

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



С3457

3/10-78

P9 - 11204

Д-332

1525/2-78

Ю.Н.Денисов, В.А.Саенко, М.Чигак, М.Ф.Шабашов

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

ИЗМЕРЕНИЯ ФАЗЫ ПРОЛЕТА СГУСТКА

В ЦИКЛОТРОНЕ У-120М

1978

P9 - 11204

Ю.Н.Денисов, В.А.Саенко, М.Чигак, М.Ф.Шабашов

**АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
ИЗМЕРЕНИЯ ФАЗЫ ПРОЛЕТА СГУСТКА
В ЦИКЛОТРОНЕ У-120М**

Денисов Ю.Н. и др.

P9 - 11204

Автоматическая система измерения фазы пролета сгустка
в циклотроне У-120М

Описывается система для автоматического измерения фазы пролета сгустка в циклотроне У-120М. В качестве датчиков сигналов фазы применены индукционные пикап-электроды. Полученные значения фазы пролета на разных радиусах ускорения используются для коррекции топографии магнитного поля циклотрона. При измерении применяется описанный ранее метод стробоскопического преобразования предварительно усиленных фазового и опорного сигналов с помощью стробоскопического осциллографа. Стробоскопически преобразованные сигналы кодируются аналого-цифровыми преобразователями. Логику работы системы осуществляет блок управления. Аппаратура выполнена в стандарте КАМАК и работает на линии с ЭВМ М-6000. Абсолютная аппаратурная точность измеренного сдвига фаз составляет $\leq 2^\circ$, стабильность измеренного значения фазы $\leq 1,5^\circ$ за час. Предварительные исследования системы на пучке протонов с энергией 40 МэВ, током 50 мкА от циклотрона У-120М показывают ее работоспособность. Подобная система может быть применена в любом изохронном циклотроне с плавно варьируемой энергией.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Denisov Yu.N. et al.

P9 - 11204

Automatic System for Measuring Beam Phase in the
U-120M Cyclotron

A system for automatic measuring the beam phase in the U-120M cyclotron is described. Pick-up electrodes serve as detectors of phase signals. The values of beam phase obtained for different acceleration radii are used for correction of topography of the cyclotron magnetic field. Earlier described method of stroboscopic transformation of previously amplified phase and reference signals by means of stroboscopic oscillograph is used in the measurements. Transformed signals are coded. The control unit realizes operating logic of the system. The device made in CAMAC standart operates on-line with the M-6000 computer. The accuracy of the measured phase deviation for standart signals is more than 2° , stability is as much as 1.5° per hour. Preliminary investigations of the system with the 40 MeV proton beam at 50 mkA current from the cyclotron have proved its efficiency.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

Стабильность фазы пролета сгустка через ускоряющую щель дуанта является одной из характеристик, определяющих качество режима ускорения.

В работах^{/1,2,3/} определены требования к системам измерения фазы пролета, рассмотрены метод измерения со стробоскопическим преобразованием фазовых сигналов и многоканальная система измерения с индукционными пикап-электродами. Описанная система исследовалась и успешно применялась в экспериментах по управлению электронным циклотроном ЛЯП^{/4/}. Система измерения фазы со стробоскопическим преобразованием сигнала непосредственно на пикап-электродах^{/5/} предъявляет более низкие требования в широкополосности измерительного тракта, но применение такой системы, при существующем размещении датчиков в камере У-120М, существенно затрудняется сложностью замены вышедших из строя активных элементов.

В системе измерения фазы, разработанной для У-120М, используется методика, предложенная в работах^{/1-3/}. Требование более высокой чувствительности удовлетворяется включением в измерительный тракт широкополосного усилителя и применением более чувствительного двухканального стробоскопического осциллографа С7-8. Необходимость применения стандартных устройств сопряжения с ЦВМ, вызванная наличием большого числа управляемых объектов, обусловила построение системы в стандарте КАМАК. Это потребовало новых аппаратных разработок и существенного дополнения программного обеспечения, но, с другой стороны, предоставило свободу в выборе ЦВМ.

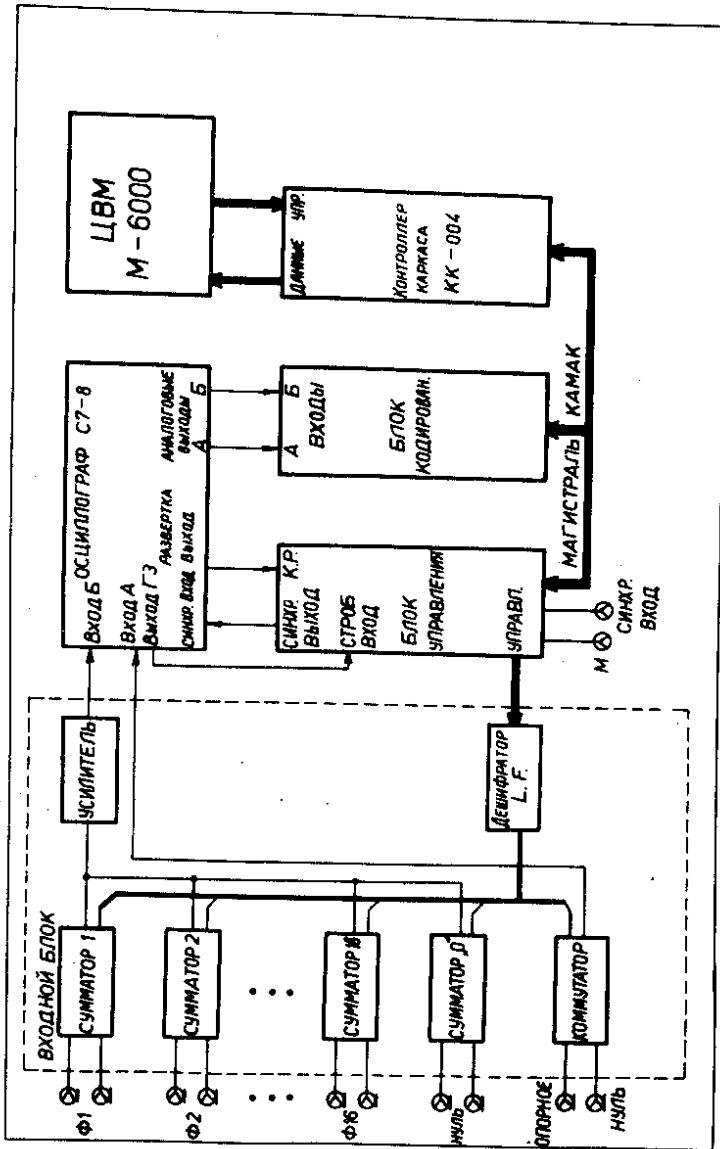


Рис. 1. Блок-схема системы измерения фазы пролета.

Блок-схема системы представлена на *рис. 1*. Фазовые сигналы с шестнадцати пикап-электродов поступают в сумматоры входного блока, выход каждого из которых может быть подключен ко входу усилителя и далее ко входу Б осциллографа, на вход А которого через коммутатор "сигнал/нуль" поступает опорный сигнал от дуанта. Подключение выбранного сумматора и коммутация "сигнал/нуль" осуществляется дешифратором номера датчика i и управляющих сигналов F от блока управления /БУ/. Стробоскопически преобразованные фазовый и опорный сигналы с аналоговых выходов осциллографа кодируются блоком кодирования /БК/ и через контроллер крейта КК-004^{6/} передаются в ЦВМ М-6000.

Логика работы системы обеспечивается блоком управления, функциональная схема которого изображена на *рис. 2*. Блок выполняет следующие функции:

- 1/ обеспечивает работу системы в режимах "измерение" и "наблюдение";
- 2/ обеспечивает устойчивую управляемую синхронизацию осциллографа;
- 3/ осуществляет необходимые коммутации во входном блоке;
- 4/ запускает преобразователи блока кодирования.

Блок выполняет следующие команды с магистрали КАМАК:

- NA(0)F(8) Q=L - проверка состояния триггера запроса,
 NA(0)F(10) Q=L - сброс триггера запроса,
 NA(0)F(16) Q=1 - запись в регистр управления и сброс триггера запроса,
 NA(0)F(24) Q=0 - блокировка триггера запроса,
 NA(0)F(26) Q=0 - разблокировка триггера запроса.

Режим работы системы и номер подключаемого датчика задаются записью в регистр управления командой NA(0)F(16) управляющего слова по шинам $W1 \div W11$. При включении системы, при нажатии кнопки "автоном" или по команде записи при $W6=0$, устанавливается режим "наблюдение". В этом режиме датчики фазовых сигналов последовательно подключаются ко входу ос-

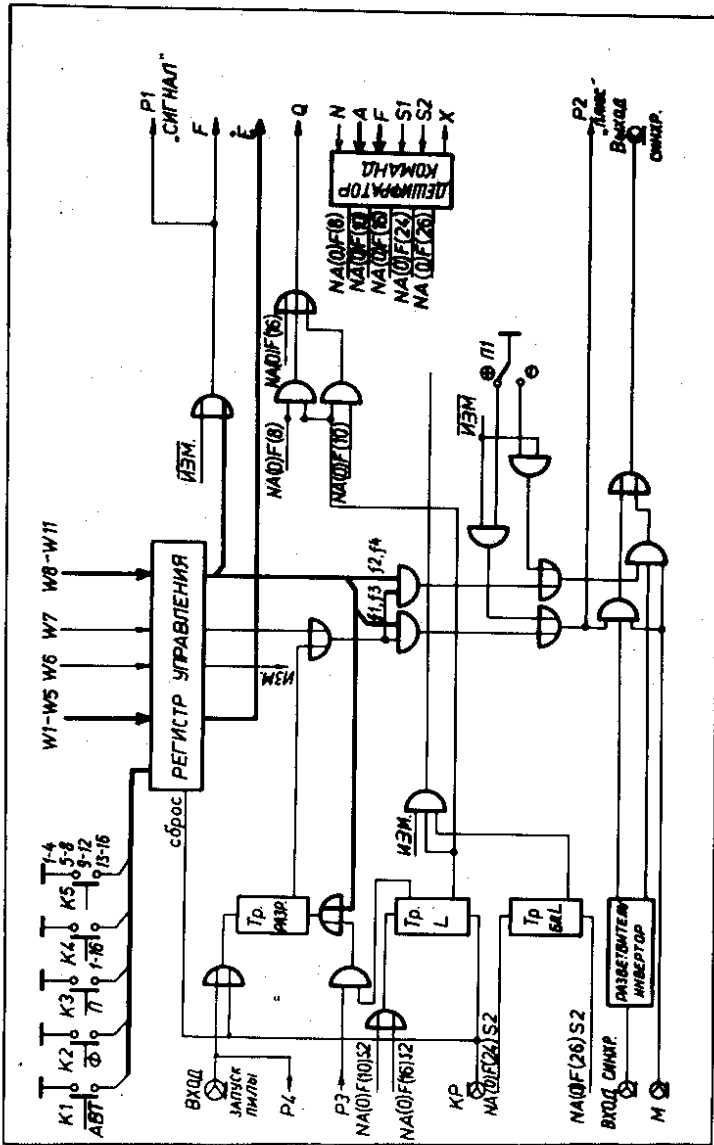


Рис. 2. Функциональная схема блока управления.

циллографа, синхронизация которого осуществляется либо положительным, либо отрицательным полупериодом сигнала от дуанта. Режим предназначен для визуального наблюдения сигналов со всех датчиков и выбора приемлемого размера изображения по вертикали и горизонтали.

Машинный анализ сигналов производится в режиме "измерение". Логика работы БУ и обмена управляющими сигналами с БК осуществляется в соответствии с алгоритмом, изображенным на рис. 3. Коммутация сигналов на входах осциллографа и его синхронизация выполняются путем задания кода управляющего регистра согласно таблице.

Таблица

f_i	W11	W10	W9	W8	Синхронизация	На вход включен
f_1	0	0	0	1	положительным полупериодом	нуль
f_2	0	0	1	0	отрицательным полупериодом	нуль
f_3	0	1	0	0	положительным полупериодом	сигнал
f_4	1	0	0	0	отрицательным полупериодом	сигнал

Режим включается записью $W6 = W7 = 1$ - измерение при постоянном разрешении синхронизации. По $W1 - W5$ задается номер датчика. По окончании развертки разрешение снимается, блок выставляет запрос L. После записи кода f_i в регистр управления вырабатывается первый строб, разрешение снимается, запускаются преобразователи блока кодирования. Разрешение на выработку следующего строба дается по окончании цикла обработки. Конец развертки сбрасывает регистр уп-

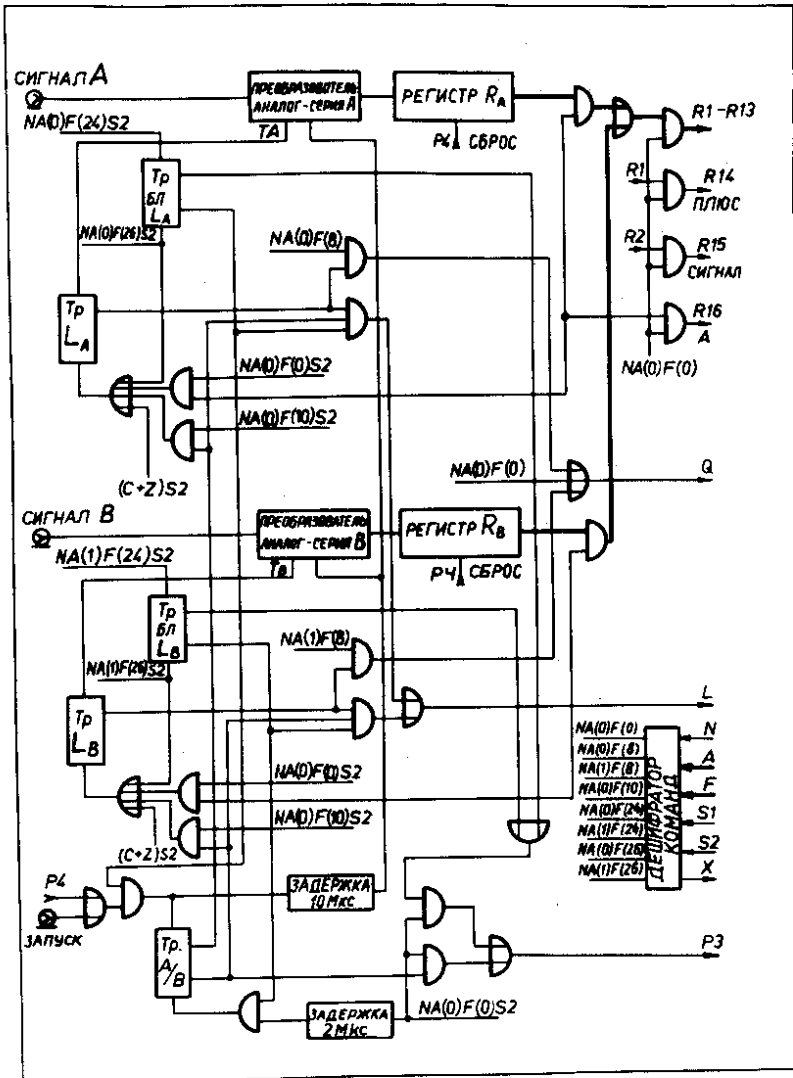


Рис. 4. Функциональная схема блока кодирования.

равления, блок выставляет запрос и снимает разрешение синхронизации до задания кода следующей функции f_1 .

Блок кодирования, функциональная схема которого представлена на *рис. 4*, состоит из двух преобразователей аналог-код ^{7/} и логики управления, реализующей режим чтения в цикле двух регистров R_A и R_B в соответствии с алгоритмом *рис. 3* по одной команде.

Преобразователь осуществляет измерение положительных напряжений в диапазоне $1 \div 12$ В и обеспечивает следующие параметры:

- 1/ дифференциальная нелинейность $\leq 2\%$,
- 2/ интегральная нелинейность $\leq 0,3\%$,
- 3/ максимальное число каналов ≈ 6000 ,
- 4/ максимальное время преобразования - ≈ 250 мкс.

Для обмена управляющими сигналами с БУ используются контакты магистрали P3, P4; контакты P1, P2 применяются для передачи из БУ признака информации /плюс/минус, сигнал/нуль/.

Блок выполняет следующие команды с магистрали КАМАК:

- NA(0)F(0) Q=1 - чтение R и сброс триггера запроса,
- NA(0)F(8) Q= L_A - проверка запроса L_A ,
- NA(1)F(8) Q= L_B - проверка запроса L_B ,
- NA(0)F(10) Q=0 - сброс триггера запроса,
- NA(0)F(24) Q=0 - блокировка триггера запроса L_A ,
- NA(1)F(24) Q=0 - блокировка триггера запроса L_B ,
- NA(0)F(26) Q=0 - разблокировка и сброс триггера запроса L_A ,
- NA(1)F(26) Q=0 - разблокировка и сброс триггера запроса L_B .

Испытания аналоговой части системы проводились как со стандартными сигналами, так и с сигналами от пикап-электродов циклотрона У-120М.

Интенсивность в импульсе пучка протонов с энергией 40 МэВ составляла ≈ 50 мкА, частота следования импульсов - 50 с⁻¹ при длительности ≈ 100 мкс. Сигналы с пикап-электродов подавались на сумматор и далее

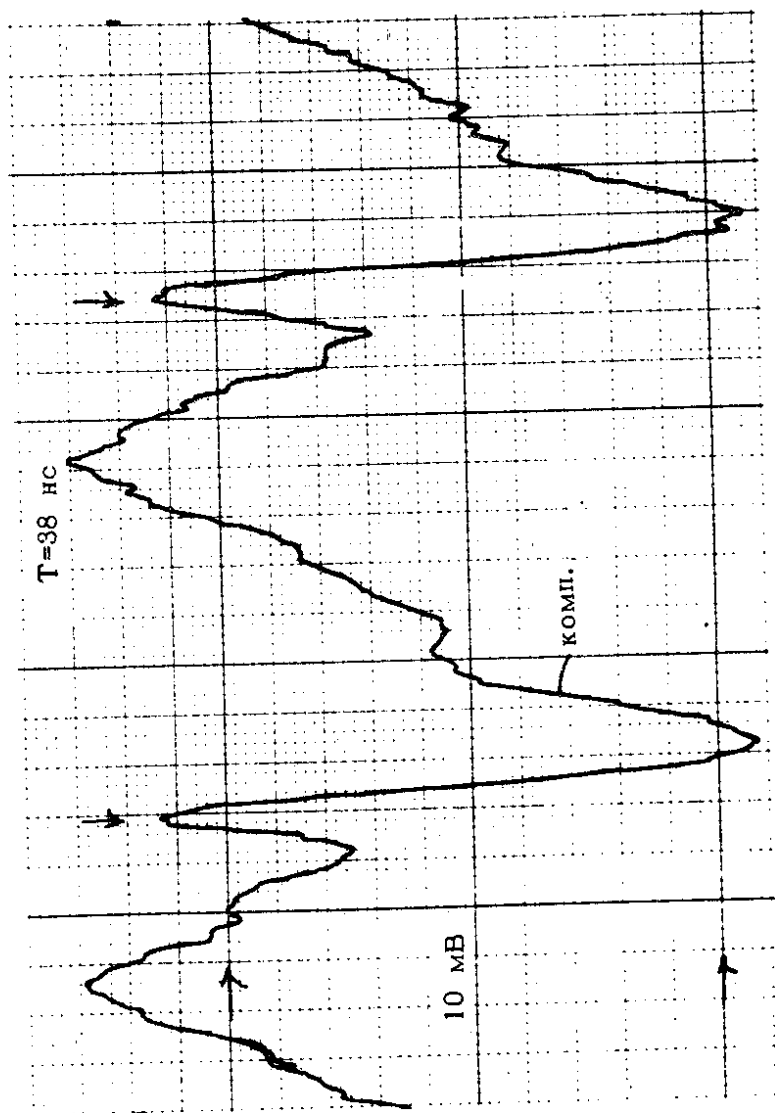


Рис. 5. Экспериментальная кривая сигнала с пикап-электродов от пучка протонов с энергией 40 МэВ и интенсивностью 50 мкА.

на вход осциллографа С7-8. Регистрация сигнала с выхода осциллографа производилась двухкоординатным самописцем ПДС-021М. На *рис. 5* показана кривая сигнала с пикап-электрода, находящегося на среднем радиусе ускорения. Наводка первой гармоники ускоряющего напряжения имела внешний источник, специальных мер для ее устранения не принималось.

Для получения устойчивой синхронизации стробоскопического осциллографа в условиях манипуляции использовалась схема синхронизации, впоследствии примененная в блоке управления.

Блоки управления и кодирования испытывались при отработке программ связи крейта КАМАК с ЦВМ М-6000. Нестабильность измеренного значения фазы составляла $\leq 1,5^\circ$ за час, что обусловлено в основном нестабильностью осциллографа. Абсолютная точность измеренного сдвига фаз двух сигналов с частотой 40 МГц от генератора Г4-119А, в один из каналов которого включалась прецизионная линия задержки, составила $\leq 2^\circ$.

Испытания показали достаточную идентичность измерительных каналов.

Авторы благодарят В.Н.Аносова за полезные обсуждения и поддержку работы, С.В.Медведя - за предоставление возможности длительной работы на ЦВМ М-6000 ВЦ Лаборатории ядерных проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аносов В.Н. и др. ОИЯИ, Р9-7339, Дубна, 1973.
2. Денисов Ю.Н., Любенко А.Н., Чизак М. ОИЯИ, Р9-9142, Дубна, 1975.
3. Денисов Ю.Н., Любенко А.Н., Чизак М. ОИЯИ, Р9-9143, Дубна, 1975.
4. Аносов В.Н. и др. ОИЯИ, Р9-9144, Дубна, 1975.
5. Дворников В.Д., Резвов В.А., Юдин Л.И. ПТЭ, 1973, №2, с.41.
6. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8754, Дубна, 1975.
7. Антюхов В.А., Семенов Б.Ю. ОИЯИ, 13-7085, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 декабря 1977 года.