

М. Т. ГРЕХОВА, С. И. АВЕРКОВ, Д. И. ГРИГОРАШ, В. И. АНИКИН

О НЕКОТОРЫХ ПРИБОРАХ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ В ДИАПАЗОНЕ САНТИМЕТРОВЫХ ВОЛН

Большое количество появляющихся в последнее время работ по измерениям в диапазоне сантиметровых волн объясняется актуальностью задач, связанных с их использованием в технике и физических исследованиях. Однако стандартной измерительной аппаратуры в диапазоне сантиметровых волн пока почти не существует, и лаборатории, ведущие работу с сантиметровыми волнами, в большинстве случаев должны сами разрабатывать и изготовлять для себя измерительную аппаратуру. Поэтому обмен опытом между лабораториями представляется весьма желательным. Ниже описываются некоторые приборы, разработанные в ГИФТИ.

1. Приемник-волномер с автомодуляцией

Схема прибора показана на рис. 1. Входное устройство приемника-волнмера состоит из антенны, зеркала и коаксиальной фидерной ли-

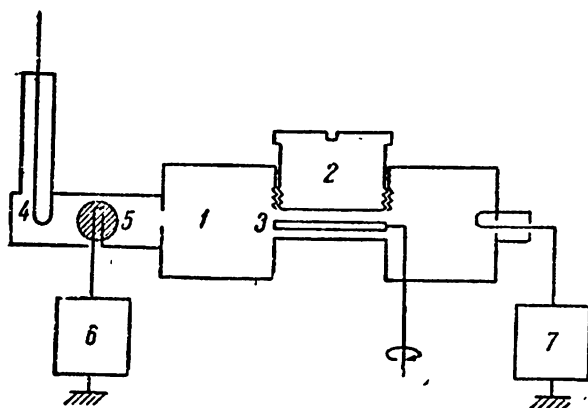


Рис. 1 Приемник-волномер:

1 — контур приемника; 2 — плагер для изменения диапазона;
3 — пластина настройки волнмера; 4 — коаксиальная линия с промежуточной камерой; 5 — неоновая лампа; 6 — звуковой генератор;
7 — усилитель

нии. Связь антенного устройства с полым резонатором волнмера осуществлена с помощью витка связи, который, однако, введен не в самый резонатор, а в промежуточную камеру, связанную с резонато-

ром узкой щелью. Благодаря этому достигается ослабление связи антенного устройства с резонатором. Между щелью и витком связи в камере помещается неоновая лампочка, питаемая током звуковой частоты от специального генератора. Таким образом, оказывается возможным модулировать высокочастотные колебания звуковой частотой в самом волномере, что существенно при измерении частоты малоомощного немодулированного генератора. Глубина этой «автомодуляции» достигает

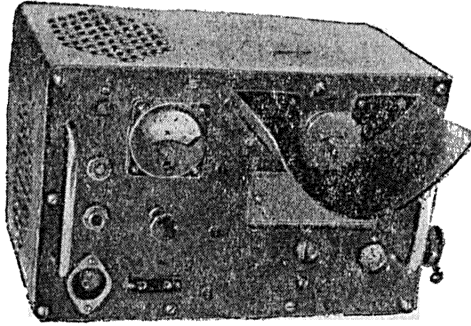


Рис. 2. Внешний вид приемника-волномера

15%.³ Модулированные колебания резонатора при помощи витка связи через детектор подаются на вход усилителя, на выходе которого можно использовать стрелочный прибор.

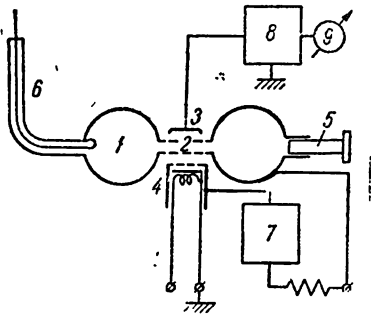


Рис. 3. Волномер с электронно-лучевым индикатором:

1 — контур клистрона; 2 — модулирующее пространство; 3 — отражатель; 4 — ускоряющая сетка клистрона; 5 — шпунжер для настройки; 6 — коаксиальная линия; 7 — звуковой генератор; 8 — усилитель; 9 — измерительный прибор

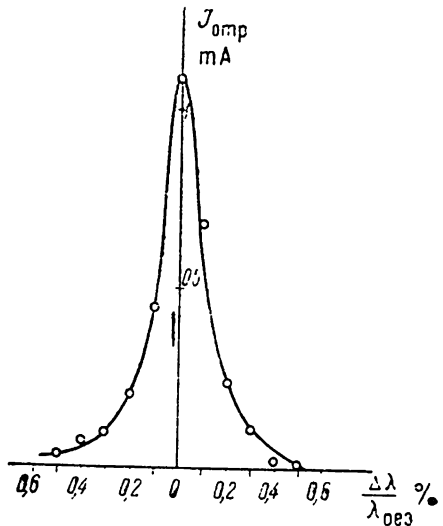


Рис. 4. Зависимость тока отражателя от настройки

Настройка резонатора волномера производится пластиной, которая с помощью точного механизма, вращающего ее ось, вдвигается в пространство между стенками резонатора в том месте, где они сближены

между собой. Измерительный контур, сходный с использованным в данном приборе, был применен в одном из волномеров Клейтона и др. [1].

Переход от одного диапазона к другому может быть осуществлен перемещением плунжера; однако в осуществленной пока конструкции волномера перемещение плунжера без вскрытия волномера не было предусмотрено, и поэтому диапазон волномера простирался только от 2800 до 3100 МГц. На рис. 2 дана фотография прибора.

II. Волномер с электронно-лучевым индикатором

Для измерения частоты маломощного немодулированного генератора в лаборатории ГИФТИ был разработан волномер довольно простой конструкции. Основным элементом этого волномера является обычный отражательный клистрон, контур которого служит измерительным контуром волномера, а в качестве индикатора используется прибор в цепи отражателя клистрона.

Принцип действия волномера виден из рис. 3. Рабочий режим клистрона в данном случае должен сильно отличаться от генераторного. Необходимо значительно уменьшить ток накала клистрона и напряжения, подаваемые на его электроды, по сравнению с нормальным генераторным режимом.

В таком «недонапряженном» режиме токи, идущие на электроды клистрона, будут малы, электронный поток, проходящий через сетки, будет также мал, а ток на отражатель, при напряжении его, равном нулю, будет отсутствовать. Этим будет обеспечено отсутствие самовозбуждения клистрона и уменьшено влияние пространственных зарядов и нагревание контура. Если тем или иным способом связать контур клистрона с генератором, то электроны, проходящие через модулирующее пространство между сетками контура, окажутся модулированными по скорости, и те из них, скорость которых увеличится, попадут на отражатель, в цепи которого появится ток.

На рис. 4 показана зависимость тока отражателя от настройки контура при постоянстве связи между генератором и контуром волномера клистрона. При настройке контура клистрона на частоту генератора ток в цепи отражателя проходит через максимум, и, таким образом, ток отражателя может служить индикатором настройки. Включая в цепь ускоряющей сетки клистрона генератор звуковой частоты, получим в цепи рефлектора ток, модулированный звуковой частотой, который затем можно усилить.

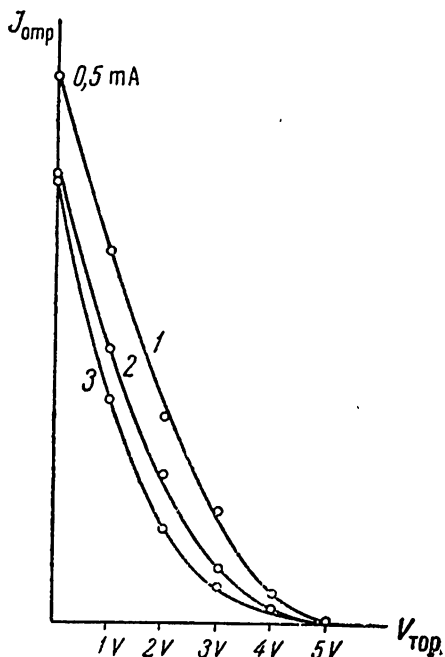


Рис. 5. Зависимость тока отражателя от тормозящего напряжения:

кривая 1: напряжение на контуре $V_K = 18,0 \text{ В}$, напряжение на ускоряющей сетке $V_C = 130 \text{ В}$;
 кривая 2: напряжение на контуре $V_K = 17,0 \text{ В}$, напряжение на ускоряющей сетке $V_C = 100 \text{ В}$;
 кривая 3: напряжение на контуре $V_K = 17,0 \text{ В}$, напряжение на ускоряющей сетке $V_C = 120 \text{ В}$

Настройка контура клистрона осуществляется при помощи ввинчивающегося плунжера. Плунжер снабжен градуированной головкой.

Диапазон частот клистрона-волномера 2700—3100 МГц, если использовать клистрон с рабочей частотой 3000 МГц. Диапазон волномера можно расширить, заменив торoidalный контур клистрона волноводом.

Прибор требует некоторого времени на прогрев, так как контур, находящийся вблизи катода клистрона, вначале может несколько менять свою частоту.

III. Применение клистрона для измерения напряжений

Клистрон, находящийся в «недонапряженном» режиме, может быть использован для измерения напряжений в сантиметровом диапазоне. Амплитуда напряжения на сетках клистрона, по возможности точно настроенного на частоту входящего сигнала, будет пропорциональна амплитуде напряжения на входе прибора. Таким образом, задача абсолютных измерений напряжения с помощью клистрона распадается на две: измерение напряжения, существующего на сетках клистрона, и переход от этого напряжения, с учетом действия элементов, обеспечивающих связь, к напряжению на входе прибора.

Ниже описывается метод, с помощью которого измеряется абсолютное значение напряжения, существующего на сетках клистрона. Однако

учет действия элементов, обеспечивающих связь, весьма сложен, и, таким образом, прибор пригоден лишь для относительных измерений напряжений.

При подаче на сетки клистрона высокочастотного напряжения с амплитудой V_0 электроны будут в течение части периода ускоряться, а в течение другой части замедляться. Появится ток на отражателе, для полного прекращения которого придется подать на отражатель постоянное тормозящее напряжение V , равное (пренебрегая скоростями вылета) амплитуде переменного напряжения V_0 . Для точности показаний прибора имеет значение распределение по скоростям электронов, пролетевших через модулирующее пространство, образованное сетками контура.

Рис. 6. Схема прибора для измерения напряжения:

1 — контур клистрона; 2 — модулирующее пространство; 3 — отражатель; 4 — ускоряющая сетка клистрона; 5 — индикатор тона отражателя; 6 — вольтметр; 7 — коаксиальная линия

Желательно, чтобы электроны, проходящие через модулирующее пространство вблизи оси контура, испытывали такое же воздействие поля сеток, как электроны, проходящие по периферии вблизи краев контура. Степень приближения к этому наиболее выгодному условию зависит от конструкции сеток контура и может быть исследована экспериментально, как это было сделано Греховой и Васильевым [2].

На рис. 5 показана зависимость тока отражателя от величины тормозящего напряжения отражателя при частоте 3000 МГц. Из него видно, что при различных режимах клистрона кривые сходятся к одной точке, которая и дает значение амплитуды переменного напряжения. Наиболее выгоден режим, дающий более крутое спадание кривых. Крутизна спадания зависит от конструкции сеток.

Схема прибора дана на рис. 6.

В клистрон, применяемый для измерения напряжений, желательно внести небольшие конструктивные изменения. Во-первых, желательно ввести дополнительную сетку в пространство между контуром и отра-

жателем. Эта сетка будет служить коллектором для отраженных электронов, уменьшая количество электронов, возвращающихся в модулирующее пространство. Во-вторых, для расширения диапазона вольтметра по частоте следует заменить тороидальный контур волноводом.

IV. Прибор для измерения напряженности поля

Для измерения напряженности поля в диапазоне сравнительно длинных волн широкое применение получил метод, основанный на использовании для целей измерения калиброванного по чувствительности супергетеродинного приемника. Преимуществом этого метода на высоких частотах является возможность более точных измерений относительной величины напряженности поля. Изменение чувствительности измерительного приемника производится в этом случае с помощью калиброванного делителя напряжения колебаний промежуточной частоты. Точность измерений абсолютных величин напряженности поля по этому методу зависит от точности калировки прибора на какой-либо одной величине напряженности поля.

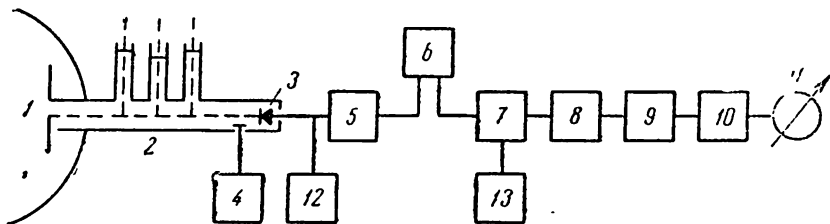


Рис. 7. Блок-схема прибора для измерения напряженности поля частоты 3 000 МГц:

1 — антенное устройство с верналом; 2 — фидерная линия с тремя шлейфами подстройки; 3 — кристаллический детектор; 4 — клистронный гетеродин; 5 — 1-й каскад 1-го усилителя промежуточной частоты; 6 — делитель напряжения — аттенуатор; 7 — 2-й, 3-й и 4-й каскады 1-го усилителя промежуточной частоты; 8 — второй преобразователь частоты; 9 — второй усилитель промежуточной частоты; 10 — второй детектор и усилитель низкой частоты; 11 — выходной индикаторный прибор; 12 — калибратор; 13 — внутренний модулятор

Нами были разработаны два прибора для измерения относительных значений напряженности поля плоских электромагнитных волн частоты

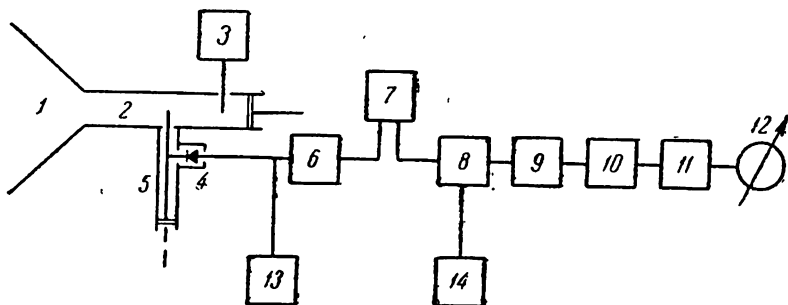


Рис. 8. Блок-схема прибора для измерения напряженности поля частоты 10 000 МГц:

1 — рупор; 2 — волновод; 3 — клистронный гетеродин; 4 — кристаллический детектор; 5 — коаксиальный шлейф подстройки; 6 — 1-й каскад 1-го усилителя промежуточной частоты; 7 — делитель напряжения — аттенуатор; 8 — 2-й, 3-й и 4-й каскады 1-го усилителя промежуточной частоты; 9 — второй преобразователь частоты; 10 — второй усилитель промежуточной частоты; 11 — второй детектор и усилитель низкой частоты; 12 — выходной индикаторный прибор; 13 — калибратор; 14 — внутренний модулятор

ты 3000 и 10 000 МГц. По грубой оценке пределы измерений приборов простираются от 50 $\mu\text{V}/\text{м}$ до 0,5 $\text{V}/\text{м}$.

На рис. 7 показана блок-схема прибора для частоты 3000 МГц. Прибор представляет собой многоламповый супергетеродинный приемник, имеющий два усилителя с двумя преобразователями частоты измеряемых колебаний. На входе прибора имеется кристаллический детектор, к которому посредством коаксиальной линии подводятся колебания высокой частоты. Эти колебания складываются со стабилизированными по частоте колебаниями местного генератора и преобразуются детектором в колебания частоты 21 МГц, усиливаемые затем первым усилителем промежуточной частоты. В местном генераторе использован клистрон. Стабилизация, помимо свойств объемного контура клистрона, обеспечивается также схемой питания. В анодной цепи входной лампы первого усилителя имеется специальный омический делитель напряжения, который позволяет ослаблять сигнал в 10 000 раз. К пентодной сетке 4-й лампы этого усилителя подводятся колебания от звукового генератора для осуществления «местной» модуляции измеряемых колебаний. После этого усилителя измеряемые колебания преобразуются второй раз и усиливаются вторым усилителем, настроенным на частоту 34 МГц. Затем колебания детектируются диодом, и выделенные колебания частоты модуляции, амплитуда которых пропорциональна амплитуде исследуемых колебаний высокой частоты, подаются к усилителю звуковой частоты, на выходе которого имеется стрелочный прибор.

Чтобы избежать выпадения из настройки прибора (вследствие некоторых практически неизбежных изменений частоты исследуемых колебаний и частоты местного генератора), кривая пропускания частот

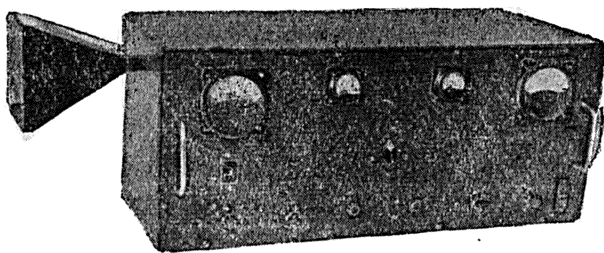


Рис. 9. Внешний вид прибора для измерения напряженности поля частоты 10 000 МГц

этих усилителей имеет полосу $1,5 \cdot 10^6$ Нз на высоте 0,5 кривой селективности. Для ослабления «собственных шумов» усилитель звуковой частоты прибора имеет небольшую полосу пропускания, около 2000 Нз.

Для контроля постоянства величины усиления прибора в нем предусмотрен специальный внутренний генератор, при включении которого калиброванное напряжение подается к управляющей сетке первой лампы.

Антенное устройство прибора состоит из антенны, зеркала и коаксиальной линии, внутренний провод которой поддерживается тремя шлейфами подстройки по системе В. В. Татарина [3]. По шкале лимба, расположенного за параболическим зеркалом, имеется возможность определять изменения плоскости поляризации проходящей электромагнитной волны.

Прибор для частоты 10 000 МГц отличается от описанного выше прибором на 3000 МГц высокочастотной частью. В нем вместо антенны, зеркала и коаксиальной линии применен волновод с приемным рупором. Блок-схема прибора для частоты 10 000 МГц дана на рис. 8, а общий вид его — на рис. 9.

Цитированная литература

1. Clayton R. I., Houldin I. E. and oth., Journ. Inst. Electr. Eng., 93, p. III, No. 22, 1940.
2. Грехова М. Т. и Васильев Р. П., ЖТФ, 10, 11, 1940.
3. Татаринов В. В., ИЭСТ, 8, 1, 1940.

ON CERTAIN INSTRUMENTS FOR MEASUREMENTS IN THE RANGE OF CENTIMETER WAVES

By **M. T. Grekhova, S. I. Averkov, D. I. Grigorash and V. I. Ankin**

S u m m a r y

A description is given of a receiver-wavemeter with automodulation, a wavemeter with an electron-ray indicator, an instrument for measuring voltages and an instrument for measuring field intensity, suitable for measurements in the range of centimeter waves.
