

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

2329/82

17/v-82

10-82-102

В.Д.Инкин, В.П.Николаев, Т.П.Саенко

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА
УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ ЗАХВАТА
ЭЛЕКТРОНОВ НА РАВНОВЕСНУЮ ОРБИТУ
В АДГЕЗАТОРЕ ПРОТОТИПА КУТИ

1982

1. ВВЕДЕНИЕ

В коллективном ускорителе тяжелых ионов /КУТИ/ электронные кольца формируются в адгезаторе при захвате сильноточного электронного пучка на начальную равновесную круговую орбиту/1/. Параметры инжектируемых линейных электронных пучков выбираются так, что они обеспечивают максимально возможное количество электронов в кольце и минимальные его размеры в сжатом состоянии, что определяет эффективность коллективного метода ускорения ионов электронными кольцами. Как инжектор в КУТИ ОИЯИ используется линейный индукционный ускоритель электронов СИЛУНД. Количество электронов, захваченных на начальную равновесную орбиту Ne , зависит от большого числа управляемых и не управляемых факторов, а также от случайных воздействий, возникающих в процессе ускорения. В таких условиях приходится периодически осуществлять подстройку режима работы ускорителя. Оператор при этом часто действует интуитивно и, следовательно, нет твердой гарантии, что найденный режим наилучший. Сложность физических процессов затрудняет получение работоспособной детерминистической модели, связывающей Ne с главными управляющими параметрами. В этих условиях естественно рассматривать ускоритель как многопараметрический объект экстремального управления.

Функцией качества является величина, пропорциональная количеству электронов, захваченных в адгезаторе прототипа КУТИ на равновесную орбиту.

2. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

Основной задачей, которая решалась при разработке системы автоматизированного управления Ne , являлась задача схематизации структуры управления и выявления факторов, существенных для управления. В результате ограничено число важных элементов и связей. Были выбраны в качестве управляющих параметров следующие параметры управления: величина фокусирующих полей в первых трех секциях ускорителя СИЛУНД, временное положение импульсов инжектора, корректора и импульса запуска 1-й секции.

Выбор этих параметров в основном обуславливался использованием эвристической модели, возникающей в результате формального описания действий человека-оператора и стремлением обеспечить высокое качество управления при сравнительно небольших

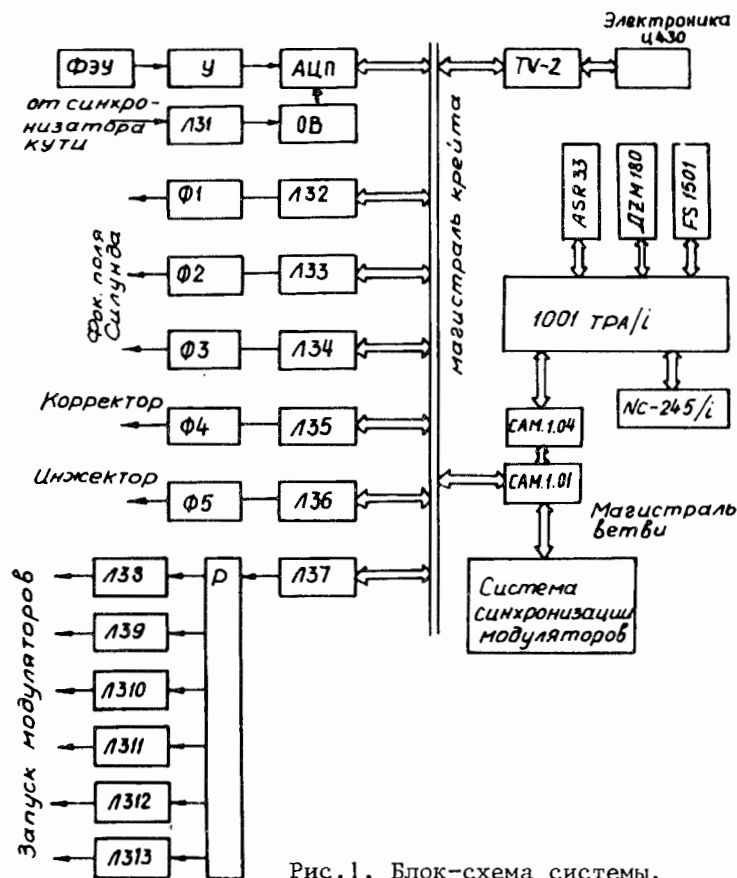


Рис. 1. Блок-схема системы.

затратах на создание и эксплуатацию системы. Так как в настоящее время диапазоны изменения вышеперечисленных параметров определены с достаточно высокой точностью при определенной синхронности срабатываний модуляторов ускорителя СИЛУНД, возможно решать одноэкстремальную задачу оптимального управления. Синхронизация срабатываний модуляторов ускорителя выполняется системой автоматической синхронизации модуляторов ускорителя, которая обеспечивает высокую степень воспроизводимости настройки и успешно зарекомендовала себя в процессе опытной эксплуатации^{2/}. За функцию отклика в системе принимается амплитуда сигнала обратной высадки электронного кольца с фотоэлектронного умножителя /ФЭУ/. Сигнал с ФЭУ через нормализующий усилитель подается на АЦП^{3/} /рис.1/. Регулировка величины фокусирующего поля

в СИЛУНДе производится посредством изменения величины задержки в цепях запуска тиристорных коммутаторов^{4/}.

На рис.1 блоки задержек Л32, Л33, Л34/5/ в цепях запуска формирователей магнитного поля /Ф1, Ф2, Ф3/, импульсы на входы блоков задержек поступают от синхронизатора ускорителя. Диапазон изменения величины задержки 0-216-1/0,1 мкс, минимальный шаг изменения 0,1 мкс.

Блоки наносекундной задержки КЛ301 /Л35, Л36, Л37/ служат для управления временным положением импульсов инжектора, корректора и импульсов модуляторов 1-й секции СИЛУНДа.

Диапазон изменения величины задержки блока КЛ301 - 0÷63,5 нс, минимальный шаг изменения - 0,5 нс. На входы блоков задержек импульсы поступают с соответствующих каналов синхронизатора ускорителя.

Отображение процесса оптимизации осуществляется печатью на АЦПУ DZM-180 и выводится на телевизионный приемник "Электроника-Ц430" с помощью интерфейса TV-2. Начальные значения управляемых параметров устанавливаются исходя из предварительно накопленного опыта вблизи оптимальных значений, в дальнейшем реализуется алгоритм прямого поиска^{6/с} постоянным шагом. Для управления величиной фокусирующего поля шаг изменения величины задержки выбран равным 1 мкс, а для величины задержек в цепях формирователя импульсов инжектора, корректора и 1-й секции - равным 1 нс. Выбор как самого алгоритма оптимизации, так и величины шагов изменения переменных обусловлен следующими факторами:

- поиск ведется вблизи оптимальных условий, что обеспечивает достаточно быструю сходимость поиска к оптимальным значениям;
- поиск ведется непрерывно в процессе работы ускорителя, и изменения рабочих условий в процессе поиска должны быть достаточно малы, чтобы существенно не ухудшать качество работы ускорителя;
- величина шага должна быть достаточно велика, чтобы не потерять точку максимума из-за его дрейфа.

3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ

Первым шагом в настройке ускорителя является синхронизация модуляторов линейного индукционного ускорителя электронов СИЛУНД. Система автоматической синхронизации модуляторов осуществляет синхронизацию модуляторов с точностью 1 нс, а также стабилизацию временного положения ускоряющих импульсов. Начальные значения величин задержек в цепях запуска корректора, инжектора, 1-й секции и формирователей фокусирующего поля ус-

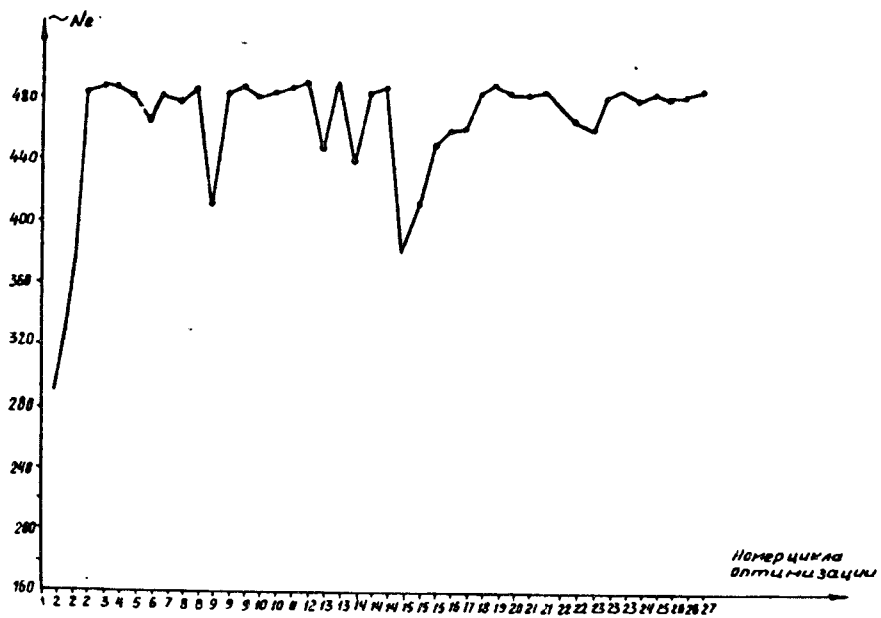


Рис.2. Кривая изменения N_e в процессе оптимизации.

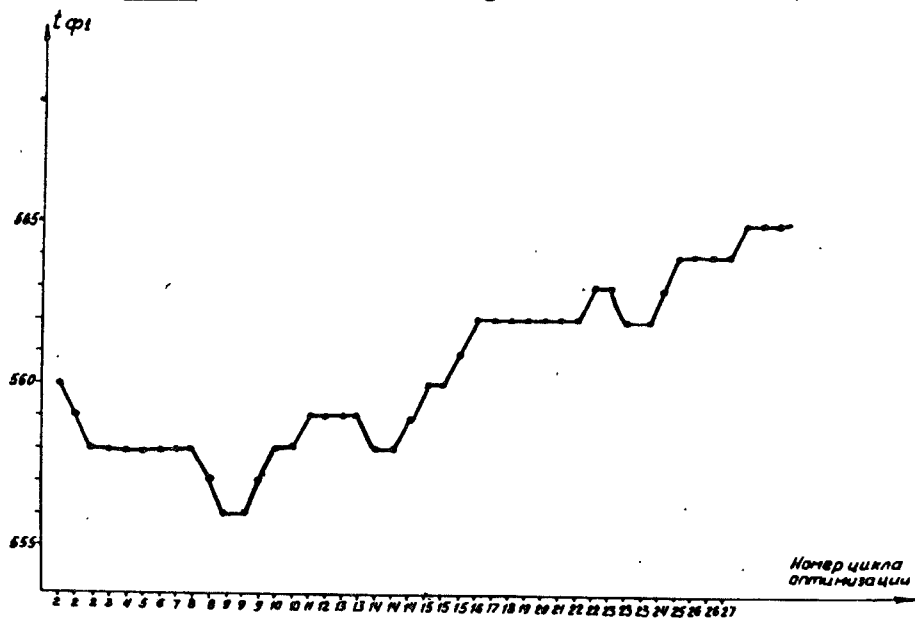


Рис.3. Кривая изменения величины задержки 1-го формирователя фокусирующего поля.

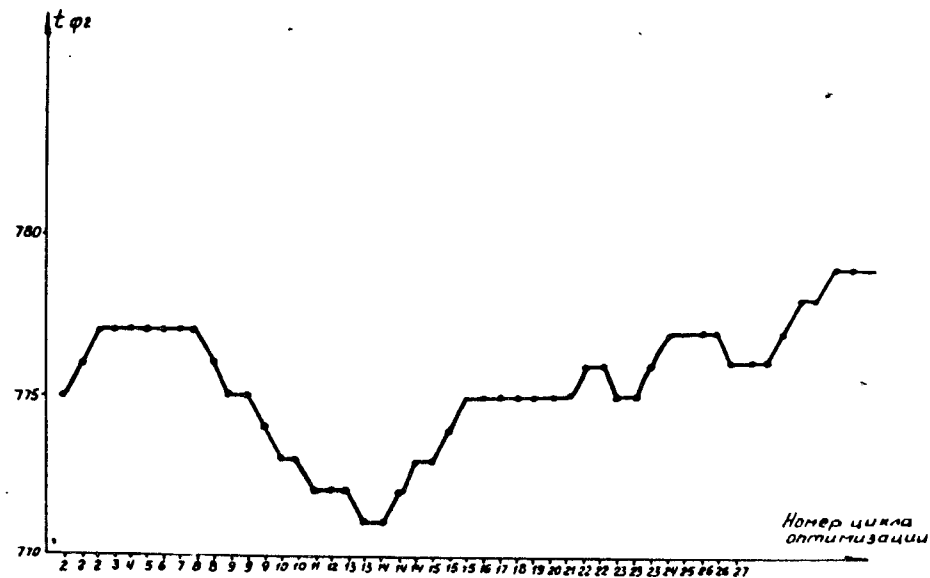


Рис.4. Кривая изменения величины задержки 2-го формирователя фокусирующего поля.



Рис.5. Кривая изменения величины задержки 3-го формирователя фокусирующего поля.

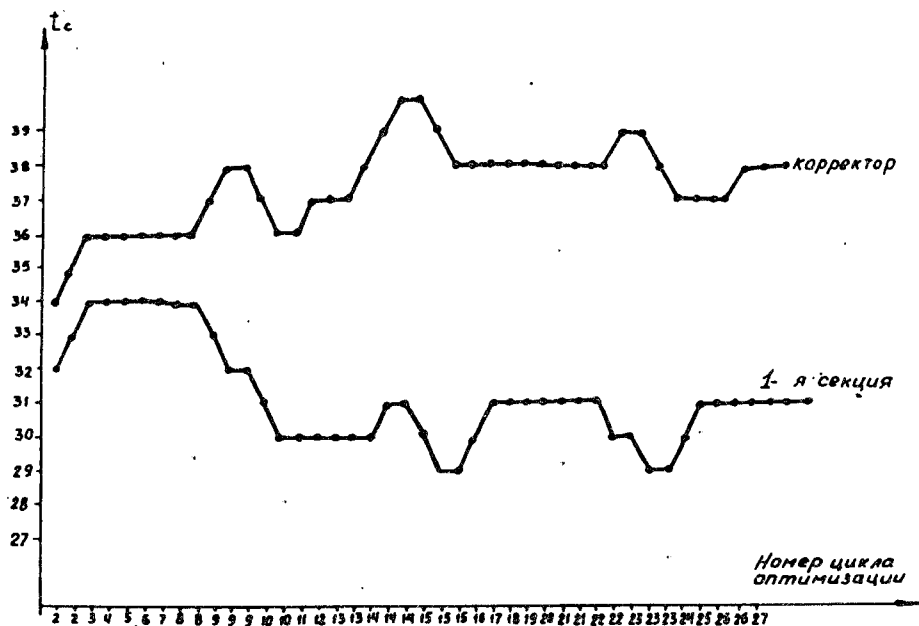


Рис. 6. Кривая изменения величины задержки в цепи формирователей импульсов корректора и 1-й секции.

танавливаются в начальное состояние вблизи оптимального значения в соответствии с предшествующим опытом. Система оптимизации режима захвата запускается после окончания синхронизации модуляторов. Требования к системам программ, осуществляющих оптимизацию режима работы ускорителя:

- возможность вмешательства оператора на всех этапах настройки;
- возможность восстановления лучшего результата настройки управляющих параметров;
- наглядное представление результатов оптимизации режима работы ускорителя.

ЭВМ в данной системе работает в режиме мультипрограммирования, который осуществляется на базе операционной системы МОСТ-Д/77. Использование операционной системы дает возможность одновременно осуществлять:

- синхронизацию модуляторов ускорителя СИЛУНД;
- оптимизацию режима захвата электронов;
- отображение процесса оптимизации на АЦПУ DZM-180 или телевизионном приемнике "Электроника-Ц430";
- диалог человека с ЭВМ.

Один цикл оптимизации занимает 8 периодов работы ускорителя, т.е. 16 с; если переход в новую точку поиска осуществляется в этом же цикле, то требуется 1 период ускорителя или 2 с. Как видно из рис. 2, режим, близкий к оптимальному, достигается за 36 с, аналогичные результаты получались и при изменении исходной точки поиска.

На рис. 3-6 отображено изменение управляющих переменных в процессе оптимизации в зависимости от номера ее цикла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саранцев В.П., Перельштейн Э.А. Коллективное ускорение ионов электронными кольцами. Атомиздат, М., 1979.
2. Дубовик Л.В. и др. ОИЯИ, 10-80-747, Дубна, 1980.
3. Басиладзе С.Г., Маньков П.К. ОИЯИ, 13-7387, Дубна, 1973.
4. Барабаш Л.С. и др. ОИЯИ, P9-7697, Дубна, 1974.
5. Беспалова Т.В. и др. ОИЯИ, P9-9041, Дубна, 1975.
6. Инкин В.Д., Николаев В.П., Смирнов А.В. ОИЯИ, 10-11512, Дубна, 1978.
7. Hoffman G., Sommerfeld P. ZFR-C-72.02, Berlin, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 февраля 1982 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D1,2-9224	IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975.	3 р. 60 к.
D-9920	Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976.	3 р. 50 к.
D9-10500	Труды II Симпозиума по коллективным методам ускорения. Дубна, 1976.	2 р. 50 к.
D2-10533	Труды X Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Баку, 1976.	3 р. 50 к.
D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Инкин В.Д., Николаев В.П., Саенко Т.П. 10-82-102
Автоматизированная система управления режимом захвата электронов на равновесную орбиту в адгезаторе прототипа КУТИ

Разработана система автоматизированного управления на линии с ЭВМ 1001 TPA-i прототипом коллективного ускорителя тяжелых ионов /КУТИ/. Решена задача схематизации структуры управления и выявления факторов, существенных для управления при оптимизации режима захвата электронов на равновесную орбиту. Решается одноэкстремальная задача экстремального управления. Функцией отклика является сигнал, пропорциональный числу электронов на равновесной орбите в адгезаторе КУТИ. Определение максимума функции отклика осуществляется методом прямого поиска с постоянным шагом изменения каждой управляющей переменной. Экспериментально определены диапазоны изменения и размеры шагов поиска всех управляющих переменных. Написаны программы оптимизации режима работы ускорителя и отображения процесса работы системы управления. Аппаратура выполнена в стандарте КАМАК.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Inkin V.D., Nikolaev V.P., Saenko T.P. 10-82-102
The Automatic Control System of Electron Capture on Equilibrium Orbit in Adgezator of Heavy Ion Accelerator Prototype

The automatic control system of heavy ion collective accelerator prototype on-line with 1001 TPA-i computer was designed. The problem of system structure and finding dominant factors for control in optimization regime of electron capture on electron orbit is solved. The one extreme task of extreme control was solved. The number of electrons on equilibrium orbit is optimized by direct search method with constant step of every control variable. The full scale range and size step on every control variable were defined experimentally. The programs of optimization and representation were written. The control system apparatus was designed in CAMAC standard.

The investigation has been performed at the Department of New Acceleration Methods, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.