

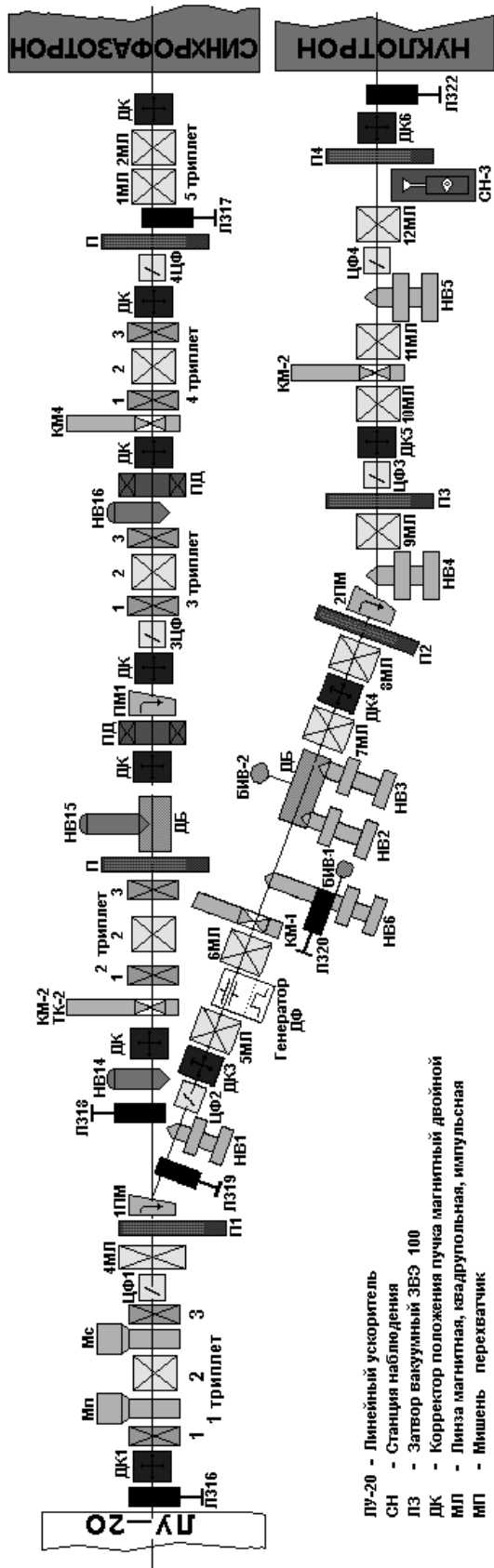
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОДНООБОРОТНОЙ ИНЖЕКЦИЕЙ ПУЧКА В НУКЛОТРОН

В.А.Андреев, В.Н.Булдаковский, Б.В.Василишин, М.А.Воеводин,
В.И.Волков, А.И.Говоров, А.Е.Кириченко, А.Д.Коваленко,
И.И.Куликов, В.А.Мончинский, С.А.Новиков, С.В.Романов, Б.Н.Свешников
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

В качестве инжектора Нуклотрона используется существующий линейный ускоритель ЛУ-20 с применяемыми в настоящее время источниками заряженных частиц – дуоплазматрон, электронно-лучевой источник, лазерный и “Полярис”, которые позволяют инжектировать широкий спектр частиц от протонов до ${}^{84}\text{Kr}^{34+}$ и поляризованных дейтронов. Канал инжекции (рис.1) включает 12 квадрупольных линз (три первых используются от канала инжекции в синхрофазотрон), шесть двойных корректоров, два поворотных магнита, а также соответствующее технологическое и диагностическое оборудование. Принятая схема однооборотной инжекции потребовала установки на канале устройства для формирования пучков короткой (до 1мкс) длительности. К оборудованию ввода пучка в кольцо Нуклотрона и посадки на равновесную орбиту относятся сверхпроводящий инфлекторный магнит (ИМ) и высоковольтные инфлекторные пластины (ИП), расположенные непосредственно в кольце ускорителя и работающие при криогенной температуре $\sim 4,5$ К.

Для измерения тока пучка в канале инжекции используются цилиндры Фарадея и прозрачный датчик, представляющий собой две рамки от профилометра с натянутыми 30х30 вольфрамовыми нитями диаметром 50 мкм, соединенными все вместе и работающими в коллекторном режиме. Прозрачность такого датчика составляет примерно 95%. Сигналы с датчиков тока пучка после предварительного усиления бортовыми усилителями транспортируются в концентратор данных, расположенный в центре ускорительного зала на расстоянии ~ 50 м от источников сигналов, где сосредоточены вся измерительная и управляющая электроника в стандарте КАМАК и подключенные к ней через крейт-контроллеры КК-ПК компьютеры, выполненные в индустриальном исполнении. Для оцифровки сигналов с цилиндров Фарадея используются 8-канальный АЦП САМ 4.31-11 (ЦИФИ,ВР) с буферной памятью 8х8 Кбайтов и временем преобразования 10мкс, а оцифровка сигнала с многопроволочного датчика производится с помощью быстрого 10-разрядного АЦП с буферной памятью 2 Кслов и временем преобразования 100нс. Все сигналы перед оцифровкой обрабатываются с помощью дифференциальных приемников с коэффициентом подавления синфазных помех не ниже 80 Дб.

В качестве измерителей профиля пучка в канале инжекции используются многопроволочные 30х30 вольфрамовых нитей диаметром 50мкм и шагом 2мм датчики, установленные на входах первого и второго поворотных магнитов, а также на входе и выходе ИМ. В дальнейшем планируется установить еще один профилометр в кольце Нуклотрона после ИП что позволит совместно с действующими профилометрами оперативно измерять эмиттансные характеристики пучка в канале инжекции, а также оптимизировать условия согласования фазовых характеристик пучка с аксептансом ускорителя и режимы посадки пучка на равновесную орбиту. Все профилометры снабжены управляемыми приводами, позволяющими дистанционно с пульта управления ЛУ-20 вводить и выводить датчики из зоны действия пучка. Сигналы с нитей, пропорциональные собранному на них от прямого пучка заряду, после предварительной обработки с помощью



- ЛУ-20 - Линейный ускоритель
- СН - Станция наблюдения
- ЛЗ - Затвор вакуумный ЗВЭ 100
- ДК - Корректор положения пучка магнитный двойной
- МП - Линза магнитная, квадрупольная, импульсная
- МС - Мишень перехватчик
- ЦФ - Мишень обдирочная
- П - Профиллометр
- ПМ - Магнит поворотный
- ДФ - Дефлектор для короткой инжекции
- ДБ - Дебанчер - Выравниватель энергии пучка
- КМ - Мишень кварцевая
- НВ - Насос вакуумный
- БИВ - Блок измерения вакуума

Рис.1 Каналы инжекции пучка из линейного ускорителя ЛУ-20 в синхрофазотрон и нуклотрон.

бортовой электронной аппаратуры транспортируются в концентратор данных на входы множительных 12-разрядных ЦАП, позволяющих производить оперативную настройку уровней сигналов с любого сетевого компьютера. Оцифровка сигналов осуществляется с помощью АЦП САМ 4.31-11.

Для визуального наблюдения формы пучка в канале инъекции установлены станции с подвижными люминисцентными экранами и телевизионными камерами.

В набор диагностической аппаратуры для регистрации характеристик пучка на первых оборотах входят магнитомодуляционные датчики для измерения среднего значения циркулирующего пучка в диапазоне (0.1-10) мА, установленные в двух точках кольца ускорителя, и четыре станции наблюдения на основе видеоконных телевизионных камер и камер на ПЗС матрицах. Аппаратура последних четырех устройств совместно с соответствующими интерфейсными платами в конструктиве РС позволяет оцифровывать видеосигналы и представлять форму пучка в кольце ускорителя на экране любого сетевого компьютера с выделением профилей в обеих плоскостях.

Для измерения импульсных сигналов с шунтов в цепях питания 9 квадрупольных линз канала инъекции применяются АЦП САМ 4.31-11, а оцифровка постоянных сигналов о токах 12 корректоров и 3 линз первого триплета производится с помощью 13-разрядного АЦП интегрирующего типа с плавающим входом САМ 4.06-2 (ЦИФИ, ВР), работающего в паре с релейным коммутатором 2x16 каналов.

Наиболее важным участком в системе инъекции является узел ввода пучка, включающий сверхпроводящий ИМ и высоковольтные ИП. Так как условия посадки пучка на орбиту и, следовательно, интенсивность циркулирующего пучка в значительной степени зависят от настройки элементов ввода, то измерения и настройка параметров этих устройств требуются с наиболее высокой точностью. Так, для измерения сигналов о токе ИМ с шунта в цепи его питания, а также сигнала о высоком напряжении ИП с высоковольтного делителя нами используются два 16-разрядных АЦП интегрирующего типа с плавающими входами, выполненными в конструктиве РС. Для ИП кроме измерения уровня высокого напряжения необходимо также регистрировать его форму. Это важно при настройке момента срыва высокого напряжения после первого оборота. С этой целью нами используется быстрый 6-разрядный АЦП с буферной памятью 1Кслов и временем преобразования 50нс.

Для управления параметрами элементов систем инъекции (ИМ, ИП профилометры, станции наблюдения) предназначен отдельный сетевой компьютер концентратора данных с подключенной к нему аппаратурой КАМАК. Управление током ИМ и уровнем высокого напряжения ИП производится с помощью 16-разрядных ЦАП, при этом состояние отдельных узлов элементов ввода (охлаждение, вакуум, блокировка дверей и т. д.) фиксируется с помощью 16-разрядного параллельного входного регистра. Команды на включение отдельных узлов элементов систем инъекции (включение накала ИП, питания ИМ, высокого ИП, питания телекамер, ввод или вывод экранов и т. д.) могут подаваться с любого сетевого компьютера и реализовываются с помощью параллельного выходного регистра с релейным выходом. Возможны два режима управления: ручной с помощью кнопок на передней панели ЦАП или на клавиатурах компьютеров и автоматический, при котором заданные оператором величины устанавливаются по определенному алгоритму автоматически. Возможность управления моментом срыва высокого напряжения ИП реализована с помощью программно управляемого таймера.

В качестве управляющих компьютеров во время сеанса работы Нуклотрона используются, как правило, любые из пяти компьютеров центрального пульта управления, расположенного на расстоянии ~400м от ускорителя. Обмен данными между любыми из 20 компьютеров, подключенными в локальную вычислительную сеть Нуклотрона, осуществляется либо через дисковое пространство сетевого сервера, либо путем непосредственной передачи из одного компьютера в другой с помощью протокола сетевого обмена NETBIOS. В последнем случае достигается максимальная оперативность обмена, а вопросы синхронизации решаются через систему флагов.

Программное обеспечение автоматизированной системы создано на языке С и предоставляет пользователю максимально дружелюбный интерфейс. Удобные системы меню позволяют оператору запрашивать вывод необходимой информации на экран любого сетевого компьютера, подавать команды на управление элементами системы инжекции, архивировать данные или просматривать архивный материал и т.д. Рис.2 иллюстрирует пример выдачи поперечного распределения плотности пучка в камере ускорителя, полученный с помощью четырех станций наблюдения.

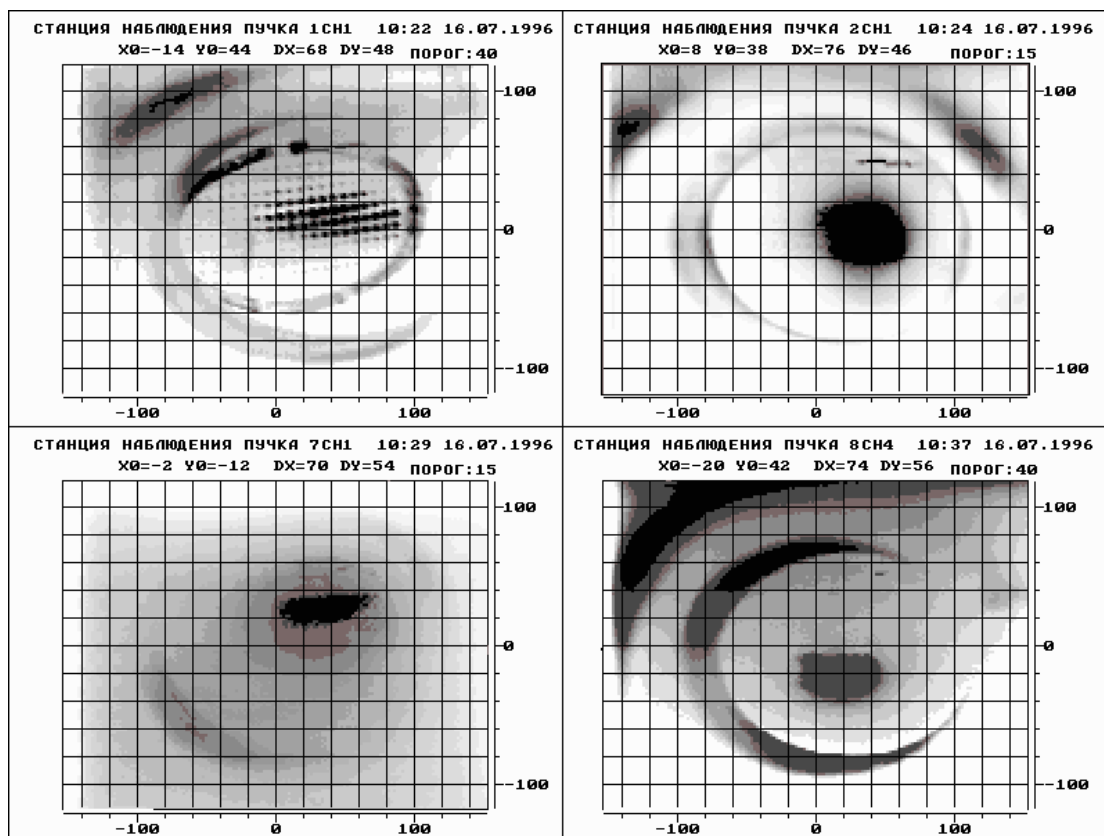


Рис.2. Поперечные распределения плотности пучка в камере ускорителя в четырех точках кольца.

Использование системы в сеансах работы Нуклотрона показало высокую ее надежность и удобство пользовательского интерфейса.