



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 96-47

ОЭА

М.М.Губаева, Л.Л.Закамский, В.А.Зенин, В.В.Комаров, И.В.Лобов,
Н.В.Радомский

**АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ
ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ —
ИНЖЕКТОРА В БУСТЕР ИФВЭ И ЕГО СИСТЕМ**

Направлено в *ПТЭ*

Протвино 1996

Аннотация

Губаева М.М. и др. Аппаратно-программные средства автоматизированного контроля параметров линейного ускорителя — инжектора в бустер ИФВЭ и его систем: Препринт ИФВЭ 96-47. — Протвино, 1996. — 14 с., 7 рис., 2 табл., библиогр.: 5.

Данная работа является описанием программно-аппаратных средств, созданных для комплекса автоматизированного контроля параметров линейного ускорителя и его систем. Представлены некоторые результаты, полученные в ходе физических сеансов.

Abstract

Gubaeva M.M. et al. Hardware-Software for the Automated Parameters Control of the Linear Accelerator.: IHEP Preprint 96-47. — Protvino, 1996. — p. 14, figs. 7, tables 2, refs.: 5.

The hardware-software supervising the automatically controlled complex for the Linear Accelerator and its subsystems is described. Some results obtained in runs are presented.

Повышение эффективности функционирования ускорителя в первую очередь связано с оптимизацией эксплуатации [1], что может быть решено на основе автоматизированной системы сбора и обработки информации. Важным аспектом эксплуатации ускорителя является автоматизация контроля работоспособности ускорителя и поиск неисправностей.

В работе представлены аппаратно-программные средства сбора и обработки информации автоматизированной системы линейного ускорителя УРАЛ-30. На этом этапе основной задачей является оперативность получения информации о состоянии как всей установки в целом, так и отдельных ее подсистем. Второй, не менее важной, задачей является исследование состояния объекта с точки зрения автоматизированного управления и отработки алгоритмов измерения и обработки полученной информации, а именно:

- анализ состояния измерителей: точность (достоверность), калибровка, установка дополнительных датчиков;

- выяснение корреляций между различными сигналами.

В ходе физических сеансов 1993-1995 гг. с помощью комплекса, представленного в [2], проводились работы по контролю за основными параметрами ускорителя и набирались статистические данные для исследования отдельных подсистем инжектора в бустер. Основные технические требования, предъявляемые к аппаратным средствам, сформулированы в работах [3,4].

Исходя из требований [3], предъявляемых к автоматизированной системе управления линейным ускорителем, выбрана двухуровневая структура, представляющая собой аппаратно-программный комплекс (рис.1).

В комплекс входят две ЭВМ — управляющая нижним уровнем СМ1810.30 и ЭВМ верхнего уровня IBM PC, а также аппаратные средства для реализации задачи измерения параметров ЛУ-30.

С помощью драйверов и модуля связи осуществляется обмен информацией между машинами. На ЭВМ нижнего уровня и аппаратные средства возлагаются задачи по измерению сигналов с датчиков ускорителя и их предварительная обработка. Прикладные программы нижнего уровня имеют собственное меню, что позволяет легко менять режим работы аппаратных средств. Предварительная обработка

включает простейшие арифметические операции, сортировку, формирование массива данных для передачи в ЭВМ верхнего уровня, а также сигнализацию об аварийной ситуации.

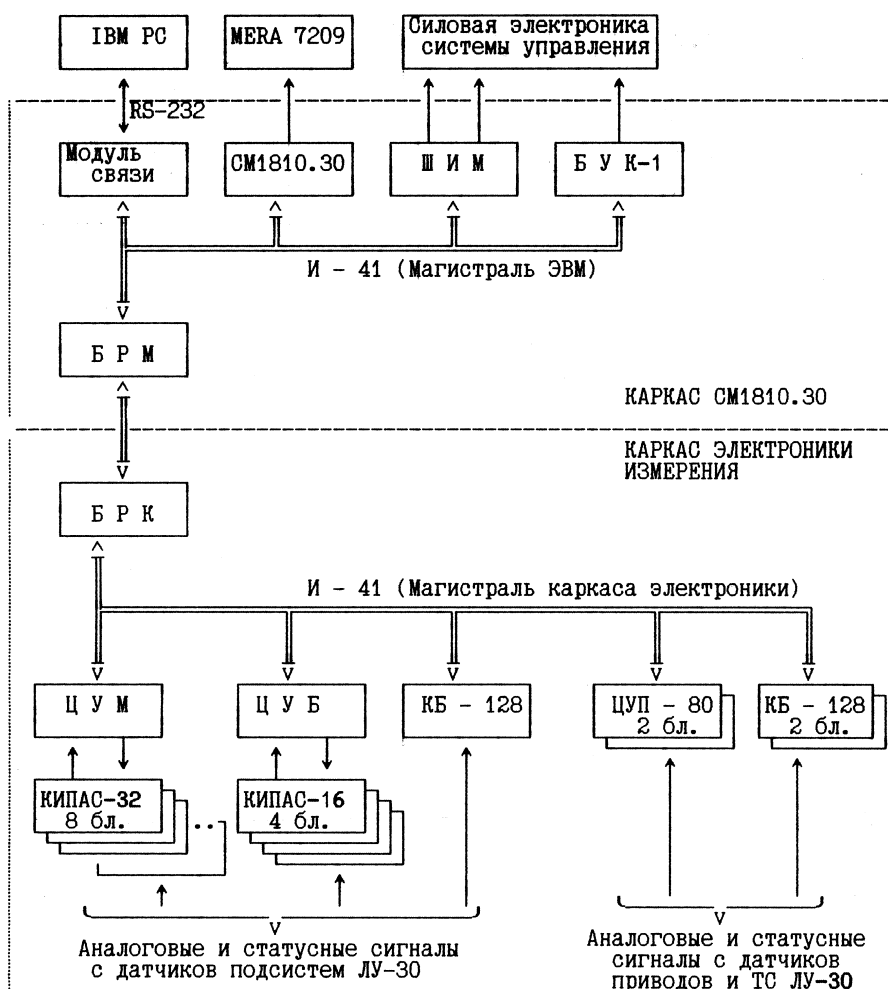


Рис. 1. Структурная схема контроля и измерения параметров ЛУ-30.

Межмашинный диалог осуществляется следующим образом:

1. На IBM PC программа DIAL позволяет пользователю:
 - загрузить рабочую программу на СИ1810.30;
 - работать с клавиатуры IBM PC по линии связи на машине нижнего уровня под системой VPV (активизировать задачу, приостановить задачу, вывести на экран список загруженных задач и т.д.).
2. Для обмена информацией между нижним и верхним уровнями:
 - а) создана библиотека доступа к VPV по линии связи (comlib.lib) из программ, написанных на языке программирования СИ и выполняющихся в MS-DOS на IBM-PC. Она содержит пять функций и процедур:

- 1) CONNECT — инициализирует указанную линию связи;
- 2) PUT — посылает информацию;
- 3) GET — принимает информацию;
- 4) REJECT — сбрасывает GET, если физический обмен по линии еще не начал;
- 5) DISCONNECT — дезактивизирует линию связи;

б) на CM1810.30 существует пакет программ, включающий в частности, программы WRITDV и RDBLOC для обмена информацией с ЭВМ верхнего уровня.

Информация одновременно может передаваться пакетами переменной длины, но не более 255 байт.

ЭВМ верхнего уровня решает следующие задачи:

- осуществление функций головного меню;
- окончательную обработку данных;
- графическое отображение обработанной информации на мониторе машины и представление данных в форме, удобной для оператора;
- хранение информации.

Головное меню отображает архитектуру системы управления ЛУ-30. Оно имеет трехуровневую иерархическую структуру, представленную в файле MAINMENU.INI. Ветвь меню может заканчиваться на любом уровне. Окончания ветвей должны быть активными, то есть вызывать исполнительную программу. Верхний уровень имеет горизонтальное расположение опций, а средний и нижний уровни — вертикальное. Исполнительные программы могут иметь свое меню.

На любом уровне функционируют три клавиши: F1, F2, F3. F1 — обеспечивает выдачу HELPа (информация об архитектуре управляющей системы, краткая справочная информация об ее элементах); F2 — выводит на экран разъяснение для активной опции; F3 — переводит значение ключа звука в противоположное состояние.

В промежутках между циклами ускорителя осуществляется передача данных с нижнего уровня в ЭВМ верхнего уровня, где и производится окончательная обработка данных. При этом выполняются такие операции, как:

- сортировка данных по определенным группам (формирование массива для графического отображения);
- перевод значений в величины, привычные для оператора;
- вычисление различных значений (коэффициент подсадки, коэффициент захвата пучка, абсолютные и относительные отклонения основных параметров и др.);
- обработка данных по специальным алгоритмам после измерения эмиттанса пучка, импульсного разброса частиц и спектра.

Графическое отображение обработанной информации необходимо, в первую очередь, для наглядного представления состояния различных узлов ускорителя, что позволяет обслуживающему персоналу оперативно принимать решения. Графическое представление информации также дает возможность анализировать взаимные соотношения различных параметров.

Наиболее важная информация записывается для долговременного хранения, что позволяет проследить тенденцию изменения основных параметров в различных сеансах на протяжении нескольких лет.

Измерительные модули располагаются в каркасе электроники. При этом сопряжение с магистралью управляющей ЭВМ осуществляется с помощью блоков БРМ (блок расширения магистрали ЭВМ) и БРК (блок расширения магистрали каркаса). Электронные модули подготовлены для измерения и контроля следующих типов сигналов:

1. Сигналов блокировок (сигналы, имеющие два состояния):
 - а) аварийные сигналы;
 - б) сигналы с концевых выключателей;
 - в) статусные сигналы.
2. Статических, медленно изменяющихся сигналов:
 - а) сигналы с технологических систем (давление, температура, токи насосов);
 - б) сигналы с потенциометров приводов.
3. Импульсных сигналов:
 - а) с длительностью десятки–сотни мкс;
 - б) с длительностью менее 10 мкс (параметры пучка).

При этом импульсные сигналы можно контролировать в одной или в нескольких характерных точках, чаще всего в трех (до пучка, во время пучка и после прохождения пучка), а также во множестве точек (для восстановления образа сигнала).

По характеру измерений сигналы подразделяются на непрерывно контролируемые и контролируемые по мере необходимости (или по желанию оператора).

Исходя из этих особенностей, было разработано несколько типов измерительных модулей. Для контроля за сигналами блокировок и слежения за состоянием концевых выключателей приводов подготовлен блок КБ-128. Модуль предназначен для контроля 128 однобитных каналов. На рис.2 представлена структурная схема КБ-128. Особенностью данного модуля является его автономность в работе. Контролируемые сигналы поступают через мультиплексор (МХ) на схему контроля (СК). Адреса контролируемых каналов формируются счетчиком (Сч), работающим от внутреннего генератора (Г). В случае аварийной ситуации или срабатывания концевого выключателя СК вырабатывает сигнал прерывания, по которому в ЭВМ считывается номер канала и выводится сообщение для оператора.

Для контроля статических и медленно изменяющихся сигналов подготовлен модуль ЦУП-80. Его структурная схема представлена на рис.3. В этом модуле используется десятиразрядный АЦП с временем преобразования 25 мкс. С помощью ЦУП-80 контролируется состояние технологических систем (токи насосов, температура, давление), а также снимаются значения с потенциометров приводов. Под управлением прикладного программного обеспечения ЦУП-80 позволил обследовать состояние более 40 приводов линейного ускорителя, выявляя особенности их работы.

В связи с вышеизложенными требованиями по регистрации импульсных сигналов с датчиков ускорителя к электронным модулям предъявляются жесткие требования как по точности, так и по скорости измерения. К тому же электронные блоки должны быть многоканальными, поскольку требуется одновременная фиксация группы сигналов для анализа их взаимного влияния. Длительность контролируемых сигналов находится в диапазоне от 5 до 500 мкс. Амплитуда некоторых сигналов может меняться от 0 до 30 В (параметры ламп), у других — от -5 В до +5 В (значения с частотных датчиков), третьи имеют амплитуду в несколько десятков милливольт (параметры пучка).

Для измерения коротких по времени сигналов в режиме “электронного осциллографа” имеются быстродействующие узлы (аналоговые ключи, АЗУ, АЦП), позволяющие оцифровать достаточное для построения образа сигнала количество значений.

Структурная схема, позволяющая производить измерения таких сигналов, представлена на рис.4.

Входные сигналы с датчиков ускорителя поступают на масштабный усилитель (МУ), с помощью которого выставляется необходимый коэффициент усиления. Кроме входного сигнала с датчиков ускорителя на МУ может быть подан тестовый откалиброванный сигнал (Т). Он может быть подан в любой момент для проверки работоспособности системы, точности измерений.

Между МУ и АЦП находится группа быстродействующих коммутаторов и АЗУ (в виде набора емкостей C_i). На АЗУ фиксируются мгновенные значения группы сигналов в один и тот же момент времени, а затем поочередно каждый из сигналов преобразуется на АЦП. Для снижения динамической погрешности используется вторая группа емкостей (C'_i), на которых накапливается потенциал сигналов, пока происходит считывание с первой группы емкостей.

В качестве АЦП используется К1107 ПВ2 с тактовой частотой 10 МГц. Для эффективного использования быстродействующего АЦП используется буферная память (ОЗУ) емкостью 256 байт, расположенная между АЦП и ЭВМ. Управление режимами работы и синхронизация отдельных узлов осуществляется от таймерного устройства, состоящего из таймера или генератора управляющих импульсов и ряда регистров, задающих режимы работы.

ЦАП позволяет производить “подрезку” сигнала и тем самым повышать точность его измерений, а также дает возможность измерять разнополярные сигналы. На вход ЦАПа поступает код с БП (буферная память на 16 слов). В БП предварительно от ЭВМ записываются коды, соответствующие каждому каналу.

16 коммутаторов управляются от ДшК (дешифратор каналов) и позволяют в каждый момент времени подключить только один канал на вход АЦП.

Оцифровка входной информации осуществляется в двух режимах:

1) оцифровка сигнала только с одного произвольного канала; 2) оцифровка одновременно всех 16 каналов.

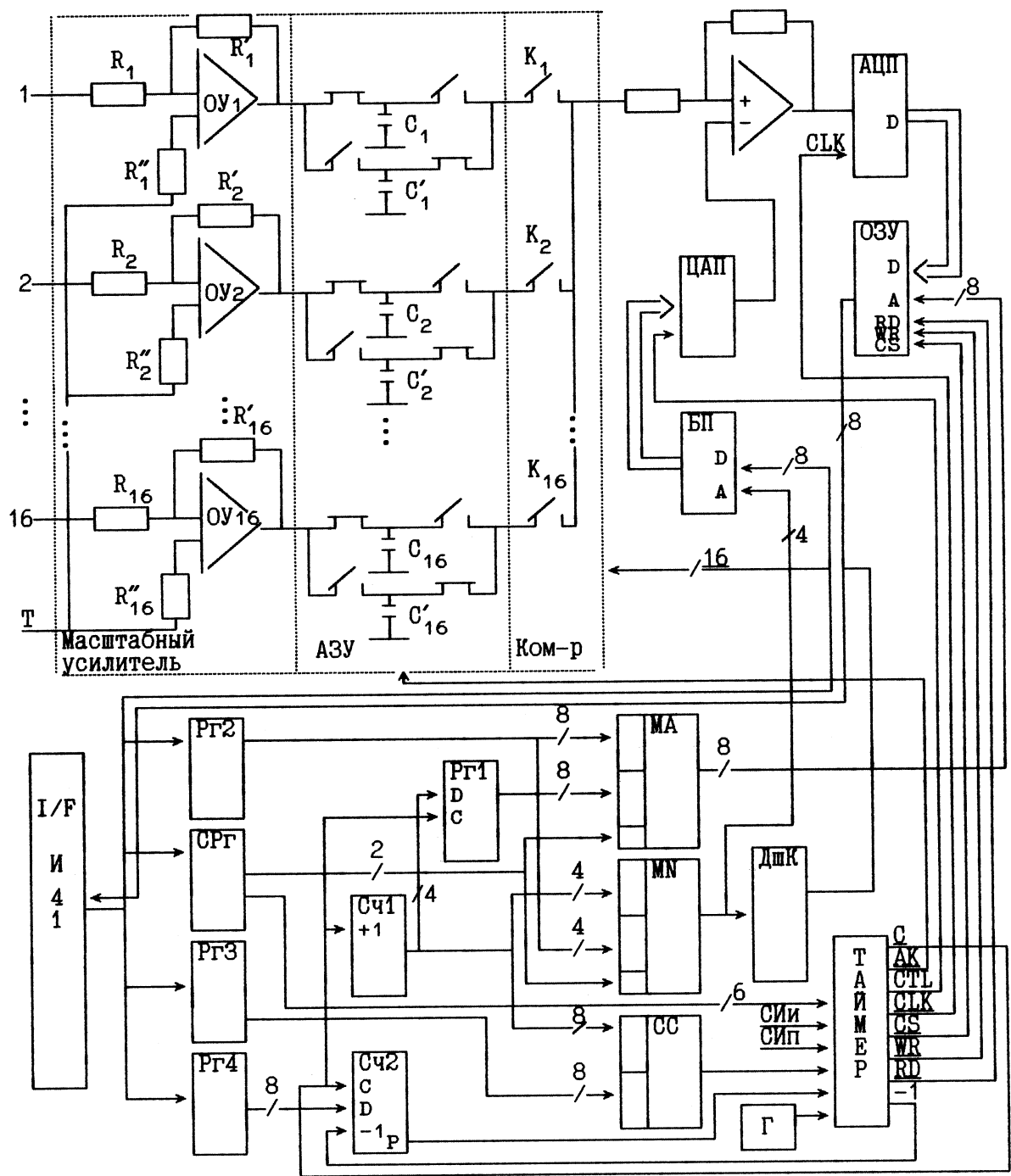


Рис. 4. Структурная схема оцифрователя импульсных сигналов.

В первом режиме один сигнал оцифровывается в N ($N=1, \dots, 255$) точках. Количество оцифровок и дискретность между ними задаются от ЭВМ и плавно меняются от 800 Нс до 2,05 мс при этом охватывается временной диапазон от 2 до 500 мс. Во втором режиме каждый из 16 каналов оцифровывается в 16 точках с дискретностью от 170 нс до 43,5 мкс. Режим работы задается с помощью СРг (статусный регистр). Кроме двух выше описанных режимов СРг также задает режим считывания из ОЗУ в ЭВМ. Рг2 в первом режиме задает номер канала, а в третьем — адрес ОЗУ. С помощью Рг3 задается от ЭВМ количество точек оцифровки, которое меняется в пределах от 1 до 255. Рг4 задает дискретность измерений, а с помощью Сч2 этот диапазон обрабатывается. Введение Рг4 вызвано тем, что оцифровка осуществляется в автономном режиме, а код, соответствующий дискретности, необходимо перед каждым циклом обновлять, поэтому Рг4 необходим для хранения этого кода в течение всей оцифровки. Сч1 меняет адрес ОЗУ, а во втором режиме — адрес ОЗУ и номер канала, при этом используется Рг1. Рг1 позволяет сократить время оцифровки. В момент, когда преобразование на АЦП завершено с помощью Сч1, подключается новый канал, а по адресу, заданному Рг1 в этот момент в ОЗУ, записывается информация с предыдущего канала.

Когда код конечной точки оцифровки с Рг3 совпадает с кодом на Сч1, процесс оцифровки останавливается, сигнализируя об этом в ЭВМ либо по прерыванию, либо по флагу СРг. Процесс оцифровки синхронизируется относительно внешнего синхроимпульса с ускорителя.

Преимуществами данной структуры являются, например, следующие показатели:

- высокая степень гибкости, позволяющая программным способом менять параметры и переходить от одного режима к другому;
- плавная регулировка “раздвижки” как по времени, так и по амплитуде, осуществляется также программным способом;
- АЗУ позволяет фиксировать входную информацию по всем каналам одновременно и тем самым возникает возможность анализа взаимных корреляций;
- процесс оцифровки осуществляется аппаратным способом, что позволяет упростить программную часть, повысить быстродействие, экономить машинное время.

Точность измерений данного оцифрователя — $\pm 0,4\%$ от амплитуды сигнала.

На рис.5 представлен протокол измерений основных сигналов ускорителя, полученный в ходе физического сеанса. Такой протокол может быть выведен оператором в любой момент времени. В данном случае представлен фрагмент работы автоматизированной системы в режиме контроля. Периодически (один раз за 2–3 часа) фиксируются значения основных параметров. В промежутке между такими измерениями (в данном случае в течение двух с половиной часов, а это — 900 пачек или 28800 циклов) основные параметры контролируются для подсчета числа пробоев во всех секциях, а также отклонений величин сигналов от контрольных значений.

ПРОТОКОЛ №1

Измерение текущих значений.

time=Wed Apr 12 11:44:15 1995

	U1	U2	Kn		U1	U2	U3
УНЧУ(В)	4.22	4.20	0.5%				
УС1-1(В)	3.61	3.44	4.6%	FC1-1(В)	0.11	0.20	-0.04
УС1-2(В)	3.23	3.14	2.6%	FC1-2(В)	-0.26	0.49	-0.43
УС2-1(В)	3.14	2.95	5.8%	FC2-1(В)	0.98	0.90	0.86
УС2-2(В)	3.54	3.44	2.8%	FC2-2(В)	0.70	0.55	0.57
У-DB (В)	2.64	2.50	5.4%	F-DB (В)	2.02	1.12	1.73

ТОКИ ПУЧКА

ID1= 116 mA ID2= 150 mA ID3= 78 mA ID4= 34 mA

Статистика разброса параметров.

start time=Wed Apr 12 11:45:13 1995

end time=Wed Apr 12 14:16:54 1995

число пачек IP=900

	Количество пробоев	Контрольное значение(В)	Максимальное отклонение $\Delta U, В$	Относительное отклонение δU	Кол-во выходов за пределы к/з
УНЧУ	- 1	4.23	0.01	0.1%	0
УС1-1	- 0	3.61	0.03	0.4%	0
УС1-2	- 0	3.23	0.02	0.3%	0
УС2-1	- 3	3.08	0.07	1.5%	0
УС2-2	- 3	3.52	0.04	0.6%	0
У-DB	- 0	2.66	0.05	1.1%	0
FC1-1	-	0.11	0.09	26.6%	223
FC1-2	-	-0.19	0.09	18.8%	0
FC2-1	-	1.27	0.37	20.1%	0
FC2-2	-	0.77	0.15	7.7%	0
F-DB	-	1.90	0.34	6.6%	0

time=Wed Apr 12 14:17:44 1995

	U1	U2	Kn		U1	U2	U3
УНЧУ(В)	4.24	4.21	0.7%				
УС1-1(В)	3.62	3.43	5.1%	FC1-1(В)	0.16	0.24	0.02
УС1-2(В)	3.24	3.14	2.9%	FC1-2(В)	-0.17	0.62	-0.36
УС2-1(В)	3.10	2.92	5.9%	FC2-1(В)	1.27	1.16	1.08
УС2-2(В)	3.53	3.43	3.1%	FC2-2(В)	0.77	0.60	0.60
У-DB (В)	2.64	2.55	3.6%	F-DB (В)	1.92	1.27	1.75

ТОКИ ПУЧКА

ID1= 117 mA ID2= 148 mA ID3= 77 mA ID4= 32 mA

Рис. 5. Протокол измерений.

В протоколе представлены параметры следующих сигналов:

— амплитуды огибающих ВЧ-поля (измерения производились перед пучком и в момент максимальной подсадки, в третьей колонке представлен коэффициент подсадки K_n , определяемый по формуле

$$K_n = \frac{U_1 - U_2}{U_1} \times 100\%, \quad (1)$$

где U_1 — значение амплитуды сигнала до пучка, U_2 — значение в момент максимальной подсадки);

— с частотных датчиков (в третьей колонке — значения после прохождения пучка);

— токов пучка.

Отклонение ΔU_i определялось по формуле

$$\Delta U_i = |U_t - U_k|, \quad (2)$$

где U_t — текущее измерение амплитуды; U_k — контрольное значение, а затем среди ΔU_i выбиралось максимальное значение, причем значения, полученные в момент пробы, не учитывались.

Относительное отклонение δU определялось следующим образом:

$$\delta U = \frac{\sum_{i=1}^m \Delta U_i}{m U_k}, \quad (3)$$

где m — число пачек за контрольное время.

Выходы параметров за пределы допустимых значений фиксировались по соотношениям:

для уровней ВЧ-поля в секциях — $\frac{|U_t - U_k|}{U_k} \times 100\% > 10\%$;

для частотных датчиков — $\frac{|U_t - U_k|}{U_k} \times 100\% > 30\%$.

Как было сказано выше, оператор может просматривать форму сигналов. Причем можно проанализировать динамику изменений любого выбранного сигнала в ходе прохождения всей пачки (32 импульса). При этом оператор задает номера импульсов, которые необходимо запомнить (можно запомнить и все 32), и с приходом внешнего синхроимпульса начинается процесс оцифровки. По желанию, можно сравнить несколько различных сигналов для анализа взаимных корреляций. В табл.1 представлены значения огибающей ВЧ2-поля НЧУ (начальная часть ускорителя), значения получены с 5, 15 и 30 импульсов.

В 5- и 30-м импульсах был пучок, а в 15-м — он отсутствовал и, как видно из рис.6, во время прохождения пучка на 5-м импульсе присутствует подсадка, а в 15-м ее нет. Во время прохождения 30-го импульса была включена система автокомпенсации. При этом заметно изменение формы сигнала — значительно уменьшилась подсадка.

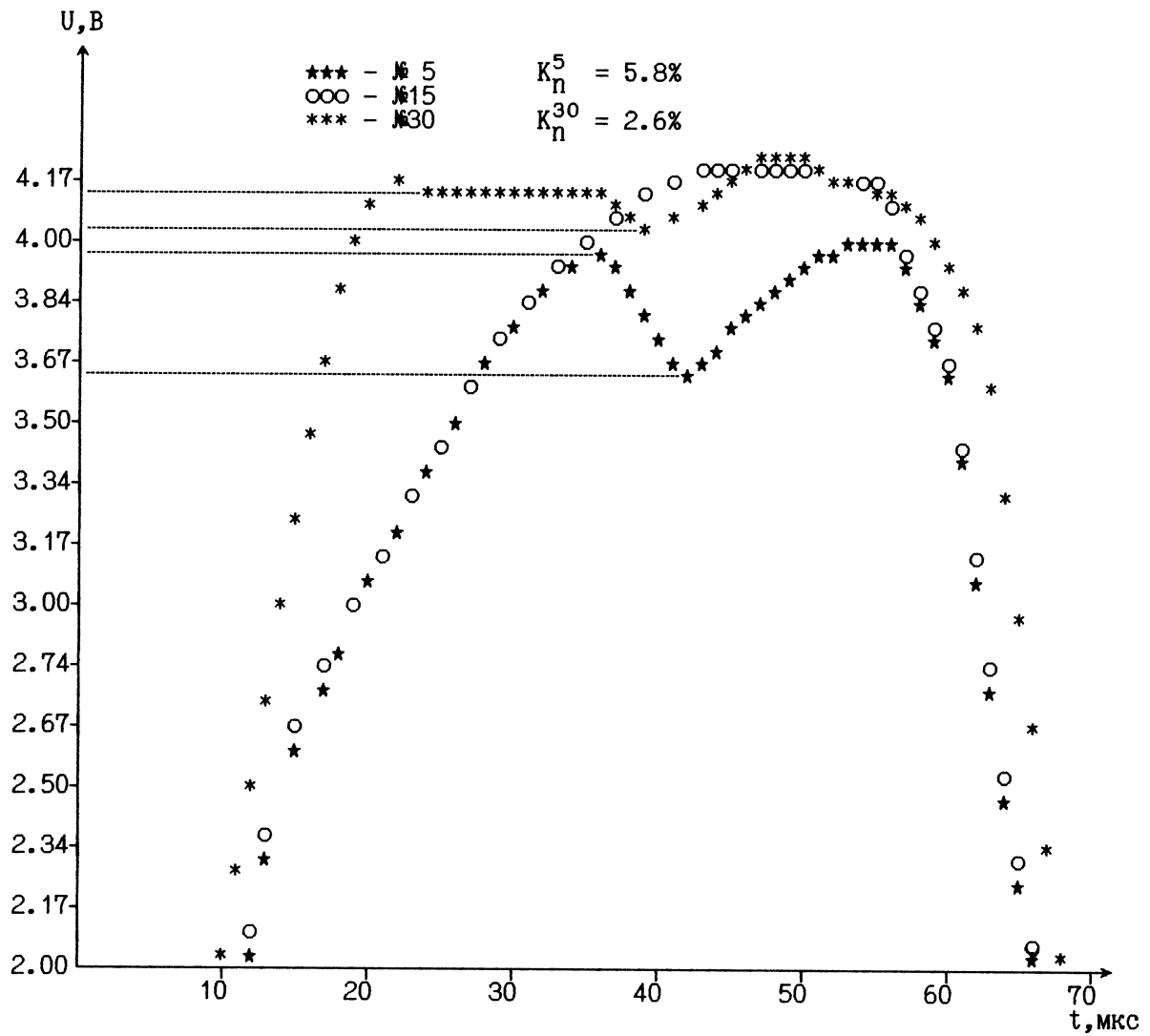


Рис. 6. Форма сигнала огибающей ВЧ-поля в НЧУ.

В табл.1 значения представлены в отсчетах, а затем по специальной формуле

$$U_{тек} = U_{отсч} \times K_1 + K_2, \quad (4)$$

где K_1 — цена единицы отсчетов в вольтах; K_2 — величина “подрезки” в вольтах. Пересчет в вольты производится для того, чтобы оператор мог оценить амплитуду сигнала в привычных единицах измерения ($K_1 = 0,01 \text{ В}$, $K_2 = 1,97 \text{ В}$).

В табл.2 представлены значения амплитуд в различных секциях, а на рис.7 — графическое изображение этих сигналов, причем все сигналы оцифрованы в один и тот же момент времени.

Таблица 1.

6 июня 1994 г.

Импульс № 5

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	12	24	37	48	59	70	81	89	101	106	119	122	132	139	145
152	158	161	168	172	177	181	185	188	192	195	198	199	201	200	197
189	182	173	171	167	168	171	176	177	182	184	188	189	192	193	196
199	201	203	204	205	205	206	204	205	196	183	169	155	137	119	101
83	67	50	32	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Импульс № 15

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	11	22	34	47	58	70	80	90	98	109	114	124	132	138	146
152	158	163	166	173	177	181	186	188	192	195	198	200	201	204	210
211	209	211	213	212	214	214	215	216	218	217	222	223	220	220	220
219	220	220	219	218	218	215	218	214	205	191	177	159	142	124	106
88	70	54	40	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Импульс № 30

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	30
50	70	88	104	120	137	151	165	179	193	205	216	223	218	217	216
215	215	217	215	216	211	216	214	216	215	215	215	215	214	212	208
207	207	208	207	211	213	214	215	216	214	215	214	213	211	216	216
214	214	214	215	215	215	214	212	210	206	195	185	170	154	136	119
101	86	68	53	34	26	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

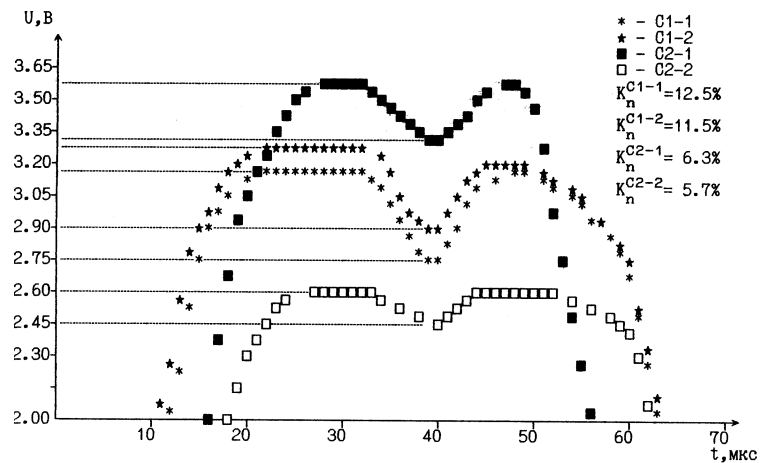


Рис. 7. Форма сигналов огибающей ВЧ-поля в секциях ускорителя.

Таблица 2.

6 июня 1994 г.

UC1-1

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	26	50	74	96	96	104	118	119	116	120	119	118	117	122	121
118	118	120	119	119	120	119	115	112	118	117	113	105	98	92	87
83	82	79	88	100	108	111	114	115	116	117	116	114	113	112	113
112	111	109	107	104	101	99	96	93	95	81	72	63	44	30	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$K_1 = 0,01 \text{ B}, \quad K_2 = 1,96 \text{ B}$

UC1-2

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
38	66	88	104	114	124	131	135	138	142	144	142	144	144	144	144
144	144	144	144	144	144	143	144	143	143	142	139	132	124	118	113
110	109	106	113	119	125	130	133	135	136	137	136	136	135	135	130
128	124	120	115	109	102	96	87	81	68	56	39	13	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$K_1 = 0.01 \text{ B}, \quad K_2 = 1.83 \text{ B}$

UC2-1

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	7	36	63	82	102	120	134	142	151	160	160	165
170	170	171	172	173	171	172	171	172	171	169	168	165	159	156	153
152	149	150	151	155	159	163	165	167	169	169	170	171	170	171	171
171	172	173	170	170	169	168	167	165	163	160	158	153	148	142	134
124	112	97	82	63	43	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$K_1 = 0.01 \text{ B}, \quad K_2 = 1.83 \text{ B}$

UC2-1

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	6	20	27	36	44	49	53	57	60	62
63	65	64	63	65	65	64	65	64	64	63	62	59	56	52	56
49	48	49	49	52	56	58	60	61	61	63	63	64	63	64	63
63	63	63	62	62	65	60	59	57	55	52	47	43	37	31	21
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$K_1 = 0.01 \text{ B}, \quad K_2 = 1.95 \text{ B}$

Заключение

Данная работа является результатом системного анализа программно-аппаратных средств, созданных в рамках автоматизированной системы линейного ускорителя УРАЛ-30. Представленные аппаратные средства использовались при измерении параметров систем в ходе нескольких физических сеансов.

Результатом работы является:

- возможность измерения разнообразных по характеру изменения (статические и импульсные), по длительности, по амплитуде сигналов;
- получение впервые на данной установке статистической информации о поведении отдельных подсистем, позволяющей представить реальную картину происходящих процессов;
- оперативность получения данных с датчиков и исключение влияния на результаты измерений субъективного фактора;
- наглядность и простота восприятия обработанной информации;
- накопление и хранение информации за несколько сеансов в памяти ЭВМ, что дает возможность анализировать изменения, происходящие в установке, в различных сеансах.

Список литературы

- [1] Захаров В.В. и др. Оптимизация эксплуатации ускорителей заряженных частиц. — М.: Атомиздат 1977.
- [2] Воеводин В.П. и др. Система автоматизации линейного ускорителя — инжектора ускорительного комплекса ИФВЭ. — В кн.: Труды XIV Международного совещания по ускорителям заряженных частиц. — Протвино, 1994.
- [3] Воеводин В.П. и др. Система автоматизации линейного ускорителя — инжектора в бустер ИФВЭ (постановка задачи): Препринт ИФВЭ 95-4, Протвино, 1995.
- [4] Баков С.М. и др. Автоматизированная система управления линейным ускорителем: Препринт ИФВЭ 88-156, Серпухов, 1988.
- [5] Зенин В.А. и др. Оперативный контроль процесса высокочастотной тренировки резонаторов инжектора в бустер: Препринт ИФВЭ 87-36, Серпухов, 1987.

Рукопись поступила 19 июня 1996 г.

М.М.Губаева и др.

Аппаратно-программные средства автоматизированного контроля параметров линейного ускорителя — инжектора в бустер ИФВЭ и его систем.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы \LaTeX .

Редактор М.Л.Фоломешкина.

Технический редактор Н.В.Орлова.

Подписано к печати 20.06.1996. Формат $60 \times 84/8$. Офсетная печать.

Печ.л. 1.75. Уч.-изд.л. 1.34. Тираж 180. Заказ 735. Индекс 3649.

ЛР №020498 17.04.97.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий
142284, Протвино Московской обл.

