

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

P10-85-247

Л.В.Дубовик, В.Д.Инкин, В.П.Николаев,
Т.П.Саенко

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ
КОЛЛЕКТИВНЫМ УСКОРИТЕЛЕМ
ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ КУТИ-20

1985

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все создаваемые и модернизируемые ускорители заряженных частиц оснащаются системами управления с применением ЭВМ. Эта работа посвящена системе управления головной части коллективного ускорителя тяжелых ионов КУТИ-20, состоящей из линейного индукционного ускорителя электронов СИЛУНД-20 и адиабатического генератора заряженных тороидов - адгезатора-20, в котором осуществляется формирование электронных колец и загрузка их ионами ^{1,2/}.

1. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

1. Измерение по команде оператора параметров, характеризующих работу ускорителя. В настоящее время организовано измерение 66 параметров: интенсивности пучка электронов в переходных камерах СИЛУНДа-20, амплитуды сигнала обратной высадки кольца, пропорциональной количеству электронов на равновесной орбите, временных положений ускоряющих импульсов СИЛУНДа-20, импульсов инфлектора и корректора, токов фокусирующей системы СИЛУНДа-20, токов размагничивания индукторов, токов катушек сжатия и выводных соленоидов адгезатора-20, зарядных напряжений высоковольтных источников питания модуляторов, корректора и инфлектора, вакуума в камере адгезатора-20 и др.

2. Функциональный контроль технологических систем /контроль выхода параметров за границы допустимого диапазона/. Контролируются 46 параметров.

3. Отображение информации об измеренных и контролируемых параметрах в удобном для восприятия оператором виде на телевизионных мониторах, алфавитно-цифровых дисплеях и АЦПУ DZM-180.

4. Временная синхронизация работы технологических систем ускорителя посредством синхронизатора КУТИ-20, включающего в себя 56 каналов управляемых от ЭВМ генераторов временных интервалов с диапазоном изменения $0 \div 16$ мс с шагом изменения 1 нс. Обеспечена возможность хранения и воспроизведения 10 режимов временной настройки ускорителя КУТИ-20 ^{3/}.

5. Стабилизация временного положения ускоряющих импульсов пяти секций ускорителя СИЛУНД-20, импульсов корректора и инфлектора в соответствии с заданными эталонными значениями.

6. В состав программного обеспечения системы управления включены программы оптимизации режима захвата электронов на равновесную орбиту в адгезаторе по амплитуде сигнала обратной высадки электронного кольца. Оптимизация проводится путем изменения времени запуска отдельных систем ускорителя, подключенных к синхронизатору, по команде оператора. При этом симплекс-алгоритм реализован на ЭВМ СМ-4, которая управляет временными каналами посредством микро-ЭВМ синхронизатора КУТИ-20, а алгоритм скорейшего спуска реализован на микро-ЭВМ КМ 001 синхронизатора КУТИ.

2. АППАРАТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Структурная схема системы управления КУТИ-20 представлена на рис.1. Эту структуру можно классифицировать как централизованную иерархическую структуру с автономными подсистемами. В состав системы управления входит мини-ЭВМ СМ-4, оснащенная набором внешних устройств, с которой посредством блоков последовательной межкаркасной связи КИ 021^{1/1} связаны две микро-ЭВМ "Электроника-60" и одна микро-ЭВМ КМ 001, выполненная в стандарте КАМАК. В набор внешних устройств ЭВМ СМ-4 входят три терминала МЕРА 7953, диски МЕРА-9475, гибкие диски СМ 5608, контроллер крейта КАМАК 106-А, телевизионные мониторы, подключенные через интерфейсы в стандарте КАМАК. Микро-ЭВМ "Электроника-60" оснащены блоками памяти и интерфейсами для подключения аппаратуры КАМАК. Все подключенные к СМ-4 микро-ЭВМ обеспечивают доступ к аппаратуре КАМАК со стороны центральной ЭВМ, а также предоставляют возможность использовать для наладочных работ и автономной работы терминалы, подключенные непосредственно к микро-ЭВМ. Синхронизатор КУТИ-20 управляется отдельным дисплеем МЕРА-7953. Периферийные микро-ЭВМ "Электроника-60" загружаются, стартуют и полностью функционально подчиняются центральной ЭВМ. С центральной ЭВМ производится запуск и управление

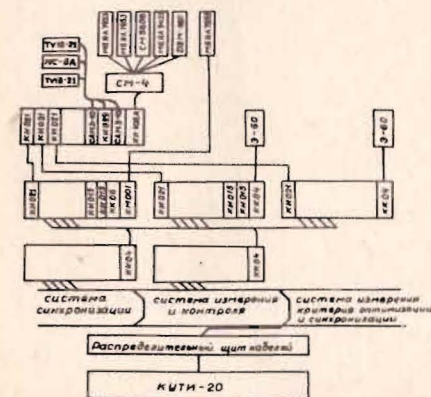


Рис.1. Структурная схема системы управления.

заданиями. Структурная схема и состав аппаратуры синхронизатора КУТИ-20 представлены в^{3/}.

На рис.2 приведена блок-схема подсистемы измерения и контроля параметров КУТИ-20. Контроль выхода параметров за границы допустимого диапазона осуществляется при помощи 8 блоков контроля напряжения /БКН/, которые представляют собой стробируемые 16-входовые дискриминаторы с двумя регулируемыми порогами - верхним и нижним. Если во время строб-импульса параметр находится за пределами допустимого диапазона, то БКН выставляет сигнал ЛАМ и в соответствующий разряд 16-разрядного статусного регистра, который находится в БКН, записывается "1". После считывания статусного регистра и определения номера дефектного параметра информация отображается на экране телевизионного монитора.

Измерение параметров осуществляется при помощи коммутатора аналоговых сигналов /КАС/, аналого-цифрового преобразователя САМ 4.05/9/ /АЦП/ и коммутатора логических сигналов КЛ003 /10/ /КЛС/. КАС представляет собой 128-канальный коммутатор, использующий в качестве коммутирующих элементов реле РЭС 55. По команде оператора КАС подключает к АЦП аналоговый сигнал, который необходимо измерить, а КЛС - соответствующий ему строб-импульс, который определяет момент измерения.

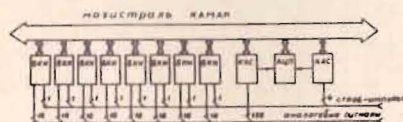


Рис.2. Блок-схема подсистемы измерения и контроля параметров ускорителя.

Рис.3а. Информационная картина о состоянии параметров ускорителя.

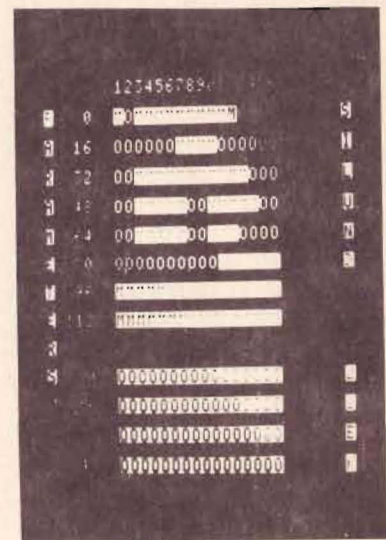
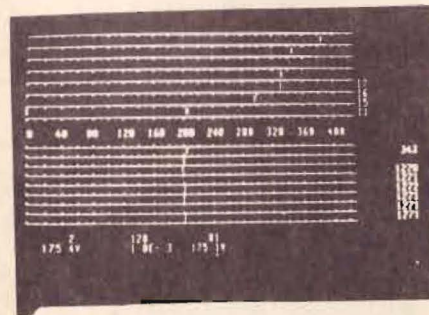


Рис.3б. Графическая картинка с экрана телемонитора с информацией о величинах параметров ускорителя.

3. ОТОБРАЖЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

В системах управления ускорителями контролю и измерению подлежат большое число разнообразных и разнородных параметров, многие алгоритмы регулирования реализуются при непосредственном участии оператора, поэтому вопросы отображения информации о состоянии параметров ускорителя представляют особый интерес. Примеры диалога оператора ускорителя с системой управления, используемого для задания режимов измерения, алгоритмов управления, представлены в ^{3,4/}. На рис. 3а показана информационная картинка о состоянии параметров ускорителя. Здесь используется табличная форма представления информации, где каждому контролируемому каналу соответствует одно из трех состояний:

состояние	символ
рабочее	0
нерабочее	A
маска	H

Для системы измерения параметров оператор может задать в качестве устройства отображения экран цветного телевизионного дисплея, экран управляющего терминала и АЦПУДЗМ-180.

Информация о некоторых процессах представлена в графической форме. Например, графическая картинка рис. 3б отражает мгновенные значения временного положения ускоряющих импульсов секций СИЛУНДа-20, импульсов инфлектора и корректора и их отклонения от эталонных значений.

4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

На ЭВМ СМ-4 функционирует операционная система RSX-M. Программное обеспечение включает резидентный драйвер устройства связи TFDRV, который удовлетворяет стандарту RSX-M и программе PULT, реализованную в качестве пользовательской задачи. Для синхронизации сообщений между процессами разработан байт "ориентированный протокол", создано прикладное программное обеспечение для связи с оператором, отображения информации для системы контроля и измерения параметров. Возможности и особенности этих программ изложены в ^{4/}.

Поскольку программное обеспечение микро-ЭВМ, подключенных к СМ-4, обеспечивает доступ к аппаратуре в стандарте КАМАК, в системе управления реализована возможность использования языка высокого уровня Фортран для написания управляющих программ. В системе управления КУТИ-20 эксплуатируется подсистема автоматической стабилизации временного положения ускоряющих импульсов секций СИЛУНДа-20, импульсов инфлектора и корректора. Длительность ускоряющих импульсов 30 нс, амплитуда напряжения 17 кВ, ток 35 кА ^{1/}. Измерение временного положения ускоряющих импульсов производится, после соответствующей нормализации, блоками

6ВЦП ^{5/}, на входы которых импульсы поступают с выходов дискриминаторов ^{6/}. Управление моментами запуска осуществляется посредством синхронизатора КУТИ-20. Алгоритм стабилизации реализован на ЭВМ СМ-4 /рис. 4/. При запуске процедуры стабилизации вызывается определенный набор эталонных значений, задается число измерений и номера управляющих каналов синхронизатора. Определенной командой можно изменять величины эталонных значений по каждому измеряемому каналу. Осуществляется проверка стабильности измерений. При величине дисперсии временного положения измеряемых импульсов больше критической /2 нс/ канал исключается из управления в данном цикле. Если дисперсия меньше критической, то вычисляется $DELTA = ETAL - TEK$. При величине $|DELTA| > 5$ нс значению задержки в канале присваивается новое значение $DELAY = DELAY + DELTA \cdot \text{sign}(DELTA)$, если $|DELTA| < 5$ нс, значению задержки в канале присваивается величина $DELAY = DELAY + \text{sign}(DELTA)$. При $|DELTA| < 5$ нс определяется только направление изменения величины задержки в канале и реализуется приближение к эталонному значению с шагом, равным 1 нс. Этот алгоритм применяется для обеспечения требуемой устойчивости работы замкнутой системы регулирования. Устойчивость работы системы ухудшается при работе вблизи эталонных значений из-за влияния на форму измеряемых им-

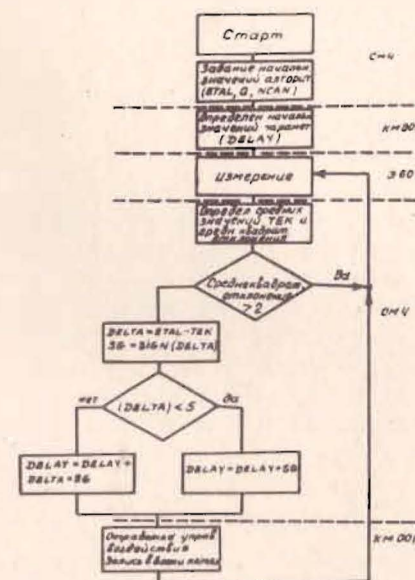


Рис. 4. Блок-схема алгоритма стабилизации временного положения ускоряющих импульсов ускорителя СИЛУНД-20.

пульсов пучка электронов, частично это устраняется интегрированием импульсов. На блок-схеме алгоритма отмечено, какие процедуры выполняет каждый процессор, принимающий участие в стабилизации. Перед началом процедуры регулирования из ЭВМ СМ-4 в буфер КМ001 синхронизатора передаются номера каналов, с помощью которых должно осуществляться регулирование временного положения, в ЭВМ СМ-4 передаются начальные значения величин задержек в этих каналах для вычисления соответствующих корректирующих воздействий. Работа программы связи в ЭВМ КМ001 организована по прерыванию и допускает одновременное управление каналами синхронизатора, не управляемыми ЭВМ СМ-4, оператором ускорителя.

В состав команд синхронизатора КУТИ-20 включена команда оптимизации режима захвата электронов в камере адгезатора по амплитуде сигнала обратной высадки электронного кольца с фотоэлектронного умножителя, измеряемой АЦП 331^{/8/}. Оптимизация производится с помощью алгоритма скорейшего спуска с фиксированным шагом путем изменения величин задержки в каналах синхронизатора. Начальная точка оптимизации выбирается подачей команды Li < CR > чтения режима с диска СМ-4^{/3/} или предварительной настройкой ускорителя оператором. В процедуру оптимизации могут быть включены до 10 любых каналов синхронизатора, размер шага поиска задается оператором. Процесс оптимизации может быть остановлен, при этом восстанавливается последний лучший результат настройки. Процесс оптимизации отображается на телевизионном приемнике "Электроника-Ц430", подключенном к синхронизатору. Более сложный алгоритм оптимизации симплекс-методом реализован на линии с микро-ЭВМ "Электроника-60", КМ001 и СМ-4. Программа оптимизации написана на языке Фортран. Измерение сигнала обратной высадки производится системой измерения параметров.

Следует отметить, что микро-ЭВМ КМ001 синхронизатора КУТИ-20 работает в мультипрограммном режиме. Мультипрограммный режим реализован с использованием системы прерываний КМ001 и возможностей монитора^{/7/}. Допускается одновременное управление каналами синхронизатора оператором ускорителя посредством дисплея, стабилизации временного положения ускоряющих импульсов секций и импульсов инфлектора и корректора, оптимизации режима симплекс-методом или методом скорейшего спуска, а также отображения процесса оптимизации на телевизионном приемнике.

5. ВЫВОДЫ

Разработана и реализована система автоматизированного управления головной частью коллективного ускорителя тяжелых ионов КУТИ-20. С применением средств вычислительной техники решены задачи: измерение 66 параметров, контроль состояния 46 параметров, синхронизация технологических систем ускорителя /56 управляемых каналов генераторов временных интервалов/, стабилизация

временного положения ускоряющих импульсов пяти секций ускорителя СИЛУНД-20, импульсов инфлектора и корректора, отображения информации об измеряемых и контролируемых параметрах. В состав программного обеспечения включены процедуры оптимизации режимов работы КУТИ-20 посредством управления генераторами временных интервалов синхронизатора КУТИ-20.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долбилов Г.В. и др. ОИЯИ, 9-83-307, Дубна, 1983.
2. Александров В.С. и др. ОИЯИ, Р9-83-613, Дубна, 1983.
3. Инкин В.Д., Лебедев Н.И., Николаев В.П. ОИЯИ, 10-82-106, Дубна, 1982.
4. Дубовик Л.В., Инкин В.Д., Саенко Т.П. ОИЯИ, 10-83-223, Дубна, 1983.
5. Басиладзе С.Г. и др. ОИЯИ, 13-8609, Дубна, 1975.
6. Дубовик Л.В. и др. ПТЭ, 1982, № 3, с.20.
7. Сидоров В.Т. ОИЯИ, 10-80-567, Дубна, 1980.
8. Басиладзе С.Г., Маньяков П.К. ОИЯИ, 13-7387, Дубна, 1973.
9. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-9479, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 апреля 1985 года