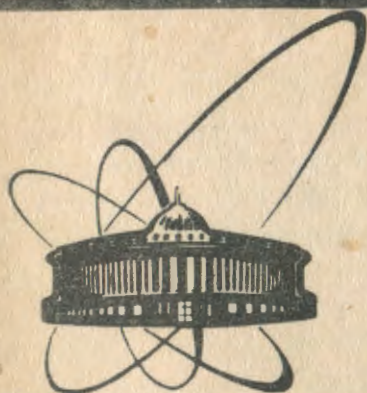


91-35



**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна**

P10-91-35

Г.Ганбат, Э.М.Глейбман

**АВТОНОМНАЯ МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
БЕТАТРОННЫХ КОЛЕБАНИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА**

1991

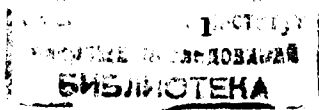
Применяемые на ускорителях методы измерения параметров бетатронных колебаний в большинстве основаны на спектральном анализе когерентных колебаний центра тяжести пучка относительно электрической оси датчика положения, установленного по трассе движения пучка. Амплитудные значения колебаний, вызванные возбуждением пучка специальным толкателем, фиксируются на ряде последовательных оборотов и накапливаются. Полученная таким образом информация затем обрабатывается. Наиболее распространенной обработкой является использование дискретного преобразования Фурье (ДПФ) над последовательностью, содержащей 1000 и более выборок. В общем виде ДПФ есть оператор, который изменяет дискретную последовательность значений $X(n)$, $n = 1, 2, \dots, N$ в комплексную последовательность $X(k)$, $k = 1, 2, \dots, N$ в соответствии с выражением:

$$X(k) = \sum_{n=1}^N X(n) e^{-j2\pi kn/N}.$$

В применении к анализу распределения частиц в пучке по частотам бетатронных колебаний $X(n)$ представляет из себя временную выборку значений отклонения пучка от равновесной орбиты, а $X(k)$ — это аппроксимация Фурье спектром траектории движения частиц в вакуумной камере.

Реализация дискретного преобразования Фурье или его более рационального варианта — быстрого преобразования Фурье (БПФ), состоящего в проведении большого количества операций умножения комплексных чисел с накоплением, на универсальных ЭВМ и микропроцессорах требует значительного времени, и поэтому не всегда пригодна в системах управления ускорителей.

Вопросы точности аппроксимации и программной реализации ДПФ достаточно хорошо изучены. Реализация же его в "металле", по всей вероятности, постоянно будет занимать внимание разработчиков, т.к. устойчивое развитие микроэлектроники стимулирует совершенствование приборов на основе ДПФ. В то же время выбор алгоритма ДПФ непосредственно связан с используемой элементной базой и, в конечном итоге, может привести к



снижению времени вычислений, либо сокращению числа электронных компонент и т.п.

С развитием микроэлектроники появился новый класс микропроцессорной техники – сигнальные процессоры, структура и система команд которых ориентирована на использование в задачах цифровой обработки сигналов. Электронная аппаратура, выполненная на базе сигнальных процессоров, легко адаптируется к конкретной системе автоматизации, обладает высокой надежностью и быстродействием при низкой стоимости.

В рамках работ по макетированию отдельных узлов систем УНК создана автономная микропроцессорная система для измерения параметров бетатронных колебаний с использованием сигнального процессора. Основу системы (рис.1) составляют крейтовая микроЭВМ (МИК-1) и два блока быстрого процессора (БП), выполненные на базе 16-разрядного сигнального процессора типа TMS 32010. Блок быстрого процессора работает как "SLAVE" в микропроцессорной системе МИК /1/, где с целью организации многопроцессорной работы реализован совмещенный протокол КАМАК/МУЛЬТИБАС /2/. Кроме многопроцессорной работы такое совмещение позволяет использовать в крейте как блоки стандарта КАМАК, так и блоки, поддерживающие интерфейс МУЛЬТИБАС.

Разработанный блок (рис.2) выполнен в конструктиве КАМАК и поддерживает со стороны разъема R2 протокол МУЛЬТИБАС, а со стороны разъема P1, установленного на передней панели, интерфейс шины TMS 32010. Основу БП составляет сигнальный процессор и 16 интегральных схем статической памяти типа KM132PУ5. Оперативная память блока организована в виде двухпортового ОЗУ с произвольной выборкой объемом 4К 16-разрядных слов доступного (в зависимости от состояния триггера управления) сигнальному процессору, либо одному из задатчиков интерфейса МУЛЬТИБАС.

Перед началом работы в эту память из блока постоянной памяти ОЗУ/ППЗУ заносится программа обработки и таблица значений синусов и косинусов. Управление всей системой осуществляет микроЭВМ МИК-1. Оцифровка сигналов с датчиков положения по направлениям Z и R производится двумя быстрыми 8-разрядными АЦП типа Ф4226, имеющими буферную память объемом 1024 слова. Сигналы с датчиков положения поступают на вход АЦП после предварительной аналоговой обработки (ПД). АЦП стро-

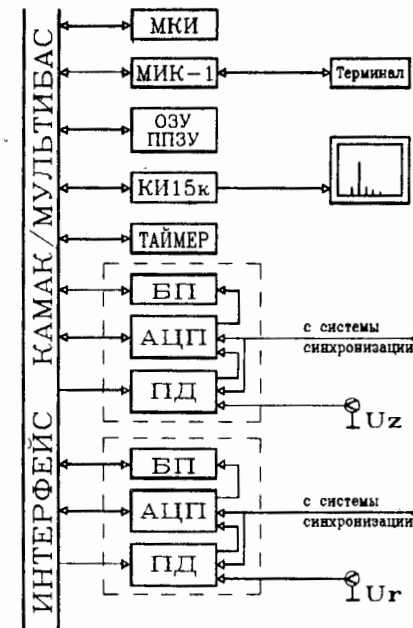


Рис. 1. Структурная схема системы ИБК.

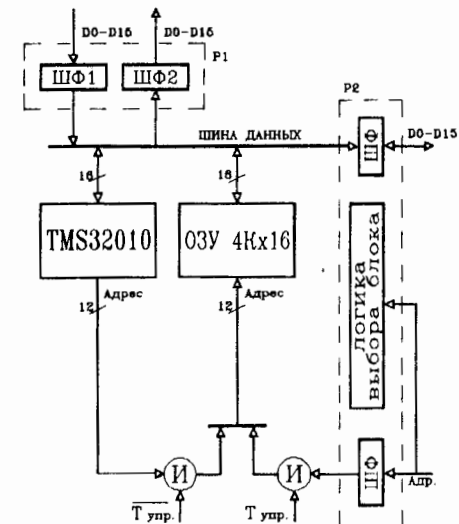


Рис. 2. Структура блока БП.

бируются импульсами, синхронизированными частотой обращения пучка.

Анализ бетатронных частот производится по 1024 выборкам в каждом цикле ускорения. После накопления информация из буфера АЦП переписывается в специально отведенную область памяти БП и обрабатывается. Обработка состоит в выполнении БПФ с прореживанием по времени /3/. Базовая операция БПФ содержит 25 ассемблерных команд сигнального процессора, а вся программа обработки занимает 180 ячеек памяти блока БП. Сюда входит подпрограмма базовой операции БПФ, подпрограмма изменения адресной последовательности (bit reversal) и подпрограмма вычисления модуля комплексного числа.

Полное время выполнения БПФ для 1024 точек составляет 70 мс. (Для сравнения— полное время выполнения БПФ для 1024 точек в известных реализациях на универсальных ЭВМ составляет от 100мс до 1000мс, а на микропроцессорах широкого применения от 600мс до 5500мс /4/).

Дальнейшая обработка измерений производится в микроЭВМ МИК-1. Она состоит в вычислении дробной части (q) частоты бетатронных колебаний по направлениям Z и R , масштабировании и преобразовании данных для вывода на цветной TV- монитор.

По желанию оператора на TV- монитор в каждом цикле ускорения может выводиться клетка частот с положением рабочей точки, форма колебаний пучка либо частотный спектр по любому из направлений (Z , R).

Разработанная система может использоваться в исследовательских целях (для отработки различных алгоритмов спектрального анализа), а также как Q- монитор при наладке ускорителя.

Литература

1. Вендрот Л. и другие, ОИЯИ Р10-87-109, Дубна, 1987.
2. Глейбман Э.М. В сб.: XII Международный симпозиум по ядерной электронике, ОИЯИ, Д13-85-793, Дубна, 1985, с.189.
3. Голд Б., Рэйзер Ч., Цифровая обработка сигналов. М.: "Советское радио", 1973, стр. 204.
4. H. Van der Auweraet and R. Snoeys, Micro N2, 1987 p.39.

Рукопись поступила в издательский отдел

18 января 1991 года.