

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Б-24

30/VI-75

P9 - 8759

2385/2-75

Л.С.Барабаш, С.М.Бийский, И.А.Голутвин,
Ю.Т.Кирюшин, А.А.Попов, В.П.Саранцев,
В.А.Тимохин, Д.А.Смолин, В.С.Хабаров, В.В.Чалышев

СХЕМЫ ПИТАНИЯ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ
АДГЕЗАТОРА (КОМПРЕССОРА)
УСКОРИТЕЛЯ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

1975

P9 - 8759

Л.С.Барабаш, С.М.Бийский, И.А.Голутвин,
Ю.Т.Кирюшин, А.А.Попов, В.П.Саранцев,
В.А.Тимохин, Д.А.Смолин, В.С.Хабаров, В.В.Чальшев

**СХЕМЫ ПИТАНИЯ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ
АДГЕЗАТОРА (КОМПРЕССОРА)
УСКОРИТЕЛЯ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ**

Направлено в ПТЭ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Барабаш Л.С., Бийский С.М., Голутвин И.А.,
Кирюшин Ю.Т., Попов А.А., Саранцев В.П.,
Тимохин В.А., Смолин Д.А., Хабаров В.С.,
Чалышев В.В.

P9 - 8759

Схемы питания магнитной системы адгезатора
(компрессора) ускорителя тяжелых ионов

Описана система формирования импульсного магнитного поля в адгезаторе ускорителя многозарядных ионов, приводятся схемы блоков питания, результаты температурных испытаний конденсаторов ИМ5-140.

Определение времени включения, измерение параметров и контроль работы блоков системы питания осуществляются электронной аппаратурой, работающей на линии с ЭВМ М-6000.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1975

Barabash L.S., Bijsky S.M., Golutvin I.A.
et al. P9 - 8759

Feeding Schemes for a Compressor Magnetic System
of a Heavy Ion Accelerator

A system is described for shaping of the pulse magnetic field in a compressor of a multiply charged ion accelerator. The feeding schemes are presented as well as the results of temperature tests with condenser IM5-140. Switching on, parameter measurement and control of feeding system operation are performed by electronics operating with M-6000 on-line computer.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1975

Для формирования кольцевых электронных сгустков в адгезаторе (компрессоре) ускорителя многозарядных ионов используется импульсное магнитное поле, создаваемое четырьмя парами импульсных катушек, токи в которых формируются отдельными блоками системы питания. Время включения блоков и амплитуды токов в катушках определяются требуемыми пространственными и временными распределениями магнитного поля в адгезаторе.

Особенностью системы является необходимость создания импульсных магнитных полей в больших объемах, что приводит к довольно жестким требованиям, предъявляемым к блокам системы питания. Напряжение 30 кВ, импульсный ток 5-6 кА, возможность работы на частотах до 5 Гц, высокая надежность - эти условия потребовали разработки специальных типов коммутаторов тока, управление которыми осуществляется при помощи электронной аппаратуры, работающей в режиме непосредственной связи с ЭВМ.

Блок-схема системы питания импульсных катушек адгезатора показана на рис. 1. Система питания состоит из четырех блоков, формирующих импульсные токи в ступенях сжатия, зарядных устройств и электроники, работающей на линии с ЭВМ М-6000, которая задает временную диаграмму работы системы питания и контролирует ее параметры.

Для формирования импульсных токов в индуктивной нагрузке используется разрядный контур, состоящий из конденсаторной батареи С, коммутатора, индуктивной

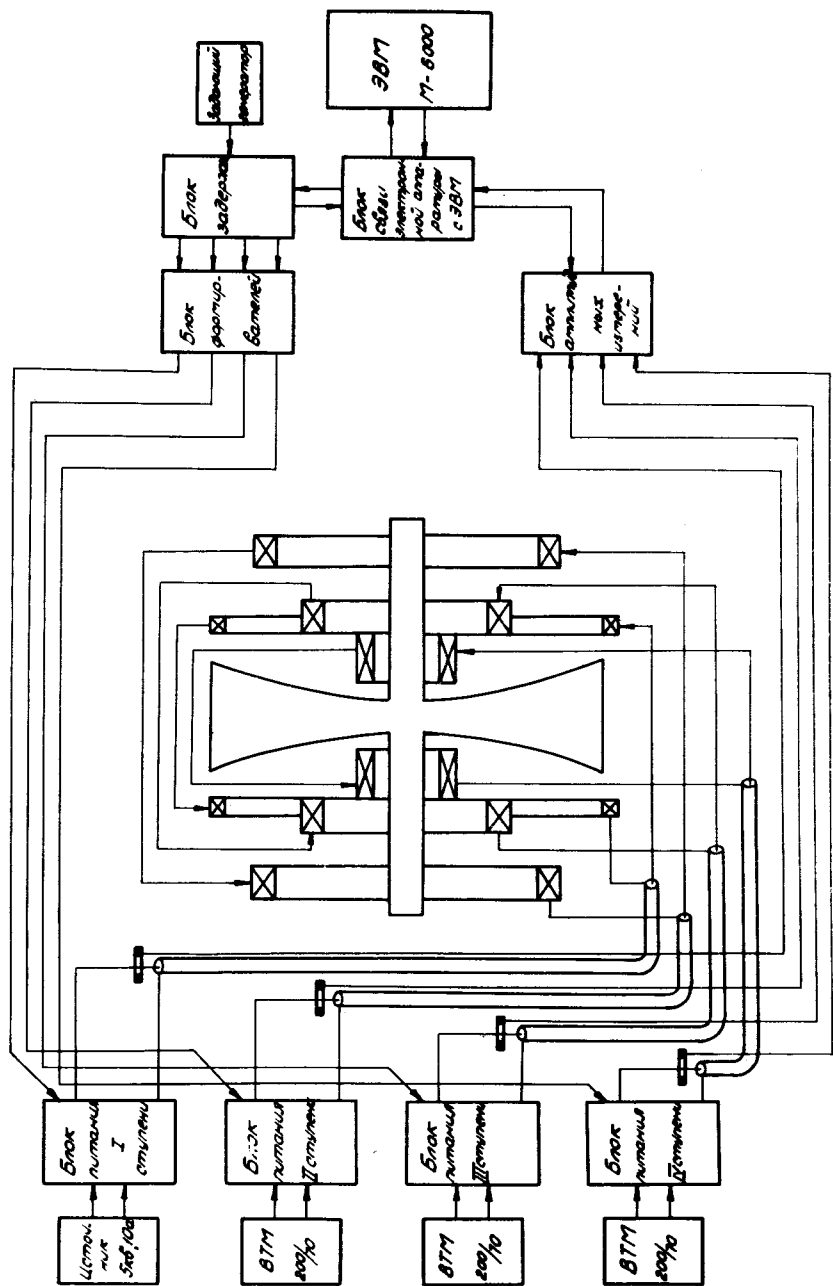


Рис. 1. Блок-схема системы питания импульсных катушек адгезатора (компрессора) ускорителя многозарядных ионов.

нагрузки L и цепи рекуперации энергии. Конденсаторная батарея блока формирования импульса тока в 1-й ступени (см. рис. 2) состоит из 18 конденсаторов типа ИС5-200, включенных параллельно. В качестве источника зарядного напряжения используется выпрямитель с параметрами: максимальное напряжение 5 кВ, средний ток 10 А. Блок коммутатора 1-й ступени состоит из 5 включенных последовательно тиристоров типа Т-500, в цепи обратной перезарядки батареи конденсаторов используются пять диодов типа В-500, включенных последовательно. Защита отдельных элементов коммутаторов от перенапряжений осуществляется парой лавинных диодов Д, включенных навстречу друг другу. Для подавления наводки в 1-й ступени от II, III и IV ступеней последовательно с нагрузкой L включен дроссель $L_{др2}$, индуктивность которого составляет 3,6 мГн.

Конденсаторные батареи II, III и IV ступеней состоят из девяти ветвей, включенных параллельно, каждая ветвь содержит 14 последовательно включенных конденсаторов. Такая схема применена в связи с тем, что напряжение заряда конденсаторных батарей составляет 25-30 кВ, а для их построения использованы конденсаторы типов ИМ5-140 и ИС5-200. Максимальное напряжение заряда одного конденсатора в данной схеме составляет 2,2 кВ и выбрано из условия надежной работы конденсаторов. Это напряжение было выбрано на основании исследований нагрева конденсаторов, результаты которых приведены на рис. 3. Исследования проводились при рабочих режимах ($f = 5$ Гц, $I \approx 800$ А). На рисунке показаны зависимости, усредненные по четырем конденсаторам.

Заряд конденсаторных батарей II, III и IV блоков осуществляется от выпрямителей типа ВТМ-200/70 (см. рис. 4), имеющих внутренний дроссель индуктивностью $L_B = 25$ Гн через сопротивление $R_{зар}$. Величина зарядного сопротивления выбрана из условия исключения колебаний в контуре L_B, C и равна 600 Ом. Величина зарядного напряжения контролируется при помощи делителя

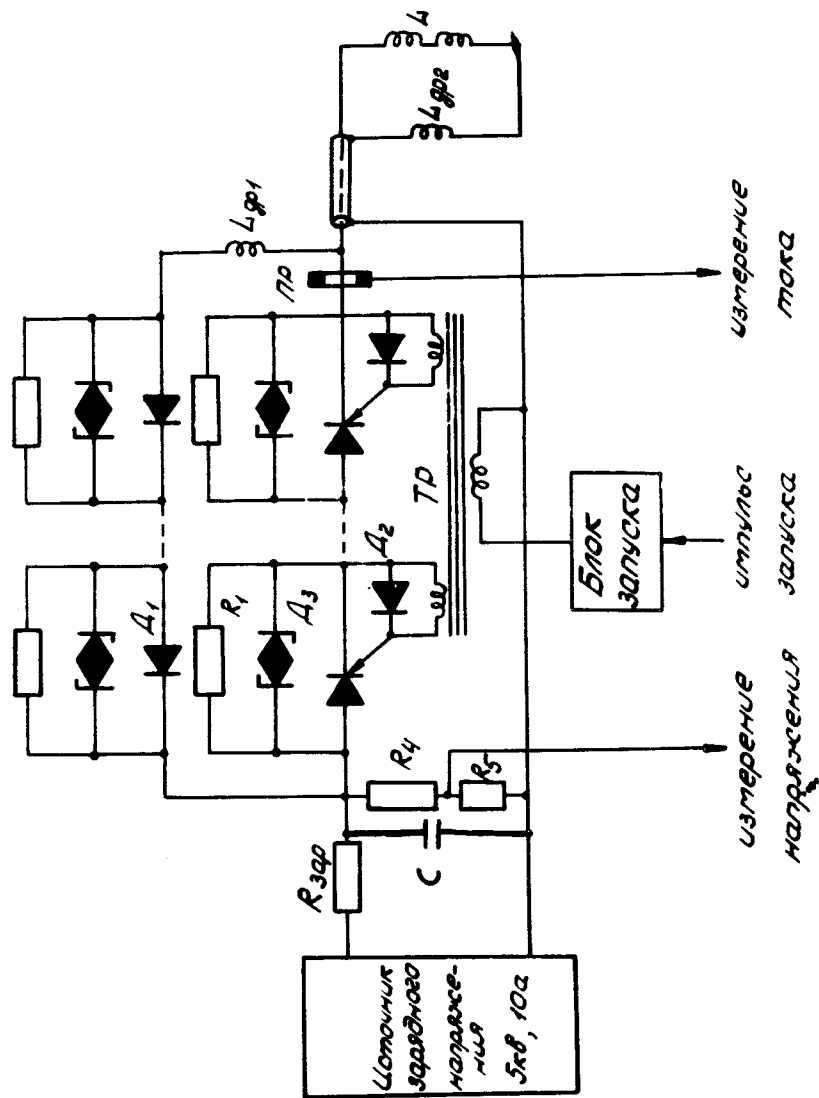


Рис. 2. Схема блока питания 1-й ступени сжатия.

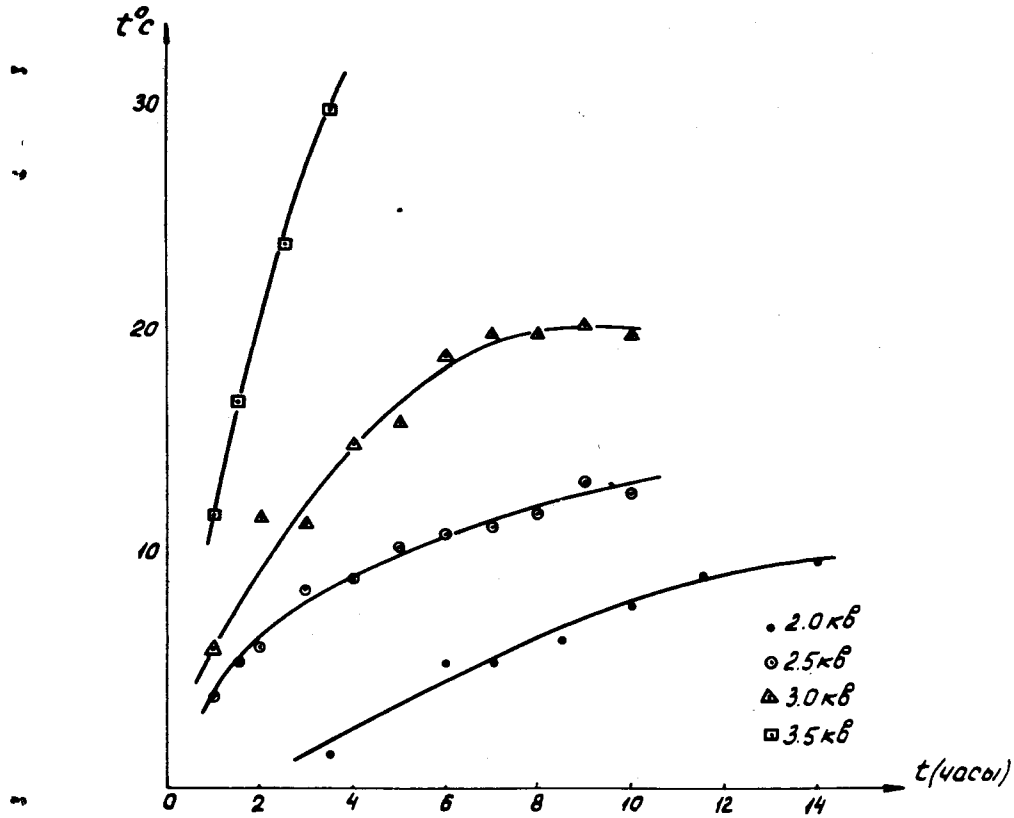


Рис. 3. Зависимость температуры корпуса конденсаторов ИМ5-140 от напряжения (частота срабатывания 5 Гц, ток 800 А).

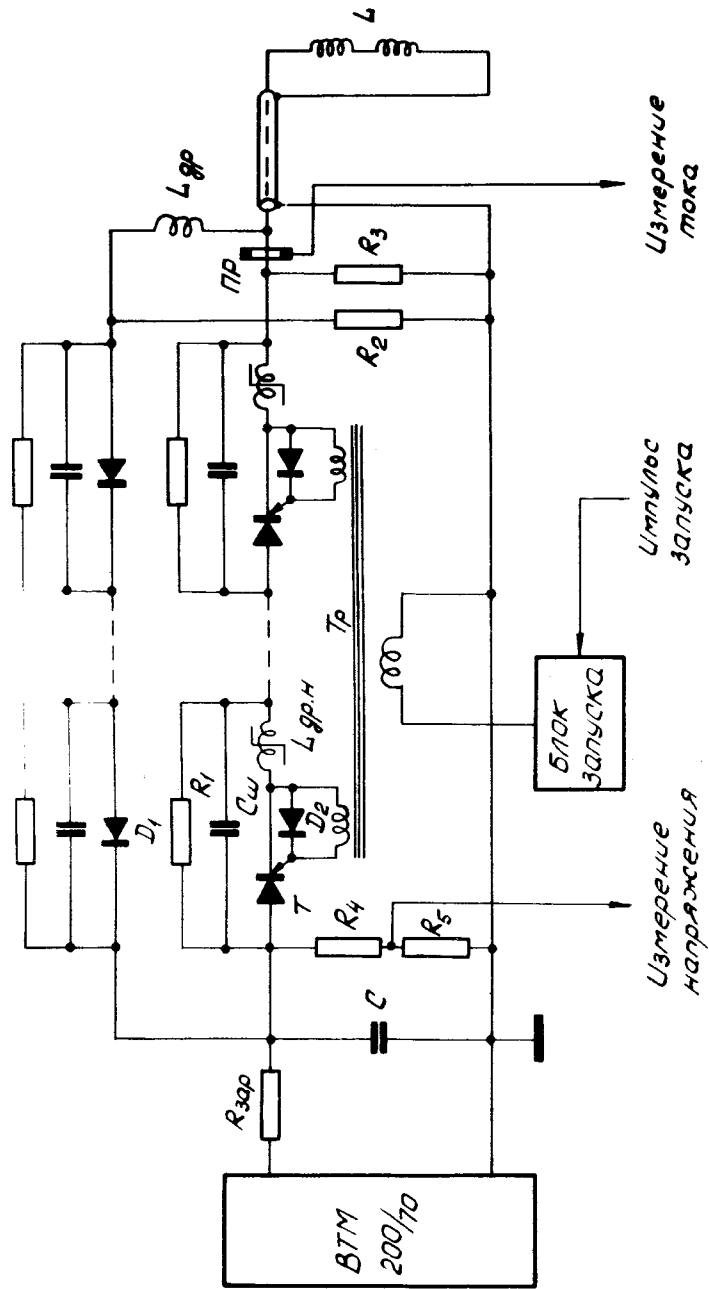


Рис. 4. Схема блока питания II, III и IV ступеней сжатия.

R_4 , R_5 , напряжение с делителей подается на кодировщики с цифровой индикацией, расположенные на пульте оператора. Точность измерения напряжений $(0,2-0,3) \cdot 10^{-2}$.

Блок коммутатора состоит из 40 последовательно включенных тиристоров типа Т-320. Схема включения тиристоров и особенности их работы на индуктивную нагрузку описаны в работе ^{1/1}.

Запускающий импульс на тиристоры подается через импульсные высоковольтные трансформаторы ТР, первичные обмотки которых включены параллельно. Амплитуда напряжения импульса, подающегося на каждый тиристор, - 15 В, длительность - 8 мкс.

Блок коммутатора соединен с нагрузкой кабелем типа КПВ1/75 длиной 100 м. Для контроля токов используются пояса Роговского, сигналы с которых анализируются при помощи аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Цепь из дросселя $L_{др}$ (4 мГн) и 24 последовательно включенных диодов типов В-500 является цепью рекуперации энергии. Сопротивления R_2 и R_3 шунтируют колебания, возникающие в паразитных контурах $C_{ш}$, L и $C_{ш}$, $(L + L_{др})$ при закрывании тиристоров или диодов.

Основные параметры блоков питания приведены в табл. 1.

На рис. 5 показана временная диаграмма работы системы. Стартовые импульсы I-IV ступеней сжатия вырабатываются в блоке задержек. Импульс запуска II ступени задержан относительно импульса запуска I ступени на время 5,5 мс. Импульсы запуска III и IV ступеней задержаны относительно II ступени на времена 200 мкс и 750 мкс соответственно. В моменты времени, соответствующие максимальному значению тока в ступенях, производится измерение токов. Измерение напряжений на конденсаторных батареях блоков осуществляется одновременно с импульсом, подающимся на запуск 1-й ступени.

После срабатывания блоков питания вырабатывается импульс, поступающий на устройство связи электронной аппаратуры с ЭВМ, информация поступает в ЭВМ М-6000, где она анализируется и обрабатывается.

Таблица 1

	I ступень	II ступень	III ступень	IV ступень
Емкость конденса- тора (мкФ)	3600	94	94	126
Индуктивность (мГн)	0,2	1,7	1,8	1,1
Количество витков в одной катушке	6	28	48	68
Напряжение заряда конденсатора С (кВ)	3,2	30,5	27	27,8
Амплитудные значе- ния токов в ступенях при раздельном вклю- чении (кА)	2,5	6,0	4,5	5,0
Длительность им- пульса тока (мс)	11,0	1,2	1,6	1,7

Электронная аппаратура выполнена в стандарте КАМАК, функциональная схема показана на рис. 6.

В состав аппаратуры входят:

Задающий генератор, определяющий частоту срабатываний системы формирования магнитного поля; генератор синхронизирован частотой питающей сети, диапазон частот 0,01–10 Гц.

Цифровые программируемые задержки ^{1/2} (ЦПЗ) служат для задания времени стартовых импульсов блоков питания и времени измерения амплитудных значений токов в ступенях. Управление работой блока осуществляется от ЭВМ или вручную с передней панели. Величина выставленной задержки контролируется визуально по цифровому табло и может изменяться в пределах 0–10 мс с шагом 0,1 мкс.

Аналого-цифровые преобразователи – на 1024 канала (АЦП), которые используются для контроля зарядных

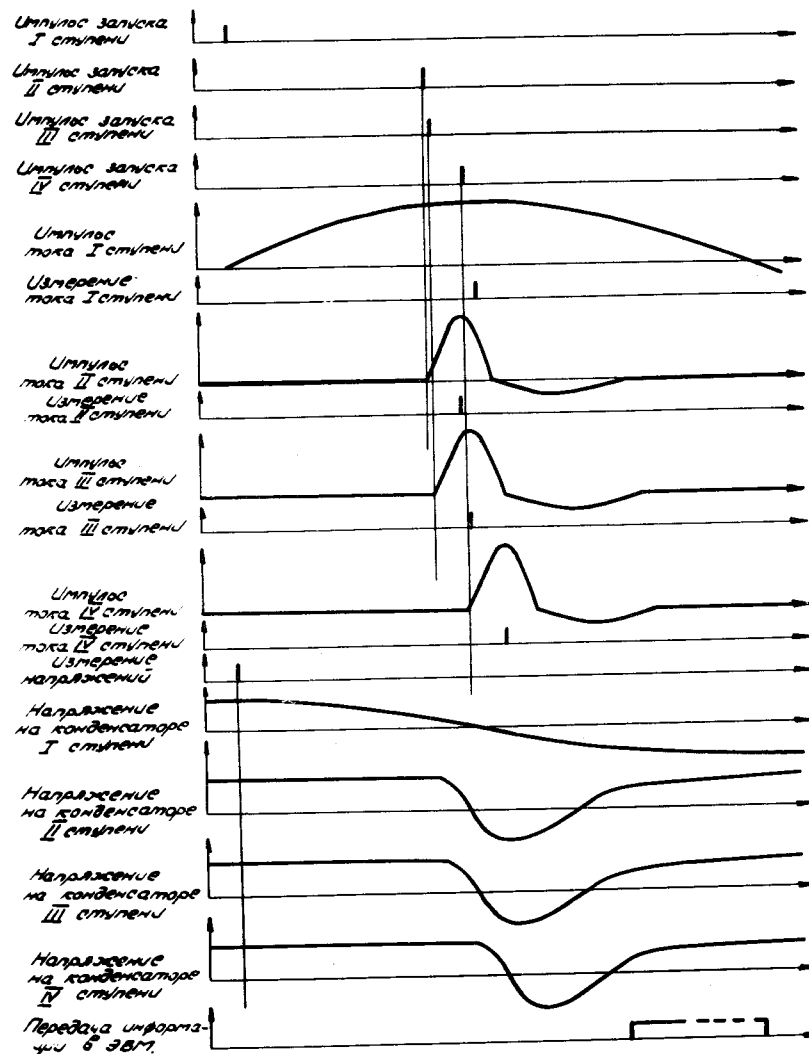


Рис. 5. Временные диаграммы работы системы.

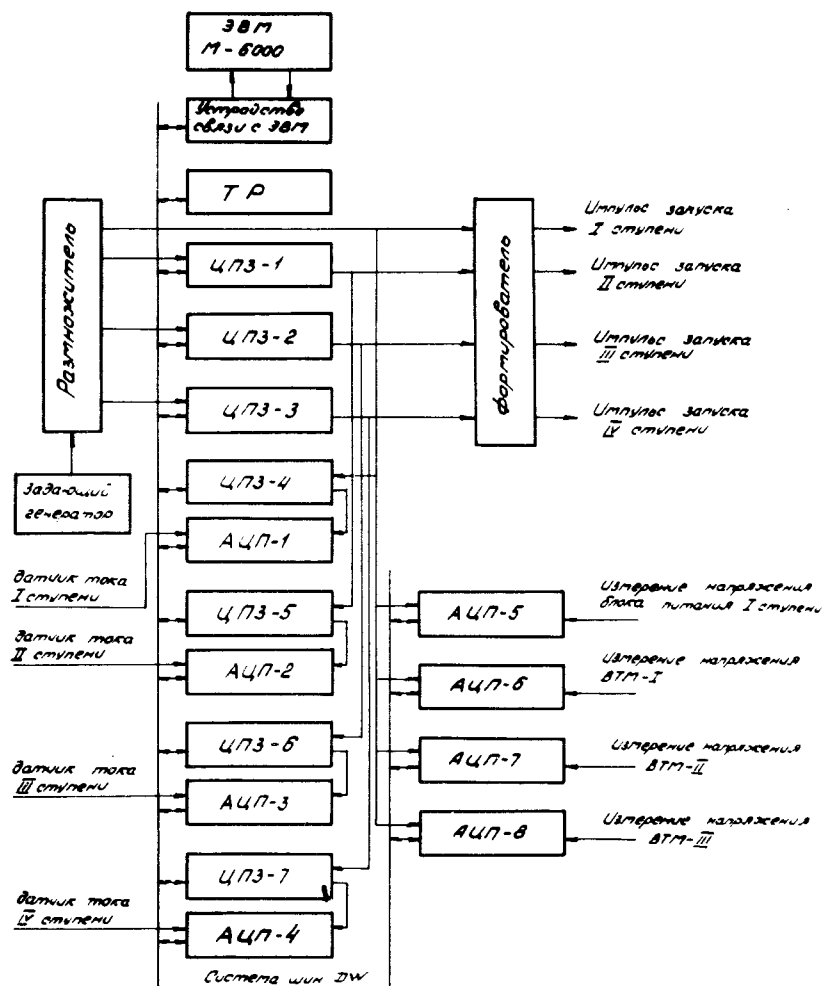


Рис. 6. Функциональная схема электронной аппаратуры.

напряжений конденсаторных батарей и для измерения амплитуд токов в импульсных ступенях сжатия. Пределы измеряемых напряжений 0,1-10 В.

Ячейка формирователя служит для согласования стандартных сигналов КАМАК с входами блоков запуска ступеней сжатия. Амплитуды выходных сигналов 30 В на 50 Ом, длительность - 10 мкс.

Для задания режима работы, фиксации служебной информации об эксперименте в памяти ЭВМ используется 16-разрядный тумблерный регистр (ТР).

Передача информации и управляющих команд между аппаратурой и ЭВМ осуществляется по программно-управляемому каналу через устройство связи ЭВМ М-6000 с электронной аппаратурой^{/3/}.

Весь комплекс аппаратуры системы питания прошел достаточно длительную проверку в сеансах магнитных измерений на адгезаторе ускорителя многозарядных ионов и показал высокую эксплуатационную надежность. Время работы блоков системы питания составляет 500-1500 час на блок.

Система питания работала на частотах 0,2-1 Гц, частота срабатывания лимитировалась температурным режимом датчика Холла и дросселей обратной перезарядки, которые были выполнены без водяного охлаждения.

Литература

1. Л.С.Барабаш и др. Сообщение ОИЯИ, Р9-7773, Дубна, 1974.
2. И.А.Голутвин и др. Сообщение ОИЯИ, Д13-7616, стр. 274-287, Дубна, 1974.
3. И.А.Голутвин и др. Сообщение ОИЯИ, Д13-7616, стр. 128-163, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 апреля 1975 года.