

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

.Б 469

P13-88-750

А.Беньковски

**МАГНИТОМЕТР ЯМР
С ДИСТАНЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

1988

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Для измерения индукции магнитного поля в зазоре электромагнитного анализатора СП-88 на ускорителе ЭГ-5 Лаборатории нейтронной физики с 1981 г. используется магнитометр, описанный в работе^{/1/}. Он позволял измерять индукцию в диапазоне значений $0,15 \div 0,94$ Тл. В связи с поставленной задачей ускорения тяжелых ионов, таких, как кислород, углерод и других, оказалось необходимым расширить диапазон измерений магнитного поля в сторону больших индукций. С этой целью разработан магнитометр, описываемый в настоящей работе, который обеспечивает возможность измерения индукции в диапазоне $0,59 \div 1,31$ Тл.

2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПРИБОРА

Принцип действия прибора основан на использовании ядерного магнитного резонанса /ЯМР/, а именно, на существовании зависимости между индуктивностью B и резонансной частотой f ,

$$B = K \cdot f,$$

где $K = 0,0234864$ Тл/МГц для ядер водорода.

3. ПРИНЦИПАЛЬНАЯ СХЕМА УСТАНОВКИ

Конструкция датчика аналогична конструкции, описанной в^{/1/}. Датчик состоит из стеклянной ампулы, имеющей размеры: внутренний диаметр 6 мм и длину 20 мм, и содержащей раствор $0,5$ М $MnSO_4$. На ампуле имеется ВЧ-обмотка $L1$ из 5 витков. Сама ампула с ВЧ-обмоткой находится в коробке-экране из меди. Для модуляции магнитного поля внутри ампулы используются две низкочастотные обмотки $L2$. Частота модуляции определяется частотой сети 50 Гц, амплитуда модуляции составляет $4 \cdot 10^{-4}$ Тл.

Основное отличие приведенной здесь схемы /см. рисунок/ от схемы магнитометра, описанной в работе^{/1/}, состоит в том, что в рассматриваемом случае ВЧ-генератор размещен рядом с датчиком в измеряемом магнитном поле, и не требуется коаксиальный кабель, соединяющий генератор с датчиком. Это дает возможность



уменьшить паразитную емкость, подключенную к индуктивности L1, и, таким образом, позволяет соответственно увеличить максимальную частоту. Генератор ВЧ выполнен на маломощных полевых транзисторах в пластмассовых корпусах T1, T2 производства ПНР.

При наличии резонанса два раза в течение периода 20 мс на стоке транзистора T1 несколько уменьшается амплитуда ВЧ-колебаний. Эти уменьшения обусловлены сигналом ЯМР. Для отделения сигнала ЯМР от ВЧ-колебаний применен фильтр (C4, C5, R5). Затем сигнал ЯМР поступает в блок индикации на усилитель A1 и после усиления следует на вход осциллографа "У". Синусоидальное напряжение с частотой сети подается на вход "X".

Синусоидальный ВЧ-сигнал от генератора через усилитель T4 и повторитель T5 /смонтированные также в блоке индикации/ подается на частотомер.

Блок индикации расположен на расстоянии 1,5 м от генератора, а осциллограф, частотомер и блок управления находятся на расстоянии 30 м от магнита.

Схема стабилизации уровня колебаний ВЧ-генератора построена на дифференциальном усилителе A2. На один его вход поступает постоянное напряжение, пропорциональное амплитуде ВЧ-колебаний. На другой вход подается опорное напряжение с потенциометра R24. Благодаря отрицательной обратной связи усилитель вырабатывает на выходе такое напряжение питания генератора, что амплитуда ВЧ-колебаний его поддерживается постоянной на заданном уровне.

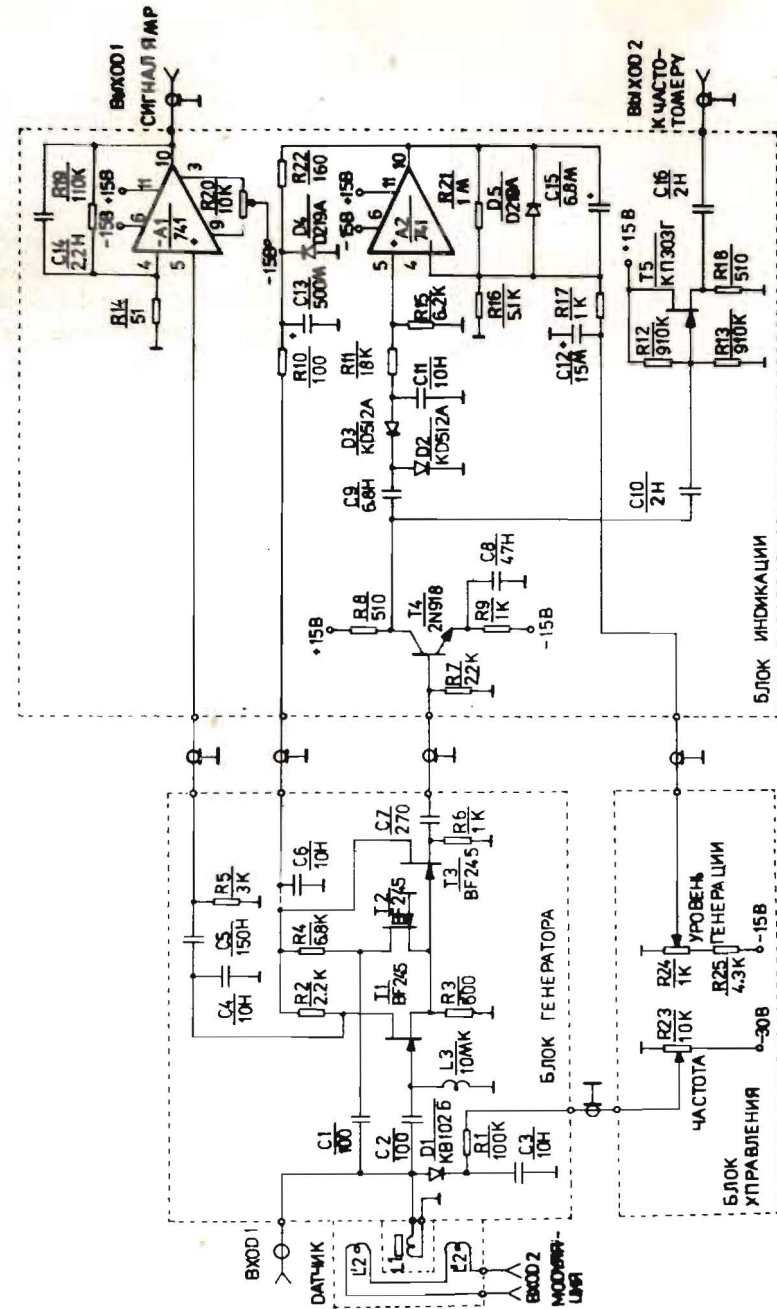
Для регулировки частоты генератора служит потенциометр R23, изменяющий напряжение на варикапе D1. Диапазон регулирования частоты генератора составляет 49÷62 МГц. С помощью подключения на ВХОД 1 емкости нижняя частота может быть уменьшена даже до 25 МГц.

Параметры работы магнитометра исследованы в диапазоне 0,59÷1,31 Тл, что соответствует диапазону частот 25÷56 МГц. Основные технические данные прибора приведены в таблице.

Таблица

Технические данные прибора

Диапазон измеряемой индукции	0,59÷1,31 Тл
Точность измерения	$1,5 \cdot 10^{-5}$ Тл
Отношение сигнал ЯМР/шум	не менее 10:1
Диапазон частот	25÷62 МГц
Стабильность частоты	$+1 \cdot 10^{-5}$ ч ⁻¹
Расстояние от блока индикации до магнита	150 см
Расстояние от блока управления до магнита	30 м
Осциллограф - стандартный, низкочастотный	
Частотомер - цифровой, стандартный	



Принципиальная схема магнитометра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беньковски А., Ткаченко С.Н. Сообщение ОИЯИ P13-83-355, Дубна, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 октября 1988 года.

Беньковски А. P13-88-750
Магнитометр ЯМР с дистанционным управлением

Описан прибор с дистанционным управлением для измерения индукции однородного магнитного поля. Принцип работы прибора основан на использовании ядерного магнитного резонанса. Диапазон индукции $0,59 \div 1,31$ Тл измеряется одним датчиком. Точность измерения $1,5 \cdot 10^{-5}$ Тл. Отношение сигнал ЯМР/шум во всем диапазоне выше 10:1.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод автора

Bienkowski A. P13-88-750
Remote Controlled NMR Magnetometer

Remote controled device intended for measuring the magnetic induction of homogeneous magnetic field is described. Principle of operation is based on using nuclear magnetic resonance. 0.59-1.31 Tl induction range was measured with one field detector, $1.5 \cdot 10^{-5}$ Tl accuracy is achieved. The NMR signal/noise ratio throughout the total range is above 10:1.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988