

25
АКАДЕМИЯ НАУК СССР СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

препринт 217

Авербух И.И. Карлинер М.М.

Установка для измерения динамических
характеристик ферритов в диапазоне $15 \div 50$ МГц

Новосибирск
1968

Авербух И.И., Карлинер М.М.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАК-
ТЕРИСТИК ФЕРРИТОВ В ДИАПАЗОНЕ 15 + 50 Мгц

А Н Н О Т А Ц И Я

Описана установка для измерения добротности колебательного контура с индуктивностью на ферритовом кольцевом сердечнике при высокочастотной индукции в феррите до 200 гс и при перестройке контура путем намагничивания феррита со скоростью до $10^5 \frac{\text{Мгц}}{\text{сек}}$.

Частотный диапазон испытания ферритов 15 + 50 Мгц.
Импульсные подмагничивающие поля до $500 + 700 \frac{\text{а}}{\text{см}}$.
Наружный диаметр исследуемых ферритовых колец - 35 мм.

Разработка высокочастотной радиоаппаратуры на ферритовых перестраиваемых элементах в значительной степени затруднена из-за отсутствия сведений о поведении ферритов в сильных высокочастотных полях в условиях быстрой перестройки.

В литературе /1,2,3,4/ приводятся только статические характеристики ферритового материала и совершенно не указываются динамические, такие как зависимость добротности феррита при подмагничивании от величины высокочастотной индукции в диапазоне перестраиваемых частот и зависимость добротности феррита в высокочастотном поле от скорости подмагничивания.

Ниже описаны установка для исследования этих характеристик, методика измерений и приведены некоторые характеристики феррита марки УФ-92, измеренные на установке.

БЛОК-СХЕМА УСТАНОВКИ

Блок-схема установки изображена на рис. 1. Колебательный контур LC с исследуемым ферритом включается в анодную цепь усилителя мощности высокочастотных колебаний УМ. Усилитель мощности возбуждается внешним генератором высокой частоты Г. Питание усилителя мощности осуществляется от источника напряжения ИН.

Колебательное напряжение на контуре детектируется детектором Д и измеряется с помощью осциллографа OC_1 .

Амплитуда тока через контур в момент прохождения резонанса определяется по падению напряжения на сопротивлении R и измеряется осциллографом OC_2 , при этом сигнал предварительно усиливается измерителем тока ИТ.

Индуктивность контура на феррите помещается в подмагничивающую систему ПС, которая питается от генератора подмагничивающего поля ГПП. Подмагничивание феррита осуществляется пилообразным импульсным полем.

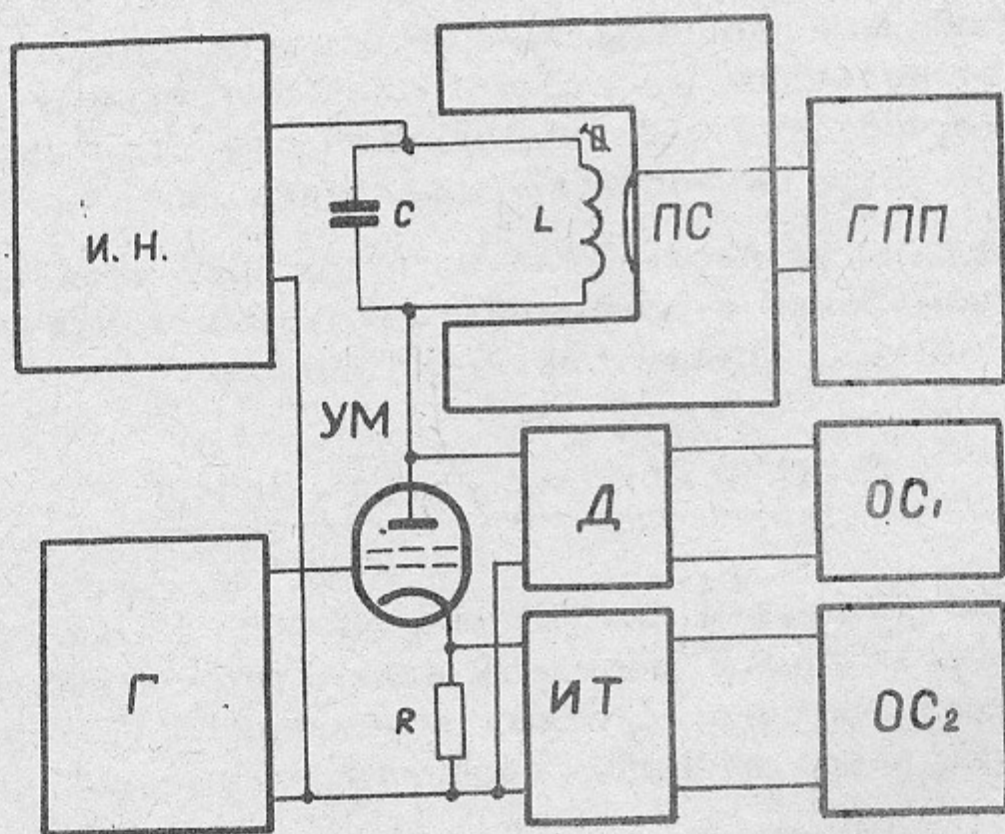


Рис.1. Блок-схема установки

ГЕНЕРАТОР ПОДМАГНИЧИВАЮЩЕГО ПОЛЯ

ГПП создает в зазоре подмагничивающей системы импульсные поля напряженностью до $1000 + 2000 \frac{\text{а}}{\text{см}}$ с регулируемой скоростью нарастания от нуля до $3 \cdot 10^6 \frac{\text{а}}{\text{см.сек.}}$

ГПП состоит из схемы формирования и усиления пилообразного напряжения, а также схемы выделения и усиления импульсов синхронизации всех систем установки.

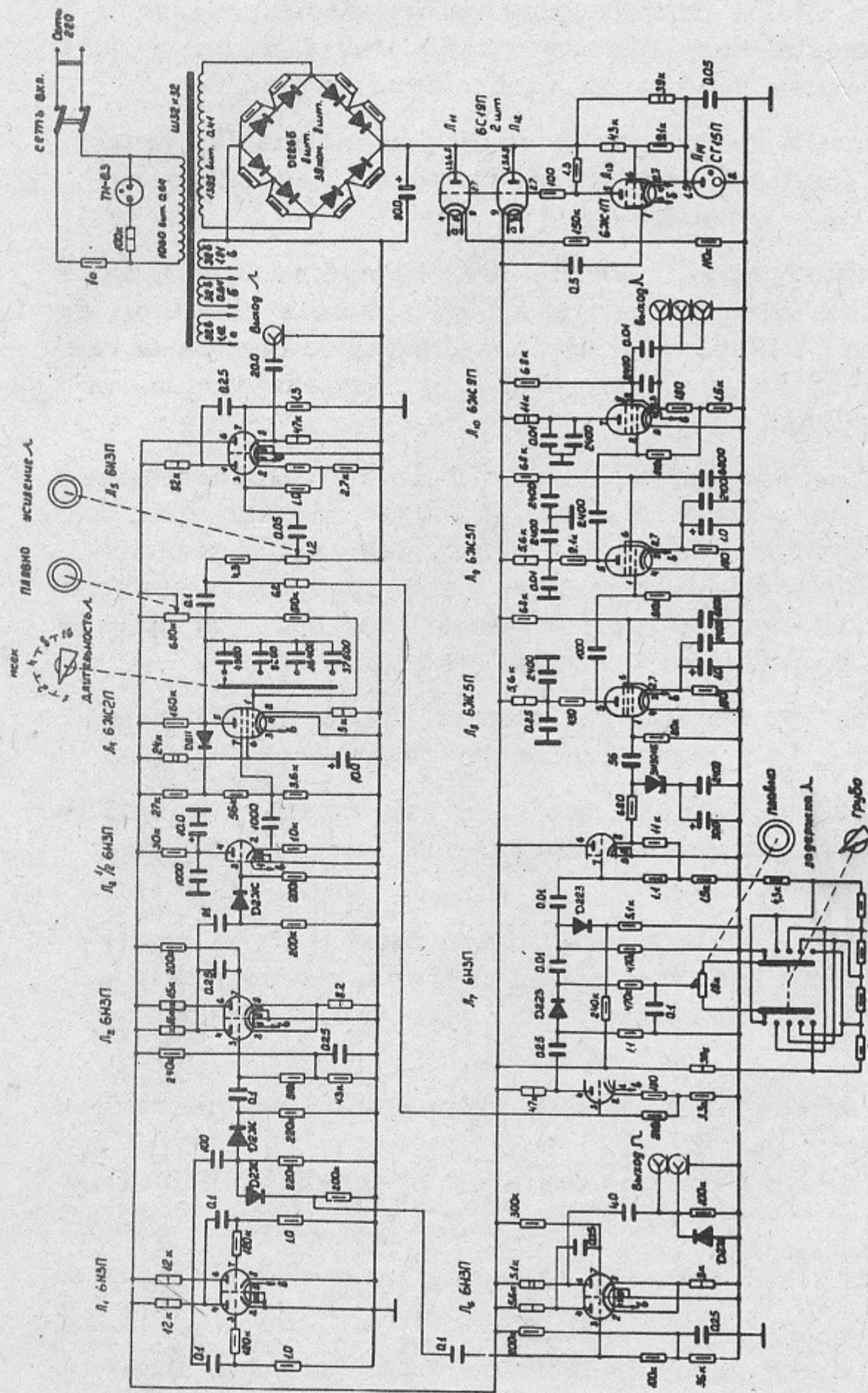


Рис.2. Принципиальная схема ГПП
 Схема формирования и предварительного усиления пилообразного
 напряжения. Схема выделения синхронизирующих импульсов.

Принципиальная схема ГПП, содержащая схему формирования и предварительного усиления пилообразного напряжения и схему выделения синхронизирующих импульсов изображена на рис. 2.

Генератор тактовых импульсов выполнен на лампе L_1 типа 6НЗП и служит для создания стартовых сигналов для синхронизации всех систем установки с частотой 3 гц.

Ждущий мультивибратор на L_2 -6НЗП служит для создания задержки 1,5 мсек между стартовым сигналом и сигналом на запуск фантастронного генератора. Эта задержка необходима, как будет показано дальше, по условиям работы усилителя мощности высокочастотных колебаний.

Фантастронный генератор на лампе L_4 -6Ж2П вырабатывает пилообразное напряжение, которое после усиления служит для создания подмагничивающего поля. Переключателем "Длительность" можно устанавливать длительность пилообразных импульсов 1, 2, 4, 8, 16 мсек. Потенциометром "Плавно" выбираются промежуточные значения длительностей в каждом диапазоне.

Предварительный усилитель на лампе L_5 типа 6НЗП служит для усиления сигнала с фантастронного генератора.

Регулировка амплитуды пилообразного напряжения, а следовательно, и амплитуды подмагничивающего поля, осуществляется потенциометром "Усиление λ ".

Для просматривания на экране осциллографа любого участка диапазона перестройки предусмотрена система выделения и задержки синхроимпульса, снимаемого с точки схемы, обозначенной "выход λ ".

Выделение и усиление импульса синхронизации осуществляется каскадами на лампах L_7 , L_8 , L_9 , L_{10} .

Регулирование задержки производится ручками "задержка λ " "грубо", "плавно".

Источник питания выполнен на лампах L_{11-12} -6С19П, L_{13} -6Ж1П и L_{14} -СГ15П.

Усилитель мощности пилообразного напряжения (рис. 3) выполнен по схеме с частичным разрядом накопительной емкости с трансформаторным выходом. В качестве усилительного элемента исполь-

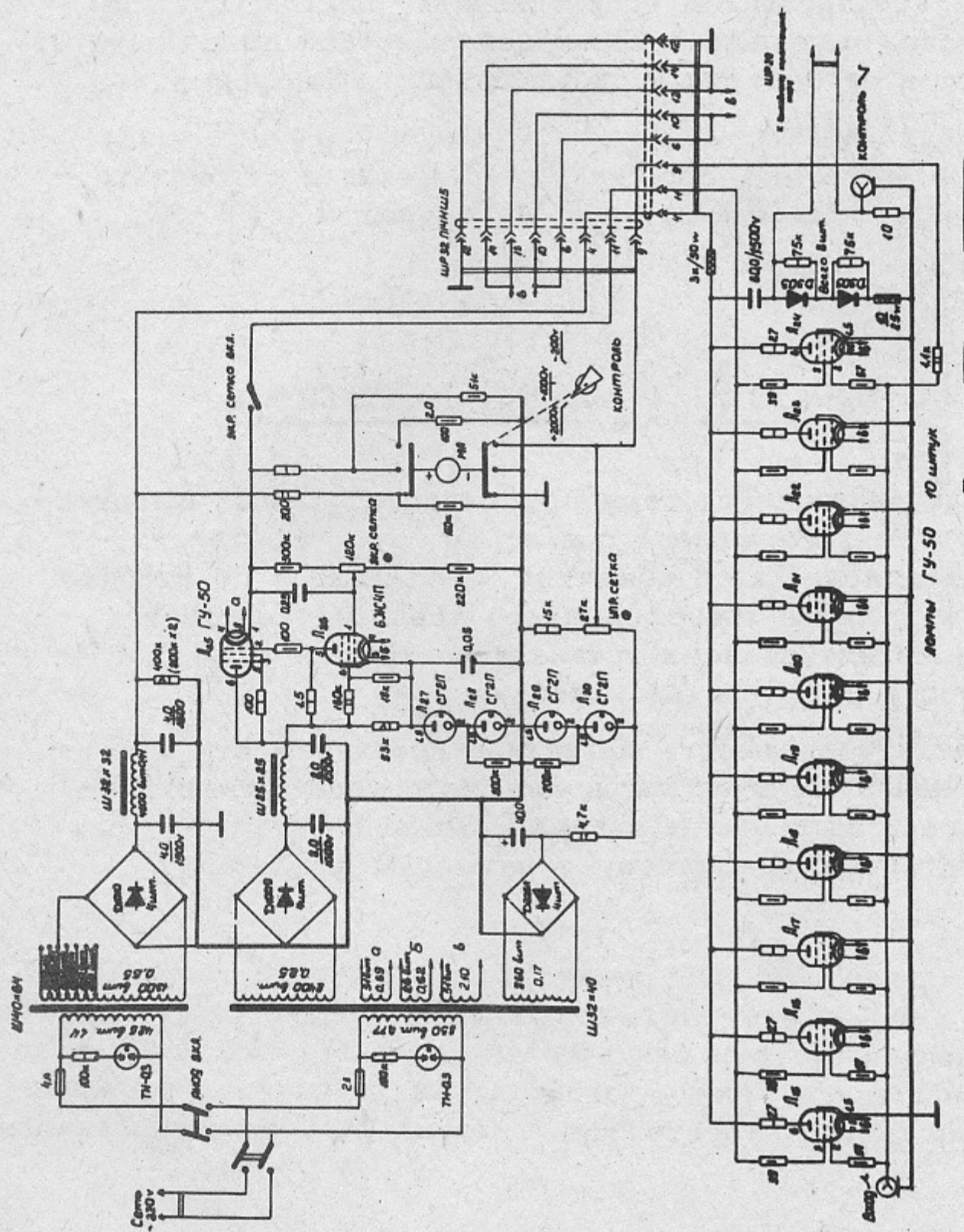


Рис.3. Принципиальная схема ГШ.
УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ ПИЛОобразного НАПРЯЖЕНИЯ

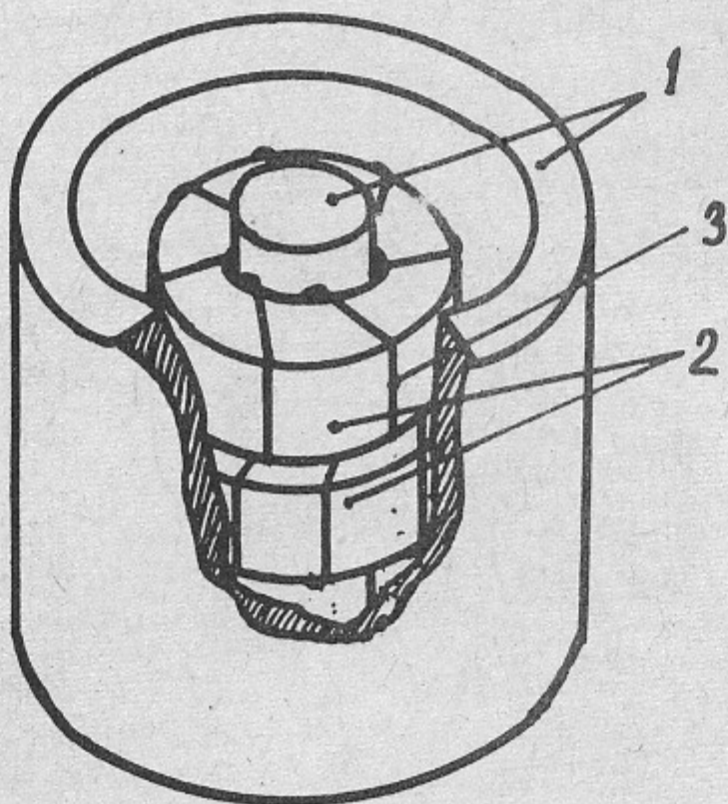


Рис.5. Подмагничивающая система

- 1 - подмагничивающий виток, 2 - ферритовые сердечники,
3 - высокочастотные обмотки.

УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Усилитель мощности высокочастотных колебаний выполнен на тетроде ГУ-33Б (рис. 6).

На вход усилителя, обозначенный на схеме "вход \approx ", подается напряжение амплитудой до 10в от генератора высокочастотных колебаний. Частотный диапазон 15 \pm 50 Мгц.

Усилитель мощности позволяет создавать на контуре высокочастотное напряжение амплитудой 800 в при амплитуде тока через лампу ГУ-33Б до 0,5 а.

ГУ-33Б работает в импульсном режиме и отпирается только на время перестройки контура. При отсутствии сигнала подмагничивающего поля лампа заперта отрицательным напряжением на сетке 1. При перестройке контура на "вход Л" ГУ-33Б подается положительный импульс напряжения, выводящий лампу на рабочую точку. Открывающий импульс начинается несколько раньше, чем импульс подмагничивающего поля, и в цепи сетки к началу перестройки контура устанавливается стационарный режим. Длительность открывающего импульса несколько превышает наибольшую длительность импульса подмагничивающего поля и составляет около 20 мсек.

Сигнал открывающего импульса вырабатывается ждущим мультивибратором на лампе Л₆-6НЗП рис. 2. Запуск ждущего мультивибратора производится от генератора тактовых импульсов на лампе Л₁-6НЗП рис. 2.

К анодной цепи ГУ-33Б подключен импульсный вольтметр для измерения амплитудного напряжения на контуре. Вольтметр выполнен на лампе Л₃₆ типа 6Д13Д.

Измерение амплитуды высокочастотных колебаний производится осциллографическим методом. В качестве осциллографа применен осциллограф типа С1-8, подключаемый к выходу "Измерение $\approx U$ "

Питается усилитель мощности высокочастотных колебаний от отдельного источника, содержащего выпрямитель анодного напряжения и стабилизированные источники сетки 1 и сетки 2 на лампах Л₃₁, Л₃₂, Л₃₃, Л₃₄.

Индуктивность колебательного контура выполняется на одном ферритовом кольце. Высокочастотная обмотка размещается равномерно по всему периметру. В случае маловитковой катушки для уменьшения индуктивности рассеяния на кольцо наматывается несколько обмоток, соединяемых параллельно.

Емкость колебательного контура состоит из конденсатора (рис. 6), подключенного непосредственно к индуктивности контура, выходной емкости лампы, емкости колебательного контура на землю и собственной емкости индуктивности.

Величина суммарной емкости измеряется методом двух частот.

Измеритель тока

Измерение тока высокочастотных колебаний в усилителе мощности осуществляется путем измерения падения напряжения на известном сопротивлении, включенном в катод ГУ-33Б.

Принципиальная схема измерителя тока изображена на рис.6.

Измерение амплитуды этого напряжения производится по осциллографу.

Сигнал с измерительного сопротивления 2 ома усиливается однокаскадным резонансным усилителем на транзисторе П403А, детектируется и подается на осциллограф. Осциллограф подключается к выходу "Измерение $\approx I$ ". В качестве осциллографа применен С1-8. В коллекторную цепь П403А включен колебательный контур. С помощью конденсатора переменной емкости С-10-100 пФ можно настроиться на любую частоту в диапазонах 15 МГц + 30 МГц, 30 МГц + 50 МГц. Настройка производится по максимальному значению сигнала на экране осциллографа.

Методика измерения динамических характеристик феррита

1. Измерение динамической добротности

Колебательный контур с индуктивностью на исследуемом сердечнике подключается к аноду усилителя мощности высокой частоты и одновременно помещается в подмагничивающую систему (рис. 4), в которой создается пилообразно нарастающее магнитное поле. На вход усилителя мощности подается высокочастотный сигнал от внешнего генератора.

На экране осциллографа, измеряющем амплитуду колебательного напряжения, наблюдается резонансная кривая при созпадении частоты настройки контура с частотой возбуждения. Величина ко-

лебательного напряжения измеряется по осциллографу с учётом коэффициента передачи детектора D . Одновременно на другом осциллографе наблюдается форма тока через колебательный контур. Так как контроль тока осуществляется по величине напряжения на сопротивлении, включенном в катод усилителя высокой частоты, то следует учитывать величину падения напряжения на этом сопротивлении за счет тока через входную емкость усилителя.

Измеритель тока ИТ настраивается в резонанс с возбуждаемой частотой, при этом на экране осциллографа наблюдается характерная кривая с провалом в амплитуде тока в момент резонанса, как показано на рис. 7.

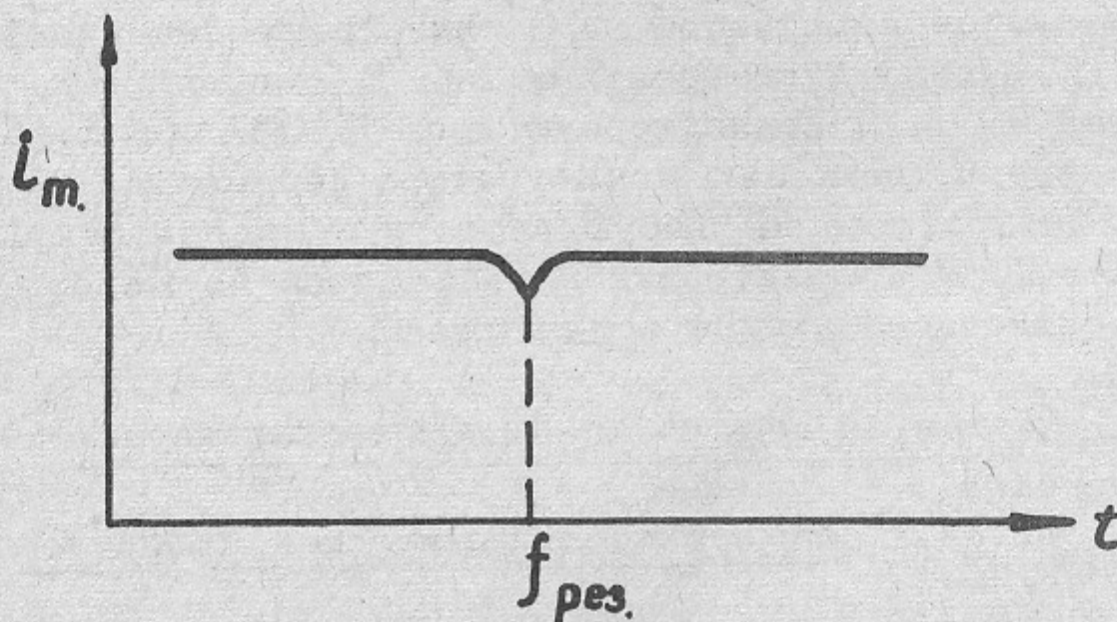


Рис.7. Форма напряжения на измерительном сопротивлении, пропорциональная току.

Значение тока рассчитывается по градуировочной кривой измерителя тока.

Резонансное сопротивление контура R_{0e} определяется по измеренным значениям колебательного напряжения и тока.

Добротность Q рассчитывается по формуле $Q = \frac{R_{0e}}{\rho}$,
 где ρ - волновое сопротивление контура.

2. Измерение скорости перестройки

Измерение скорости перестройки контура с ферритом производят одновременно с измерением добротности.

Для известной частоты f_1 , установленной по шкале генератора Г, наблюдают резонансную кривую контура на экране осциллографа. Затем, изменив частоту генератора на величину Δf , наблюдают смещение резонансной кривой по оси времени Δt рис. 8.

Скорость перестройки V определяется по формуле

$$V = \frac{\Delta f}{\Delta t} \frac{\text{МГц}}{\text{сек.}} \quad \Delta f = f_2 - f_1$$

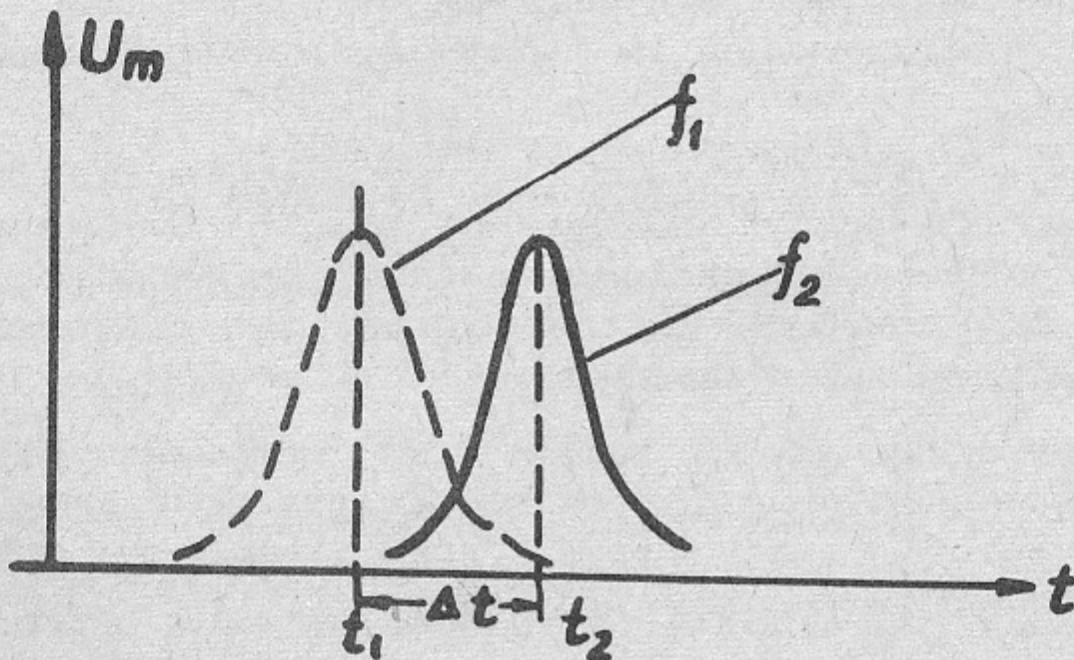


Рис.8. Резонансные характеристики контура

U_m - амплитуда напряжения на контуре. f_1, f_2 - начальное и конечное значение частот в МГц. t_1, t_2 - временное положение резонансной кривой контура на экране осциллографа.

3. Измерение высокочастотной индукции в феррите

Высокочастотная индукция в феррите оценивается по величине колебательного напряжения на контуре по известной зависимости

$$U_m = \omega W S B_m \cdot 10^{-8}$$

где ω - круговая частота

W - число витков высокочастотной обмотки

S - сечение феррита в см².

B_m - максимальное значение индукции в гс

U_m - амплитуда напряжения в вольтах.

4. Снятие зависимости магнитной проницаемости от величины подмагничивающего поля

Зависимость магнитной проницаемости ферритового сердечника от величины подмагничивающего поля определяется расчетным путем после измерения ряда значений частот резонансной настройки контура и соответствующей им амплитуды подмагничивающего поля.

Исследуемый феррит с высокочастотными обмотками помещается в подмагничивающую систему см. рис. 5. Для исключения влияния подмагничивающей системы на характеристики контура перестраиваемая индуктивность выполняется на двух сердечниках с включенными встречно обмотками.

На экране осциллографа, контролирующего амплитуду колебательного напряжения, наблюдаются две резонансные кривые контура (рис. 9), соответствующие настройке при прохождении прямой и обратной ветвей подмагничивающего поля.

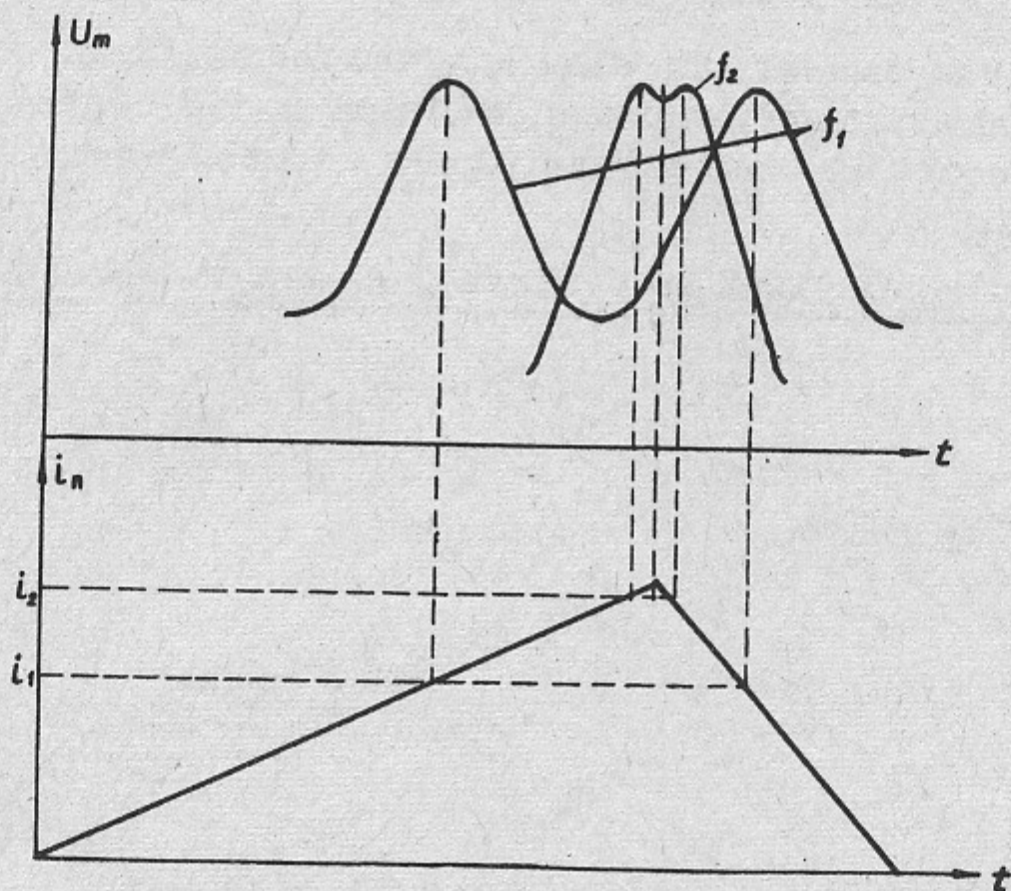


Рис. 9

- а) резонансные кривые контура;
 б) форма подмагничивающего поля.

U_m - амплитуда напряжения на контуре, i_n - амплитуда подмагничивающего поля, f_1, f_2 - частоты настройки контура, соответствующие уровням подмагничивающего поля i_1 и i_2 .

Установив определенное значение подмагничивающего поля, изменяют частоту внешнего генератора таким образом, чтобы на экране осциллографа, контролирующем амплитуду колебательного напряжения, наблюдалась двухгорбая резонансная кривая, соответствующая f_2 (рис. 9). При этом настройка в резонанс происходит почти при максимальном значении i_n .

Определив несколько значений частот для различных амплитуд подмагничивающего поля, можно получить зависимость частоты настройки контура от величины подмагничивающего поля. Пересчет частоты в значение магнитной проницаемости феррита при известной емкости контура производится обычным способом.

Измерение амплитуды подмагничивающего поля произведется путем измерения подмагничивающего тока и пересчетом в значение напряженности при известной длине силовой линии ферритового сердечника.

Некоторые характеристики феррита марки УФ-92

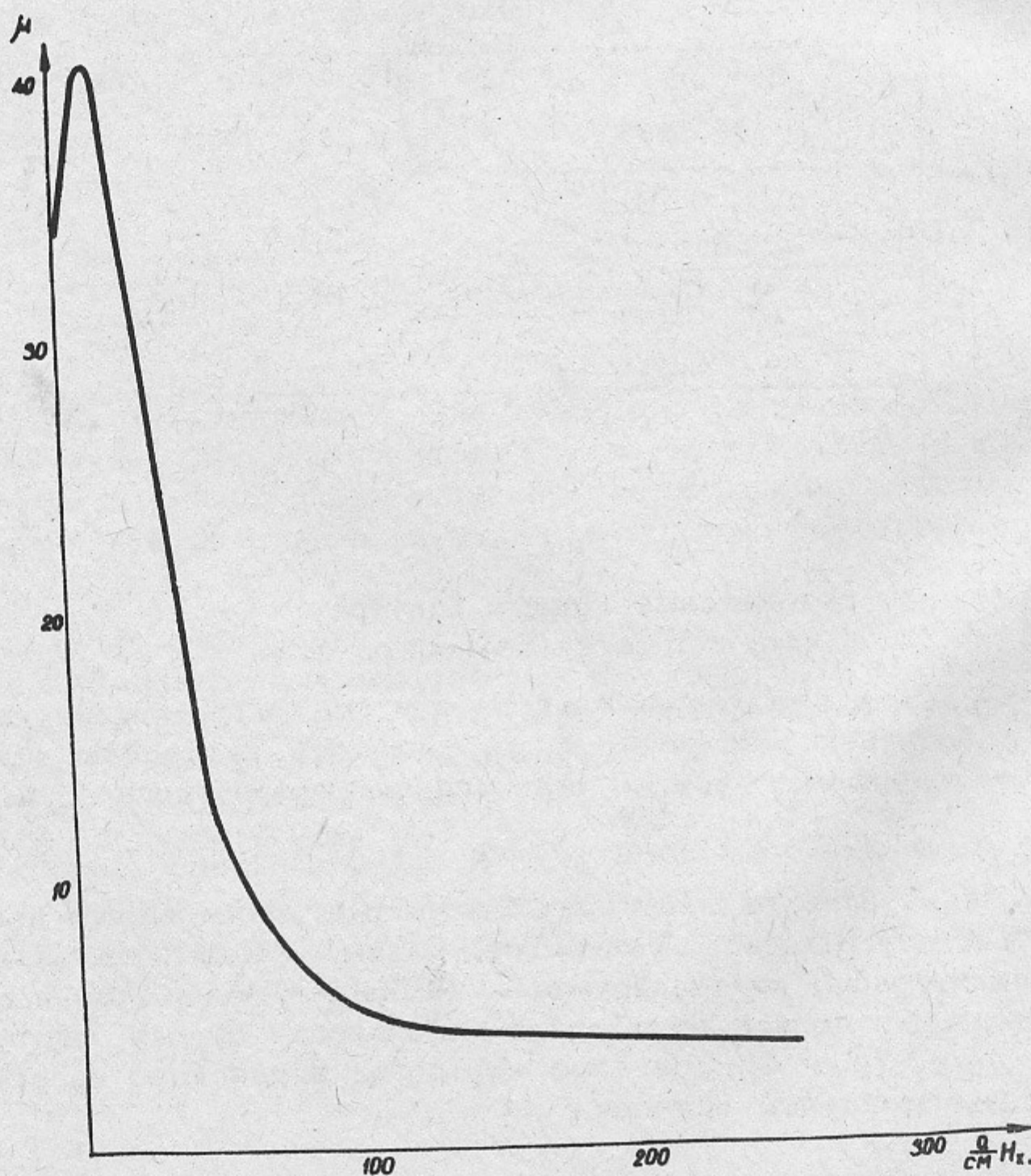


Рис. 10

Зависимость магнитной проницаемости феррита μ от напряженности подмагничивающего поля $H \frac{a}{cm}$.

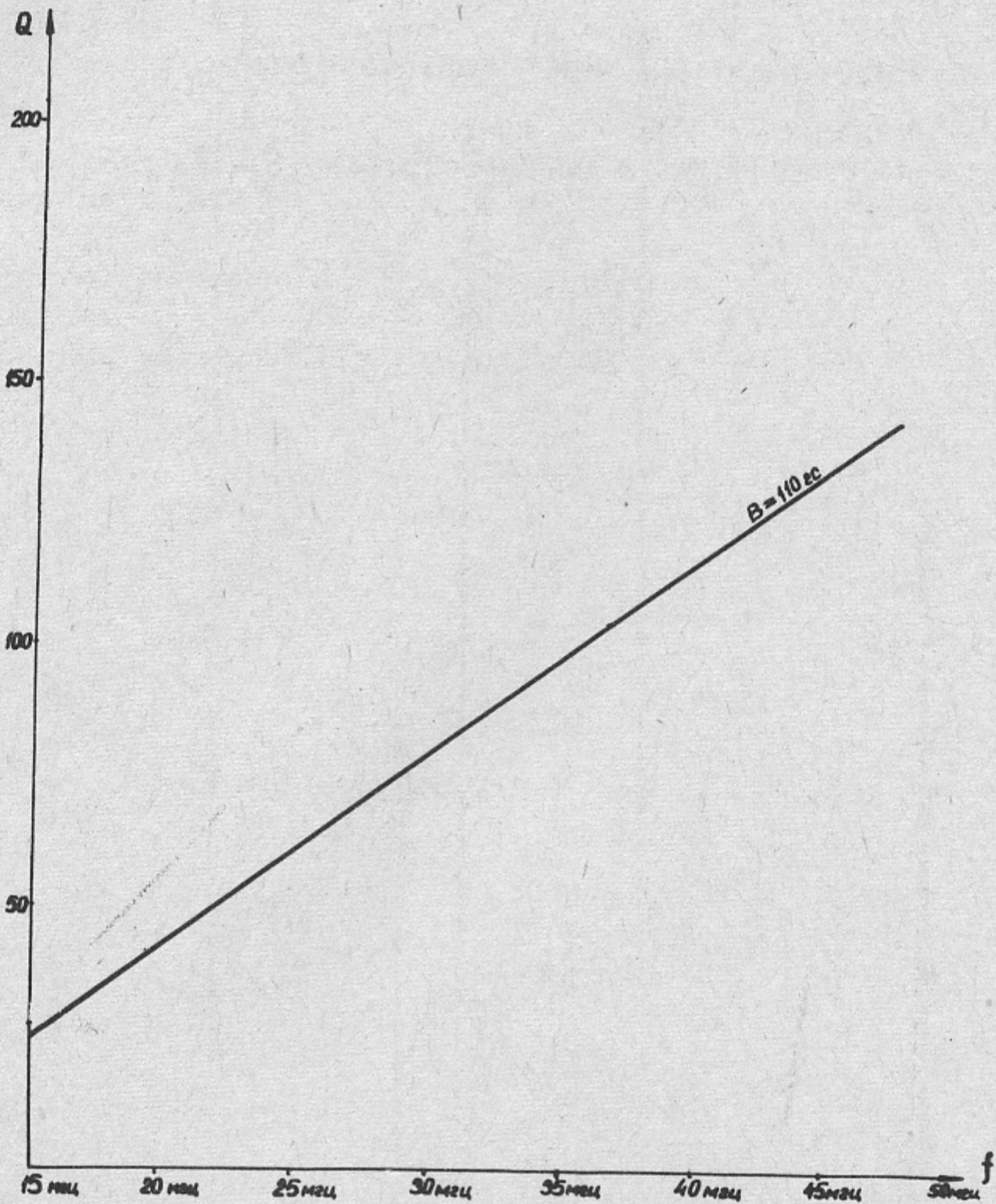


Рис.11

Зависимость добротности Q контура с ферритом от частоты при перестройке путем подмагничивания феррита со скоростями $10^4 - 10^5 \frac{\text{МГц}}{\text{сек}}$ и постоянном значении высокочастотной индукции $B=110$ Гс.

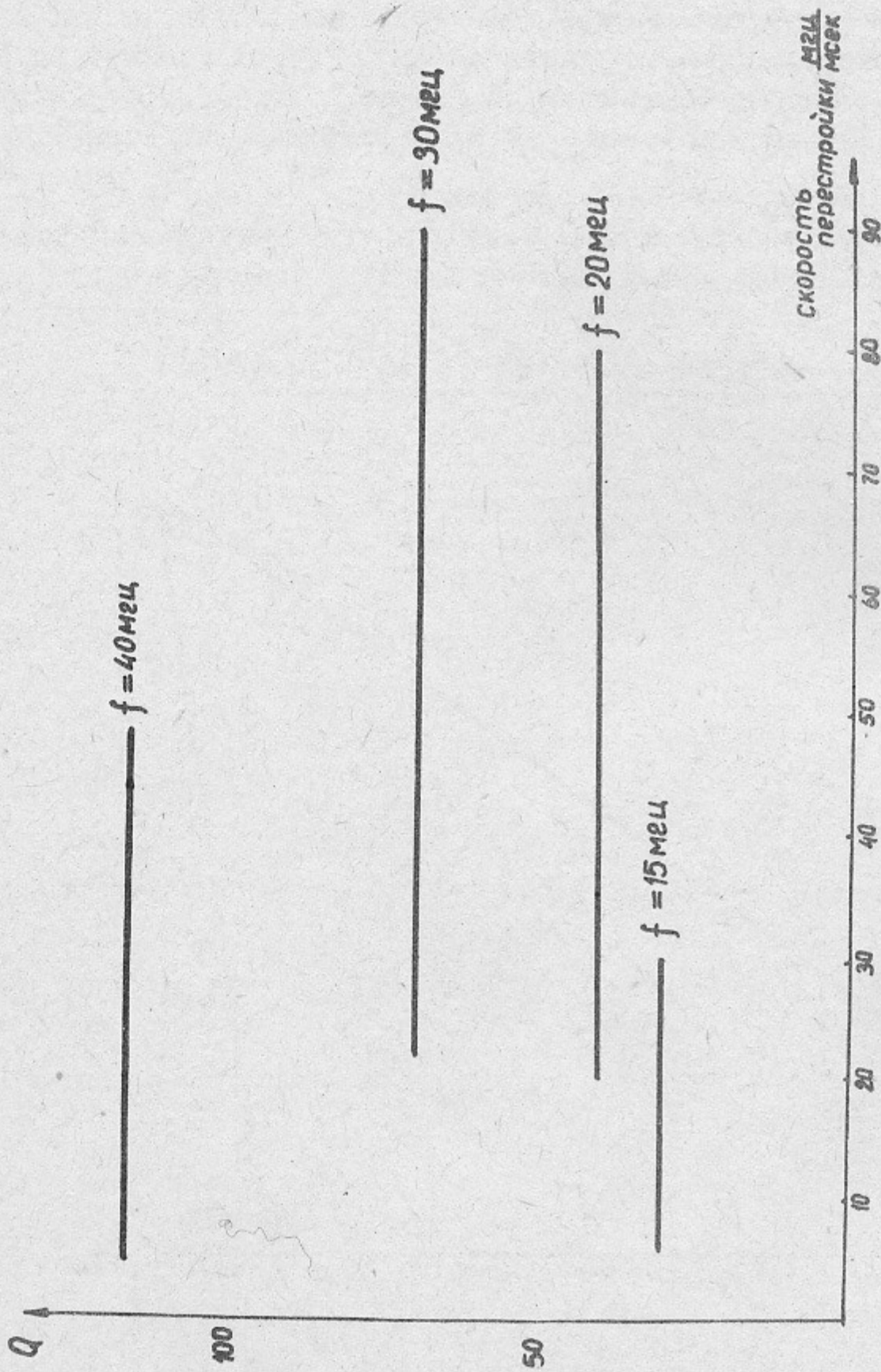


Рис. 12.

Зависимость добротности Q контура с ферритом от скорости перестройки при постоянном значении высокочастотной индукции $V=110$ Гс и частоты настройки f .

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.И.Рабкин. Высокочастотные ферромагнетики. Физматгиз, 1960 г.
2. Н.Н.Шольц, К.А.Пискарев. Ферриты для радиочастот, изд. "Энергия", 1966г.
3. Ферриты, Каталог МЭП СССР 1965г.
4. Ферриты, каталог СНХ Лен.эк. района, 1962г.

Ответственный за выпуск Авербух И.И.
Подписано к печати 28.У-68 г.
Усл. 1,3 печ.л., тираж 250
Заказ 217 , бесплатно.

Отпечатано на ротапинтере в ИЯФ СО АН СССР