

## ИЗМЕРЕНИЕ РАЗНОСТИ ФАЗ В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ МЕТОДОМ КОЛЬЦЕВОЙ РАЗВЕРТКИ

И. Д. ЗОЛОТАРЕВ, В. П. ДЕНИСОВ

(Представлено научным семинаром радиотехнического факультета)

В ряде случаев возникает необходимость измерения сдвига фаз между высокочастотными заполнениями коротких радиолокационных импульсов, принятых на разнесенные антенны [3].

Вопросы подобных измерений (особенно в случае сигнала, сравнимого с шумами) мало разработаны и представляют известный интерес [1].

Рассматриваемая методика измерения сдвига фаз была разработана применительно к радионаблюдениям метеорных отражений. Кратковременность существования этих отражений и их небольшая мощность налагают на аппаратуру ряд специфических требований [3].

Поставленная задача была решена путем применения специальной схемы фазометра с кольцевой разверткой. Упрощенная блок-схема фазометра показана на рис. 1.

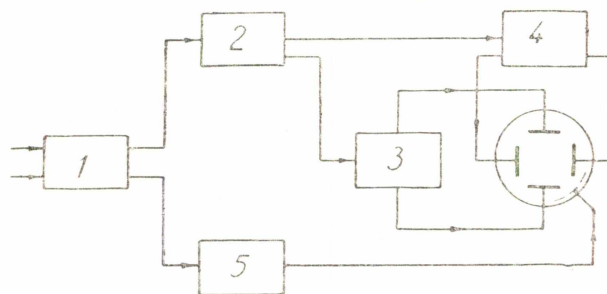


Рис. 1.

Напряжения, фазовый сдвиг между которыми необходимо измерить, поступают на вход двухканального приемника 1.

С выхода усилителя первого канала опорное напряжение поступает на фазосдвигающую цепь 2. С фазовращателя два синусоидальных напряжения, сдвинутые на  $90^\circ$ , подаются на оконечные усилители кольцевой развертки 3, 4, откуда поступают на взаимно перпендикулярные отклоняющие пластины трубки.

В результате воздействия обоих напряжений на электронный луч на экране трубки получаем кольцевую развертку, период которой равен периоду высокочастотного заполнения.

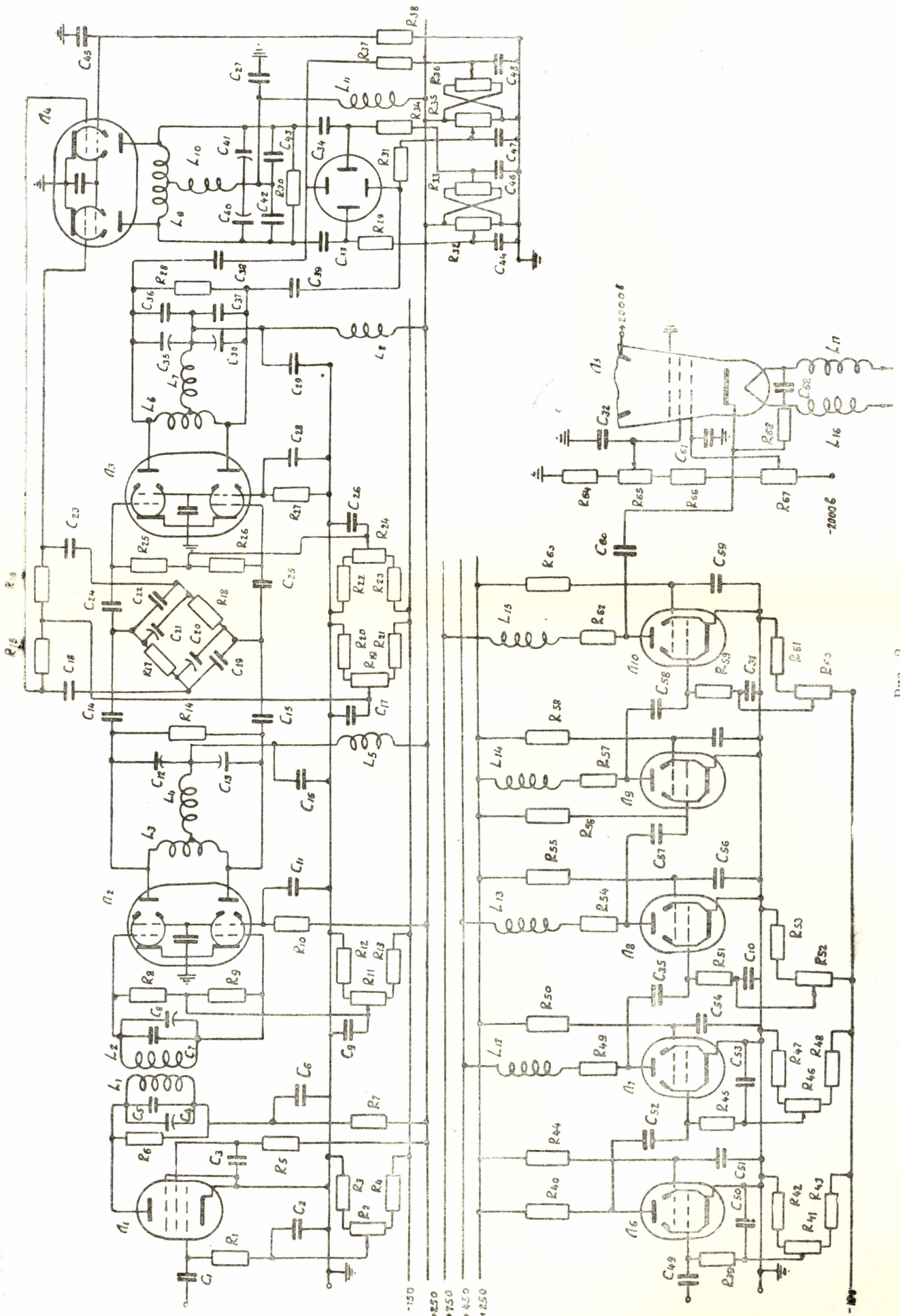


Рис. 2.

Особенностью разработанной схемы импульсной кольцевой развертки является:

1) применение в схеме кольцевой развертки резонансных систем с широкой полосой пропускания ( $\Delta F$  сравнимо с  $f_0$ , где полоса пропускания  $\Delta F = 500$  кгц, частота сигнала  $f_0 = 2$  мггц);

2) настройка в резонанс контуров, входящих в схему фазометра<sup>1)</sup>.

Напряжение со второго канала приемника поступает на схему формирования импульсов отметки 5. Сформированные остроконечные импульсы подаются на модулирующий электрод электронно-лучевой трубки для создания фазовой отметки.

Разработанная в результате экспериментальных исследований схема формирования вырабатывает импульсы длительностью порядка  $10^{-8}$ сек с частотой повторения  $2 \cdot 10^6$  имп/сек. При такой длительности импульсов отметки вероятная погрешность измерения (при отсутствии шумов) не превышает  $2^\circ$ .

Принципиальная схема индикатора фазометра с кольцевой разверткой изображена на рис. 2.

Вверху изображена схема кольцевой развертки, внизу—схема формирования импульсов отметки.

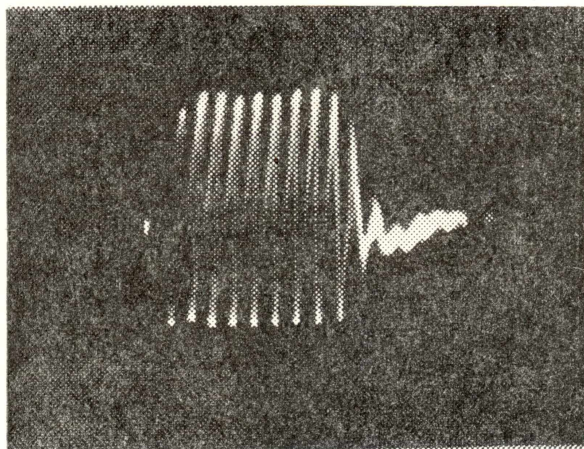


Рис. 3.

С выхода опорного канала приемника напряжение сигнала поступает на предварительный усилитель, собранный на лампе  $L_1$  (6П9), откуда через двухтактный усилитель  $L_2$  (ГУ-29) подается на фазовращатель, собранный по мостиковой схеме. Подстройка фазы осуществляется конденсаторами  $C_{20}$  и  $C_{21}$ . Общая регулировка амплитуды кольцевой развертки производится потенциометром  $R_{11}$ . Регулировка амплитуды отклонения по осям осуществляется потенциометрами  $R_{19}$  и  $R_{24}$ . С выхода второго канала приемного устройства напряжение поступает на вход формирующей схемы. Первая лампа схемы формирования  $L_6$  (6П9) работает в режиме ограничения. Каскад формирования собран на лампе  $L_7$  (Г-807). В этом каскаде используется контур ударного возбуждения с малой добротностью, включенный в анодную цепь лампы. Выбор параметров контура производится таким образом, чтобы за время, равное половине периода сигнала, напряжение на нем нарастало до величины, сравнимой с напряжением источника

<sup>1)</sup> В импульсных фазометрах контура должны быть настроены на частоту заполнения радиоимпульсов сигнала. В противном случае, возникающий при переходных процессах выбег фазы напряжения сигнала приведет к искажению фазовой отметки на экране индикатора фазометра и, следовательно, будет ухудшена точность измерения разности фаз [4].

питания. При возбуждении контура прямоугольными импульсами тока частоты сигнала на нем будет возникать напряжение треугольной формы (рис. 3.). Из этих импульсов напряжения в результате последующего их „обострения“ в каскадах, собранных на лампах  $L_8$ ,  $L_9$  и  $L_{10}$ , получаем остроконечные импульсы отметки (рис. 4).

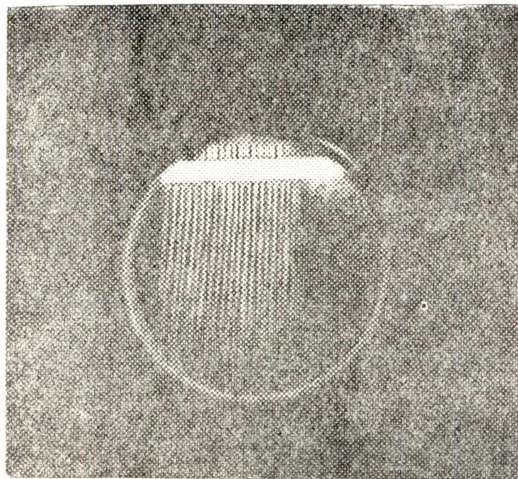


Рис. 4.

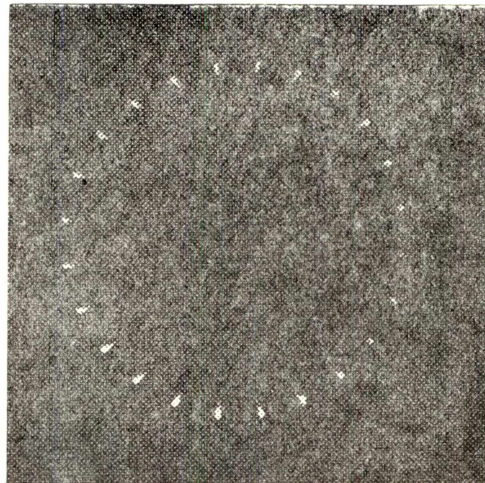


Рис. 5.

С выхода лампы  $L_{10}$  отрицательные импульсы отметки поступают на катод электронно-лучевой трубки.

Сравнение показывает, что эта схема формирования при поставленных условиях дает выигрыш в амплитуде импульсов по сравнению со схемами, использующими дифференцирующие цепи в 3—4 раза [2].

Регулировка амплитуды отметки осуществляется потенциометром  $R_{60}$ . Остальные элементы схемы фазометра не требуют особых пояснений.

Целью эксперимента являлось исследование работы индикаторной части схемы фазометра в импульсном режиме при наличии шумов, а также оценка точности фазометра.

Для контроля линейности импульсной кольцевой развертки применена электрическая калибровка. С этой целью на модулирующий электрод трубки подавалось калибровочное синусоидальное напряжение частоты 48 мегагерц. Вид экрана индикатора фазометра в режиме калибровки показан на рис. 5.

Экспериментально было показано, что индикаторная часть фазометра с кольцевой разверткой позволяет осуществлять измерение сдвига фаз в импульсном режиме при наличии шумов. Фазометр с кольцевой разверткой позволяет определить положение фазовой отметки с вероятной ошибкой:

Экспериментально было показано, что индикаторная часть фазометра с кольцевой разверткой позволяет осуществлять измерение сдвига фаз в импульсном режиме при наличии шумов. Фазометр с кольцевой разверткой позволяет определить положение фазовой отметки с вероятной ошибкой:

а) в импульсном режиме без шумов при длительности импульса  $\tau_{и} = 5 \text{ мксек}$  —  $\Delta\varphi_{\text{вер}} \approx 2^\circ$  (рис. 6);

б) в импульсном режиме с шумами при длительности импульса  $\tau_{и} = 5 \text{ мксек}$

$$\text{и } \frac{U_c}{U_{ш}} \approx 5 - \Delta\varphi_{\text{вер}} \approx 3^\circ \quad (\text{рис. 7})$$

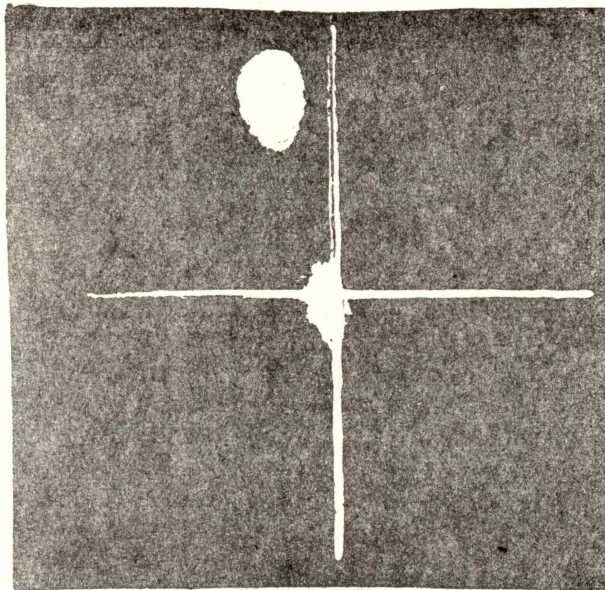


Рис. 7.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бонч-Бруевич А. М., Широков В. И., Некоторые вопросы фазовых измерений, Журнал технической физики, т. XXV, выпуск 10, 1955.
2. Меерович Л. А., Зеличенко Л. Г., Импульсная техника, Издательство Советское радио, 1954.
3. Золотарев И. Д., Фазометрическая аппаратура для метеорных исследований (печатается в настоящем сборнике).
4. Essman D., Zeitschrift für angewandte Mathematic und Physik. Bd. 6, N. 3, S. 115—120, 1954.