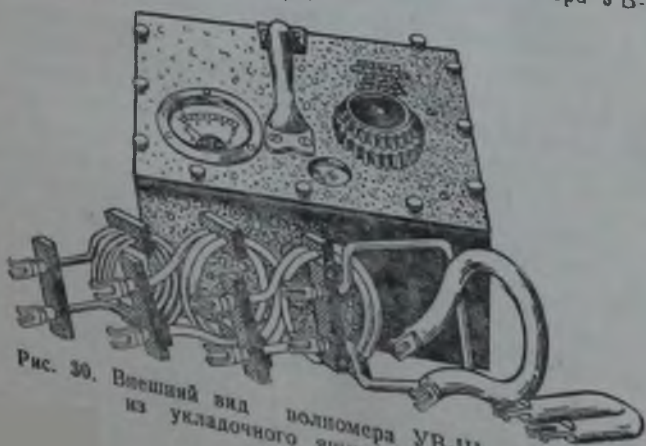


Рис. 30. Внешний вид волномера УВ-III с вынутыми катушками из укладочного ящика

Мощность, поглощаемая контуром волномера в момент резонанса, при отклонении стрелки гальванометра до половины шкалы не превышает 0,3 вт.

Схема волномера, изображенная на рис. 29, состоит из колебательного контура, в который входит конденсатор переменной емкости (прямоемкостный) и одна из шести сменных катушек индуктивности. Индикатором резонанса является гальванометр с термоэлементом ТП-6, индуктивно связанный с колебательным контуром.

Градуировка волномера дается отдельно для каждой катушки.

Внешний вид волномера УВ-III с вынутыми катушками изображен на рис. 30.

Работа с волномером и отсчет частот производятся аналогично волномеру КВ-5.

ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ В ДИАПАЗОНЕ ДЕЦИМЕТРОВЫХ И САНТИМЕТРОВЫХ ВОЛН

Бурное развитие таких отраслей радиотехники, как радиолокация, радионавигация, телевидение, привело к освоению дециметровых и сантиметровых волн.

Измерение частот в этом диапазоне волн имеет ряд особенностей, поэтому измерение их резонансным методом удобнее рассматривать отдельно.

Обычные колебательные контуры с сосредоточенными постоянными для этого диапазона частот непригодны. Емкость конденсаторов и индуктивность катушек становятся соизмеримыми с емкостями и индуктивностями подводящих к ним проводов.

Вот поэтому колебательные контуры с сосредоточенными постоянными заменяются так называемыми объемными контурами (полыми резонаторами), которые, как и обычные контуры, резонируют на определенные частоты. Затухание их весьма мало по сравнению с обычными контурами.

В качестве контуров в этом диапазоне используются также цепи с распределенными постоянными, состоящие из отрезков однородных длинных линий — двухпроводных и коаксиальных. Во всех этих контурах, за исключением двухпроводных открытых линий, отсутствуют потери на излучение, поэтому они обладают высокой избирательностью.

В зависимости от вида контура волномеры можно подразделить на три типа: волномеры с длинной линией, с коаксиальной измерительной линией и с объемными контурами.

Волномер с длинной линией

В этом волномере использован принцип измерения расстояний между максимумами напряжения или тока стоячей

волны, создаваемой прямой и отраженной волнами в длинной линии.

Схема измерения изображена на рис. 31. Линия состоит из двух параллельных проводов и передвижного мостика *М*. При помощи петли линия слабо связывается с генератором, частоту которого необходимо определить. Индикатором может служить лампочка накаливания или чувствительный гальванометр с детектором.

Из теории длинных линий известно, что расстояние между пучностями тока или напряжения равно половине длины волны. Передвигая подвижную перемычку (мостик) вдоль из-

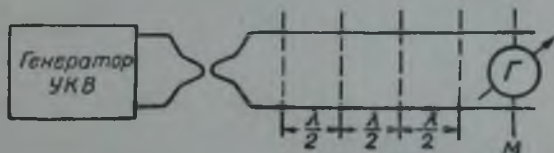


Рис. 31. Измерения частоты при помощи длинной линии

мерительной линии по свечению лампочки или максимальному отклонению стрелки прибора, можно определить места (точки) пучностей тока или напряжения. Длина волны определяется как удвоенное расстояние между двумя положениями мостика, при которых наблюдалось максимальное отклонение прибора или свечение лампочки.

Недостатком такого волномера является открытая конструкция линии, вызывающая потери на излучение, что приводит к ошибкам при измерении.

Эти недостатки устраняются при использовании в волномерах коаксиальной измерительной линии. Достоинством этого способа измерения частоты является его доступность и простота.

Волномер с коаксиальной измерительной линией

Волномер с коаксиальной измерительной линией изображен на рис. 32. Коаксиальная линия, свободная от потерь на излучение, представляет собой линию, внешний проводник которой имеет продольную щель, через которую внутрь линии пропускается зонд измерительной головки, имеющей кристаллический детектор и индикатор тока.

Один конец линии при помощи специального устройства замыкается накоротко, а другой через делитель присоединяется к испытываемому генератору, при этом в линии устанавливаются стоячие волны.

Перемещение зонда вдоль линии осуществляется при помощи микрометрического винта, позволяющего производить перемещения с точностью до 0,01 мм. Вдоль щели нанесена шкала в миллиметрах. Перемещая зонд, определяют по

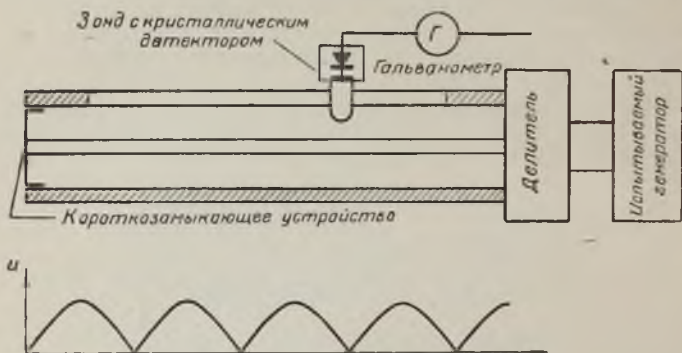


Рис. 32. Принципиальная схема волномера с коаксиальной линией и распределение напряжения вдоль линии

шкале расстояние между узлами или пучностями напряжения; длина волны определяется как удвоенное расстояние между ними.

Такие волномеры, применяющиеся для измерения волн длиной 5 см и выше, дают высокую точность.

Волномер с объемным контуром

В волномерах этого типа в качестве колебательного контура используется объемный контур (резонатор). Колебательный процесс в этих контурах аналогичен процессам, происходящим в отрезках длинных линий.

Контуров этого вида, представляющие собой пространство, ограниченное со всех сторон металлическими стенками, по сравнению с обычными колебательными контурами имеют малые потери и высокие эталонные свойства.

Малые потери дают высокую добротность и большое эквивалентное сопротивление. Высокие эталонные свойства обеспечивают большую стабильность в работе установок с этими контурами и позволяют использовать их в измерительной аппаратуре.

Объемные контуры могут иметь цилиндрическую, прямоугольную или иную форму. От формы резонатора зависит тип волн, которые могут быть в нем возбуждены. Резонансные частоты объемных контуров зависят от их геометрических размеров.

Изменением объема резонатора их можно настроить в резонанс. У большинства их настройка осуществляется конденсатором переменной емкости или подвижным плунжером.

Волномеры с объемным контуром применяются большей частью в дециметровом диапазоне волн, применение их в сантиметровом диапазоне неудобно из-за малых размеров.

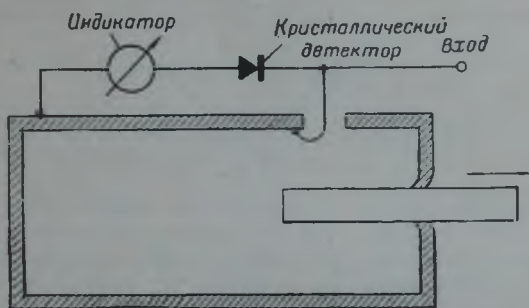


Рис. 33. Принципиальная схема волномера с объемным контуром

На рис. 33 изображена принципиальная схема волномера с объемным контуром для волн от 12 до 10 см (2 500—3 000 мГц).

В волномере использован цилиндрический полый резонатор, который настраивается на частоту измеряемого генератора при помощи введения в цилиндр металлического стержня. Перемещение стержня производится микрометрическим винтом.

С испытываемого генератора колебания подаются на вход волномера через коаксиальный кабель и при помощи петли связи возбуждают резонатор. Между петлей связи и основанием цилиндра включаются кристаллический детектор и чувствительный прибор — микроамперметр. При настройке волномера в резонанс с входящими колебаниями показания микроамперметра резко падают. Точность измерения достигает $\pm 0,5 - 1\%$.

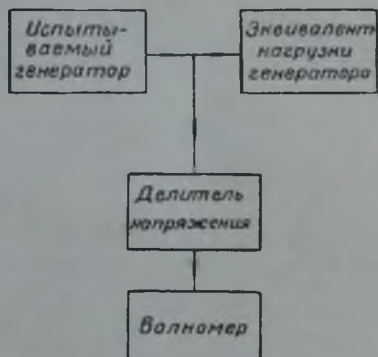


Рис. 34. Блок-схема параллельного включения волномера для измерения частоты генератора

Включение волномера в схему для измерения частоты генератора производится обычно через делитель напряжения. На рис. 34 изображена наиболее распространенная схема параллельного включения волномера при измерении волны генератора. Генератор работает на эквивалентную нагрузку, а волномер подключается к фидеру через делитель напряжения. Применение делителя исключает обратное влияние волномера на генератор.

Недостатком волномеров этого типа является весьма ограниченный диапазон измеряемых частот.

Волномеры с широким диапазоном измеряемых частот

В этих волномерах используются диапазонные контуры. По принципу действия они занимают промежуточное положение между обычными контурами с сосредоточенными постоянными и объемными.

Колебательный контур, изображенный на рис. 35, *а*, представляет собой небольшой конденсатор переменной емкости

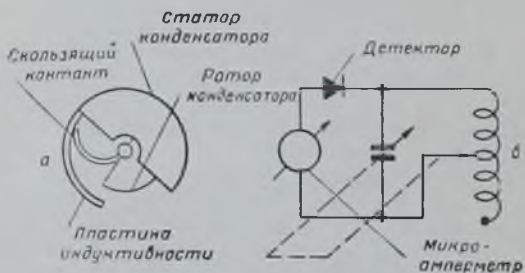


Рис. 35. Принципиальная схема волномера на широкий диапазон частот:

а — механическая схема волномера; б — эквивалентная электрическая схема

и индуктивность, выполненную в виде дуги, по которой скользит ползунок, соединенный с роторной пластиной конденсатора. Один конец дуги соединяется со статорной пластиной конденсатора, а второй при помощи ползунка — с роторной.

При вращении ротора конденсатора передвигается и ползунок, изменяя рабочую длину дуги. Одновременное изменение емкости и индуктивности позволяет изменять частоту настройки контура с большим перекрытием (больше 5), т. е. получать волномер для измерения частот в широком диапазоне.

На рис. 35, б изображена эквивалентная электрическая схема волномера. Индикатором резонанса для частот до

100 мГц может служить неоновая лампочка, а для частот выше 100 мГц — кристаллический детектор с микроамперметром. Диапазон частот, в котором возможно использование этого типа волномеров, лежит в пределах 60—1 200 мГц.

Волномер ДЦВ-1

Волномер ДЦВ-1 является резонансным и предназначен для измерения частот в пределах 430—1 500 мГц ($\lambda = 70 — 20$ см). Весь диапазон перекрывается пятью сменными катушками.

Точность измерений при работе с ним равна $\pm 1\%$.

Схема волномера, приведенная на рис. 36, состоит из колебательного контура, в который входят конденсатор переменной емкости (порядка 6 мкмкф) и одна из пяти сменных катушек индуктивности.

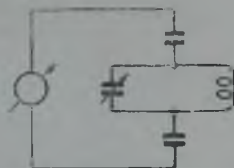


Рис. 36. Принципиальная схема резонансного волномера ДЦВ-1

Индикатором резонанса служит термогальванометр на 60 мка.

Градуйровка волномера дана в виде таблиц.

Порядок пользования волномером такой же, как КВ-5 и УВ-III.

Волномер 105-S

Волномер 105-S предназначен для измерения частоты, проверки и градуировки генераторов УКВ в диапазоне 375—725 мГц.

Прибор 105-S является волномером резонансного типа с питанием от двух батарей: анодной 45 в и накальной 1,5 в. Батареи помещены внутри тщательно экранированного ящика в специальном отсеке.

При работе прибор должен находиться в горизонтальном положении.

Волномер 105-S. принципиальная схема которого изображена на рис. 37, состоит из следующих основных элементов: резонатора (контура), детектора (лампа 957 типа «жолудь»), двух усилительных каскадов (лампы 1С5 и 3С4), купроксного выпрямителя, собранного по схеме Греча, и микроамперметра на 200 мка.

Резонатор помещен в экранированную металлическую камеру.

Настройка резонатора на частоту приходящих колебаний достигается изменением емкости. Индуктивностью резонатора является медный разрезной стержень, помещенный внутри

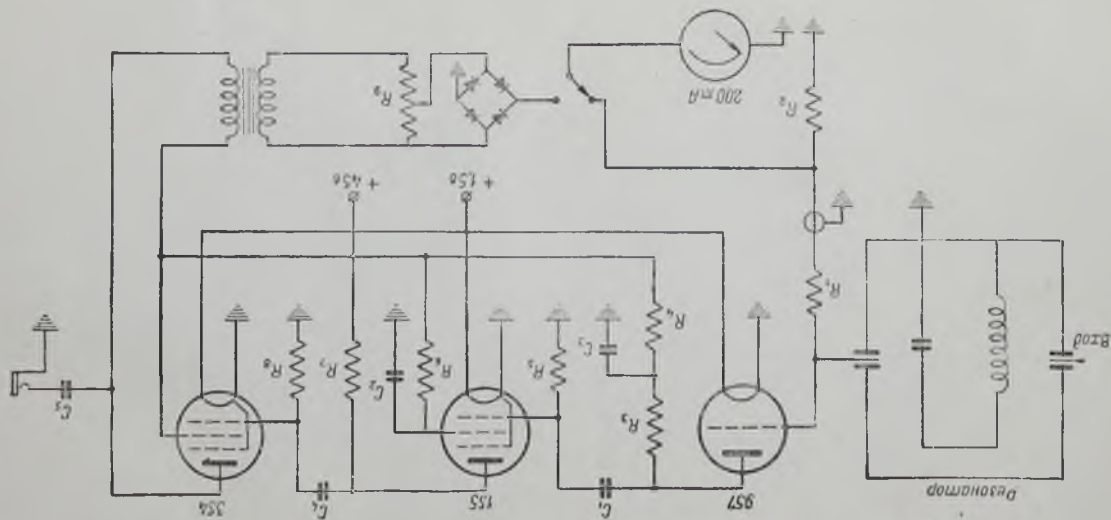


Рис. 37. Принципиальная схема волномера 105-S:

R_1 — сопротивление 1 000 ом; R_2 — сопротивление 10 000 ом; R_3 — сопротивление 0,5 мгом; R_4 — сопротивление 0,5 мгом; R_5 — сопротивление 1 мгом; R_6 — сопротивление 4 мгом; R_7 — сопротивление 0,5 мгом; R_8 — сопротивление 1 мгом; R_9 — потенциометр 50 000 ом; C_1 — конденсатор 0,01 мкф; C_2 — конденсатор 0,02 мкф; C_3 — конденсатор 0,05 мкф; C_4 — конденсатор 0,01 мкф; C_5 — конденсатор 0,02 мкф

полой трубы. Индуктивность его в виде катушки условно изображена на рис. 37.

Изменение емкости осуществляется передвижением цилиндрического поршня из диэлектрика, помещенного между внутренним разрезным стержнем и внешней стенкой трубы. Передвижение цилиндрического поршня производится при помощи специального верньера, позволяющего получить большое замедление. Для отсчета имеется шкала с нониусом. Нониус разделен на 100 делений, шкала — на 50. Одному обороту нониуса соответствует одно деление шкалы. Таким образом, вся шкала прибора оказывается разделенной на 5 000 делений. Таблица градуировки волномера помещена на крышке прибора.

Входное напряжение подается на гнездо волномера, помещенное на задней стороне ящика прибора, с которым резонатор соединен концентрическим фидером. При работе с прибором во избежание потери энергии необходимо наблюдать за хорошим контактом в соединении фидера с гнездом входа.

Напряжение с контура (резонатора) снимается при помощи очень короткой линии, связанной с резонатором емкостью, и подается на сетку лампы 957, выполняющей роль детектора.

Схема детектора выполнена так, что может быть использована для приема как модулированных, так и немодулированных сигналов. Детектор заключен в экран для защиты от сильного воздействия напряжения контура резонатора и для механической защиты.

При приеме немодулированных сигналов (при положении переключателя рода работы на INMOD) сетка лампы 957 через сопротивление R_1 подключается к измерительному прибору.

При приеме модулированных колебаний переключатель рода работ должен быть поставлен в положение MOD. Напряжение, снимаемое с сопротивления R'_2 включенного в анодную цепь лампы 957, подается на усилитель низкой частоты. Первый каскад усилителя работает на лампе 1S5 и выполнен по реостатной схеме. Второй (выходной) работает на лампе 3S4 и имеет трансформаторный выход.

Вторичная обмотка трансформатора нагружена на купроксный выпрямитель, собранный по схеме Греца. Этот выпрямитель используется для преобразования напряжения низкой частоты в постоянный ток, проходящий через микроамперметр. Для прослушивания частоты модуляции в приборе предусмотрено гнездо PHONES для включения телефона. Весь усилитель тщательно экранирован для защиты от внешних электрических полей.

Внешний вид прибора изображен на рис. 38. На передней панели расположены: *a* — микроамперметр на 200 μ ка;

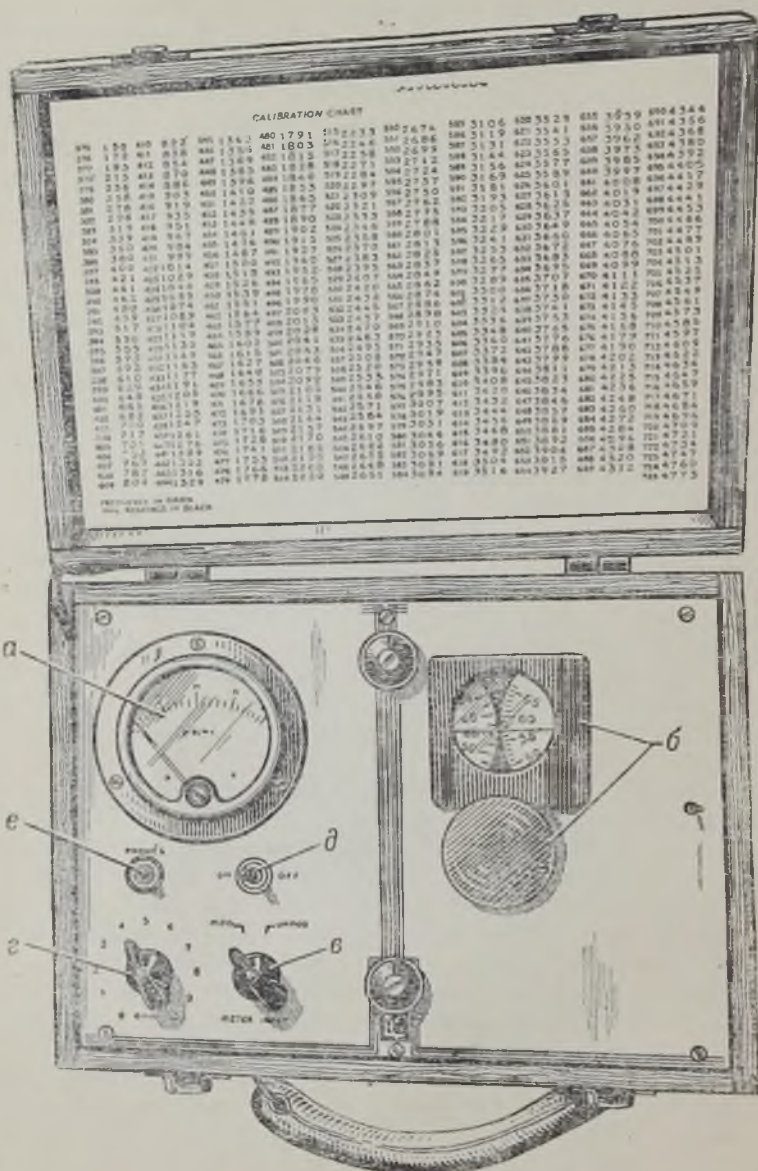


Рис. 38. Внешний вид волномера 105-S

б—шкала и ручка настройки волномера; в—переключатель рода работы на два положения — INMOD для измерения частоты незатухающих колебаний и MOD для измерения частоты модулированных колебаний; г—ручка ступенчатой регулировки напряжения GAIN; д—тумблер для включения питания; е—гнездо для включения телефона PHONES.

При работе с прибором рекомендуется следующий порядок:

1) присоединить провод фидера к гнезду, помещенному на задней стороне ящика прибора;

2) установить необходимую связь волномера с испытываемым генератором путем введения провода фидера в поле, излучаемое генератором;

3) включить тумблер питания и поставить переключатель рода работы в соответствующее положение;

4) вращением ручки настройки добиться максимального отклонения стрелки прибора, что будет соответствовать настройке волномера в резонанс (если стрелка прибора вблизи резонанса уходит за шкалу, необходимо уменьшить связь волномера с испытываемым генератором или вращением ручки GAIN отрегулировать величину напряжения, подаваемого на прибор);

5) по данным шкалы настройки нужно определить число делений, а по таблице найти значение измеряемой частоты.

Другой разновидностью волномера 105-S является модель 105-SM, принципиальная схема которой не отличается от 105-S. В этой модели предусмотрено автоматическое выключение питания прибора. Питание включается лишь на короткий промежуток времени, необходимый для того, чтобы произвести измерение, после чего питание автоматически выключается. Для следующего измерения необходимо снова повернуть ручку автоматического выключателя.

ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ МЕТОДОМ СРАВНЕНИЯ

В основу этого метода положено явление биений, сущность которого заключается в следующем.

Если к детектору (кристаллическому или ламповому) подводятся одновременно два различных по частоте колебания, то на выходе его получается ряд новых частот.

Например, если к элементу D , содержащему детектор (рис. 39), подвести одно колебание частоты $f_1 = 202$ кГц и другое $f_2 = 200$ кГц, то на выходе его получатся частоты:

$$F_1 = f_1 + f_2 = 202 + 200 = 402 \text{ кГц}$$

и

$$F_2 = f_1 - f_2 = 202 - 200 = 2 \text{ кГц.}$$

Суммарная частота (высокая) $F_1 = 402 \text{ кгц}$ не будет слышна в телефоне, включенном в цепь детектора, а разностная частота $F_2 = 2 \text{ кгц}$, лежащая в области звуковых частот, будет прослушиваться через телефон.

При изменении частоты одного из генераторов (первого в сторону понижения частоты или второго в сторону повышения) слышимый в телефоне тон будет понижаться, и при совпадении частот f_1 и f_2 звук исчезнет, так как $F_2 = 0$. Равенство частот f_1 и f_2 , отмечаемое отсутствием звука в телефоне, носит название нулевых биений.

Если частота одного из колебаний, подводимых к детектору, известна, то путем изменения частоты второго источника колебаний до получения в телефоне нулевых биений можно добиться равенства частот испытываемого генератора с известной (эталонной) частотой.

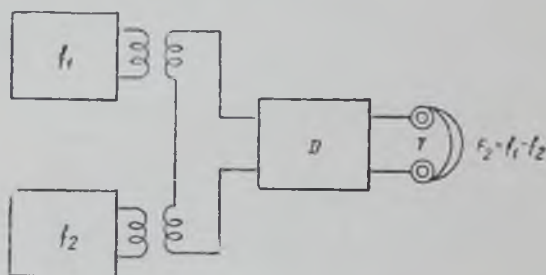


Рис. 39. Принципиальная схема измерения частоты методом биений

Точность измерения частот методом сравнения очень высока и зависит главным образом от того, насколько точно проградуирован эталонный источник колебаний. Однако при измерении низких частот такая точность может быть недостаточной. Это объясняется тем, что наше ухо начинает различать частоты с 16—20 гц, поэтому, когда в телефоне не слышно звука (нулевые биения), мы делаем ошибку на $\pm 15 \div 20 \text{ гц}$. Для частоты в 1 мкгц (10^6 гц) это составит 0,002%, для частот же звукового диапазона, например в 1 000 гц, уже 2%, что недопустимо.

Для повышения точности измерения методом нулевых биений вместо телефона на выход детектора включают чувствительный гальванометр магнитоэлектрической системы. При разностной частоте, близкой к 2—3 гц, стрелка прибора колеблется, а при полном совпадении частот становится неподвижной. Добиться такого положения, чтобы стрелка на длительное время оставалась неподвижной, не удастся. Однако этот метод индикации нулевых биений увеличивает точность измерения.

К приборам, использующим метод нулевых биений, относятся кварцевые калибраторы КК-3, КК-4, КК-5, гетеродинные волномеры ПГВ-1 и ВС-221.

Кварцевый калибратор КК-3

Основным назначением кварцевого калибратора является проверка частотной градуировки приемников и передатчиков.

Калибратор КК-3 представляет собой кварцевый генератор с двумя основными частотами — в 100 и 1 000 кГц — и большим числом гармоник, кратных основным частотам. Для прослушивания биений между одной из основных частот и измеряемой или между одной из гармоник основных частот и измеряемой кварцевый генератор имеет еще детекторную лампу.

Перед резонансными волномерами кварцевый генератор имеет преимущества: большую точность измерения (в 2—5 раз); возможность проверки градуировки приемников без вспомогательных генераторов; отсутствие сменных частей (катушек, кварцев) на всем измеряемом диапазоне частот; возможность измерений при слабой связи, что позволяет использовать калибратор для измерения частоты малоомощных генераторов.

В отличие от резонансного волномера кварцевый калибратор имеет не непрерывный диапазон, а ряд стабильных опорных точек, отстоящих друг от друга по частоте на 100 или 1 000 кГц, по которым и производится проверка градуировки передатчиков и приемников.

Калибратор обеспечивает, таким образом, проверку частотной градуировки в диапазоне от 100 кГц до 30 мГц путем прослушивания через телефон не менее ста гармоник от основной частоты в 100 кГц, т. е. 200, 300, 400 кГц и т. д., и двадцати гармоник от основной частоты в 1 000 кГц, т. е. 2 000, 3 000, 4 000 кГц и т. д.

Точность подгонки основных частот кварца под их номинальные значения не менее $\pm 0,05\%$ в интервале $\pm 2^\circ\text{C}$ от температуры, при которой производилась подгонка основных частот кварца.

Питание калибратора осуществляется от батареек или выпрямителя. Нормальный режим питания цепи накала 5—5,5 в (ток около 0,3 а), анодной цепи 90—100 в (ток около 0,004 а).

Колебания напряжения накала от 4,5 до 6,3 в и анода от 80 до 120 в изменяют частоту кварцевого калибратора не более чем на $\pm 0,005\%$.

Внешний вид прибора изображен на рис. 40.

На лицевой панели расположены: 1 — колодка питания; 2 — переключатель частот на 100 и 1 000 кГц; 3 — клемма

связи *С*; 4 — контрольная кнопка, выключающая калибратор; 5 — телефонные гнезда *Т*.

Схема прибора состоит из двух основных частей (рис. 41): кварцевого генератора и детектора.

Кварцевый генератор собран по смешанной схеме самовозбуждения с кварцем в цепи сетки и контуром в цепи анода лампы 1 («жолудь» 955).

В сеточной цепи лампы генератора находятся: катушка связи 6, кварцевая пластина 5, включенная вместо конденсатора гридлика, и сопротивление утечки 4.

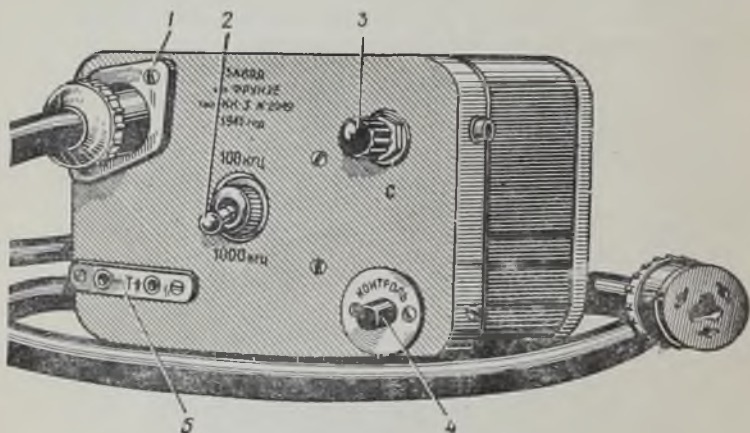


Рис. 40. Внешний вид кварцевого калибратора КК-3

Кварцевая пластина вырезана так, что может колебаться с частотой в 100 кгц (по длине) и 1 000 кгц (по толщине).

Анодный контур генераторной лампы состоит из катушек индуктивности 10 или 9, включаемых последовательно в анодную цепь лампы и играющих одновременно роль индуктивностей контура и катушек связи между анодной и сеточной цепями.

Для получения большего количества гармоник применяют контуры с большей индуктивностью, поэтому конденсатор параллельно контурным катушкам не включается, его заменяет собственная емкость катушек.

Получение нужной частоты производится переключателем 8, включающим соответствующую анодную катушку. Для получения частоты 100 кгц включается катушка 10, для частоты 1 000 кгц — катушка 9.

На частоте 100 кгц, кроме индуктивной обратной связи, имеется дополнительная емкостная связь через конденсатор 7.

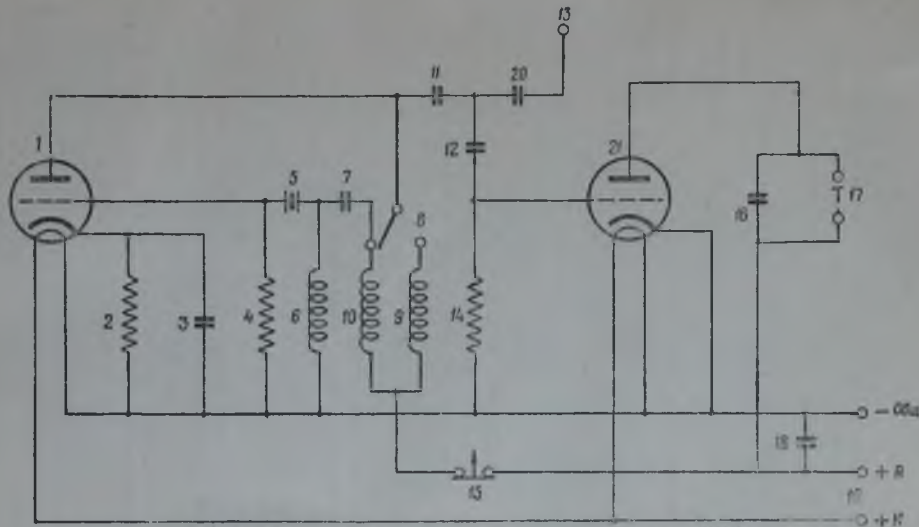


Рис. 41. Принципиальная схема кварцевого калибратора КК-3:

1 — лампа «жолудь» 955; 2 — сопротивление смещения 5 000 ом; 3 — конденсатор блокировочный 300 мкмкф; 4 — сопротивление утечки 1 мгом; 5 — кварц 100—1 000 кгц; 6 — катушка связи 0,12 мгн; 7 — конденсатор обратной связи 20 мкмкф; 8 — переключатель; 9 — катушка контура из 1 000 кгц (0,5 мгн); 10 — катушка контура из 100 кгц (34 мгн); 11 — конденсатор 50 мкмкф; 12 — конденсатор 300 мкмкф; 13 — клемма связи; 14 — сопротивление утечки 0,5 мгом; 15 — выключатель кнопочный; 16 — конденсатор блокировочный 500 мкмкф; 17 — телефонная колодка; 18 — конденсатор блокировочный 0,1 мкф; 19 — колодка питания; 20 — конденсатор связи 10 мкмкф; 21 — лампа «жолудь» 955

Напряжения основной частоты и гармоник, создающихся в анодной цепи генератора, через разделительные конденсаторы 11 и 20 попадают на клемму внешней связи 13 и одновременно через емкость 12 — на сетку детекторной лампы 21.

Связь детекторного каскада с источником измеряемой частоты осуществляется также через емкость 12. Для увеличения связи с испытываемым передатчиком к клемме 13 в качестве антенны может быть подключен проводник длиной 1—2 м.

Детекторный каскад работает на лампе «жолудь» 955 в режиме сеточного детектирования и служит для прослушивания в телефон биений между частотами от измеряемого передатчика и кварцевого генератора.

Кнопка 15 размыкает анодную цепь лампы 1 и прекращает работу кварцевого генератора. Эта кнопка необходима при градуировке приемников, когда нужно убедиться в том, что приемник настроен на одну из частот, создаваемую калибратором, а не на частоту какого-то постороннего источника. Если прослушиваемые биения вызваны кварцевым калибратором, то при нажатии кнопки 15 они исчезают.

Питание прибора КК-3 осуществляется от батарейного магазина БМ-2, входящего в комплект АИРЛ, или от отдельных источников постоянного тока.

Для проверки частотной градуировки приемника нужно: поставить кварцевый калибратор рядом с приемником и привести его в действие; установить переключатель частоты в нужном положении (на 100 или 1 000 кГц); настроить приемник на одну из частот (или их гармонику) калибратора, по которой необходимо проверить соответствующую точку градуировки приемника, и нажатием кнопки «контроль» убедиться, что настройка произведена на частоту калибратора.

При работе с приемником супергетеродинного типа нужно включить второй гетеродин, предназначенный для приема незатухающих колебаний.

При работе с приемником прямого усиления нужно обратную связь довести до возникновения генерации и работать на границе срыва генерации.

Если при настройке приемника биения вызывают в телефоне очень сильный звук, то следует несколько удалить калибратор от приемника. Если же сигнал прослушивается слабо, то следует к клемме С прибора присоединить проводник и приблизить или присоединить его к клемме антенны приемника.

Вращая ручку настройки приемника и добиваясь пропадания звука в телефоне, нужно определить разность частот между истинной и фиксированной частотой проверяемой точки на шкале приемника. Зная эту разность частот и знак

поправки (плюс или минус), можно определить погрешность градуировки в процентах.

Затем настройкой приемника на гармоники калибратора нужно произвести полную проверку градуировки приемника.

Если измерение производится при температуре, резко отличающейся от температуры, при которой производилась калибровка прибора (что обычно указывается в его паспорте) и при этом требуется большая точность измерения, следует вводить поправку на температуру по формуле

$$f_n = f_k [1 + a(t_k - t_n)],$$

где f_n — истинное значение частоты калибратора при данной температуре;

f_k — действительное значение частоты калибратора при нормальной температуре (указывается в паспорте);

a — средний температурный коэффициент (указывается в паспорте и берется с положительным знаком);

t_k — температура калибровки, указанная в паспорте;

t_n — температура воздуха, при которой производились измерения (берется с истинным знаком, т. е. при температуре ниже нуля эта температура прибавляется к t_k).

Если поправка при проверке градуировки превосходит 50 кГц или есть сомнение в определении номера гармоники кварца, рекомендуется произвести настройку приемника на ближайшую частоту, кратную 1 000 кГц, затем, переключив калибратор на 100 кГц, изменять настройку в направлении к испытываемой точке и, отсчитывая последовательно настройки через каждые 100 кГц, определить номер гармоники.

Пример. Требуется проверить градуировку приемника в диапазоне 2 000—5 000 кГц для двух крайних точек и трех промежуточных, т. е. на частотах 2 000, 2 750, 3 500, 4 250 и 5 000 кГц.

Связываем калибратор с приемником, устанавливаем переключатель на частоту 1 000 кГц и проверяем точки 2 000 и 5 000 кГц.

Для проверки промежуточной точки 3 500 кГц производим настройку на ближайшую гармонику кварца 3 000 кГц (третья гармоника), переключаем калибратор на 100 кГц и, плавно изменяя настройку приемника в сторону 3 500 кГц, отсчитываем число точек настройки через каждые 100 кГц. Искомая частота будет равняться 3 000 кГц плюс 100 кГц, умноженные на число пройденных точек настройки.

Допустим, что число точек настройки через каждые 100 кГц равно пяти (частота 3 500 кГц), а настройка приемника (по шкале) соответствует частоте 3 525 кГц.

В этом случае градуировка приемника сместилась в сторону низких частот и поправка для точки 3 500 кГц будет равна

$$\Delta f = 3500 - 3525 = -25 \text{ кГц},$$

или

$$\Delta f\% = \frac{-25 \cdot 100}{3525} = -0,7\%.$$

Если приемник имеет точность градуировки, равную 0,5%, то такое изменение в градуировке требует регулировки приемника.

Для учета влияния температуры поступают следующим образом. Если температура воздуха t_v при проверке градуировки приемника равна -20°C , а температура градуировки t_k калибратора равна $+20^\circ \text{C}$, то поправка на частоту

$$\Delta f_t\% = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 100 \cdot [20 - (-20)] = +0,08\%,$$

где $2 \cdot 10^{-5}$ — температурный коэффициент.

Следовательно, полная поправка

$$\Delta f\% = -0,7\% + 0,03\% = -0,62\%.$$

Это значит, что с учетом температуры приемник требует регулировки.

Проверка двух других промежуточных точек 2 750 и 4 250 производится на ближайших гармониках, кратных 100 кГц (ввиду отсутствия гармоник, кратных 50 кГц), т. е. на частоте 2 700 или 2 800 кГц, и для точки, соответствующей 4 250 кГц, — на частоте 4 200 или 4 300 кГц.

Для проверки градуировки передатчиков необходимо поставить калибратор в непосредственной близости от передатчика, установить переключатель частоты на 100 или 1 000 кГц и, изменяя частоту передатчика вблизи проверяемой точки, добиться прослушивания через телефон, включенный в гнезда T калибратора, нулевых биений.

Громкость биений регулируется связью калибратора с передатчиком. Однако не следует брать слишком сильную связь, так как могут прослушиваться сложные биения, кратные 25 кГц и даже 5 кГц. Эти биения значительно слабее основных, поэтому отличить их нетрудно. Методика проверки градуировки и вычисления поправок одинакова с методикой проверки градуировки приемника.

Кварцевый калибратор КК-4

Кварцевый калибратор КК-4, как и калибратор КК-3, служит для проверки частотной градуировки приемников и передатчиков.

В отличие от калибратора КК-3 он имеет две основные частоты: 125 и 1250 кГц.

Такой выбор частот имеет преимущества в том, что на шкале градуировки большинства приемников и передатчиков имеются риски (деления) через 125 кГц.

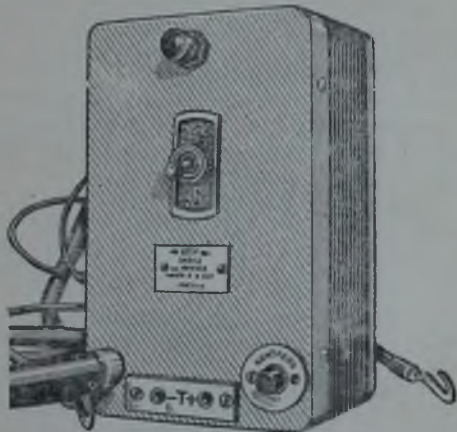


Рис. 42. Внешний вид кварцевого калибратора КК-4

Принцип измерения частоты калибратором КК-4 такой же, как и прибором КК-3.

Схема КК-4 отличается только тем, что кварцевый генератор и детектор работают на лампах СО-243.

Питание прибора осуществляется от аккумуляторов. Для цепи накала берется напряжение 2,4 в (два щелочных аккумулятора типа НКН-10), для анодной цепи 120 в (две батареи БАС-60 или три аккумуляторные батареи 32-АКН-2,25).

Конструктивное отличие состоит лишь в кабеле питания, который сочленен непосредственно с прибором через лицевую панель. Концы кабеля имеют наконечники с обозначением полюсов и величин напряжения.

Работа с калибратором по проверке градуировки приемников и передатчиков производится аналогично работе с прибором КК-3.

Внешний вид и конструктивное оформление кварцевого калибратора КК-4 приведены на рис. 42.

Кварцевый калибратор КК-5

Кварцевый калибратор КК-5 предназначен для той же цели, что и калибраторы КК-3 и КК-4. Он имеет две основные частоты: 125 и 1250 кГц. Принцип измерения частоты калибратором КК-5 не отличается от измерений калибратором КК-3.

Схема прибора отличается от КК-3 лишь тем, что в калибраторе КК-5 генератор и детектор работают на лампах 6С5.

Питание прибора осуществляется от батарейного магазина БМ-3 или от других источников постоянного тока, имеющих напряжение 6 в для цепи накала и 120 в для анодной цепи.

Конструктивно КК-5 оформлен так же, как и КК-4. Работа с калибратором производится аналогично работе с приборами КК-3 и КК-4.

Кварцевый калибратор типа 9803

Кварцевые калибраторы КК-4 и КК-5 позволяют производить градуировку передатчиков и приемников по гармоникам

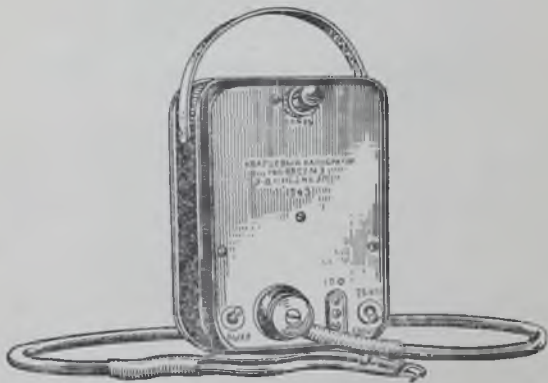


Рис. 43. Внешний вид кварцевого калибратора типа 9803

генератора, которые отстоят друг от друга на 100 или 125 кГц.

Кварцевый калибратор 9803 дает возможность осуществлять градуировку радиоаппаратуры через 25 кГц.

Принцип работы калибратора заключается в следующем. Кварцевый генератор с основной частотой 500 кГц модули-

руется колебаниями генератора с основной частотой 25 кГц. На выходе устройства будут получаться комбинационные частоты, состоящие из основных частот и гармоник как кварцевого генератора, так и генератора на 25 кГц, а именно частоты: 525, 550, 575, 600, 625, ..., 1 025, 1 050, 1 075... и т. д. Частота генератора на 25 кГц синхронизирована с частотой кварцевого генератора, следовательно, все эти комбинационные частоты будут эталонными, как и частоты кварцевого генератора.

Кварцевый генератор может работать и без модуляции, тогда спектр частот получается кратным 500 кГц, а именно: 500, 1 000, 1 500 и т. д. до 10—15 мГц.

Питание осуществляется от двух последовательно соединенных батарей БАС-80 и аккумулятора 2НКН-10.

Внешний вид калибратора изображен на рис. 43.

Измерение частоты передатчиков и приемников при помощи калибратора ничем не отличается от измерения при помощи калибраторов КК-4 и КК-5.

Гетеродинный волномер ПГВ-1

Прибор ПГВ-1 дает возможность измерять частоту с точностью $\pm(0,01—0,02)\%$.

В отличие от кварцевых калибраторов гетеродинные волномеры позволяют получить высокую точность измерения частоты в непрерывном диапазоне.

В основе измерения частоты гетеродинными волномерами лежит также использование явления биений, а для обеспечения большой точности в волномерах предусмотрена возможность контроля ряда опорных точек градуировки его по кварцевому эталону.

Гетеродинный волномер ПГВ-1 дает возможность двукратного измерения частоты. Первое измерение дает приближенное значение частоты, а второе измерение определяет частоту с точностью до $\pm 0,01\%$ от истинного значения.

Диапазон частот волномера ПГВ-1 50—30 000 кГц ($\lambda=6\,000 \div 10$ м) с непосредственным отсчетом частоты, нанесенной на шкалах волномера.

Принципиальная схема волномера изображена на рис. 44 и состоит из следующих основных элементов: измерительного гетеродина, эталонного кварцевого генератора, детектора-смесителя и усилителя низкой частоты.

Измерительный гетеродин работает на лампе 1 (6К7) по схеме генератора с электронной обратной связью и имеет три диапазона частот: 100—200 кГц, 600—1 200 кГц и 3 000—6 000 кГц.

Переключение диапазонов гетеродина осуществляется при помощи переключателя 37, ручка которого, выведенная на

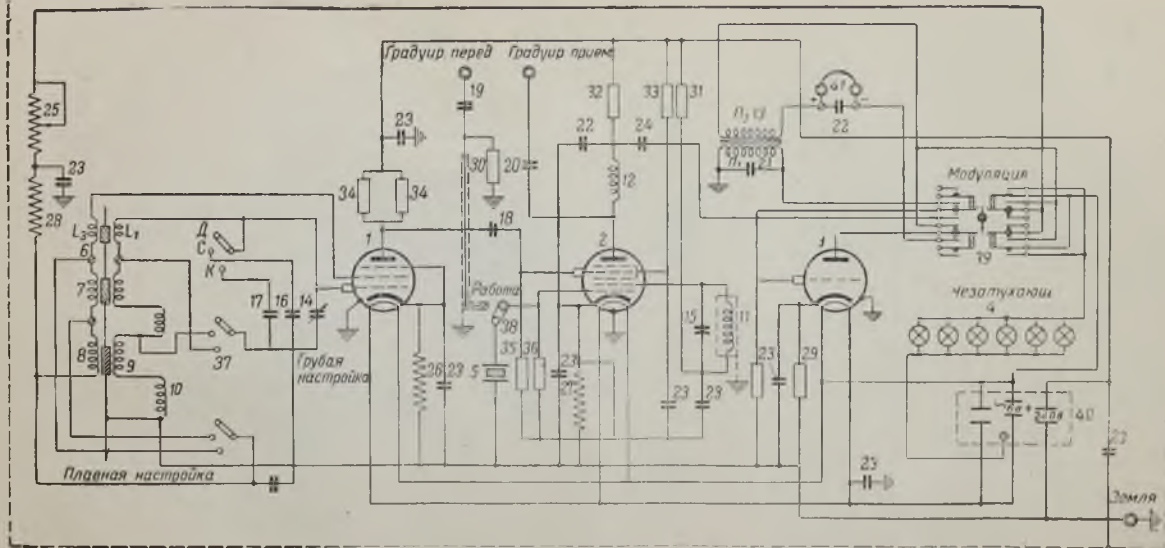


Рис. 44. Принципиальная схема гетеродинного волномера РГВ-1:

1 — лампа 6К7; 2 — лампа 6А8; 3 — лампа 6Ф6; 4 — лампочки для освещения шкалы; 5 — кварцевая пластинка; 6, 7, 8, 9 и 10 — катушки контуров измерительного гетеродина; 11 — катушка контура кварцевого генератора; 12 — дроссели; 13 — трансформатор модуляции; 14 — конденсатор переменной емкости 570 мкмкф; 15 — конденсатор переменной емкости 100 мкмкф; 16 — конденсатор 50 мкмкф; 17 — конденсатор 100 мкмкф; 18 — конденсатор 30 мкмкф; 19, 20 и 21 — конденсаторы 30 мкмкф, 100 мкмкф, 5 000 мкмкф; 22, 23 и 24 — конденсаторы 0,02 мкф, 0,1 мкф, 0,1 мкф; 25 — потенциометр 12 000 ом; 26, 27 и 28 — сопротивления 400 ом, 700 ом, 25 000 ом; 29, 30, 31, 32, 33 и 34 — сопротивления 300 ом, 2 000 ом, 15 000 ом, 30 000 ом, 30 000 ом, 50 000 ом; 35 и 36 — сопротивления по 1 мгом; 37 — четырехполюсный переключатель "и"; 38 — однополюсный переключатель на два направления; 39 — ключ коммутационный; 40 — колодка питания; 41 — телефон головной

переднюю панель, имеет надпись: «Переключатель диапазонов».

Измерительный гетеродин имеет два способа настройки — грубую и точную. Грубая осуществляется конденсатором 14, ось которого выведена на переднюю панель и имеет надпись: «Грубая настройка». Точная осуществляется изменением индуктивности контура при помощи введения в катушку контура алюминиевого диска, ручка от которого выведена на переднюю панель и имеет надпись: «Плавная настройка».

Эталонный кварцевый генератор собран на гетеродинной части лампы 2 (6A8), в цепь сетки которой включены колебательный контур и кварцевая пластинка. Кварцевый гене-

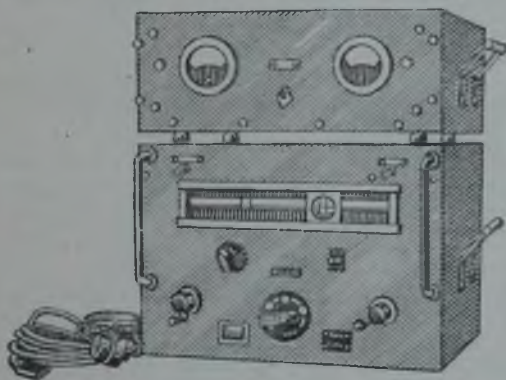


Рис. 45. Внешний вид гетеродинного волномера ПГВ-1 и блока питания от переменного тока

ратор позволяет получить достаточное число эталонных частот для проверки опорных точек измерительного гетеродина.

Управление эталонным генератором производится при помощи ручки «работа и коррекция», выведенной на переднюю панель прибора.

Проверка опорных точек измерительного гетеродина производится при установке переключателя в положение «коррекция». Когда переключатель находится в среднем положении, эталонный генератор выключен. В этом случае производится проверка градуировки приемников. В положении «работа» производится измерение частоты передатчиков и проверка их градуировки.

Детектор-смеситель собран на тетродной части лампы 2 (6A8) и служит для смешивания и детектирования колебаний, подводимых к нему при проверке опорных точек измерительного гетеродина и при испытании передатчика.

Лампа 3 (6Ф5) выполняет две функции: генератора низкой частоты (500 гц) для модуляции колебаний измерительного гетеродина при проверке градуировки приемников и усилителя низкой частоты.

Переключение лампы 3 (6Ф5) из одного режима в другой производится переключателем «модуляция».

Внешний вид гетеродинного волномера приведен на рис. 45.

Питание гетеродинного волномера осуществляется как от сети переменного, так и от сети постоянного тока. Для питания от сети переменного тока к волномеру прилагается стабилизированный выпрямитель в виде отдельного блока, а при питании от постоянного тока специальный блок, снабженный контрольным вольтметром и реостатами для регулировки напряжения накала и анода ламп.

Гетеродинный волномер ВС-221

Прибор ВС-221 предназначен для измерения частоты и градуировки радиоаппаратуры.

Диапазон измеряемых частот 125—20 000 кГц. Точность измерения — до 0,01%. Указанная точность гарантируется при изменении температуры в пределах от -12° до $+68^{\circ}$ С.

Питание прибора ВС-221 осуществляется от батарей, размещенных в самом приборе. Напряжение накала 5,4—6 в, общий ток накала 0,86—0,92 а. Анодное напряжение 121,5—135 в, ток в анодной цепи 0,015—0,017 а.

Принципиальная схема прибора, изображенная на рис. 46, состоит из следующих элементов: а) измерительного гетеродина, б) генератора с кварцевой стабилизацией, в) детектора-смесителя и г) усилителя низкой частоты.

Измерительный гетеродин, работающий на лампе 6-SJ-7 (VT-116-B), имеет два поддиапазона. Изменение частоты производится конденсатором переменной емкости.

Генератор с кварцевой стабилизацией, работающий на лампе 6K8, служит для проверки самого прибора. Для этого генератора используется триодная часть лампы 6K8. На детектор-смеситель, использующий пентодную часть лампы 6K8, поступают три напряжения: одно от измерительного гетеродина, другое — от генератора с кварцевой стабилизацией и третье — от антенны прибора.

В результате действия этих частот на смеситель на выходе его после детектирования получается разностная частота. Если измеряемая частота и частота одного из генераторов прибора будут близки друг к другу, то их разностная частота будет лежать в области звуковых частот.

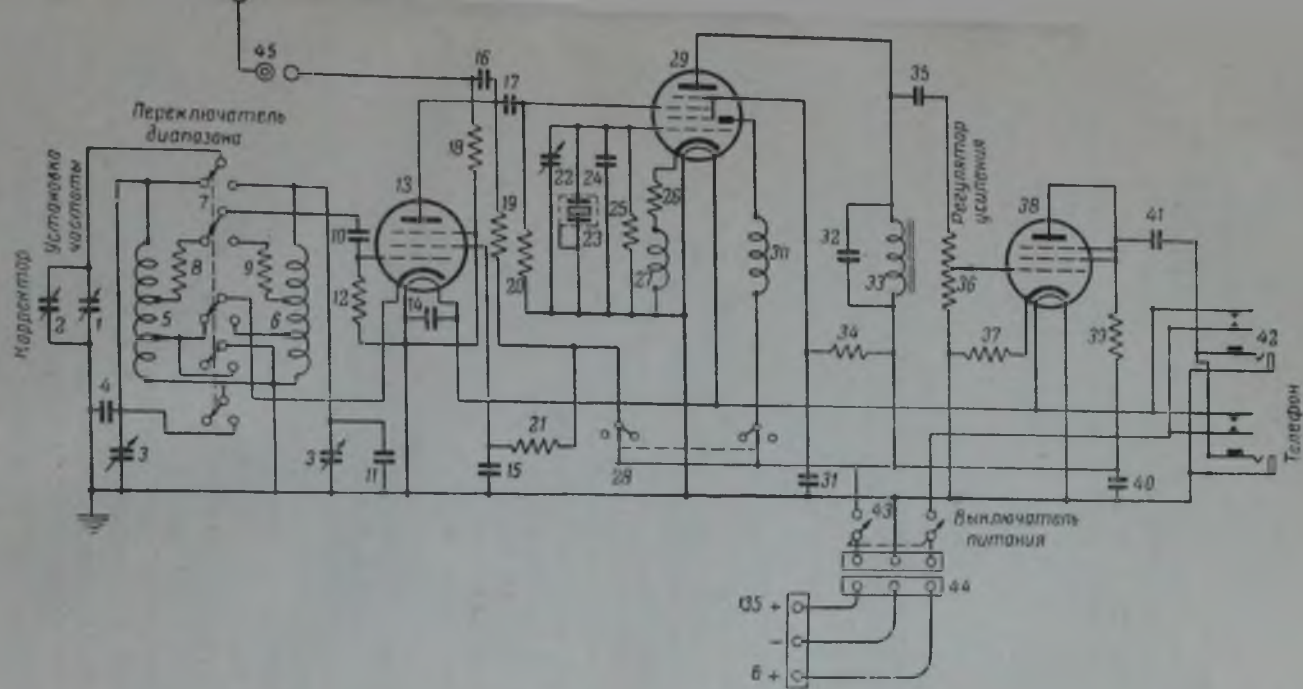


Рис. 46. Принципиальная схема измерителя частоты ВС-221:

1 — конденсатор установки частоты 160 мккф; 2 — конденсатор подстроечный 3 мккф; 3 — конденсатор полупеременный 10 мккф; 4 — конденсатор 7 мккф; 5 и 6 — катушки контура измерительного гетеродина 9,5 и 34 мкгн; 7 — переключатель диапазонов; 8 и 9 — сопротивления 8,75 и 350 ом; 10 и 11 — конденсаторы по 10 мккф; 12 — сопротивление 150 000 ом; 13 — лампа типа 6сж7; 14 — конденсатор 0,01 мкф; 15 — конденсатор 0,1 мкф; 16 и 17 — конденсаторы по 10 мккф; 18 и 19 — сопротивления 5 000 и 50 000 ом; 20 — сопротивление 1 мгом; 21 — сопротивление 8 750 ом; 22 — конденсатор переменной емкости 14,5 мккф; 23 — кварц; 24 — конденсатор 6 мккф; 25 — сопротивление 1 мгом; 26 — сопротивление 100 ом; 27 — дроссель высокой частоты 15,9 мкгн; 28 — переключатель рода работ; 29 — лампа типа 6К8; 30 — катушка индуктивности 735 мкгн; 31 и 32 — конденсаторы по 0,001 мкф; 33 — дроссель контура 45 ги; 34 — сопротивление 8 750 ом; 35 — конденсатор 0,2 мкф; 36 — потенциометр регулировки усиления 0,5 мгом; 37 — сопротивление 360 ом; 38 — лампа типа 6сж7; 39 — сопротивление 15 000 ом; 40 — конденсатор 0,7 мкф; 41 — конденсатор 0,5 мкф; 42 — гнезда для включения телефона; 43 — выключатель питания; 44 — колодка питания; 45 — клеммы для подключения испытываемого передатчика

Напряжение с выхода смесителя поступает на усилитель низкой частоты, работающий на лампе 6-SJ-7 (VT-116-B), которая используется как триод. Полезной нагрузкой в анодной цепи является сопротивление 39, равное 15 000 ом.

На передней панели прибора BC-221 расположены: выключатель питания POWER SWITCH, имеющий два положения: ON — включено и OFF — выключено, и служащий для подачи анодного напряжения и накала на прибор; выходные телефонные гнезда PHONES, играющие одновременно и роль выключателей питания накала; переключатель рода работы на три положения OPERATION SWITCH для переключения генераторов прибора; переключатель диапазона FREQ. BAND, имеющий два положения: LOW — диапазон низких частот (125—2 000 кГц) и HIGH — высоких частот (2 000—20 000 кГц); шкалы грубой и точной установки частоты прибора; ручка корректора для проверки шкалы измерительного гетеродина по опорным точкам кварцевого генератора; ручка регулировки усиления GAIN.

Подготовка прибора к работе и коррекция его. Прежде чем приступить к измерению, корректируют измерительный гетеродин по кварцевому генератору на частоте, близкой к измеряемой.

Для этого нужно определить по градуировочным таблицам, прилагаемым к прибору, в каком диапазоне находится измеряемая частота, и поставить переключатель FREQ. BAND в соответствующее положение для низких или высоких частот; найти по таблице опорную точку кварца вблизи измеряемой частоты (красная строка сверху страницы); поставить ручку измерительного гетеродина в соответствующее положение шкалы; установить выключатель питания в положение ON — включено, а переключатель рода работы — в положение XTAL CHECK, при этом в телефонах, вставленных в гнезда PHONES, должен быть слышен тон. Вращением ручки корректора CORRECTOR нужно добиться исчезновения звука в телефонах. Это и будет соответствовать точной установке измерительного гетеродина на выбранную частоту (опорную точку) кварца.

Проверку шкалы измерительного гетеродина можно осуществить во многих точках диапазона путем использования основной частоты и гармоник одного или обоих генераторов. Когда измерительный гетеродин корректируется по кварцевому генератору, обнаруживается много точек с нулевыми биениями, не отмеченных в градуировочной таблице.

В большинстве случаев интенсивность тона в этих точках очень мала. Однако во избежание ошибок в градуировочных таблицах основные опорные точки помечены звездочками.

В той же таблице приведены мощности на выходе и номера гармоник измерительного гетеродина и кварца, с которыми получаются эти точки, как это показано в приводимой ниже таблице.

Таблица 2

Точки биений в кгц	Гармоника измерительного гетеродина	Гармоника кварца	Мощность на выходе в мвт
125,00	8	1	29,0
128,21	39	5	0,4
129,03	31	4	2,6
131,57	38	5	1,0
133,33	15	2	17,0
135,15	37	5	0,9

И т. д.

Проверка градуировки передатчика. Метод проверки частотной градуировки передатчика заключается в получении нулевых биений между частотой передатчика и частотой измерительного гетеродина. Определение нулевых биений осуществляется прослушиванием их в телефон, включенный в гнезда PHONES.

При проверке градуировки передатчика нужно прокорректировать измерительный гетеродин по опорной точке кварцевого генератора вблизи проверяемой частоты передатчика; поставить переключатель рода работы в положение HET. OSC; поставить ручку установки частоты на нужное деление шкалы (при этом уже нельзя трогать ручку корректора); установить надлежащую связь прибора с передатчиком и подстроить передатчик до получения слышимого тона биений в телефоне; установить ручку усиления GAIN на желаемую громкость тона биений и подстроить передатчик до получения нулевых биений.

Для большей точности проверки градуировки передатчика все операции должны производиться в возможно короткий срок, чтобы избежать погрешностей при градуировке, которые могут возникнуть вследствие изменения температуры или изменения напряжения источников питания прибора.

Проверка градуировки приемников. Проверка градуировки приемников состоит в настройке приемника на соответствующую частоту измерительного гетеродина и в прослушивании тона биений в телефон, включенный в выходную цепь приемника.

Для проверки градуировки приемника в режиме приема немодулированных сигналов необходимо выполнить следу-

ющие операции: прокорректировать гетеродин по опорной точке кварцевого генератора вблизи проверяемой частоты; поставить переключатель рода работы в положение НЕТ. OSC и включить телефон на выход приемника; ручкой настройки установить частоту гетеродина, соответствующую частоте проверяемой точки приемника; установить необходимую связь прибора с приемником; подстроить приемник до получения слышимого тона биений в телефоне; точной настройкой приемника добиться получения нулевых биений; по таблицам градуировки гетеродина определить величину погрешности выбранной точки градуировки приемника.

Для проверки градуировки приемника в режиме приема модулированных сигналов нужно прокорректировать гетеродин по опорной точке кварцевого генератора вблизи проверяемой частоты; ручкой настройки установить частоту гетеродина, соответствующую частоте проверяемой точки приемника; поставить переключатель рода работы в положение НЕТ. OSC; включить местный передатчик, который мог бы работать в режиме модулированных и немодулированных колебаний в пределах градуируемой частоты; в режиме немодулированных колебаний нужно настроить его по методу нулевых биений на частоту измерительного гетеродина; включив телефон на выход приемника, перевести местный передатчик в режим работы модулированных колебаний и настроить приемник до получения максимальной слышимости; по таблицам градуировки гетеродина определять величину погрешности выбранной точки градуировки приемника.

Измерение частоты внешних источников. При помощи прибора ВС-221 можно произвести измерение частоты внешних источников высокочастотных колебаний. Например, можно точно измерить частоту близлежащего передатчика или генератора. При измерении могут быть два случая: а) когда частота внешнего источника приблизительно известна, т. е. требуется только уточнить ее значение, и б) когда частота внешнего источника неизвестна и нужно ее определить.

В первом случае поступают следующим образом. Вначале корректируют гетеродин по опорной точке кварцевого генератора вблизи измеряемой частоты, затем к прибору присоединяется антенна для приема радиоволны передатчика, частоту которого необходимо определить. Настройкой гетеродина добиваются получения нулевых биений, прослушиваемых в телефоне, включенном в прибор ВС-221. Результаты измерений определяют по градуировочной таблице прибора.

Во втором случае приблизительное значение частоты определяют сначала при помощи градуированного радиоприем-

ника или обычного волномера, а точное ее значение находят так, как указано выше.

В том случае, когда нужно определить частоту внешнего источника, удаленного на значительное расстояние от места измерения, т. е. когда величина сигнала недостаточна для непосредственного воздействия на прибор, сигнал удаленного передатчика или принимается на заранее отградуированный приемник или предварительно усиливается, а затем точное значение частоты определяется одним из вышеуказанных способов.

Эксплуатация прибора. Перед измерением все элементы прибора нужно тщательно осмотреть и устранить имеющиеся неисправности. В нормальных условиях прибор работает со штыревой (не более 1 м) антенной. При установлении связи прибора с передатчиком или приемником антенну прибора необходимо расположить параллельно антеннам испытываемых объектов.

Никогда не следует соединять прибор непосредственно с приемником или передатчиком.

В случае, когда не может быть применена штыревая антенна, например в полете, допускается использование любого гибкого изолированного проводника. При работе с такой антенной следует предохранять ее от соприкосновения с окружающими предметами и с заземленными проводами.

После измерений или при переноске прибор должен быть уложен в упаковочный чехол, а лампы расставлены по своим гнездам.

От соблюдения правил эксплуатации и бережного обращения с прибором зависят точность измерений и безотказность в работе.

ИЗМЕРЕНИЕ ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ

Измерение звуковых частот можно произвести при помощи вибрационных частотомеров, осциллографа, мостиковых схем, сравнением измеряемой частоты с эталоном частоты, а также методом заряда и разряда конденсатора.

Вибрационный частотомер, принцип устройства которого изображен на рис. 47, состоит из электромагнита *М*, по обмотке которого пропускается ток измеряемой частоты, и стальной пластинки *П*, укрепленной на основании *О*. Конец пластинки *П* загнут под прямым углом и окрашен белой краской.

Если пластинку *П* оттянуть за свободный конец и затем отпустить, то некоторое время она будет совершать колебания. Такие колебания называются собственными или свобод-

ными. Частота свободных колебаний зависит от длины и толщины пластинки.

Прибор имеет ряд пластинок, подобранных так, чтобы частота свободных колебаний каждой из них соответствовала различному числу полупериодов тока.

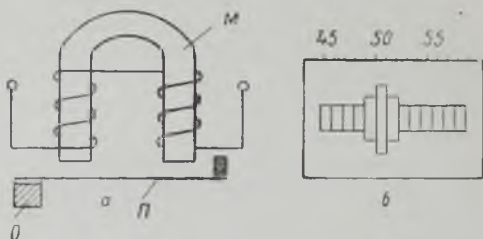


Рис. 47. Схематическое изображение устройства вибрационного частотомера

При присоединении обмотки электромагнита к источнику тока измеряемой частоты пластинки Π будут периодически притягиваться, т. е. совершать колебания. С наибольшей амплитудой будет колебаться та из них, частота собственных колебаний которой в два раза больше частоты тока. Колебания пластинок наблюдаются через окошечко прибора (рис. 47, б), на шкале которого нанесены деления и цифры для определения частоты переменного тока.

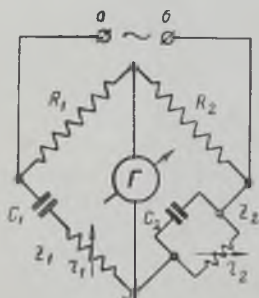


Рис. 48. Принципиальная схема мостикового частотомера

Вибрационные частотомеры рассчитаны на небольшой диапазон частот (до 1 500 гц) и потребляют значительную мощность. Поэтому они не могут быть использованы для измерения частот маломощных источников тока.

Мостиковые частотомеры позволяют измерять частоты до 10 000 гц. Принципиальная схема моста для измерения частоты изображена на рис. 48. В схеме моста два плеча составлены из активных сопротивлений R_1 и R_2 , третье плечо — из емкости C_1 , включенной последовательно с сопротивлением r_1 , и четвертое — из параллельного соединения емкости C_2 с сопротивлением r_2 . В одну диагональ моста включен индикатор (гальванометр) равновесия плеч моста, в другую — источник тока измеряемой частоты.

Из теории переменного тока известно, что равновесие моста можно получить при следующем соотношении между полными сопротивлениями плеч моста:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{Z_1}{Z_2}.$$

Подставляя вместо Z_1 и Z_2 их значения, получим два уравнения:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{r_1}{r_2} + \frac{C_2}{C_1} \quad \text{и} \quad f^2 = \frac{1}{4\pi^2} \cdot \frac{1}{r_1 r_2 C_1 C_2},$$

которые связывают элементы, входящие в плечи моста, с частотой.

Выполняя r_1 и r_2 переменными, а величины R_1 , R_2 , C_1 и C_2 — удовлетворяющими определенным условиям, можно использовать схему моста для измерения частот. Переменные сопротивления r_1 и r_2 обычно градуируются по частоте.

Недостаток мостиковой схемы заключается в сложности манипулирования при измерении частот, а также в том, что она не дает непосредственного отсчета и пригодна только для определения частоты синусоидальных колебаний.

Измерение звуковых частот методом сравнения с эталоном частоты (камертоном) занимает много времени и требует большого количества эталонных камертонов.

Измерение частот электронным осциллографом по фигурам Лиссажу (подробнее см. в главе VI) требует громоздкого и сложного оборудования.

Резонансный способ измерения тональных частот не используется в силу сложности изготовления колебательных контуров на звуковых частотах.

В настоящее время широкое распространение получил метод измерения звуковых частот, основанный на заряде и разряде конденсаторов.

Сущность этого метода заключается в следующем. Если заряжать или разряжать конденсатор с частотой F_1 , то количество электричества, протекающего через цепь в 1 секунду, т. е. постоянная составляющая тока $I =$ заряда (или разряда), определяется выражением

$$I = CUF,$$

где C — емкость конденсатора в фарадах;

U — напряжение на конденсаторе до разряда в вольтах;

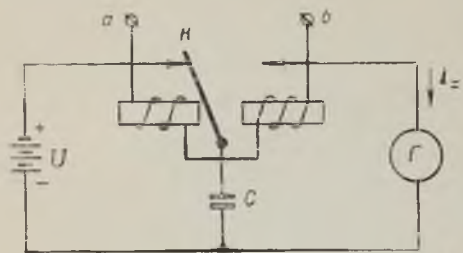
F — частота заряда в герцах.

Если величины C и U при заряде и разряде сохраняют неизменные значения, то между F и I устанавливается

прямая пропорциональность, что позволяет по величине I определить искомую частоту F :

$$F = \frac{I}{CU}.$$

Заряд конденсатора от источника напряжения и его разряд через прибор можно осуществить по схеме (рис. 49), где U — источник напряжения; C — емкость конденсатора;



Γ — гальванометр, регистрирующий ток разряда; K — механический переключатель заряда и разряда, работающий под действием напряжения измеряемой частоты, которая подводится к клеммам ab . Недостатком схемы является наличие механического переключателя, из-за которого этот способ при-

Рис. 49. Принципиальная схема измерения частоты методом заряда и разряда конденсатора

годен для измерения сравнительно низких частот (до 150 — 200 гц).

Для расширения пределов измерения частот переключатель K заменяется электронным коммутатором-лампой.

На рис. 50 представлена принципиальная схема, где B_a — источник питания анодной цепи лампы; L — лампа (пентод), выполняющая роль переключателя заряда и разряда конденсатора C ; B_c — детекторное устройство, включенное последовательно с емкостью C и состоящее из четырех купроксных выпрямителей (цвипекторов), собранных по схеме Греча, Γ — гальванометр для регистрации токов заряда и разряда конденсатора; B_c — батарея напряжения смещения на сетку лампы.

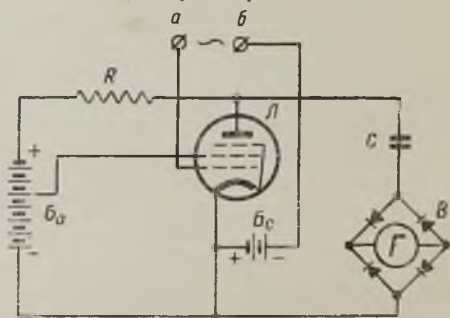


Рис. 50. Принципиальная схема измерения частоты с использованием электронной коммутации заряда и разряда конденсатора

Действие схемы происходит в следующем порядке. Напряжение измеряемой частоты подводится к клеммам ab . При отрицательном полупериоде напряжения на

сетке лампа заперта, конденсатор C заряжается через сопротивление R от источника постоянного напряжения B_1 .

При положительном полупериоде на сетке лампа отпирается, и конденсатор C разряжается через лампу.

Так как ток через гальванометр при заряде и разряде проходит в одном направлении, его шкалу можно проградуировать в значениях измеряемой частоты.

Чтобы разряд конденсатора происходил полностью, сопротивление R должно быть во много раз больше внутреннего сопротивления лампы R_l . Однако заряд конденсатора до напряжения батареи и его полный разряд требуют определенное время, поэтому схема при разных частотах имеет различную степень точности. Необходимо, чтобы заряд конденсатора, как и разряд его через лампу, занимал менее половины периода наиболее высокой измеряемой частоты, поэтому для получения удовлетворительной точности измерения требуется хорошее согласование элементов схемы.

Если время полупериодов исследуемого напряжения неодинаково, может получиться так, что в течение более короткого полупериода конденсатор не успеет зарядиться до нужных пределов, т. е. показания прибора будут зависимыми от формы исследуемых колебаний.

При надлежащем подборе элементов схемы и использовании ламп, имеющих большую крутизну характеристики (этим требованиям удовлетворяет пентод), такой метод измерения частоты дает возможность изготовить частотомер для измерения частот до 10^5 гц с малой погрешностью, зависящей от формы кривой измеряемого напряжения.

Измеритель частоты ИЧ-1

Измеритель частоты используется главным образом для проверки стабильности частоты генераторов и приемников и для определения величины отклонения частоты от номинальной.

В устройстве применен метод измерения частоты, основанный на заряде конденсатора.

Весь диапазон измеряемых частот (10—10 000 гц) перекрывается пятью поддиапазонами: 1) от 10 до 100 гц, 2) от 30 до 300 гц, 3) от 100 до 1 000 гц, 4) от 300 до 3 000 гц и 5) от 1 000 до 10 000 гц. Все шкалы прибора равномерные.

Точность измерений в первой половине каждого поддиапазона $\pm 2\%$ от шкалы прибора, во второй половине — $\pm 4\%$ от измеряемой величины.

Входное напряжение допускается в пределах 0,5—200 в. Активная составляющая входного сопротивления прибора не менее 0,2 мгом, входная емкость — не более 50 мкмкф.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока 110, 127 или 220 в. Переход на то или иное напряжение питания производится переключателем первичной обмотки трансформатора. Допускается колебание напряжения сети на $\pm 10\%$ от номинальной величины.

На передней панели прибора (рис. 51) расположены: *а* — гальванометр, по которому производится отсчет частоты; *б* — кнопка для проверки входного напряжения; *в* — ручка переключения гальванометра для отсчета частоты и контроля анодного напряжения; *г* — ручка установки нуля гальвано-

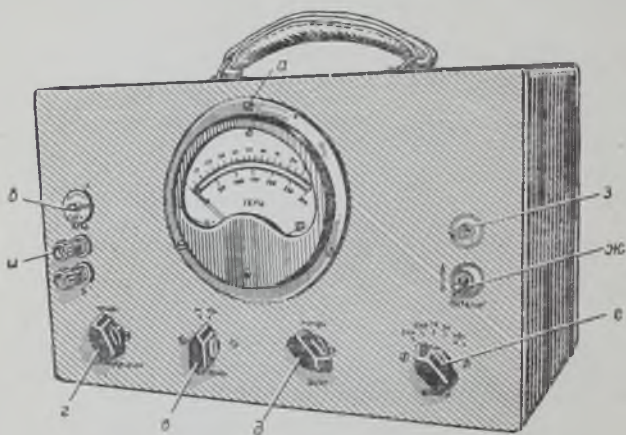


Рис. 51. Внешний вид прибора ИЧ-1

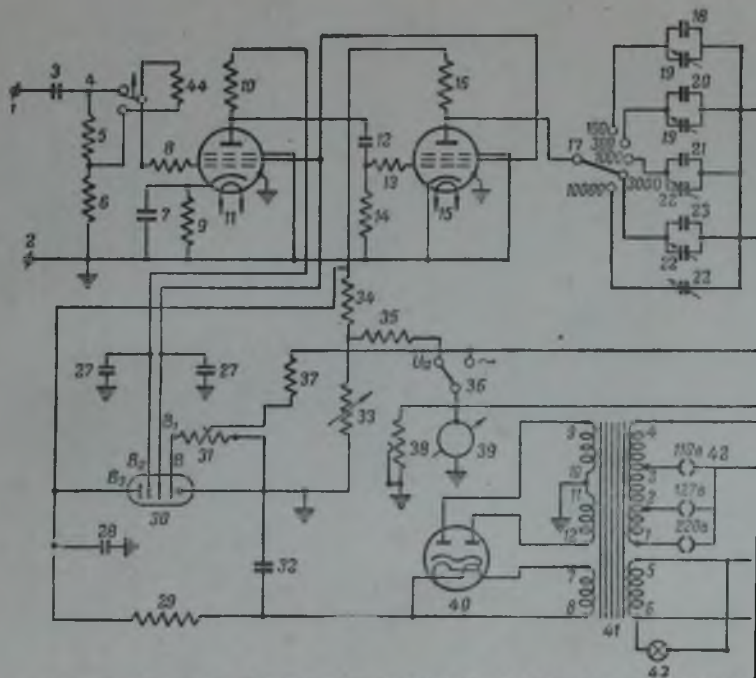
метра; *д* — ручка шунта к гальванометру; *е* — ручка переключателя диапазонов; *ж* — выключатель напряжения сети; *з* — индикаторная лампочка; *и* — клеммы входа.

На задней стороне прибора помещены фишка питания и штепсельный переключатель обмоток трансформатора на то или иное напряжение сети и предохранитель.

Схема прибора (рис. 52) состоит из двухкаскадного реостатного усилителя низкой частоты, работающего на лампах 6Ж7. Усилитель на выходе нагружен на конденсатор, который соединен последовательно с гальванометром и диодным выпрямителем (лампа 6Х6).

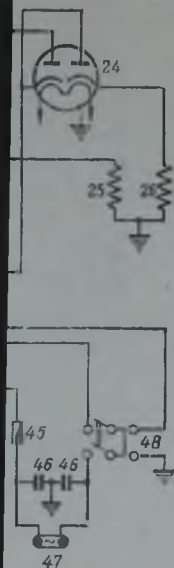
Питание прибора осуществляется от выпрямителя, работающего по двухполупериодной схеме на лампе 5Ц4С, с неоновым стабилизатором СГ-226.

Напряжение измеряемой частоты подается на вход прибора (клеммы 1 и 2), усиливается первым каскадом и поступает на управляющую сетку лампы второго каскада,



тензочет, шунтирующий гальванометр, $r_n 12\,000\ \text{ом}$; B_2 — гальванометр на 160 мкА; B_1 — индикаторная лампа на 6,3 в; 42 — переключатель сетевого напряжения; 43 — конденсатор 0,02 мкФ; 47 — колодки питания;

**Рис. 52. Принципиальная
схема прибора ИЧ-1:**



1 — зажим входа; 2 — зажим земли;
3 — конденсатор входа 0,5 мкФ; 4 — переключатель контроля входа; 5 — сопротивление утечки 70 000 ом; 6 — сопротивление утечки 250 000 ом; 7 — конденсатор блокировочный 10 мкФ; 8 — сопротивление ограничения сеточного тока 70 000 ом; 9 — сопротивление смещения на сетку 15 000 ом; 10 — сопротивление 200 000 ом; 11 — лампа усилителя первого каскада типа 6Ж7; 12 — конденсатор педальный 40 000 мкФ; 13 — сопротивление ограничения сеточного тока 15 000 ом; 14 — сопротивление утечки 2 мгом; 15 — лампа усилителя второго каскада типа 6Ж7; 16 — сопротивление 100 000 ом; 17 — переключатель диапазонов; 18 — конденсатор диапазона 5 000 мкФ; 19 — конденсатор подстроечный 200 мкФ; 20 — конденсатор диапазона 1 500 мкФ; 21 — конденсатор диапазона 500 мкФ; 22 — конденсатор подстроечный 100 мкФ; 23 — конденсатор диапазона 125 мкФ; 24 — лампа детектора типа 6Х6; 25 — сопротивление 20 000 ом; 26 — сопротивление 20 000 ом; 27 — конденсатор 1,0 мкФ; 28 — конденсатор 10 мкФ; 29 — сопротивление 5 000 ом; 30 — неоновый стабилизатор СГ-226; 31 — потенциометр установки нуля на 12 000 ом; 32 — конденсатор фильтра 4 мкФ; 33 — сопротивление 290 ом; 34 — сопротивление 100 000 ом; 35 — сопротивление 5 000 ом; 36 — переключатель гальванометра; 37 — сопротивление компенсации 4 мгом; 38 — по-

40 — выпрямительная лампа 5Ц4С; 41 — трансформатор (сило-
44 — сопротивление 250 000 ом; 45 — предохранитель на 1 а;
46 — выключатель питания

в анодную цепь которого включен конденсаторный блок, состоящий из емкостей 18—22 для различных поддиапазонов измеряемых частот.

Напряжение на конденсаторах измеряется диодным вольтметром. В качестве индикатора используется гальванометр 39 на 100 мка. Для компенсации начального тока диода при отсутствии подлежащего выпрямлению напряжения схема вольтметра выполнена в виде моста, два плеча которого составлены диодами лампы 6Х6, включенными навстречу, два других плеча составлены из сопротивлений 25 и 26. Для подгонки полной компенсации в схеме используется потенциометр 31, подающий через сопротивление 37 дополнительный компенсирующий ток.

Для избежания ошибок при измерении частоты, возникающих вследствие изменения анодного напряжения, выпрямитель снабжен неоновым стабилизатором, работающим на лампе СГ-226. Контроль за анодным напряжением осуществляется тем же гальванометром 39, в цепь которого включается дополнительное сопротивление 35, а подгонка нужного напряжения осуществляется сопротивлением 33.

Для получения устойчивой работы прибора анодные цепи ламп усилителя питаются от различных секций стабилизатора.

Работа с прибором. Перед измерением необходимо:

- 1) проверить наличие ламп в приборе и их установку;
- 2) штепсельный переключатель напряжения сети поставить в соответствующее гнездо;
- 3) механическим корректором установить стрелку прибора на нуль;
- 4) вставить вилку шнура питания в штепсельную розетку сети и включить тумблером питание (при этом должна загореться индикаторная лампочка);
- 5) дать прибору прогреться в течение 10 минут;
- 6) поставить переключатель «контроль» в положение «V_a» и ручкой «шунт» установить стрелку гальванометра на красную риску;
- 7) перевести переключатель в положение «~» и ручкой «установка нуля» поставить стрелку гальванометра на нуль.

Для измерения частоты необходимо подать на вход исследуемое напряжение, при этом стрелка прибора должна отклониться.

Наблюдая за положением стрелки гальванометра, нужно нажать кнопку «вход». Если напряжение на входе прибора достаточно, стрелка гальванометра останется на месте, если же напряжение входа мало, показания гальванометра при нажатии кнопки уменьшатся.

Допустимым минимальным напряжением входа считается такое, при котором отклонение стрелки гальванометра при нажатии кнопки изменяется не более чем на 1—2% (не следует обращать внимание на резкие отклонения стрелки при переключении).

Убедившись в том, что входное напряжение обеспечивает необходимую точность измерения, можно сделать отсчет частоты, который производится по верхней шкале для частот 100—1 000 и 1 000—10 000 гц и по нижней шкале для 300 и 3 000 гц. Дальнейшим развитием прибора ИЧ-1 являются приборы типа ИЧ-2 и ИЧ-10, предназначенные для тех же целей.

По своим техническим характеристикам они незначительно отличаются от ИЧ-1.

Глава V

ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ

Общие понятия

Величина мощности постоянного тока может быть определена по следующим формулам:

$$P = I^2 R, \quad P = UI, \quad P = \frac{U^2}{R},$$

где P — мощность в ваттах;
 I — сила тока в амперах;
 U — напряжение в вольтах.

Мощность постоянного тока может быть измерена при помощи амперметра и вольтметра постоянного тока. Более сложно измерение мощности в цепях переменного тока, в которых, как и в цепях постоянного тока, потребителем мощности является активное сопротивление. В реактивных же сопротивлениях (емкостных и индуктивных) мощность не расходуется.

Величина мощности переменного тока определяется формулами:

$$P = I^2 R, \quad P = UI \cos \varphi,$$

где P — мощность в ваттах;
 I — действующее значение силы тока в амперах;
 R — активное сопротивление в омах;
 U — действующее значение напряжения в вольтах;
 φ — фазовый угол между током и напряжением.

Из формул следует, что основная задача при измерении мощности переменного тока сводится к определению активного сопротивления R или к определению фазового угла φ .

Опуская вопросы измерения мощности в цепях постоянного и переменного тока промышленной частоты, остановимся на рассмотрении методов измерения мощности в цепях высокой частоты.

ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ В ДИАПАЗОНЕ ВЫСОКИХ И УЛЬТРАВЫСОКИХ ЧАСТОТ

Мощность, излучаемая передатчиком, является важной характеристикой его работы. Мощность, выделяемая приемником или усилителем на полезной нагрузке, также является важной характеристикой работы этих устройств.

Отклонение от заданной величины мощности не должно превышать нескольких процентов. Если мощность уменьшится выше допустимого процента, то может нарушиться связь или уменьшиться радиус действия передатчика. Отклонение от нормальной мощности, выделяемой приемником или усилителем, также может вызвать нарушение работы.

Для измерения мощности пользуются несколькими методами.

Измерение мощности по действующему значению тока и активному сопротивлению цепи

В этом случае потребляемая мощность равна I^2R . Этот метод дает удовлетворительные результаты в широком диапазоне частот, так как величина активного сопротивления цепи может быть определена достаточно точно. Для измерения величины тока применяются тепловые или термоэлектрические амперметры, которыми можно пользоваться только при частотах до 200 мГц, поэтому для измерения мощности в диапазоне дециметровых и сантиметровых волн этот метод не годится.

Фотометрический метод

Сущность его заключается в следующем.

Вместо эквивалента антенны передатчик нагружается на лампу (или несколько ламп) накаливания. Яркость свечения



Рис. 53. Схема определения мощности, излучаемой передатчиком, фотометрическим методом

одной лампы сравнивается с яркостью другой, потребляемая мощность которой известна. Принципиальная схема измерения мощности фотометрическим методом изображена на рис. 53.

Фотометр представляет собой ящик, разделенный на две равные части светонепроницаемой перегородкой. Передней стенкой ящика служит матовое стекло. Внутри каждой половины ящика устанавливают по одинаковой лампочке накаливания. Выбор мощности ламп зависит от измеряемой мощности передатчика.

Одна из ламп питается током высокой частоты измеряемого передатчика, другая — от аккумуляторов или другого источника. При одинаковой яркости ламп матовое стекло будет освещено равномерно, следовательно, мощности, подводимые к лампам, будут одинаковы. Зная мощ-

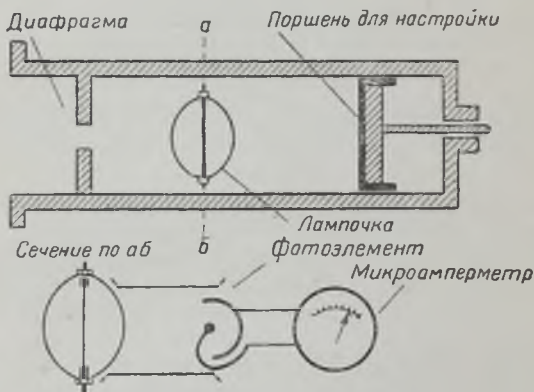


Рис. 54. Принципиальная схема фотометрического измерителя мощности для волны 30 см

ность, подводимую к лампе, питаемой от постоянного тока, легко определить и мощность передатчика.

Фотометр может быть заранее отградуирован в ваттах на постоянном или переменном токе в зависимости от напряжения, подводимого от источника тока к лампе.

Недостатком этого метода является неточность измерения, получающаяся вследствие наличия емкости между цоколем и нитью лампы, некоторой индуктивности нити накала, а также вследствие субъективной оценки равномерности освещения.

Преимущество этого метода заключается в простоте и в возможности измерения мощностей от долей ватта (лампочки карманного фонаря) до десятков или сотен ватт при больших лампах накаливания.

Для расширения диапазона частот в фотометре используют софитные бесцокольные лампочки с прямой нитью накала. Применение их позволяет расширить диапазон частот до 300 мГц. Для частоты выше 300 мГц, когда длина нити

лампы накаливания и проводов питания становится соизмеримой с длиной волны, точность измерения резко уменьшается.

Для измерения мощности в диапазоне сантиметровых волн применяется волноводное устройство со специально сконструированной лампочкой накаливания, имеющей очень короткую нить. На рис. 54 изображена принципиальная схема фотометрического измерителя мощности для волны 30 см. Настройка камеры волновода металлическим поршнем, создают в области расположения лампочки пучность напряжения. Яркость нити измеряется при помощи фотоэлемента и микроамперметра, который градуируется в ваттах измеряемой мощности.

Болометрический метод

Болометр представляет собой индикаторную лампочку, имеющую прямую нить накаливания из вольфрама, помещенную в стеклянный баллон, который имеет вакуум до 10^{-5} — 10^{-6} мм рт. ст. В зависимости от величины потребляемой мощности сопротивление нити лампы меняется. Изменяя сопротивление нити омметром, присоединенным параллельно линии, можно измерять и мощность. Зависимость

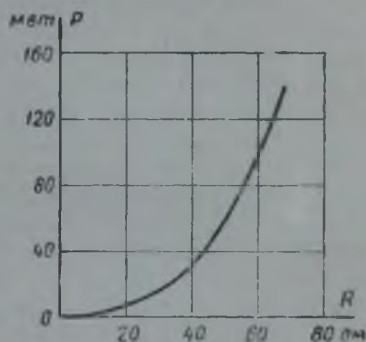


Рис. 55. Характеристика болометра

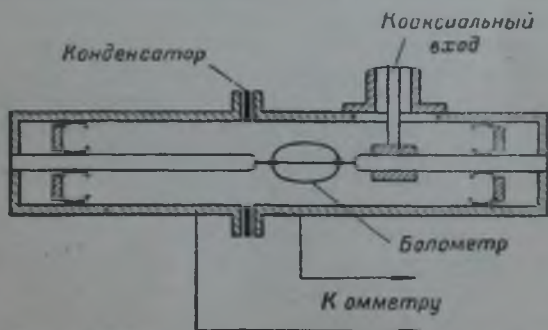


Рис. 56. Болометрический измеритель мощности

сопротивления болометра от поглощаемой мощности называется характеристикой болометра. На рис. 55 представлена характеристика болометра для лампы, имеющей нить дли-

ной 8 мм и диаметром 0,01 мм, снятая при постоянном токе.

На рис. 56 изображена схема измерителя мощности, пригодная для диапазона 500—2 000 мГц ($\lambda = 15 \div 60$ см). В этой схеме лампа образует часть внутреннего проводника коаксиальной линии, используемой в качестве контура. Внешний проводник линии разрезан на две части, соединенные между собой через конденсатор, сопротивление которого для токов высокой частоты мало. Таким образом, для постоянного тока нить лампы образует единственный путь между половинками внешнего провода. От этих половинок сделаны выводы к омметру, при помощи которого измеряется сопротивление нити. Линия (контур) настраивается в резонанс при помощи двух подвижных поршней, которые устанавливаются так, чтобы эквивалентная длина контура была равна длине волны λ . В этом случае лампа окажется в пучности тока. Измеряемая мощность подводится к прибору через коаксиальный кабель.

Болометрический метод измерения мощности пригоден только для измерения очень малых мощностей (порядка 10^{-4} вт). Для измерения же больших мощностей используется делитель напряжений, с которого часть напряжения подводится к болометру.

Калориметрический метод

Этот метод используется при измерении мощностей выше 1 квт. Сущность его заключается в том, что измеряемая мощность поглощается потоком воды, протекающей с постоянной скоростью. Термoeлементами измеряется температура воды, поступающая в калориметр и выходящая из него. По разности температур определяется поглощаемая мощность. Калориметрический метод измерения мощности пригоден для частот до 30 000 мГц ($\lambda = 1$ см). Для таких высоких частот труба, по которой протекает вода, поглощающая мощность, представляет собой волновод, по длине которого укладывается несколько волн (для более полного поглощения мощности). Волновод имеет приспособление для согласования нагрузки с испытываемым генератором.

Глава VI

ЭЛЕКТРОННЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

Общие сведения

Осциллографом называется самопишущий прибор, служащий для записи мгновенных значений электрических величин переменного тока.

✓ Осциллограф находит широкое применение в измерительной технике. Например, измерения, связанные с исследованием формы токов и напряжений, могут быть воспроизведены только при помощи его. Возможность визуального наблюдения исследуемых процессов делает этот прибор незаменимым в радиоизмерительной технике.

Осциллографы разделяются на две группы — инерционные и безинерционные.

К инерционным относятся шлейфные осциллографы, а к безинерционным — электронные.

В основе устройства шлейфных осциллографов лежит принцип взаимодействия между электрическим током и магнитным полем. В качестве подвижной системы, регистрирующей исследуемое явление, применяется так называемый шлейф.

Обладая некоторой массой, а следовательно, и инерцией, шлейфные осциллографы не могут регистрировать процессы, происходящие с частотой выше 10—15 тыс. гц. Шлейфные осциллографы применяются главным образом для исследования процессов в цепях тока низкой частоты.

В электронных (безинерционных) осциллографах используется свойство электронного луча отклоняться под действием электрического или магнитного поля. Узкий пучок этих лучей падает на флуоресцирующий экран, создавая в месте падения светлое пятно. Так как регистрирующим элементом является электронный луч, практически не имеющий массы, то перемещение его происходит мгновенно. Эти приборы позволяют наблюдать колебания тока или напряжения высокой частоты.

Электронные осциллографы в настоящее время пользуются широким распространением во многих областях науки и техники.

В радиотехнике электронные осциллографы применяются для измерения амплитуды переменного напряжения и тока; исследования модулированных колебаний и измерения коэффициента модуляции; определения фазовых сдвигов в цепях переменного тока; измерения частоты; исследования частотных, амплитудных и фазовых характеристик различных радиоустройств, а также нестационарных явлений в электрических цепях.

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛЛОГРАФА

Электронный осциллограф состоит из следующих основных частей: электронно-лучевой трубки, устройства для развертки исследуемых электрических процессов, приспособления для записывания или фотографирования осциллограмм.

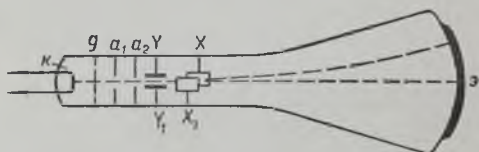


Рис. 57. Схематическое изображение электронно-лучевой трубки

Электронно-лучевая трубка представляет собой стеклянную колбу, имеющую высокий вакуум, в которой размещены катод и электроды, фокусирующие электронный луч и управляющие им.

Схематическое изображение электронно-лучевой трубки показано на рис. 57, где:

K — катод, излучающий электроны;

g — управляющий электрод, регулирующий интенсивность электронного потока и яркость изображения; на управляющий электрод подается отрицательное по отношению к катоду напряжение (10—40 в);

a_1 — первый анод, который выполняется в виде диафрагмы с круглым отверстием, предназначенной для получения из проходящего электронного потока узкого луча; на этот электрод подается положительное напряжение порядка 200—400 в;

a_2 —второй анод, имеющий вид диафрагмы с отверстием; назначение его — создавать большое электрическое поле для увеличения скорости электронов, испускаемых катодом; на анод подается положительное относительно катода напряжение порядка 1 200—1 400 в; последние три электрода при подводимых к ним напряжениях представляют собой так называемую электростатическую линзу, дающую возможность фокусировать электронный луч;

X_1, X — горизонтально отклоняющие и

Y_1, Y — вертикально отклоняющие пластины, предназначенные для отклонения электронного луча в горизонтальном и вертикальном направлениях;

$Э$ — экран, покрытый флуоресцирующим составом.

Электроны, вылетающие из раскаленного катода, ускоряют свое движение под влиянием электрического поля анодов a_1 и a_2 и попадают на экран в виде узкого луча. Ударяясь об экран, покрытый флуоресцирующим веществом, электроны в месте падения вызывают свечение экрана. Интенсивность свечения зависит от свойств экрана и от интенсивности электронного луча. Размеры светящейся точки на экране определяются качеством фокусировки. Фокусировка электронного луча осуществляется путем изменения напряжения, подводимого к анодам a_1 и a_2 .

Электронно-лучевые трубки в зависимости от назначения изготавливаются различных размеров. Наиболее употребительные в измерительной технике экраны имеют диаметры 76, 127 и 177 мм.

Цвет пятна на экране трубки бывает различным и зависит от состава флуоресцирующего слоя.

Фокусировка электронного луча

Фокусировка электронного луча осуществляется при помощи двух электростатических линз, которые образуются путем создания соответствующей конфигурации электрических полей между управляющим электродом и первым анодом, а также между первым и вторым анодами. Для этой цели электродам q, a_1 и a_2 придается специальная форма. На рис. 58 изображена принципиальная схема управления фокусировкой в электронно-лучевой трубке. Управляющий электрод выполняет две основные функции: во-первых, концентрирует поток электронов в узкий луч и, во-вторых, дает возможность регулировать поток электронов, проходящих через отверстие управляющего электрода, т. е. регулирует яркость изображения на экране. Концентрация электронов в узкий луч осуществляется при помощи электростатического поля, действующего между управляющим электродом

и катодом. Количество электронов, проходящих через отверстие электрода, зависит от величины отрицательного потенциала на управляющем электроде. Чем выше отрицательный потенциал на управляющем электроде по отношению к катоду, тем меньшее количество электронов пройдет через отверстие. Следовательно, действие управляющего электрода аналогично действию управляющей сетки электронной лампы.

Первый анод располагается около управляющего электрода и имеет форму цилиндра, внутри которого помещаются диафрагмы с отверстиями. На этот электрод подается положительный относительно катода потенциал, под действием которого электроны получают ускорение.

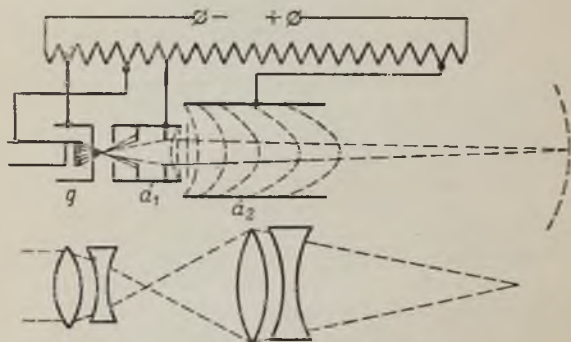


Рис. 58. Фокусировка электронного пучка; пунктирными линиями показаны эквипотенциальные поверхности. На нижнем рисунке — фокусировка светового луча при помощи оптических линз

Второй анод имеет еще больший положительный потенциал и поэтому сообщает электронам дополнительное ускорение. Расположение второго анода и его размеры по отношению к первому рассчитываются так, чтобы электростатическое поле, образующееся между анодами, фокусировало электронный луч в точках, лежащих в плоскостях экрана трубки.

Электронная оптика показывает, что электронные лучи преломляются эквипотенциальными поверхностями аналогично преломлению световых лучей поверхностями линз. На рис. 58 ряд эквипотенциальных поверхностей изображен пунктирными линиями. Электроны, проходя через эти поверхности, отклоняются к оси трубки и концентрируются в узкий луч. На этом же рисунке изображено преломление светового луча при помощи оптических линз. Управление

фокусным расстоянием достигается изменением потенциала на анодах a_1 и a_2 . Обычно регулируется напряжение на первом аноде, а так как он расположен между управляющим электродом и вторым анодом, то изменение напряжения на нем сказывается на фокусировке электронов между управляющим электродом и первым анодом и на фокусировке электронов между первым и вторым анодами. Соответствующей регулировкой напряжения можно добиться получения на экране трубки светящегося пятна малых размеров.

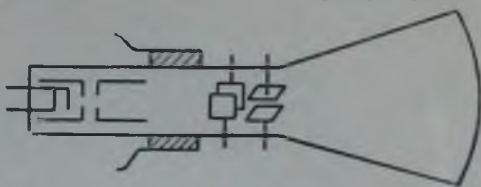


Рис. 59. Схематическое изображение электронно-лучевой трубки с магнитной фокусировкой

Фокусировка электронов может быть осуществлена и магнитным полем. В этом случае трубка имеет только первый анод. Для фокусировки на горловину трубки надевается катушка (рис. 59), питаемая постоянным током, для получения магнитного поля, силовые линии которого направлены параллельно оси трубки. Такое поле действует на движущиеся электроны подобно электростатическому и концентрирует их в узкий луч. Этот способ при надлежащем подборе величины напряженности магнитного поля может дать хорошую фокусировку.

Отклонение луча под действием напряжения на отклоняющих пластинах

Отклонение электронного луча осуществляется при помощи электрического или магнитного полей.

В первом случае используются две пары плоских пластин (конденсаторов), расположенных за вторым анодом перпендикулярно друг к другу.

Если пластинам X и X_1 от источника тока сообщить разность потенциалов, то электроны, пролетая между ними, попадут под действие электрического поля пластин. Под влиянием этого поля электронный луч будет отклоняться в сторону положительно заряженной пластины конденсатора. Отклонение будет тем сильнее, чем больше разность потенциалов между пластинами. Если знаки потенциалов на пластинах изменить на обратные, то электронный луч отклонится в другую сторону. При подаче на горизонтально отклоняющие пластины переменного напряжения (рис. 60) электронный луч будет описывать на экране светящуюся линию в горизонтальной плоскости.

Точно такое же действие будет оказывать на электронный луч электрическое поле второй пары вертикально отклоняющих пластин Y и Y_1 . Так как эти пластины распо-

ложены перпендикулярно к первой паре X, X_1 , то отклонение луча будет происходить в вертикальной плоскости.

Отклонение электронного луча под действием электрического поля определяется выражением:

$$D_x = \frac{al_x}{2U_a d_x} U_x,$$

где a — длина отклоняющих пластин вдоль оси трубки;

d_x — расстояние между ними;

l_x — расстояние от конца отклоняющих пластин до экрана;

U_a — напряжение на втором аноде;

U_x — напряжение на отклоняющих пластинах.

Величина $\frac{al_x}{2U_a d_x} = S_x$ характеризует собой чувствительность трубки и выражается в миллиметрах на вольт.

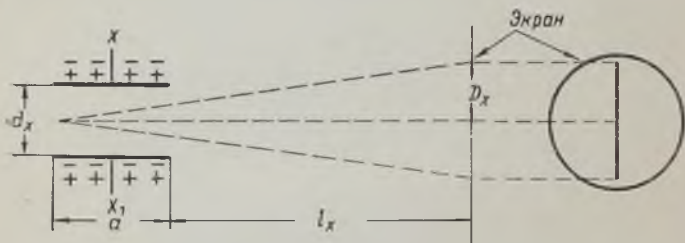


Рис. 60. Отклонение луча под действием переменного напряжения, приложенного к отклоняющим пластинам X и X_1

Чувствительность большинства электронно-лучевых трубок по отклонению лежит в пределах $0,1-0,3$ мм/в. Это означает, что для отклонения электронного луча, например, на 50 мм необходимо на отклоняющие пластины (в данном случае X, X_1) подать напряжение, изменяющееся в пределах от -250 до $+250$ в, при чувствительности $S_x = 0,1$ мм/в.

Отклонение электронного луча можно осуществить также при помощи магнитного поля, создаваемого отклоняющими катушками, через которые пропускается постоянный или переменный ток. Катушки размещаются у горловины трубки так, чтобы магнитное поле их было перпендикулярно к направлению движения электронов. В этом случае луч будет отклоняться в направлении, перпендикулярном к направлению силовых линий поля и движения электронов. Создавая двумя парами отклоняющих катушек два взаимно перпендикулярных поля, можно получить отклонение луча в двух

плоскостях. Величина отклонения луча зависит от напряженности поля, которое, в свою очередь, зависит от величины тока, протекающего по катушкам.

Выше отмечалось, что на отклоняющие пластины можно подавать переменное напряжение. Рассмотрим, чем определяется верхний предел частоты при электростатическом отклонении, при котором еще возможно отклонение электронного луча.

Время пролета электронов между отклоняющими пластинами является конечной величиной и определяется скоростью

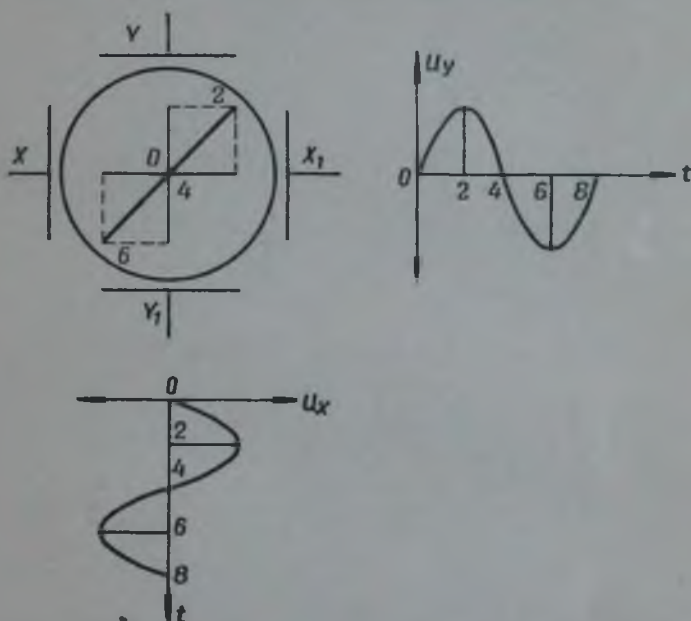


Рис. 61. Отклонение электронного луча под действием двух синусоидальных напряжений, равных по амплитуде и находящихся в фазе

электронов, полученной под действием ускоряющего поля второго анода, т. е. зависит от величины напряжения второго анода. Оказывается, что если частота напряжения, прикладываемого к отклоняющим пластинам, высока и период напряжения соизмерим с временем пролета электронов между пластинами, то луч не отклонится. Отсюда следует, что электронно-лучевая трубка не для всех частот является безинерционным прибором. Практически верхний предел частоты зависит от размеров отклоняющих пластин и величины анодного напряжения и для большинства трубок достигает 100 мГц. Для трубок с магнитным отклонением верхний предел порядка звуковых частот ввиду трудности получения сильного магнитного поля при высокой частоте.

Рассмотрим сейчас поведение электронного луча при одновременной подаче напряжений на обе пары отклоняющих пластин. Электронный луч в этом случае будет находиться под действием двух составляющих сил и отклонится в направлении их результирующей. Поведение луча зависит от соотношения амплитуд, частот и фаз напряжений, подводимых к отклоняющим пластинам.

На рис. 61 изображена картина отклонения электронного луча под действием двух синусоидальных, равных по ампли-

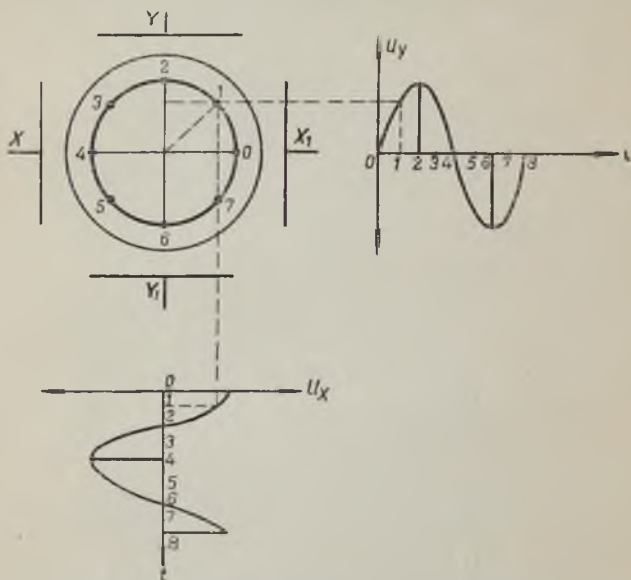


Рис. 62. Отклонение электронного луча под действием двух синусоидальных напряжений, равных по амплитуде, но сдвинутых по фазе на 90°

туде и находящихся в фазе напряжений, которые поданы одновременно на обе пары отклоняющих пластин электронно-лучевой трубки. Направление результирующего отклонения изображено жирной линией. На экране электронно-лучевой трубки появится наклоненная под углом 45° линия, длина которой зависит от амплитуды приложенного напряжения и чувствительности трубки.

Когда напряжения, подводимые к отклоняющим пластинам, сдвинуты по фазе на 90° , на экране трубки будет видна окружность, диаметр которой также зависит от чувствительности трубки и величины напряжений, подводимых к отклоняющим пластинам. Построение результирующего от-

клонения луча для различных значений времени изображено на рис. 62.

На рис. 63 показан случай, когда напряжения, подводимые к отклоняющим пластинам, сдвинуты по фазе на 45° .

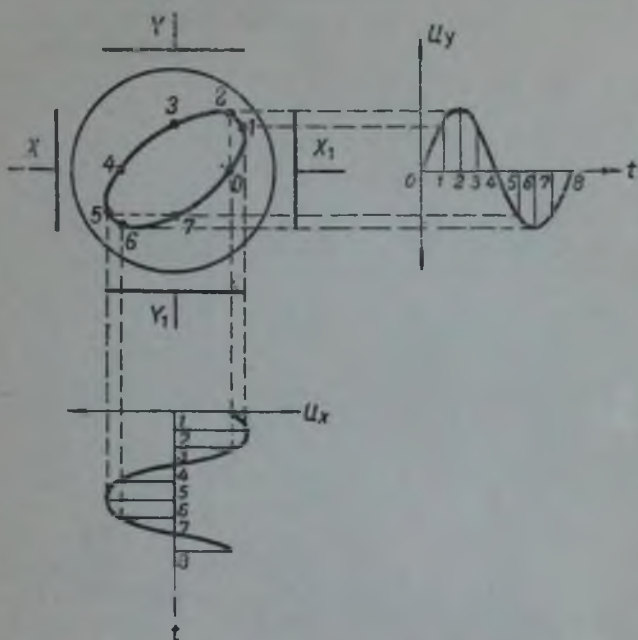


Рис. 63. Отклонение электронного луча под действием двух синусоидальных напряжений, равных по амплитуде, но сдвинутых по фазе на 45°

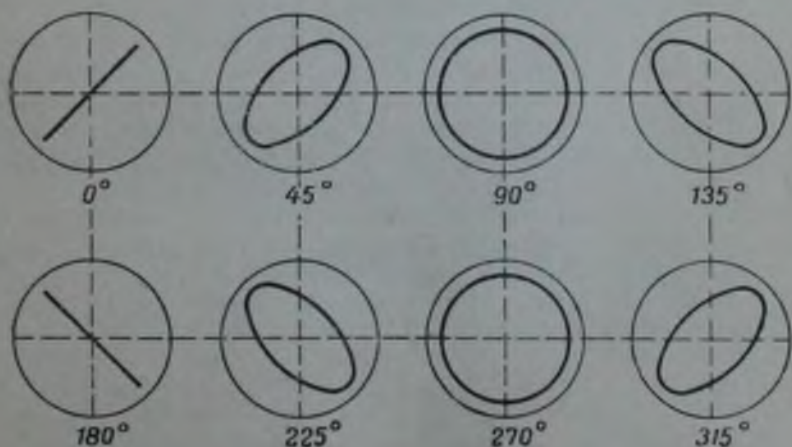


Рис. 64. Фигуры Лиссажу при равных частотах и амплитудах напряжений, подводимых к отклоняющим пластинам, но сдвинутых по фазе

Результирующие отклонения луча в этом случае имеют форму эллипса, размеры осей которого (большой и малой) также зависят от величин отклоняющих напряжений. При уменьшении фазового угла между напряжениями U_y и U_x от 45° до 0° форма эллипса сплющивается, размеры малой

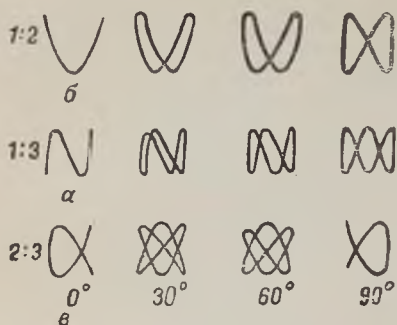


Рис. 65. Фигуры Лиссажу при различных фазовых и частотных соотношениях

оси уменьшаются, и при сдвиге фаз, равном нулю, эллипс переходит в наклонную линию.

При увеличении фазового угла от 45° до 90° малая ось эллипса постепенно увеличивается, и при сдвиге фаз, равном 90° , образуется окружность.

На рис. 64 показаны фигуры при разных фазовых углах между напряжениями, подводимыми к отклоняющим пластинам (фигуры Лиссажу). Пользуясь

электронно-лучевой трубкой, по этим фигурам можно определить фазовые соотношения между исследуемыми напряжениями.

Фигуры Лиссажу более сложной формы получаются тогда, когда напряжения, подводимые к отклоняющим пластинам, отличаются по частоте, фазе и амплитуде.

На рис. 65 изображены фигуры при различных фазовых и частотных соотношениях. Рассмотрение их показывает, что электронно-лучевая трубка может быть использована для измерения частот методом сравнения. Например, подавая на одну пару отклоняющих пластин напряжение известной частоты, а на вторую пару — напряжение от исследуемого источника неизвестной частоты, на экране трубки получим какую-то фигуру. Сопоставляя ее форму с приведенными на рисунке, можно определить частоту исследуемого источника. Точность измерения частоты указанным способом очень высока.

Развертка исследуемых напряжений

При помощи электронно-лучевой трубки можно наблюдать форму исследуемого напряжения, развернутого во времени по линейному закону, например форму синусоидального напряжения. Для этого на одну пару отклоняющих пла-

стин подается исследуемое напряжение, а на другую напряжение развертки, представляющее собой функцию времени. Оба напряжения, т. е. исследуемое и напряжение развертки, действуя на электронный луч во взаимноперпендикулярных направлениях, позволяют получить на экране изображение формы исследуемого напряжения.

Для развертки применяют напряжение синусоидальной или пилообразной формы (рис. 66). При использовании синусоидального напряжения в качестве развертывающего (ось времени) изображение формы исследуемого напряжения на экране трубки получается иска-

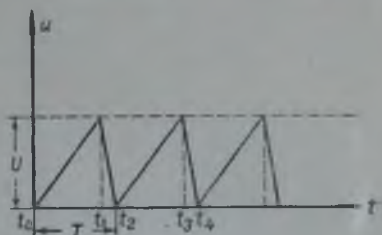


Рис. 66. Форма пилообразных колебаний

женным, так как электронный луч будет отклоняться по оси времени пропорционально $\sin \omega t$. Пилообразная форма напряжения позволяет получить перемещение луча пропорционально времени (по ли-

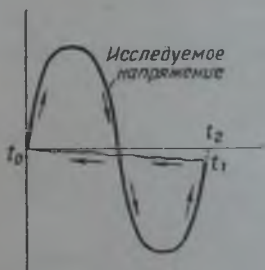


Рис. 67. Вид развернутого синусоидального напряжения на экране трубки

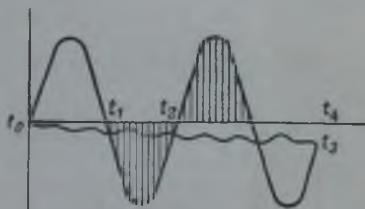


Рис. 68. Вид синусоиды, когда период развертывающего напряжения в два раза больше периода исследуемого напряжения

нейному закону) и развернуть исследуемое напряжение без искажения формы.

Для уяснения процесса развертки рассмотрим поведение электронного луча, пользуясь кривой, изображенной на рис. 66. Сначала развертывающее напряжение равно нулю (точка t_0), светлая точка на экране находится в исходном положении (центр экрана). При изменении напряжения от 0 до некоторого значения U , за время от t_0 до t_1 , светлая точка будет перемещаться по экрану с постоянной скоростью в направлении конца экрана. После этого напряжение

быстро уменьшается до нуля. Уменьшение напряжения совершается за очень малый промежуток времени $t_1 - t_2$, а затем напряжение снова начинает возрастать. Значит, и светлая точка (электронный луч), следуя этому изменению, возвратится в исходное положение, а затем снова будет перемещаться с возрастанием развертывающего напряжения. Таким образом, процесс перемещения луча (светлой точки на экране) многократно повторяется.

Время $t_1 - t_2$, в течение которого электронный луч возвращается в исходное положение, называют обратным ходом луча.

Если теперь ко второй паре пластин подвести напряжение, изменяющееся по синусоиде, то на экране трубки получим изображение синусоидального напряжения (синусонды), развернутого по времени (рис. 67). Линия $t_0 - t_1$ — обратный ход луча. Полный цикл синусонды будет только в том случае, когда время обратного хода луча равно нулю. Чтобы исследовать полный цикл, необходимо увеличить период развертывающего напряжения, сделав его кратным измеряемому, например, в два раза. В этом случае развернутое синусоидальное напряжение примет вид, показанный на рис. 68. Эта фигура позволяет исследовать форму синусоидальной кривой в течение всего периода (заштрихованная часть).

Генератор пилообразных напряжений

Для получения развертывающего напряжения пилообразной формы применяются различные генераторы пилообразных колебаний.

Мы ограничимся рассмотрением тиратронного генератора.

В схеме с тиратроном использован принцип периодического заряда конденсатора через сопротивление с последующим разрядом его через тиратрон. Чтобы развертывающее напряжение возрастало пропорционально времени, используется не полный заряд конденсатора.

Тиратрон представляет собой трехэлектродную газонаполненную лампу. При увеличении анодного напряжения внутреннее сопротивление тиратрона остается большим до тех пор, пока напряжение не достигнет потенциала зажигания. После этого сопротивление лампы падает почти до нуля (короткое замыкание). Если уменьшать анодное напряжение, то при небольшом значении его тиратрон погаснет и сопротивление вновь станет большим.

Сетка в тиратроне играет роль регулятора порога зажигания лампы. Если лампа зажглась, то изменение потенциала на сетке не изменит анодного тока и лампа не погас-

нет. Погасить лампу можно только уменьшением анодного напряжения или разрывом анодной цепи. В силу этого характеристика анодного тока тиратрона резко отличается от характеристик трехэлектродных вакуумных ламп. Анодный ток в момент зажигания тиратрона возрастает почти мгновенно (характеристика с крутым фронтом). Эта особенность тиратрона использована в генераторе пилообразных колебаний.

Принципиальная схема генератора пилообразных колебаний изображена на рис. 69. От источника постоянного тока через сопротивление R подается напряжение на емкость C . Параллельно конденсатору подключен тиратрон. По мере увеличения заряда конденсатора напряжение на его обкладках возрастает, и по достижении потенциала зажигания

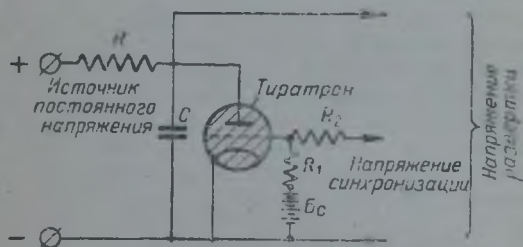


Рис. 69. Принципиальная схема генератора пилообразных колебаний

лампа зажигается. Сопротивление тиратрона в этот момент очень мало, и конденсатор почти мгновенно разряжается через цепь тиратрона. После разряда тиратрон запирается, и конденсатор снова начинает заряжаться. Явление заряда и разряда периодически повторяется, причем время периода можно выразить уравнением

$$T = kRC,$$

где R — сопротивление в омах;

C — емкость конденсатора в фарадах;

k — коэффициент, зависящий от соотношения между потенциалом источника и потенциалом, до которого заряжается конденсатор.

Если одну из величин (R или C) сделать переменной, то период T можно изменять в широких пределах.

Полученное таким путем напряжение, называемое напряжением развертки, подается на одну из пар отклоняющих пластин. Электронный луч под действием этого напряжения с равномерной скоростью будет прочерчивать на экране

прямую линию, а в момент разряда конденсатора скачком возвращается назад.

Подавая исследуемое напряжение на вторую пару отклоняющих пластин, получим изображение развернутого во времени исследуемого напряжения.

Изображение на экране будет неподвижно, если периоды колебаний обоих напряжений одинаковы или отличаются в целое число раз, что достигается изменением величины R или C в генераторе.

По ряду причин, периоды колебаний, подводимых к отклоняющим пластинам, могут изменяться, в силу чего изображение на экране трубки будет перемещаться. Для получения устойчивой картины применяется синхронизация, при помощи которой удерживается равенство или кратность частот подводимых напряжений.

В данной схеме синхронизация достигается подачей на сетку тиратрона через сопротивление R_2 переменного напряжения от исследуемого источника (напряжение синхронизации). Это напряжение, складываясь с постоянным напряжением смещения, заставляет лампу зажигаться в моменты, точно соответствующие исследуемому циклу колебаний. Таким образом, осуществляется полная синхронизация частоты тиратронного генератора с частотой исследуемого напряжения.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛЛОГРАФА

Измерение токов и напряжений

Электронный осциллограф можно использовать в качестве вольтметра. Для этого измеряемое напряжение подается на одну пару отклоняющих пластин и по величине отклонения светящейся точки определяется величина напряжения. Для отсчета величины отклонения пятна на экране трубки закрепляется масштабная миллиметровая сетка, изготовленная из прозрачной бумаги или целлулоида. Градуировку трубки можно производить при помощи постоянного тока. Так как емкость отклоняющих пластин мала, осциллограф не оказывает влияния на цепь измеряемого источника тока и используется, как и электростатический вольтметр, для измерения амплитуды напряжения в широком диапазоне частот.

При использовании осциллографа в качестве амперметра измеряемый ток следует пропускать через отклоняющие катушки и измерять величину отклонения светящейся точки. Если в осциллографе используется электростатическая система управления лучом, то измеряется падение напряжения

на известном сопротивлении, после чего путем вычисления определяется величина тока или же экран трубки градуируется непосредственно в амперах при известной величине сопротивления шунта, подключаемого к осциллографу.

Измерение частот методом сравнения

Электронно-лучевой осциллограф можно использовать для измерения частот методом сравнения. Для этого, как указывалось выше, на одну пару отклоняющих пластин подается напряжение от исследуемого источника, частоту колебаний которого нужно определить. На другую пару подается напряжение от источника (генератора) эталонной частоты. В результате действия обоих напряжений на электронный луч на экране трубки образуется светящаяся фигура. Форма фигуры зависит от соотношений частот подводимых колебаний и сдвига фаз между ними. Предположим, что частота эталонного генератора равна 1 000 гц. При подключении испытываемого генератора была получена фигура *a* (рис. 65), которая образуется при соотношении частот 1 : 3. Следовательно, измеряемая нами частота равна 3 000 гц. Если при той же частоте эталонного генератора получим фигуру *b*, измеряемая частота будет равна 1 500 гц.

Прибор позволяет измерять и более высокие частоты в пределах допустимого для данной трубки частотного диапазона.

Измерение коэффициента модуляции

Электронным осциллографом можно определить коэффициент модуляции радиотелефонного передатчика. Для этого исследуемое высокочастотное модулированное колебание подается на входные клеммы осциллографа, связанные с одной парой отклоняющих пластин.

На другую пару отклоняющих пластин подается напряжение развертки. На экране трубки получается изображение модулированного колебания (рис. 70). Определив путем измерения величины *A* и *B*, можно вычислить коэффициент модуляции по формуле

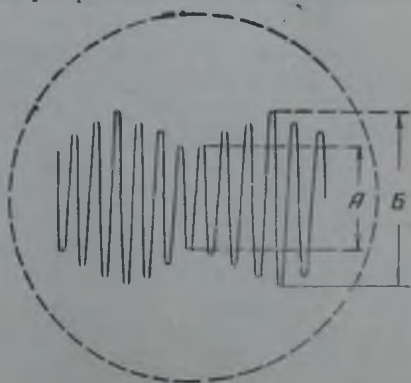


Рис. 70. Осциллограмма модулированного колебания

$$m = \frac{B-A}{B+A} 100\%.$$

Для фотографирования электрических процессов, наблюдаемых на экране электронно-лучевой трубки, к осциллографу добавляется приспособление для закрепления фотоаппарата (фотокор, ФЭД). Экспозиция в зависимости от яркости изображения и цвета экрана длится от нескольких секунд до нескольких минут.

Электронный осциллограф типа 51

Электронный осциллограф типа 51 является низковольтным. Он дает возможность исследовать электрические процессы в диапазоне звуковых частот, производить визуальное наблюдение за формой исследуемого напряжения и фотографировать осциллограммы. По фигурам Лиссажу этим прибором можно определить частоту и сдвиг фаз между двумя напряжениями в пределах $20-10^7$ гц и выше, а также наблюдать частотную и амплитудную характеристики усилительных устройств в том же диапазоне частот и определить коэффициент модуляции.

Прибор питается от сети переменного тока 110—127—220 в, потребляемая им мощность приблизительно равна 20 вт, входное сопротивление для обеих пар пластин равно 0,5 мгом, чувствительность трубки 0,42 мм на вольт при нормальном напряжении сети. Скорость развертки от 0,75 до 150 м/сек.

Допускаемое отклонение луча от центра экрана равно 25 мм, а необходимое для этого напряжение равно 60 в. Весь прибор весит около 10 кг.

Принципиальная схема осциллографа изображена на рис. 71. Питание трубки L_4 и тиратрона L_3 осуществляется от силового трансформатора и от высоковольтного однополупериодного выпрямителя, работающего на лампе L_1 (УБ-110) и дающего выпрямленное напряжение 1100 в.

Основными элементами схемы являются: магазин емкостей C_4 , при помощи которого осуществляется подбор величины заряжаемой емкости, определяющей частоту развертки, и группа зарядных сопротивлений R_2, R_3, R_4, R_5 .

Сопротивление R_6 служит для регулировки напряжения смещения на сетке тиратрона, а в соединении с емкостью C_4 дает возможность подбирать частоту тиратронного генератора.

Разрядник L_2 служит для предохранения емкости C_4 от перенапряжения, которое может возникнуть за время прогрева тиратрона.

С сопротивлений $R_{11}-R_{15}$, подключенных к выпрямителю через фильтр R_1, C_{21}, C_{22} , снимается высокое напряжение на трубку. С потенциометра R_{13} подается напряжение на первый анод трубки, которое для фокусировки луча может регулироваться.

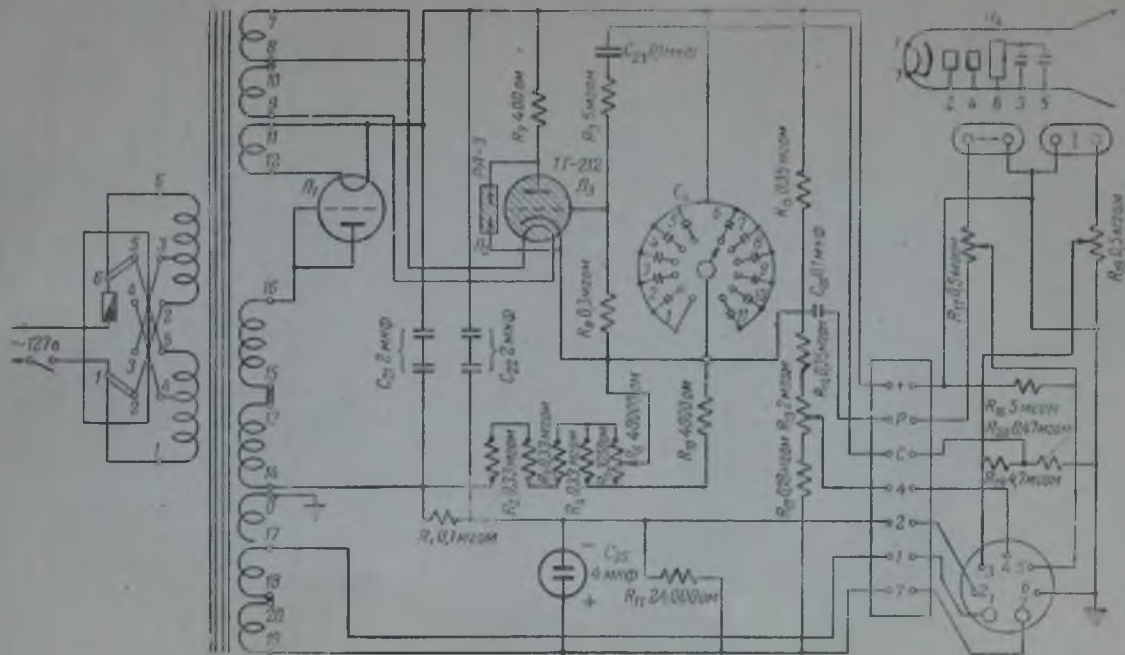


Рис. 71. Принципиальная схема осциллографа типа 51

Потенциометр R_{17} , включенный последовательно с отклоняющими пластинами электронно-лучевой трубки, дает возможность в небольших пределах (до 25%) изменять скорость развертки (масштаб изображения по оси времени).

Цепь из сопротивления R_9 и емкости C_{23} служит для осуществления принудительной синхронизации тиратронного генератора частотой исследуемого напряжения, снимаемого с потенциометра R_{19} , R_{20} .

Исследуемое напряжение подается на клеммы, обозначенные знаком \updownarrow , что соответствует обозначению вертикального отклонения луча. Потенциометр R_{18} позволяет регулировать амплитуду исследуемого напряжения от нуля до максимума.

При использовании осциллографа для получения фигур Лиссажу вспомогательное напряжение подается на клеммы, имеющие знак \leftrightarrow , что соответствует обозначению горизонтального отклонения луча.

Прибор смонтирован в чемодане (рис. 72). Схе-

ма размещена в двух шасси — основном и вспомогательном, укрепленном под крышкой прибора, которые соединены между собой гибким металлическим шлангом.

Органами управления прибора (рис. 72) являются:

а — ручка фокусировки луча, расположенная в середине основного шасси;

б — ручка грубой настройки частоты тиратронного генератора;

в — ручка плавного изменения частоты синхронизации;

г — ручка регулировки амплитуды напряжения, подводимого к клеммам вертикально отклоняющих пластин;

д — ручка регулировки амплитуды напряжения развертки.

Последние две ручки размещены на вспомогательной панели. Для приключения осциллографа к сети служит шнур с вилкой на конце. Ручка «фокусировка» одновременно является и выключателем прибора.

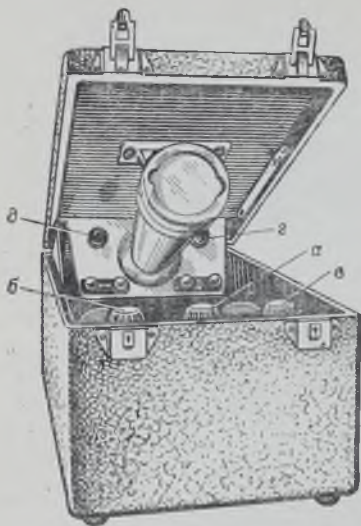


Рис. 72. Внешний вид осциллографа типа 51

Для включения прибора и работы с ним нужно:

- 1) включить силовой трансформатор на напряжение, соответствующее напряжению сети;
- 2) включить вилку шнура питания в штепсельную розетку и повернуть ручку «фокусировка» вправо;
- 3) подключить к вертикально отклоняющим клеммам исследуемое напряжение и повернуть ручку, находящуюся над этими клеммами, в крайнее левое положение (величина исследуемого напряжения не должна превышать 250 в);
- 4) ручкой «фокусировка» добиться четкого изображения линии, получающейся на экране трубки (если экран трубки освещается извне, следует выдвинуть вперед муфту трубки);
- 5) поворотом ручки, находящейся над клеммами исследуемого напряжения, подобрать нужную амплитуду этого напряжения;
- 6) ручкой переключателя грубой настройки подобрать нужную скорость развертки, получая на экране один или несколько периодов исследуемого напряжения (более точно скорость развертки подбирается вращением ручки, находящейся над клеммами горизонтально отклоняющих пластин);
- 7) ручкой «синхронизация» установить изображение неподвижно.

Не рекомендуется на экране осциллографа устанавливать менее двух периодов исследуемого напряжения, так как тиратронный генератор не дает идеальной формы пилообразных импульсов.

Для получения фигур Лиссажу рекомендуется тот же порядок включения (пункты 1—5), только предварительно нужно выключить развертку, поставив ручку ее в нулевое положение. Далее нужно приключить к клеммам горизонтально отклоняющих пластин напряжение известной частоты и подобрать при помощи ручки, находящейся над клеммами, желаемую амплитуду. В случае длительных исследований фигур Лиссажу нужно вынуть тиратрон из ламповой панели.

При фотографировании изображения желательно иметь осциллограф с трубкой синего свечения.

По окончании работ нужно выключить питание, установить ручки в исходное положение, отсоединить проводники и закрыть прибор.

Электронный осциллограф типа 170

Основное назначение прибора такое же, как и предыдущего.

Диапазон частоты развертывающего устройства 25—250 000 гц разбит на десять поддиапазонов с плавным перекрытием частоты в пределах каждого из них.

Форма кривой напряжения развертки пилообразная. Время обратного хода луча на низких частотах составляет 2—3% от времени прямого хода луча, на высоких частотах — около 30%. Отклонение от линейности не более 12%.

Синхронизация может быть осуществлена частотой исследуемого напряжения или кратной ей, частотой сети 50 гц и частотой источника э. д. с., присоединяемого извне.

Чувствительность без усилителя 0,29 мм на вольт, с усилителем 1,5 — 1,8 мм на вольт.

Неравномерность частотной характеристики усилителя в диапазоне от 10 до 800 000 гц составляет не более 10%. Входная емкость между клеммами вертикального и горизонтального отклонения одинакова: с усилителем 75 мкмкф, без усилителя — около 35 мкмкф.

Входное активное сопротивление между клеммами вертикально отклоняющих пластин (с усилителем и без него) при автоматической синхронизации равно 0,5 мгом, без усилителя, но при синхронизации от внешней э. д. с. — 1,5 мгом. Сопротивление между клеммами горизонтально отклоняющих пластин при использовании усилителя равно 0,5 мгом, без усилителя — 1,5 мгом.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока с частотой 50 гц и напряжением 110, 127 и 220 в. В приборе используются лампы:

5Ц4С	1 шт.
6Ф5	2 "
6Ф6	2 "
6Л7	1 "
Трубка типа 903 или 908	1 "

Для повышения чувствительности в данном осциллографе имеются усилители, что позволяет производить исследования при малых входных напряжениях.

Схема прибора отличается от рассмотренного ранее осциллографа наличием двух однокаскадных усилителей, включенных в каждую пару отклоняющих пластин, и схемой генератора развертки.

Внешний вид осциллографа изображен на рис. 73, где на передней панели расположены:

1 — ручка, регулирующая яркость изображения на экране трубки и включающая питание прибора;

2 — ручка, перемещающая луч в горизонтальном направлении;

3 — ручка включения усилителя в цепь горизонтально отклоняющих пластин для усиления подводимого напряжения или напряжения генератора развертки;

4 — входные зажимы горизонтально отклоняющих пластин;

5 — ручка изменения амплитуды синхронизирующего напряжения для всех способов синхронизации;

6 — ручка регулировки напряжения на входе усилителя в цепи горизонтально отклоняющих пластин;

7 — зажимы для присоединения внешнего синхронизирующего напряжения;

8 — ручка переключателя способов синхронизации (автоматическая, напряжением сети 50 гц и внешним напряжением);

9 — ручка регулировки напряжения на входе усилителя в цепи вертикально отклоняющих пластин;

10 — ручка плавного изменения частоты генератора развертки;

11 — выходные зажимы вертикально отклоняющих пластин;

12 — ручка для включения усилителя в цепь вертикально отклоняющих пластин;

13 — ручка, перемещающая луч в вертикальном направлении;

14 — ручка фокусировки луча;

15 — ручка грубого изменения частоты генератора развертки (переключатель диапазонов).

Для подготовки прибора к работе необходимо проверить наличие ламп и переключить питание прибора (перемычки трансформатора) на нужное напряжение сети: 110, 127 или 220 в.

Подготовив прибор, нужно надеть кожух и поставить ручки «яркость» и «фокусировка» в крайнее левое положение, а затем включить вилку шнура питания в гнезда розетки сети.

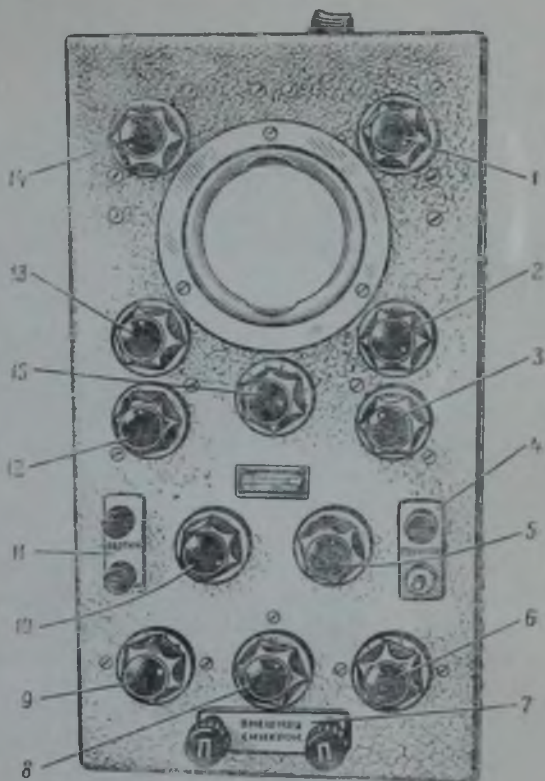


Рис. 73. Внешний вид осциллографа типа 170

Поворачивая ручку с надписью «яркость» вправо до получения щелчка, сделать минутную паузу для разогрева катодов ламп и трубки. Далее, медленно поворачивая ручки «яркость» и «фокусировка», сфокусировать луч и установить нужную яркость пятна на экране. При этом не рекомендуется оставлять пятно большой яркости в течение продолжительного времени неподвижным во избежание выгорания флуоресцирующего слоя экрана трубки. Если наблюдение не производится, нужно погасить луч поворотом ручки с надписью «яркость» против часовой стрелки.

При работе с разверткой необходимо поставить ручку переключателя 3 в положение развертки и присоединить исследуемое напряжение к зажимам с надписью «вертик.», причем точка нулевого потенциала исследуемого источника напряжения присоединяется к клемме 3.

В зависимости от величины исследуемого напряжения можно работать с усилителем или без него. Включение усилителя производится ручкой переключателя 12.

Переключатель синхронизации 8 нужно поставить в положение «автомат.», если синхронизация производится частотой исследуемого напряжения. При желании синхронизировать изображение с частотой сети нужно поставить переключатель 8 в положение «50 герц». Поворотом ручки 15 с надписью «диапазон» и ручки 10 «изменение частоты» установить надлежащую частоту генератора развертки. Плавным поворотом последней достигается неподвижность осциллограммы с нужным числом периодов. Для устойчивости осциллограммы пользуются ручкой 5 «синхронизация». Ручками 6 и 9 устанавливают желаемые размеры осциллограммы.

Работа без развертки производится при измерении частоты, фазы, коэффициента модуляции и т. п. В этом случае генератор развертки выключается поворотом ручки 3 в положение «выключ.».

Исследуемые напряжения необходимо присоединить к клеммам «горизонт.» и «вертик.», переключатель диапазонов 15 поставить в нулевое положение, а переключатель синхронизации 8 — в положение «автомат.». Если величины исследуемых напряжений малы, нужно работать с усилителями. Для этого ручки 3 и 12 ставятся в положение «включено», а ручками 6 и 9 на экране устанавливается желательный размер наблюдаемой картины.

Выключение осциллографа производится поворотом ручки 1 «яркость» влево до отказа.

Кроме описанных типов нашей промышленностью изготавливаются аналогичные им осциллографы ОКР-3 и КО-3.

Глава VII

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФИЦИЕНТА МОДУЛЯЦИИ

Общие сведения

При радиотелефонной передаче изменение амплитуды высокочастотных колебаний оценивается коэффициентом (глубиной) модуляции. Чем выше коэффициент модуляции, тем эффективнее работа и больше дальность действия радиопередатчика.

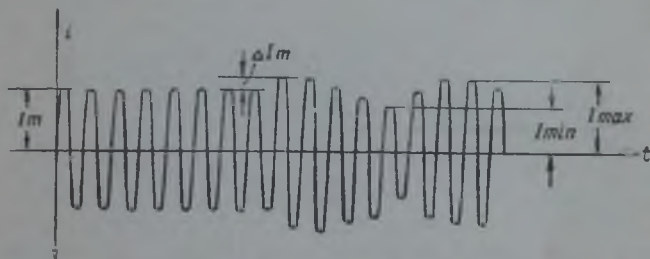


Рис. 74. Колебания высокой частоты, модулированные колебаниями низкой частоты синусоидальной формы

Поэтому измерение коэффициента модуляции, который в процессе эксплуатации может измениться, является важным условием проверки нормальной работы передатчика.

Форма огибающей кривой модулированного колебания определяется формой модулирующей частоты.

На рис. 74 изображены колебания высокой частоты, модулированные синусоидальным напряжением низкой частоты (амплитудная модуляция). Коэффициент модуляции m определяется как отношение приращения амплитуды тока ΔI_m к среднему значению тока I_m и выражается в процентах:

$$m = \frac{\Delta I_m}{I_m} 100\%,$$

или по формуле

$$m = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} 100\%.$$

Коэффициент модуляции в радиостанциях колеблется в пределах от 30 до 90%.

Для измерения коэффициента модуляции можно использовать электронный осциллограф или приборы (модулометры) ИМ-6 и ИМ-8.

Определение коэффициента модуляции электронным осциллографом

Об измерении коэффициента модуляции электронным осциллографом было сказано в главе VI.

Наблюдая картину модулированного колебания на экране электронно-лучевой трубки, можно определить не только коэффициент модуляции, но и степень несимметричности модуляции.

Модуляция называется симметричной, если среднее значение тока I_m остается неизменным, и несимметричной, если среднее значение тока I_m при модуляции меняется. Несимметричная модуляция приводит к искажениям передачи.

В эксплуатационной практике в большинстве случаев ограничиваются измерением коэффициента модуляции и прослушиванием в телефон работы передатчика.

Измеритель модуляции ИМ-6

Прибором ИМ-6 можно измерять коэффициент модуляции радиотелефонных передатчиков, несущие частоты которых лежат в диапазоне от 150 кГц до 30 мГц, а модулирующие частоты — от 50 до 10 000 Гц при коэффициенте модуляции до 60% и для модулирующих частот — от 50 до 5 000 Гц выше 60%.

Точность измерения при синусоидальной форме огибающей модулированного колебания уменьшается с увеличением коэффициента модуляции и равна 3—6% от измеряемой величины.

Рабочий диапазон по высокой частоте перекрывается пятью сменными катушками.

В приборе использованы два диода 6Х6, работающие в качестве линейных детекторов.

Связь с передатчиком осуществляется сменными катушками. Для контроля нормальной связи, обеспечивающей точные показания, прибор имеет кнопочный переключатель, переключающий гальванометр на схему, работающую как вольтметр. При нормальной связи стрелка гальванометра

должна находиться в пределах заштрихованной полосы шкалы

Минимальная мощность, потребляемая прибором от измеряемого источника, равна 0,1 вт.

Прибор имеет специальные гнезда, к которым может быть подключен электронный осциллограф для наблюдения за формой модулирующей кривой, анализатор напряжения для определения искажений или телефон для прослушивания тональной передачи.

Прибор питается от переменного тока напряжением 120 или 220 в или от постоянного тока напряжением 6 в (акку-

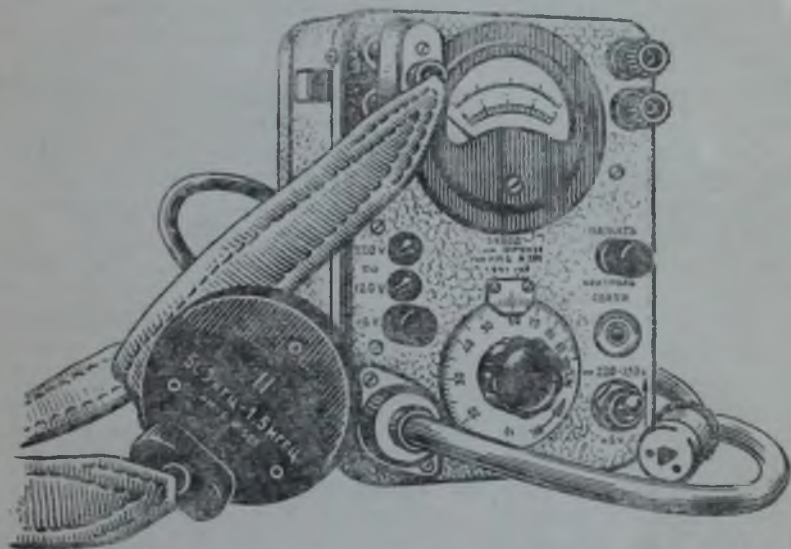


Рис. 75. Внешний вид прибора ИМ-6

муляторная батарея типа 5НКН-10). Допускаемое колебание питающего напряжения равно $\pm 15\%$ от номинального значения.

Внешний вид прибора ИМ-6 изображен на рис. 75. Принципиальная схема изображена на рис. 76.

Напряжение высокой частоты, индуктируемое в катушке связи 1, поступает на вход прибора и выпрямляется детекторной лампой 3 (6Х6). В результате этого детектирования и действия фильтра высокой частоты 4, 5, 6 на сопротивлениях 7, 8 возникает разность потенциалов, состоящая из постоянной и переменной (низкой частоты) составляющих.

Между нижним концом потенциометра 7, 8 и его ползунком через правый диод лампы 9 (6Х6) подключен конденсатор 13.

Вследствие односторонней проводимости диода конденсатор 13 заряжается до максимального напряжения нижней части сопротивления 7. При ненажатом джеке 10 конденсатор 13 разряжается через гальванометр 11 и конденсатор 12.

Когда минимальное напряжение на зажимах всего потенциометра 7, 8 больше, чем максимальное напряжение между нижним концом его и ползунком, левый диод лампы 9 находится под отрицательным потенциалом и не проводит ток в течение всего периода. Напряжение конденсатора 12 быстро уравнивается с напряжением конденсатора 13, и ток через гальванометр прекращается. Если же минимальное напряжение на зажимах всего потенциометра меньше, чем на нижней его части, то в моменты перехода его через минимум конденсатор 12 будет разряжаться через левый диод лампы 9 и из конденсатора 13 в конденсатор 12 через гальванометр 11 потечет выравнивающий ток.

Подбирая сопротивление плеч потенциометра плавным передвижением ползунка в ту или другую сторону, можно найти положение, при котором минимальное напряжение на всем потенциометре будет равно максимальному напряжению на его нижней части. В этот момент ток в цепи гальванометра отсутствует.

Соотношение между минимальным и максимальным напряжениями есть функция коэффициента модуляции, следовательно, и соотношение плеч потенциометра в моменты возникновения тока в гальванометре есть функция коэффициента модуляции, т. е. лимб потенциометра можно проградуировать в значениях коэффициента модуляции.

Для большей точности отсчет производится при небольшом токе, отмеченном на шкале гальванометра риской («положение отсчета m »).

Для нормальной работы на вход прибора подается минимальное напряжение, величина которого определяется степенью связи. Для контроля связи гальванометр 11 при нажатом джеке 10 подключается к сопротивлению 8 и работает как вольтметр, измеряющий среднее значение выпрямленного напряжения. При положении стрелки гальванометра в пределах заштрихованной полосы связь считается нормальной.

На рис. 76, б изображена схема переключения питания прибора. Переключение производится путем ввертывания в соответствующее гнездо 17 предохранителя на 0,25 а при питании от сети 110 или 220 в. При питании от аккумулятора в гнездо 18 ввертывается перемычка, выполненная в виде короткозамкнутого предохранителя.

Выключателем питания 16 полностью выключить прибор можно только тогда, когда он питается от батарей или от

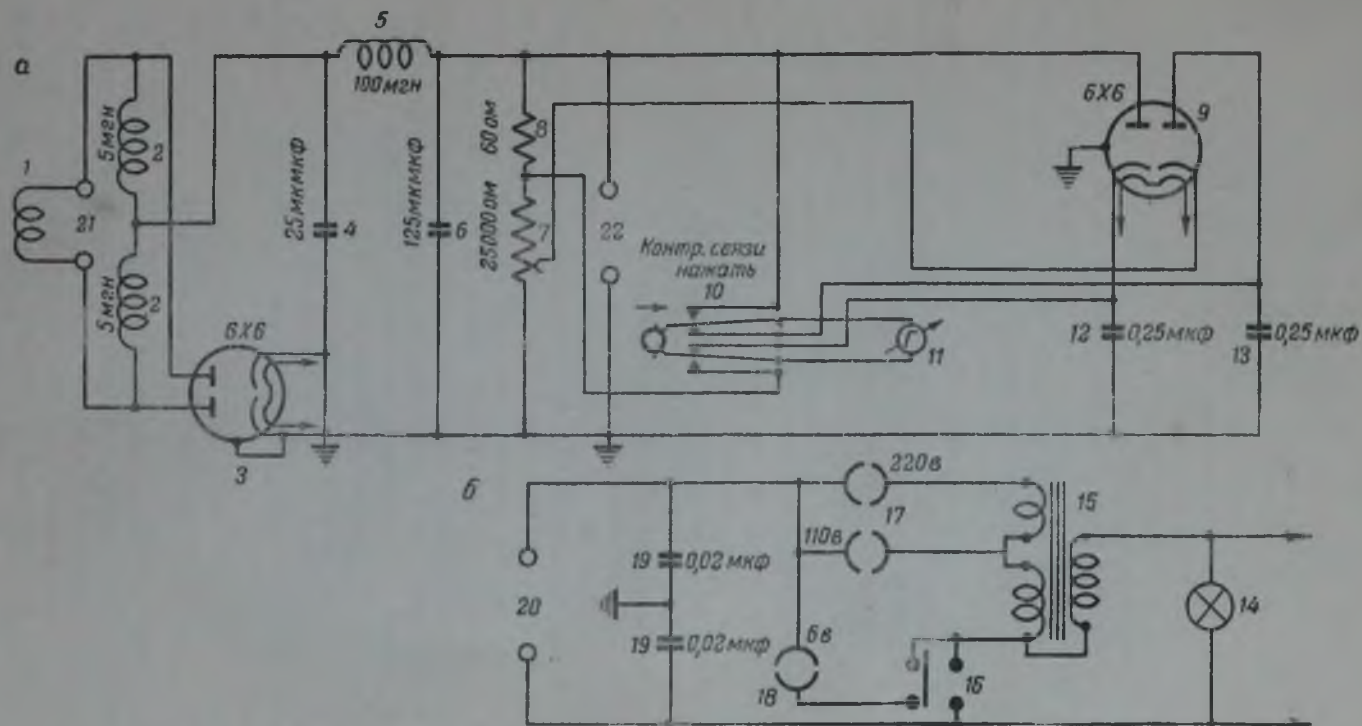


Рис. 76. Принципиальная схема прибора ИМ-6

аккумуляторов, при питании же от сети для полного выключения необходимо вынимать вилку из штепсельной розетки.

Включение прибора и измерение коэффициента модуляции нужно производить в такой последовательности:

1) установить предохранитель в гнездо, соответствующее напряжению питания, и кабелем соединить прибор с источником питания;

2) подключить к прибору катушку связи, соответствующую измеряемому диапазону;

3) включить тумблер питания (при этом должна загореться индикаторная лампочка 14) и дать прибору прогреться в течение 2—3 минут; по мере прогревания лампы гальванометр при ненажатом джеке связи будет отклоняться вправо;

4) нажать джек «контроль связи» и поднесением катушки связи к катушке контура или эквиваленту антенны передатчика установить нужную связь (при этом стрелка гальванометра должна оставаться в пределах заштрихованной полосы шкалы);

5) оттянуть джек «контроль связи», повернуть лимб потенциометра доотказа влево (при этом стрелка гальванометра должна встать на нуль);

6) плавно поворачивая лимб вправо, установить стрелку гальванометра на риску «положение отсчета m »;

7) по делениям лимба найти значение коэффициента модуляции испытываемого передатчика.

Для использования прибора в качестве детектора при исследовании формы модулированного колебания осциллографом или анализатором напряжения необходимо проделать все операции, изложенные в пп. 1—4, а затем лимб потенциометра повернуть доотказа влево и подключить к клеммам прибора осциллограф или анализатор напряжения.

При использовании прибора в качестве сигнализатора превышения заданного коэффициента модуляции необходимо: включить прибор и повторить операции, указанные в пп. 1—5, затем поставить отсчетный лимб на заданный процент глубины модуляции и следить за показанием гальванометра. Стрелка гальванометра будет отклоняться только в те моменты, когда глубина модуляции будет превышать заданную величину.

Измеритель модуляции ИМ-8

Прибор ИМ-8 предназначен для измерения коэффициента модуляции радиотелефонных передатчиков и передатчиков с тональной модуляцией, несущие частоты которых лежат в диапазоне от 150 кГц до 30 мГц, а модулирующие частоты от 50 до 5000 Гц при глубине модуляции до 100% и для моду-

лирующих частот от 5 000 до 10 000 гц при коэффициенте модуляции до 60%.

Отсчет коэффициента модуляции производится при установке стрелки гальванометра на риску «положение отсчета %». Лимб прибора проградуирован на значения $m = 10 \pm 100\%$.

Точность градуировки отсчетного лимба в пределах модуляции 10—90%, при модулирующей частоте 400 гц не более $\pm 2\%$ от номинального значения шкалы.

При модулирующей частоте в диапазоне 50—10 000 гц и при коэффициенте модуляции $m = 50\%$ погрешность прибора составляет не более $\pm 1,5\%$ от номинального значения шкалы плюс погрешность градуировки лимба.

Рабочий диапазон по высокой частоте перекрывается при помощи пяти сменных катушек связи.

Показания ИМ-8 не зависят от степени связи с генератором, если она не будет превышать удвоенной величины от минимальной, обеспечивающей точные показания.

Погрешность в указанном пределе изменения связи при коэффициенте модуляции, равном 50%, не более $\pm 1\%$ от номинального значения шкалы.

Минимальная связь соответствует левой границе полосы «нормальная связь» на шкале гальванометра, а максимальная связь — правой. При нормальной связи стрелка гальванометра должна находиться в пределах полосы «нормальная связь». Минимальная потребляемая прибором мощность высокой частоты измеряемого объекта, обеспечивающая указанную выше точность измерений, равна 0,1 вт.

Прибор имеет специальные гнезда «выход», к которым могут быть подключены телефон, осциллограф для наблюдения за формой модулирующей кривой или анализатор напряжения.

Питание осуществляется от переменного тока 120 или 220 в или от постоянного тока 6 в. Допустимое колебание питающего напряжения $\pm 15\%$ от номинальной величины.

Прибор ИМ-8 выполняется в двух вариантах: а) с универсальным питанием, т. е. с питанием как от постоянного тока, так и от сети переменного тока, б) с питанием только от постоянного тока.

По внешнему виду прибор ИМ-8 почти не отличается от ИМ-6.

Схема прибора и порядок пользования им такие же, как у ИМ-6.

Глава VIII

ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ

Общие сведения

Существует два основных метода измерения напряженности поля: метод непосредственного измерения тока или напряжения в приемной сети и метод сравнения или компарирования.

Первым методом можно пользоваться лишь вблизи радиостанции и при измерении мощных полей, так как непосредственное измерение малых величин тока или напряжения затруднительно. Этот метод применяется главным образом для определения напряженности поля в окрестностях радиостанций и для определения мощности излучения.

Метод сравнения (компарирования) одинаково пригоден для измерения сильных и слабых полей на больших и малых расстояниях от радиостанции.

Принцип измерения напряженности поля методом сравнения заключается в следующем. На приемную установку действует сигнал принимаемой радиостанции, напряженность поля которой хотят определить. Действие сигнала отмечается специальным индикатором. Затем на вход приемной станции подается напряжение той же частоты от заранее проградунированного местного генератора (гетеродина), от которого по индикатору добиваются одинакового эффекта. Определив напряжение на входе приемной станции от местного источника и зная параметры антенны, можно вычислить напряженность поля от измеряемой радиостанции.

Схема измерения напряженности поля указанным выше способом приведена на рис. 77. В качестве приемной антенны используется рамка, которую ориентируют на принимаемую станцию так, чтобы сила приема была максимальной. На выходе приемника включают индикатор, в качестве которого может быть использован прибор ИВ-3. Силу приема регулируют так, чтобы получить удобный отсчет по шкале ИВ-3. Отметив показания ИВ-3, вращают рамку до

полного исчезновения приема и подают на нее напряжение от местного генератора стандартных сигналов с частотой настройки приемника. Напряжение от генератора подается на сопротивление R , равное 1—2 ом и включенное последовательно с рамкой. Регулируя величину напряжения на выходе генератора, добиваются тех же показаний на приборе ИВ-3. При этих условиях напряжение, введенное в рамку от генератора, будет равно напряжению, которое создается в рамке при приеме радиоволны испытываемой радиостанции.

Недостаток этого способа заключается в необходимости иметь точно калиброванный по напряжению генератор стандартных сигналов, который необходимо тщательно экранировать. Второй недостаток состоит в том, что если измере-

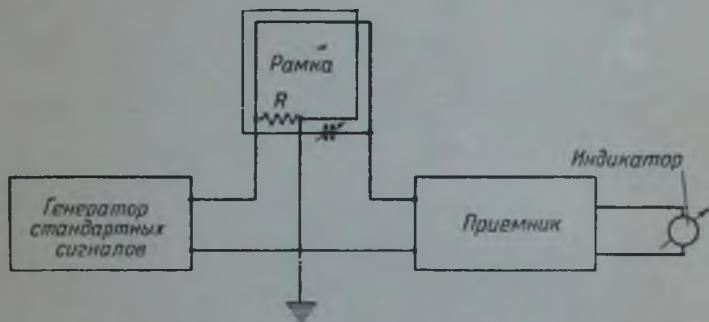


Рис. 77. Схема измерения напряженности поля методом сравнения

ние производится с обыкновенной антенной, а не с рамкой, то для подачи напряжения в антенну от генератора сигналов необходимо ждать окончания работы радиостанции.

Приборы, служащие для определения напряженности поля, называются радиокомпараторами.

Существует два метода компарирования. Первый метод, рассмотренный выше, характерен тем, что принимаемый сигнал сравнивается с таким же сигналом от местного гетеродина. Этот метод дает хорошие результаты только при тщательном экранировании местного генератора и делителя напряжения, что представляет значительные трудности.

При втором методе эталонный генератор используется только для контрольной проверки градуировки приемника. Это позволяет снизить требования к экранировке, а следовательно, и упростить конструкцию всей установки.

В описываемом ниже радиокомпараторе типа ВРК-1, выпускаемом нашей промышленностью, используется второй метод измерения напряженности поля.

Радиокомпаратор ВРК-1

Радиокомпаратор ВРК-1 служит для измерения напряженности поля электромагнитной волны в пределах от 10 мкв до 120 мв на метр в диапазоне частот от 166 кГц до 12 мГц. Весь диапазон разбит на шесть поддиапазонов, смена которых осуществляется поворотным коммутатором.

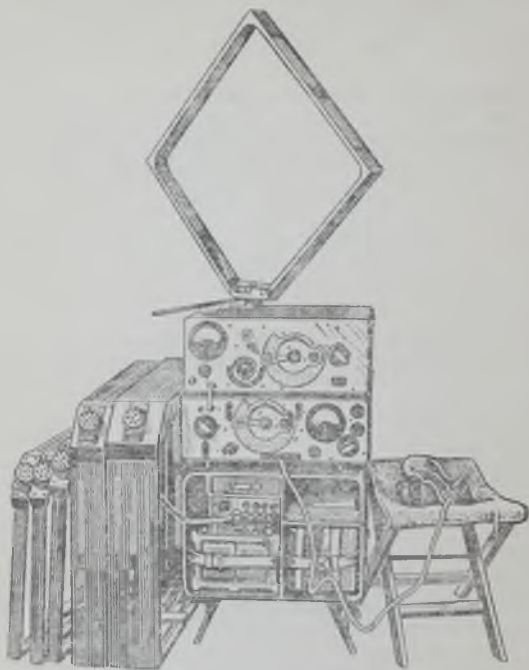


Рис. 78. Внешний вид радиокомпаратора ВРК-1

Точность измерения компаратором при измерениях неза-
тухающих колебаний около $\pm 15\%$.

Конструктивно прибор оформлен так, что им можно поль-
зоваться в полевых условиях. Общий вес установки 64 кг
(включая вес питания и упаковки); ее могут переносить
два человека. Внешний вид радиокомпаратора ВРК-1 изо-
бражен на рис. 78.

Питание производится от двух батарей: БАС-80 и семи-
вольтовой батареи аккумуляторов, составленных из элемен-
тов НКН-10, которые помещаются в специальном отсеке
укладочного ящика.

Простота манипуляций и вычислений является большим достоинством прибора.

Блок-схема прибора изображена на рис. 79. Она состоит из двух основных частей: семилампового супергетеродинного приемника, служащего для приема измеряемого сигнала, и эталонного генератора, который используется для проверки усиления приемника.

Приемник и эталонный генератор имеют диапазон частот от 166 кГц до 12 мГц, разделенный на шесть поддиапазонов.

В схеме приемника после преобразователя имеется емкостный аттенюатор, предназначенный для получения равномерного усиления по промежуточной частоте. Второй гетеродин используется для приема незатухающих колебаний.

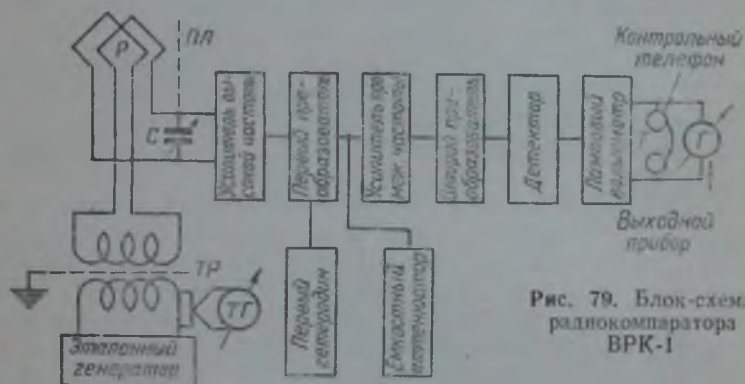


Рис. 79. Блок-схема радиокомпаратора ВРК-1

Последний каскад на выходе приемника работает в режиме усилителя постоянного тока и является ламповым вольтметром, измеряющим напряжение после второго детектора. В цепь катода этой лампы включен гальванометр, а в анодную цепь — контрольный телефон, необходимый для подслушивания и настройки приемника на принимаемую станцию.

В установке имеется шесть сменных рамочных антенн (по одной на каждый поддиапазон), которые настраиваются конденсатором переменной емкости C .

Эталонный генератор индуктивно связан с контуром рамки. В первичную цепь высокочастотного трансформатора (Tr) включен термогольванометр $ТГ$ для контроля напряжения, подводимого к рамке от генератора. Регулировка этого напряжения производится переменным сопротивлением в анодной цепи генератора.

Приемник и эталонный генератор заключены в отдельные, экранированные друг от друга футляры. На передней панели приемника и генератора выведены ручки управления. Кроме того, на передней панели приемника находятся: измерительный гальванометр, два джека для контроля пи-

тающих напряжений («контроль анода» и «контроль накала»), ручка емкостного делителя напряжения с надписью «шкалы» и числами 1, 3, 10 и т. д. до 10 000. Установка ручки «шкалы» против какого-нибудь из чисел указывает число микровольт, необходимое для полного отклонения стрелки лампового вольтметра.

Слева от ручки «шкалы» находится ручка установки нуля («нуль»). С левой стороны панели, в верхнем углу, размещены две экранированные клеммы: одна (левая) — для включения поисковой антенны, вторая (правая) — для подключения к рамочному контуру.

Под клеммами расположена ручка коммутатора диапазона с цифрами, соответствующими номеру переключаемого поддиапазона (единица означает наивысшую частоту).

В нижней части, слева, укреплен джек «телефония — незатухающие». Правая ручка служит для регулировки громкости «РКГ». Над нею расположен джек переключения антенны с поисковой на рамочную. В центре панели расположена ручка настройки приемника, под которой прикреплен колодка для включения одной из двух пар телефонов.

На передней панели эталонного генератора расположены: слева, в верхнем углу, термогальванометр, под ним — реостат регулировки напряжения. На крышке прибора имеются гнезда рамкодержателя с приспособлением для вращения рамки на 210° . В центре панели расположена ручка настройки частоты генератора. Справа — ручка коммутатора поддиапазонов, а слева — ручка настройки рамки. Внизу, в левом углу, расположен экранированный зажим, через который при помощи специального экранированного фидера эталонное напряжение подводится от генератора к приемнику.

Подготовка к работе и измерение производятся в следующем порядке.

Аппаратная часть устанавливается на упаковку и открывается крышка приемника и генератора. Затем включается джек накала и проверяется режим питания поочередным нажатием «контроль накала» и «контроль анода». При правильном режиме стрелка выходного прибора отклонится в положение, отмеченное широкой красной риской. После этого включаются соответствующая рамка и телефоны.

Приемник, генератор и рамка настраиваются на частоту станции, напряженность поля которой измеряется. Приемник и генератор сначала настраиваются по градуировочным таблицам, а потом подстраиваются по максимальному отклонению стрелки выходного прибора. В таблицу настроек частота приемника вписана черной тушью, а частота генератора — красной.

Настройка рамки производится по максимальному отклонению выходного прибора. Оптимальное положение рамки

относительно принимаемой станции находится вращением этой рамки.

Для проверки калибровки усиления приемника рамка поворачивается в положение, дающее минимальную слышимость принимаемого сигнала. Входное напряжение от генератора включается джеком «ток» и вращением ручки реостата стрелка термогальванометра совмещается с красной риской. Этим устанавливается необходимое напряжение на входе приемника.

Переключатель «шкалы» устанавливается в положение, соответствующее числу «3 000». Ручкой регулировки усиления «РКГ» стрелка выходного прибора совмещается с узкой красной риской, нанесенной на шкале выходного прибора.

После этого измеряется приходящий сигнал, для чего необходимо выключить генератор джеком «анод» и установить рамку в положение оптимальной слышимости сигнала. Затем, изменяя только положение переключателя «шкалы», устанавливается такое усиление приемника, при котором удобно произвести отсчет по выходному прибору.

После записи показания прибора (число микровольт) рамка поворачивается на 180° и снова определяется отклонение стрелки выходного прибора. Полученные результаты складывают и делят пополам, получая истинное значение напряжения на входе приемника.

Для определения напряженности поля в микровольтах на метр найденное напряжение нужно умножить на так называемый «пересчетный» множитель, который приведен на обратной стороне таблицы градуировки компаратора по частоте. При перемножении нужно учитывать цену деления шкалы выходного прибора, которая определяется положением переключателя «шкалы». Если ручка переключателя «шкалы» находится в положении «3», то, следовательно, полное отклонение прибора соответствует 3 мкв, если на «10 000» — 10 тыс. мкв, и т. д. При измерениях джек «телефония — незатухающие» должен быть в положении «телефония». Работа приемника в режиме незатухающих колебаний допускается только для предварительной настройки приемника на принимаемый сигнал. При тщательной настройке эталонного генератора, приемника и рамки погрешность при измерении не превышает $\pm 15\%$. Продолжительность одного измерения примерно равна 5 минутам.

При измерении напряженности поля маломощных или дальних станций поиск станций лучше производить на поисковую антенну, которая присоединяется к левому экранированному зажиму приемника. Поисковую антенну рекомендуется приподнять над поверхностью земли, а джек «АР—АП» установить в положение «АП».

Глава IX

ИЗМЕРЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ, ЕМКОСТИ И СОПРОТИВЛЕНИЯ

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Различают сопротивление проводника постоянному току, называемое электрическим, и переменному току, называемое активным, которое зависит от частоты тока.

Электрическое сопротивление проводника определяется различными методами. Простейшими из них являются: метод вольтметра и амперметра и метод моста Уитстона.

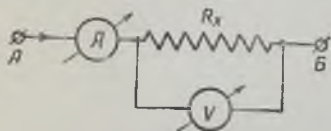


Рис. 80. Схема измерения сопротивления методом вольтметра и амперметра

При определении электрического сопротивления первым методом цепь в точках АБ (рис. 80) присоединяется к источнику постоянного тока и с помощью амперметра или миллиамперметра измеряется ток, проходящий через сопротивление, а с помощью вольтметра — напряжение на концах сопротивления R_x . Величина измеряемого сопротивления определяется по закону Ома из соотношения:

$$R_x = \frac{U}{I}.$$

Недостаток этого метода — невысокая точность, так как при вычислении не учитывается сопротивление вольтметра. При измерении сопротивления, близкого по величине к сопротивлению вольтметра, погрешность может достигать значительной величины. С учетом сопротивления вольтметра формула для определения R_x (рис. 80) примет вид:

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}},$$

где U — показание вольтметра в вольтах;

I — показание миллиамперметра в амперах;

R_v — сопротивление вольтметра в омах.

Указанный метод дает хороший результат при измерении малых сопротивлений, когда шунтирующим действием сопротивления вольтметра можно пренебречь.

Для измерения электрических сопротивлений в большинстве случаев пользуются мостиковыми схемами. Принципиальная схема моста Уитстона приведена на рис. 81. В диагональ моста к точкам ab подключен источник постоянного напряжения, в другую диагональ cd — гальванометр. В плечи моста включают известные сопротивления R_1 , R_2 , эталонное сопротивление R_3 и неизвестное сопротивление R_x . Процесс измерения R_x сводится к подбору сопротивления плеч моста (R_1 и R_2) так, чтобы гальванометр показывал отсутствие тока, т. е. чтобы соблюдалось равенство $R_3 R_2 = R_1 R_x$. Тогда измеряемое сопротивление R_x определится из соотношения:

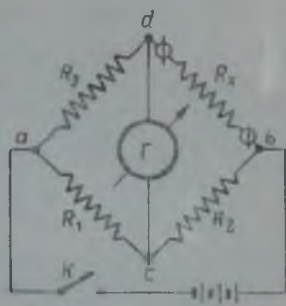


Рис. 81. Схема моста Уитстона

$$R_x = R_3 \frac{R_2}{R_1}.$$

Измерение активного сопротивления

Активное сопротивление катушки индуктивности определяется следующими потерями: в сопротивлении провода катушки при переменном токе (с учетом влияния скин-эффекта); на токи Фуко в проводах катушки и в окружающих металлических предметах; на утечку тока при плохой изоляции витков относительно друг друга; на утечку через изоляцию в каркасе и диэлектрические потери в катушке (собственная емкость катушки).

Активным сопротивлением может обладать и конденсатор, потери в котором складываются из потерь в диэлектрике и потерь на ток проводимости. Суммой этих потерь определяется активное сопротивление конденсатора.

Активное сопротивление колебательного контура зависит от суммы потерь в емкости и индуктивности.

Величина этих потерь определяет качество контура.

Для измерения активных сопротивлений пользуются несколькими методами. Здесь приводятся только два из них: способ вольтметра и амперметра и метод замещения.

Для измерения активного сопротивления контура по методу вольтметра и амперметра собирается схема, изображенная на рис. 82.

В исследуемый контур LC включается чувствительный термогальванометр A и последовательно с ним индуктивность L_c (один виток) для связи с генератором высокой частоты. Параллельно витку связи включается ламповый вольтметр. Изменением частоты генератора добиваются резонанса в контуре, при котором сопротивление контура становится наименьшим и равным ак-

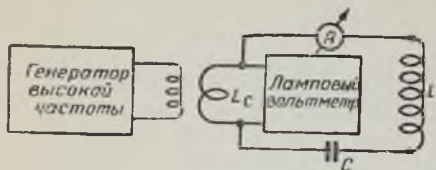


Рис. 82. Схема измерения активного сопротивления методом вольтметра и амперметра

тивному сопротивлению, так как реактивное сопротивление контура при резонансе равно нулю. Активное сопротивление контура вычисляется по формуле

$$r = \frac{U}{I},$$

где U — напряжение, измеряемое вольтметром;

I — ток, протекающий через термогальванометр.

Перед измерением следует удостовериться в том, что связь между контуром и генератором осуществляется только через L_c . Для этого удаляют катушку связи и заменяют ее коротким замыканием, ток в контуре при этом должен быть равен нулю.

Для измерения активного сопротивления контура методом замещения составляется схема из высокочастотного генератора небольшой мощности и измеряемого контура (рис. 83).

Измеряемый контур связывают с генератором так, чтобы при настройке его изменялось показание измерительного прибора A , включенного в цепь сетки генератора. Подстраи-

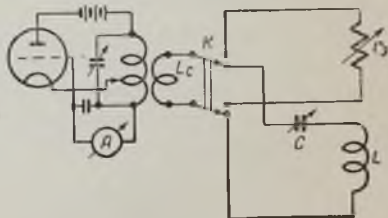


Рис. 83. Схема измерения активного сопротивления методом замещения

вая контур генератора до полного совпадения частоты генератора с резонансной частотой контура, отмечают, до какого значения уменьшатся показания прибора. Далее переключателем K контур LC отключается и заменяется известным эталонным сопротивлением r_3 . Изменяя величину эталонного сопротивления, добиваются такого же показания прибора в цепи сетки генератора. При этих условиях величина сопротивления r_3 будет равна активному сопротивлению контура r_k .

При этом методе индуктивность катушки L_C должна быть такой, чтобы выполнялось неравенство $\omega^2 L_C^2 \ll r_3^2$ или величина ωL_C должна быть не больше $0,1 r_3$. Обычно L_C имеет один виток провода. Такой метод пригоден лишь для частот, не превышающих нескольких сот килогерц.

Приведем еще один способ определения активного сопротивления контура при резонансе — методом вариации активного сопротивления путем включения эталонного сопротивления параллельно контуру.

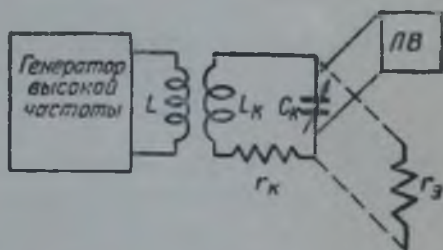


Рис. 84. Схема измерения активного сопротивления контура методом вариации его активного сопротивления

Испытываемый контур $L_K C_K r_K$ (рис. 84) связывается с генератором высокой частоты, затем устанавливается частота генератора, на которую настраивается контур и при которой хотят определить величину r_K . Ламповым вольтметром ЛВ измеряют величину напряжения на емкости контура C_K .

Затем, оставляя связь контура $L_K C_K r_K$ с генератором неизменной, параллельно контуру присоединяют активное сопротивление r_3 известной величины и ламповым вольтметром снова измеряют величину напряжения.

Активное сопротивление контура вычисляют по формуле

$$r_K = \frac{L}{\left(\frac{U_1}{U_2} - 1\right) C_K},$$

где U_1 — показание лампового вольтметра без подключения сопротивления r_3 ;

U_2 — показание лампового вольтметра при включенном сопротивлении r_3 ;

L — индуктивность контура в генри;

C — емкость контура в фарадах.

ИЗМЕРЕНИЕ ЕМКОСТИ

При измерении емкостей пользуются методом вольтметра и амперметра, методом моста, резонансным методом и др.

При первом методе (рис. 85) в качестве амперметра может быть взят тепловой амперметр или термогальванометр в зависимости от величины измеряемой емкости. К клеммам *аб* подводится переменный ток высокой или промышленной частоты 50 гц. Напряжение на измеряемой емкости C_x измеряется ламповым вольтметром *V*.

Емкость C_x определяется из соотношения

$$C_x = \frac{I}{\omega U}.$$

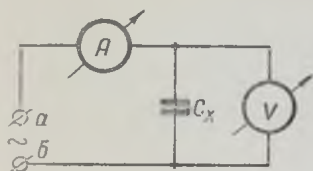


Рис. 85. Схема измерения емкости методом вольтметра и амперметра

Если измеряемая емкость имеет малую величину, то в схеме необходимо использовать очень чувствительные приборы, поэтому описываемый метод применяется главным образом при измерении больших емкостей.

Мостиковые схемы для измерения сопротивления можно также использовать и для измерения емкости.

Простейшей является схема моста (рис. 86), в плечи которого включены: эталонный конденсатор C_x , измеряемая емкость C_x , конденсаторы C_1 и C_2 , играющие роль множителей при определении измеряемой емкости и необходимые для расширения пределов измерения.

Питание моста через одну диагональ его осуществляется переменным током звуковой частоты. В другую диагональ включается телефон. Равновесие плеч моста устанавливается отсутствием звука в телефоне, что достигается изменением емкости эталонного конденсатора.

Когда электрическое равновесие достигнуто, искомая емкость определяется по формуле

$$C_x = C_1 \frac{C_2}{C_1}.$$

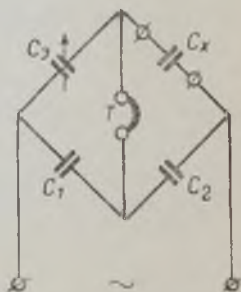


Рис. 86. Простейшая схема моста для измерения емкости

Подбором различных соотношений $\frac{C_2}{C_1}$ пределы измерения емкости могут быть значительно расширены.

Недостатком этой схемы является неполная балансировка плеч моста, т. е. не всегда удается получить в телефоне полное отсутствие звука, ограничиваясь лишь ослаблением звука в телефоне до минимума. Это объясняется тем, что, уравнивая емкостные сопротивления, не уравнивают активные сопротивления конденсаторов. Наличие активных сопротивлений в конденсаторах ведет к неполной компенсации напряжений в точках включения телефона, следствием чего и является некоторая слышимость тона.

Для устранения этого недостатка в плечи моста вводят сопротивление, позволяющее производить уравнивание активных сопротивлений, что повышает точность измерения.

В идеальном конденсаторе фазовый угол между током и напряжением равен 90° . В реальном конденсаторе, который имеет потери, фазовый угол меньше на величину угла потерь. Таким образом, уравнивание активного сопротивления сводится к получению одинаковых сдвигов фаз между напряжением и током на измеряемом конденсаторе и остальных конденсаторами в плечах моста.

Схема с компенсацией угла потерь выполнена в универсальном мосте УМ-1.

При отсутствии специальной измерительной аппаратуры измерение емкости можно произвести резонансным методом. В этом случае схема составляется из катушки L , известной индуктивности и измеряемой емкости C_x . Контур возбуждается зуммером или другим способом и при помощи волномера измеряется его длина волны.

Величина емкости определяется по формуле

$$C_x = 253 \frac{\lambda^2}{L},$$

где C_x и L , выражены в сантиметрах, а λ в метрах.

Недостаток этого метода заключается в необходимости иметь эталонную индуктивность.

Из других методов определения емкости следует отметить метод замещения, который используется в приборе типа ГБЕ-2.

Сущность этого метода изложена в описании прибора ГБЕ-2.

ИЗМЕРЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ

Индуктивность катушек можно измерять теми же способами, что и емкость.

Для измерения индуктивности методом вольтметра и амперметра собирается схема, изображенная на рис. 87, где A — амперметр, измеряющий ток в цепи, V — вольтметр

(желательно ламповый), измеряющий напряжение на индуктивности L_x .

Величина индуктивности L_x определяется из соотношения

$$L_x = \frac{U}{I\omega},$$

где L_x — индуктивность в генри;

I — ток в амперах;

ω — круговая частота тока, питающего схему.

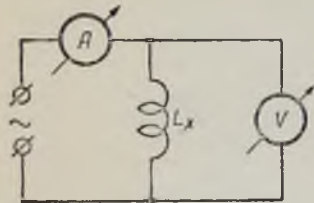


Рис. 87. Схема измерения индуктивности методом вольтметра и амперметра

Методом вольтметра и амперметра пользуются главным образом при измерении больших индуктивностей, так как при малых величинах L_x потребовались бы очень чувствительные приборы.

В качестве источника, питающего схему, может применяться как сеть переменного тока 50 гц, так и генератор высокой частоты.

Для измерения индуктивности резонансным методом составляется схема (рис. 88), состоящая из эталонной емкости C_s и измеряемой катушки L_x .

Контур или возбуждается зуммером или питается от высокочастотного генератора, на частоту которого он настраивается, а затем волномером измеряется длина волны. Зная

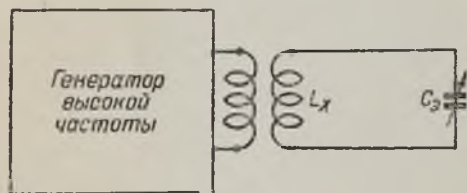


Рис. 88. Схема измерения индуктивности резонансным методом

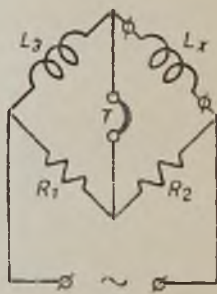


Рис. 89. Схема измерения индуктивности методом моста

длину волны источника тока и емкость C_s , определяют индуктивность по формуле

$$L_x = 253 \frac{\lambda^2}{C_s},$$

где L_x и C_s выражены в сантиметрах, а λ в метрах.

Для большей точности измерения необходимо учитывать собственную емкость катушки. Недостатком метода является необходимость иметь эталонную емкость.

Измерения индуктивности мостиковыми схемами производятся на переменном токе звуковой частоты. Эти схемы дают более точные результаты и позволяют измерять индуктивность в широких пределах.

Простейшая схема моста для измерения индуктивности изображена на рис. 89. В двух плечах включены эталонная индуктивность L_3 и измеряемая L_x , в двух других — активные сопротивления R_1 и R_2 .

Принцип измерения индуктивности в такой схеме сводится к получению электрического равновесия плеч моста подбором L_3 , R_1 и R_2 . Момент равновесия определяется отсутствием звука в телефоне.

Величина индуктивности определяется из равенства

$$L_x = L_3 \frac{R_2}{R_1}.$$

Подбором отношения $\frac{R_2}{R_1}$ и изменением величины L_3 значительно могут быть расширены пределы измерения индуктивности.

Недостатком схемы является некоторая неточность определения равновесия моста; полного отсутствия звука в телефоне обычно не получается. Это объясняется тем, что при уравнивании индуктивных сопротивлений активные сопротивления катушек (эталонной и измеряемой), а также распределенные емкости их не уравниваются.

Для уравнивания активных сопротивлений катушек в схему моста последовательно с катушками включаются добавочные сопротивления. Полного исчезновения звука в телефоне достигают подбором сопротивлений в плечах с индуктивностями.

ИЗМЕРЕНИЕ ВЗАИМНОЙ ИНДУКТИВНОСТИ

Из многих методов измерения взаимной индуктивности мы приводим два: метод вольтметра и амперметра и метод двукратного измерения индуктивности.

Метод вольтметра и амперметра. Для измерения этим методом собирается схема, изображенная на рис. 90. В цепь катушки L_1 включается амперметр A , к клеммам ab присоединяется источник с известной частотой f , а концы катушки L_2 , которая индуктивно связана с L_1 , присоединяют к ламповому вольтметру V .

Для определения взаимной индуктивности M измеряют ток I , проходящий через катушку L_1 , напряжение U на концах катушки L_2 и частоту f , если она неизвестна.

Величина M определяется из формулы

$$M = \frac{U}{2\pi f I},$$

где M выражено в генри,

U — в вольтах,

I — в амперах.

Способ вольтметра — амперметра очень прост и дает достаточно точные результаты для определения малых значений взаимной индуктивности. Чем меньше взаимная индук-

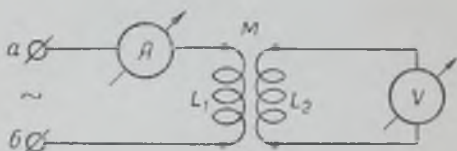


Рис. 90. Схема измерения взаимной индуктивности методом вольтметра и амперметра

тивность, тем чувствительнее должен быть вольтметр. Измерение можно производить на различных частотах.

Метод двукратного измерения индуктивности. В этом случае обе катушки L_1 и L_2 включаются последовательно и одним из способов измеряется индуктивность всей цепи. Затем в одной из катушек меняют направление витков путем переключения концов или поворачивают ее на 180° и снова измеряют индуктивность. Результаты измерения дают возможность вычислить величину M , исходя из следующих формул.

При сложении магнитных потоков величина измеряемой индуктивности $L' = L_1 + L_2 + 2M$; при вычитании магнитных потоков измеренная индуктивность $L'' = L_1 + L_2 - 2M$. Вычитая второе уравнение из первого, получим

$$L' - L'' = 4M,$$

откуда

$$M = \frac{L' - L''}{4},$$

где L' — большее значение измеренной индуктивности;

L'' — меньшее значение измеренной индуктивности.

Метод измерения дает хорошие результаты только при сильной связи, при слабой же связи точность измерения низка.

Мост для измерения емкостей МП

Мост МП предназначен для измерения емкостей в пределах от 5 до 50 000 мкмкф на звуковой частоте. Точность измерения для емкостей от 5 до 50 мкмкф порядка $\pm 0,5$ мкмкф и для емкостей от 50 до 50 000 мкмкф $\pm 1\%$.

Схема моста (рис. 91) состоит из трансформатора, вторичная обмотка которого секционирована и образует два плеча моста. Два других плеча моста составлены из емкостей C_0 и C_x .

В диагональ моста включается телефон, являющийся индикатором равновесия плеч моста.

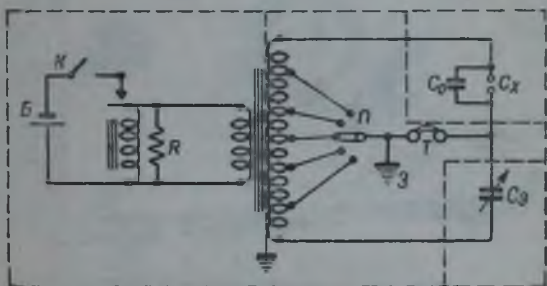


Рис. 91. Принципиальная схема моста МП

Измеряемая емкость определяется из уравнения моста

$$C_x = C \frac{W_1}{W_2}.$$

Соотношение плеч $\frac{W_1}{W_2}$ меняется переключателем Π вторичной обмотки трансформатора.

Величина измеряемой емкости определяется при помощи таблиц, прилагаемых к прибору.

Питание схемы осуществляется от зуммера, помещенного внутри прибора вместе с сухими элементами.

Внешний вид моста изображен на рис. 92.

При пользовании прибором МП следует:

- 1) включить телефон в гнезда T и заземлить клемму 3 ;
- 2) нажать кнопку K , после чего в телефоне должен появиться звук; если звука в телефоне нет или он очень низок, нужно отрегулировать зуммер;
- 3) к клемме C_x короткими проводниками приключить измеряемую емкость;

4) при помощи переключателя Π и конденсатора C , находят положение минимума звука в телефоне.

Значение емкости определяется по номограмме, имеющей пять шкал (по числу диапазонов измеряемых емкостей). На

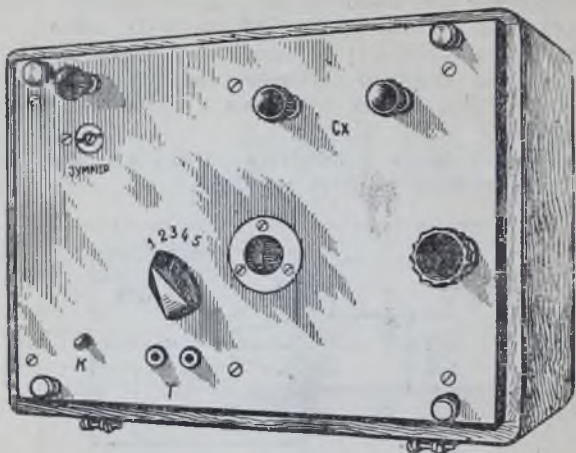


Рис. 92. Внешний вид моста МП

шкалах снизу нанесены градусы эталонного конденсатора, а сверху — значение емкости в десятках, сотнях и тысячах мкмкф.

Универсальный мост УМ-1

Прибор предназначен для измерения индуктивностей, емкостей и сопротивлений, а также для измерения добротности катушек и угла потерь (коэффициента мощности конденсаторов).

Измерение индуктивности и емкости производится на частоте около 1 000 гц, измерение сопротивления — на постоянном токе.

Измерение индуктивности производится в пределах от 10 мкгн до 100 гн.

Точность измерения для L меньше 5 мгн $\pm 5\%$, от 10 мгн до 10 гн $\pm 1\%$, больше 10 гн $\pm 10\%$.

Измерение емкостей производится в пределах от 5 мкмкф до 100 мкф.

Точность измерения для C меньше 5 000 мкмкф $\pm 2,5\%$, от 10 000 мкмкф до 10 мкф $\pm 1\%$, больше 20 мкф $\pm 5\%$.

Измерение сопротивлений производится в пределах от 0,1 ом до 1 мгом.

Точность измерения для R от 10 до 100 ом $\pm 3\%$, от 100 ом до 0,1 мгом $\pm 1\%$, больше 0,1 мгом $\pm 5\%$.

Пределы измерения угла потерь конденсаторов от 0,005 до 1. Точность измерения равна $\pm 10\%$ для $\cos \varphi = 0,005 \div 0,2$.

Точность измерения добротности катушек равна $\pm 20\%$.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока 110, 127, 220 в. Перевод питания с одного напряжения на другое производится переключением штепселя на задней стенке ящика прибора.

Основные элементы прибора

1. Генератор на 1000 гц, работающий на лампе 6Ф6 (рис. 93), собран по автотрансформаторной схеме с параллельным питанием.

Колебательное напряжение, развиваемое на его контуре 2, подается через трансформатор и комбинированный переключатель 27 на диагонали моста для измерения индуктивностей или емкостей, в зависимости от положения переключателя 27.

На передней панели прибора положение переключателя обозначено буквами: L — для измерения индуктивностей, C — для измерения емкостей и K — для измерения сопротивлений.

2. Мост для измерения индуктивностей. Измерение L_x производится путем сравнения измеряемой индуктивности с эталонным конденсатором 17, включенным в противоположное плечо моста.

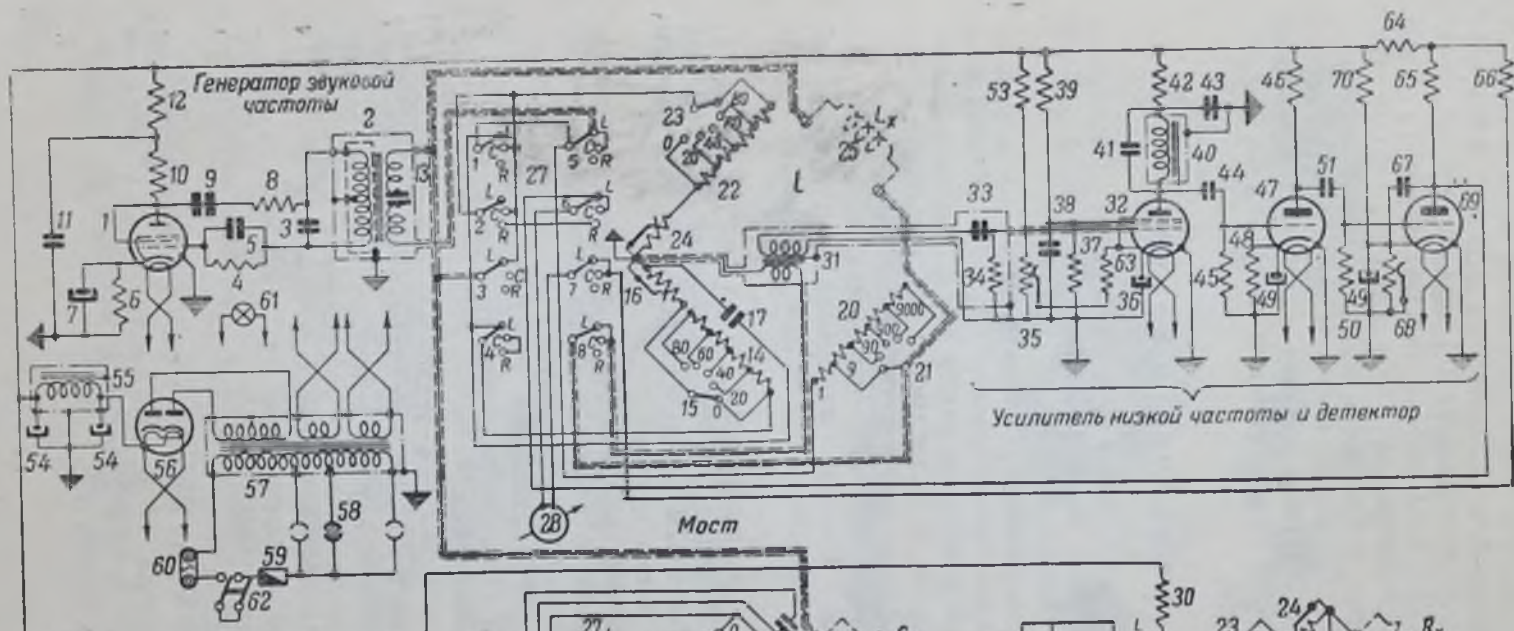
Величина измеряемой индуктивности находится умножением отсчета, полученного по шкале лимба потенциометра 24, на цену деления лимба, указанную на переключателе шкал 21, которым устанавливается отношение плеч моста.

Сопротивление 22 секционированное, оно служит для расширения пределов измерения.

В плече моста, содержащем эталонный конденсатор 17, находится потенциометр 16 для регулировки фазы, включаемый параллельно эталонному конденсатору при измерениях L_x . Лимб потенциометра 16 имеет градуировку для определения величины добротности измеряемой катушки.

Секционированное сопротивление 14 служит для расширения пределов балансировки фазы и пределов измерения добротности катушек.

3. Мост для измерения емкостей образуется при установке переключателя 27 в положение «С». Измерение емкости производится путем сравнения измеряемой емкости с эталонным конденсатором 18.



Выпрямитель питания звукового генератора, усилителя, детектора и моста для измерения R

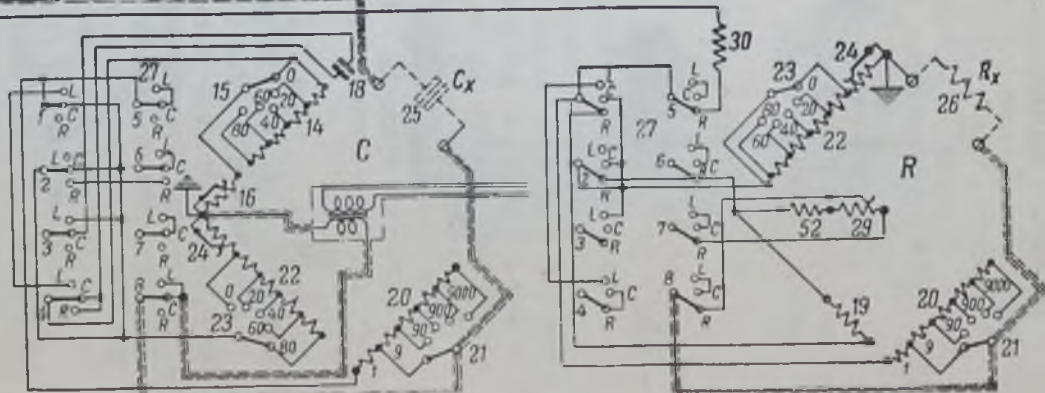


Рис. 93. Принципиальная схема универсального моста УМ-1:

1 — лампа генератора 6Ф5; 2 — трансформатор звуковой частоты; 3 — конденсатор контура генератора 0,1 мкф; 4 — сопротивление гридника генератора 0,1 мгом; 5 — конденсатор 0,01 мкф; 6 — сопротивление 1 000 ом; 7 — конденсатор 10 мкф; 8 — сопротивление 3 000 ом; 9 — конденсатор разделительный 2 мкф; 10 — сопротивление 5 000 ом; 11 — конденсатор развязывающий 4 мкф; 12 — сопротивление 1 000 ом; 13 — конденсатор 0,1 мкф; 14 — сопротивление регулятора фазы 12 700 ом; 15 — переключатель регулятора фазы; 16 — потенциометр регулятора фазы 3 400 ом; 17 — конденсатор 1 мкф; 18 — конденсатор 10 000 мкмкф; 19 — сопротивление 100 ом; 20 — сопротивление 10 000 ом; 21 — переключатель поддиапазонов; 22 — сопротивление баланса моста 8 000 ом; 23 — переключатель сопротивления баланса моста; 24 — потенциометр баланса моста на 2 200 ом; 25 — клеммы для приключения L_x и C_x ; 26 — клеммы для приключения R_x ; 27 — восьмиполюсный переключатель на три положения; 28 — гальванометр постоянного тока на 200 мкА; 29 — потенциометр регулятора чувствительности на 2 000 ом; 30 — сопротивление проволочное 15 000 ом; 31 — входной трансформатор усилителя; 32 — лампа усилителя 1-я 6К7; 33 — конденсатор 200 мкмкф; 34 — сопротивление 0,5 мгом; 35 — потенциометр регулятора чувствительности на 15 000 ом; 36 — конденсатор электролитический 20 мкф; 37 — сопротивление 70 000 ом; 38 — конденсатор 4 мкф; 39 — сопротивление 0,1 мгом; 40 — дроссель анодного контура на 12 гн; 41 — конденсатор 2 500 мкмкф; 42 — сопротивление 20 000 ом; 43 — конденсатор 4 мкф; 44 — конденсатор 100 мкмкф; 45 — сопротивление 0,5 мгом; 46 — сопротивление 0,5 мгом; 47 — лампа усилителя 2-я 6Ф5; 48 — сопротивление 15 000 ом; 49 — конденсатор электролитический 20 мкф; 50 — сопротивление 2 мгом; 51 — конденсатор 500 мкмкф; 52 — сопротивление 20 ом; 53 — сопротивление 50 000 ом; 54 — конденсатор электролитический 10 мкф; 55 — дроссель фильтра выпрямителя 15 гн; 56 — лампа выпрямителя 5Ц4С; 57 — трансформатор силовой; 58 — переключатель напряжения сети; 59 — предохранитель на 0,5 А; 60 — штепсель фишки питания; 61 — индикаторная лампочка на 6,3 В и 0,25 А; 62 — выключатель питания; 63 — сопротивление 300 ом; 64 — сопротивление 0,2 мгом; 65 — сопротивление 85 ом; 66 — сопротивление 300 ом; 67 — конденсатор 0,1 мкф; 68 — потенциометр на 2 000 ом; 69 — лампа-детектор 6Ф5; 70 — сопротивление 0,1 мгом

Величина измеряемой емкости находится так же, как и величина индуктивности, т. е. умножением отсчета, полученного по шкале лимба потенциометра 24, на цену деления лимба, указанную на переключателе 21.

Балансировка фазы производится потенциометром 16, который при измерениях емкости включается последовательно с эталонным конденсатором 18. Градуировка лимба потенциометра 16 позволяет непосредственно определить коэффициент мощности измеряемого конденсатора, выраженную в процентах.

4. Мост для измерения сопротивлений представляет собой обыкновенный мост Уитстона на постоянном

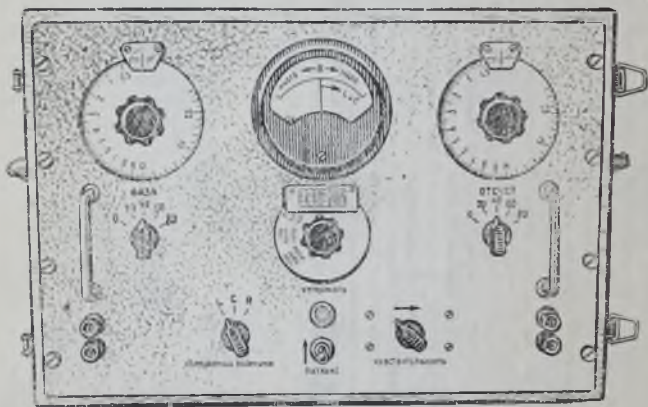


Рис. 94. Внешний вид моста УМ-1

токе. Включение моста в схему производится также переключателем 27, поставленным в положение «R».

Питание моста осуществляется от выпрямителя. Отсчет величины измеряемого сопротивления производится по лимбу потенциометра 24.

Индикатором баланса плеч служит гальванометр 28, который включается во вторую диагональ моста через потенциометр 29, являющийся одновременно и регулятором чувствительности прибора.

5. Усилитель используется при измерениях индуктивностей и емкостей для дополнительного усиления напряжения, возникающего в цепи балансирующей диагонали моста.

Усилитель имеет два каскада усиления низкой частоты; первый работает на лампе 6К7 (32), второй — на лампе 6Ф5 (47). Индикатором баланса служит гальванометр постоянного тока 28, который включается в анодную цепь третьей

лампы усилителя, работающего на лампе 6Ф5 (69) в режиме анодного детектирования. Для ограничения тока, проходящего через гальванометр, и предупреждения перегрузки детекторного каскада, когда плечи моста не сбалансированы, в приборе имеется регулировка усиления, осуществляемая потенциометром 35, который изменяет смещение на сетке лампы первого каскада усилителя.

6. Выпрямитель работает по двухполупериодной схеме выпрямления на лампе 5Ц4С (56) и служит для питания генератора, усилителя и моста постоянного тока.

Прибор собран на горизонтальном алюминиевом шасси и вертикальной панели управления. Все основные детали прибора, создающие переменные магнитные поля (трансформаторы, дроссели), и монтажные провода прибора экранированы.

На передней панели прибора (рис. 94) находятся:

- 1) лимб для отсчета измеряемых величин L , C , R ;
- 2) переключатель на пять положений для расширения пределов отсчета по лимбу;
- 3) лимб регулятора фазы, служащего одновременно и для отсчета добротности катушки и $\cos \varphi$;
- 4) переключатель на пять положений для расширения пределов регулировки фазы;
- 5) переключатель шкал с надписью «умножить»;
- 6) регулятор чувствительности;
- 7) переключатель «измеряемые величины»;
- 8) гальванометр;
- 9) клеммы для приключения измеряемых L и C ;
- 10) клеммы для приключения измеряемых R ;
- 11) переключатель питания;
- 12) индикаторная лампочка.

Подготовка к работе и измерение

Для подготовки к работе прибора и выполнения измерений необходимо:

- 1) штепсельный переключатель напряжения, находящийся на задней крышке, вставить в гнездо, соответствующее данному напряжению сети;
- 2) повернуть ручку регулятора чувствительности влево доотказа;
- 3) подвести напряжение сети к прибору и включить тумблер питания (при этом должна загореться сигнальная лампочка на передней панели);
- 4) подключить к клеммам измеряемое L или C ;
- 5) поставить переключатель «измеряемые величины» в соответствующее положение;
- 6) лимб «фаза» поставить на 20 делений при измерении индуктивностей и на нуль при измерении емкостей;

7) поставить лимб «отсчет» приблизительно на 20 делений;

8) поставить переключатель «множитель» в положение, при котором наблюдается спадание показаний индикатора;

9) одновременно поворачивая ручки «отсчет» и «фаза», увеличивать чувствительность до тех пор, пока не получится острого минимума показаний прибора.

Если при поворотах ручек «отсчет» или «фаза» в сторону увеличения наблюдается постепенное уменьшение показаний гальванометра и минимума при этом не обнаруживается, то нужно переключатели «отсчет» или «фаза» поставить в новые положения на «40», «60» или «80» делений и при этих положениях искать минимума.

Измеряемая индуктивность или емкость находится по сумме показаний шкал лимба «отсчет» и переключателя. Цена деления берется по шкале переключателя «множитель».

Переключатель «множитель» нужно ставить в такое положение, чтобы отсчеты по лимбу были больше десяти; это облегчает нахождение минимума.

По положению лимба «фаза» непосредственно определяется добротность измеряемой катушки индуктивности или коэффициент мощности измеряемого конденсатора в процентах.

Для измерения сопротивления необходимо:

1) откорректировать стрелку гальванометра точно на среднюю риску шкалы;

2) поставить регулятор чувствительности в положение минимальной чувствительности и включить прибор;

3) поставить переключатель «измеряемые величины» в положение «R» и подключить измеряемое сопротивление;

4) поставить ручку «отсчет» в положение «20»;

5) поворачивать ручку «множитель» до тех пор, пока стрелка гальванометра не пройдет через нулевое положение;

6) поворачивая ручку «отсчет» и постепенно увеличивая чувствительность до максимума, найти точку равновесия моста по нулевому положению стрелки гальванометра.

Измеряемое сопротивление находится по сумме показаний шкал лимба и переключателя. Цена деления берется по шкале переключателя «множитель», который для повышения точности отсчета следует ставить так, чтобы отсчет по лимбу был больше десяти.

Прибор для измерения емкостей ГБЕ-2

Этот прибор предназначен для измерения емкостей на частоте около 1 500 кГц.

Схема прибора содержит два высокочастотных генератора, детектор и усилитель.

К сетке детектора одновременно подводятся напряжения от обоих генераторов. Если частоты этих генераторов близки друг к другу, то по индикатору, включенному в анодную цепь детектора, можно обнаружить биения высоких частот. Изменяя частоту одного из генераторов путем изменения емкости, можно получить нулевые биения. Эта настройка называется «начальной установкой».

Если ко второму генератору параллельно емкости контура подключить измеряемую емкость, равенство частот нарушится. Уменьшая емкость контура генератора, можно вновь настроиться на нулевые биения с частотой первого генератора. Величина измеряемой емкости будет равна изменению емкости контура второго генератора.

Пределы измеряемых емкостей от 2 до 2 000 *мкмкф* подразделяются на три частичных поддиапазона: 2—100; 100—700; 700—2 000 *мкмкф*. Переход с одного поддиапазона на другой осуществляется переключателем на передней панели прибора.

Точность измерения емкости: в пределах от 2 до 100 *мкмкф* равна $\pm 2\%$, от 100 до 700 *мкмкф* — $\pm 1\%$, от 700 до 2 000 *мкмкф* — $\pm 0,5\%$.

Настройка на нулевые биения производится или по стрелочному прибору или по телефону.

Прибор работает на шести лампах типа 6Ф5.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока с напряжением от 110 до 220 в.

Оба генератора (рис. 95) собраны по схеме с индуктивной обратной связью и с параллельным питанием.

Первый генератор имеет частоту около 1 500 *кГц*, второй — около 500 *кГц*, но с явно выраженной третьей гармоникой. Связь генераторов с детектором 13 осуществляется двумя последовательно включенными катушками 9 и 26.

После детектора имеется каскад усиления на сопротивлениях. В анод усилительной лампы в качестве индикатора включен (через емкости 20 и 21) купроксный гальванометр. Емкость 21 дает грубую чувствительность прибора, а включение емкости 20 увеличивает чувствительность в 3—4 раза. Кроме того, параллельно сопротивлению в анодной цепи усилительной лампы могут быть включены телефоны для прослушивания частот биений.

В контур второго генератора включен эталонный конденсатор 34 с переменной емкостью около 800 *мкмкф*. Для измерения малых емкостей последовательно с эталонным конденсатором включается вспомогательный конденсатор 33, а для больших емкостей параллельно эталонному — конденсатор 35. Конденсатор переменной емкости 32 служит для «начальной установки» прибора.

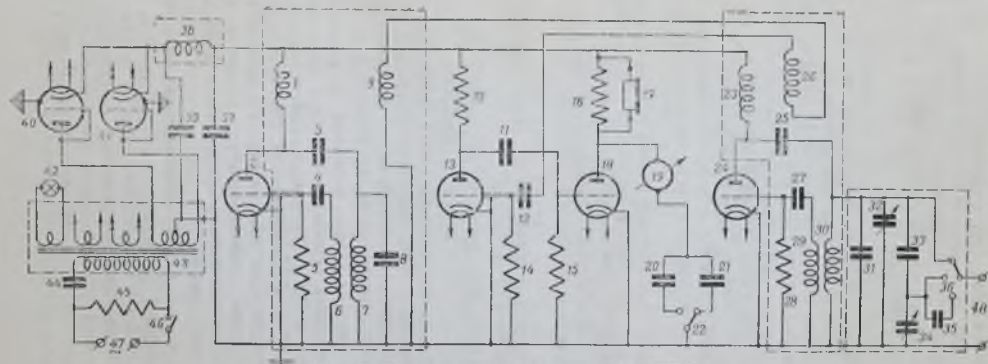


Рис. 95. Принципиальная схема прибора ГВЕ-2:

1 — дроссель высокой частоты 15 мкн; 2 — лампа типа 6Ф5; 3 — конденсатор 3 000 мкмкф; 4 — конденсатор 200 мкмкф; 5 — сопротивление 0,1 мгом; 6 — катушка обратной связи 6 мкн; 7 — катушка контура 48 мкн; 8 — конденсатор контура 200 мкмкф; 9 — катушка связи со вторым гетеродином 1 мкн; 10 — сопротивление 1,5 мгом; 11 — конденсатор 25 000 мкмкф; 12 — конденсатор гридника 200 мкмкф; 13 — лампа типа 6Ф5; 14 — сопротивление гридника 1,5 мгом; 15 — сопротивление 1 мгом; 16 — сопротивление 0,1 мгом; 17 — телефон; 18 — лампа типа 6Ф5; 19 — микроамперметр 100 мка; 20 — конденсатор 500 мкмкф; 21 — конденсатор 3 000 мкмкф; 22 — переключатель на два направления; 23 — дроссель высокой частоты 15 мкн; 24 — лампа типа 6Ф5; 25 — конденсатор 3 000 мкмкф; 26 — катушка связи с детектором 1 мкн; 27 — конденсатор 200 мкмкф; 28 — сопротивление 0,1 мгом; 29 — катушка обратной связи 50 мкн; 30 — катушка контура 350 мкн; 31 — конденсатор 100 мкмкф; 32 — конденсатор переменной емкости 100 мкмкф; 33 — конденсатор 350 мкмкф; 34 — конденсатор 930 мкмкф; 35 — конденсатор 1 100 мкмкф; 36 — переключатель однополюсный на три направления; 37 — конденсатор электролитический 5 мкф; 38 — дроссель низкой частоты 50 Гн; 39 — конденсатор электролитический 5 мкф; 40 — лампа типа 6Ф5; 41 — лампа типа 6Ф5; 42 — лампа сигнальная 3,5 в, 0,2 а; 43 — трансформатор силовой; 44 — конденсатор 2,1 мкф; 45 — сопротивление 0,2 мгом; 46 — выключатель; 47 — колодка; 48 — зажимы для подключения C_x

В приборе применена феррорезонансная стабилизация питающего напряжения, обеспечивающая хорошую стабильность вторичного напряжения при изменении напряжения сети от 110 до 220 в.

На передней панели прибора (рис. 96) установлены:

1 — клеммы для присоединения измеряемой емкости C_x ;
2 — переключатель предела измерения с надписью «диапазон емкостей»;

3 — верньерная ручка подстроечного конденсатора с надписью «подстройка»;

4 — колодка для включения напряжения питания с надписью «~110—220 в»;

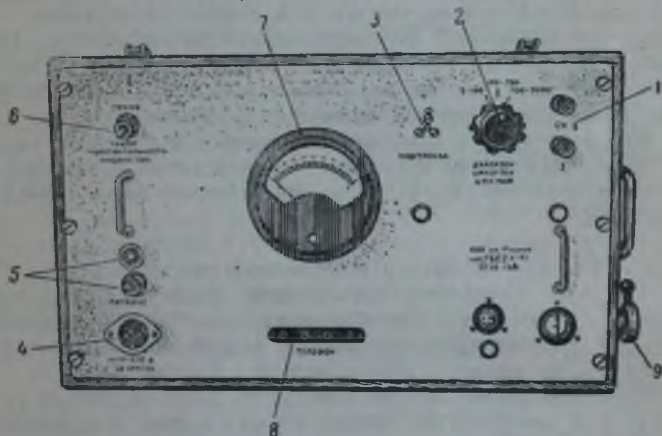


Рис. 96. Внешний вид прибора ГБЕ-2

5 — выключатель питания с контрольной лампочкой;
6 — переключатель чувствительности индикатора с надписями «грубо» и «точно»;

7 — купроксный микроамперметр на 100 мка;

8 — колодка для включения телефонов;

9 — ручка эталонного конденсатора (выведена на правую боковую часть прибора).

Отсчет емкости конденсатора производится по лимбу и нониусу, видимым под стеклами на передней панели прибора.

Для работы с прибором нужно:

1) поставить выключатель питания в положение «выключено»;

2) установить переключатель чувствительности индикатора в положение «грубо»;

3) установить переключатель «диапазон емкостей» в положение, соответствующее порядку измеряемой величины емкости;

4) установить эталонный конденсатор на нуль по лимбу и нониусу;

5) включить кабель питания одним концом в колодку на левой части панели, а другим (с вилкой) — в штепсельную розетку сети переменного тока 110—220 в;

6) включить тумблер «питание» и дать разогреться лампам в течение 2—3 минут (стрелка гальванометра при этом отклоняется на несколько делений);

7) вращением ручки «подстройка» установить стрелку гальванометра на нуль (установка требует некоторого навыка, так как настройка в резонанс получается весьма острой; подстройку на нуль можно проверить установкой переключателя чувствительности в положение «точно», после этого переключатель чувствительности нужно снова поставить в положение «грубо», проверку «начальной установки» можно производить на слух по телефону: момент пропадания звука соответствует «начальной установке»);

8) присоединить измеряемую емкость к зажимам C_x ;

9) вращая ручку эталонного конденсатора в сторону увеличения градусов, получить нулевые биения указанным выше способом;

10) произвести отсчет по лимбу и нониусу, а по таблицам определить величину измеряемой емкости.

Точность измерения повышается, если подгонку производить по показанию стрелки гальванометра. Экранирующую (внешнюю) обкладку измеряемого конденсатора нужно присоединять к зажиму, обозначенному буквой З.

При измерении нельзя подносить руку к зажимам прибора и к измеряемому конденсатору, а при измерении малых емкостей следует учитывать емкость соединительных проводников, если она не скомпенсирована при начальной установке.

При длительном измерении для повышения точности через 5—10 минут рекомендуется проверить «начальную установку».

Усовершенствованием ГБЕ-2 является прибор ГБЕ-3, предназначенный для тех же целей.

По техническим характеристикам он не отличается от ГБЕ-2.

В приборе ГБЕ-3 в отличие от ГБЕ-2 визуальным индикатором настройки служит лампа 6Е5 («магический глаз»); кроме того, ручка эталонного конденсатора настройки в приборе ГБЕ-3 расположена на передней панели.

Глава X

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

В радиоизмерительной практике часто бывает необходимо пользоваться генераторами звуковой частоты и генераторами стандартных сигналов.

Первые применяются для снятия частотной характеристики усилителей низкой частоты, для питания мостиковых схем при измерениях и для модуляции измерительных генераторов высокой частоты.

Такие генераторы должны иметь высокую стабильность и точность градуировки, широкий диапазон частот и достаточную мощность. Кроме того, напряжение на выходе должно регулироваться, а форма кривой его должна приближаться к синусоидальной.

Генераторы ЗГ-2, 70, ЗГ-3, ЛИ-73, описываемые ниже, в основном удовлетворяют этим требованиям.

Генераторы стандартных сигналов применяются главным образом для исследования радиоприемников и для измерения напряженности поля передатчиков. Эти генераторы позволяют определить чувствительность, избирательность приемников, а также диапазон частот и качество воспроизведения.

Они должны иметь достаточно широкий диапазон частот, стабильное по частоте и по величине выходное напряжение, регулируемое в больших пределах (от долей микровольта до вольта), допускать возможность модуляции от внешних и внутренних источников звуковых частот с коэффициентом модуляции 10—100%.

Описываемые ниже генераторы ГСС-3, ГСС-6, ГСУ-4, 804-CS2 в основном удовлетворяют этим требованиям.

Звуковой генератор типа 70

Звуковой генератор используется для снятия частотных характеристик в приемных и передающих устройствах.

Диапазон частот генератора 20—20 000 гц. Точность установки частоты по шкале 2%, по дополнительному лимбу — 1 гц.

Частота изменяется не более чем на 5 гц в час после полуторачасовой работы генератора с момента включения в сеть. В течение первого часа работы частота меняется на 5—10 гц.

Изменение напряжения питания на $\pm 15\%$ вызывает изменение частоты на $\pm 3 \div 5$ гц.

Напряжение на выходе регулируется в пределах от 2 до 150 в и зависит от сопротивления нагрузки выхода и отдаваемой мощности.

Коэффициент нелинейных искажений при мощности 1,5 вт на частотах выше 100 гц не превышает 3—4%, при 20 гц — 4—5%. При мощности 0,015 вт и на частотах выше 100 гц коэффициент нелинейных искажений уменьшается в 5 раз.

Питание осуществляется от сети переменного тока 50 гц, напряжением 110, 127 и 220 в. Мощность, потребляемая прибором, 200 вт.

В приборе использованы лампы: 6Ф6 (6 шт.), 6Ж7 (2 шт.), 6К7 (1 шт.), 5Ц4С (2 шт.) и 6Х6 (6 шт.).

Прибор оформлен в деревянном, экранированном изнутри ящике. Ручки управления расположены на передней панели.

Блок-схема прибора

Работа генератора звуковой частоты основана на принципе биений двух частот, получаемых от гетеродинов. Один из них имеет частоту $180 \div 160$ кгц, другой 180 кгц ± 50 гц.

Разностная частота генераторов меняется в пределах 0—20 кгц. После детектирования напряжение низкой частоты подается на сетки ламп выходного каскада.

Напряжение звуковой частоты регулируется потенциометрами и контролируется ламповым вольтметром.

Питание всех ламп и их анодных цепей осуществляется от силового трансформатора и выпрямителя, работающего от сети переменного тока.

Генератор, блок-схема которого изображена на рис. 97, состоит из:

- 1) генератора переменной частоты, собранного по трансформаторной схеме на лампе 6Ф6;
- 2) генератора постоянной (фиксированной) частоты, собранного по трансформаторной схеме на лампе 6Ф6;
- 3) усилителя высокой частоты, работающего на лампе 6К7;
- 4) детектора, собранного по двухтактной схеме на лампах 6Ж7;

5) выходного каскада, собранного по двухтактной схеме и работающего на четырех лампах 6Ф6 (в каждом плече две лампы);

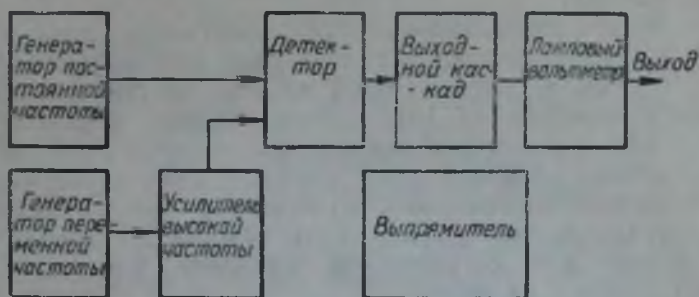


Рис. 97. Блок-схема генератора звуковой частоты типа 70

6) лампового вольтметра, работающего на двух лампах 6Х6 и имеющего четыре предела измерения 5, 15, 50, 150 в, переход на которые осуществляется кнопочным переключателем;

7) выпрямителя, работающего на двух лампах 5Ц4С.

Органы управления, расположенные на передней панели генератора (рис. 98):

1 — тумблер для включения прибора в сеть;

2 — клемма для подключения схемы прибора к земле;

3 — сигнальная лампочка, загорающаяся при включении прибора в сеть;

4 — отверстие для наблюдения за частотомером;

5 — кнопка выключателя частотомера;

6 — четыре клеммы, к которым с выхода генератора подводится напряжение звуковой частоты (первая клемма соединена с землей, вторая находится под напряжением, равным нулю, к третьей подводится напряжение $25 \div 50$ в, к четвертой — $75 \div 150$ в);

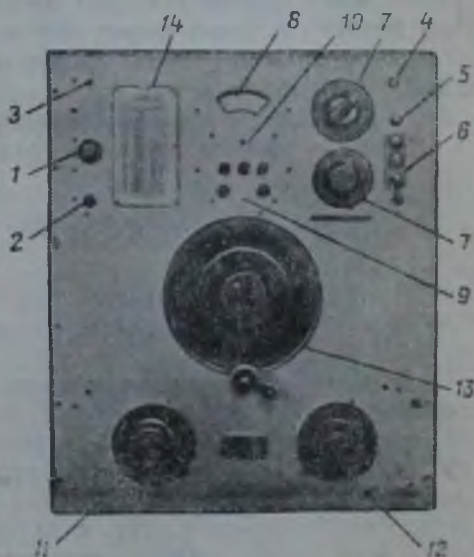


Рис. 98. Внешний вид генератора типа 70

7 — ручки потенциометра плавной и грубой регулировки напряжения на выходе;

8 — шкала лампового вольтметра для отсчета напряжения на выходе;

9 — кнопки переключения шкал вольтметра, расположенные в два ряда; кнопки верхнего ряда переключают шкалу на 5, 15 и 50 в; если ни одна из этих кнопок не нажата, вольтметр включен на 150 в; левая кнопка нижнего ряда служит для уменьшения напряжения на выходе в 10 раз; правая кнопка нижнего ряда служит для закорачивания микроамперметра лампового вольтметра; при переноске и транспортировке она должна быть нажата доотказа;

10 — винт для механической установки (корректировки) стрелки прибора на нуль;

11 — лимб конденсатора переменной емкости для первоначальной установки частоты генератора, имеющий надпись «установка на нуль»;

12 — лимб конденсатора переменной емкости для точной установки частоты в пределах ± 50 гц (градуирован в герцах);

13 — лимб главного конденсатора установки частоты от 20 до 20 000 гц; лимб имеет 250 делений, нанесенных через каждые полградуса; нуль градусов соответствует частоте, равной нулю;

14 — таблица градуировки прибора (слева частота в герцах, справа — соответствующие градусы главного лимба).

Включение прибора и работа с ним

Отвернув заднюю крышку прибора, вставляют лампы (если они не были вставлены раньше) и снова закрепляют крышку.

Перемычки на коммутационном щитке трансформатора устанавливают в соответствии с имеющимся напряжением сети, от которой будет работать генератор.

Убедившись в том, что тумблер питания 1 находится в положении «выключено», вставляют вилку шнура питания в штепсельную розетку сети, а затем включают тумблер питания (при этом должна загореться индикаторная лампочка 3).

Убедившись в том, что все кнопки вольтметра отжаты, устанавливают лимб главного конденсатора на число делений, соответствующее частоте язычка частотомера, и нажатием кнопки 5 включают частотомер.

Поворотом ручки потенциометра 7 устанавливают напряжение, равное одной четверти или одной пятой части шкалы вольтметра.

Наблюдая через отверстие за язычком частотомера, медленно поворачивают ручку «установка на нуль» 11, добиваясь максимальной амплитуды язычка.

Ручка точной установки частоты 12 должна быть установлена на нуль.

Найдя соответствующее положение лимба 11, оставляют его в этом положении до конца измерений и отжимают кнопку 5 частотомера. После этого прибор готов к работе.

В процессе работы, особенно в первые полчаса после включения, рекомендуется периодически проверять «установку нуля».

Установка желаемой частоты приблизительно производится по таблице и точно устанавливается по кривой, прилагаемой к прибору, в которой указывается и частота установки частотомера.

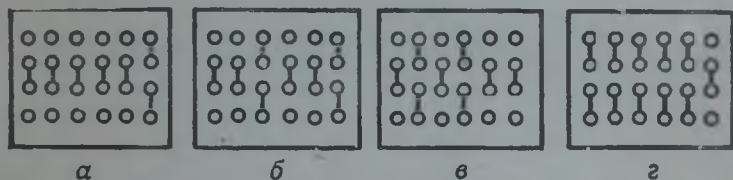


Рис. 99. Схема переключения прибора на разные нагрузки и напряжения

В тех случаях, когда хотят получить частоту 50 гц и меньше, целесообразно пользоваться лимбом 12 с надписью «+50 гц».

Регулировка напряжения на выходе производится ручками двух потенциометров «напряжение на выходе».

Если напряжение снимается с зажимов «75 ÷ 150 в» и «0», то верхний потенциометр дает скачкообразное изменение напряжения, а нижний — плавное.

Если напряжение снимается с зажимов «25 ÷ 50 в» и «0», то пользуются только нижним потенциометром, дающим плавное изменение напряжения.

Металлическая перемычка между двумя нижними зажимами служит для соединения с землей клеммы О. Необходимость этого соединения определяется условиями работы.

Переключение на нужную шкалу лампового вольтметра производится нажатием соответствующей кнопки. Одновременно может быть нажата только одна из кнопок.

Прибор может работать на разную нагрузку и разные напряжения. Переключение выхода прибора осуществляется по схеме, приведенной на рис. 99. Переключение на напряжение 150 в и нагрузку 10 000 ом (наименьшие нелинейные искажения), на напряжение 70 в и нагрузку 2 600 ом (наи-

большая мощность) производится установкой перемычек в положение, указанное на рис. 99, а. Напряжение снимается с зажимов 150—75 в.

Переключение на напряжение 75 в и нагрузку 2 500 ом (наименьшие нелинейные искажения), а также на нагрузку 625 ом (наибольшая мощность) производится перестановкой перемычек в положение, указанное на рис. 99, б. В этом случае напряжение также снимается с клемм 150—75 в.

Переключение на напряжение 50 в и нагрузку 1 100 ом (наименьшие нелинейные искажения); на напряжение 50 в и нагрузку 300 ом (наибольшая мощность) достигается перестановкой перемычек, как указано на рис. 99, в. Напряжение снимается с клемм 25—50 в.

Переключение на напряжение 25 в и нагрузку 270 ом (наименьшие нелинейные искажения) и 70 ом (наибольшая мощность) производится по схеме рис. 99, г. Напряжение снимается с клемм 25—50 в.

Плавная регулировка напряжения производится нижней ручкой потенциометра.

Генератор звуковой частоты ЗГ-2

Генератор звуковой частоты ЗГ-2 может быть использован для испытания низкочастотных каскадов радиоприемников и модулятора радиопередатчиков, для определения стабильности частоты высокочастотных генераторов и передатчиков и при измерении коэффициента нелинейных искажений в низкочастотных каскадах радиоустройств.

Диапазон частот генератора 20—20 000 гц. Этот диапазон перекрывается одним конденсатором переменной емкости, имеющим шкалу, градуированную по частоте. Прибор имеет добавочный конденсатор, позволяющий плавно изменять частоту (производить расстройку) в пределах ± 100 гц в любой точке диапазона.

Градуировка лимба нанесена через 5 гц в пределах диапазона 20—50 гц, через 10 гц в пределах 50—100 гц, через 20 гц в пределах 100—200 гц, через 50 гц в пределах 200—500 гц и через 100 гц в пределах 500—20 000 гц. Первая отсчетная точка на шкале 20 гц. Точность градуировки $2\% \pm 2$ гц.

После 15-минутного прогрева изменение частоты не превышает 5—10 гц за 1 час работы и 3 гц в течение следующего часа. Изменение питающего напряжения в пределах $\pm 5 \div 10\%$ от номинального значения вызывает изменение частоты не больше, чем на ± 4 гц.

Максимальное напряжение выхода при отсутствии нагрузки 150 в, максимальная выходная мощность около 2 вт при сопротивлении нагрузки в 50—500—5 000 ом. Эта мощность

может быть снята при переключателе выхода, установленном в положение 15, 50 и 150 в. При установке переключателя выхода в положение «микровольты — милливольты» прибор имеет постоянное внутреннее сопротивление выходной цепи, равное 5 ом.

Выходное напряжение может плавно меняться потенциометром в пределах 15—100% от максимального значения выходного напряжения и ступенями — поворотным переключателем, дающим $\frac{1}{3}$; $\frac{1}{10}$; $\frac{1}{30}$; $\frac{1}{100}$; $\frac{1}{1000}$; $\frac{1}{10000}$ полного выходного напряжения генератора.

При помощи этих переключателей выходное напряжение может быть понижено до величины, измеряемой единицами микровольт.

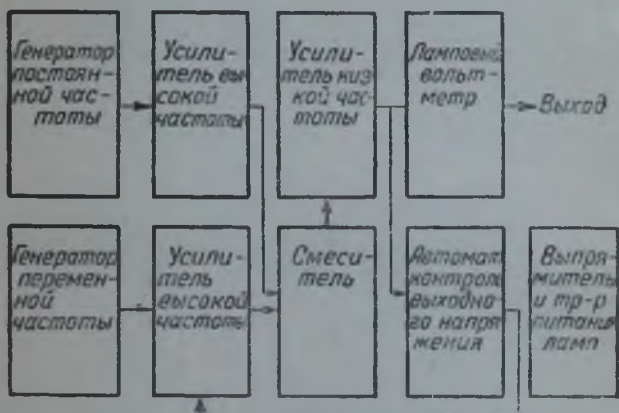


Рис. 100. Блок-схема генератора ЗГ-2

Общая погрешность определения выходного напряжения по вольтметру прибора и аттенуатору в диапазоне частот 50—10 000 гц не превышает $\pm 5\%$ от номинального значения шкалы вольтметра.

Выходные напряжения в приборе измеряются ламповым вольтметром, работающим по схеме диодного детектирования с последующим усилением.

Коэффициент нелинейных искажений при нагрузке в 50, 500, 5 000 ом и снимаемой мощности до 1,5 вт не превышает 2% на частотах от 100 до 5 000 гц.

Выходное напряжение на большей части диапазона (50—16 000 гц) сохраняется постоянным в пределах $\pm 0,5$ дб, если сопротивление нагрузки равно 50, 500 или 5 000 ом.

Генератор и усилитель постоянной частоты

Детектор

Усилитель низкой частоты

Выходной трансформатор и аттенуатор

Генератор и усилитель переменной частоты

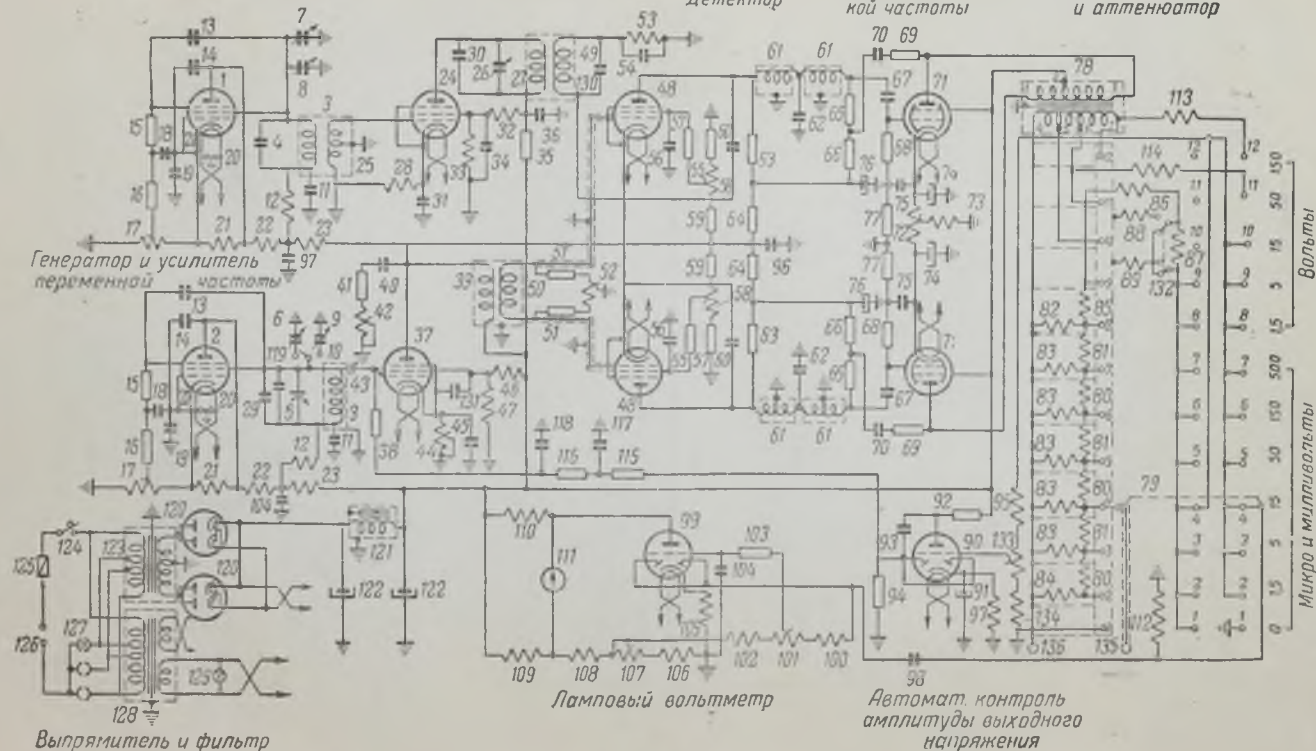


Рис. 101. Принципиальная схема генератора звуковой частоты ЗГ-2:

1 и 2 — лампа типа 6К7; 3 — катушка контура генератора 210 мкГн; 4 — конденсатор 3 200 мкмкф; 5 — конденсатор подстроечный 20—260 мкмкф; 6 — конденсатор установки частоты 40—940 мкмкф; 7 — конденсатор расстройки 7—15 мкмкф; 8 — конденсатор установки нуля 3—12 мкмкф; 9 — конденсатор контроля нуля 20—60 мкмкф; 10 — переключатель контроля нуля; 11 — конденсатор 4 мкф; 12 — сопротивление 20 000 Ом; 13 и 14 — конденсаторы 4 000 мкмкф; 15 и 16 — сопротивления 200 000 Ом и 50 000 Ом; 17 — потенциометр смещения 2 200 Ом; 18, 19 и 20 — конденсаторы 0,1 мкф, 0,1 мкф, 0,04 мкф; 21, 22 и 23 — сопротивления 15 000 Ом, 20 000 Ом и 8 000 Ом; 24 — лампа типа 6К7; 25 — катушка связи 50 мкГн; 26 — конденсатор контура усилителя 20—60 мкмкф; 27 — катушка контура усилителя 7,2 мкГн; 28 — сопротивление 540 Ом; 29 — конденсатор 3 100 мкмкф; 30 — конденсатор 70 мкмкф; 31 — конденсатор 0,04 мкф; 32 и 33 — сопротивления 35 000 Ом и 30 000 Ом; 34 — конденсатор 0,04 мкф; 35 — сопротивление 2 000 Ом; 36 — конденсатор 0,1 мкф; 37 — лампа типа 6К7; 38 — сопротивление 0,25 мГом; 39 — катушка анодная усилителя 20 мГн; 40 — конденсатор 0,04 мкф; 41 — сопротивление 12 000 Ом; 42 — потенциометр регулировки усиления 8 000 Ом; 43 — конденсатор связи 1 мкмкф; 44 — потенциометр 600 Ом; 45 — конденсатор 0,1 мкф; 46 и 47 — сопротивления 25 000 и 20 000 Ом; 48 — лампа типа 6Ж7; 49 и 50 — катушки связи 770 мкГн и 20 мГн; 51 — сопротивление 12 000 Ом; 52 — потенциометр 8 000 Ом; 53 — сопротивление 10 000 Ом; 54 — конденсатор 4 мкф; 55 — сопротивление 50 000 Ом; 56 — конденсатор 0,04 мкф; 57 — сопротивление 50 000 Ом; 58 — потенциометр 8 000 Ом; 59 — сопротивление 30 000 Ом; 60 — конденсатор 30 мкмкф; 61 — дроссель высокой частоты 250 мГн; 62 — конденсатор 60 мкмкф; 63, 64, 65 и 66 — сопротивления 250 000, 10 000, 100 000 и 10 000 Ом; 67 — конденсатор 0,2 мкф; 68 и 69 — сопротивления 250 000 и 100 000 Ом; 70 — конденсатор 0,04 мкф; 71 — лампа 6Л6С; 72 — потенциометр 100 Ом; 73 — сопротивление 100 Ом; 74 — конденсатор электролитический 40 мкф; 75 — конденсатор 2 мкф; 76 — конденсатор электролитический 10 мкф; 77 — сопротивление 50 000 Ом; 78 — трансформатор выходной; 79 — коммутатор; 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88 и 89 — сопротивления 15,15; 13,33; 6,67; 9,62; 6,5; 11,17; 33,33; 2 000; 2,08; 50 Ом; 90 — лампа 6Г7; 91 — сопротивление 3 400 Ом; 92 — сопротивление 200 000 Ом; 93 — конденсатор 0,1 мкф; 94 — сопротивление 3 мГом; 95 — сопротивление проволочное 5 600 Ом; 96 — конденсатор 0,1 мкф; 97 — конденсатор электролитический 20 мкф; 98 — конденсатор 2 мкф; 99 — лампа типа 6Г7; 100 — сопротивление 200 000 Ом; 101 — потенциометр 8 000 Ом; 102 — сопротивление 50 000 Ом; 103 — сопротивление 100 000 Ом; 104 — конденсатор 1 мкф; 105 и 106 — сопротивления 10 000 и 4 000 Ом; 107 — потенциометр 600 Ом; 108, 109 и 110 — сопротивления 70 000, 40 000 и 80 000 Ом; 111 — гальванометр 500 мкА; 112, 113 и 114 — сопротивления 7 000, 54 000 и 14 000 Ом; 115 и 116 — сопротивления 500 000 и 250 000 Ом; 117 и 118 — конденсаторы 0,1 мкф и 0,2 мкф; 119 — конденсатор 150 мкмкф; 120 — лампа 5Ц4С; 121 — дроссель фильтра 30 Гн; 122 — конденсатор электролитический 20 мкф; 123 — трансформатор; 124 — выключатель; 125 — предохранитель; 126 — фишка питания; 127 — переключатель сетевого напряжения; 128 — трансформатор; 129 — лампочка индикаторная 6,3 В; 130 — конденсатор 1 200 мкмкф; 131 — конденсатор 0,25 мкф; 132 — переключатель аттенуатора; 133 — потенциометр 1 400 Ом; 134 — сопротивление 80 Ом; 135 — клемма выхода; 136 — клемма нулевого потенциала

Питание прибора осуществляется полностью от сети переменного тока 110, 127 или 220 в. Потребляемая мощность составляет около 130 вт.

В приборе использованы следующие типы ламп: 6Г7, 6Ж7, 6Л6С, 5Ц4С (по 2 шт.) и 6К7 (4 шт.).

В генераторе ЗГ-2 (рис. 100) для получения звуковой частоты использован метод биений. Один гетеродин работает на постоянной (фиксированной) частоте около 200 кГц, другой — с плавно изменяющейся частотой в пределах от 200 до 180 кГц.

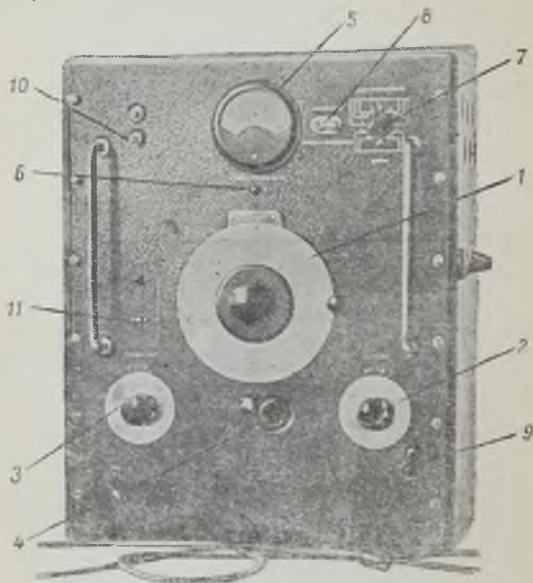


Рис. 102. Внешний вид прибора ЗГ-2

Напряжение с обоих гетеродинов (рис. 101) подается на отдельные усилители высокой частоты. Назначение усилителя гетеродина постоянной частоты — отфильтровывать высшие гармоники гетеродина и уменьшать влияние на частоту гетеродина со стороны последующих каскадов. Назначение усилителя гетеродина переменной частоты — при помощи автоматической регулировки амплитуды выходного напряжения прибора обеспечивать постоянство напряжения на выходе генератора на всем диапазоне частот.

Напряжение от обоих усилителей подается на сетки лампы пушпульного смесителя (детектора), работающего на лампах 6Ж7, для выделения разностной частоты.

Напряжение после смесителя поступает на двухтактный усилитель низкой частоты, работающий на лампах 6Л6С. С выхода усилителя напряжение подается на ступенчатый аттенюатор и поступает на выходные клеммы прибора.

Выходное напряжение контролируется ламповым вольтметром, собранным на лампе 6Г7.

Автоматическая регулировка выходного напряжения осуществляется второй лампой 6Г7, действующей на усилитель гетеродина переменной частоты.

Питание анодов и экранирующих сеток всех ламп осуществляется от двухполупериодного выпрямителя, работающего на двух лампах 5Ц4С.

Питание накала всех ламп производится от специального трансформатора.

Внешний вид прибора изображен на рис. 102.

На передней панели расположены: 1 — лимб установки частоты; 2 — лимб добавочного конденсатора; 3 — конденсатор установки нуля; 4 — потенциометр плавной регулировки амплитуды выходного напряжения; 5 — гальванометр вольтметра; 6 — потенциометр установки стрелки вольтметра на нуль; 7 — переключатель выхода; 8 — переключатель «вольты-милливольты-микровольты»; 9 — клеммы выходного напряжения; 10 — выключатель питания с индикаторной лампочкой; 11 — конденсатор контроля ухода частоты и его кнопочный переключатель.

Питание к прибору подводится через заднюю стенку ящика. Перевод питания с одного напряжения на другое производится установкой предохранителя в соответствующее гнездо около фишки питания, помещенной сзади прибора.

Подготовка прибора и работа с ним

При подготовке к работе нужно: вынуть из ящика прибор, вставить лампы, согласно имеющейся на панели нумерации, вернуть индикаторную лампочку, вставить прибор обратно в ящик и закрепить его винтами.

Для включения прибора нужно: вернуть предохранитель в гнездо, находящееся на задней стенке прибора, которое соответствует напряжению сети; вставить фишку соединительного кабеля, прилагаемого к прибору, в гнездо на задней стенке ящика, а вилку — в розетку осветительной сети; поставить выключатель питания прибора в положение «включено» (при этом должна загореться индикаторная лампочка).

Для установки «электрического нуля» вольтметра нужно поставить переключатель выхода на нуль и поворачивать отверткой ось потенциометра «установка нуля вольтметра» до тех пор, пока стрелка гальванометра не встанет на нуль.

Для установки «нуля» частоты нужно: прогревать прибор в течение 2—3 минут, поставить лимб «расстройка» на нуль, нажав кнопку «контроль частоты», медленно поворачивать лимб «установка нуля» до тех пор, пока стрелка гальванометра, после колебаний, вначале быстрых, а затем медленных, не встанет на нуль.

Установка на нуль будет правильной, если при небольших смещениях лимба «установка нуля» в обе стороны стрелка вольтметра начинает медленно колебаться.

Установку нуля можно производить и по нулевым биениям, пользуясь телефоном, включенным на выход прибора.

Установка частоты производится по шкале лимба главного конденсатора прибора. Лимб «расстройка» позволяет производить плавное изменение частоты в пределах ± 100 гц в любой точке диапазона.

При уходе частоты во время работы корректировка ее производится конденсатором «установка нуля» при нажатой кнопке по нулевым биениям.

Амплитуду напряжения на выходе можно изменять плавно, пользуясь потенциометром регулировки амплитуды, и ступенями, пользуясь поворотным переключателем выхода и переключателем «вольты-милливольты-микровольты».

Необходимо помнить, что поворотом ручки плавной регулировки амплитуды нельзя получить нуль напряжения на выходе. Для этого поворотный переключатель нужно поставить на нуль (выходные клеммы при этом будут закорочены).

Напряжение на выходных клеммах измеряется вольтметром, находящимся на панели прибора. Номинальное значение шкалы вольтметра соответствует установке поворотного переключателя выхода. При положениях переключателя выхода на «микровольты» и «милливольты» (1,5 в и 5 в) выходной вольтметр при низкоомных нагрузках показывает завышенную величину напряжения. Истинное значение выходного напряжения определяется по формуле

$$U_{\text{вых}} = U_0 \frac{R_n}{R_n + R_0}$$

где $U_{\text{вых}}$ — напряжение на выходе;

U_0 — напряжение по вольтметру;

R_n — сопротивление нагрузки в омах;

R_0 — выходное сопротивление аттенюатора, равное 5 ом для шкал «микровольты», «милливольты» и 1,5 в и 10 ом для шкалы 5 в.

Дальнейшим развитием схемы генератора ЗГ-2 является генератор типа ЗГ-3, работа которого основана также на принципе биений.

Технические данные его мало отличаются от данных генератора ЗГ-2.

Генератор звуковой частоты ЛИ-73

Генератор ЛИ-73 является источником электрических колебаний низкой частоты. Диапазон частот его от 20 до 20 000 гц. Напряжение, снимаемое с выхода, меняется в зависимости от нагрузки в пределах:

При нагрузке	100 ом	7—10 в
"	600	20—23 в
"	10 000	100—120 в

Частотная характеристика генератора при нагрузке 600 ом имеет отклонение не более $\pm 25\%$. Клирфактор в диапазоне 400—4 000 гц не превышает 1%.

Питание генератора осуществляется от сети переменного тока 110, 127 и 220 в. Переключение производится при помощи переключателя, помещенного на задней панели генератора. При изменении напряжения сети до 10% частота генератора может изменяться не более чем на 2%.

Принципиальная схема генератора изображена на рис. 103.

В отличие от звуковых генераторов, в которых используется метод биений, в ЛИ-73 частота генерируемых колебаний определяется активным сопротивлением и емкостью, что значительно упрощает схему прибора и дает возможность получить более стабильные колебания. Прибор имеет малые габариты и вес.

Схема генератора состоит из двух частей: генераторной и усилительной.

Генераторная часть состоит из собственно генератора и линейного усилителя. Генератор работает на лампе L_1 (6Ж7) и настраивается при помощи блока переменных конденсаторов C_1 , C_2 , C_3 и сопротивлений R , R_2 , R и др., переключаемых переключателем Π_1 , ручка которого выведена на переднюю панель прибора.

Лампа L_3 (6Ф6) работает в качестве линейного усилителя и инвертора фазы. С анодной цепи этой лампы берется обратная связь на сетку лампы 6Ж7.

Кроме положительной обратной связи, в генераторной части применена еще отрицательная обратная связь, которая используется для повышения устойчивости работы генератора и уменьшения клирфактора. В цепь отрицательной обратной связи включена маломощная лампочка накаливания L_2 (3 вт, 120 в), имеющая нелинейную характеристику и значительно улучшающая работу генератора.

Усилительная часть состоит из двух каскадов. Первый работает на лампе L_4 (6Ф5) по схеме усилителя на сопротивлениях, второй, являющийся мощным усилителем с трансформаторным выходом, — на лампе L_5 (6ПЗ).

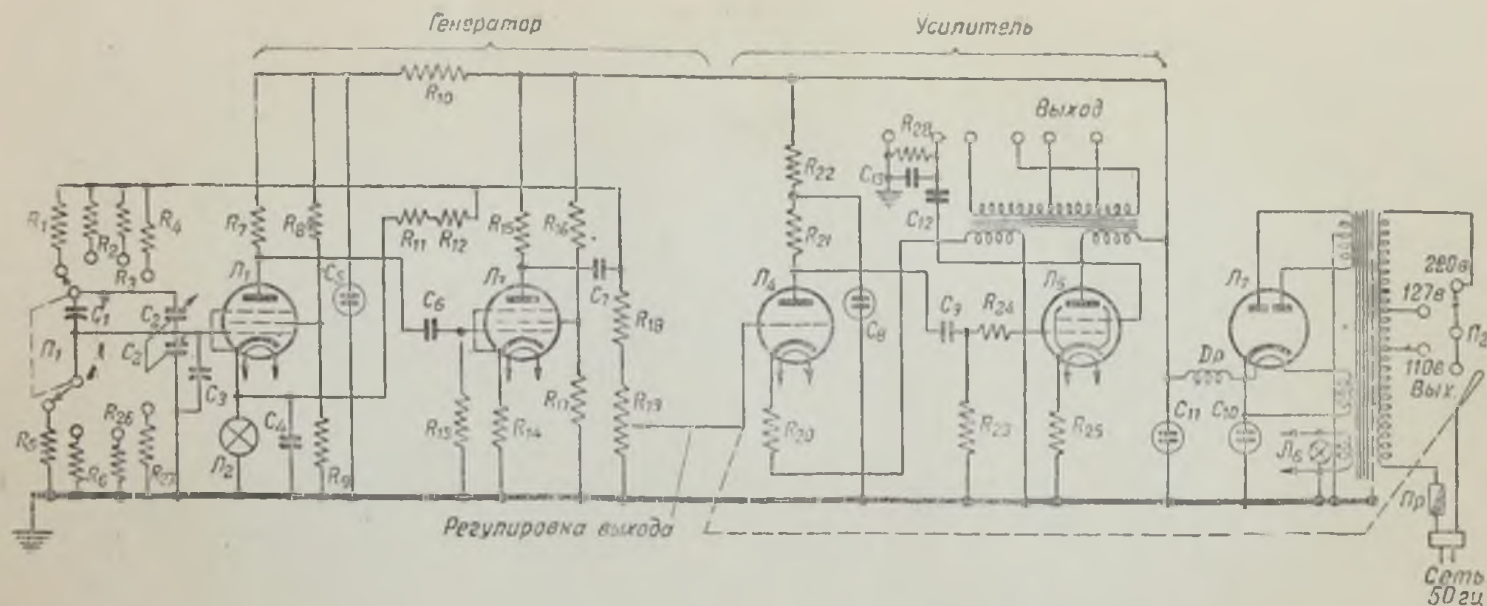


Рис. 103. Принципиальная схема генератора ЛИ-73:

Λ_1 — лампа 6Ж7; Λ_2 — лампа 120 в, 3 вт; Λ_3 — лампа 6Ф6; Λ_4 — лампа 6Ф5; Λ_5 — лампа 6Н13; Λ_6 — лампа 6,3 в, 0,28 а; Λ_7 — лампа 5Ц4С; D_p — дроссель фильтра; Π_1 — переключатель диапазонов; Π_2 — переключатель сети; Π_p — предохранитель на 2 а; C_1 — конденсатор подстроечный 65 мккф; C_2 — конденсатор переменной емкости 1 100 мккф; C_3 — конденсатор подстроечный 25 мккф; C_4 — конденсатор 20 мкф; C_5 — конденсатор электролитический 20 мкф; C_6 — конденсатор 0,5 мкф; C_7 — конденсатор 8 мкф; C_8 и C_{11} — конденсаторы электролитические по 10 мкф; C_9 — конденсатор 0,1 мкф; C_{10} — конденсатор электролитический 40 мкф; C_{12} — конденсатор 2 мкф; C_{13} — конденсатор 600 мккф; R_1 — сопротивление 8 мгом; R_2 — сопротивление 2 мгом; R_3 — сопротивление 0,3 мгом; R_4 — сопротивление 80 000 ом; R_5 — сопротивление 8 мгом; R_6 — сопротивление 2 мгом; R_7 , R_8 — сопротивление 0,1 мгом; R_9 — сопротивление 5 000 ом; R_{10} — сопротивление 10 000 ом; R_{11} — сопротивление 3 000 ом; R_{12} — сопротивление 1 000 ом; R_{13} — сопротивление 0,5 мгом; R_{14} — сопротивление 750 ом; R_{15} , R_{16} — сопротивление 10 000 ом; R_{17} — сопротивление 25 000 ом; R_{18} — сопротивление 15 000 ом; R_{19} — сопротивление 25 000 ом; R_{20} — сопротивление 3 200 ом; R_{21} — сопротивление 80 000 ом; R_{22} — сопротивление 6 000 ом; R_{23} — сопротивление 0,5 мгом; R_{24} — сопротивление 50 000 ом; R_{25} — сопротивление 750 ом; R_{26} — сопротивление 0,3 мгом; R_{27} — сопротивление 80 000 ом; R_{28} — сопротивление 0,5 мгом

В усилителе также применена отрицательная обратная связь, которая в значительной степени снижает частотные и нелинейные искажения.

Выпрямитель работает на лампе Л₇ (5Ц4С) по схеме двухполупериодного выпрямления. Питание накала лампы прибора осуществляется от отдельной обмотки трансформатора питания. Для питания может быть использована сеть переменного тока 110, 127 и 220 в.

Внешний вид генератора изображен на рис. 104. На передней панели расположены: переключатель поддиапазонов, ручка плавной регулировки частоты, регулятор выходного напряжения, сигнальная лампочка и клеммы для включения различных нагрузок на выходе генератора.

Перед включением прибора в сеть нужно проверить положение переключателя напряжения сети (при включении загорается сигнальная лампочка).

Установка генератора на заданную частоту производится переключателем поддиапазонов и ручкой плавной регулировки частоты. Амплитуда выходного напряжения регулируется ручкой «регулировка выхода».

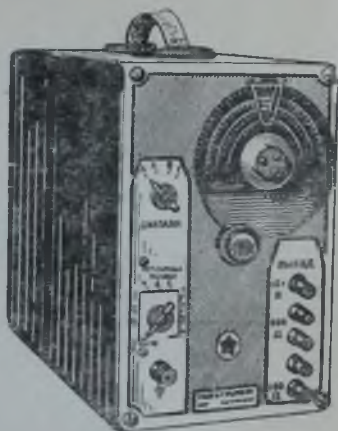


Рис. 104. Внешний вид генератора ЛН-73

Генератор звуковой частоты 200С

Генератор 200С используется для исследования частотных характеристик радиоустройств.

Диапазон частот от 20 до 200 000 гц разделен на четыре поддиапазона: 20—200, 200—2 000, 2 000—20 000, 20 000—200 000 гц.

Шкала имеет градуировку от 20 до 200 гц. Отсчет частоты во втором поддиапазоне производится умножением показания шкалы на 10, в третьем — умножением на 100, в четвертом — умножением на 1 000.

Выходная мощность, выделяющаяся на нагрузке 1 000 ом, равна 100 мвт. Неравномерность частотной характеристики ± 1 дб.

Стабильность частоты равна $\pm 2\%$. Искажение формы кривой (клирфактор) в диапазоне 20—20 000 гц меньше 1%.

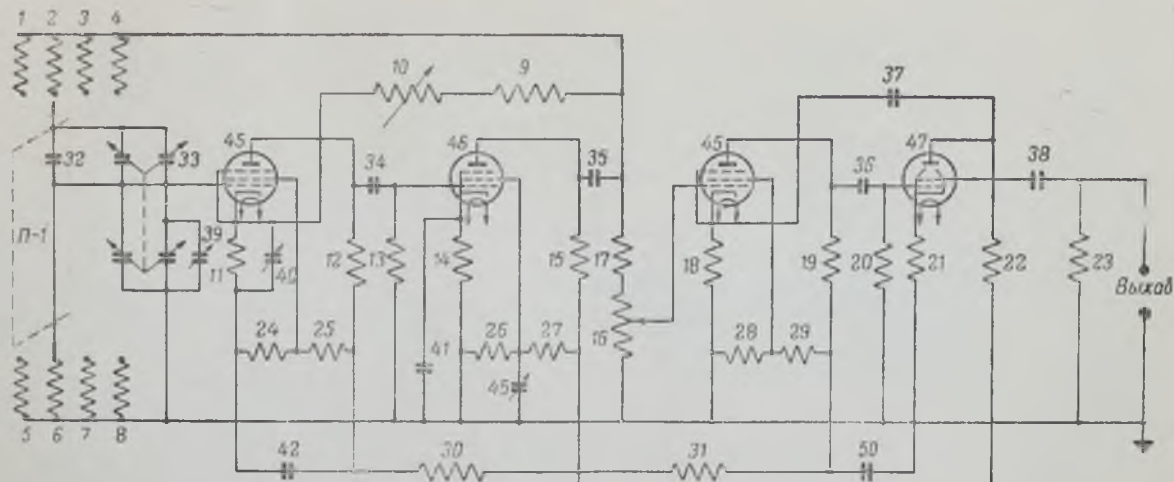


Рис. 105. Принципиальная схема генератора 200С:

1, 2, 3 и 4 — сопротивление 8,24 мгом, 824 000, 82 400 и 8 240 ом; 5, 6, 7 и 8 — сопротивление 8,24 мгом, 824 000, 82 400 и 8 240 ом; 9 — сопротивление 3 000 ом; 10 — сопротивление 800 ом; 11 — сопротивление 4 500 ом; 12 — сопротивление 50 000 ом; 13 — сопротивление 500 000 ом; 14 и 15 — сопротивления 800 и 10 000 ом; 16 — потенциометр на 25 000 ом; 17, 18, 19 и 20 — сопротивления 10 000, 5 000, 50 000 и 500 000 ом; 21, 22, 23, 24 и 25 — сопротивления 500 000, 5 000, 10 000, 50 000 и 100 000 ом; 26, 27, 28, 29, 30 и 31 — сопротивления 27 000, 10 000, 50 000, 100 000 и 10 000 ом; 32 — конденсатор 100 мкмкф; 33 — блок переменных конденсаторов по 538 мкмкф; 34, 35, 36 и 37 — конденсаторы 0,5, 8, 0,1 и 10 мкф; 38 — конденсатор 20 мкф; 39 — конденсатор полупеременный 25 мкмкф; 40 — конденсатор полупеременный 100 мкмкф; 41 — конденсатор 0,002 мкф; 42 — конденсатор 20 мкф; 43 и 44 — конденсаторы 4 и 40 мкф; 45 — лампа 6P6; 46 — лампа 6V6; 47 — лампа 6P6; 48 — лампа 6Z4; 49 — трансформатор питания; 50 — конденсатор 10 мкф; 51 — дроссель фильтра

Питание осуществляется от сети переменного тока 110—120 в и 50—60 гц. Мощность, потребляемая от сети, равна 68 вт.

Схема прибора, изображенная на рис. 105, состоит из двух частей: генераторной и усилительной.

Генераторная часть состоит из двухкаскадного генератора на сопротивлениях, первый каскад которого работает на лампе 6j7, а второй — на лампе 6F6. В схеме применяется отрицательная обратная связь для стабильности частоты и уменьшения нелинейных искажений.

Усилительная часть состоит из двухкаскадного усилителя на сопротивлениях, первый каскад которого работает на лампе 6j7, а второй — на лампе 6\6 — лучевом тетроде.

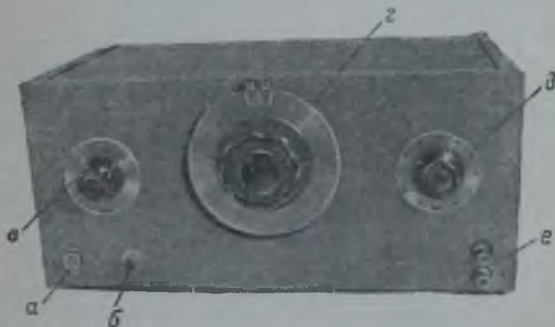


Рис. 106. Внешний вид генератора 200С

Изменение частоты производится блоком конденсаторов переменной емкости 33. Переход с одного поддиапазона на другой осуществляется переключением сопротивлений при помощи переключателя П-1. Напряжение на выходе регулируется потенциометром 16.

Питание генератора и усилителя осуществляется от двухполупериодного выпрямителя, работающего на лампе 5Z4.

На передней панели (рис. 106) расположены: а — тумблер включения прибора в сеть; б — индикаторная лампочка, загорающаяся при работе прибора; в — ручка переключения поддиапазонов; г — ручка настройки генератора на заданную частоту, шкала у которой проградуирована в герцах от 20 до 200 (первый поддиапазон); д — ручка регулировки напряжения выхода со шкалой, имеющей 100 делений; е — две универсальные клеммы-гнезда для снятия напряжения с выхода прибора.

На задней крышке прибора имеется шнур для подключения прибора к сети.

При работе с прибором вилка шнура питания включается в сеть, а затем включается тумблер питания. При включении прибора загорается контрольная (индикаторная) лампочка.

Установка на заданную частоту производится ручкой настройки генератора и переключателем поддиапазонов. Если нужно установить 150 гц, переключатель поддиапазонов ставят в положение «1», а ручку настройки — в положение «150». При желании получить 1 500 гц устанавливают только переключатель поддиапазона в положение «10». Тогда частота генератора будет равна $150 \times 10 = 1500$ гц и т. д.

Для контроля работы генератора в гнезда выхода можно включить телефоны.

Генератор сигналов ГС-3

Генератор сигналов ГС-3 служит для приближенного определения коэффициента усиления и чувствительности приемников, а также для приближенной проверки градуировки приемников.

Диапазон частот генератора (150—15 000 кгц) разбит на шесть поддиапазонов, которые перекрываются конденсатором переменной емкости и шестью катушками индуктивности.

Градуировка нанесена на шести шкалах в фиксированных номерах волн от 6 до 600. Точность градуировки по частоте в фиксированных волнах $\pm 1\%$.

Генератор сигналов имеет выходное напряжение 100 000 мкв, которое делится ступенчатым и плавным аттенюаторами. Если ступенчатый переключатель «множитель» находится в положении «1», выходное напряжение, снимаемое с генератора ручкой «микровольты», плавно изменяется от 0 до 10 мкв. Если переключатель «множитель» находится в положении «10», выходное напряжение меняется плавно от 0 до 100 мкв и т. д.

Прибор имеет модулятор, работающий на частоте 400 гц. Коэффициент модуляции равен $30\% \pm 5\%$.

Если ступенчатый аттенюатор находится в положении «400 гц», на выходе получается напряжение около 1 в с частотой 400 гц $\pm 5\%$.

Выходное сопротивление генератора изменяется в зависимости от положения переключателя «множитель» и лежит в пределах 10—200 ом.

Питание прибора осуществляется постоянным током от специальной упаковки питания БМ-2, содержащей три сухие батареи БАС-60 и аккумуляторную батарею 5НКН-10.

Прибор соединяется с магазином питания при помощи экранированного кабеля. Потребление тока на накал ламп около 0,5 а, в анодных цепях — около 4 ма.

В приборе использованы две лампы 6Ж7.

Схема прибора

Генератор высокой частоты (рис. 107) выполнен по схеме с электронной обратной связью, которая обладает высокой стабильностью частоты при изменении питающих напряжений и постоянством выходного напряжения в широком диапазоне частот.

Контуры генератора (лампа 6Ж7) состоят из конденсатора переменной емкости 25, подстроечного конденсатора 22 и шести отдельных катушек индуктивности 16—21, переключаемых двухгалетным переключателем 13, 14, 15.

Анодная цепь генераторной лампы нагружена на сопротивление 34—41, с которых снимается выходное напряжение, подводимое к переключателю 42 для грубой ступенчатой регулировки с отношением 1:10. Плавная регулировка в пределах каждой ступени осуществляется потенциометром 46.

Генератор звуковой частоты для получения модулированных колебаний собран также на лампе 6Ж7. Колебательный контур состоит из катушки 7 с железом и конденсатора 10. Частота генератора 400 гц. Модуляция генератора высокой частоты осуществлена на противодинаatronную сетку генераторной лампы. Включение и выключение модулятора производится переключателем 55, являющимся одновременно и выключателем питания прибора.

С входом испытываемого приемника генератор соединяется кабелем, имеющим на одном конце фишку для включения в гнездо штеккера 43, на другом — наконечники для подключения к приемнику.

Прибор собран на горизонтальном алюминиевом шасси с вертикальной панелью управления. На передней панели (рис. 108) расположены ручки управления. Слева расположены переключатель поддиапазонов, выключатель питания и он же переключатель рода работы («выкл. — вкл. — модул.»), в центре — шкала градуировки и указатель настройки, насаженный на ось конденсатора. Шкала имеет одну полуокружность с делениями в градусах и шесть полуокружностей (соответствующих номерам поддиапазонов), градуированных непосредственно в фиксированных волнах. Под шкалой расположена ручка верньера конденсатора. Справа, вверху, расположена ручка ступенчатого потенциометра (аттенюатора), а внизу — ручка плавной регулировки выходного напряжения. Между ними находится гнездо штеккера выходного напряжения. Кабель питания выведен на задней стороне прибора.

Подготовка прибора к работе производится в следующем порядке.

Упаковка питания заряжается соответствующим комплектом батарей и аккумуляторов и при помощи кабеля

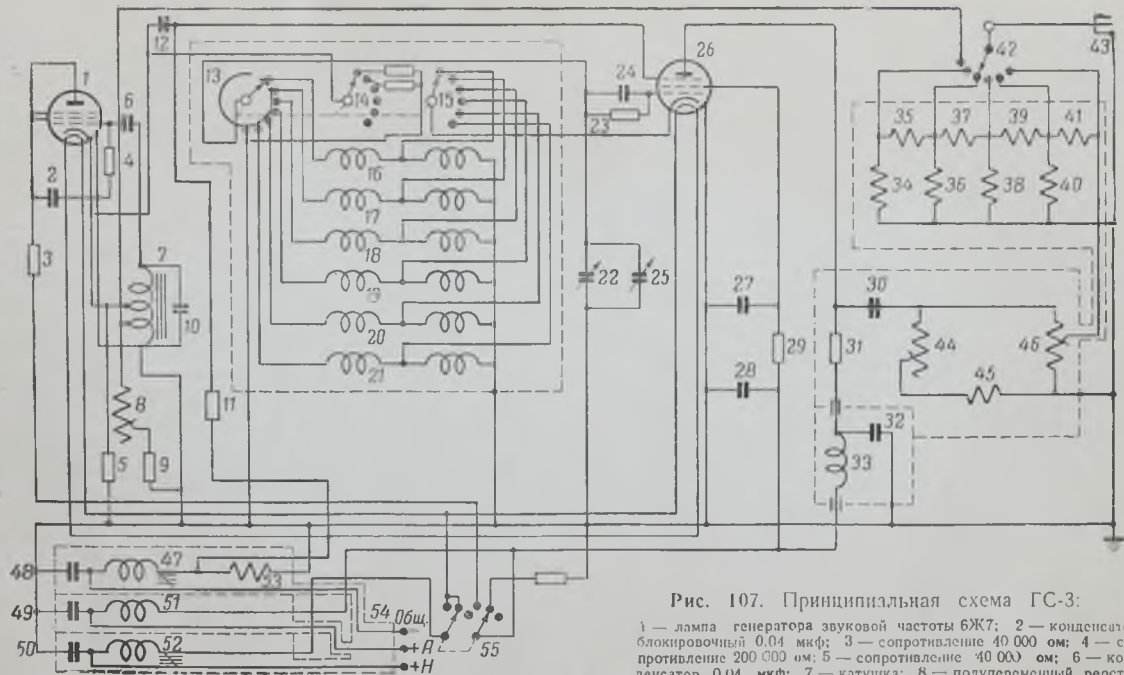


Рис. 107. Принципиальная схема ГС-3:

1 — лампа генератора звуковой частоты 6ЖК7; 2 — конденсатор блокировочный 0,04 мкф; 3 — сопротивление 40 000 ом; 4 — сопротивление 200 000 ом; 5 — сопротивление 40 000 ом; 6 — конденсатор 0,04 мкф; 7 — катушка; 8 — полупеременный реостат 380 ом; 9 — сопротивление 500 ом; 10 — конденсатор 0,12 мкф; 11 — сопротивление 40 000 ом; 12 — конденсатор 0,04 мкф; 13 и 15 — переключатель секций катушек контура генератора высокой частоты; 14 — переключатель регулировочных сопротивлений модулятора; 16, 17, 18, 19, 20 и 21 — катушки контура генератора высокой частоты; 22 — конденсатор контура высокой частоты; 23 — сопротивление 0,25 мгом; 24 — конденсатор 50 мкмкф; 25 — конденсатор подстроенный 40 мкмкф; 26 — лампа 6ЖК7; 27 и 28 — конденсаторы 0,1 мкф и 2 500 мкмкф; 29 — сопротивление проволочное 25 000 ом; 30 — конденсатор 300 мкмкф; 31 — сопротивление 25 000 ом; 32 — конденсатор 0,04 мкф; 33 — дроссель высокой частоты; 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 и 41 — сопротивления ступенчатого аттенуатора 11 и 99 ом, 12,2 и 99 ом, 11,7 и 95 ом, 95 и 1 000 ом; 42 — переключатель ступенчатого аттенуатора; 43 — гнездо выходного штеккера; 44 — полупеременный реостат 140 ом; 45 — сопротивление 500 ом; 46 — сопротивление плавного аттенуатора 250 ом; 47, 51 и 52 — дроссели фильтра; 48, 49 и 50 — конденсаторы фильтра по 0,04 мкф; 53 — сопротивление 4 500 ом; 54 — кабель питания; 55 — переключатель питания и рода работы

соединяется с прибором, поворотом ручки рода работы включают питание прибора и устанавливают необходимое напряжение на аноды ламп (150 в) и на накал (5,5 в).

После этого прибор готов к работе.

Для определения чувствительности и усиления приемника рекомендуется следующий порядок работы с прибором ¹:

1) на приемнике приблизительно устанавливают частоту, на которой хотят проверить коэффициент усиления;

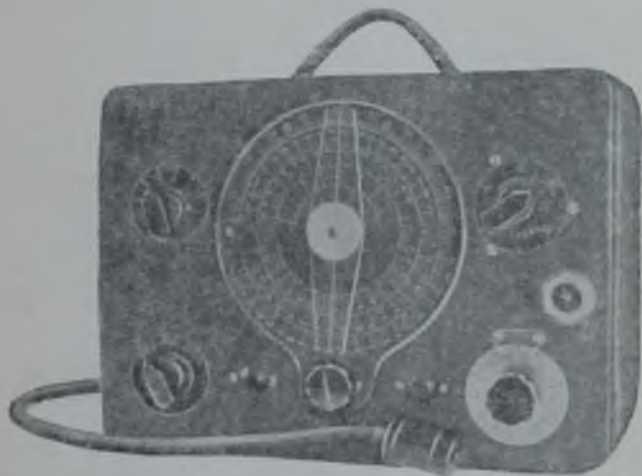


Рис. 108. Внешний вид генератора ГС-3

2) соединяют генератор сигналов с приемником посредством экранированного кабеля, причем наконечник, обозначенный буквой З, должен быть присоединен к клемме «земля» или клемме Л (противовес);

3) включают модуляцию (поворотом ручки с надписью «выкл. — вкл. — модул.» в положение «модул.»);

4) настраивают ГС-3 на частоту приемника, пользуясь для настройки телефоном или прибором ИВ-3; при этом для предварительной (грубой) настройки увеличивают выходное напряжение ГС-3, а после точной подстройки приемника регулируют выходное напряжение ГС-3 до нужной величины напряжения на выходе приемника (15—30 в);

¹ Подробнее см. главу XIII «Определение качественных показателей радиоприемников».

5) отсчет выходного напряжения ГС-3 производят по лимбу плавного аттенюатора (микровольты), а затем умножают на число, соответствующее положению ступенчатого аттенюатора.

Таким образом, получают выходное напряжение ГС-3 в микровольтах, т. е. напряжение, подаваемое на вход приемника.

Коэффициент усиления приемника определяется делением выходного напряжения на напряжение входа приемника.

Генератор стандартных сигналов ГСС-3

Генератор стандартных сигналов предназначен для исследования радиоприемников (снятие характеристик, измерение чувствительности, избирательности, качества воспроизведения) и измерения силы поля, создаваемого радиопередатчиком.

Техническая характеристика прибора

Весь диапазон частот генератора от 100 кГц до 20 мГц перекрывают восемь сменных катушек, на которых указаны границы диапазонов.

Точность градуировки по частоте $\pm 1\%$.

Напряжение выхода изменяется специальной схемой потенциометров в пределах от 0,25 мкВ до 1 В. На частотах от 10 до 20 мГц напряжение на выходе можно изменять от 0,25 мкВ до 0,5 В, а на частотах от 10 мГц до 100 кГц — в пределах от 0,5 мкВ до 1 В. Точность калибровки выходного напряжения в среднем $\pm 10 \div 15\%$.

Выходное сопротивление в зависимости от положения переключателя «множитель» изменяется от 10 до 120 Ом.

Прибор имеет внутренний модулятор, работающий на частоте 400 Гц. Коэффициент модуляции может регулироваться в пределах от 10 до 70% с точностью $\pm 10\%$.

Прибор допускает модуляцию генератора от внешнего источника звуковых колебаний в пределах от 50 до 8000 Гц. Мощность внешнего генератора для модуляции должна быть не менее 300 мВт при коэффициенте модуляции 30%.

Схема прибора (рис. 109) состоит из градуированного генератора высокой частоты, собранного по автотрансформаторной схеме на двух лампах УБ-152, и генератора-модулятора, также собранного по автотрансформаторной схеме и работающего на двух лампах СБ-155. Частота модуляции 400 Гц. Коэффициент модуляции измеряется специальным ламповым вольтметром, включенным во вторичную обмотку модуляционного трансформатора.

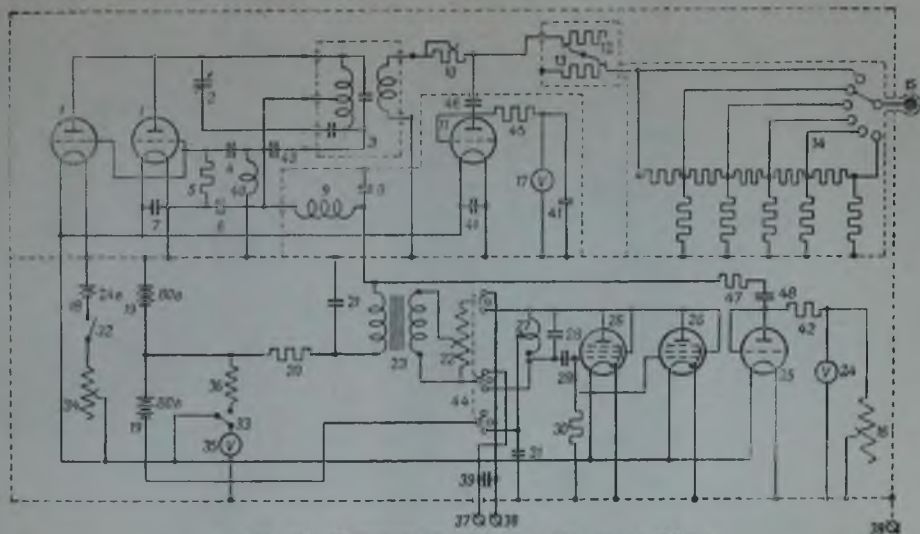


Рис. 109. Принципиальная схема генератора ГСС-3:

1 — лампа типа УБ-155; 2 — конденсатор переменной емкости 30—500 мкмкф; 3 — сменные блоки катушек поддиапазонов; 4 — конденсатор 70 мкмкф; 5 — сопротивление 50 000 ом; 6, 8 — конденсатор 5 000 мкмкф; 7 — конденсатор 0,5 мкф; 9 — катушка 9 мГн; 10 — сопротивление переменное 370 ом; 11 — лампа типа УБ-240; 12 и 13 — потенциометры 150 и 240 ом; 14 — ступенчатый аттенуатор; 15 — гнездо выхода; 16 — реостат 240 ом; 17 — миллиамперметр на 100 ма; 18 — батарея накала лампы; 19 — источник анодного напряжения; 20 — сопротивление 800 ом; 21 — конденсатор 1 мкф; 22 — потенциометр 25 000 ом; 23 — трансформатор низкой частоты; 24 — миллиамперметр на 100 ма; 25 — лампа типа УБ-240; 26 — лампа типа СБ-155; 27 — дроссель; 28 — конденсатор 0,12 мкф; 29 — конденсатор 0,25 мкф; 30 — сопротивление 25 000 ом; 31 — конденсатор 1 мкф; 32 — тумблер включения питания; 33 — тумблер контроля анодного питания; 34 — реостат накала 1,2 ом; 35 — вольтметр на 3—150 в; 36 — добавочное сопротивление к вольтметру; 37 и 38 — клеммы подачи напряжения от внешнего модулятора; 39 — конденсатор 0,01 мкф; 40 — дроссель; 41 — конденсатор 0,025 мкф; 42 — сопротивление 5 000 ом; 43 — конденсатор 500 мкмкф; 44 — переключатель рода работы; 45 — сопротивление 5 000 ом; 46 — конденсатор 2 000 мкмкф; 47 — сопротивление 8 000 ом; 48 — конденсатор 0,2 мкф.

На клеммы 37—38 подается напряжение звуковой частоты от внешнего генератора при работе прибора с внешним модулятором.

Делитель напряжения состоит из двух частей: группы сопротивлений, позволяющих уменьшать напряжение в 10, 100, 1 000, 10 000 и 100 000 раз, и потенциометра, плавно меняющего напряжение. Постоянство напряжения, подаваемого от генератора на делитель, поддерживается реостатом «амплитуда» и контролируется гальванометром лампового вольтметра, на шкале которого нанесены значения 0,5 в (синяя черта) и 1 в (красная черта).

Питание прибора осуществляется от двух батарей БАС-80 и аккумулятора 2НКН-22, помещенных в ящике прибора.

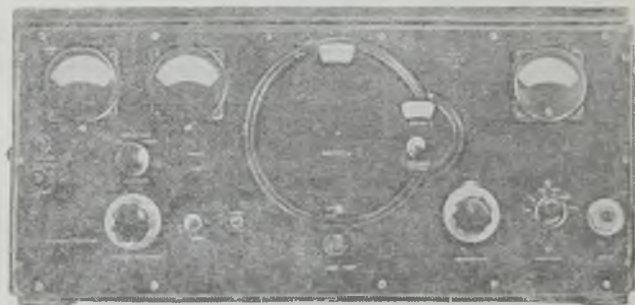


Рис. 110. Внешний вид генератора ГСС-3

Прибор смонтирован на алюминиевой панели и заключен в деревянный, тщательно экранированный ящик. Кроме того, высокочастотные элементы прибора имеют специальные экраны, позволяющие легко производить смену катушек поддиапазонов.

На передней панели (рис. 110) размещены: ручки установки частоты и расстройки, выключатель питания, ручки делителей напряжения, регулировки амплитуды высокой частоты и глубины модуляции, реостат накала и переключатель рода модуляции.

Кроме того, на панели имеются вольтметр, измеряющий напряжение питания, гальванометр выхода и гальванометр установки модуляции.

Выходное напряжение снимается через экранированное гнездо при помощи коаксиального кабеля, имеющего на одном конце фишку для соединения с гнездом, а на другом — наконечники для подключения к приемнику. Внешний провод кабеля через гнездо и экран соединен с землей.

Для приведения прибора в действие необходимо вставить в прибор лампы и источники питания, согласно инструкции.

Дальнейшая работа с прибором при измерениях заключается в следующем.

Вставляется катушка нужного диапазона и по шкале настройки устанавливается нужная частота. При помощи тумблера включается питание, реостатом накала устанавливается нормальное напряжение 2 в и нажатием кнопки («нажать 150 в») проверяется анодное напряжение генераторных ламп, которое должно быть равно 70—90 в.

После этого переключатель модуляции ставится в положение «выключено» и поворотом ручки «амплитуда» устанавливается амплитуда несущей частоты так, чтобы гальванометр выхода (правый измерительный прибор) показывал для катушек 1 и 2—0,5 в (синяя черта) и для катушек 3—8 показывал 1 в (красная черта); при работе с катушками 1 и 2 напряжение на выходе, определяемое по показаниям шкал «микровольты» и «множитель», уменьшается в два раза.

Для получения модулированного напряжения при использовании внутренней модуляции поворачивают ручку «установка модуляции» влево доотказа, ставят переключатель модуляции в положение «внутренняя», ручку шкалы «глубина модуляции» ставят в положение нужного коэффициента модуляции, нажимают кнопку вольтметра, отсчитывают анодное напряжение генератора и ручкой «установка модуляции» регулируют показания гальванометра (левый прибор) так, чтобы его показания соответствовали анодным напряжениям 70—80—90 в для катушек 1, 2, 3 (красные риски), для катушек 4, 5, 6 (синие риски) и для катушек 7, 8 (черные риски).

Порядок установки нужного процента модуляции при использовании внешнего модулятора отличается лишь тем, что переключатель модуляции ставится в положение «внешняя». Модулирующий генератор звуковой частоты присоединяется к зажимам «внешняя модуляция». Мощность звукового генератора при 12 в напряжения должна быть не менее 300 мвт, чтобы получить коэффициент модуляции, равный 30%.

Генератор стандартных сигналов ГСС-6

Генератор предназначен для определения основных характеристик радиоприемных устройств.

Весь диапазон частот генератора от 100 до 25 000 кГц разделен на восемь поддиапазонов. Точность градуировки по частоте $\pm 1\%$.

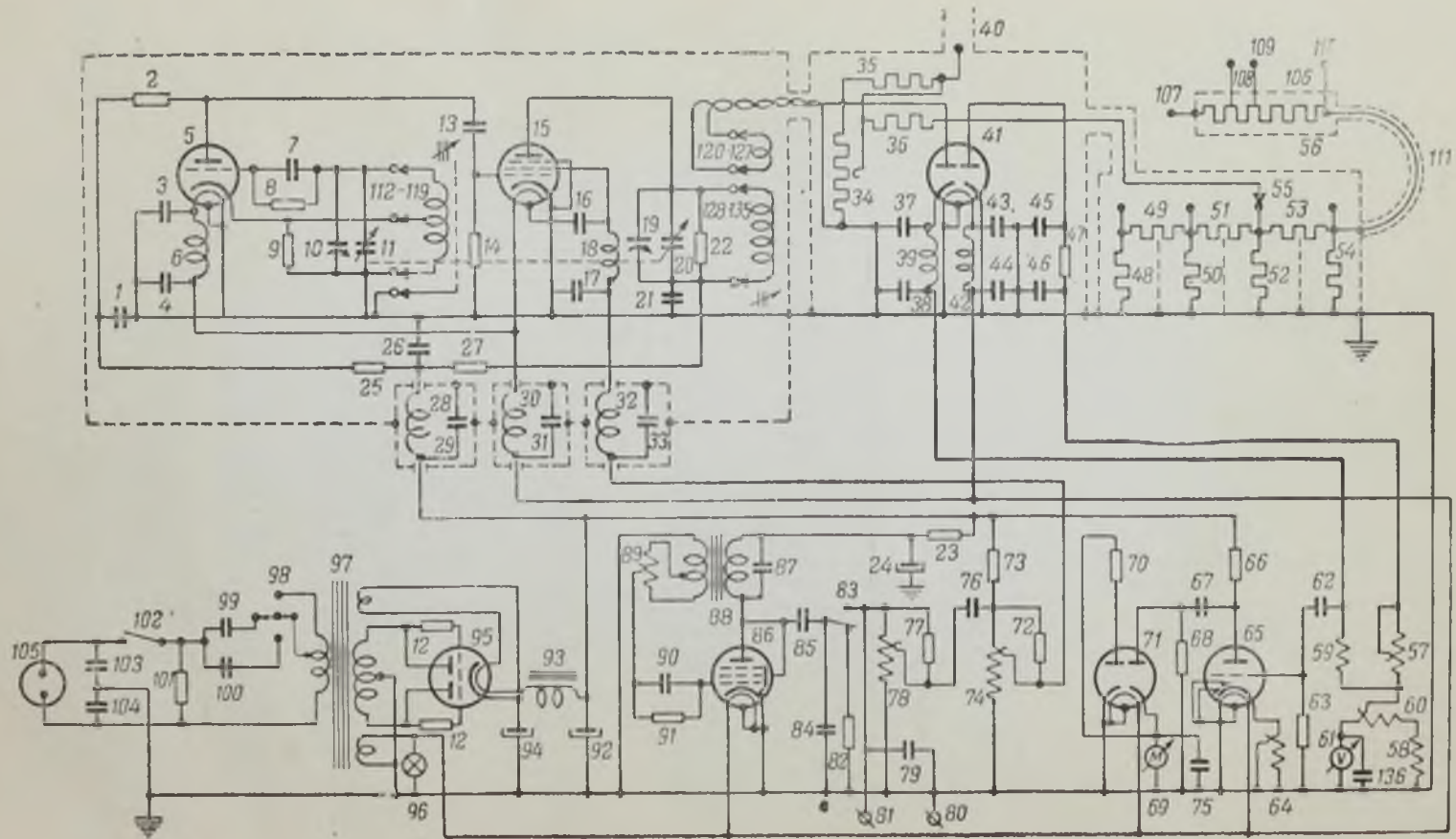


Рис. 111. Принципиальная схема генератора ГСС-6:

1 — конденсатор 0,025 мкф; 2 — сопротивление 1 000 ом; 3 — конденсатор 0,025 мкф; 4 — конденсатор 0,015 мкф; 5 — лампа типа 6С5; 6 — дроссель 70 мги; 7 — конденсатор 100 мккф; 8 — сопротивление 50 000 ом; 9 — сопротивление 25 000 ом; 10 — подстроечный конденсатор 25 мккф; 11 — конденсатор переменной емкости 200 мккф; 12 — сопротивление 1 000 ом; 13 — конденсатор 100 мккф; 14 — сопротивление 0,1 мгом; 15 — лампа типа 6К7; 16 и 17 — конденсаторы по 680 мккф; 18 — катушка 100 мги; 19 — подстроечный конденсатор 25 мккф; 20 — конденсатор переменной емкости 200 мккф; 21 — конденсатор 10 000 мккф; 22 — сопротивление 82 000 ом; 23 — сопротивление 630 ом; 24 — конденсатор электролитический 20 мкф; 25 — сопротивление 1 000 ом; 26 — конденсатор 0,025 мкф; 27 — сопротивление 1 000 ом; 28, 30 и 32 — катушки по 550 мги; 29 и 31 — конденсаторы по 0,015 мкф; 33 — конденсатор 1 000 мккф; 34 — потенциометр 160 ом; 35 и 36 — делители напряжения 400 и 360 ом; 37 — конденсатор 2 000 мккф; 38 — конденсатор 1 500 мккф; 39 — дроссель 100 мкги; 40 — гнездо выхода; 41 — лампа типа 6Х6; 42 — дроссель 70 мги; 43 и 44 — конденсаторы по 4 000 мккф; 45 и 46 — конденсаторы по 680 мккф; 47 — сопротивление 3 000 ом; 48, 49, 50, 51, 52, 53 и 54 — сопротивления ступенчатого аттенюатора 44; 396; 48,8; 396; 48,8; 396; 97,6 ом, 55 — переключатель; 56 — экран аттенюатора; 57 — потенциометр 14 000 ом; 58 и 59 — сопротивления 15 000 и 7 000 ом; 60 — сопротивление полупеременное 1 200 ом; 61 — миллиамперметр на 100 ма; 62 — конденсатор 0,025 мкф; 63 — сопротивление 1,5 мгом; 64 — сопротивление полупеременное 1 200 ом; 65 — лампа типа 6Г7; 66 — сопротивление 82 000 ом; 67 — конденсатор 0,25 мкф; 68 — сопротивление 82 000 ом; 69 — миллиамперметр на 100 ма; 70 — сопротивление 60 000 ом; 71 — лампа типа 6Х6; 72 и 73 — сопротивления 150 000 и 50 000 ом; 74 — сопротивление полупеременное 40 000 ом; 75 — конденсатор 0,025 мкф; 76 — конденсатор 0,25 мкф; 77 — сопротивление 50 000 ом; 78 — сопротивление полупеременное 40 000 ом; 79 — конденсатор 630 мккф; 80 и 81 — клеммы; 82 — сопротивление 20 000 ом; 83 — переключатель; 84 и 85 — конденсаторы 0,015 и 0,25 мкф; 86 — лампа типа 6Ф6; 87 — конденсатор 0,5 мкф; 88 — трансформатор низкой частоты; 89 — потенциометр 1 230 ом; 90 — конденсатор 0,25 мкф; 91 — сопротивление 82 000 ом; 92 и 94 — конденсаторы электролитические по 20 мкф; 93 — дроссель фильтра 30 ги; 95 — лампа типа 6Н7; 96 — сигнальная лампочка 6,3 в; 97 — трансформатор силовой; 98 — переключатель; 99 и 100 — конденсаторы 5 и 1 мкф; 101 — сопротивление 0,1 мгом; 102 — тумблер питания; 103 и 104 — конденсаторы по 0,015 мкф; 105 — колодка питания; 106, 107 и 108 — сопротивления 72; 0,8 и 7,2 ом; 109 и 110 — клеммы делителя напряжений; 111 — экранированный кабель; 112—119, 120—127, 128—135 — катушки поддиапазонов; 136 — конденсатор 0,025 мкф

Выходное напряжение на конце кабеля, нагруженного омическим делителем, меняется при $R_{\text{вых}} = 0,8 \text{ ом}$ от 0,1 до 1 000 мкв, при $R_{\text{вых}} = 8 \text{ ом}$ от 1 до 10 000 мкв, при $R_{\text{вых}} = 40 \text{ ом}$ от 10 до 100 000 мкв.

Напряжение 0—1 в подается от плавного аттенюатора с максимальным выходным сопротивлением около 40 ом на отдельное гнездо.

Коэффициент модуляции от внутреннего модулятора может меняться в пределах от 0 до 100%. Точность установки коэффициента модуляции: 5% при $m \leq 50\%$ и 10% при $m > 50\%$. Частота тока внутреннего модулятора $400 \text{ гц} \pm 5\%$.

Клирфактор огибающей кривой модулированных колебаний при $m \leq 80\%$ (если клирфактор модулирующего напряжения не превышает 2%) не более 5%.

Питание прибора ГСС-6 осуществляется от сети переменного тока напряжением 120 и 220 в и частотой 50 гц. Колебание напряжения допускается в пределах 100—140 в и 160—230 в.

Переход с одного напряжения на другое осуществляется переключателем-перемычкой.

Прибор ГСС-6 (рис. 111) состоит из генератора высокой частоты, генератора модулирующей частоты, устройства для регулировки выходного напряжения, устройства для регулировки и измерения коэффициента модуляции и выпрямителя.

Генератор высокой частоты состоит из двух каскадов с электронной связью между ними для устранения паразитной модуляции и влияния аттенюатора на частоту. Задающий генератор работает на лампе 6С5 по автотрансформаторной схеме с катодной связью. Для большей устойчивости работы часть колебательного контура зашунтирована сопротивлением 9 (25 000 ом). Колебания высокой частоты подаются на усилитель 15 через сопротивление связи 2 (1 000 ом), включенное в анодную цепь лампы 6С5.

Второй каскад генератора высокой частоты (усилитель) работает на лампе 6К7 и выполнен по схеме последовательного питания.

Регулировка напряжения несущей частоты на выходе усилителя и коэффициента модуляции осуществляется изменением постоянного напряжения и напряжения низкой частоты, подаваемых на экранирующую сетку лампы 6К7 с потенциометра 74. При регулировке оба напряжения изменяются одновременно, почти не меняя коэффициента модуляции. Во время же регулировки коэффициента модуляции потенциометром 78 меняется лишь напряжение низкой частоты при неизменном напряжении несущей.

Для обеспечения постоянства напряжения на выходе усилителя на всем диапазоне частот и получения широкой по-

лосы пропускания модулированных частот контур усилителя зашунтирован сопротивлением 22, равным 82 000 ом.

Все цепи питания генератора высокой частоты защищены фильтрами (28, 30, 32).

Внутренний модулятор, собранный по трансформаторной схеме, работает на лампе 6Ф6 (86). Устойчивость работы и малый клирфактор генератора достигаются подбором напряжения возбуждения, регулируемого потенциометром 89. Напряжение звуковой частоты 400 гц с выхода генератора поступает через переключатель 83 на потенциометр 78 при внутренней модуляции или на сопротивление эквивалентной нагрузки 84, 82 — при внешней.

Параллельно потенциометру 78 подключены клеммы 80 и 81 («внешняя модуляция»), выведенные на переднюю панель прибора.

К ним присоединяется внешний генератор звуковой частоты для осуществления внешней модуляции. При работе внутреннего модулятора с этих клемм можно снять напряжение около 90 в с частотой 400 гц при нагрузке 100 000 ом. При работе внутреннего генератора (модулятора) внешний должен быть отсоединен.

Регулировка величины выходного напряжения производится потенциометром «установка несущей» 74, плавным аттенюатором 34, ступенчатым аттенюатором, состоящим из сопротивлений 48, 49, 50, 51, 52, 53 и 54, и делителем напряжения на конце выходного кабеля 106. Напряжение высокой частоты при помощи индуктивной связи с выхода усилителя подается на плавный аттенюатор 34, представляющий собой омический потенциометр. Сопротивление 35 (400 ом), включенное между одним концом и ползунок потенциометра, введено для ослабления влияния потенциометра на нагрузку генератора. С плавного аттенюатора через сопротивление 36 (360 ом) напряжение подается на ползунок ступенчатого аттенюатора, имеющего четыре ступени для деления напряжения в 10, 100, 1 000 и 10 000 раз, а с выхода его через выходной кабель — на омический делитель напряжения для дальнейшего деления в 1, 10 и 100 раз. Полное сопротивление делителя напряжения для уменьшения влияния кабеля взято равным волновому сопротивлению кабеля.

Напряжение на зажимах плавного аттенюатора измеряется диодным вольтметром 41, работающим на одной половине лампы 6Х6. Второй диод лампы используется для компенсации начального отклонения гальванометра, получающегося за счет начального вылета электронов первого диода. Переменная составляющая выпрямленного напряжения задерживается фильтром, состоящим из индуктивности 39 и емкостей 37 и 38. Установка нуля производится рео-

статом 57 (14 000 ом), включенным в цепь нагрузки второго диода.

Для получения нужного коэффициента модуляции применяется усилитель низкой (модулирующей) частоты, работающий на лампе 6Г7. Измерение коэффициента модуляции осуществляется модулометром, работающим на лампе 6Х6 и проградуированным в процентах глубины модуляции. Напряжение модулированных колебаний поступает на модулометр через фильтр 37, 38, 39.

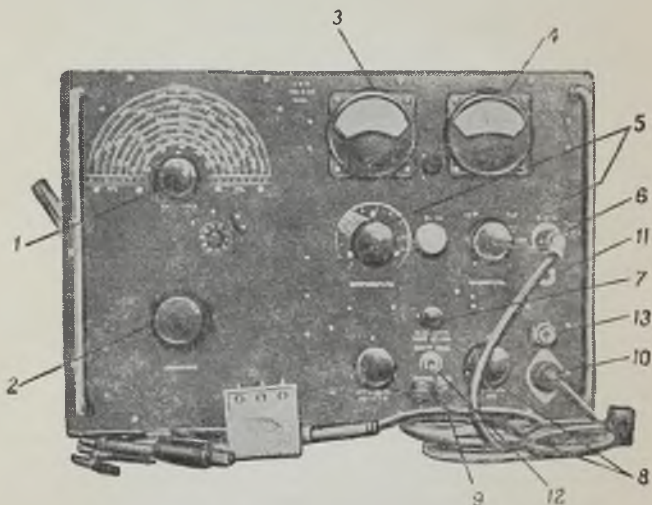


Рис. 112. Внешний вид генератора ГСС-6

Градуировка модулометра справедлива лишь при определенном напряжении входа, равном 1 в. Показания вольтметра, измеряющего напряжение несущей частоты, и показания модулометра зависят от параметров ламп. Поэтому в приборе применена коррекция шкалы вольтметра несущей частоты, позволяющая изменением шунта вольтметра и сопротивления в цепи катода усилительной лампы 6Б подобрать определенную чувствительность и добиться наибольшей точности измерения коэффициента модуляции.

Питание ГСС-6 осуществляется от сети переменного тока с напряжением 120 или 220 в и частотой 50 гц через трансформатор с феррорезонансной стабилизацией, позволяющей получить удовлетворительную стабилизацию напряжения. Выпрямитель работает на лампе 6Н7.

Прибор смонтирован на алюминиевой вертикальной панели и заключен в алюминиевый футляр. Высокочастотная часть прибора имеет самостоятельную экранировку и выполнена в виде отдельного блока.

На передней панели (рис. 112) размещены следующие органы управления и контроля: 1 — шкала настройки, имеющая восемь поддиапазонов, и верньерное устройство, позволяющее получить замедление 20:1 и 1:1 (для снятия кривых селективности предусмотрена дополнительная шкала на ручке верньера); 2 — ручка переключателя диапазонов; 3 — гальванометр выхода; 4 — гальванометр для установки нужной глубины модуляции; 5 — ручка делителя напряжения; 6 — выходные гнезда на 0—1 и 0—0,1 в; 7 — ручка установки нуля несущей частоты; 8 — ручки регулировки амплитуды несущей частоты и глубины модуляции; 9 — клеммы внешней модуляции; 10 — гнезда для включения сети переменного тока; 11 — индикаторная лампочка; 12 — тумблер включения внутренней или внешней модуляции; 13 — тумблер для включения питания прибора.

На задней стенке ящика находится съемная крышка, открывающая доступ к переключателю напряжения сети на 120 или 220 в.

К прибору прилагаются три отдельных кабеля: кабель питания для включения прибора в сеть переменного тока и два выходных, один из которых имеет на конце делитель напряжения, заключенный в латунную коробку с двумя съемными крышками. Коробка имеет три пружинных зажима для соединения с испытываемым приемником.

Приведение прибора в действие и работа

Перед включением прибора ручки управления прибором рекомендуется установить в начальные положения, для чего нужно: ручки «установки несущей» и «установка $M\%$ » повернуть влево доотказа, ручку «микровольты» поставить на минимум, ручку «множитель» поставить в положение «1», проверить, находится ли тумблер включения сети в положении «выключено». После этого нужно установить переключатель, находящуюся на задней стенке ящика, в положение «120» или «220 в» и через кабель питания подключить прибор к питающей сети.

Так как прибор ГСС-6 имеет стабилизирующее устройство, то при включении на 120 в допускается изменение напряжения сети в пределах 100—140 в, а при включении на 220 в — в пределах 160—230 в. При неправильном включении прибор работать не будет, а при длительной работе на повышенном напряжении сети может выйти из строя трансформатор.

Включение прибора в сеть постоянного тока безопасно, так как первичная цепь трансформатора имеет конденсатор, который и предохранит его от прохождения постоянного тока.

При работе с прибором без модулятора нужно:

1) включить тумблер питания по направлению стрелки (при этом должна загореться сигнальная лампочка);

2) вставить в гнездо 0—0,1 в штеккер с кабелем и делительной коробкой на конце;

3) повернуть переключатель «диапазоны» в нейтральное положение между двумя цифрами (при этом генератор не будет генерировать) и ручкой «установка нуля несущей» установить стрелку левого гальванометра на нуль;

4) механическим корректором установить на нуль стрелку правого гальванометра (если она разбалансировалась);

5) установить переключатель «диапазоны» на нужный диапазон (установка нужной частоты производится вращением ручки «настройка», а более точно регулируется верньерной ручкой);

6) вращением ручки «установка несущей» установить стрелку левого гальванометра на деление «1» (напряжение нужной величины на выходе прибора устанавливается ручками «микровольты» и «множитель» и использованием одного из зажимов, имеющих на делительной коробке кабеля).

Определение выходного напряжения в микровольтах производится умножением показаний лимба «микровольты» на цифру, указываемую ручкой «множитель», и цифру используемого зажима делительной коробки кабеля. Например, если показание лимба «микровольты» равно 4, ручки «множитель» — 10, а цифра зажима делительной коробки кабеля — 0,1, то выходное напряжение будет равно $4 \times 10 \times 0,1 = 4 \text{ мкв}$.

Приближенное значение напряжения на выходе может быть установлено по показанию левого гальванометра. Например, показание левого гальванометра 0,8, лимба «микровольты» — 10, ручки «множитель» — 1, а цифра зажима делительной колодки кабеля — 1, тогда выходное напряжение будет равно $0,8 \times 10 \times 1 \times 1 = 8 \text{ мкв}$.

Однако при установке левого гальванометра на деление «1» точность определения величины выходного напряжения будет выше.

Для уменьшения ошибок при определении выходного напряжения рекомендуется при работе с приемниками использовать зажим делительной коробки кабеля с цифрой 1, так как в этом случае сопротивление выхода приблизительно равно 8 ом, что позволяет пренебречь частотной ошибкой, вносимой кабелем.

Для получения напряжения на выходе свыше 0,1 в используется второе выходное гнездо с надписью «0—1 в», на которое напряжение поступает прямо с потенциометра «микровольты». При установке стрелки левого гальванометра на деление «1» и лимба «микровольты» в положение «10» напряжение на выходе равно 1 в. В этом случае также можно производить отсчет по шкале левого гальванометра, изменяя выходное напряжение ручкой «установка несущей».

Вторым способом отсчета рекомендуется пользоваться лишь на частотах, превышающих 10 мГц, когда частотные ошибки плавного аттенюатора выше ошибок градуировки вольтметра.

Работа с внутренней модуляцией

Для получения модулированных колебаний поступают следующим образом:

- 1) поворачивают ручку «установка $M\%$ » влево до отказа;
- 2) ставят тумблер рода модуляции в положение «внутренняя модуляция»;
- 3) вращением ручки «установка несущей» устанавливают стрелку левого гальванометра на деление «1»;
- 4) вращением ручки «установка $M\%$ » задают нужный процент коэффициента модуляции, руководствуясь показаниям правого гальванометра.

Отсчет величины коэффициента модуляции по показаниям правого гальванометра возможен лишь при поддержании стрелки левого гальванометра на делении «1».

Работа с внешней модуляцией

Когда нужно определить низкочастотные характеристики приемника, на вход его подаются модулированные колебания. В этом случае для модуляции применяется внешний источник напряжения звуковой частоты, имеющий широкий диапазон частот с напряжением около 100 в и мощностью около 0,5 вт. При работе с внешней модуляцией тумблер рода модуляции должен быть переключен на внешнюю модуляцию. Напряжение от внешнего звукового генератора подается на зажимы «внешняя модуляция».

Если один из выходных зажимов внешнего звукового генератора заземлен, то он присоединяется к левому зажиму, имеющему обозначение «З» (земля).

Генератор сигналов ГСУ-4

В отличие от генераторов сигналов, описанных выше, генератор ГСУ-4 имеет диапазон коротких и ультракоротких волн.

Выпрямитель питания

Измеритель модуляции

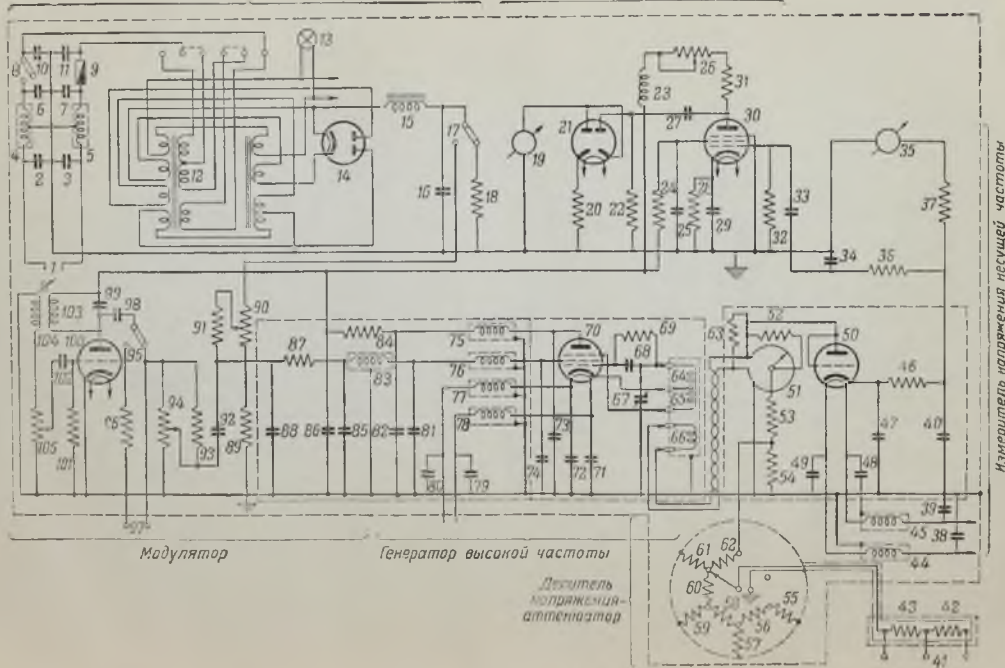


Рис. 113. Принципиальная схема генератора сигналов ГСУ-4:

1 — фишка питания; 2 — конденсатор фильтра 4 000 мкмкф; 3 — конденсатор фильтра 4 000 мкмкф; 4 — дроссель фильтра высокой частоты 4 мкгн; 5 — дроссель фильтра высокой частоты 4 мкгн; 6 — конденсатор фильтра 4 000 мкмкф; 7 — конденсатор фильтра 4 000 мкмкф; 8 — выключатель сети на 5 а, 500 в; 9 — предохранитель на 1 а; 10 — конденсатор фильтра 4 000 мкмкф; 11 — конденсатор фильтра 4 000 мкмкф; 12 — трансформатор силовой; 13 — лампочка сигнальная 6,3 в, 0,25 а; 14 — кенотрон 5Ц4С; 15 — дроссель фильтра питания 60 гн; 16 — конденсатор фильтра питания электролитический 20 мкф; 17 — выключатель анодного напряжения; 18 — сопротивление нагрузочное 10 мгом; 19 — гальванометр 10 мка; 20 — сопротивление 100 мгом; 21 — лампа 6Х6; 22 — сопротивление нагрузочное 100 мгом; 23 — дроссель высокой частоты на 35 мкгн; 24 — сопротивление 250 мгом; 25 — конденсатор 2 мкф; 26 — сопротивление 5 мгом; 27 — конденсатор разделительный 0,1 мкф; 28 — сопротивление смещения 1,5 мгом; 29 — конденсатор электролитический 10 мкф; 30 — лампа усиленная 6Ж7; 31 — сопротивление 50 мгом; 32 — сопротивление утечки 1 мгом; 33 — конденсатор разделительный 0,1 мкф; 34 — конденсатор блокировочный 40 мкмкф; 35 — гальванометр 100 мка; 36 — сопротивление фильтра 1 мгом; 37 — сопротивление нагрузочное 15 мгом; 38 — конденсатор блокировочный 700 мкмкф; 39 — конденсатор фильтра 700 мкмкф; 40 — конденсатор фильтра 40 мкмкф; 41 — клеммы выхода; 42 — сопротивление делителя 3 ом; 43 — сопротивление делителя 27 ом; 44 — дроссель высокой частоты 14 мкгн; 45 — дроссель высокой частоты 14 мкгн; 46 — сопротивление фильтра 1 мгом; 47 — конденсатор блокировочный 70 мкмкф; 48 — конденсатор фильтра высокой частоты 700 мкмкф; 49 — конденсатор фильтра высокой частоты 700 мкмкф; 50 — лампа «жолудь» измерительная 955; 51 — делитель напряжения; 52 — сопротивление 200 ом; 53 — сопротивление 100 ом; 54 — сопротивление 50 ом; 55 — сопротивление 33 ом; 56 — сопротивление 270 ом; 57 — сопротивление 33 ом; 58 — сопротивление 270 ом; 59 — сопротивление 33 ом; 60 — сопротивление 270 ом; 61 — сопротивление 33 ом; 62 — сопротивление 270 ом; 63 — сопротивление 200 ом; 64 — катушка связи; 65 — катушка контура; 66 — катушка связи на аттенуатор; 67 — конденсатор контура 60 мкмкф; 68 — конденсатор гридника 40 мкмкф; 69 — сопротивление гридника 25 мгом; 70 — лампа «жолудь» генераторная 954; 71 — конденсатор фильтра высокой частоты 700 мкмкф; 72 — конденсатор фильтра высокой частоты 700 мкмкф; 73 — конденсатор фильтра высокой частоты 4 000 мкмкф; 74 — конденсатор фильтра высокой частоты 50 мкмкф; 75 — дроссель фильтра высокой частоты 14 мкгн; 76 — дроссель фильтра высокой частоты 14 мкгн; 77 — дроссель фильтра высокой частоты 14 мкгн; 78 — дроссель фильтра высокой частоты 14 мкгн; 79 — конденсатор фильтра высокой частоты электролитический 10 мкф; 80 — конденсатор фильтра высокой частоты электролитический 10 мкф; 81 — конденсатор фильтра высокой частоты 40 мкмкф; 82 — конденсатор фильтра высокой частоты 4 000 мкмкф; 83 — дроссель фильтра высокой частоты 14 мкгн; 84 — сопротивление фильтра высокой частоты 1 мгом; 85 — конденсатор фильтра высокой частоты 40 мкмкф; 86 — конденсатор фильтра высокой частоты 4 000 мкмкф; 87 — сопротивление фильтра высокой частоты 100 ом; 88 — конденсатор фильтра высокой частоты 40 мкмкф; 89 — сопротивление нагрузочное 50 мгом; 90 — потенциометр проволочный 40 мгом; 91 — сопротивление поглотительное 85 мгом; 92 — конденсатор разделительный 0,1 мкф; 93 — сопротивление балансировочное 30 мгом; 94 — потенциометр проволочный 40 мгом; 95 — выключатель внешней и внутренней модуляции; 96 — сопротивление нагрузочное 20 мгом; 97 — клеммы внешней модуляции; 98 — конденсатор разделительный 2 мкф; 99 — конденсатор контура 0,1 мкф; 100 — лампа генератора 400 гц 6С5; 101 — сопротивление гридника 150 мгом; 102 — конденсатор гридника 0,5 мкф; 103 — катушка контура на 400 гц; 104 — катушка связи генератора на 400 гц; 105 — потенциометр регулятора связи 10 мгом

Диапазон частот от 18 до 100 мГц ($\lambda = 16,3 \div 3$ м) разбит на четыре поддиапазона: 18—25 мГц, 25—40 мГц, 40—60 мГц и 60—100 мГц.

Точность градуировки относительно эталона $\pm 3\%$.

Напряжение на выходе изменяется от 1 мкв до 100 000 мкв. Напряжение меняется при помощи ступенчатого и плавного аттенуаторов в следующих пределах.

Положение ступен атого аттенуатора	Напряжение выхода	
1	От	1 до 10 мкв
10	"	10 " 100 "
100	"	100 " 1 000 "
1 000	"	1 000 " 10 000 "
10 000	"	10 000 " 100 000 "

Точность установки напряжения $\pm 15\%$. Прибор имеет модуляцию от внутреннего и внешнего источников тока.

Коэффициент модуляции от внутреннего источника может меняться в пределах от 10 до 100% с точностью от 5 до 10%. Частота модуляции 400 гц.

Коэффициент модуляции от внешних источников может быть изменен только в пределах от 10 до 80% при частоте модуляции 50—100 000 гц.

Величина модулирующего напряжения должна быть 50 в.

Через 30 минут после включения стабильность по частоте равна 0,05%.

При изменении питающих напряжений на $\pm 10\%$ уход частоты не превышает 0,1%. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока 110, 127 и 220 в с частотой 50 гц.

Принципиальная схема генератора, изображенная на рис. 113, состоит из генератора высокой частоты, генератора низкой модулирующей частоты, делителя напряжений (аттенуатора), измерителя напряжения высокой частоты, модулометра и выпрямителя.

Генератор высокой частоты работает на лампе 954 по видоизмененной схеме с электронной связью (вместо анода использована антидинаatronная сетка пентода). Модуляция осуществляется подачей на экранирующую сетку лампы 954 напряжения низкой частоты.

Генератор низкой частоты собран по схеме с трансформаторной связью на лампе 6С5. Модулирующее напряжение низкой частоты от внутреннего и от внешнего модулятора подается на потенциометр 94, при помощи которого изменяется коэффициент модуляции.

Модулированное напряжение при помощи катушки связи 66 подается на делитель напряжения 51, который позволяет плавно изменять напряжение, подаваемое на аттенуатор

ступенчатого типа, составленный из группы сопротивлений 55—62. Напряжение с этого делителя подводится к выходной колодке 41, 42, 43 и может быть подано на испытываемый приемник.

Кроме того, модулированное напряжение с катушки связи 66 подается и на диодный ламповый вольтметр, работающий на лампе 955 («жолудь»). В анодную цепь вольтметра включен гальванометр 35, на шкале которого сделана

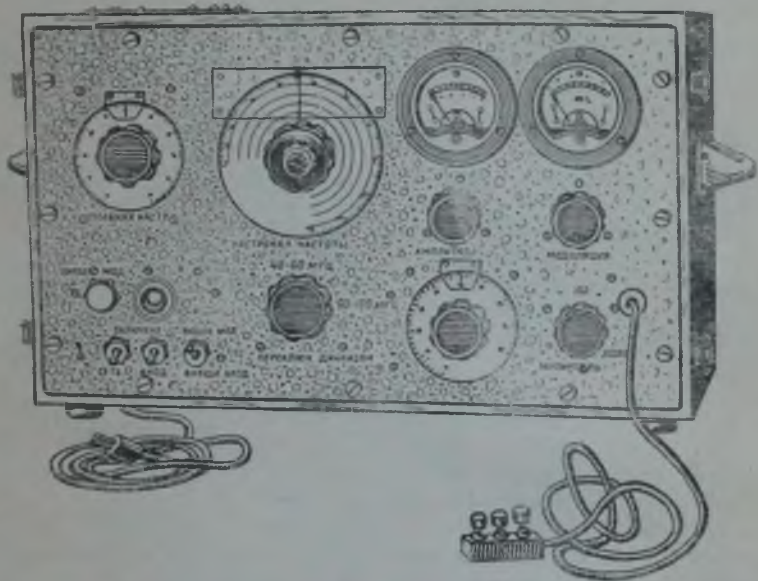


Рис. 114. Внешний вид генератора ГСУ-4

отметка, соответствующая определенной величине напряжения несущей частоты, подаваемой на вход делителя напряжения.

Регулировка напряжения высокой частоты производится потенциометром 90, ручка которого выведена на переднюю панель прибора.

Нужный процент модуляции устанавливается при помощи модулометра, состоящего из лампы 6Х6, гальванометра 19 и сопротивлений 20 и 22.

Внешний вид генератора сигналов ГСУ-4 показан на рис. 114.

На передней панели расположены:

- 1) гальванометр лампового вольтметра 35 для контроля напряжения выхода;
- 2) гальванометр модулометра 19;

- 3) ручка регулировки напряжения выхода с надписью «амплитуда»;
- 4) ручка установки глубины модуляции «модуляция»;
- 5) ручка ступенчатой установки напряжения выхода «множитель»;
- 6) ручка плавной регулировки напряжения выхода «микровольты»;
- 7) ручка переключателя поддиапазонов «переключатель диапазонов»;
- 8) ручки настройки генератора «настройка частоты»;
- 9) ручка верньера, дающая возможность производить небольшие изменения частоты, «плавная настройка»;
- 10) тумблер включения питания генератора;
- 11) тумблер выключения модуляции;
- 12) тумблер переключения модуляции с надписью «внешняя — внутренняя модуляция»;
- 13) гнездо для подключения внешнего модулятора;
- 14) индикаторная сигнальная лампочка;
- 15) кабель, соединяющий аттенюатор.

Работа с прибором при испытании приемников мало отличается от вышеописанных генераторов сигналов.

Генератор сигналов 804-CS2

Генератор сигналов 804-CS2 предназначен для тех же целей, что и вышеперечисленные генераторы.

Диапазон частот его 7,5—330 мГц ($\lambda = 40 \pm 0,9$ м) разбит на пять поддиапазонов, переключаемых специальным переключателем, находящимся на передней панели прибора. Шкала каждого поддиапазона проградуирована в мегагерцах.

На выходе можно устанавливать напряжение от 1 мкв до 20 мв. Отсчет выходного напряжения производится по показаниям прибора и градуированного аттенюатора.

Прибор имеет модуляцию от внутреннего источника с частотой 1 000 гц и допускает установку коэффициента модуляции до 60%.

Модуляция от внешних источников может достигать 50%. Величина модулирующего напряжения должна быть не менее 7 в.

Генератор позволяет осуществлять модуляцию от внешних источников колебаний, имеющих остроконечную форму.

Питание генератора осуществляется от сети переменного тока 115 и 230 в при частоте питающего напряжения 42—60 гц.

Принципиальная схема мало отличается от приведенной выше схемы генератора ГСУ-4.

Генератор высокой частоты работает на лампе 955 («жолудь»), генератор низкой частоты — на лампе 6G6G. Выпрямителем служит лампа 6X5GT, а стабилизатором напряжения — лампа типа VR-150-30.

Внешний вид генератора показан на рис. 115.

На передней панели расположены следующие клеммы и органы управления:

а — тумблер POWER для включения прибора в действие;

б — гнезда для подключения внешнего источника модуляции EXT. MOD;

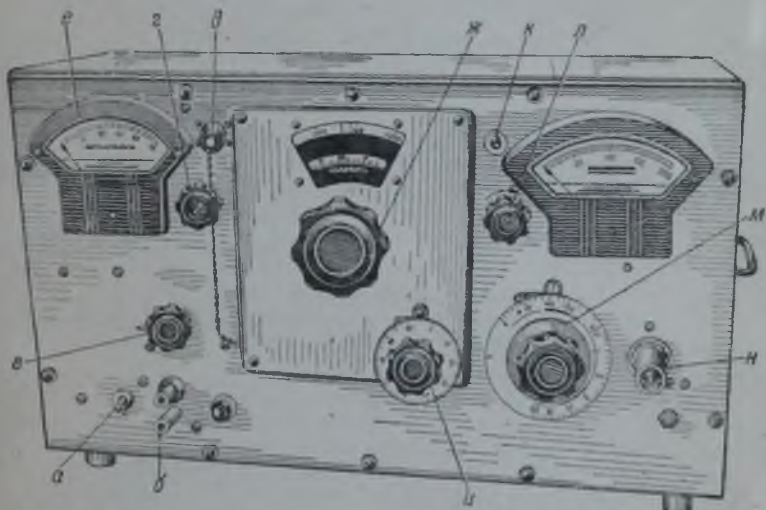


Рис. 115. Внешний вид генератора 804-C52

в — ручка переключателя рода модуляции MODULATION, имеющая три положения: EXT — внешняя модуляция, OFF — модуляция выключена и INT — внутренняя модуляция;

г — ручка регулировки коэффициента модуляции MODULATION;

д — клемма для подключения внешнего источника модуляции VIDEO;

е — прибор для отсчета коэффициента модуляции;

ж — переключатель шкал и поддиапазонов;

и — ручка шкалы нониуса, используемая для снятия кривых избирательности приемника;

к — тумблер для включения внешней модуляции VIDEO и переключения на нормальную работу NORMAL OPERATION;

л — ручка регулировки напряжения несущей частоты на выходе прибора при установлении исходного режима работы CARRIER;

м — ручка со шкалой регулировки напряжения на выходе прибора;

н — гнездо выхода для подключения прибора к испытываемому объекту при помощи экранированного кабеля.

Включение прибора и работа с ним

Перед включением прибора необходимо убедиться в правильности включения обмоток трансформатора для данного напряжения сети.

Переключатель рода модуляции должен быть поставлен в положение OFF (выключено), а ручки установки несущей частоты CARRIER и потенциометр регулировки модуляции — повернуты влево доотказа.

Установка нужной частоты производится переключателем поддиапазонов и шкал.

Для получения нужной амплитуды несущей частоты на входе аттенюатора потенциометром CARRIER регулируют так, чтобы получить 100 мкв на приборе, установленном справа на передней панели генератора сигналов.

Установка модуляции от внутреннего источника с частотой 1 000 гц производится переключателем рода модуляции, поставленным в положение INT, и тумблером VIDEO, поставленным в положение NORMAL OPERATION (нормальная работа).

Нужный процент модуляции устанавливается ручкой регулировки коэффициента модуляции, по левому прибору на панели генератора сигналов. При работе с модуляцией от внешнего источника переключатель рода модуляции необходимо установить в положение EXT, а источник тока для внешней модуляции подключить к клеммам EXT. MOD. Для получения 50% модуляции напряжение внешних источников модуляции должно быть равно 7 в.

Установка нужного процента модуляции производится так же, как и при работе генератора от внутреннего источника модуляции.

Для работы с модуляцией от источника напряжения остроконечной формы переключатель VIDEO переводится из положения NORMAL OPERATION в положение VIDEO. Потенциометр, регулирующий амплитуду напряжения несущей частоты CARRIER, в этом случае не действует. Амплитуда напряжения несущей частоты регулируется только напряжением внешнего источника тока. Величина этого напряжения не должна превышать 150 в.

Глава XI

ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

Приступая к измерениям и определению качественной и количественной оценки радиоустройства (радиопередатчика, приемника, усилителя), необходимо прежде всего убедиться в нормальном режиме его работы, в исправности ламп и цепей устройства. Для этого пользуются амперметром, вольтметром, омметром, тестером-испытателем, испытателем ламп и другими приборами, описываемыми ниже.

Кроме того, в этой главе описывается комплект аэродромной измерительной радиолaborатории (АИРЛ), предназначенной для ремонта радиоаппаратуры, проверки и подготовки ее перед полетом.

Вольтамперметр типа ВАМ-1

Вольтамперметр типа ВАМ-1 постоянного тока предназначен для измерения силы тока и напряжения источников питания и отдельных цепей радиоустройств.

Пределы измерения: по току до 60 а и по напряжению до 3 000 в.

Входное сопротивление вольтметра не менее $6 \cdot 10^5$ ом.

Точность градуировки $\pm 3\%$ от номинального значения шкалы.

Прибор (рис. 116) состоит из гальванометра 1 (2,1 ма,

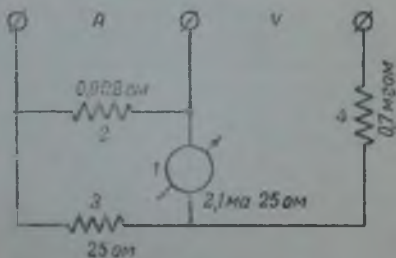


Рис. 116. Схема прибора ВАМ-1

25 ом); шунта к нему на 60 а, состоящего из сопротивления 2 (0,002 ом) и добавочного сопротивления 4 (0,7 мгом).

Внешний вид прибора изображен на рис. 117.

Прибор ВАМ-1 применяется при испытании самолетной радиоаппаратуры, для измерения высоких напряжений в анодных цепях ламп и при измерении тока, потребляемого станцией.

Дальнейшим развитием являются приборы типа ВАМ-2 и ВАМ-3, которые имеют такое же назначение, как и ВАМ-1. По конструктивному оформлению приборы ВАМ-1, ВАМ-2 и ВАМ-3 мало отличаются друг от друга.



Рис. 117. Внешний вид прибора ВАМ-1

Ампервольтметр типа АВО-1

Прибор предназначен для измерения напряжения, силы тока и сопротивления на постоянном токе.

Ампервольтметр имеет четыре предела измерения напряжений (0—1,5; 0—15; 0—150 и 0—1 500 в), три предела для измерения силы тока (0—15; 0—150 и 0—1 500 ма) и три предела для измерения сопротивлений (10—5 000; 100—50 000 и 1 000—500 000 ом).

Точность измерения равна $\pm 3\%$ от номинального значения шкал напряжений и силы тока и $\pm 5\%$ от величины измеряемого сопротивления в пределах рабочей части шкалы (15—85°).

Сопротивление вольтметра равно 200 ом на вольт.

Пределы измерения изменяются универсальным переключателем шунтов и добавочных сопротивлений.

Питание прибора при измерении сопротивлений до 5 000 ом производится от сухого элемента на 1,45 в, находящегося внутри прибора.

При измерении сопротивлений (использовании шкал омметра) до 50 000 и 500 000 ом питание прибора производится от внешних батарей напряжением 10—20 и 100—200 в.

Схема прибора, изображенная на рис. 118, состоит из гальванометра 1 магнитоэлектрического типа на 3 ма; универсального шунта из набора сопротивлений 7, 8, 9 и 10, добавочных сопротивлений 2, 3, 4 и 5, универсального переключателя 15 и других элементов, составляющих схему омметра.

На передней панели прибора (рис. 119) расположены: гальванометр, ручка переключателя шкал с шильдиком, на котором нанесены пределы измерения, ручка установки

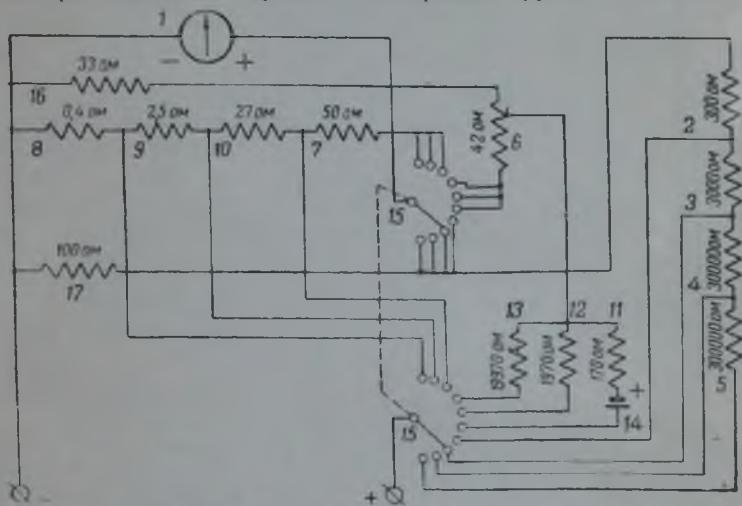


Рис. 118. Принципиальная схема прибора АВО-1

нуля омметра, две клеммы для подключения прибора к измеряемой цепи, а также для подключения измеряемых сопротивлений.

На задней стороне прибора имеется отверстие, закрытое крышкой и служащее для элемента.

При использовании прибора в качестве омметра на 5 000 ом стрелку гальванометра нужно установить на нуль винтом, находящимся на гальванометре, а затем, замкнув клеммы прибора накоротко, вновь установить стрелку гальванометра на нуль, пользуясь ручкой установки нуля омметра.

Если стрелка гальванометра на нуль не устанавливается, это значит, что сухой элемент дает напряжение меньше 1 в и его нужно заменить новым.

Разомкнув клеммы прибора и подключив к ним измеряемое сопротивление, определяют величину его по отклонению стрелки гальванометра.

При работе с прибором в качестве омметра на 50 000 *ом* (при установке переключателя на 50 000 *ом*) к клемме «—» присоединяется минусовый полюс внешней батареи напряжением 10—20 *в*, а к клемме «+» —

плюсовый полюс этой батареи, после чего стрелка гальванометра ручкой установки нуля устанавливается на нуль.

Далее, цепь батареи разрывается и последовательно с батареей включается измеряемое сопротивление.

Величина измеряемого сопротивления определяется по показанию прибора.

При работе с прибором для измерения сопротивлений выше 50 000 *ом* (при установке переключателя шкал на 500 000 *ом*) внешний источник берется с напряжением 100—150 *в*. В настоящее время нашей промышленностью изготавливаются приборы

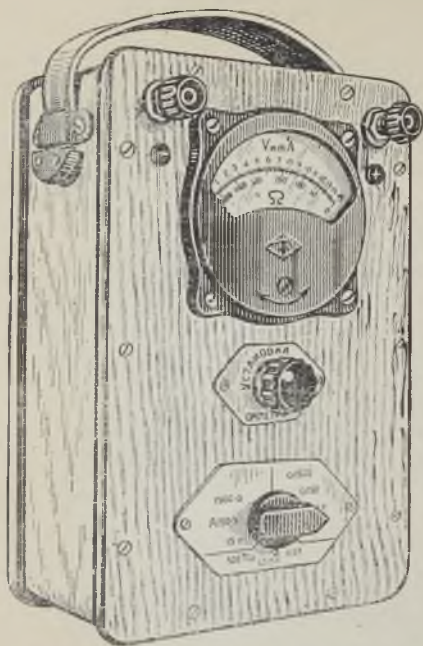


Рис. 119. Внешний вид прибора АВО-1

АВО-2 и АВО-3, предназначенные для тех же целей, что и АВО-1. Их технические данные незначительно отличаются от прибора АВО-1.

Апериодический детекторный приемник типа АДП-1

Приемник типа АДП-1 предназначается для определения на слух качества тональной и телефонной работы передатчика путем прослушивания радиопередачи в непосредственной близости от передатчика.

Схема АДП-1 (рис. 120) представляет собой замкнутую цепь, состоящую из катушки самоиндукции на 2,5 *мгн*, купроксного детектора и телефона, зашунтированного емкостью 700 *мкмкф*.

Прибор оформлен в эбонитовом футляре диаметром 34 мм и высотой 65 мм (рис. 121).

Конденсатор, детектор и катушка размещены в футляре, на котором расположена клемма связи для присоединения антенны (провода длиной 20—30 см). В дне футляра расположены гнезда для включения телефона. Диапазон принимаемых приемником частот 175—15 000 кГц.

Для прослушивания качества работы передатчика в гнезда АДП-1 включают телефоны, приближая прибор к антенне передатчика или контуру.

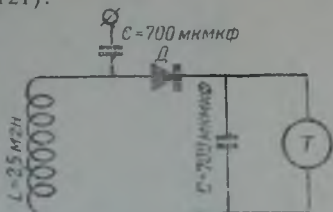


Рис. 120. Схема АДП-1



Рис. 121. Внешний вид АДП-1 с телефоном

Кроме АДП-1, имеется аperiодический приемник АДП-2, предназначенный для тех же целей.

Батарейный магазин питания БМ-2

Батарейный магазин БМ-2 (рис. 122) служит для питания отдельных радиоизмерительных приборов переносного типа, входящих в комплект АИРЛ.

Батарейный магазин представляет собой упаковку для питания цепей накала и анода, состоящую из батареи аккумуляторов типа НКН-10 на 6 в и трех батарей типа БАС-60.

Магазин питания (рис. 123) состоит из реостата накала на 12 ом, реостата анода на 7 000 ом, двухшкального вольтметра типа 4МШ для измерения напряжений 8 и 200 в, двух кнопочных переключателей вольтметра 3 и 4, предохранителя 6 на 0,25 а и переключателя секций анодных батарей.

Переключатель 7 позволяет путем переключения секций батарей использовать их полностью. Реостаты 8 и 5 служат

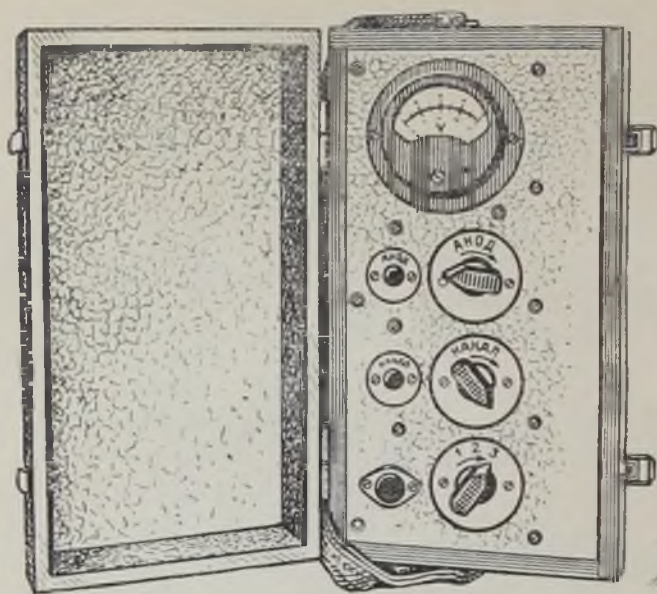


Рис. 122. Внешний вид БМ-2

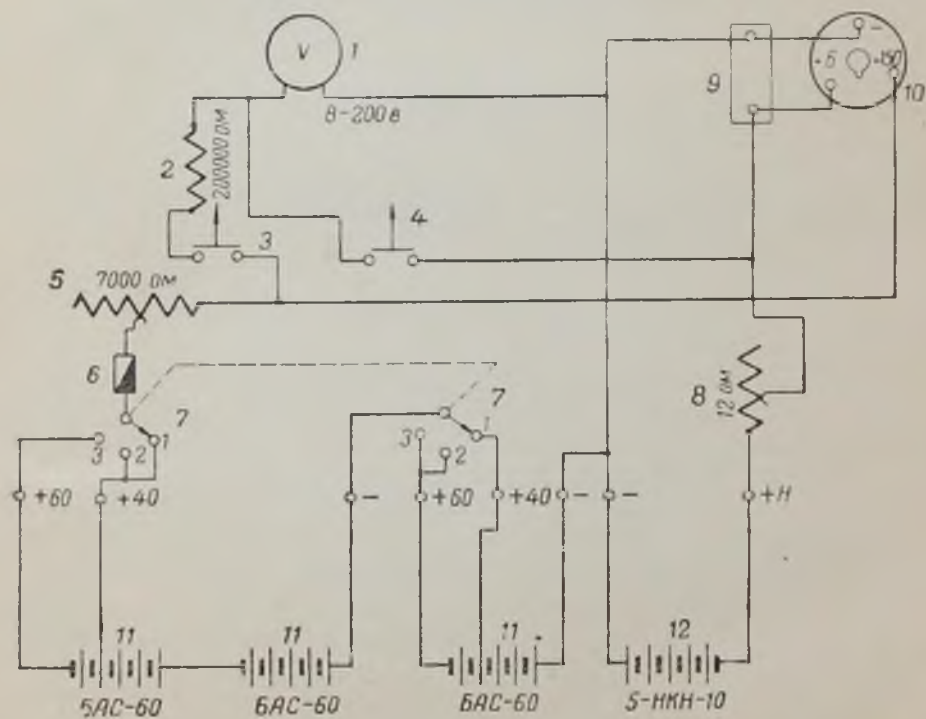


Рис. 123. Принципиальная схема БМ-2

для регулировки напряжения в цепях накала и анода ламп. Напряжения контролируются вольтметром 1.

Для подключения выводов от батарей внутри прибора имеется переходная колодка с восемью клеммами, имеющими соответствующие обозначения.

Для подключения измерительной аппаратуры к батарейному магазину сбоку упаковки расположена трехконтактная колодка выходного напряжения 10.

Кроме того, имеется батарейный магазин БМ-3, мало отличающийся от БМ-2. Он также предназначен для питания переносных измерительных приборов, входящих в комплект АИРЛ.

Тестер-анализатор ТА-4

Тестер предназначен для проверки ламп в приемниках, маломощных усилителях и в самолетных переговорных устройствах.

Кроме того, он может служить в качестве вольтметра постоянного и переменного тока, миллиамперметра постоянного тока и омметра.

Схема тестера (рис. 124) содержит ряд переключателей, каждый из которых имеет несколько положений и переключает измерительный прибор в различные цепи для испытания ламп, измерений токов, напряжений и сопротивлений.

На передней панели тестера (рис. 125) расположены: три ламповые панели с различными цоколевками; переключатель электродов, имеющий шесть положений; переключатель вида измерений; переключатель шкал; переключатель полярности и клеммы для измерения напряжения, тока и сопротивления.

Переключатель «электроды» служит для включения измерительного прибора в различные цепи испытываемой лампы.

Переключатель «вид измерений» служит для использования измерительного прибора в качестве вольтметра (положение «V») или миллиамперметра (положение «mA»).

Переключатель «шкалы» служит для выбора шкалы (пределов измерений) миллиамперметра или вольтметра. Пределы измерения тока 0—750 мА, напряжения 0—750 В.

Переключатель «полярность» имеет четыре положения. В положении «+» и «—» он служит для переключения полярности прибора, в положении «~» — для измерения напряжения переменного тока. Положение «1» служит для испытания ламп 5Ц4 и 6Х6.

При проверке режима ламп переключатель шкал устанавливается на цифру 750, переключатель полярности на «+» или «—».

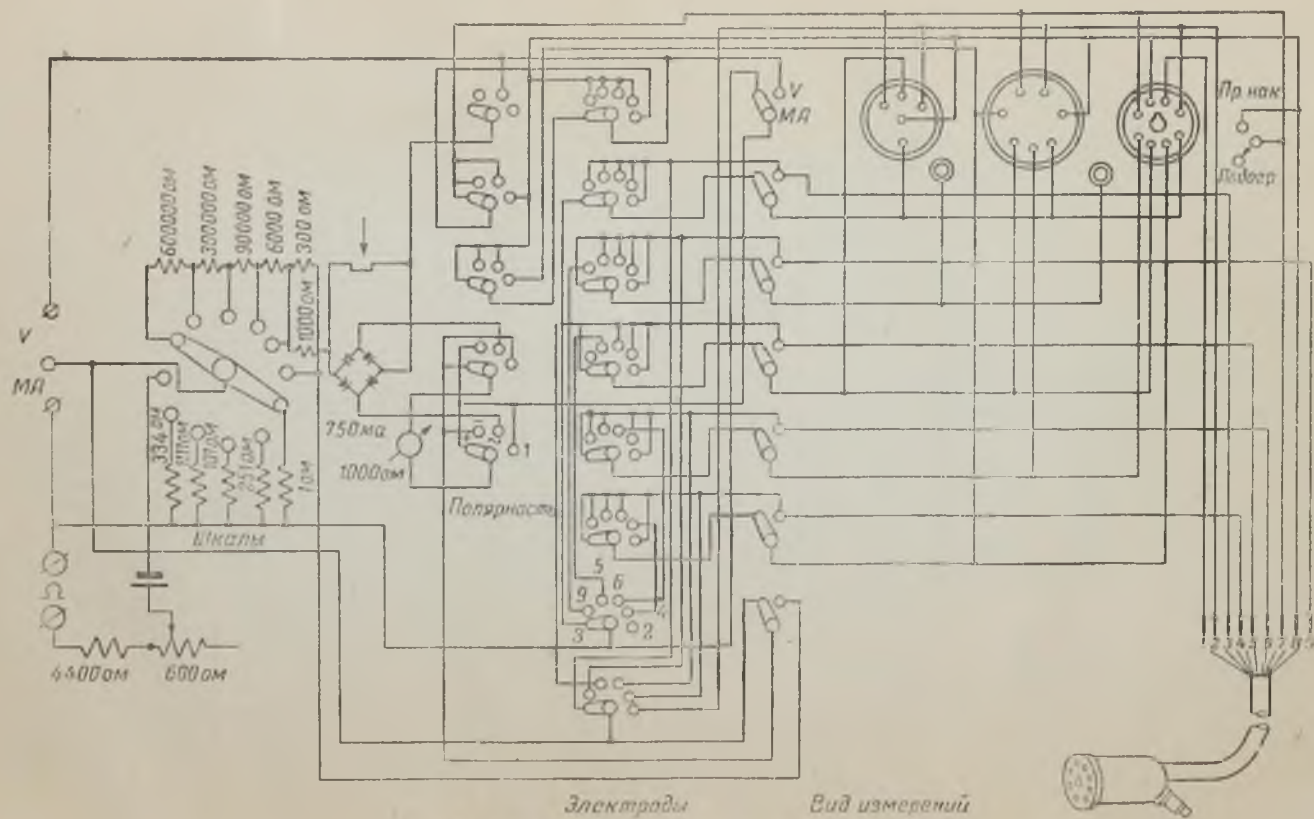


Рис. 124. Принципиальная схема тестера ТА-4

Испытываемая лампа ставится в соответствующую панельку на тестере, а на ее место в приемнике вставляется переходная колодка с шнуром от тестера.

Если проверяется лампа металлической серии, то переходная колодка тестера вставляется в ламповую панельку, находящуюся в приемнике. При испытании ламп с другой цоколевкой тестер подключается на место испытываемой лампы через переходную колодку, соответствующую цоколевке лампы.



Рис. 125. Внешний вид тестера ТА-4

Если лампа на баллоне или сбоку цоколя имеет добавочный вывод, то последний соединяется с ближайшим гнездом на панели тестера. В этом случае проводник, присоединявшийся в приемнике к выводу на баллоне лампы, наверху соединяется с клеммой переходной колодки. Затем, согласно прилагаемой к прибору таблице, переключателем «электроды» выбирается нужная цепь.

При измерении тока переключатель вида измерений устанавливается в положение «mA», при измерении напряжения — в положение «V».

Прибор показывает напряжение между выбранными электродами и катодом или ток в выбранной цепи. Далее переключателем шкал выбирают удобную для отсчета шкалу. Если измеряется напряжение переменного тока, то переключатель полярности ставится в положение « \sim » и нажимается кнопка *V*.

При переходе от одного вида измерений к другому переключатель шкал ставят в положение «750», а затем переключателем «электроды» выбирают следующую цепь, повторяя указанный цикл операций. Измерение напряжения на сетке, когда в ее цепи находится большое сопротивление (порядка сотен тысяч ом), не дает правильных результатов.

При измерении напряжения накала лампы 5Ц4 кнопка прямого накала должна быть нажата. При измерении напряжения на аноде лампы 6Х6 переключатель полярности должен находиться в положении «1». При измерении режима ламп прямого накала кнопка прямого накала должна быть нажата. При проверке лампы СБ-155 последнюю надо вставить в переходной цоколь, имеющий семь штырьков.

При измерении напряжения постоянного тока переключатель вида измерений устанавливается в положение «*V*», а измеряемое напряжение подводится к клеммам, обозначенным буквой *V*.

При измерении напряжения переменного тока переключатель вида измерений устанавливается в положение «*V*», а переключатель полярности в положение « \sim ».

Переключателем шкал выбирается нужная шкала. Пользуясь кривыми градуировок, по показаниям прибора определяется величина измеряемого напряжения.

При измерении напряжения переменного тока после того, как все переключатели установлены в соответствующие положения, необходимо нажимать кнопку *V* на лицевой панели и производить отсчет по шкале прибора.

Не рекомендуется производить какие-либо переключения при нажатой кнопке *V*, так как возникающие при этом напряжения на купроксе легко могут его повредить или совсем вывести из строя.

При измерении постоянного тока переключатель вида измерений устанавливается в положение «1А» и переключателем шкал выбирается нужная шкала, после чего тестер включается гнездами «mA» в цепь измеряемого тока.

При использовании тестера в качестве миллиамперметра или вольтметра шнур с переходной колодкой должен быть свободным, так как штырьки цоколя находятся под напряжением.

При измерении сопротивлений переключатель шкал устанавливается в положение «0,75» и переключатель вида измерений — в положение «mA».

Клеммы, обозначенные буквой Ω , замыкаются коротко. Реостатом установки нуля стрелка прибора переводится на последнее деление шкалы, после чего клеммы размыкаются.

Измеряемое сопротивление подключается к клеммам Ω , и отсчет величины сопротивления производится непосредственно по нижней шкале прибора.

Испытатель ламп ИЛ-3

Для полного испытания ламп обычно требуется сложная схема. В нее входит большое число измерительных приборов, регулирующих приспособлений и источников питания. При массовом испытании, когда нет надобности определять параметры ламп и снимать их характеристики, а требуется лишь определить годность лампы по эмиссии, работа на таких схемах неудобна.

Приборы типа ИЛ позволяют быстро определить годность ламп по эмиссии, определить обрывы и короткие замыкания между электродами и штырьками в лампе.

Наша промышленность выпускает несколько образцов таких приборов.

Испытатель ламп ИЛ-3 представляет собой прибор коммутационного типа, предназначенный для определения годности приемно-усилительных и малых выпрямительных ламп, выпускаемых нашей промышленностью: СО-118, СО-122, СО-124, СО-148, СО-182, СО-183, СО-185, СО-193, СБ-112, СБ-147, СБ-154, СБ-155, УБ-107, УБ-110, УБ-132, УБ-152, УБ-178, УО-104, УО-186, ВО-116, 2В-400, ВО-125, ВО-188, ВО-230, ПО-119, 5Ц4, 6А8, 6С5, 6Ф5, 6Е5, 6Х6, 6Ф6, 6Л6, 6Л7, 6К7, 6Ж7, 6Q7, 6Р7, 6Н7.

Прибором измеряется ток эмиссии катода, определяются обрывы или короткие замыкания в лампе.

Годность лампы определяется показаниями стрелки измерительного прибора — индикатора эмиссии ламп. Индикатором обрывов и коротких замыканий является лампа 6Е5.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока 110, 127, 190, 210 и 220 в. Переключение производится с передней панели прибора, причем есть возможность регулировать напряжения.

Прибор (рис. 126) собран на горизонтальной алюминиевой панели и помещен в деревянный ящик со съёмной крышкой. На панели расположены:

1) ручка переключателя «виды ламп», имеющая четыре положения: первое — для ламп СО-187 и одного диода 6Х6, второе — для проверки всех ламп и другого диода 6Х6, третье — для проверки одного анода кенотрона и одного

триода 6Н7, четвертое — для проверки другого анода кенотрона и другого триода 6Н7;

2) ручка переключателя для проверки коротких замыканий — «проверка коротких замыканий»;

3) две ручки для переключателя типов ламп — «типы ламп»;

4) ручка переключателя гальванометра — «переключение прибора»;

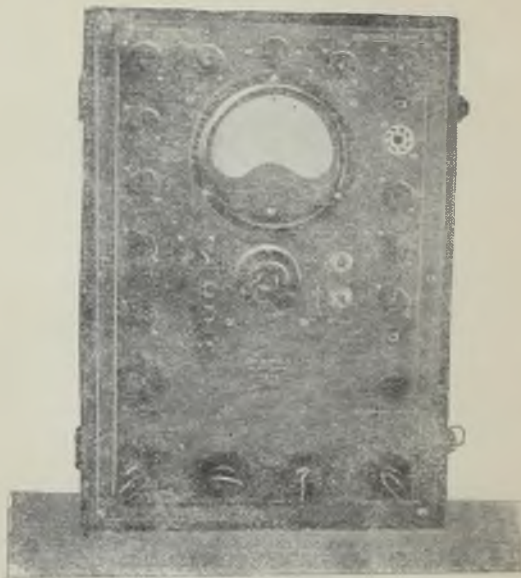


Рис. 122. Внешний вид прибора ИЛ-3

5) ручка переключателя регулировки питающего напряжения — «регулировка напряжения»;

6) два добавочных штепсельных гнезда для включения анодов ламп СО-182 и сеток ламп 6К7;

7) выключатель питания;

8) сигнальная лампочка, показывающая, что напряжение на прибор подано;

9) пять гнезд с вингом для переключения прибора ИЛ-3 на требуемое напряжение сети (110, 127, 190, 210 и 220 в);

10) предохранитель на 2 а.

В центре панели расположены два индикатора: гальванометр и лампа визуальной индикации 6Е5.

Шкала гальванометра разделена на две части, соответствующие годным и плохим лампам. Область плохих ламп имеет серое поле, а область годных — белое.

С правой стороны панели помещены панельки для испытываемых ламп с указанием рабочих напряжений, с левой — панельки предварительного подогрева ламп с указанием напряжений подогрева.

Вес прибора около 15 кг.

Для подготовки прибора к проверке ламп нужно: поставить винт испытателя в гнездо, соответствующее напряжению питающей сети; вставить кабель в колодку питания прибора и включить его в розетку питающей сети; включить тумблер питания (если сигнальная лампочка загорится, значит напряжение на прибор подано) и вставить в соответствующее гнездо испытываемую лампу.

Проверка ламп на эмиссию, обрывы и короткое замыкание производится согласно таблице (см. приложение 3), в которой указаны положения переключателей и манипуляции для определения годности ламп.

Испытатель ламп ИЛ-9

Прибор (рис. 127) предназначен для испытания электрической годности приемно-усилительных и выпрямительных ламп.

Прибором можно определять короткие замыкания и наличие обрывов между электродами и выводными контактами или штырьками, а также годность ламп по току эмиссии.

Прибором можно испытывать все типы ламп стеклянных и металлических серий, перечисленных в таблице испытания (см. приложение 4).

Индикатором коротких замыканий и обрывов в электродах ламп служит миллиамперметр на 2 ма, который используется также и для измерения тока эмиссии, причем его чувствительность изменяется с 200 ма на 20 ма и на 2 ма. Изменение чувствительности производится двумя кнопочными переключателями.

Питание прибора производится от аккумуляторных батарей (напряжение накала 7—7,5 в, напряжение анода 22—24 в). Напряжение накала регулируется реостатом, а напряжение на аноде — потенциометром.

Принципиальная схема прибора изображена на рис. 128.

Работа схемы при испытании на короткое замыкание осуществляется переключателем 12, который устанавливается в положение «1». При этом все электроды испытываемой

лампы замыкаются между собой через кнопочные переключатели 5, 6, 7, 8, 9, 10 и 11 и подводятся к нити накала.

Испытательное напряжение 20 в через анодный потенциометр и ограничительное сопротивление 18 включается между нитью накала и свободными контактами кнопочных переключателей 5, 6, 7, 8, 9, 10 и 11.

Нажимая по очереди кнопочные переключатели, получим отклонение миллиамперметра только в случае короткого замыкания между какими-либо электродами.

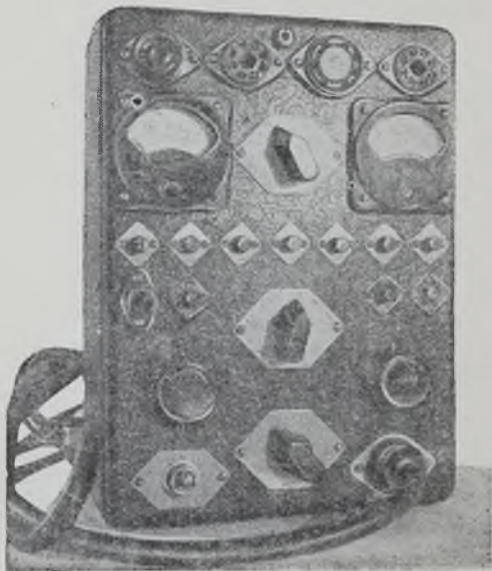
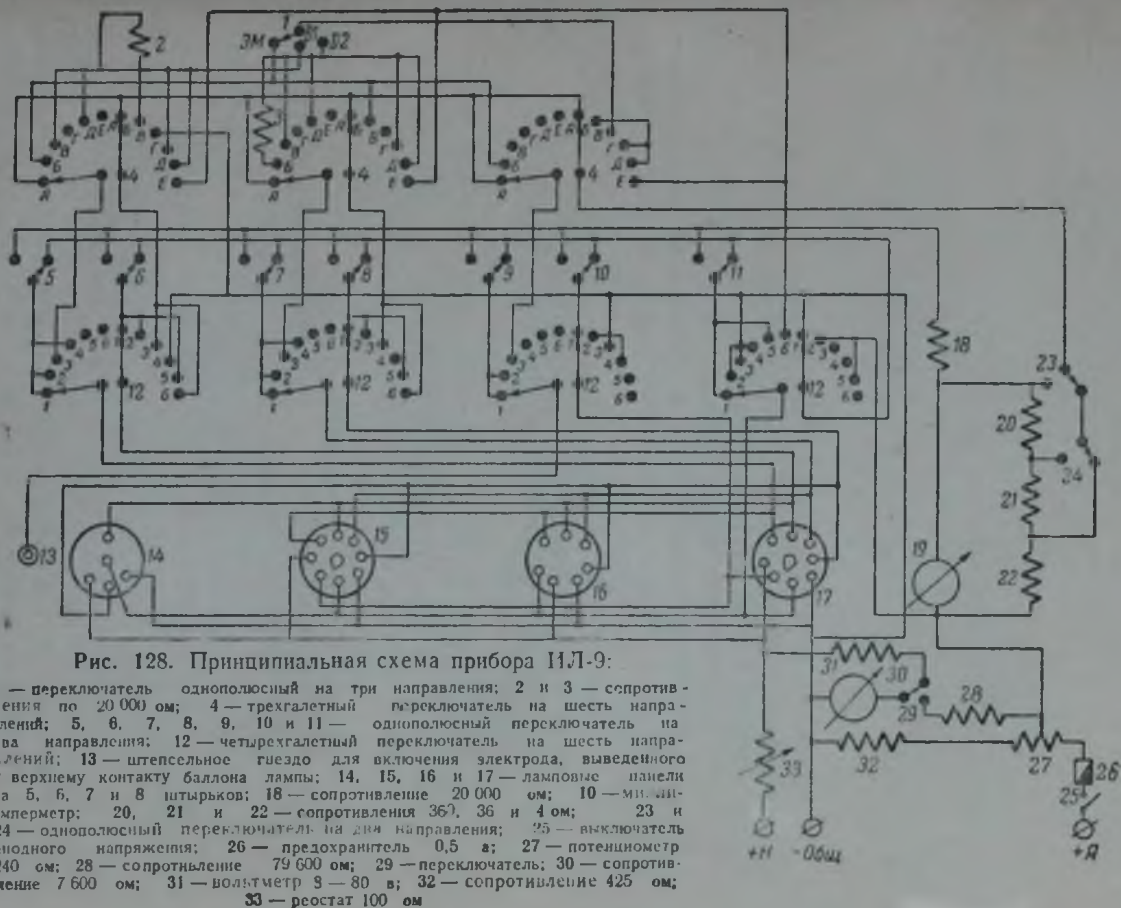


Рис. 127. Внешний вид прибора ИЛ-9

Испытание ламп на короткое замыкание производится без включения напряжения накала.

Испытание на обрыв производится переключателем 12, который устанавливается в положение «2». Катод и штырек металлизации лампы подводятся к минусу нити накала, а все остальные электроды через кнопочные переключатели 5, 6, 7, 8 и 9 замыкаются между собой и подводятся к движку потенциометра 27, через который подается напряжение 20 в.



При подготовке прибора к работе необходимо поставить ручки в исходное положение: ручки «накал» и «анод» должны быть повернуты влево доотказа, ручка «вид операции» — установлена в положение «1», ручка «типы ламп» — в положение «А», ручка «комбинированные лампы» — в положение «Эм», джек-переключатель «питание анода» должен быть выключен.

Затем нужно:

1) зарядить фишку питания, подав на концы кабеля «—Н» и «+Н» напряжение 7—7,5 в, а на концы «—А» и «+А» — напряжение анода 22—24 в от соответствующих аккумуляторов;

2) установить испытываемую лампу в подходящую по цоколевке панельку и подсоединить проводничок к контакту, выведенному на баллон (если он есть в данном типе лампы);

3) включить заряженную фишку питания в прибор.

После этого можно приступить к испытанию ламп, руководствуясь рабочей таблицей (см. приложение 4).

Первое испытание производится на короткое замыкание, и если даже при одном положении кнопочного переключателя стрелка миллиамперметра отклонится, значит между электродами есть короткое замыкание.

Вторая проверка делается на обрыв электродов. Лампа бракуется, если даже один из электродов не вызовет отклонения стрелки миллиамперметра.

При испытании на эмиссию отбраковываются лампы, дающие отклонение миллиамперметра меньше указанного в рабочей таблице.

Испытание на обрыв и эмиссию нужно производить как можно быстрее, так как при длительном испытании лампа может потерять эмиссию.

Испытатель ламп ИЛ-10

Испытатель ламп ИЛ-10 предназначен для испытания годности приемно-усилительных и выпрямительных ламп и позволяет определять наличие коротких замыканий между электродами ламп, наличие обрывов между электродами и выводными штырьками и полноценность ламп по току эмиссии.

Прибором можно испытывать те же типы ламп, что и испытателем ламп ИЛ-9.

Действие прибора заключается в следующем. Все электроды ламп, т. е. гнезда ламповых панелей, подводятся

к движкам главного переключателя 6 (рис. 129), а затем на переключатель 7, который коммутирует электроды ламп в определенной последовательности.

Индикатором коротких замыканий и обрывов в электродах ламп служит миллиамперметр, включенный на шкалу 2 ма.

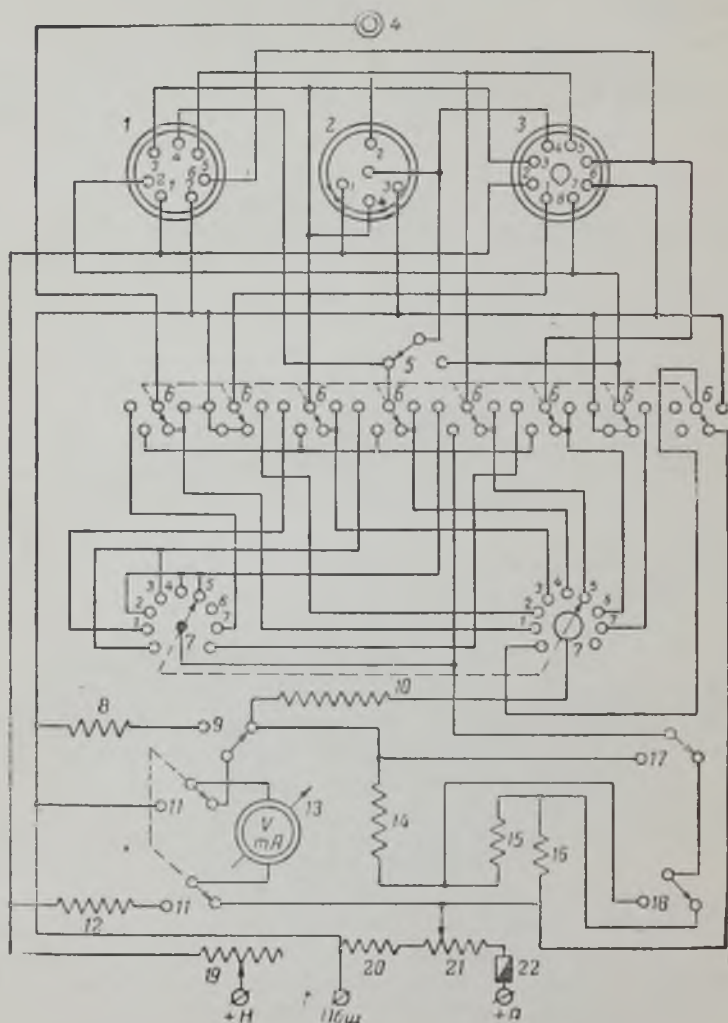


Рис. 129. Принципиальная схема прибора ИЛ-10:

1, 2 и 3 — ламповая панель на 7, 5 и 8 штырьков; 4 — штепсельное гнездо; 5 — однополюсный переключатель на два направления; 6 — восьмиполюсный переключатель на четыре направления; 7 — двухполюсный переключатель на семь направлений с короткозамкнутым кольцом; 8 — сопротивление 75 000 ом; 9 — переключатель вольтметра; 10 — сопротивление 20 000 ом; 11 — переключатель вольтметра; 12 — сопротивление 7 600 ом; 13 — гальванометр М-51; 14, 15 и 16 — сопротивления 360, 36 и 4 ом; 17 и 18 — переключатель миллиамперметра; 19 — реостат 100 ом; 20 — сопротивление 425 ом; 21 — потенциометр 240 ом; 22 — предохранитель 0,25 а

Им же измеряется ток эмиссии, но в этом случае его чувствительность может изменяться до 20 или 200 *ма* двумя кнопочными переключателями, изменяющими сопротивление универсального шунта гальванометра.

Питание прибора производится от аккумуляторных батарей.

Нормальное анодное напряжение равно 20 *в*, а напряжение накала зависит от типа испытываемой лампы. Допустимое максимальное анодное напряжение, подводимое к прибору, 25—26 *в* и напряжение накала 7—8 *в*.

Регулировка напряжений производится реостатом накала и анодным потенциометром по вольтметру, имеющему две шкалы: 8 *в* — для напряжения накала и 80 *в* — для анодного напряжения.

Вольтметр включается кнопочными переключателями.

Испытание на короткое замыкание

В положении переключателя 6 на «короткое» все электроды ламп (кроме нити накала) подводятся на переключатель 7, который имеет кольцо, замыкающее все электроды ламп (кроме одного) на нить накала.

На свободный от замыкающего кольца электрод через анодный потенциометр 21, миллиамперметр 13, включенный на шкалу 2 *ма*, и нагрузочное сопротивление 10 подается испытательное напряжение +20 *в*, минус которого подведен к минусу нити накала.

Ставя переключатель 7 последовательно в положения «1», «2», «3», «4», «5», «6», «7», т. е. подавая напряжение 20 *в* на все электроды лампы поочередно, получим отклонение стрелки миллиамперметра только в том случае, когда какой-нибудь электрод замкнут в лампе с другими.

Испытание ламп на короткое замыкание производится при холодном катоде, т. е. без включения напряжения накала.

При всех испытаниях нужно обращать внимание на переключатель «типы ламп» 5 и ставить его в соответствующее положение.

Испытание на обрыв

Испытание на обрыв производится в положении переключателя 6 на «обрыв». Катод и штырек металлизации лампы (если они имеются) подводятся к минусу нити накала, а остальные электроды, кроме одного, подводятся к переключателю 7, замыкаются между собой и подключаются к движку потенциометра с напряжением +20 *в*.

Испытательное напряжение 20 *в*, кроме того, подается через миллиамперметр на 2 *ма* и сопротивление 10 на дви-

жок переключателя 7 и через него — на свободный электрод. Любая лампа в этом случае оказывается включенной как диод, поэтому, ставя переключатель 7 последовательно в положения «1», «2», «3», «4», «5» и «6», получим отклонение стрелки миллиамперметра лишь для электродов, не имеющих обрыва. В случае обрыва цепи катода или нити миллиамперметр не отклонится ни при каком положении переключателя.

Испытание на эмиссию

Контроль на эмиссию производится при закороченных на анод всех сетках лампы.

Нормальный ток эмиссии (по заводским данным) пересчитан на величину эмиссии при пониженном напряжении на аноде, принятом для всех испытываемых ламп равным 20 в.

Для проверки эмиссии в приборе ИЛ-10 есть две цепи: одна для испытания эмиссии простых, а другая — для испытания эмиссии комбинированных ламп.

Испытание эмиссии простых ламп (диод, триод, тетрод, пентод и пентагрид) производится в положении переключателя 6 на «эмиссия 1». При этом все сетки ламп замкнуты на анод, на который через миллиамперметр (200 ма) и анодный потенциометр подается напряжение +20 в. Катод и штырек металлизации замыкаются при этом на нить накала, к которой подводится напряжение —20 в. Положение переключателя 7 при этом испытании может быть любым.

Испытание эмиссии комбинированных ламп производится в положении переключателя 6 на «эмиссия 2».

В этом случае все электроды лампы (кроме катода, штырька металлизации лампы и нити накала, которые подаются на —20 в) подаются на вторую галету переключателя 7, имеющую движок с тремя контактами, расположенными так, что в определенном положении переключателя включают и замыкаются между собой только определенные электроды лампы. К движкам этой галеты подводится напряжение +20 в через миллиамперметр на 200 ма.

В обоих случаях, если в этом имеется необходимость, чувствительность миллиамперметра с 200 ма может быть изменена на 20 или на 2 ма при помощи двух кнопочных переключателей.

Положение переключателей при испытании ламп указано в таблице (см. приложение 5).

Конструкция прибора

Прибор смонтирован на горизонтальной железной панели и заключен в железный футляр.

На лицевой панели расположены:

- 1) ламповая панель 2 пятиштырьковая;
- 2) ламповая панель 1 семиштырьковая;

- 3) ламповая панель 3 восьмиштырьковая;
- 4) гнездо 4 для включения в схему электрода лампы, выведенного к верхнему контакту баллона;
- 5) вольтмиллиамперметр 13 на 8—80 в и 2—20—200 ма;
- 6) кнопочный переключатель вольтметра 11 с шильдиком 8 в;
- 7) кнопочный переключатель вольтметра 9 с шильдиком 80 в;
- 8) кнопочный переключатель миллиамперметра 18 с шильдиком 20 ма;
- 9) кнопочный переключатель миллиамперметра 17 с шильдиком 2 ма;
- 10) переключатель 6 восьмиполюсный на четыре направления с шильдиком «операция» и указателем операций;
- 11) переключатель 7 двухполюсный на семь направлений (с короткозамыкающим кольцом) с надписью «электроды» и указателем положений;
- 12) переключатель 5 — тумблер с надписью «типы ламп»;
- 13) ручка 21 потенциометра анода с надписью «анод»;
- 14) ручка 19 реостата накала с надписью «накал»;
- 15) держатель предохранителя на 0,25 а;
- 16) проходная втулка с кабелем питания.

Для подготовки прибора к работе нужно:

1) поставить ручки «накал» и «анод» в крайнее левое положение доотказа;

2) подключить кабель питания прибора к аккумуляторным батареям согласно имеющимся обозначениям на концах кабеля;

3) установить испытываемую лампу в соответствующую ламповую панель и присоединить проводничок к контакту на баллоне лампы, если последняя его имеет;

4) поставить тумблер «типы ламп» в положение, соответствующее типу испытываемой лампы.

После этого можно приступать к испытанию, руководствуясь таблицей для испытания ламп.

Первое испытание производится на короткое замыкание. Для этого необходимо: поставить переключатель «операция» в положение «короткое», нажать кнопку вольтметра «80 в» и, вращая ручку потенциометра «анод», установить на шкале вольтметра 20 в, ставя последовательно ручку переключателя «электроды» в положения, указанные в таблице для данной лампы, и наблюдать за стрелкой миллиамперметра. Если в одном из положений переключателя «электроды» стрелка миллиамперметра отклонится, это означает, что в лампе есть короткое замыкание. В этом случае лампа бракуется и дальнейшей проверке не подлежит.

При испытании на обрыв нужно: ручку переключателя «операции» перевести в положение «обрыв»; нажать кнопку

вольтметра «8 в» и, руководствуясь таблицей, установить реостатом накала нормальное напряжение накала для данной лампы; нажать кнопку «80 в» и подрегулировать напряжение на аноде лампы; ставя ручку переключателя «электроды» в соответствующее положение, указанное в таблице, наблюдать за стрелкой миллиамперметра.

Если при одном из положений переключателя «электроды» стрелка миллиамперметра не отклонится, значит в лампе есть обрыв в цепи электродов.

Для проверки лампы на эмиссию ручку переключателя «операции» ставят в положение «эмиссия 1» для простых ламп или в положение «эмиссия 2» для комбинированных. Нажимая по очереди кнопки «8 в» и «80 в», регулируют (если нужно) напряжения на накал и анод лампы и по шкале миллиамперметра, установленного на 200 *ма*, отсчитывают значение тока эмиссии.

Если при этом стрелка миллиамперметра покажет ток меньше 20 *ма* или совсем не отклонится, то нажатием кнопок шунта устанавливают прибор на 20 *ма* или на 2 *ма* и отсчитывают значение эмиссии по этим шкалам. Допустимые токи эмиссии указываются в таблице для каждой лампы.

Испытание на обрыв и эмиссию следует производить как можно быстрее, так как при длительных испытаниях исправная лампа может потерять эмиссию.

Во избежание быстрой разрядки аккумуляторов после испытания необходимо немедленно отключать источники питания.

Комплект АИРЛ

Комплектуется два вида аэродромных измерительных радиолaborаторий (АИРЛ): перевозимые на автомашинах и переносные.

Перевозимый комплект представляет собой автомобильную аэродромную измерительную радиолaborаторию, которая обеспечивает предполетную проверку самолетной радиоаппаратуры и мелкий ремонт ее.

Этот комплект размещается на двух автомашинах и состоит из силовой части и аппаратной.

В силовую часть входят: двигатель Л6/2 с динамомашинной ГС-1000 и альтернатором трехфазного тока 220 в; щит управления силовым хозяйством; аккумуляторная батарея на 24 в и 100 а-ч; верстаки для инструмента и рабочих мест.

Аппаратная автомашина оборудована съемными радиостанциями с приемниками и пультом управления радиостанциями.

Кроме того, в аппаратной имеется следующая измерительная аппаратура:

- 1) генератор стандартных сигналов ГСС-3;
- 2) модулометр ИМ-6;
- 3) измеритель частоты ИЧ-1;
- 4) генератор звуковой частоты ЗГ-2;
- 5) клирфактормессер КМ-3;
- 6) измеритель емкостей ГБЕ-2;
- 7) испытатель ламп ИЛ-3;
- 8) кварцевый калибратор КК-3;
- 9) волномеры КВ-5 и ВУ-1;
- 10) электроизмерительные приборы (вольтметры, амперметры, миллиамперметры, эквиваленты антенн и т. д.).

В комплект аппаратной автомашины входит необходимый рабочий инструмент.

Силовая и аппаратная автомашины снабжены разъемными кабелями питания, позволяющими питать аппаратную от аккумуляторов или переменным током.

Таким образом, подвижной комплект АИРЛ позволяет производить ремонт, испытание и проверку радиоаппаратуры.

Переносный комплект состоит из трех упаковок чемоданного типа, в которых содержатся:

- 1) вольтамперметр типа ВАМ-1;
- 2) ампервольтметр типа АВО-1;
- 3) испытатель ламп типа ИЛ-9;
- 4) измеритель выхода типа ИВ-3;
- 5) генератор сигналов типа ГС-3;
- 6) измеритель модуляции типа ИМ-6;
- 7) кварцевый калибратор типа КК-3;
- 8) апериодический детекторный приемник типа АДП-1;
- 9) батарейный магазин питания типа БМ-2.

Аппаратура, входящая в указанные комплекты, описана в различных главах книги.

Глава XII

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАДИОПЕРЕДАТЧИКОВ

В предыдущих главах были рассмотрены вопросы измерения в цепях высокой частоты и приведены описания наиболее употребительной измерительной аппаратуры. В этой главе рассматривается методика испытания и проверки качественных показателей радиоустройств. Излагаемая ниже методика не охватывает всех вопросов испытания, однако она достаточна для проверки аппаратуры — как вышедшей после ремонта, так и находящейся в эксплуатации. В процессе эксплуатации проверке подвергается только та аппаратура, качественные показатели которой могут измениться (например, вследствие нарушения градуировки, замены ламп, изменения напряжения источников питания, замены некоторых деталей и т. п.).

Методика в основном рассчитана на испытание самолетной аппаратуры, однако она может быть применена и при испытании наземных радиостанций.

Каждое радиопередающее устройство характеризуется следующими основными (определяющими его качество) показателями: режимом работы, мощностью, коэффициентом полезного действия, стабильностью частоты, точностью градуировки передатчика по частоте, а для радиотелефонных передатчиков, кроме того, глубиной модуляции, частотной и амплитудной характеристиками и величиной нелинейных искажений.

Рассмотрим каждый из этих показателей и разберем методы их определения.

Режим работы радиопередатчика определяется током и напряжением накала ламп, напряжением в анодных и сеточных цепях, силой тока в антенне передатчика или в эквиваленте антенны, потреблением энергии от сети или других источников питания. Режим работы передатчика обычно устанавливается при его выпуске с завода или лаборатории и является обязательным при его эксплуатации. Выполнение

установленного режима питания гарантирует длительную работу передатчика и ламп, а также стабильность качественных показателей передатчика.

Измерение токов и напряжений накала ламп, а также анодных и сеточных напряжений производится приборами ВАМ-1, АВО-1 или вольтметрами и амперметрами типа 2МП, ДВИ и др. При измерениях напряжений в анодных и сеточных цепях необходимо учитывать сопротивления измерительных приборов и вводить соответствующие поправки.

В маломощных передатчиках измерение режимов питания может производиться тестером-анализатором типа 1А-4.

Проверка режима работы передатчика по высокой или низкой частоте, например измерение напряжения на контурах, напряжения возбуждения мощного каскада, модулирующего напряжения и т. п., может производиться градуированным осциллографом или ламповым вольтметром ВКС-7 с использованием делителя напряжения, расширяющего шкалу до 3 000 в.

Измерение тока в антенне или в эквиваленте антенны производится тепловыми амперметрами или термоэлектрическими типа ИТ-5 или ИТ-1 с термопарами на различные силы тока.

Измерение режимов работы передатчика может производиться как в телефонном и телеграфном режимах, так и при работе передатчика с пониженной мощностью.

Для измерения мощности, потребляемой передатчиком от борсети или другого источника, составляется схема, изображенная на рис. 130.

При измерении могут быть использованы приборы, входящие в комплект АИРЛ, или другие: амперметр типа ВАМ-1, вольтметр типа АВО-1 или 2МП, термоамперметр типа ИТ-1 или ИТ-5 (в зависимости от мощности передатчика), эквивалент антенны.

Порядок измерения следующий:

1) реостатом или регулятором устанавливают нормальное напряжение борсети, равное 26 в;

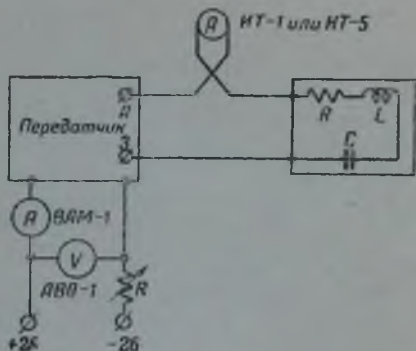


Рис. 130. Схема включения приборов при измерении мощности в антенне и потребляемой энергии от борсети

2) включают передатчик и настраивают его на полную мощность в телефонном или телеграфном режимах (в зависимости от того, в каком режиме хотят проверить потребляемую мощность);

3) через 2—3 минуты после включения отсчитывают показания амперметра ВАР-1 и вольтметра бортсети АВО-1.

Мощность, потребляемую от сети, определяют по формуле

$$P = IU,$$

где I — ток, потребляемый передатчиком;

U — напряжение бортсети.

Результаты измерений сравнивают с режимом работы, указанным в инструкции передатчика.

Мощность в антенне передатчика различают в телефонном и телеграфном режимах. Под мощностью в телеграфном режиме следует понимать мощность в антенне при нажатом ключе. Под мощностью в телефонном режиме — мощность в антенне несущей частоты.

Все самолетные передатчики работают в некотором диапазоне частот, который обычно разбивается на поддиапазоны. В пределах каждого поддиапазона мощность в антенне передатчика может меняться.

В передатчиках с широким диапазоном частот указываются пределы мощности для каждого поддиапазона, поэтому и измерение мощности, отдаваемой передатчиком в антенну, производится не менее как на трех точках каждого поддиапазона.

Измерение мощности производится по одному из методов, указанных в главе V.

Простейшим из них является измерение тока в эквиваленте антенны с известным активным сопротивлением.

Для этой цели пригодна схема рис. 130 с указанными в ней приборами.

Для измерения нужно: включить передатчик и установить нормальное напряжение бортсети, настроить передатчик при заданной частоте на максимальное отклонение термоамперметра.

Мощность в антенне определяется по формуле

$$P_a = (I_a + i_n)^2 R_{\text{экв}},$$

где P_a — мощность в антенне;

I_a — показание термоамперметра;

i_n — поправка на частоту к термоамперметру, которая указывается в паспорте прибора;

$R_{\text{экв}}$ — активное сопротивление эквивалента антенны.

После измерения мощности в трех точках каждого поддиапазона результаты измерений сравнивают с данными, указанными в паспорте радиостанции.

При определении мощности по приведенному способу необходимо, чтобы активное сопротивление эквивалента антенны было известно.

Зная мощность в антенне и потребляемую из сети, можно найти коэффициент полезного действия.

$$\eta = \frac{P_a}{P} 100\%.$$

Проверка стабильности частоты

Стабильность частоты — один из главнейших факторов, определяющих качество работы передатчика. Изменение частоты в процессе работы передатчика уменьшает надежность связи, увеличивает помехи радиоприему и сокращает радиообмен.

Нестабильность частоты передатчика может быть вызвана главным образом следующими причинами:

а) непостоянством напряжения источников питания, влекущим за собой изменение режима работы задающего генератора;

б) самопрогревом деталей передатчика (контуров, ламп) и изменением внешней температуры воздуха, в результате чего изменяются геометрические размеры катушек и пластин конденсаторов, что приводит к изменению параметров контура, а следовательно, и частоты генерируемых колебаний;

в) механическими воздействиями на передатчик (тряска или вибрация самолета при полете), при которых может произойти смещение проводов и деталей, вызывающее изменение частоты задающего генератора.

Для самолетных передатчиков максимально допустимое отклонение частоты установлено $\pm 0,3\%$.

При детальном исследовании передатчика определение стабильности частоты производят раздельно по изложенным выше пунктам («а», «б» и «в»), суммируют полученные результаты и получают общую оценку стабильности частоты передатчика от действия различных факторов. Мы ограничимся определением стабильности частоты в передатчике, когда будет одновременно учтено изменение напряжения источников питания, самопрогрев деталей передатчика и влияние внешней температуры.

Стабильность частоты можно определить по схеме, изображенной на рис. 131, где в дополнение к предыдущей схеме включаются: кварцевый калибратор КК-3, КК-4 или КК-5 и измеритель частоты ИЧ-1.

Определение стабильности частоты производится на высшей частоте каждого поддиапазона.

Передатчик включается на нормальное напряжение бортовой сети, переводится в режим телеграфной работы и устанавливается на полную мощность. Через несколько секунд после включения следует подстроить передатчик на нулевые биения с одной из гармоник кварцевого калибратора.

После этого, продолжая слушать в телефон и одновременно наблюдая за ИЧ-1, отмечают изменение частоты через 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 минут после включения передатчика.

При измерении частоты может оказаться, что вначале она будет, например, увеличиваться, а затем уменьшаться. При таком изменении частоты тон биений в телефоне будет вначале повышаться, а затем падать и после перехода через нулевую частоту вновь повышаться.

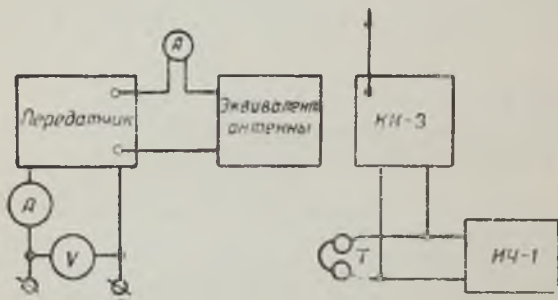


Рис. 131. Схема для определения стабильности частоты передатчика

Уход частоты в данном случае равен сумме показаний частотомера. Если же при изменении частоты тон все время будет повышаться, уход частоты равен показанию частотомера.

Иногда удобнее начинать измерения не с нулевой, а с некоторой частоты биений, слышимой в телефон. Уход частоты в этом случае определяют по разности показаний ИЧ-1.

Если изменение частоты передатчика вызывает постепенное повышение тона биений, то уход частоты будет равен разности двух отсчетов по частотомеру. Если же изменение частоты вызовет переход частоты биений через нуль, то уход частоты будет равен сумме отсчетов по частотомеру.

Знак изменения частоты определяется небольшой расстройкой передатчика перед началом измерения.

Определив изменение частоты через 15 минут после включения передатчика, определяют изменение частоты в процентах, т. е. степень стабильности частоты передатчика.

Стабильность частоты передатчика можно определить при изменении напряжения источников питания, смене ламп и т. п. в том же порядке, как изложено выше. В этих случаях делают два отсчета: определяют стабильность при нормальном питании, а затем изменяют напряжения борсети сначала на $+10\%$, а затем на -10% .

При измерении ухода частоты прибором ИЧ-1 необходимо учитывать недостатки, отмеченные в главе IV.

Проверка градуировки передатчика

Отклонение частоты передатчика от заданной может произойти не только от ухода частоты вследствие ее нестабильности, но и от погрешностей в градуировке и неточности установки лимба по шкале.

Градуировка передатчика главным образом нарушается в процессе эксплуатации или ремонта аппаратуры, а также вследствие механических повреждений, смены ламп и т. д.

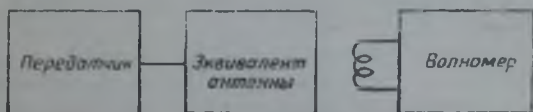


Рис. 132. Схема проверки градуировки передатчика резонансным волномером

Точность установки частоты зависит от толщины линий на шкале делений и визирного приспособления, а также от того, сколько килогерц или фиксированных волн приходится на 1 мм шкалы. При этом чем толще риска деления на шкале и тоньше риска на визирном приспособлении, тем погрешность установки частоты больше.

Точность градуировки проверяют в трех-пяти точках каждого поддиапазона. Чем больше взято точек для проверки градуировки, тем точнее результаты.

Проверка градуировки может производиться резонансным волномером или кварцевым калибратором.

Для проверки градуировки шкалы передатчика резонансным волномером собирается схема, указанная на рис. 132.

Перед началом проверки включается передатчик и настраивается на максимум тока по антенному амперметру или другому индикатору на проверяемой частоте (в телефонном режиме при выключенной модуляции).

На волномере устанавливается катушка, соответствующая заданной частоте, и деление шкалы, определяемое по графику волномера.

Вращая после этого ручку настройки волномера вправо и влево от установленного деления на шкале, определяют по индикатору деление шкалы, соответствующее моменту резонанса.

Связь волномера с передатчиком должна быть такой, чтобы стрелка индикатора отклонялась не более чем на 30—50% всей шкалы.

Отмечая по шкале волномера положение резонанса, нужно найти по графику точное значение частоты. При наличии больших расхождений по частоте нужно составить поправочную таблицу или график к градуировке передатчика.

Точность проверки градуировки волномером не превышает $\pm 0,1\%$, поэтому, если требуется большая точность, проверку производят кварцевым калибратором.

Для проверки градуировки передатчика кварцевым калибратором может быть использована схема, указанная на рис. 131.

Проверка градуировки производится в следующем порядке.

Сначала включаются передатчик и кварцевый калибратор.

После прогрева передатчик настраивается по нулевым биениям на частоту калибратора. При этом калибратор должен быть поставлен на частоту 1 000 или 1 250 кГц в зависимости от типа.

Затем, переключив его на 100 или 125 кГц, нужно снова подстроить передатчик на нулевые биения, определив при этом номер гармоники кварца.

Записав настройку и действительную частоту калибратора, нужно перестраивать передатчик, отмечая нулевые биения через каждые 4 или 5 фиксированных волн. Таким образом, рекомендуется проверить градуировку всей шкалы передатчика.

Для определения знака погрешности градуировки можно поступать так же, как при определении стабильности частоты.

Если частота биений понижается при увеличении частоты передатчика, то поправка записывается со знаком «минус»; если же частота биений понижается при уменьшении частоты передатчика, поправка записывается со знаком «плюс».

Для точного определения поправки в герцах, если отклонение градуировки не превышает нескольких килогерц, может быть использован прибор ИЧ-1. В этом случае передатчик настраивается на заданную частоту диапазона, кратную гармоникам калибратора, а отклонение частоты (высота тона биений) отсчитывается по показанию ИЧ-1.

Точность проверки градуировки кварцевым калибратором лежит в пределах 0,01—0,05%.

По данным градуировочной таблицы строят график поправок.

При работе с кварцевым калибратором необходимо следить за тем, чтобы связь его с передатчиком не была слишком сильной, так как в противном случае можно ошибиться в определении номера гармоник, а следовательно, сделать ошибку в градуировке.

Определение коэффициента модуляции

Радиотелефонная работа передатчика характеризуется коэффициентом модуляции. Чем больше коэффициент модуляции при передаче речи, тем больше дальность радиотелефонной связи при одной и той же чувствительности приемника.

В самолетных передатчиках коэффициент модуляции достигает 60—90%. В процессе эксплуатации и после ремонта передатчика он может измениться, поэтому рекомендуется его проверять.

Проверку или измерение коэффициента модуляции производят измерителями модуляции ИМ-6 и ИМ-8 или электронным осциллографом.

Измерение производится в трех точках каждого поддиапазона (в двух крайних и одной средней).

Для измерения коэффициента модуляции собирается схема (рис. 133), состоящая из испытываемого передатчика, микрофона или ларингофона, эквивалента антенны, модулометра или электронного осциллографа. Процесс измерения модулометром изложен в описании приборов ИМ-6 и ИМ-8.

При измерении коэффициента модуляции электронным осциллографом поступают так: включают передатчик в телефонном режиме и настраивают его на нужную частоту, затем при помощи катушки связи, соединенной с клеммами пластин вертикального отклонения, связывают осциллограф с передатчиком; вертикальный усилитель при этом может быть выключен, а горизонтальный включен для получения развертки.

При произношении перед микрофоном звука, например протяжного «а», на экране осциллографа получится изображение модулированного колебания. Подбирая частоту развертки и синхронизацию, можно получить устойчивое изображение, аналогичное показанному на рис. 70.

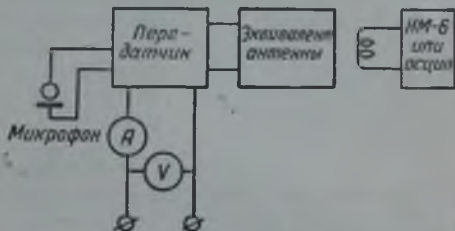


Рис. 133. Схема измерения коэффициента модуляции

Коэффициент модуляции определяется из формулы

$$m = \frac{B-A}{B+A} 100\%.$$

Определение частотной характеристики

Для определения качества радиотелефонной передачи пользуются так называемыми модуляционными характеристиками передатчика, частотными и амплитудными.

Под частотной модуляционной характеристикой передатчика понимается зависимость коэффициента модуляции m от частоты модуляции F при постоянной амплитуде модулирующего напряжения U_m , т. е. зависимость

$$m = f(F) \text{ при } U_m = \text{const.}$$

В идеальном случае эта зависимость выражается прямой линией, параллельной оси абсцисс (рис. 134). В реальных условиях, вследствие неравномерности частотных характеристик микрофона, усилительных каскадов и других причин, действительные характеристики отклоняются от идеальной.

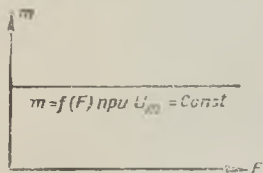


Рис. 134. Идеальная частотная характеристика передатчика

Требования к частотным характеристикам могут быть различны в зависимости от назначения передатчика. Так, для разборчивой передачи речи нет необходимости иметь весь спектр частот, содержа-

щийся в человеческой речи (50—10 000 гц), а достаточно иметь хорошую линейную характеристику в диапазоне частот 300—4 500 гц.

Форма частотной характеристики зависит от искажений в различных каналах передатчика. Так, в низкочастотном канале частотные искажения определяются зависимостью коэффициента усиления от частоты модуляции. В высокочастотном канале эти искажения определяются частотной модуляционной характеристикой.

Для установления причин искажений нужно было бы снимать частотные характеристики каждого канала передатчика в отдельности. На практике, однако, ограничиваются общей частотной характеристикой передатчика.

Степень неравномерности частотной характеристики определяют в процентах или децибелах. Практически эту степень неравномерности относят к средним частотам 800—1 000 гц. В зависимости от целевого назначения передатчика допускается отклонение крайних точек частотной характеристики от средней точки на 10—50% (рис. 135).

В децибелах эта величина может быть найдена из соотношения:

$$20 \lg \frac{m}{m_{\text{ср}}}$$

где m — коэффициент модуляции в крайней точке характеристики;

$m_{\text{ср}}$ — коэффициент модуляции в средней точке (800—1000 гц).

Для снятия частотной модуляционной характеристики выбирается схема, изображенная на рис. 136. В отличие от предыдущей схемы (рис. 133) здесь вместо микрофона модулирующее напряжение подается от звукового генератора ЗГ-2 или 200С. Для контроля напряжения источника модулирующей частоты к выходу звукового генератора присоединяют купроксный вольтметр ИВ-3, шунтированный емкостью 1500—2000 мккф.

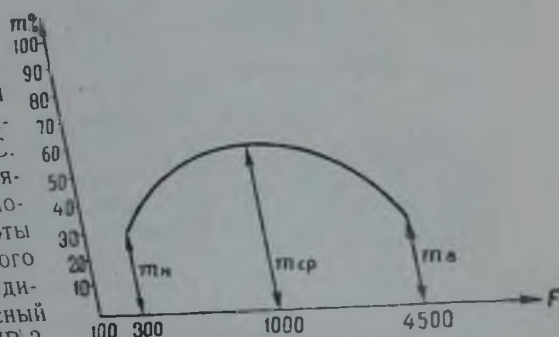


Рис. 135. Практическая частотная характеристика передатчика

Частотная характеристика обычно снимается при одной частоте в средней части каждого поддиапазона.

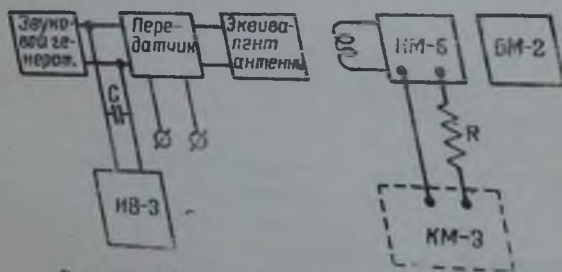


Рис. 136. Схема для снятия частотной и амплитудной характеристик передатчика

При снятии характеристики и измерении коэффициента модуляции нужно: включить передатчик и настроить его на нужную частоту; включить модулометр ИМ-6 и связать его с передатчиком; настроить звуковой генератор на частоту 800—1000 гц. Изменяя напряжение на выходе звукового генера-

тора, нужно установить по модулометру нормальный коэффициент модуляции (50—60%) и отметить величину напряжения на выходе по прибору ИВ-3.

Поддерживая напряжение на входе постоянным и устанавливая частоту звукового генератора 200—300—400—700—1 500—2 000—3 000—4 000—5 000 гц, измеряют при каждой частоте коэффициент модуляции.

Затем по полученным данным нужно построить график и вычислить степень отклонения коэффициента модуляции от его значения, измеренного при 800—1 000 гц в процентах или децибелах. При отсутствии модулометра измерение коэффициента модуляции при различных частотах звукового спектра может быть произведено электронным осциллографом, как было изложено выше.

Определение амплитудной характеристики и клирфактора

Вторым видом модуляционной характеристики является амплитудная. Если частотная характеристика дает возможность оценить работу радиотелефонной передачи с точки зрения неравномерности пропускания всех частот звукового спектра по каналам передатчика, то амплитудная модуляционная характеристика позволяет определить так называемые нелинейные искажения, которые при модуляции характеризуются изменением формы огибающей модулированного колебания. При нелинейных искажениях форма кривой модулирующего напряжения и форма огибающей кривой модулированных колебаний отличаются друг от друга.

Нелинейные искажения оцениваются клирфактором, представляющим собой отношение квадратного корня из суммы квадратов напряжений всех гармоник (кроме первой) к напряжению основной частоты, т. е.

$$K_f = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}}{U_1} 100\%.$$

Допустимое значение клирфактора для самолетных передатчиков, работающих в телефонном режиме, устанавливается 10—15% при коэффициенте модуляции 70—80% и частоте модуляции 800—1 000 гц.

Амплитудная модуляционная характеристика передатчика выражает зависимость коэффициента модуляции m от амплитуды модулирующего напряжения U_m при постоянной частоте модуляции F , т. е.

$$m = f(U_m) \text{ при } F = \text{const.}$$

Обычно частота F берется в средней части звукового спектра равной 800—1 000 гц.

Идеальная форма амплитудной характеристики выражается прямой линией, расположенной под некоторым углом к оси абсцисс (рис. 137).

Ввиду нелинейности характеристик ламп (усилительных, модуляторных, генераторных), прямая пропорциональность между коэффициентом модуляции и амплитудой модулирующего напряжения будет отсутствовать.

Амплитудная модуляционная характеристика радиотелефонного передатчика, по степени отклонения ее от прямой линии, позволяет судить о наличии нелинейных искажений и дает возможность определить предельное (допустимое) значение коэффициента модуляции, при котором еще возможна качественная работа передатчика.

Здесь, так же как и в предыдущем случае, для выяснения причин искривления амплитудной характеристики можно исследовать отдельно низкочастотный и высокочастотный каналы передатчика. Обычно же ограничиваются снятием амплитудной характеристики всего передатчика в целом.

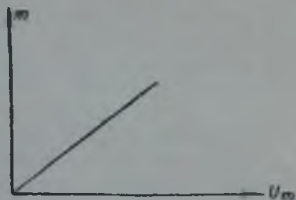


Рис. 137. Идеальная амплитудная характеристика передатчика $m = f(U_m)$ при $F = \text{const}$

Для снятия амплитудной модуляционной характеристики используется схема, изображенная на рис. 136.

Амплитудная характеристика снимается в одной точке каждого поддиапазона при частоте модуляции 800—1 000 гц. Для этого нужно включить передатчик и настроить его на определенную частоту поддиапазона, звуковой генератор настроить на частоту 800—1 000 гц.

Последовательно изменяя величину модулирующего напряжения (от 0,1 в и выше), по прибору ИМ-6 определяют коэффициент модуляции. Измерение коэффициента модуляции можно производить до значения, равного 85—90%, или до прекращения прироста коэффициента модуляции.

По данным измерений рекомендуется построить график зависимости коэффициента модуляции от величины модулирующего напряжения.

Амплитудная характеристика позволяет оценить качество радиотелефонного передатчика, но не дает возможности количественно определить величину клирфактора (коэффициента нелинейных искажений).

Для измерения клирфактора используют ту же схему, изображенную на рис. 136, с добавлением клирфактормессера КМ-3 (изображен пунктиром). Клирфактормессер присоединяется к выходным клеммам ИМ-6 обычно через сопротивление R порядка 5 000—10 000 ом.

При измерении клирфактора включают и настраивают передатчик, затем подают напряжение модуляции и измеряют коэффициент модуляции, далее устанавливают лимб потенциометра ИМ-6 на 100% (доотказа) и измеряют клирфактор.

Испытания на тряску и вибрацию

Для полного испытания передатчика после капитального ремонта необходимо произвести еще испытание на тряску и на вибрацию.

Испытание на тряску производится на специальной установке «трясучке» с амплитудой колебания 3 мм при 900 толчках в минуту. Передатчик закрепляется в обжимках с прокладками, состоящими из слоя пористой резины. Испытание без ламп производится в течение часа. Минут за десять до окончания испытания на тряску вставляются лампы, проверяется отдача передатчика и прослушивается его работа в телефонном и телеграфном режимах на приемник. Главное внимание при этом обращается на устойчивость тона телеграфных сигналов, разборчивость речи при телефонной работе, на треск, возникающий из-за ослабевших креплений деталей или монтажа, и на нарушение градуировки.

Испытание на вибрацию производится на вибрационной установке с амплитудой колебания 0,1—0,3 мм и частотой от 35 до 75 гц. Испытание производят при работе передатчика в телефонном и телеграфном режимах и при полной мощности. Работу передатчика прослушивают на обычный приемник, отмечают устойчивость его работы, дробление сигнала при телеграфной работе и разборчивость речи, после чего рекомендуется проверить отдачу и градуировку передатчика.

В полевых условиях или при установке передатчиков на самолетах большинство изложенных выше пунктов испытания можно произвести, используя переносную установку комплекта АИРЛ.

Комплект АИРЛ позволяет произвести следующие испытания передатчика:

- 1) проверить потребление энергии и режим работы ламп;
- 2) проверить градуировку передатчика и определить величину расстройки;
- 3) проверить стабильность частоты;
- 4) определить коэффициент модуляции;
- 5) проверить качество телефонной работы прослушиванием на приемник или АДП-1.

Проверка этих данных вполне характеризует работу передатчика, и ими можно ограничиться при среднем ремонте.

Глава XIII

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАДИОПРИЕМНИКОВ

Качество работы приемника и его соответствие техническим условиям определяются следующими показателями: чувствительностью и уровнем шумов, избирательностью, устойчивостью настройки и точностью градуировки, качеством воспроизведения (частотными и нелинейными искажениями), автоматическим регулированием чувствительности, потребляемой мощностью, режимом работы ламп, механической и электрической прочностью.

Испытание приемника по его качественным показателям начинают обычно с проверки ламп и их режима.

Проверка ламп на эмиссию, на обрыв и короткие замыкания электродов производится при помощи приборов ИЛ-3 и ИЛ-9.

Проверка режима ламп сводится к измерению напряжения в цепи накала, в анодных и сеточных цепях. Измерение производят вольтметрами типа ВАМ-1, ДВИ, 2МП и др. или тестером-анализатором ТА-4 и аналогичными ему приборами.

При измерении постоянных напряжений на электродах ламп главное внимание нужно обращать на учет влияния падения напряжения в поглочительных сопротивлениях, защитных и развязывающих фильтрах, делителях напряжений и других элементах схемы. В этих случаях необходимо брать вольтметр с большим сопротивлением, а еще лучше употреблять электростатические вольтметры.

Измерение напряжения смещения на управляющей сетке необходимо производить вольтметрами, не потребляющими мощности при измерении, например электростатическими. Это особенно необходимо при измерениях в цепях, в которых сеточное смещение получается за счет сеточных токов, протекающих через большие сопротивления, находящиеся в цепях сеток.

Проверка чувствительности и уровня шумов приемника

Чувствительность приемника является одним из основных его показателей, определяющих дальность и надежность радиосвязи.

Обычно чувствительность определяют по величине электродвижущей силы, действующей на входе приемника (в антенне), которая необходима для получения нормальной мощности или напряжения на выходе данного типа приемника.

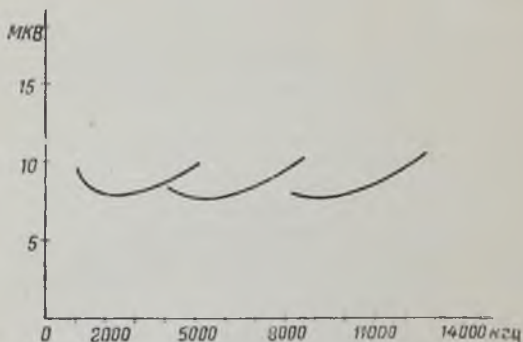


Рис. 138. Примерный график изменения чувствительности приемника по диапазону

Чувствительность измеряется в телеграфном и телефонном режимах и выражается в милливольтках.

Нормальной нагрузкой для авиационных приемников является сопротивление 4 000 ом.

Измерение чувствительности в телефонном режиме производится при нормальной частоте 400 гц и нормальном коэффициенте модуляции 30%.

Нормальное выходное напряжение или мощность указываются обычно в технических данных на то или иное приемное устройство.

Так как чувствительность приемника не является величиной постоянной, а зависит от частоты принимаемого сигнала, то измерение чувствительности производят обычно в трех или пяти точках каждого поддиапазона.

Зависимость чувствительности от принимаемой частоты выражают графиком (рис. 138), где по оси абсцисс откладывается частота в килогерцах, а по оси ординат — чувстви-

тельность в микровольтах. Для всего диапазона эта зависимость выражается несколькими кривыми, соответствующими отдельным поддиапазнам.

Работа каждого приемника характеризуется еще наличием внутренних шумов приемника, вызываемых собственными шумами ламп, несовершенством контактов, плохим качеством сопротивлений и т. п. Уровень этих шумов может быть настолько большим, что будет заглушать прием слабых сигналов.

Перед тем, как производить испытание приемника на чувствительность, нужно путем прослушивания убедиться в том, что уровень собственных шумов не выходит за пределы допустимых.

В реальных условиях работы приемника к собственным шумам всегда прибавляются еще шумы, вызываемые внешними помехами.



Рис. 139. Схема включения приборов для измерения чувствительности приемника

Оценка приемника по чувствительности и уровню шумов определяется следующими величинами:

- а) чувствительностью в телефонном режиме;
- б) чувствительностью в телеграфном режиме;
- в) собственными шумами приемника в телефонном и телеграфном режимах;
- г) уровнем шумов в телефонном режиме при наличии приема одной несущей частоты (в паузах);
- д) чувствительностью приемника при заданном отношении полезного сигнала к собственному шуму приемника;
- е) изменением чувствительности при изменении напряжения источников питания и смене ламп.

Для испытания чувствительности приемника собирается схема, изображенная на рис. 139, где: С — конденсатор емкостью 75—80 мкмкф или эквивалент антенны, ИВ-3 — купроксный вольтметр (измеритель выхода), ГСС — генератор стандартных сигналов (ГСС-3, ГС-3 или ГСС-6).

Рекомендуется следующий порядок измерения:

- 1) за 30 минут до начала измерения включить генератор стандартных сигналов и установить коэффициент модуляции, равный 30% при частоте модуляции 400 гц;

2) установить на испытываемом приемнике ручной регулятор громкости в положение максимальной слышимости и выключить АРГ;

3) установить на генераторе стандартных сигналов нужную частоту и через емкость 75 мкмкф или эквивалент антенны подать напряжение на вход приемника;

4) включить приемник и точно настроить его на частоту генератора по максимальному звуку модулирующего сигнала или по наибольшему отклонению стрелки прибора ИВ-3;

5) изменяя напряжение на выходе генератора, установить на выходе приемника напряжение 15 или 30 в в зависимости от типа приемника;

6) полученное значение напряжения на выходе генератора (входе приемника) характеризует чувствительность приемника в телефонном режиме;

7) не изменяя настройки приемника, выключить модуляцию и отметить показания ИВ-3 (эта величина будет характеризовать напряжение шума при приеме несущей частоты);

8) включить второй гетеродин и подстроить приемник до получения наибольшей слышимости тона биений или наибольшего напряжения на выходе;

9) подать на вход приемника такое напряжение, чтобы напряжение на выходе было равно 15 или 30 в (полученная величина напряжения на входе приемника определяет чувствительность его в телеграфном режиме);

10) отключить приемник от генератора стандартных сигналов, замкнуть входные клеммы приемника накоротко и отметить показание ИВ-3 (полученная величина характеризует собственные шумы приемника в телеграфном режиме);

11) собственные шумы приемника в телефонном режиме определяются так же, но при выключенном втором гетеродине.

Результаты измерений, проведенных на всех точках каждого поддиапазона, заносят в приводимую ниже таблицу, строят графики, а затем сверяют эти результаты с техническими данными приемника.

Тип приемника	Частота настройки в кГц	Чувствительность в мкв		Шумы в в		
		в телеграфном режиме	в телефонном режиме	в телеграфном режиме	в телефонном режиме	с несущей частотой

Измерение чувствительности при заданном отношении полезного сигнала к шуму осуществляется по той же схеме и с теми же приборами.

При измерении нужно:

1) подать на вход приемника модулированное напряжение, соответствующее нормальному выходному;

2) выключить модуляцию и отметить напряжение шума по прибору ИВ-3;

3) определить отношение напряжения выхода к напряжению шума, и если оно меньше трех, то ручкой регулировки громкости уменьшить чувствительность приемника до получения напряжения шума в три раза меньше нормального напряжения выхода;

4) включить модуляцию и, изменяя напряжение на входе приемника, установить нормальное выходное напряжение;

5) повторяя измерение два или три раза (для получения большей точности), определить значение чувствительности приемника при отношении сигнала к шуму, равном трем.

Чтобы установить зависимость чувствительности от изменения напряжения источников питания и смены ламп, измерения чувствительности повторяются при изменении напряжения питания на $\pm 10\%$ и при смене комплекта ламп.

Проверка избирательности приемника

Избирательностью или селективностью называется способность приемника выделять сигналы принимаемой станции из всех других сигналов и помех, воздействующих на его антенну.

Избирательность является очень важным свойством приемника.

Оценка избирательности приемника производится по так называемой «кривой избирательности».

На рис. 140 приведена примерная форма кривой избирательности, на которой по оси абсцисс откладывается частота расстройки генератора относительно частоты настройки приемника, а по оси ординат — отношение напряжения U при частоте расстройки к напряжению $U_{\text{вхр}}$ при частоте настройки. Это отношение $\frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вхр}}}$ откладывается в логарифмическом масштабе.

Для получения кривой избирательности на вход приемника подают напряжение от генератора сигналов, частота которого изменяется в обе стороны от резонансной частоты f_p на величину $+\Delta F$ и $-\Delta F$. Напряжение на выходе приемника при изменении частоты поддерживают постоянным, для чего при расстройке увеличивают напряжение, подаваемое на вход приемника.

Обычно кривая избирательности снимается до величины отношения $\frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вхр}}} = 1000$ при постоянном напряжении на выходе приемника (15 или 30 в).

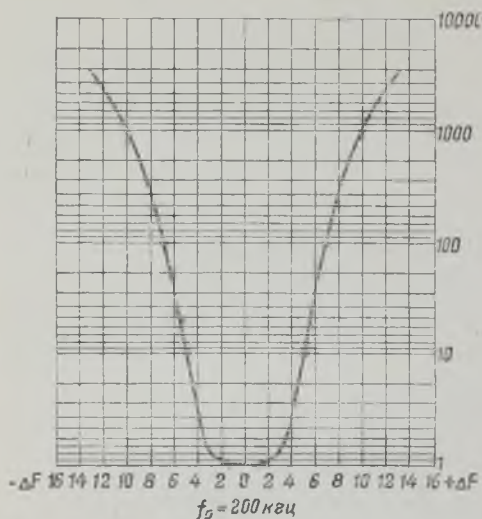


Рис. 140. Примерная кривая избирательности приемника

Избирательность можно определить и по обычной резонансной характеристике приемника, т. е. по зависимости $U_{\text{вых}}$ от частоты при постоянном напряжении $U_{\text{вх}}$ ($U_{\text{вых}} = \varphi(f)$ при $U_{\text{вх}} = \text{const}$ (рис. 141)). Вычисляя из полученной кривой отношение $\frac{U_{\text{вхр}}}{U_{\text{вых}}}$ при заданной частоте расстройки, получим число, характеризующее избирательность приемника.

Однако в этом случае усиление при-

емника будет меняться не только благодаря резонансным свойствам усилителя высокой частоты, но и благодаря изменению режима работы детектора и усилителя низкой частоты. При таком измерении можно получить завышенную избирательность. Поэтому оценку избирательности производят по кривой избирательности, поддерживая постоянным напряжение выхода, а следовательно, и режим работы детектора. Изменение же коэффициента усиления происходит благодаря резонансным свойствам каскадов высокой частоты.

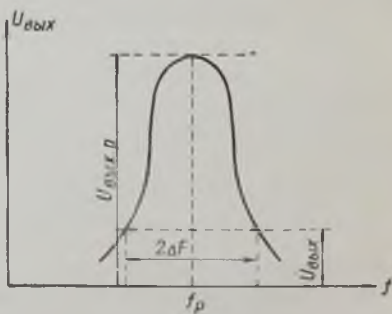


Рис. 141. Обычный вид резонансной характеристики приемника

Помимо общей избирательности для приемников супергетеродинного типа нужно знать избирательность усилителя

промежуточной частоты. Поэтому в ряде случаев снимается еще и кривая избирательности по промежуточной частоте.

Одним из недостатков приемников супергетеродинного типа являются помехи по зеркальному каналу, особенно при пониженной промежуточной частоте и плохой избирательности усилителя высокой частоты (преселектора). При незначительной преселекции сигнал, частота которого близка к промежуточной или к частоте зеркального канала, «просачиваясь» через усилитель высокой частоты, может создать на выходе сильные помехи приему.

Преселекция оценивается коэффициентом «просачивания» промежуточной частоты, показывающим, насколько входное напряжение мешающего сигнала должно быть больше сигнала принимаемой станции при получении нормального напряжения на выходе.

Избирательность определяется на самой низкой частоте каждого поддиапазона, что объясняется удобством отсчета малых расстроек по частоте на генераторе сигналов, и, с другой стороны, при меньших частотах на ширину резонансной кривой влияют контуры усилителя промежуточной частоты.

Для снятия кривой избирательности пользуются схемой, изображенной на рис. 139.

Измерения производятся при нормальной модуляции в телефонном режиме (если нет специальных указаний).

Для измерения удобно использовать прибор ГСС-3, так как он имеет приспособление для отсчета малых изменений частоты. Перед настройкой генератора лимб «изменение частоты» устанавливается на нуль, а при измерении вращением его изменяют частоту в сторону увеличения или уменьшения на величину ΔF . Цена деления лимба в герцах указана в таблицах градуировки прибора.

Измерение производится в следующем порядке:

- 1) настроить ГСС-3 точно на частоту приемника;
- 2) ручкой «делитель» или «множитель» установить нормальное напряжение на выходе приемника $U_{\text{вых}}$;
- 3) записать значение чувствительности (входное напряжение) приемника ($U_{\text{вх}}$) и значение частоты;
- 4) увеличить напряжение на входе приемника в два раза;
- 5) путем расстройки генератора поворотом ручки «изменение частоты» (вправо и влево) опять установить нормальное напряжение на выходе приемника, записав при этом деления на шкале «изменение частоты»;
- 6) увеличить входное напряжение в 10 раз;
- 7) снова произвести расстройку генератора до установления нормального напряжения на выходе приемника и записать деление шкалы «изменение частоты»;

8) увеличить в 100 раз входное напряжение и проделать те же операции с расстройкой;

9) увеличить в 1 000 раз входное напряжение и снова повторить расстройку генератора;

10) полученные значения делений шкалы «изменение частоты» перевести по таблицам в значение частоты расстройки $+\Delta F$ и $-\Delta F$ и построить график кривой избирательности, в котором по оси абсцисс отложить расстройку $+\Delta F$ и $-\Delta F$, а по оси ординат — отношения $\frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вхр}}}$ в логарифмическом масштабе (рис. 140).

Данные измерений для построения графика удобно свести в таблицу.

Частота на- строй- ки в кГц	$U_{\text{вх}}$ в в	Расстройка генератора в .ц										Примечание
		$+\Delta F$					$-\Delta F$					
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
200	$U_{\text{вхр}} = 45 \text{ мкВ}$ $\frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вхр}}}$	0 3 600	5 400	7 200	10 000		0 3 600	5 400	7 200	10 000		$U_{\text{вых}} = 15 \text{ в}$ $m = 300\%$ $F = 400 \text{ гц}$

Например, нужно определить избирательность и полосу пропускания приемника на частоте 200 кГц.

Для этого на приемнике устанавливаем частоту 200 кГц и настраиваем генератор стандартных сигналов ГСС-3 в резонанс с его частотой, делителем напряжения генератора устанавливаем по вольтметру ИВ-3 на выходе приемника напряжение, равное 15 в, и отмечаем при этом полученную чувствительность приемника (предположим, что она равна 45 мкВ). Затем увеличиваем выходное напряжение генератора вдвое, т. е. делителем напряжения устанавливаем на выходе 90 мкВ, при этом напряжение выхода возрастает. Расстраивая генератор поворотом ручки «изменение настройки» вправо до получения напряжения на выходе приемника 15 в, замечаем число делений, на которое пришлось изменить настройку по шкале «изменение настройки», и по графикам, приложенным к генератору, определяем частоту расстройки в кГц. Допустим, что она равна 3 600 гц. Повторяем это же измерение при повороте ручки «изменение настройки» влево

и устанавливаем на выходе приемника 15 в, замечаем число делений по шкале «изменение настройки», а по графику определяем частоту расстройки в гц. Допустим, что она также равна 3600 гц.

Далее увеличиваем выходное напряжение генератора в десять раз, т. е. при помощи делителя напряжения устанавливаем 450 мкв. Расстраивая генератор стандартных сигналов сначала в сторону увеличения, а затем в сторону уменьшения частоты до получения 15 в на выходе приемника, отмечаем число делений по шкале «изменение настройки» и определяем по графику расстройку в герцах.

Проделав те же измерения при увеличении выходного напряжения в 100 раз, т. е. установив на входе приемника напряжение 4500 мкв, и в 1000 раз, т. е. установив на выходе приемника 45000 мкв, определяем расстройку в герцах. Полученные результаты заносим в приведенную выше таблицу, а затем строим график избирательности (рис. 140). Полоса пропускания приемника определяется величиной расстройки генератора в ту и другую сторону от резонансной, выраженной в герцах, при увеличении выходного напряжения генератора вдвое. В нашем примере полоса пропускания приемника равна $3600 + 3600 = 7200$ гц.

Для измерения избирательности на промежуточной частоте провод, идущий от генератора сигналов, присоединяют к сетке смесительной лампы, настраивают генератор на промежуточную частоту и выполняют все операции по снятию кривой избирательности (пп. 2—10). Данные измерений заносят в ту же таблицу и строят кривую избирательности по промежуточной частоте.

Избирательность по второму каналу и измерение «просачивания» промежуточной частоты производят по той же схеме, как и измерение чувствительности и избирательности.

Для этого генератор настраивают на частоту, равную сумме частоты настройки приемника и удвоенной промежуточной $f_m = f_c + 2f_{пр}$, и увеличивают напряжение на входе приемника в 1000 или более раз до получения на выходе нормального напряжения. Полученное значение напряжения на входе приемника определит чувствительность приемника по второму каналу.

Отношение чувствительности по второму каналу, выраженное в микровольтах, к чувствительности приемника по основной настройке даст величину избирательности по второму каналу.

Для определения «просачивания» по промежуточной частоте настраивают ГСС-3 на промежуточную частоту $f_{пр}$. Увеличивают напряжение на входе до нормального напряжения на выходе приемника (при выбранной частоте на-

стройки приемника). Полученное значение напряжения на входе приемника определит величину чувствительности при частоте сигнала (помехи), равной промежуточной.

Отношение этой чувствительности, выраженной в микровольтах, к чувствительности приемника по основной настройке дает избирательность по промежуточной частоте.

Проверка устойчивости частоты настройки приемников

Устойчивость (стабильность) частоты настройки приемника играет существенную роль при работе с прибором, освобождая оператора от постоянной подстройки приемника, что особенно важно для самолетных приемников.

Устойчивость настройки супергетеродинного типа приемников определяется в основном устойчивостью частоты первого гетеродина. На устойчивость частоты первого гетеродина влияют: изменение температуры деталей контуров и ламп при их работе, изменение параметров ламп при их старении, а также при смене, изменение режима питания ламп и другие причины.

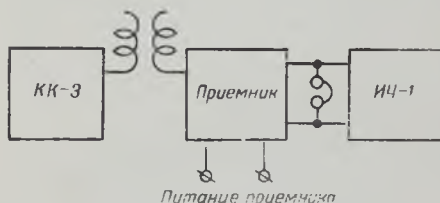


Рис. 142. Схема измерения стабильности частоты настройки приемника в телеграфном режиме

В телеграфном режиме, при приеме незатухающих колебаний, уход частоты второго гетеродина выражается в изменении тона при приеме станции, поэтому определение стабильности частоты производится как в телефонном, так и в телеграфном режимах приемника. В первом случае устойчивость зависит главным образом от стабильности частоты первого гетеродина, во втором случае — от стабильности частоты как первого, так и второго гетеродинов.

Устойчивость определяется обычно на самой высокой частоте диапазона.

Для определения устойчивости настройки приемника в телеграфном режиме собирается схема (рис. 142), состоящая из кварцевого калибратора КК-3 или калибратора другого типа, испытываемого приемника, измерителя частоты ИЧ-1 и стабильных источников питания этих приборов.

Рекомендуется следующий порядок работы:

1) за 10—15 минут до начала измерений включить кварцевый калибратор;

2) по нулевым биениям настроить приемник на одну из гармоник кварцевого калибратора, частота которой лежит вблизи выбранной для измерения, после чего приемник выключить для охлаждения;

3) вновь включить приемник и быстро подстроить его, если частота настройки изменилась;

4) примерно через 1, 2, 5, 10, 15 и т. д. минут после включения приемника записывать изменения частоты настройки по показаниям ИЧ-1.

Измерения производят до тех пор, пока не прекратится изменение частоты.

Для определения знака изменения частоты расстраивают приемник и наблюдают за показаниями прибора ИЧ-1.

Если при расстройке приемника в сторону низких частот показания ИЧ-1 уменьшаются, то частота настройки изменилась в сторону высоких частот; если при расстройке приемника в сторону высоких частот показания ИЧ-1 уменьшаются, то частота настройки изменилась в сторону низких частот.

Результаты измерений заносятся в приведенную ниже таблицу и сравниваются с техническими данными приемника.

Частота настройки f в кГц	Изменение частоты							Изменение частоты в проц.
	$(\Delta f$ в кГц) за время в минутах							
	1	2	5	15	20	25	30	

Для определения устойчивости частоты в телефонном режиме собирается схема (рис. 143), состоящая из тех же приборов, как и выше, с добавлением генератора сигналов ГСС-3 или ГС-3.

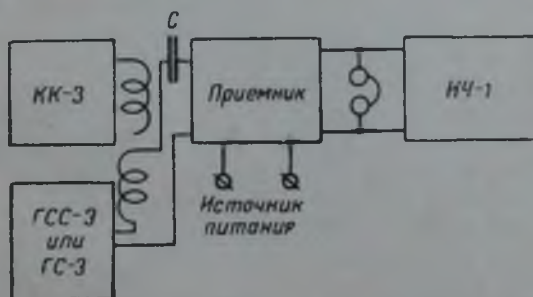


Рис. 143. Схема измерения стабильности частоты приемника в телефонном режиме

Порядок работы следующий:

1) за 30 минут до начала измерений включить приборы ГСС-3 и КК-3;

2) подать на вход приемника или усилителя промежуточной частоты модулированные колебания от генератора сигналов и настроить генератор на промежуточную частоту по наибольшей громкости в телефонах приемника, а затем выключить модуляцию;

3) настроить приемник по нулевым биениям на ближайшую гармонику кварцевого калибратора, частота которой находится в диапазоне самых высоких частот приемника, а затем выключить и охладить приемник;

4) вновь включить приемник и быстро подстроить его, если частота настройки изменилась;

5) через указанные выше промежутки времени записывать результаты изменения частоты настройки приемника и заносить их в ту же таблицу.

Определение стабильности частоты от изменения режима питания или смены ламп производится так, как изложено выше.

Проверка градуировки приемника

Точность градуировки приемника имеет существенное значение для правильной эксплуатации и обеспечения надежной связи. Во всех сомнительных случаях, а также после небольшого ремонта и смены ламп необходимо проверять градуировку приемника и в случае расхождения составлять поправочную таблицу.

Градуировка проверяется в трех точках каждого поддиапазона. При необходимости число проверяемых точек может быть увеличено.

Более точно проверить градуировку приемника можно гетеродинными волномерами, стабилизированными кварцем и кварцевыми калибраторами. Можно проверить градуировку и резонансным волномером, например типа КВ-5, но при этом требуется источник высокочастотных колебаний в виде радиостанции или вспомогательного генератора.

Для проверки градуировки пригодны все типы кварцевых калибраторов, начиная с КК-1 и кончая КК-5. Необходимо лишь учитывать спектр гармоник при выборе калибратора.

В качестве гетеродинных волномеров для проверки градуировки пользуются генераторами сигналов ГСС-3 или ГС-3, а также волномерами, имеющими опорные точки, стабилизированные кварцем.

При пользовании ГСС-3 или ГС-3 для повышения точности составляются для них таблицы поправок, определяемые кварцевым калибратором.

Для проверки градуировки гетеродинным волномером пригодна схема, изображенная на рис. 139.

Рекомендуется следующий порядок измерения:

1) за 20 минут до начала измерения включить прибор ГСС-3 или ГС-3;

2) включить приемник, установить нормальное напряжение питания и в течение 10—15 минут прогреть его;

3) настроить приемник на нужный номер фиксированной волны или частоты проверяемой точки поддиапазона и перевести приемник в телеграфный режим;

4) слушая в телефон или наблюдая за показаниями измерителя выхода ИВ-3, настроить ГСС-3 или ГС-3 в резонанс с приемником по нулевым биениям (модуляция в приборе ГСС-3 или ГС-3 должна быть выключена);

5) отметить деление по шкале генератора и номер катушки, а затем по графикам и поправочным таблицам определить истинное значение частоты для данной настройки приемника.

Для следующих точек диапазона измерение повторяется в том же порядке.

При больших расхождениях в градуировке составить поправочную таблицу градуировки приемника.

Результаты измерений заносятся в приводимую ниже таблицу.

Тип приемника	Частота настройки в кГц	Истинная частота в кГц	Расхождение Δf	Расхождение в проц.

Градуировка приемника кварцевым калибратором проверяется по схеме, изображенной на рис. 144, где может быть использован кварцевый калибратор любого типа от КК-1 до КК-5.

Проверка градуировки производится в телеграфном режиме, т. е. при включенном втором гетеродине.

Порядок работы такой же, как при описании кварцевого калибратора КК-3.

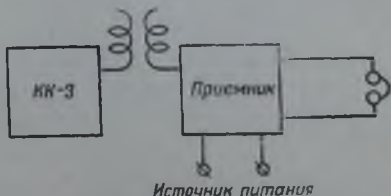


Рис. 144. Схема для проверки градуировки приемника

Во всех элементах радиопередачи от микрофона на передающей радиостанции до телефона в приемнике возникают искажения, ухудшающие качество воспроизведения передачи.

Искажения подразделяются на частотные, связанные с неравномерностью усиления амплитуд разных частот (влияние емкостей, индуктивностей в цепях приемника); нелинейные, возникающие вследствие нелинейности характеристик ламп и других цепей приемника (трансформаторы, дрос-

сели), обуславливающих появление ряда дополнительных частот; фазовые, вызывающие изменения фазовых соотношений между принимаемым сигналом и сигналом, воспроизводимым на выходе. На слуховом восприятии фазовые искажения не сказываются.

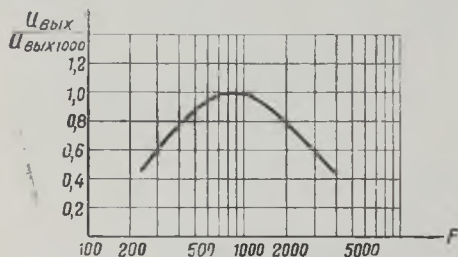


Рис. 145. Частотная характеристика приемника

Качество воспроизведения оценивается частотной характеристикой и коэффициентом нелинейных искажений приемника. Чем равномернее частотная характеристика и меньше коэффициент нелинейных искажений, тем лучше качество воспроизведения.

Частотная характеристика выражает собой зависимость напряжения на выходе приемника от частоты модуляции принимаемого сигнала при постоянной амплитуде и глубине модуляции, т. е. $U_{\text{вых}} = f(F)$ при $U_{\text{вх}} = \text{const}$ и $m = \text{const}$

Частотную характеристику изображают в виде кривой, при построении которой отношение $U_{\text{вых}}$ к напряжению $U_{\text{вых}1000}$ (при частоте 1 000 гц) откладывается в линейном масштабе по оси ординат, а частота модуляции — в логарифмическом масштабе по оси абсцисс. Примерная кривая частотной характеристики изображена на рис. 145.

Оценку частотных искажений иногда производят в децибелах, представляющих собой величину $20 \lg \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вых}1000}}$, которую откладывают по оси ординат.

Нелинейные искажения оцениваются клирфактором, который определяется отношением квадратного корня из суммы

квадратов напряжений гармоник, начиная со второй, к напряжению основной частоты.

$$K_f = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2}}{U_1} + \dots 100\%.$$

Величина клирфактора для самолетных приемников не должна превышать 10—15%.

Для снятия частотной характеристики приемника собирается схема (рис. 146), состоящая из генератора стандартных сигналов ГСС-3, звукового генератора типа 70 или ЗГ-2, измерителя выхода ИВ-3, испытываемого приемника и необходимых источников питания. Частотная характеристика снимается на какой-нибудь одной частоте диапазона приемника.

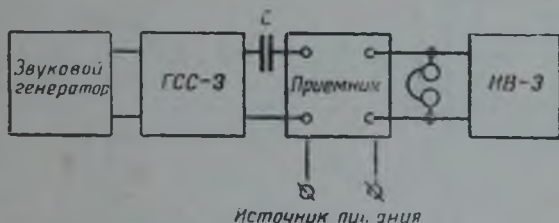


Рис. 146. Схема для снятия частотной характеристики приемника

При частоте модуляции 400 гц и коэффициенте модуляции $m = 30\%$ генератор сигналов настраивают на выбранную частоту приемника по максимальной слышимости сигнала на выходе или по показанию прибора ИВ-3.

При помощи ручного регулятора громкости (РРГ) устанавливают отношение сигнала к шуму, которое должно быть не менее трех при нормальном выходном напряжении.

Затем переключают генератор ГСС-3 на внешнюю модуляцию и от звукового генератора подают модулирующее напряжение с частотами 100, 200, 300, 500, 700, 1 000, 2 000, 3 000, 5 000, 10 000 гц. При изменении частоты звукового генератора регулировкой генератора ГСС-3 устанавливают коэффициент модуляции, равный 30%, и записывают значения напряжения на выходе. Результаты измерения заносятся в приводимую ниже таблицу и по данным таблицы строится график частотной характеристики.

Тип приемника	Частота настройки f в кГц	Напряжение на выходе в в для частоты									
		100	200	300	500	700	1 000	2 000	3 000	5 000	10 000

Определение коэффициента нелинейных искажений производят по схеме, изображенной на рис. 147, в которой используются генератор сигналов ГСС-3, звуковой генератор типа 70, ЗГ-2 или 200 С, клирфактормессер КМ-3, измеритель выхода ИВ-3, испытываемый приемник и источники питания.

Клирфактор определяется при частотах модуляции 400 и 800—1 000 гц.

На вход усилителя промежуточной частоты через емкость 2 000—4 000 мкмкф от ГСС-3 подается напряжение, частота которого равна промежуточной и которое промодулировано частотой 400 гц, а на выходе приемника по ИВ-3 устанавливается нормальное напряжение.

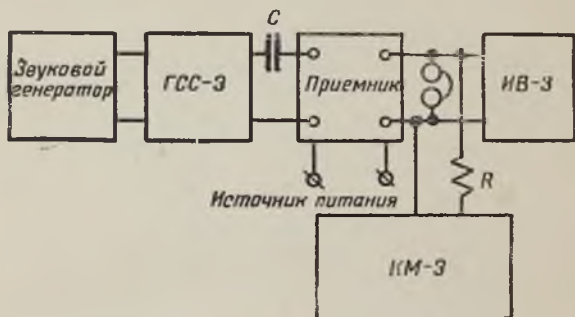


Рис. 147. Схема для определения коэффициента нелинейных искажений

Параллельно выходу приемника включаются телефон и клирфактормессер КМ-3, последовательно с входом которого включается сопротивление, равное 8 000—10 000 ом, для того чтобы не внести добавочных искажений из-за перегрузки приемника.

Измерение коэффициента нелинейных искажений производится согласно инструкции к прибору КМ-3.

Результаты измерений заносят в таблицу.

Тип приемника	Частота настройки f в кгц	Напряжение на входе $U_{вх}$ в в	Клирфактор в проц. при частоте модуляции	
			400 гц	800—1000 гц

Проверка автоматической регулировки чувствительности

Автоматической регулировкой чувствительности снабжаются приемники, условия работы которых протекают в сильно изменяющихся электромагнитных полях. Наличие АРЧ освобождает оператора от обязанности поддерживать на одном уровне громкость сигнала.

Особенность приемников, снабженных АРЧ, состоит в их амплитудной характеристике, которая представляет собой зависимость напряжения на выходе приемника от напряжения сигнала на входе, т. е. $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$. При малых напряжениях входа, когда еще не действует АРЧ, кривая амплитудной характеристики

круто поднимается вверх. При больших амплитудах сигнала она становится более полой. В идеальном случае при больших входных напряжениях выходное напряжение приемника должно оставаться постоянным.

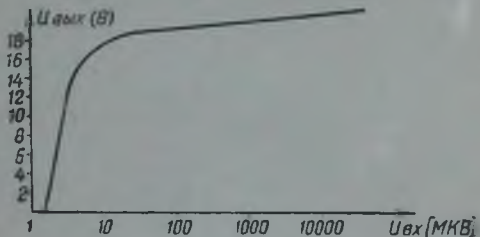


Рис. 148. Амплитудная характеристика приемника

Следовательно, оценка степени АРЧ определяется верхним участком кривой и порогом начала действия регулировки, т. е. минимально необходимым для работы АРЧ напряжением сигнала. В технических условиях степень регулировки оценивается числом, показывающим, во сколько раз изменяется напряжение на выходе при изменении входного напряжения в 10 000 раз.

Исследование АРЧ сводится к снятию амплитудной характеристики, т. е. к зависимости выходного напряжения от напряжения сигнала на входе приемника. Примерный вид амплитудной характеристики изображен на рис. 148.

Амплитудная характеристика приемника снимается при одной частоте на каждом поддиапазоне в телефонном режиме при включенной АРЧ.

Для снятия амплитудной характеристики используется схема, помещенная на рис. 139.

Порядок работы следующий:

- 1) на вход приемника подается напряжение с нормальным коэффициентом модуляции 30% и частотой модуляции 400 гц;
- 2) генератор ГСС-3 или ГС-3 настраивается на выбранную частоту по наибольшему напряжению на выходе приемника и при помощи РРГ устанавливается отношение силы сигнала к шуму, которое при нормальном выходном напряжении должно быть не менее трех;

3) ручкой генератора сигналов «множитель» и «делитель» устанавливается входное напряжение, равное 5, 10, 15, 25, 50, 100, 500, 1 000, 5 000, 10 000 мкв, и по показаниям прибора ИВ-3 записываются значения напряжения на выходе.

Данные измерений заносятся в таблицу

Тип приемника	Частота настройки в кГц	$U_{вх}$ в мкв	5	10	15	25	50	100	500	1000	5 000	10 000
		$U_{вых}$ в в										

и по ним строится амплитудная характеристика. По оси абсцисс откладываются значения $U_{вх}$ в логарифмическом масштабе в микровольтах, а по оси ординат — значения $U_{вых}$ в линейном масштабе в вольтах.

Испытание ручной регулировки громкости РРГ сводится к снятию зависимости выходного напряжения от угла поворота регулятора громкости или от числа делений шкалы РРГ. При отсутствии шкалы на ручке РРГ последняя снабжается на время испытания стрелкой и условной шкалой с делениями.

Испытание производится так же, как указано выше.

На вход приемника от генератора сигналов подается напряжение, равное 1 мв, ручка регулировки громкости устанавливается поочередно на различные деления шкалы и производится запись напряжения на выходе. По полученным данным можно построить график ручной регулировки громкости, в котором по оси абсцисс откладываются деления шкалы РРГ, а по оси ординат — напряжение на выходе в вольтах.

Проверка мощности, потребляемой приемником

Большую роль играет экономное расходование энергии при питании приемников от аккумуляторов и сухих батарей. Мощность, потребляемая батарейными приемниками, определяется отдельно для каждого источника питания (анодных и катодных цепей).

Для самолетных приемников, питаемых от бортсети самолета, определяют только общую мощность, потребляемую приемником.

Для определения потребляемой мощности собирают схему, изображенную на рис. 149 (для батарейных приемников), или схему, изображенную на рис. 150 (для приемников, питаемых от бортовой сети самолета).

Для измерения напряжения и силы тока могут быть использованы приборы из комплекта АИРЛ или приборы типа 2МП и ДВИ.

Для определения потребляемой мощности устанавливают нормальный режим питания приемника, согласно техническим данным, и через несколько минут после включения записывают показания приборов U_a , I_a и U_n , I_n . Произведение $U_a I_a$ дает мощность, потребляемую приемником от источника питания анодных цепей, произведение $U_n I_n$ — мощность, расходуемую в цепях накала ламп.

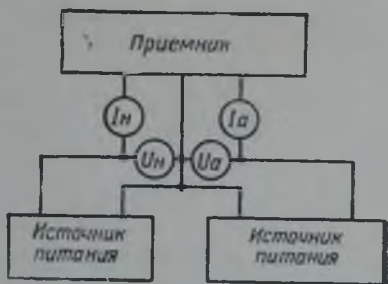


Рис. 149. Схема определения потребляемой мощности приемником, питаемым от батарей

При питании самолетных приемников от бортовой сети записывают показания $U_{бс}$, $I_{бс}$ и U_n , I_n , по которым определяют мощность, потребляемую приемником, и мощность, необходимую для накала ламп.

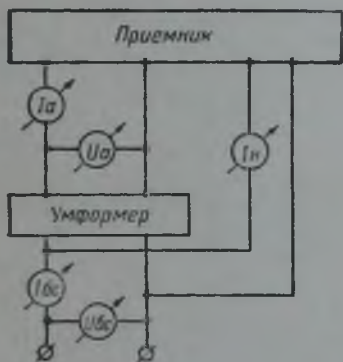


Рис. 150. Схема определения потребляемой мощности приемником при питании от бортовой сети

Полученные результаты сравниваются с техническими данными приемника.

Испытание на механическую прочность и вибрацию

На механическую прочность приемник испытывают на специальной установке — «трясучке» с амплитудой колебания 6 мм при 900 толчках в минуту. Для этого приемник закрепляют в обжимках с прокладками из слоя в 30 мм губчатой резины и испытывают без ламп в течение 30 минут.

Чувствительность и градуировку приемника рекомендуется измерять до и после испытаний. За 5 минут до окончания испытания на «трясучке» в приемник вставляют лампы и по всему диапазону на слух проверяют качество работы.

Испытание на вибрацию производят на специальном вибрационном станке с амплитудой колебания 0,2 мм при 200 периодах в минуту. Приемник неподвижно укрепляют на станке.

Испытание проводят под током в течение 1 часа. Во время испытания прослушивают через приемник телефонные и телеграфные сигналы и отмечают трески и пр.

Глава XIV

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ САМОЛЕТНЫХ ПЕРЕГОВОРНЫХ УСТРОЙСТВ

Переговорные устройства характеризуются следующими показателями: коэффициентом усиления, качеством воспроизведения, механической и электрической прочностью.

Переговорное устройство состоит из трех основных элементов: микрофона (или ларингофона), усилителя и телефона.

Необходимая сила звука достигается при помощи усилителя, который должен иметь достаточно большой коэффициент усиления и усиливать речь без больших искажений. Микрофон и телефон, входящие в состав самолетного переговорного устройства (СПУ), также влияют на громкость и качество передачи. Для полной оценки СПУ необходимо измерять коэффициент усиления всего устройства. На практике, однако, ограничиваются измерением коэффициента усиления усилителя и сравнительными испытаниями микрофонов и телефонов.

Качество воспроизведения характеризуется частотными и нелинейными искажениями всего устройства в целом. Кроме того, оно может характеризоваться отношением правильно принятых слов к числу переданных.

Механическая и электрическая прочность монтажа и деталей устройства обеспечивает надежность его работы, поэтому испытание СПУ проводят в условиях, приближающихся к реальным.

Испытание СПУ начинают с внешнего осмотра и проверки под током отдельных элементов и деталей на нагрев и пробой, а затем проверяют разборчивость речи, работу сигнальных и вызывных приспособлений.

Если результаты предварительного осмотра и проверки удовлетворительны, приступают к испытаниям на механическую прочность и вибрацию.

Испытание на механическую прочность производят на специальном станке «трясучке» при 900 толчках в минуту и при амплитуде размаха 6 мм. Испытание проводят в течение 2 часов. В течение первого часа испытание проводят в нера-

бочем состоянии, а затем, если не обнаружится механических повреждений, подключают источники питания и проверяют качество речи при тряске еще в течение часа.

При испытании на механическую прочность на «трясучке» прибор СПУ укрепляют на ней в обжимках с прокладками из пористой резины толщиной 20 мм.

При испытании прибора на вибрационном станке, имеющем частоту 40—60 гц и амплитуду 0,3 мм, устройство жестко закрепляется. Испытание на вибрацию производят в рабочем состоянии в течение часа, наблюдая за работой и оценивая качество речи.

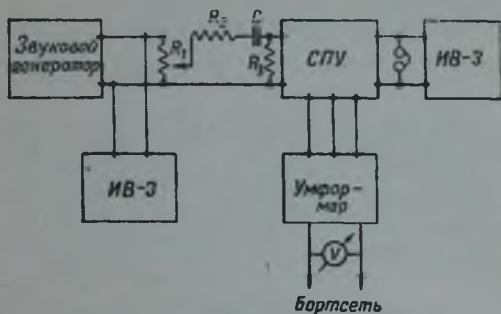


Рис. 151. Схема включения приборов для снятия частотной и амплитудной характеристик СПУ

После испытания на механическую прочность определяют коэффициент усиления и другие показатели.

Для измерения степени усиления, снятия частотной и амплитудной характеристики усилителя СПУ собирается схема (рис. 151), состоящая из звукового генератора типа 70 или ЗГ-2, испытываемого усилителя СПУ, двух измерителей выхода ИВ-3, источника питания приборов и СПУ, делителя напряжения R_1 (10 000 ом), сопротивления R_2 (порядка 150 ом), сопротивления R_3 (150—200 ом), емкости C (6—8 мкф).

Емкость C включается при наличии постоянного напряжения на входе усилителя, например напряжения питания ларингофонов.

Определение коэффициента усиления производится на частоте 1 000 гц. Напряжение с выхода звукового генератора подается на вход СПУ через делитель напряжения R_1 и цепь, состоящую из R_2 , C и R_3 . Делитель напряжения установлен для получения малых напряжений входа.

Выход усилителя должен иметь нормальную нагрузку в 4 000 ом (два телефона по 2 000 ом каждый).

Порядок измерения такой:

2) включить СПУ и установить нормальное напряжение бортсети;

4) переключить прибор ИВ-3 на выход звукового генератора и определить напряжение на потенциометре.

Для снятия частотной характеристики поочередно устанавливают на звуковом генераторе частоты: 100, 200, 300, 500, 700, 1 000, 1 500, 2 000, 2 500, 3 000, 4 000, 5 000 гц, измеряют напряжение на выходе, поддерживая напряжение входа для каждой частоты постоянным, и вычисляют коэффициент усиления. Результаты измерений заносятся в таблицу.

Амплитудная характеристика (зависимость $U_{\text{вых}}$ от $U_{\text{вх}}$ при $F = 800 \div 1000$ гц) снимается по той же схеме и теми же приборами. Для этого настраивают генератор на частоту 800—1000 гц, а на вход усилителя поочередно подают напряжения 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 1,0; 1,5 и т. д. вольт и записывают напряжения, получаемые на выходе усилителя.

238

Тип СПУ	$U_{вх}$ в в	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0
	$U_{вых}$ в в										

По данным таблицы строят амплитудную характеристику, откладывая по оси абсцисс напряжения на входе, а по оси ординат — напряжения на выходе в линейном масштабе.

По характеру кривой амплитудной характеристики можно установить границы допустимых напряжений $U_{вх}$ для неискаженного воспроизведения речи.

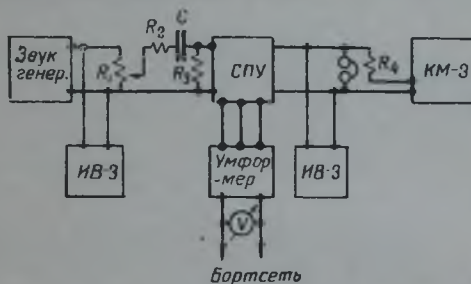


Рис. 152. Схема для измерения клирфактора СПУ

Определение клирфактора производится по схеме, изображенной на рис. 152, в которую добавлен прибор КМ-3, включенный через сопротивление $R_4 = 800 \div 1\,000$ ом.

Клирфактор определяется на частоте 800—1 000 гц и напряжении на выходе $U_{вых} = 30$ в.

Порядок измерения такой же, как и при измерении клирфактора приемника.

При всех измерениях необходимо тщательно следить за напряжением бортсети и производить испытания при нормальном напряжении питания.

ТАБЛИЦА
ВАКУУМНЫХ ТЕРМОЭЛЕМЕНТОВ ЗАВОДА „СВЕТЛАНА“

Тип	r в ом	R в ом	E при $I = 10 \text{ ма}$ в мв	I_{max} при $E = 17 \text{ мв}$ в ма	Примечание
ТК-1	37,0	29,0	13,7—12,3	—	r — сопротивление термоэлемента со стороны тока подогрева; R — то же, со стороны милливольтметра; E — термоэлектродвижущая сила; I_{max} — предельная сила тока нагрева термоэлемента;
ТК-2	30,0	27,0	10—12	—	
ТК-3	30,0	14,0	7,4—9,1	—	
ТК-4	20,0	15—18	8,8—7,3	—	
ТК-5	14,0	26,0	3,5—5,0	—	
ТК-6	20,0	7,0	4,5—5,7	—	
ТК-7	20,5	13,0	8,9	—	
ТП-2	9,5	9,0	—	28,2	ТК — имеет термопару железо—константан, нить подогревателя — константановую; ТП — имеет термопару железо—константан, нить подогревателя — платино-иридиевую
ТП-5	3,8	3,2	—	53,0	
ТП-6	5,5	11,0	—	43—47	
ТП-7	1,8	1,2	—	147	
ТП-8	1,2	8,5	—	155—200	
ТП-9	2,0	9,0	—	101—106	
ТП-10	0,55	4,0	—	370—450	
ТП-11	0,25	0,43	—	1 000	
ТП-12	0,14	0,65	—	1 520	

РАСЦВЕТКА ПОСТОЯННЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ТИПА ТО

Сопротивления типа ТО маркируются окраской.

Первая цифра величины сопротивления обозначается цветом корпуса, вторая — цветом конца, количество нулей после первых двух цифр обозначается точкой или пояском в середине корпуса.

Цифры обозначаются следующими цветами:

Черным	0
Коричневым	1
Красным	2
Оранжевым	3
Желтым	4
Зеленым	5
Синим	6
Фиолетовым	7
Серым	8
Белым	9

Класс сопротивления иногда обозначается серебряным или золотым пояском, нанесенным на конце сопротивления, например: сопротивление в 51 000 Ом будет иметь зеленый корпус, коричневый конец и оранжевую точку в середине. Другой конец может быть окрашен в серебряный цвет, означающий сопротивление 2-го класса, в золотой цвет — сопротивление 1-го класса.

ТАБЛИЦА ПРОВЕРКИ ЛАМП НА ПРИБОРЕ ИЛ-3

Лампы	Проверка коротких замыканий (положение переключателей)				Проверка обрывов (положение переключателей)				Проверка эмиссии (положение переключателей)			
	виды ламп	типы ламп	переключение прибора	проверка коротких замыканий	виды ламп	проверка коротких замыканий	переключение прибора	типы ламп	виды ламп	проверка коротких замыканий	виды ламп	переключение прибора
СО-118	II	A-0	V _{эм}	1, 2, 3, 4, 5	II	I _{эм}	V _{эм}	I—A, Б, В	II	I _{эм}	В-5	I _{эм}
СО-182	II	A-0	V _{эм}	1, 2, 3, 4, 5	II	I _{эм}	V _{эм}	I—A, Б, В, Г	II	I _{эм}	Г-7	I _{эм}
СО-183	II	A-0	V _{эм}	1, 2, 3, 4, 5	II	I _{эм}	V _{эм}	I—A, Б, В, Г, Д, Е	II	I _{эм}	Е-7	I _{эм}
СО-185	II	A-0	V _{эм}	1, 2, 3, 4, 5	II	I _{эм}	V _{эм}	I—A, Б, В, Г, Д	II	I _{эм}	Д-8	I _{эм}
									II	I _{эм}	Д-8	I _{эм}
									II	I _{эм}	Д-8	I _{эм}
СО-187	II	A-0	V _{эм}	1, 2, 3, 4, 5	I	I _{эм}	V _{эм}	I—A, Б, В, Г	II	I _{эм}	Г-4	I _{эм}
СО-193	II	A-0	V _{эм}	1, 2, 3, 4, 5	II	I _{эм}	V _{эм}	I—A, Б, В, Г, Д, Е	II	I _{эм}	Е-8	I _{эм}
									II	I _{эм}	Е-8	I _{эм}
									II	I _{эм}	Е-8	I _{эм}
СБ-112	II	A-0	V _{эм}	1, 2, 3, 4, 5	II	I _{эм}	V _{эм}	I—A, Б, В, Г	II	I _{эм}	Г-11	I _{эм}
СБ-147	II	A-0	V _{эм}	1, 2, 3, 4, 5	II	I _{эм}	V _{эм}	I—A, Б, В, Г	II	I _{эм}	Г-7	I _{эм}
СБ-154	II	A-0	V _{эм}	1, 2, 3, 4, 5	II	I _{эм}	V _{эм}	I—A, Б, В, Г	II	I _{эм}	Г-11	I _{эм}
СБ-155	II	A-0	V _{эм}	1, 2, 3, 4, 5	II	I _{эм}	V _{эм}	I—A, Б, В, Г	II	I _{эм}	Г-8	I _{эм}
УБ-107	II	A-0	V _{эм}	1, 2, 3, 4, 5	II	I _{эм}	V _{эм}	I—A, Б, В	II	I _{эм}	В-10	I _{эм}
УБ-110	II	A-0	V _{эм}	1, 2, 3, 4, 5	II	I _{эм}	V _{эм}	I—A, Б, В	II	I _{эм}	В-10	I _{эм}

УБ-152	II	A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	II
ВО-116	II	A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	II
ВО-188	II	A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	II
6A8	II	A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	II
6C5	II	A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	I
6Φ5	II	A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	II
6E5	II	A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	II
6X6	II	A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	I
					II
6Φ6	II	A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	II
6Л6	II	A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	II
6Л7	II	A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	II
6K7		A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	II
6Ж7	II	A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	II
6Q7	II	A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	II
6P7	II	A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	II
6H7	II	A-0	$V_{ЭМ}$	1, 2, 3, 4, 5	II

I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А, Б, В	I	I _{ЭМ}	В-11	I _{ЭМ}
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А, Б, В	IIIa ₁	I _{ЭМ}	В-4	I _{ЭМ}
			IVa ₂	I _{ЭМ}	В-4	I _{ЭМ}
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А, Б, В	IIIa ₁	I _{ЭМ}	В-2	I _{ЭМ}
			IVa ₂	I _{ЭМ}	В-2	I _{ЭМ}
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А, Б, В, Г, Д, Е	II	I _{ЭМ}	Е-6	I _{ЭМ}
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А, Б, В	II	I _{ЭМ}	В-7	I _{ЭМ}
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А	II	I _{ЭМ}	А-7	I _{ЭМ}
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А, Б, В	—	—	—	—
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А, Б	Ia ₁	I _{ЭМ}	В-9	I _{ЭМ}
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—В	IIa ₂	I _{ЭМ}	В-9	I _{ЭМ}
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А, Б, В, Г	II	I _{ЭМ}	Г-4	I _{ЭМ}
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А, Б, В, Г	II	I _{ЭМ}	Г-2	I _{ЭМ}
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А, Б, В, Г, Д	II	I _{ЭМ}	Д-6	I _{ЭМ}
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А, Б, В, Г, Д	II	I _{ЭМ}	Д-7	I _{ЭМ}
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А, Б, В, Г, Д	II	I _{ЭМ}	Д-7	I _{ЭМ}
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А, Б, В, Г, Д	II	I _{ЭМ}	Д-8	I _{ЭМ}
			II	I _{ЭМ}	Д-8	I _{г1}
			II	I _{ЭМ}	Д-8	I _г
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А, Б, В, Г, Д	II	I _{ЭМ}	Д-8	I _{ЭМ}
			II	I _{ЭМ}	Д-8	I _{г1}
			II	I _{ЭМ}	Д-8	I _{г2}
			III	I _{ЭМ}	Е-4	I _{ЭМ}
			IV	I _{ЭМ}	Е-4	I _{ЭМ}
I _{ЭМ}	V _{ЭМ}	1—А, Б, В, Г, Е				

РАБОЧАЯ ТАБЛИЦА ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЛАМП НА ПРИБОРЕ ИЛ-9

Лампы	Короткое замыкание				Обрыв				Эмиссия			
	U _н	U _в	установка переключателя	вид операции	кнопки, нажимаемые по очереди	U _н	U _в	установка переключателя	вид операции	кнопки, нажимаемые по очереди	U _н	U _в
УБ-107	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	2	2	2, 4	4	20
УБ-110	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	2	2	2, 4	4	20
УБ-132	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	2	2	2, 4	4	20
УБ-152	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20	2	2	2, 4	2	20
УО-185	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	2	2	2, 4	4	20
УБ-112	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	2	2	2, 4, 5	4	20
СБ-147	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	2	2	2, 4, 5	4	20
СБ-154	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20	2	2	2, 4, 5	2	20
СБ-155	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	2	2	2, 4, 7	2	20
СО-118	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	2	2	2, 4, 5	4	20
СО-182	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	2	2	2, 4, 5	4	20
СО-183	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	2	2	1, 2, 3, 4, 5	4	20
СО-185	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	2	2	1, 2, 3, 5	4	20
а) триодная часть	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
б) 1-й диод	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
в) 2-й диод	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
СО-187	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	2	2	1, 3, 4	4	20
СО-193	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	2	2	1, 2, 3, 4, 5	4	20
а) пенгодная часть	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
б) 1-й диод	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
в) 2-й диод	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ВО-188	0	20	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	2	2	2, 5	4	20
а) 1-й диод	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
б) 2-й диод	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

15
15
30
8
50
13
27
7,5
18
44
28
28
—
28
0,5
0,5
50
22
0,5
—
110
110

Безразлично
То же
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
Эм
Д₁
Д₂
Безразлично
То же
Эм
Д₁
Д₂
Д₁

А
А
А
А
А
А
А
А
Б
А
А
А
—
Б
Б
Б
Б
А
—
Б
Б
Б
Б
—
Г
Г

3
3
3
3
3
3
3
3
6
3
3
3
—
3
3
3
3
3
—
3
3
3
3
—
3
3

5Ц4-С	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6	5	20
а) 1-й диод	—	—	—	—	—	—
б) 2-й диод	—	—	—	—	—	—
6Е5	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20
6С5	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20
6Ф5	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20
6Ф6	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20
6Х6	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20
а) 1-й диод	—	—	—	—	—	—
б) 2-й диод	—	—	—	—	—	—
6Л6	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20
6Л7	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20
6К7	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20
6Ж7	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20
6Г7	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20
а) триодная часть	—	—	—	—	—	—
б) 1-й диод	—	—	—	—	—	—
в) 2-й диод	—	—	—	—	—	—
6Р7	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20
а) триодная часть	—	—	—	—	—	—
б) 1-й диод	—	—	—	—	—	—
в) 2-й диод	—	—	—	—	—	—
6Н7	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20
а) 1-й триод	—	—	—	—	—	—
б) 2-й триод	—	—	—	—	—	—
6А8	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20
УБ-240	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20
СО-241	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20
СБ-242	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20
СО-243	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20
СБ-244	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20
СБ-245	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20
СБ-257	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20
СБ-258	0	20	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20

2	2, 4	5	20	3	Г	Д ₁	100
—	—	5	20	3	Г	Д ₂	100
2	1, 3, 4	6,3	20	3	А	Безразлично	14
2	1, 3	6,3	20	3	А	То же	32
2	2, 5	6,3	20	3	А	•	32
2	1, 2, 3	6,3	20	3	А	•	44
4	1, 3	—	—	—	—	—	—
—	—	6,3	20	3	В	Д ₁	15
—	—	6,3	20	3	В	Д ₂	15
2	1, 2, 3	6,3	20	3	А	Безразлично	90
2	1, 2, 3, 5	6,3	20	3	А	То же	55
2	1, 2, 3, 5	6,3	20	3	А	•	34
2	1, 2, 3, 5	6,3	20	3	А	•	34
2	1, 2, 3, 5	—	—	—	—	•	—
—	—	6,3	20	3	Б	Эм	40
—	—	6,3	20	3	Б	Д ₁	0,5
—	—	6,3	20	3	Б	Д ₂	0,5
2	1, 2, 3, 5	—	—	—	—	—	—
—	—	6,3	20	3	Б	Эм	34
—	—	6,3	20	3	Б	Д ₁	0,5
—	—	6,3	20	3	Б	Д ₂	0,5
2	1, 2, 3, 4	—	—	—	—	—	—
—	—	6,3	20	3	Д	Д ₁	52
—	—	6,3	20	3	Д	Д ₂	52
2	1, 2, 3, 4, 5	6,3	20	3	А	Безразлично	52
2	1, 3	2	20	3	А	То же	8
2	1, 2, 5	2	20	3	А	•	15
2	1, 2, 3, 4, 5	2	20	3	А	•	17
2	1, 2, 3, 4	2	20	3	А	•	40
2	1, 2, 3	2	20	3	А	•	20
2	2, 3, 5	1,8	20	3	А	•	35
2	1, 2, 3, 5	2	20	3	А	•	45
2	1, 2, 3	1,8	20	3	А	•	18

РАБОЧАЯ ТАБЛИЦА ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЛАМП НА ПРИБОРЕ ИЛ-10

Л а м п ы	Положение переключателя „типы ламп“	Короткое замыкание				О б р ы в				Э м и с с и я				Минимально до- пустимый ток эмиссии в мА
		U _{нв}	U _{ав}	Установка переключателей		U _{нв}	U _{ав}	Установка переключателя		U _{нв}	U _{ав}	Установка переключателей		
				„опера- ция“	„электроды“			„опера- ция“	„электроды“			„опера- ция“	„электроды“	
УБ-107	5 штырьков	0	20	К о р о т к о е	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	О б р ы в	3, 5	4	20	Эмиссия 1	Безразлично	15
УБ-110	То же	0	20		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20		3, 5	4	20	То же	То же	15
УБ-132	„	0	20		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20		3, 5	4	20	„	„	30
УБ-152	„	0	20		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20		3, 5	2	20	„	„	8,4
УО-186	„	0	20		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20		3, 5	4	20	„	„	50
СБ-112	„	0	20		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20		1, 3, 5	4	20	„	„	13
СБ-147	„	0	20		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20		1, 3, 5	4	20	„	„	27
СБ-154	„	0	20		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20		1, 3, 5	2	20	„	„	7,5
СБ-155	8 штырьков	0	20		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20		3, 4, 5	2	20	„	„	18
СО-118	5 „	0	20		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20		3, 5	4	20	„	„	41
СО-182	То же	0	20		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20		1, 3, 5	4	20	„	„	28
СО-183	Безразлично	0	20		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20		1, 3, 4, 5, 6	4	20	„	„	28
СО-185	То же	0	20		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20		1, 3, 4, 5	—	—	—	—	—
а) триодная часть	„	—	—		—	—	—		—	4	20	Эмиссия 2	1	28
б) 1-й диод	„	—	—	—	—	—	—	4	20	То же	3	0,5		
в) 2-й диод	„	—	—	—	—	—	—	4	20	„	5	0,5		
СО-187	„	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	3, 5, 6	4	20	Эмиссия 1	Безразлично	50		
СО-193	„	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	1, 3, 4, 5, 6	—	—	—	—	—		
а) пентодная часть	„	—	—	—	—	—	—	4	20	Эмиссия 2	1	22		
б) 1-й диод	„	—	—	—	—	—	—	4	20	То же	3	0,5		
в) 2-й диод	„	—	—	—	—	—	—	4	20	„	4	0,5		
ВО-188	5 штырьков	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4	20	3, 5	—	—	„	„	—		

а) 1-й диод . . .	5 штырьков	—	—	—	—	—	4	20	Эмиссия 2	1	110
б) 2-й диод . . .	"	—	—	—	—	—	4	20	"	4	110
5Ц4С	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6	5	20	4, 6	—	"	—	—
а) 1-й диод . . .	"	—	—	—	—	—	5	20	Эмиссия 2	3	100
б) 2-й диод . . .	"	—	—	—	—	—	5	20	"	1	100
6Е5	8 штырьков	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20	3, 5, 6	6,3	Эмиссия 1	Безразлично	14
6С5	То же	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20	3, 5	6,3	То же	То же	32
6Ф5	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20	1, 4	6,3	"	"	32
6Ф6	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20	3, 4, 5	6,3	"	"	44
6Х6	5 штырьков	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20	3, 5	—	—	—	—
а) 1-й диод . . .	То же	—	—	—	—	—	—	6,3	Эмиссия 2	1	15
б) 2-й диод . . .	"	—	—	—	—	—	—	6,3	То же	4	15
6Л6	8 штырьков	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20	3, 4, 5	6,3	Эмиссия 1	Безразлично	90
6Л7	То же	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20	1, 3, 4, 5	6,3	То же	То же	55
6Ж7 и 6К7 . . .	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20	1, 3, 4, 5	6,3	"	"	34
6Г7	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20	1, 3, 4, 5	—	—	—	—
а) триодная часть	"	—	—	—	—	—	—	6,3	Эмиссия 2	1	40
б) 1-й диод . . .	"	—	—	—	—	—	—	6,3	То же	3	0,5
в) 2-й диод . . .	"	—	—	—	—	—	—	6,3	"	4	0,5
6Р7	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20	1, 3, 4, 5,	—	—	—	—
а) триодная часть	"	—	—	—	—	—	—	6,3	Эмиссия 2	1	34
б) 1-й диод . . .	"	—	—	—	—	—	—	6,3	"	3	0,5
в) 2-й диод . . .	"	—	—	—	—	—	—	6,3	"	4	0,5
6Н7	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20	3, 4, 5, 6	—	—	—	—
а) 1-й триод . . .	"	—	—	—	—	—	—	6,3	Эмиссия 2	6	52
б) 2-й триод . . .	"	—	—	—	—	—	—	6,3	То же	2	52
6А8	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	6,3	20	1, 3, 4, 5, 6	6,3	Эмиссия 1	Безразлично	52
УБ-240	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20	3, 5	2	То же	То же	8
СО-241	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20	1, 3, 4	2	"	"	15
СБ-242	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20	1, 3, 4, 5, 6	2	"	"	17
СО-243	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20	3, 4, 5, 6	2	"	"	40
СБ-244	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20	3, 4, 5	2	"	"	20
СБ-245	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	1,8	20	1, 4, 5	1,8	"	"	35
СБ-257	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	2	20	1, 3, 4, 5	2	"	"	45
СБ 258	"	0	20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	1,8	20	3, 4, 5	1,8	"	"	81

К о р о т к о е

О у р ы в

МИКРОФОНЫ

Название микрофона	Нормальное напряжение источника питания в в	Сопротивление постоянному току в ом	Средний ток в а	Чувствительность в мв/бар	Развиваемая э. д. с. при нормальном разговоре в в	Вес в кг
Диспетчерский с капсюлем № 1012 . .	5—7	20—80	0,05—0,2	30	0,4—0,7	0,8
Антишумовой типа МА	6—8	15—90	0,2—0,4	300	1,3—3,0	0,42
Антишумовой облегченный типа МАО	6—8	15—90	0,2—0,4	400	2,0—4,0	0,26

ЛАРИНГОФОНЫ

Тип ларингофона	Нормальное напряжение источника питания на двух ларингофонах в в	Сопротивление постоянному току одного ларингофона в ом	Отдача при 2000 ом в в	Вес в кг
ЛА-2	4—6	30—90	1,0	Меньше 0,1
ЛА-3	4—6	20—80	1,5	Меньше 0,1

ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ АВИАЦИОННЫХ ШЛЕМОФОНОВ

Тип шлемофона	Сопротивление постоянному току двух последовательно соединенных телефонов в ом	Сопротивление переменному току при 1000 гц в ом	Рабочее напряжение двух телефонов в в	Рабочая полоса частот в гц	Клирфактор при отдаче 1300 бар. в проц.
ТА-2	4 000	20 000	40—80	300—2 400	13
ТА-3	4 000	20 000	30—60	300—2 400	6

ПОЛОЖЕНИЕ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ЕДИНИЦАХ

Настоящее положение предусматривает единицы измерений абсолютной электромагнитной системы MKSM, обязательные к применению на всей территории Союза ССР при электрических и магнитных измерениях.

1. НАИМЕНОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕДИНИЦ

Наименования	Сокращенные обозначения		Определения
	русским шрифтом	латинским (греческим) шрифтом	
1	2	3	4
1. ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ			
Единица длины			
Метр	<i>м</i>	<i>m</i>	Единица длины, определяемая платино-иридиевой мерой, носящей знак 28 и являющейся Государственным эталоном длины СССР
Единица массы			
Килограмм	<i>кг</i>	<i>kg</i>	Единица массы, определяемая платино-иридиевой мерой, носящей знак 12 и являющейся Государственным эталоном массы СССР
Единица времени			
Секунда	<i>сек</i> или <i>с</i>	<i>sec</i> или <i>s</i>	Секунда среднего солнечного времени, равная ста шестнадцати миллионам пятидесяти семи тысячам шестьсот восемнадцати десятибиллионным (0,0000116057618) средних звездных суток
Единица магнитной проницаемости			
Магн	<i>магн</i>	<i>mgn</i>	Магнитная проницаемость, равная семистам девяносто пяти тысячам семистам семидесяти четырем целым и семи десятым магнитной проницаемости пустоты $\frac{(10.000.000)}{4\pi}$ при $\pi = 3,14159$

Наименования	Сокращенные обозначения		Определения
	русским шрифтом	латинск м (греческим) шрифтом	
1	2	3	4
II. МЕХАНИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ			
Единица скорости			Скорость равномерно и прямолинейно движущейся точки, перемещающейся на 1 метр в 1 секунду
Метр в секунду	m/sec	m/sec	
Единица ускорения			Ускорение равномерно-ускоренно и прямолинейно движущейся точки, скорость которой изменяется на 1 метр в секунду в 1 секунду
Метр на секунду в квадрате	m/sec^2	m/sec^2	
Единица силы			Сила, сообщаящая массе в 1 килограмм ускорение в 1 метр на секунду в квадрате
Ньютон	n	n	
Единица работы			Работа, производимая силой в 1 ньютон при перемещении точки приложения этой силы на 1 метр по ее направлению
Джоуль или ватт-секунда	$дж$ $вт-с$	j $w-s$	
Единица мощности			Мощность, при которой в течение 1 секунды равномерно производится работа в 1 джоуль
Ватт	$вт$	w	
III. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ЕДИНИЦЫ			
Единица силы тока			Сила неизменяющегося электрического тока, который, протекая по каждому из двух бесконечно длинных параллельных прямолинейных проводников ничтожно малого кругового сечения, расположенных на расстоянии в 2 метра друг от друга в однородной и изотропной среде с магнитной проницаемостью в 4π магна, создает между этими проводниками силу взаимодействия в 1 ньютон на каждый метр длины
Ампер	a	A	
Единица количества электричества			Количество электричества, протекающее через поперечное сечение проводника в течение 1 секунды при неизменяющемся токе силой в 1 ампер
Кулон или ампер-секунда	$к$ $a-c$	$с$ $A-s$	

Наименования	Сокращенные обозначения		Определения
	рус. ким шрифтом	латинским (греческим) шрифтом	
1	2	3	4
Единица разности электрических потенциалов, электрического напряжения и электродвижущей силы Вольт	<i>в</i>	<i>v</i>	Разность электрических потенциалов между двумя точками линейного проводника, по которому протекает неизменяющийся электрический ток силой в 1 ампер, когда мощность, потребляемая между этими точками, равна 1 ватту
Единица электрического сопротивления Ом	<i>ом</i>	Ω	Электрическое сопротивление между двумя точками линейного проводника, в котором неизменяющаяся разность электрических потенциалов между этими точками в 1 вольт производит ток силой в 1 ампер
Единица электрической емкости Фарада	<i>ф</i>	<i>F</i>	Электрическая емкость конденсатора между обкладками которого существует разность электрических потенциалов в 1 вольт, когда он заряжен количеством электричества в 1 кулон
Единица магнитного потока Вебер	<i>вб</i>	<i>wb</i>	Магнитный поток, при убывании которого до нуля через поперечное сечение электрической цепи, сцепленной с этим потоком и имеющей сопротивление в 1 ом, протекает количество электричества, равное 1 кулону
Единица магнитной индукции Вебер на квадратный метр	<i>вб/м²</i>	<i>wb/m²</i>	Магнитная индукция, при которой магнитный поток сквозь поверхность в 1 квадратный метр, расположенную в равномерном магнитном поле перпендикулярно к линиям магнитной индукции, равен 1 веберу
Единица индуктивности и взаимной индуктивности Генри	<i>гн</i>	<i>H</i>	Индуктивность электрической цепи, с которой сцепляется магнитный поток самоиндукции в 1 вебер при силе неизменяющегося тока в цепи, равной 1 амперу Взаимная индуктивность двух электрических цепей, с одной из которых сцепляется магнитный поток взаимной индукции в 1 вебер при силе неизменяющегося тока в другой цепи, равной 1 амперу

Наименования	Сокращенные обозначения		Определения
	русским шрифтом	латинским (греческим) шрифтом	
1	2	3	4
Единица магнитодвижущей силы и разности магнитных потенциалов			Магнитодвижущая сила вдоль замкнутого контура, однократно сцепленного с электрической цепью, по которой протекает ток силой в 1 ампер
Ампер или ампервиток	<i>a</i> <i>a-в</i>	<i>A</i> <i>A-ш</i>	
Единица напряженности магнитного поля (магнитной силы)			Напряженность магнитного поля в однородной и изотропной среде на расстоянии в $\frac{1}{2\pi}$ метра от бесконечно длинного прямолинейного проводника ничтожно малого кругового сечения, по которому протекает ток силой в 1 ампер
Ампер на метр	<i>a/м</i>	<i>A/т</i>	

II. ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЕДИНИЦ

2. Значения вышеуказанных электрических и магнитных единиц с наивысшей точностью определяются Государственными эталонами СССР, осуществляемыми и хранимыми Всесоюзным научно-исследовательским институтом метрологии им. Д. И. Менделеева Комитета по Дедам Мер и Измерительных Приборов при Совете Министров СССР.

III. СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ АБСОЛЮТНЫМИ И МЕЖДУНАРОДНЫМИ ЕДИНИЦАМИ

3. Устанавливаются следующие соотношения между абсолютными и международными единицами:

1 международный джоуль	= 1,00020	абсолютного джоуля
1 международный ватт	= 1,00020	абсолютного ватта
1 международный ампер	= 0,99985	абсолютного ампера
1 международный кулон	= 9,99985	абсолютного кулона
1 международный вольт	= 1,00035	абсолютного вольта
1 международный ом	= 1,00050	абсолютного ома
1 международная фарада	= 0,99950	абсолютной фарады
1 международный вебер	= 1,00035	абсолютного вебера
1 международный генри	= 1,00050	абсолютного генри

Эти соотношения установлены на основании следующих соотношений между средними международными и абсолютными омом и вольт, принятых международным Комитетом мер и весов в 1946 году.

1 средний международный ом	= 1,00049	абсолютного ома
1 средний международ. вольт	= 1,00034	абсолютн. вольта

счетом соотношений между международными ом и вольт, определяемыми Государственными эталонами СССР, и средними международными ом и вольт, установленных путем международных сравнений электрических эталонов разных стран в 1937 году.

1 международный ом СССР = 1,000010 среднего международного ома

1 международный вольт СССР = 1,000007₅ среднего международного вольта

IV. СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ЕДИНИЦАМИ СИСТЕМ MKSM и CGS_{μ0}

4. Указанные выше единицы связаны с соответствующими единицами абсолютной электромагнитной системы CGS_{μ0} следующими соотношениями:

1 магн	= 10 ⁷ единицам CGS _{μ0}
1 ньютон	= 10 ⁵ динам
1 джоуль	= 10 ⁷ эргам
1 ватт	= 10 ⁷ эргам в секунду
1 ампер	= 10 ⁻¹ единицам CGS _{μ0}
1 кулон	= 10 ⁻¹ единицам CGS _{μ0}
1 вольт	= 10 ⁸ единицам CGS _{μ0}
1 ом	= 10 ⁹ единицам CGS _{μ0}
1 фарада	= 10 ⁻⁹ единицам CGS _{μ0}
1 вебер	= 10 ⁸ максвеллам
1 вебер на кв. метр	= 10 ⁴ гауссам
1 генри	= 10 ⁹ единицам CGS _{μ0}
1 ампер	= 10 ⁻¹ гильбертам
1 ампер на метр	= 10 ⁻³ эрстедам

Примечание. В системе CGS_{μ0} основными единицами служат: сантиметр, грамм, секунда и единица магнитной проницаемости, равная 1/4π магнитной проницаемости пустоты при рационализованной системе уравнений и равная магнитной проницаемости пустоты при нерационализованной системе уравнений, причем в этой системе установлены только следующие наименования единиц:

максвелл (мкс; Mx) — для единицы магнитного потока,
гаусс (гс; Gs) — для единицы магнитной индукции,
гильберт (гб; Gb) — для единицы магнитодвижущей силы,
эрстед (э; Oe) — для единицы напряженности магнитного поля

(в скобках указаны сокращенные обозначения).

5. Этими соотношениями надлежит непосредственно пользоваться для пересчетов числовых значений различных величин при переходе от одной системы к другой во всех случаях, за исключением следующих:

а) При переходе от системы единиц CGS_{μ0} при нерационализованной системе уравнений к системе единиц MKSM при рационализованной системе уравнений следует умножать:

значение магнитодвижущей силы в гильбертах на $\frac{10}{4 \cdot \pi}$, чтобы получить ее значение в амперах;

значение напряженности магнитного поля в эрстедах на $\frac{10^3}{4 \cdot \pi}$, чтобы получить ее значение в амперах на метр;

значение магнитной проницаемости в единицах CGS_{μ0} — на $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ чтобы получить ее значение в магпах.

б) При переходе от системы единиц MKSM при рационализованной системе уравнений к системе единиц CGS_{μ0} при нерационализованной системе уравнений следует умножать:

значение магнитодвижущей силы в амперах — на $4 \cdot \pi \cdot 10^{-1}$, чтобы получить ее значение в гильбертах; значение напряженности магнитного поля на метр — на $4 \cdot \pi \cdot 10^{-3}$, чтобы получить ее значение в эрстедах; значение магнитной проницаемости в магпах — на $\frac{10^7}{4 \cdot \pi}$, чтобы получить ее значение в единицах CGS_{μ0}.

Примечание. При переходе от нерационализованной системы уравнений к рационализованной, магнитодвижущая сила и напряженность магнитного поля уменьшаются в $4 \cdot \pi$ раза, а магнитная проницаемость увеличивается в $4 \cdot \pi$ раза, что учтено при установлении вышеуказанных переводных множителей.

V. КРАТНЫЕ И ДОЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ

6. Наименования кратных и дольных единиц образуются путем применения приставок, указанных в нижеследующей таблице:

Наименования	Отношения к главной единице	Сокращенные обозначения		Наименования	Отношения к главной единице	Сокращенные обозначения	
		русским шрифтом	латинским (греческим) шрифтом			русским шрифтом	латинским (греческим) шрифтом
Пико	10^{-12}	<i>п</i>	<i>ρ</i>	Дека	10	<i>да</i>	<i>da</i>
Нано	10^{-9}	<i>н</i>	<i>п</i>	Гекто	10^2	<i>г</i>	<i>h</i>
Микро	10^{-6}	<i>мк</i>	<i>μ</i>	Кило	10^3	<i>к</i>	<i>k</i>
Милли	10^{-3}	<i>м</i>	<i>т</i>	Мега	10^6	<i>М</i>	<i>M</i>
Сант	10^{-2}	<i>с</i>	<i>с</i>	Гига	10^9	<i>Г</i>	<i>G</i>
Деци	10^{-1}	<i>д</i>	<i>d</i>	Тера	10^{12}	<i>Т</i>	

Примечание. Единицы, кратные по времени ватт-секунде и ампер-секунде, образуются по правилам единиц времени, а именно: ватт-час (*вт-ч*; *wh*) и ампер-час (*а-ч*; *A-h*).

VI. ПРИМЕНЕНИЕ ОСОБЫХ НАИМЕНОВАНИЙ И СОКРАЩЕННЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

7. Во всех случаях, когда необходимо отличить абсолютные единицы от одноименных международных единиц, к их наименованиям прибавляются соответственно слова „абсолютный“ (в сокращенных обозначениях *абс.* и *abs.*) и „международный“ (в сокращенных обозначениях: *межд.* и *int.*).

8. Сокращенные обозначения применяются в тексте только после числовых значений величин и пишутся в строку без последующей точки как знака сокращения. После сокращений: *abs.*, *int.*, *абс.* и *межд.* точки ставятся.

Внесено: Ученым Советом Всесоюзного научно-исследовательского института метрологии им. Д. И. Менделеева и научно-техническим Советом Комитета по Дедам Мер и Измерительных Приборов при Совете Министров СССР.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- В. В. Ширков, Курс основных радиотехнических измерений. Связьиздат, 1940 г.
- С. А. Бажанов, Радиолюбительские измерения. Связьиздат, 1941 г.
- Ф. Термен, Радиоизмерения. Связьрадиоиздат, 1938 г.
- Г. Г. Гинкин, Справочник по радиотехнике. Оборонгиз, 1939 г.
- Е. А. Левитин, Приемно-усилительные лампы. Радиоиздат, 1938 г.
- И. Калинин, Источники питания для электрических средств связи. Воениздат, 1940 г.
- Г. А. Ремез, С. Г. Иткин, Радиоизмерения и радиоизмерительная аппаратура. Воениздат, 1947 г.
- В. И. Сифоров, Радиоприемные устройства. Связьиздат, 1939 г.
- Осипов, Методика проверочных испытаний самолетной радиоаппаратуры. Оборонгиз, 1943 г.
- Заводские инструкции к измерительным приборам.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Г л а в а I	
Общие сведения о радиоизмерениях	
Задачи и методы радиоизмерений	5
Единицы измерений и понятие об эталонах	7
Особенности радиоизмерений	
Г л а в а II	
Измерение токов звуковой и высокой частоты	
Тепловые приборы	11
Термоэлектрические приборы	13
Г л а в а III	
Измерение напряжений звуковых и высоких частот	
Общие сведения	17
Тепловые и термоэлектрические вольтметры	18
Электростатические вольтметры	—
Купроксные вольтметры	20
Измеритель выхода ИВ-3	24
Ламповые вольтметры	27
Ламповый вольтметр ВКС-7	30
Г л а в а IV	
Измерение частоты	
Общие сведения	37
Измерение частоты резонансным методом	38
Волномер КВ-5	39
Волномер ДВ-2	42
Волномер ВУ-1	—
Волномер УВ-III	43
Измерение частоты в диапазоне дециметровых и сантиметровых волн	44
Волномер ДЦВ-1	49
Волномер 105-S	—
Измерение частоты методом сравнения	53

	Стр
Кварцевый калибратор КК-3	55
Кварцевый калибратор КК-4	61
Кварцевый калибратор КК-5	62
Кварцевый калибратор типа 9803	—
Гетеродинный волномер ПГВ-1	63
Гетеродинный волномер ВС-221	65
Измерение звуковых частот	71
Измеритель частоты ИЧ-1	75

Глава V

Измерение мощности

Общие понятия	80
Измерение мощности в диапазоне высоких и ультравысоких частот	81

Глава VI

Электронный осциллограф

Общие сведения	85
Устройство и принцип работы электронного осциллографа	85
Применение электронного осциллографа	93
Электронный осциллограф типа 51	100
Электронный осциллограф типа 170	103

Глава VII

Измерение коэффициента модуляции

Общие сведения	107
Определение коэффициента модуляции электронным осциллографом	108
Измеритель модуляции ИМ-6	—
Измеритель модуляции ИМ-8	112

Глава VIII

Измерение напряженности поля

Общие сведения	114
Радиокомпаратор ВРК-1	116

Глава IX

Измерение индуктивности, емкости и сопротивления

Измерение сопротивлений	120
Измерение активного сопротивления	121
Измерение емкости	124
Измерение индуктивности	125
Измерение взаимной индуктивности	127
Мост для измерения емкостей МП	129
Универсальный мост УМ-1	130
Прибор для измерения емкостей ГБЕ-2	136

Глава X

Измерительные генераторы

Звуковой генератор типа 70	141
Генератор звуковой частоты ЗГ-2	146
Генератор звуковой частоты ЛИ-73	153
Генератор звуковой частоты 200С	155
Генератор сигналов ГС-3	158
Генератор стандартных сигналов ГСС-3	162
Генератор стандартных сигналов ГСС-6	165
Генератор сигналов ГСУ-4	173
Генератор сигналов 804-CS2	178

Глава XI

Вспомогательная радиоизмерительная аппаратура

Вольтамперметр типа ВАМ-1	181
Ампервольтметр типа АВО-1	182
Апериодический детекторный приемник типа АДП-1	184
Батарейный магазин питания БМ-2	185
Тестер-анализатор ТА-4	187
Испытатель ламп ИЛ-3	191
Испытатель ламп ИЛ-9	193
Испытатель ламп ИЛ-10	197
Комплект АИРЛ	202

Глава XII

Определение качественных показателей радиопередатчиков

Проверка стабильности частоты	207
Проверка градуировки передатчика	209
Определение коэффициента модуляции	211
Определение частотной характеристики	212
Определение амплитудной характеристики и клирфактора	214
Испытания на тряску и вибрацию	216

Глава XIII

Определение качественных показателей радиоприемников

Проверка чувствительности и уровня шумов приемника	218
Проверка избирательности приемника	221
Проверка устойчивости частоты настройки приемников	226
Проверка градуировки приемника	228
Проверка качества воспроизведения	230
Проверка автоматической регулировки чувствительности	233
Проверка мощности, потребляемой приемником	234
Испытание на механическую прочность и вибрацию	235

Глава XIV

Определение качественных показателей самолетных переговорных устройств

Приложения

1. Таблица вакуумных термоэлементов завода «Светлана»	240
2. Расцветка постоянных сопротивлений типа ТО	241
3. Таблица проверки ламп на приборе ИЛ-3	242
4. Рабочая таблица для проверки ламп на приборе ИЛ-9 . . .	244
5. Рабочая таблица для проверки ламп на приборе ИЛ-10 . . .	246
6. Микрофоны	248
7. Ларингофоны	—
8. Электроакустические данные авиационных шлемофонов	—
Положение об электрических и магнитных единицах	249
Использованная литература	255
