

10/12
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



С 344.2

Д-721

P13 - 7176

3308/2-73

М.Н.Дражев, А.И.Иваненко

Q - МЕТР С АВТОПОДСТРОЙКОЙ
ВХОДНОГО КОНТУРА

1973

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

P13 - 7176

М.Н.Дражев, А.И.Иваненко

Q - МЕТР С АВТОПОДСТРОЙКОЙ
ВХОДНОГО КОНТУРА

Направлено в ПТЭ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

В экспериментах с поляризованной протонной мишенью очень важно знать величину поляризации. Обычно поляризацию определяют измерением параметров сигнала ядерного магнитного резонанса /ЯМР/ методом Q - метра. В данном случае определяется изменение сопротивления резонансного контура при условии, что имеет место ЯМР. Для этого в резонаторе, помещенном в гелиевый криостат и магнитное поле, имеется радиочастотный контур с образцом. Обычно применяют параллельный колебательный контур, высокочастотное напряжение на который подается от генератора постоянного тока через слабую связь.

При соблюдении условий ЯМР происходит относительное изменение реактивного сопротивления контура и, следовательно, относительное изменение выходного напряжения V :

$$\delta V/V = -j4\pi\eta Q\chi \quad (1)$$

Здесь $\chi = \chi' - j\chi''$ - комплексная ядерная радиочастотная восприимчивость, χ' - дисперсионная часть восприимчивости, χ'' - мнимая часть восприимчивости, описывающая поглощение.

Относительное изменение модуля z пропорционально изменению детектируемого сигнала $|1 - j4\pi\eta Q\chi|^{-1}$ и в первом приближении равно $4\pi\eta Q\chi''$, где η - коэффициент заполнения катушки, Q - добротность контура.

Чтобы не ухудшать добротность параллельного колебательного контура, высокочастотный усилитель должен иметь большой входной импеданс. Разработка такого

усилителя на транзисторах представляет собой определенные трудности.

В работе /2/ показано, что при применении последовательного входного контура модуль импеданса может быть записан следующим образом:

$$|z_1(\omega)| = r[(1+X'')^2 + (a+X')^2]^{1/2},$$

$$X'' = 4\pi\eta Q\chi'', \quad X' = 4\pi\eta Q\chi', \quad /2/$$

$$a = \{(2 + \delta\omega/\omega_0)/(1 + \delta\omega/\omega_0)\} Q \delta\omega/\omega_0.$$

Здесь r - сопротивление, эквивалентное сопротивлению катушки, $\delta\omega/\omega_0$ - фактор отношения значения частотной девиации к резонансной частоте.

Таким образом, Q - метр с последовательным резонансным контуром, в котором производится автоподстройка входного контура, дает сигнал, пропорциональный χ'' с достаточно высокой точностью, необходимой для измерения поляризации /2/.

На основании изложенного выше разработан транзисторный Q - метр с применением последовательного резонансного контура и системой автоподстройки последнего. Блок-схема Q - метра показана на рис. 1.

В магнитном поле H_0 находится поляризованная протонная мишень, охлаждаемая до температуры 1°К. Радиочастотная катушка L с помощью настроенного на резонансную частоту коаксиального кабеля соединена с емкостью C_0 , образуя при этом последовательный резонансный контур. Высокочастотное напряжение, модулируемое по частоте с помощью блока управления /1/, подается на контур от генератора /2/ через большое сопротивление R_1 .

При наступлении условия ЯМР сигнал с выхода усилителя /4/ через детектор и низкочастотный усилитель /5/ поступает на осциллограф /7/.

С помощью частотомера /3/ производится контроль частоты генератора. На один из входов фазочувствительного детектора /6/ подается сигнал с выхода усилителя /4/; а на другой - опорное напряжение от генератора /2/.

Напряжение автоподстройки поступает на варикап Д через сопротивление R_2 , изменяя при этом резонансную частоту входного контура. При девиации частоты высокочастотного генератора происходит расстройка контура ЯМР, и без фазочувствительного детектора /ФД/ сигнал на экране осциллографа находится на вершине резонансной кривой контура. При включенном ФД частота f_0 контура всегда равна частоте генератора $f_{ген}$ в диапазоне девиации частоты, и таким образом резонансная кривая контура будет скомпенсирована.

ОПИСАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ

Входной контур. Схема последовательного входного контура показана на рис. 2. Радиочастотная катушка L намотана на прямоугольный тефлоновый каркас, внутри которого помещена протонная мишень. В качестве рабочего вещества мишени используется монокристалл LMN . Каркас установлен в прямоугольный медный резонатор объемом около 60 см³. С помощью настроенного кабеля длиной l катушка L подсоединена к подстроечному конденсатору C_0 и образует при этом последовательный контур, настроенный на частоту $f_0 \approx 75$ Мгц.

Управляющее напряжение с фазочувствительного детектора подается на варикап Д через сопротивление R , чем достигается подстройка входного контура.

Высокочастотный генератор. Высокочастотный генератор со схемой девиации частоты /рис. 3/ подробно описан в работе /3/. Приведем его основные характеристики:

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1. Частота генерации | - 60÷80 Мгц |
| 2. Выходная амплитуда | - 25÷300 мв |
| 3. Частотная модуляция | - 0,02 : 30 : 90 : 180 сек |
| 4. Девиация частоты | - 0÷3 Мгц |
| 5. Напряжение питания | - +12 в |
| 6. Количество транзисторов | - 10 |

Широкополосный усилитель /принципиальная схема показана на рис. 4/. Усилитель /4/ построен на основе двух секций с гальваническими межкаскадными

соединениями и глубокой отрицательной связью как по постоянному, так и по переменному току, что обеспечивает необходимую стабильность рабочих точек при изменении температуры и напряжения питания.

Основные характеристики в.ч. усилителя:

1. Коэффициент усиления - 600
2. Частотный диапазон - 1-120 МГц
3. Входное сопротивление - 75 ом
4. Шумы, приведенные к открытому входу /75 ом/, - 18 мкв. эфф
5. Задержка сигнала - 6 нсек.
6. Питание ± 12 в.

Фазочувствительный детектор /принципиальная схема приведена на рис. 5/. Фазочувствительный детектор /ФД/ параллельного типа построен на четырех диодах типа Д18^{5/}. Вместо симметричного входного трансформатора применены фазоинверсные каскады на высокочастотных транзисторах Т1 и Т2, в цепь эмиттеров которых включен транзистор Т3 для усиления опорного напряжения. В качестве детекторов служат два каскадных удвоителя напряжения /Д1-Д4/. На выходе детектора поставлен усилитель на полевом транзисторе, начальное напряжение которого /в точке А/ установлено на уровне +6 вольт. На вход 1 поступает высокочастотное напряжение с усилителя и на вход 2 - опорное напряжение с генератора. С помощью переменной линии задержки^{6/} производится настройка кабеля, соединяющего выход в.ч. генератора со входом 2 фазочувствительного детектора. При настройке входного контура на рабочую частоту генератора f_0 напряжение на выходе ФД равно +6 вольт.

При девиации частоты генератора ($f_0 \pm \Delta f$) выходное напряжение ФД изменяется в пределах ($U_B \pm \Delta U$) и через сопротивление R_2 /рис. 1/ подается на варикап, с помощью которого производится подстройка входного контура.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение последовательного входного контура с автоподстройкой по сравнению с параллельным контуром без автоподстройки дает следующие преимущества:

1. Снижает требования к усилителю ($Z_{вх} = 75$ ом).
2. Блоки электроники можно устанавливать на относительно большом расстоянии от криостата, так как емкости соединительных кабелей, располагаемых вне криостата, не входят в резонансный контур.
3. Нет необходимости в искусственной компенсации резонансной кривой контура.
4. Улучшается точность измерения протонной поляризации^{2/}.
5. Применение широкополосного усилителя дает возможность применять Q - метр без перестройки в широком диапазоне частот.

Литература

1. А.Абрагам. Ядерный магнетизм. ИЛ, М, 1963.
2. V.Petricek. Nucl. Instr. and Meth., 58, No. 1, III (1968).
3. А.И.Иваненко. Сообщение ОИЯИ, Б1-13-6060, Дубна, 1971.
4. М.Н.Дражев, А.И.Иваненко. ПТЭ, № 6, 110 /1970/.
5. H.F.Strenglein. Electronics, No. 20, S.99 (1965).
6. М.Н.Дражев. Препринт ОИЯИ, 2013, Дубна, 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 мая 1973 года.

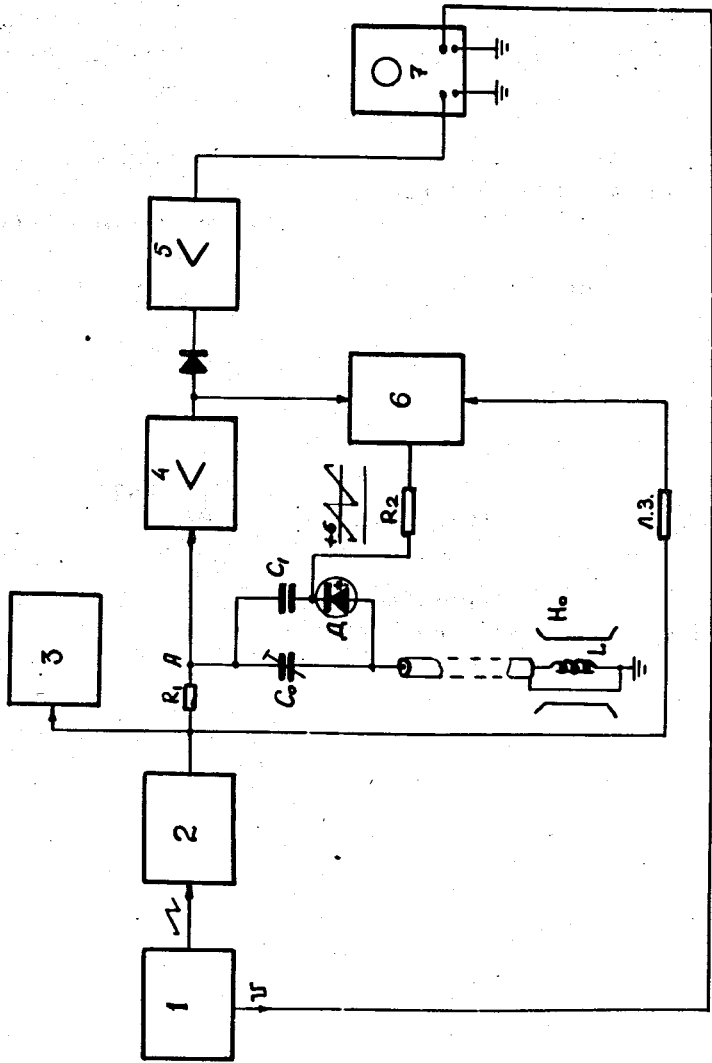


Рис. 1. Блок-схема Q - метра.

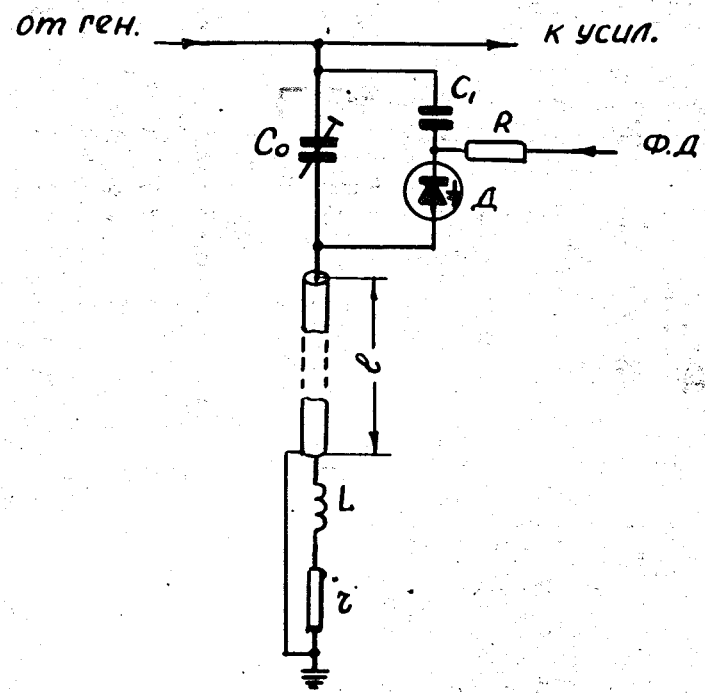


Рис. 2. Последовательный резонансный контур.

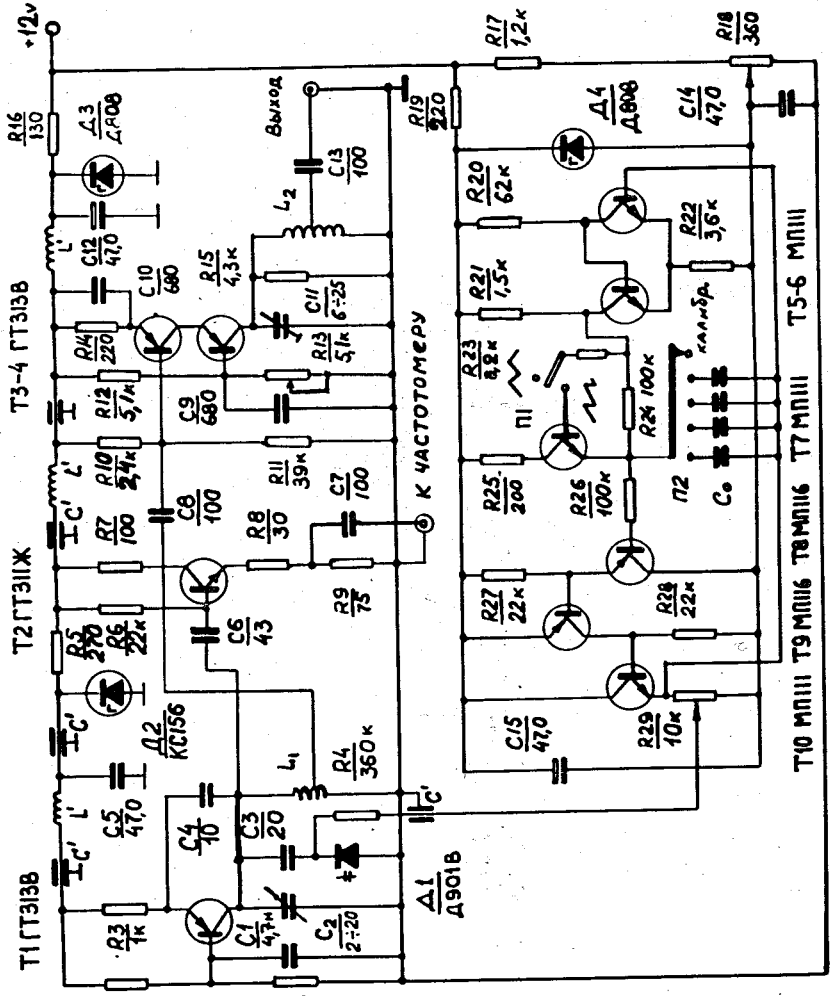


Рис. 3. Высокочастотный генератор.

L - 10 мкГн
C - 3300

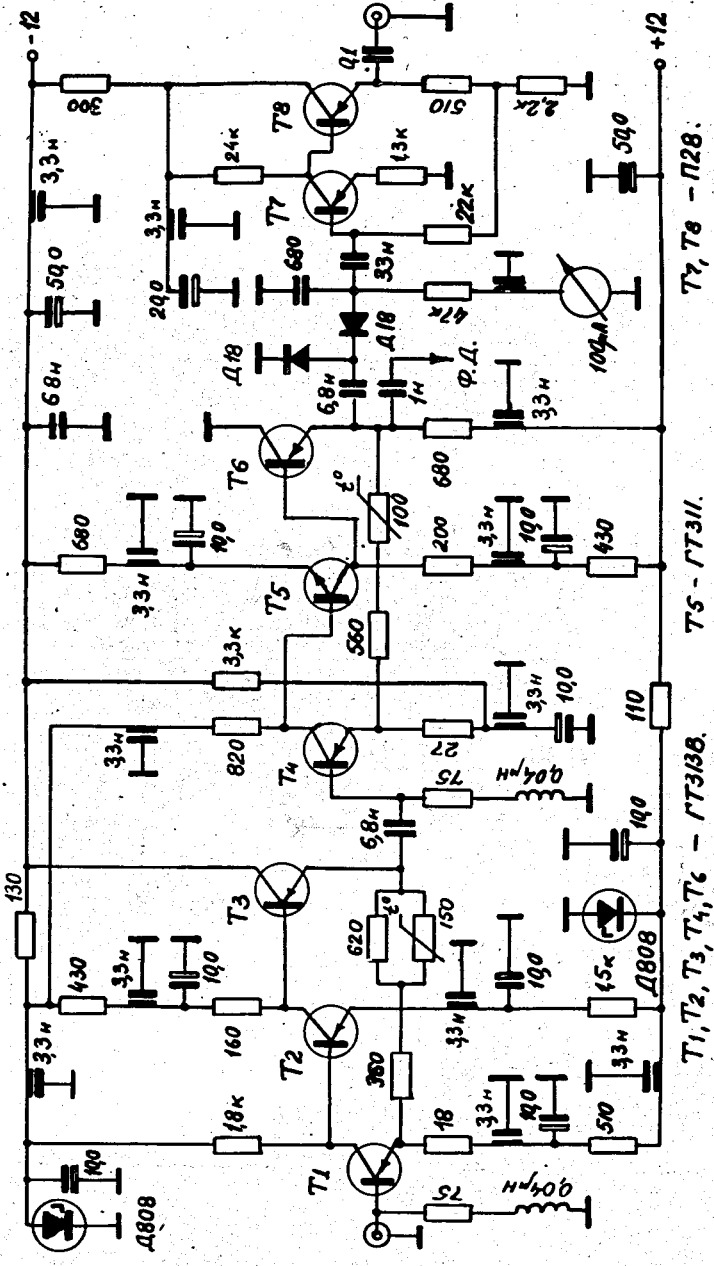


Рис. 4. Широкополосный высокочастотный усилитель.

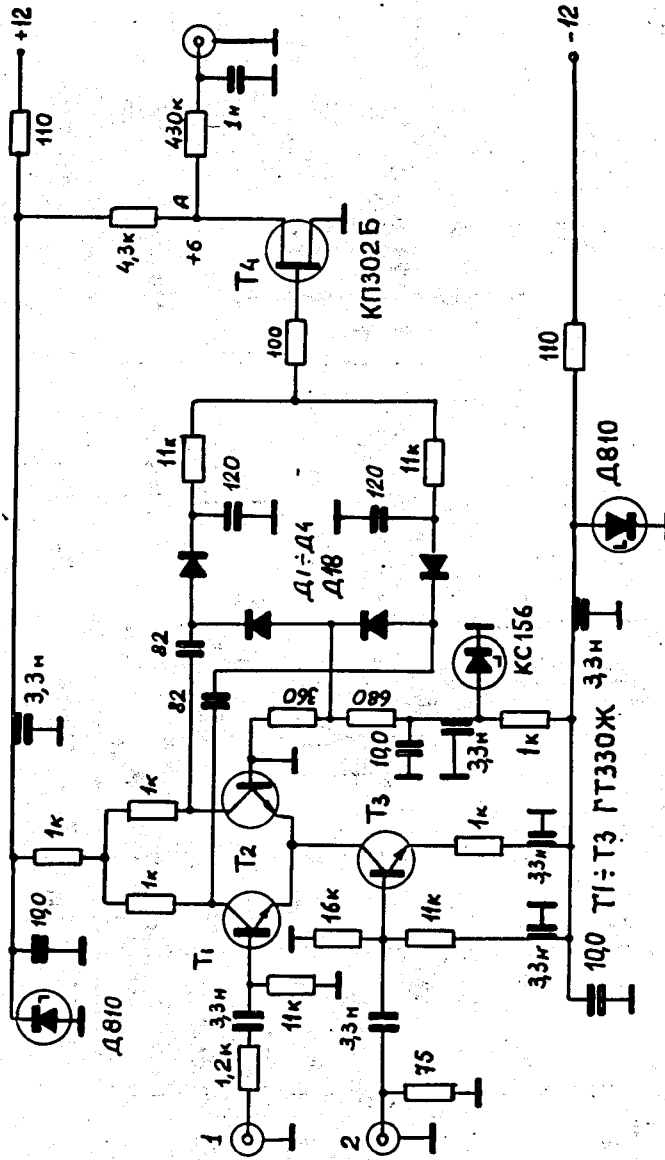


Рис. 5. Фазочувствительный детектор.