

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P10-89-365

**А.Н.Баландиков, В.И.Волков, В.М.Горченко,
С.В.Романов, А.П.Царенков**

**НОВАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПУЧКОВ,
ВЫВОДИМЫХ ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА**

Направлено в журнал "Приборы и техника эксперимента"

1989

На синхрофазотроне для измерения пространственных характеристик пучков в каналах медленного вывода /1/ применяются двухкоординатные многопроводные (30 x 30 сигнальных нитей) пропорциональные ионизационные камеры (ПИК) в аналоговом режиме.

Аппаратура предварительной регистрации сигналов от ПИК размещена на каналах транспортировки пучков. Ее основные узлы — преобразователи ток-напряжение и аналоговые коммутаторы. Прием, накопление и обработка данных производится на удалении ~500 м в месте расположения ЭВМ (зал управления ускорителем). Аппаратура включает таймерные устройства, линейные приемники сигналов, аналого-цифровые преобразователи. Перечисленное диагностическое оборудование входит в состав автоматизированных систем контроля и управления параметрами вывода пучка /2,3/.

Первый вариант прикамерной электронной аппаратуры (ЭПИК) /4/ создан в период проведения экспериментов по выводу пучка (1975 г.). В процессе модернизации диагностического оборудования ЭПИК претерпела одну полную реконструкцию. До последнего времени в эксплуатации находилась, в основном, аппаратура второй версии. На настоящем этапе развития диагностических систем создана, исследована в стендовых условиях и на выведенных пучках прикамерная аппаратура нового поколения (ЭПИК-3), в ходе разработки которой был учтен значительный опыт эксплуатации существующего оборудования. Подверглась переработке и аппаратура приема информации /5/.

Структурная схема ЭПИК-3 показана на рис.1. Входные резисторы 20 МОм и емкости кабелей связи с ПИК образуют фильтрующие цепи, усредняющие ток ионизации по высокочастотным составляющим. Выбранная постоянная времени ($\tau \sim 3$ мс) фильтрующих цепей является оптимальной для типичного временного спектра тока пучка, выводимого из синхрофазотрона.

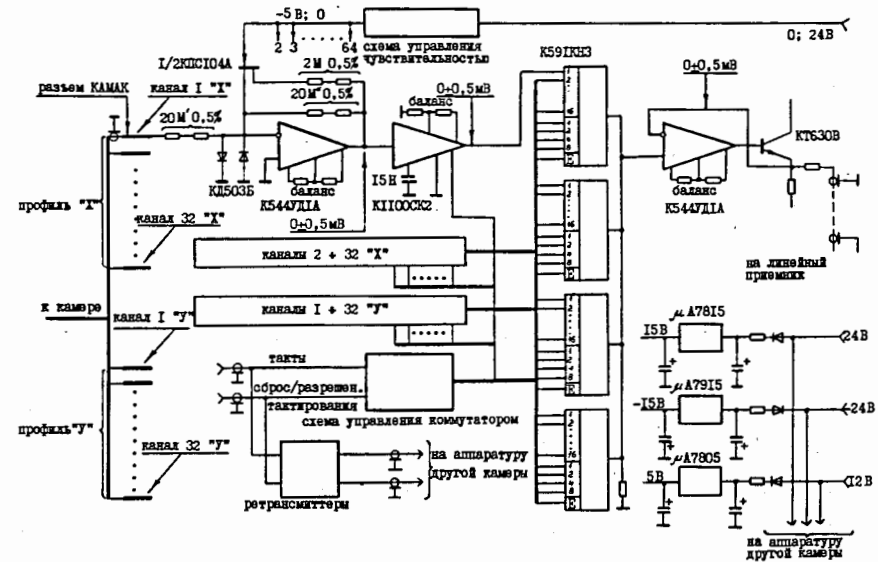


Рис.1. Структурная схема прикамерной аппаратуры.

Преобразователи ток-напряжение выполнены на операционных усилителях (ОУ) K544UD1A, которые имеют малые входные токи ($I_{вх} \leq 1 \cdot 10^{-11}$ А), высокую термостабильность и нормированы по шумам. Предварительно усилители отбираются по напряжению смещения, которое не должно превышать значения ± 10 мВ. В процессе наладки ОУ балансируются до уровня выходного напряжения $0 \pm 0,5$ мВ подбором постоянных резисторов в цепях балансировки. Разброс сопротивлений резисторов обратной связи в пределах каждой группы из 32 резисторов, относящихся к одному профилю пучка, не превышает 0,5%. Такая точность достигается паспортизацией основных резисторов перед монтажом и включением последовательно с ними дополнительных резисторов меньшего номинала. Аналогично выбираются и входные резисторы. Входные резисторы и диоды КД503Б выполняют функции защиты от возможных перенапряжений, вызываемых электрическими разрядами в рабочем объеме ПИК, аварийными замыканиями сигнальных нитей на высоковольтные электроды в результате

обрывов и т.д. Диоды КД503Б имеют большие сопротивления при малых значениях прикладываемых напряжений. Так, при напряжениях -10 мВ ... $+10$ мВ сопротивления диодов не менее 500 МОм, что важно для получения высокой термостабильности. Преобразователи ток-напряжение имеют ступенчатое регулирование чувствительности, осуществляемое с помощью ключей на полевых транзисторах КПС104А. Токи затворов этих транзисторов настолько малы, что при переключении чувствительности выходной уровень в преобразователях изменяется не более чем на 100 мкВ.

64-канальный аналоговый коммутатор выполнен на четырех микросхемах К591КН3. Коммутатор управляется внешними сигналами "Сброс/ разрешение тактирования" (СРТ) и "Такты". В паузах между циклами опроса (низкий уровень СРТ) тактирование запрещено, адресный счетчик коммутатора находится в нулевом положении. В период опроса 64 тактовых импульса по очереди подключают измерительные каналы к выходному магистральному усилителю. Усилитель обеспечивает на согласованном конце кабеля с нагрузкой 50 Ом амплитуду сигнала 5 В. Формирователи служебных импульсов в месте расположения ЭВМ, генерирующие на входных согласующих резисторах (50 Ом) ЭПИК-3 сигналы уровней TTL, обеспечивают надежное управление прикамерной аппаратурой. Каждый комплект аппаратуры содержит ретрансмиттеры служебных сигналов (микросхемы К531ЛА16), что позволяет использовать только два магистральных кабеля для управления любым количеством измерителей.

Главная особенность ЭПИК-3, существенно отличающая ее от аппаратуры предыдущих версий, состоит в применении устройств выборки-хранения (УВХ, микросхемы К1100СК2), включенных между преобразователями ток-напряжение и аналоговыми коммутаторами. УВХ переводятся в режим хранения сигналом СРТ в момент начала опроса ПИК и находятся в нем до конца опроса (в нашем случае $1+2$ мс). При величине запоминающей емкости 15 нФ выходной уровень сигнала в

режиме хранения смещается со скоростью, не превышающей 30 мВ/с, что обеспечивает высокую точность хранения данных в процессе опроса. В режиме выборки обеспечивается передача импульса колоколообразной формы с амплитудой 10 В и длительностью по основанию 50 мкс. Погрешность воспроизведения амплитуды при этом не превышает 1% .

Применение УВХ позволяет получать идеальные "мгновенные" профили пучка. Реализуется возможность регистрации профилей, относящихся к одному моменту времени, в системах с последовательным опросом ПИК. Таким образом, значительно расширяется область использования аппаратуры - например, для измерения пространственных характеристик пучка быстрого вывода (длительность вывода 800 мкс) и пучка в канале инъекции (длительность 50 ... 400 мкс).

Далее, появляется возможность тестирования ПИК и электронной аппаратуры путем подачи испытательного импульса на высоковольтные электроды камеры. Амплитуда сигнала, регистрируемого преобразователем ток-напряжение, определяется отношением емкости "сигнальная нить - высоковольтный электрод" (~ 2 пФ) к емкости входной цепи измерителя (~ 150 пФ). При амплитуде импульса 100 В от созданного и испытанного совместно с ЭПИК-3 тестового генератора величина выходных сигналов измерителя составляет ~ 1 В. Указанная возможность будет широко использоваться как при стендовом контроле качества камер, так и для оперативного тестирования аппаратуры в рабочих условиях.

В процессе длительных стендовых испытаний ЭПИК-3 в режиме сканирования по всем каналам установлено, что при отсутствии информации на входах измерителей и изменении температуры окружающей среды на 20°C уровни отклонения от нуля выходного сигнала в месте приема данных (без учета переходных процессов) не превышают ± 1 мВ.

Конструктивно ЭПИК-3 выполнена на четырех платах КАМАК, размещенных в боксе размерами $90 \times 210 \times 390$ мм (рис.2).

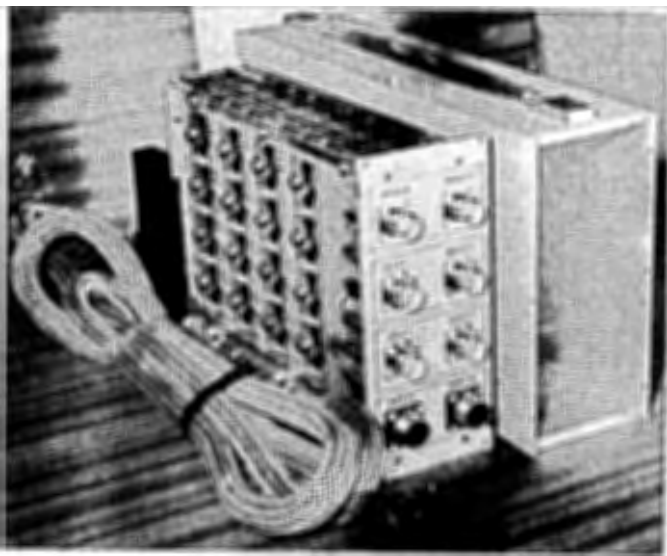


Рис.2. Внешний вид ЭПИК-3.

Питание всех измерителей, расположенных на каналах транспортировки пучков, осуществляется из зала управления ускорителем от трех 10-амперных источников ТР-9158 (ВНР). Источники имеют защиты от коротких замыканий в цепях питания, цифровую индикацию напряжения и тока. С них снимаются напряжения ± 24 В и +12 В. Рабочие напряжения ± 15 В и +5 В вырабатываются встроенными стабилизаторами ЭПИК-3. Потребление тока одним измерителем - по 0,3 А от каждого источника.

Структурная схема аппаратуры приема и накопления данных от ПИК показана на рис.3. Временные диаграммы работы представлены на рис.4. Краткие технические характеристики некоторых электронных модулей, разработанных для автоматизации ускорительного комплекса и нашедших применение для обслуживания ПИК, приведены в приложении.

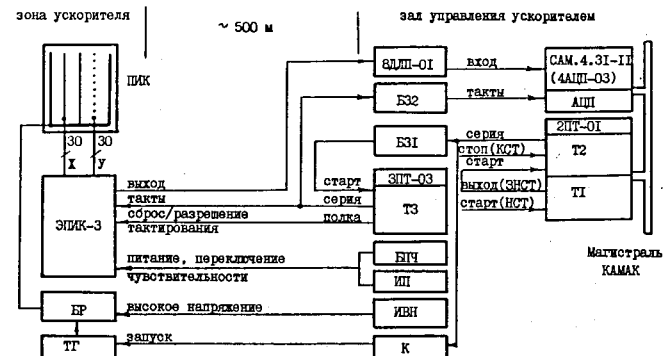


Рис.3. Структурная схема аппаратуры приема данных.

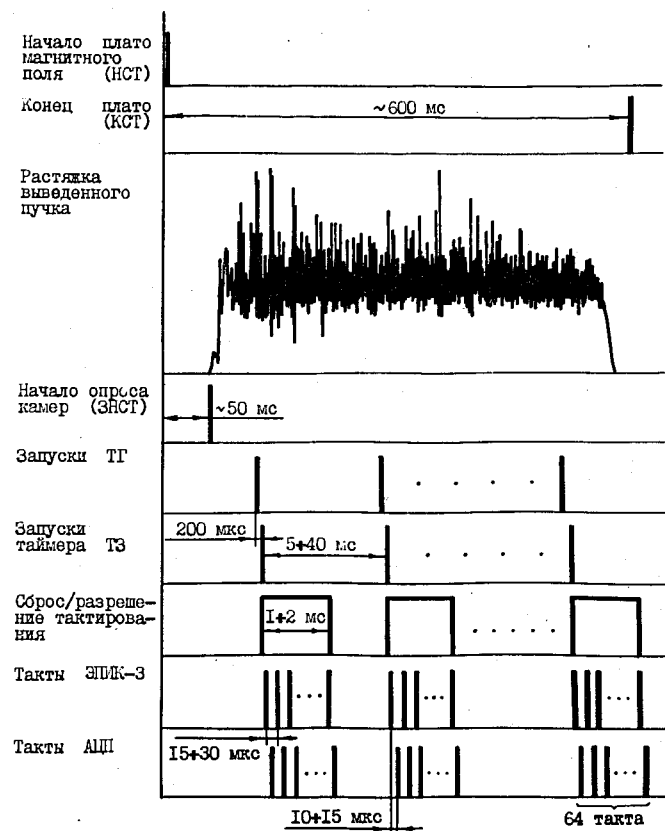


Рис.4. Временные диаграммы работы аппаратуры.

Вывод пучка производится на плато главного магнитного поля ускорителя. В процессе вывода осуществляются многократные (десятки раз) измерения профилей /6/. Одна из целей указанной операции - регистрация возможных нестабильностей пучка и дальнейшее устранение вызвавших их факторов. На основании этих измерений определяются также интегральные за время вывода характеристики пучка. Начальный момент (синхроимпульс ЗНСГ) и период измерений задаются таймерами (Т1 и Т2) модуля ЗПТ-01. Служебные сигналы "Сброс / разрешение тактирования" и "Такты" вырабатываются таймером (Т3) модуля ЗПТ-03. Все камеры, подключенные к ЭВМ, опрашиваются одновременно. Для оперативного контроля работоспособности аппаратуры предусмотрена возможность подачи импульсов запуска (ключ К) на тестовый генератор (ТГ) от таймера Т2. Тестовый сигнал подается на высоковольтные электроды камер через блоки развязок (БР), позволяющие производить испытания без отключения источников высокого напряжения (ИВН). Запуски таймера Т3 задерживаются на 200 мкс (блок задержки БЗ1) до окончания переходных процессов в тестовом режиме. Регистрация сигналов производится с помощью блоков САМ.4.31-II /7/ (восемь 8-разрядных аналого-цифровых преобразователей с буферным запоминающим устройством емкостью 64 Кбайт, время преобразования - 8 мкс) или 4АЦП-03. Такты на АЦП подаются с выхода Т3 через блок задержек (БЗ2). Величина задержки (I0 + I5 мкс) определяется временем распространения сигналов по кабельным линиям связи с прикамерной аппаратурой и периодом установления сигнала на выходе ЭПИК-3. Период следования тактовых импульсов - 15 мкс в случае использования модулей САМ.4.31-II и 30 мкс для 4АЦП-03. Начальная задержка (~ 50 мс) и период опроса ПИК (5 + 40 мс) определяются временными параметрами растяжки пучка и характером работы диагностической системы (обеспечение эксплуатационного режима вывода пучка или проведение экспериментов по исследованию и оптимизации режимов).

Таймеры Т1 и Т2 программируются один раз при запуске системы. Прием и накопление информации в каждом цикле ускорителя производится без участия ЭВМ.

Опытная эксплуатация двух комплектов ЭПИК-3 подтвердила правильность технических решений, использованных при создании аппаратуры, показала ее высокую надежность. В настоящее время ведется изготовление и наладка 16 комплектов измерителей.

В заключение авторы выражают благодарность А.Н.Ефимову, Г.М.Сальниковой, В.П.Старикову, С.И.Яловому за помощь в разработке, монтаже и наладке оборудования. Авторы признательны Г.М.Сальниковой за подготовку материалов работы к публикации.

П Р И Л О Ж Е Н И Е

Краткие технические характеристики электронных модулей

ЗПТ-01 - блок двух независимых программируемых с магистрали КАМАК многофункциональных таймеров. Каждый таймер может работать в непрерывном режиме как управляемый делитель частоты внешних тактовых импульсов с коэффициентами деления от 1 до 2^{16} . Второй режим работы - генерирование серий импульсов по командам КАМАК или внешним запускам. Количество импульсов в серии может быть запрограммировано от 1 до 2^{16} . Частота следования импульсов определяется коэффициентом деления частоты внешнего генератора от 1 до 2^{16} . Генерирование серии может быть прекращено по внутренней или внешней команде "Стоп". Таймер вырабатывает также сигнал, по длительности совпадающий с длительностью серии, и импульс "Конец серии".

ЗПТ-03 - блок трех независимых таймеров. По выполняемым функциям совпадает с ЗПТ-01. Программирование осуществляется с помощью микропереключателей, установленных внутри блока.

4АЦП-03 - блок четырех 10-разрядных аналого-цифровых преобразователей с буферными запоминающими устройствами емкостью 4 К 10-разрядных слов каждое. Тактирование четырех АЦП производится одновременно внешними импульсами. Время преобразования 25 мкс. На входах аналоговых сигналов имеются дифференциальные линейные приемники. Диапазон сигналов 0 ... 10 В или ± 5 В.

8ЦАП-01 - блок восьми дифференциальных линейных приемников. Диапазон входных и выходных сигналов ± 10 В. Коэффициент подавления синфазной помехи 80 дБ на частоте 100 Гц. Частотный диапазон сигналов - до 300 кГц. Каждый приемник может работать на нагрузку 50 Ом.

Л и т е р а т у р а

1. Василюшин Б.В. и др. Сообщение ОИЯИ Р9-6973, Дубна, 1973.
2. Волков В.И. и др. - В сб.: Труды седьмого Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна; ОИЯИ, 1980, т.2, с.268.
3. Баландикова А.Н. и др. Сообщение ОИЯИ 9-88-396, Дубна, 1988.
4. Волков В.И. и др. Сообщение ОИЯИ 9-10104, Дубна, 1976.
5. Ефимов Л.Г., Черных Е.В. Сообщение ОИЯИ 10-11108, Дубна, 1977.
6. Волков В.И., Куликов И.И. Сообщение ОИЯИ 10-12498, Дубна, 1979.
7. Каталог ЦИФИ. Будапешт, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 мая 1989 года.