

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



С 344.2
И-185

9/11-78
13 - 11667

А.И.Иваненко

4958/2-78

КОНТРОЛЬ

ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРОТОННОЙ МИШЕНИ

В СПЕКТРОМЕТРЕ

ПОЛЯРИЗОВАННЫХ НЕЙТРОНОВ И ЯДЕР

1978

13 - 11667

А.И.Иваненко

КОНТРОЛЬ
ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРОТОННОЙ МИШЕНИ
В СПЕКТРОМЕТРЕ
ПОЛЯРИЗОВАННЫХ НЕЙТРОНОВ И ЯДЕР



Иваненко А.И.

13 - 11667

Контроль поляризации протонной мишени в спектрометре поляризованных нейтронов и ядер

Описана электронная аппаратура, предназначенная для контроля и измерения поляризации протонной мишени спектрометра поляризованных нейтронов и ядер. В качестве протонной мишени применен монокристалл лантан-магниевого нитрата ($64 \times 50 \times 17$ мм³), помещенный в магнитное поле с $H = 19$ кЭ при $T = 0,9$ К. Приведены блок-схема аппаратуры и принципиальные схемы отдельных узлов. Высокочастотный генератор обеспечивает достаточно высокую стабильность частоты и хорошую форму колебаний синусоидального напряжения в пределах 60 ± 100 МГц с частотной девиацией до 3 мГц. Блок коррекции предназначен для компенсации огибающей амплитудно-частотной характеристики колебательного контура.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Ivanenko A.I.

13 - 11667

Monitoring the Polarization of a Proton Target in a Spectrometer for Polarized Neutrons and Nuclei

An electronic set-up is described which is intended for the control and measurement of the polarization of a proton target in a spectrometer for polarized neutrons and nuclei. A LMN single crystal ($64 \times 50 \times 17$ mm³) placed into a magnetic field of $H = 19$ kOe at $T = 0.9$ K, is employed for the proton target. The block diagram of the overall set-up and the circuit diagrams of the various modules are presented. The high-frequency generator provides for a sufficiently good frequency stability and a clean sinusoidal oscillation in the range from 60 to 100 MHz with a frequency deviation of less than 3 MHz. A special module is designed to compensate for the detuning of the oscillating circuit due to its amplitude-frequency characteristic.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

В процессе эксперимента на спектрометре поляризованных нейтронов и ядер ^{1/} контроль и измерение поляризации протонной мишени осуществляется двумя методами, а именно: по изменению прозрачности кристалла лантан-магниевого нитрата (ЛМН) для нейтронного пучка ^{2/} и по величине сигнала ЯМР самой мишени, регистрируемого с помощью линейного Q-метра. Каждому из этих методов присущи свои преимущества и недостатки. Первым методом, обладающим высокой чувствительностью (при поляризации выше 20%) и точностью измерения средней по площади кристалла поляризации, невозможно определить знак самой поляризации. Второй метод дает возможность измерить равновесный сигнал ЯМР и определить знак поляризации, но для точного измерения поляризации мишени требует значительного усложнения электронной аппаратуры. Нами впервые, на основе теоретического анализа принципа работы линейного Q-метра, на входе которого установлен последовательный резонансный контур с автоподстройкой ^{3/}, был разработан широкополосный линейный Q-метр ^{4/}, позволивший повысить точность измерения поляризации протонной мишени. Дальнейшие расчеты и исследования ^{5/} показали, что при параметре автоподстройки $S > 3$ поправка на нелинейность Q-метра уменьшается до 1%. Однако в этих работах не приведены принципиальные схемы блоков девиации ВЧ-генератора и коррекции для компенсации огибающей амплитудно-частотной характеристики резонансного контура, которые являются неотъемлемой частью всей аппаратуры. В данной работе рассмотрены

отдельные блоки электронной аппаратуры, которые совместно с Q-метром ^{/4/} в течение длительного времени используются для контроля поляризации протонной мишени в спектрометре поляризованных нейтронов и ядер.

На рис. 1 показана блок-схема прибора. Монокристалл ЛМН (64x50x17 мм³) помещен в магнитное поле $H=19$ кЭ и охлажден до температуры $T=0,9$ К в специально разработанном для этой цели криостате. Из-за технических противоречий, выразившихся в требовании максимально возможного по ширине кристалла ЛМН и ограниченных размерах междупольсного зазора применяемого нами электромагнита, радиочастотная катушка L помещена в торце самой мишени. В результате амплитуда равновесного сигнала меньше уровня шумов всего тракта и поэтому в процессе эксперимента аппаратура используется в двух режимах работы: синхронного детектирования с записью производной сигнала ЯМР на самопишущий прибор и относительного измерения с помощью осциллографа.

Высокочастотный ток, промодулированный по частоте, через резистор $R1 \gg Z_k$ (где Z_k - модуль импеданса последовательного контура, образованного LC1) подается на контур LC1. Сигнал ЯМР усиливается усилителем высокой частоты УВЧ, детектируется на диоде Д2, и низкочастотная составляющая сигнала поступает на вход усилителя низкой частоты УНЧ. Автоподстройка последовательного резонансного контура осуществляется изменением емкости варикапа Д1 путем подачи напряжения смещения через R2 от фазового детектора ФД ^{/4/}. При записи производной сигнала частота генератора высокой частоты ГВЧ модулируется генератором "медленной пилой" МП. Одновременно от кварцевого генератора КГ через делитель частоты ПС, предусилитель ПУ и усилитель мощности УМ на модулирующие катушки электромагнита подается синусоидальное напряжение с частотой 37,5 Гц. Сигнал с УНЧ поступает на вход синхронного детектора СД через узкополосный усилитель УУ. На другой вход СД через фазовращатель ФВ подается опорное напряжение от

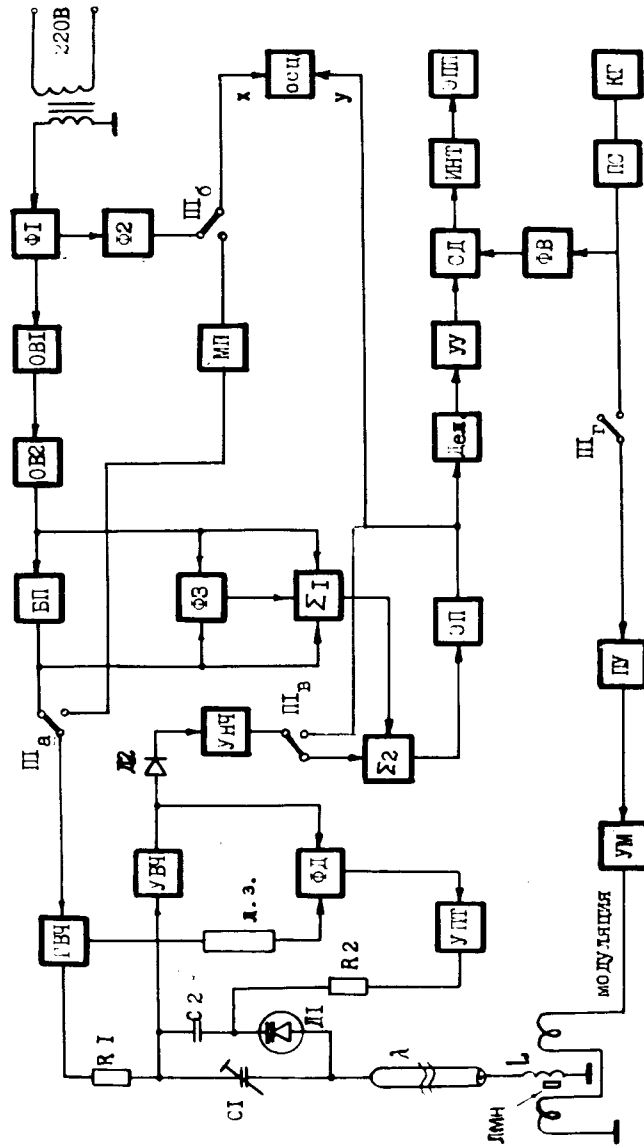


Рис.1. Блок-схема электронной аппаратуры.

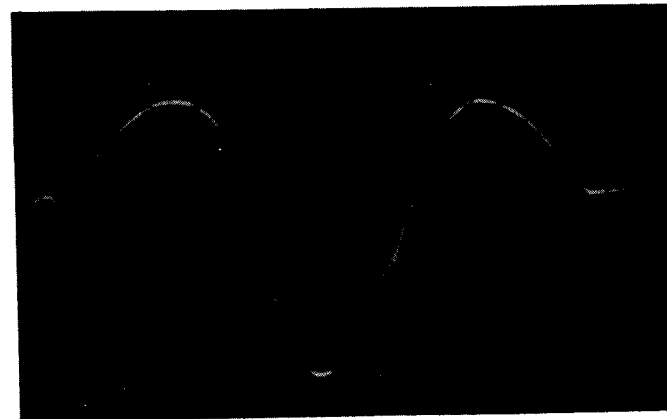
модулятора. После интегрирования ИНТ производная сигнала воспроизводится на ленте самопишущего прибора.

В случае визуального контроля и измерения сигнала с помощью осциллографа частотная модуляция ГВЧ осуществляется от генератора "быстрой пилы" БП. Напряжение с частоты сети подается на вход формирователя Ф1. Сформированные импульсы прямоугольной формы поступают на вход последовательно соединенных одновибраторов ОВ1 и ОВ2. Один из них задает сдвиг начала "быстрой пилы" относительно синхроимпульса, а другой - длительность импульса пилообразного напряжения.

Без автоподстройки резонансного контура сигнал ЯМР находится на вершине огибающей амплитудно-частотной характеристики колебательного контура (см. рис. 2а). При включении системы автоподстройки происходит компенсация этой огибающей контура. Более полная компенсация остаточной части огибающей, а также фоновой наводки сети питания и остаточной амплитудной модуляции ВЧ-генератора производится блоком коррекции, в котором искусственно создается импульс, соответствующий по форме, но противоположный по знаку сигналу, который необходимо скомпенсировать. Для этого формирователем Ф3 создается импульс, подобный огибающей контура, и в сумматоре $\Sigma 1$ формируется сигнал для компенсации. Сигнал ЯМР с выхода УНЧ и сигнал компенсации с $\Sigma 1$ поступают на вход смесителя $\Sigma 2$, где происходит коррекция сигнала ЯМР (см. рис. 2б).

Рассмотрим принципиальные схемы отдельных блоков. На рис. 3 показана схема блока девиации высокочастотного генератора. От трансформатора Тр1 сигнал с частоты сети подается на формирователь Т1, Д1, Д2. С коллектора Т1 импульсы прямоугольной формы поступают на обостритель (первые два элемента М1). Формирование сигнала по длительности осуществляется одновибратором М1 (МН 7400), где изменением напряжения на базе Т2 производится плавная регулировка длительности выходного импульса в пределах

(а)



(б)

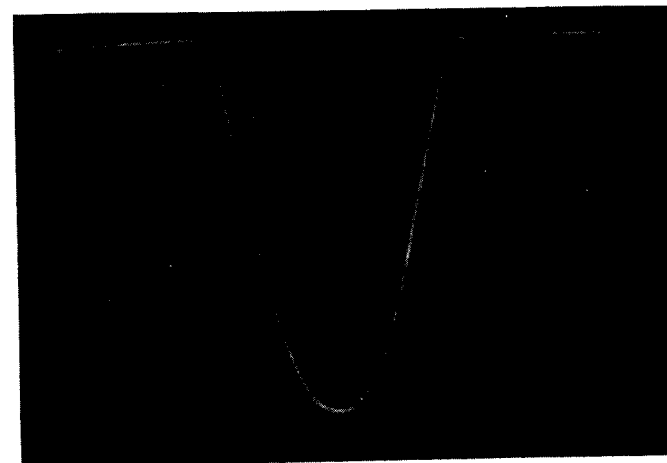
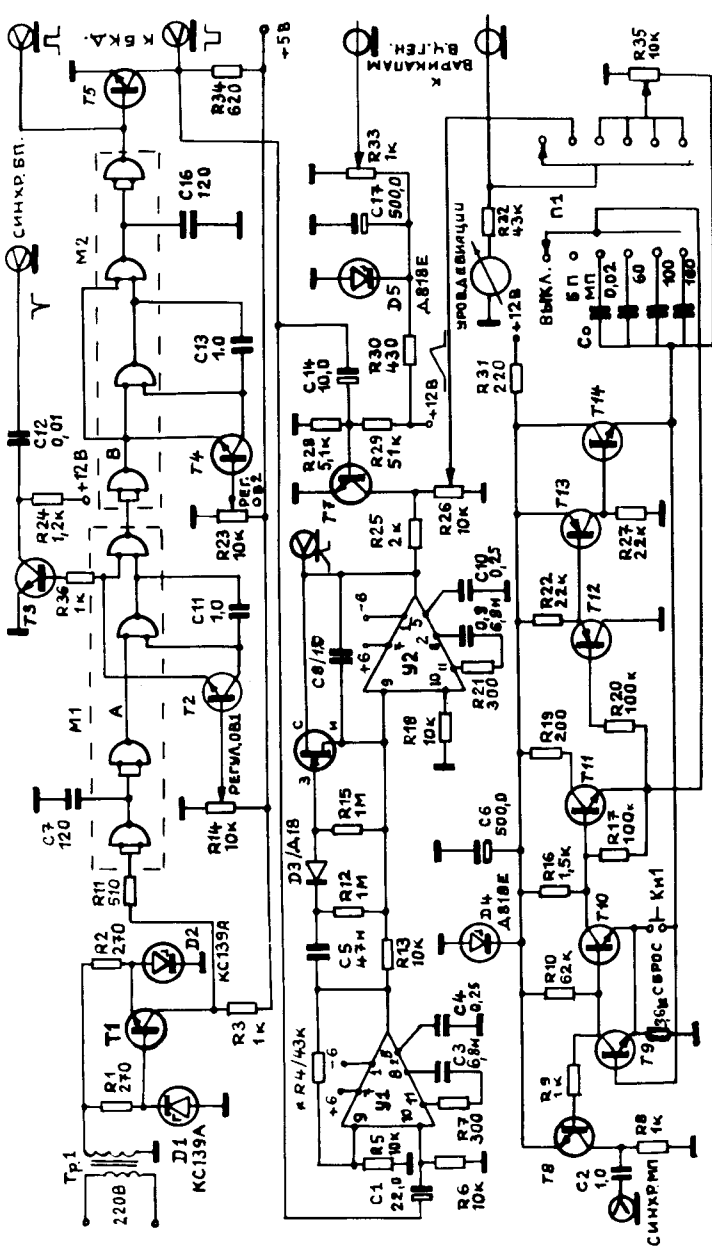


Рис.2. Сигнал ЯМР протонной мишени с 40%-ной поляризацией положительного знака без компенсации огибающей амплитудно-частотной характеристики резонансного контура (а) и после компенсации (б).

40 мкс \div 10 нс. Второй одновибратор подобен первому и построен на микромодуле М2. Регулировка длительности формируемого импульса производится переменным резистором R23. Генератор "быстрой пилы" состоит



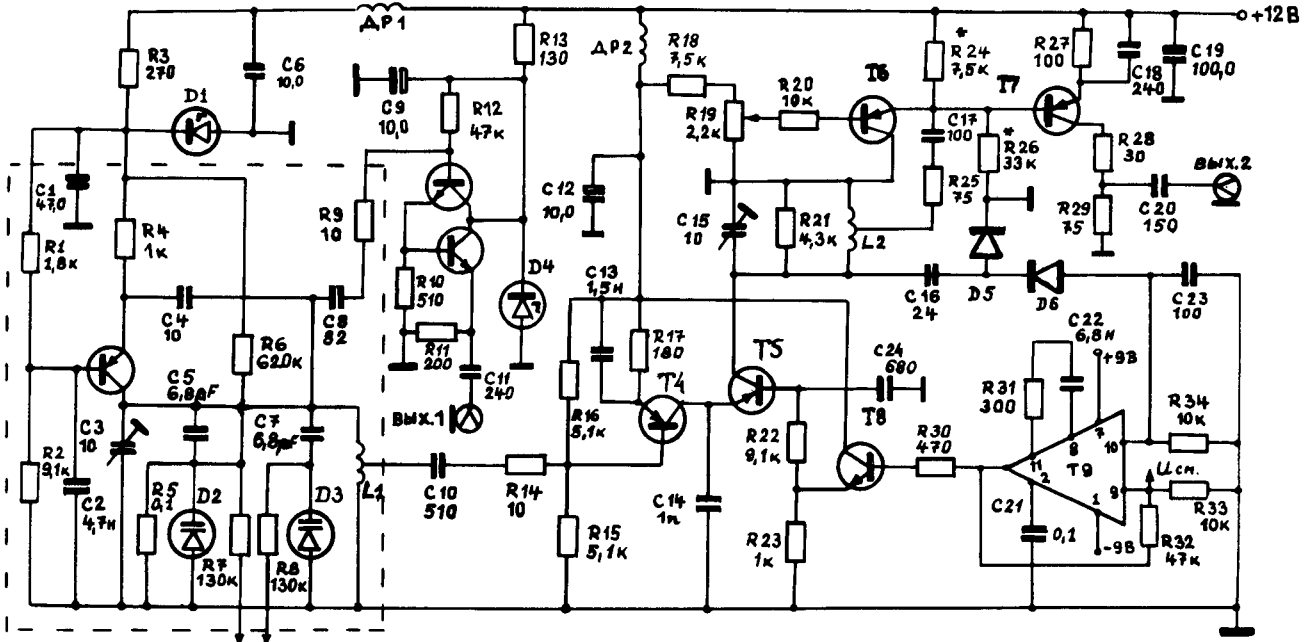
Т1,2,3,4,5,7,9,10,11,14 КТ315 Т6 КП303 Т12,13 КТ347В М1,2 МН7400 У1,2 К1УТ402Б

Рис.3. Блок девиации высокочастотного генератора.

из усилителя У1 (К1УТ402Б) и интегратора У2 (К1УТ402Б). В отличие от генератора пилообразного сигнала $1/6/$ разряд конденсатора С8 осуществляется задним фронтом входного импульса через диод Д3 и полевой транзистор Т6 (КП303). Линейность пилообразного импульса составляет $\approx 1\%$, а максимальная амплитуда - около 5 В. Для обострения заднего фронта на выходе генератора установлен транзисторный ключ Т7 с управлением от ОВ2. В результате спад пилообразного импульса равен 30 нс. Генератор "медленной пилы" $1/4/$ состоит из триггера Шмитта (Т9, Т10), интегрирующей цепи R17C0 и усилителя постоянного тока (Т12, Т13, Т14). Выходные импульсы с амплитудой 7 В и длительностью от 0,02 до 180 с имеют линейность лучше 1,5%.

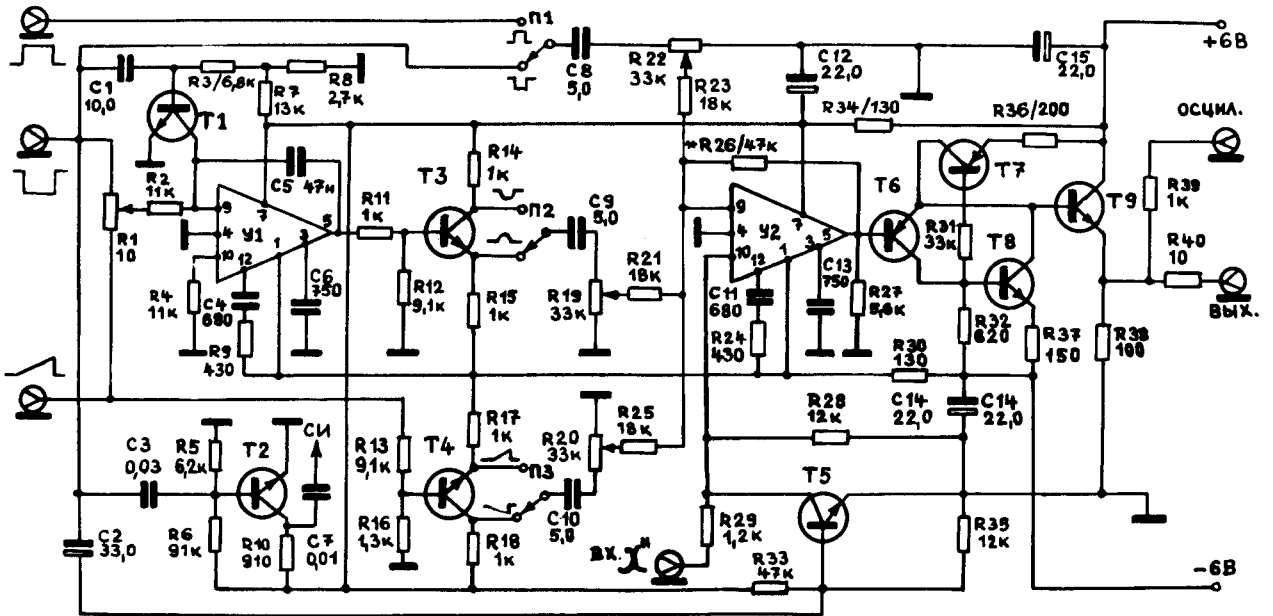
Высокочастотный генератор (рис. 4) построен по трехточечной схеме с общей базой на транзисторе Т1 и обеспечивает достаточно высокую стабильность частоты и хорошую форму колебаний синусоидального напряжения в пределах $60 \div 100$ МГц с частотной девиацией до 3 МГц $1/4/$. Стабилизация амплитуды выходного напряжения осуществляется следующим образом. В качестве управляемого элемента применен транзистор Т5, на базу которого подается выпрямленное диодами Д5, Д6 и усиленное усилителем Т9 (К1УТ402) напряжение смещения. При изменении на входе транзистора Т4 высокочастотного напряжения в два раза напряжение на контуре L2C15 изменяется только на 5%. Амплитуда выходного напряжения регулируется в пределах $50 \div 300$ мВ переменным резистором R19.

Блок коррекции показан на рис. 5. От блока девиации импульсы прямоугольной формы и пилообразного напряжения подаются на вход интегратора У1, где формируется импульс, по форме соответствующий огибающей амплитудно-частотной характеристики колебательного контура. В период между импульсами транзистор Т1 открыт и интегратор не работает. В зависимости от сигнала, поступающего на вход χ'' , с помощью переключателей П1, П2, П3 выбирается необходимая форма импульсов, а переменных резисторов



T1 ГТ313В к ГПН T2,3 ГТ311Е T4,5,6,7 ГТ313В T8 КТ316 T9 К1УТ402
 Др.1,2 - 20 мкГ. L1,2 - 2 витка D1,Д4 - КС156А D2,Д3 - КВ102Г D5,Д6 - Д18

Рис.4. Высокочастотный генератор.



T1, T2, T3, T4, T5, T8, T9, КТ315В T6, T7 КТ347А U1, U2 К1УТ401А

Рис.5. Блок коррекции.

R19, R20, R22 - - их амплитуда. Эти импульсы суммируются на R21, R23, R25, и сигнал коррекции поступает на один из входов смесителя У2 (К1УТ401А). На второй вход смесителя подается сигнал от УНЧ. С выхода смесителя через эмиттерный повторитель Т6 ÷ Т9 сигнал ЯМР поступает на вход осциллографа.

В качестве иллюстрации работы аппаратуры в двух режимах на рисунках 2 и 6 показаны сигналы ЯМР протонной мишени монокристалла ЛМН.

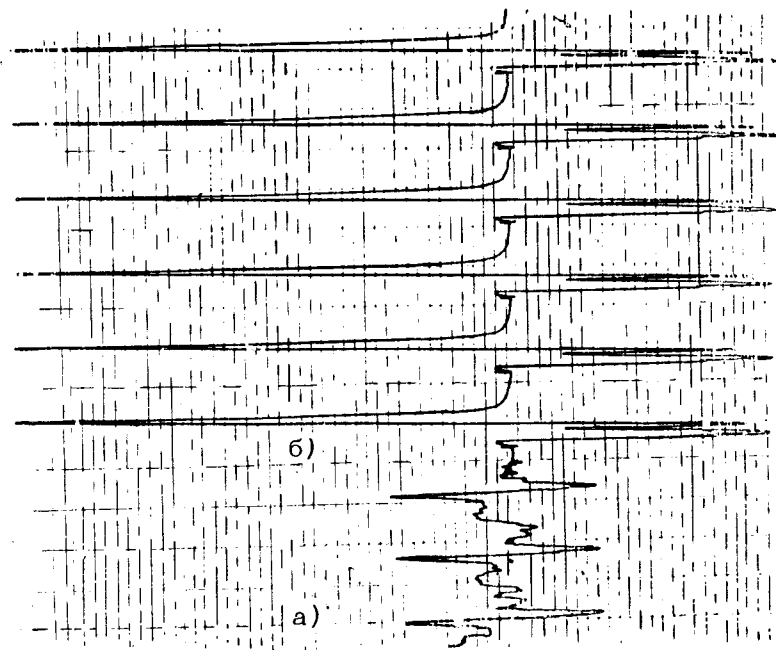


Рис.6. Форма дифференциальной записи сигнала ЯМР протонной мишени:

- а) равновесный сигнал при $T=0,9$ К,
 б) усиленный сигнал 60%-ной поляризации отрицательного знака. Относительное ослабление сигнала в случае "б" по сравнению с "а" 1 : 137.

Предложенные блоки используются в течение длительного времени для контроля протонной поляризации в спектрометре поляризованных нейтронов и ядер.

В заключение автор считает своим долгом выразить благодарность В.П.Алфименкову, Ю.Ф.Киселеву и Ю.Д.Марееву за помощь и полезные советы, а Е.Земановой, С.И.Неговелову и М.С.Язвницкой - за качественный монтаж электронных блоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алфименков В.П. и др. ОИЯИ, 13-9396, Дубна, 1975.
2. Таран Ю.В., Шапиро Ф.Л. ЖЭТФ, 1963, 44, стр. 2185.
Лушиков В.И. и др. ОИЯИ, 3-4409, Дубна, 1969.
3. Petříček V. Nucl. Instr. and Meth., 1968, 58, 1, p.111.
4. Дражев М.Н., Иваненко А.И. ОИЯИ, 13-7176, Дубна, 1973.
5. Киселев Ю.Ф., Матафонов В.Н. ОИЯИ, 13-10101, Дубна, 1976; Киселев Ю.Ф., Сапожников А.П. ОИЯИ, 13-10694, Дубна, 1977.
6. Патент Великобритании № 1340440. Изобретения за рубежом, 1974, 32, стр. 18.
7. Парфенов Л.Б., Неганов Б.С. ОИЯИ, 13-4143, Дубна, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 июня 1978 года.