

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

4383/83

22/8-83

10-83-382

Е.А.Дмитриева, П.И.Никитаев, К.Гаевски,
Г.М.Сусова, К.Трачик, И.Турзо

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ
ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ
СВЕРХПРОВОДЯЩИХ МАГНИТОВ

Направлено в Оргкомитет XI Международного
симпозиума по ядерной электронике,
Братислава, ЧССР, 13-16 сентября 1983 года

1983

1. ВВЕДЕНИЕ. ИСТОЧНИК ТОКА, СИЛОВАЯ ЧАСТЬ

Для сверхпроводящих магнитных элементов установки сверхпроводящего инжектора нуклотрона /СПИН/, разрабатываемой и создаваемой в ЛВЭ^{/1/}, в качестве источников питания используются управляемые статические преобразователи. Источники питания должны обеспечивать формирование в нагрузке импульсов тока сложной формы. Временная структура импульсов по току и напряжению приведена на рис.1. Для управления и синхронизации работы источников питания применяется ЭВМ.

Блок-схема модели системы управления и контроля источника питания представлена на рис.2. Силовая часть источника питания^{/2/} - двенадцатифазный выпрямитель /В/, собранный на двух силовых трансформаторах /Тр/ с системой обмоток, обеспечивающей

сдвиг фаз во вторичной сети на 30° , содержащей два трехфазных тиристорных моста /ВТI и ВТII/, соединенных последовательно. Выходное напряжение выпрямителя регулируется системой управления тиристорами /СУТ/ от 0 до $U_{\text{макс}}$. Напряжение на выходе выпрямителя фильтруется пассивным L-C фильтром, частично демпфированным.

Для увеличения фильтровой индуктивности на малых токах в выпрямителе ВТII предусмотрена катодная группа ВТ₀ на ток $0,2 I_H$, которая подключается на малых токах и отключается при достижении током значе-

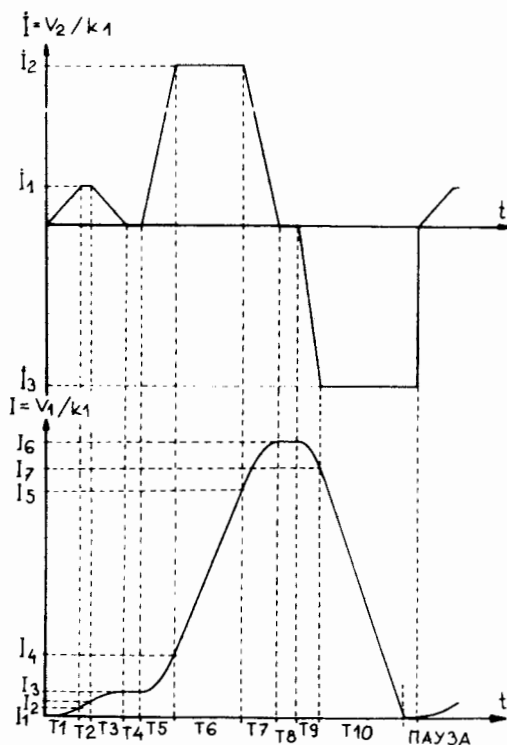
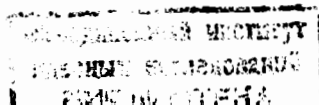


Рис.1. Кривые выходного напряжения ЦАП и ПУ, соответствующие I и его производной \dot{I} .



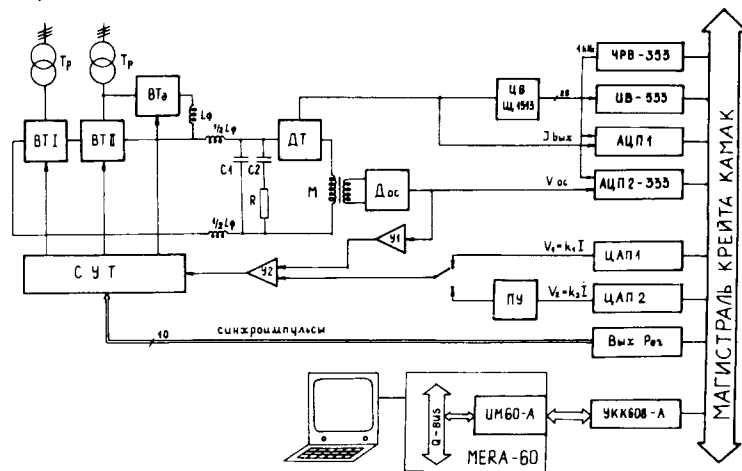


Рис.2. Блок-схема системы управления источника тока сверхпроводящих магнитов. ЧРВ - часы реального времени^{3/}, Вых.Рег. - выходной регистр типа САМ 2.12-1, ЦАП1,2 - цифро-аналоговый преобразователь типа САМ 4.10, АЦП1 - аналого-цифровой преобразователь типа САМ 4.05, АЦП2 - аналого-цифровой преобразователь типа 333^{4/}, ПУ - преобразователь уровней, ИВ - интерфейс цифрового вольтметра Ш1513^{5/}.

ния I_4 /см.рис.1/. При этом ослабление основной частоты пульсаций на малых токах составляет 60 дБ, на больших - 80 дБ. Величина индуктивности фильтра на малых токах 4,1 мГн, на больших - 0,64 мГн, суммарная емкость конденсаторной батареи - $2 \cdot 10^{-2}$ Ф. Суммарная величина пульсаций после L-C фильтра - не более 50 мВ.

Управление источником питания осуществляется по скорости изменения тока в магните. Формирование заданного закона изменения напряжения на магните обеспечивается микро-ЭВМ и ЦАП и поступает в систему регулирования на U_2 , где сравнивается с сигналом $V_{oc} \equiv \frac{di}{dt}$, поступающим с датчика обратной связи D_{oc} . Сигнал рассогласования подается в систему управления тиристорами /СУТ/. При наличии высокоточного измерителя тока /ДТ/ данная система питания может управляться по заданному циклу тока в магните.

2. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОГРАММАТОРА

Задачей системы является управление силовой частью источника тока. Управление осуществляется посредством напряжений V_1 и V_2

с выходов ЦАП1 и ЦАП2, которые пропорциональны выходному току I или его производной I . В случае I подключен преобразователь уровней /ПУ/ для получения напряжения обеих полярностей из однополярного на выходе ЦАП2. Система также генерирует синхроимпульсы во всех ключевых временных точках цикла и измеряет выходные величины источника: ток $I_{вых}$ и напряжение обратной связи V_{oc} .

В данной системе управления источником программ является микро-ЭВМ МЭРА-60 с 16Кслов ОЗУ, к которой посредством контроллера УКК-608 подключен крейт КАМАК.

УКК-608 - универсальный крейт-контроллер, присоединяемый к какому-либо источнику программы с помощью дополнительного интерфейса. Для сопряжения магистрали микро-ЭВМ МЭРА-60 с системой шин данных и управляющих сигналов крейт-контроллера УКК-608 разработан интерфейс типа ИМ-60А. Весь обмен информацией и управляющими сигналами между различными устройствами ЭВМ МЭРА-60 осуществляется через единый канал передачи информации. Обмен данными между центральным процессором /ЦП/ и внешними устройствами выполняется при помощи стандартных циклов обращения к каналу. Для организации обмена каждое внешнее устройство должно иметь один или несколько регистров, адреса которых определяет пользователь. В ЭВМ МЭРА-60 верхние 4К адресов /160000 ± 177777/ отведены под регистры внешних устройств^{6/}. В описываемом устройстве имеется 6 регистров, через которые ЦП осуществляет управление работой контроллера крейта.

Адреса данных регистров следующие:

167740 - статусный регистр ИМ-60А	
167742 - статусный регистр УКК-608	
167744 - младшие разряды	} регистр команд КАМАК и регистр IAM
167746 - старшие разряды	
167750 - младшие разряды	} регистр данных
167752 - старшие разряды	
167754 - младшие разряды	} регистр номера станции
167756 - старшие разряды	

Регистр команд КАМАК и регистр IAM имеют одинаковый адрес, так как в регистр команд можно только записать данные, а из регистра IAM - только прочитать их.

Система управления может работать в двух режимах: программном и в режиме прерывания программы. Схема логики прерывания позволяет вызвать прерывание программы по двум независимым запросам: REQA - генерируется при появлении сигнала IAM в любой из станций крейта, REQB - появляется тогда, когда текущая команда КАМАК не сопровождается сигналом X.

Адреса векторов прерывания - 160, 164 соответственно. Запрос на прерывание в ЭВМ передается по общей шине BIRQ. Остальные блоки, указанные на рис.2, стандартны и описаны в литературе^{3-5/}.

3. МАТОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ПРОГРАММАТОРА

Управляющая программа работает без операционной системы, написана на языке ассемблер и занимает с буфером данных 15Кслов памяти.

Входными параметрами программы управления, которые вводятся посредством консоли, являются интервалы времени $T1 \div T9$, пауза /в мс/ и величины производных i_1, i_2, i_3 /в А/с/. На основании заданных параметров вычисляются значения тока $I1 \div I7$, интервал времени $T10$ и время одного полного цикла $T = \sum_{i=1}^{10} T_i + T_{\text{паузы}}$.

Время T ограничено сверху объемом ОЗУ. В нашем случае для таблицы величин, измеряемых АЦП, зарезервировано 10Кслов ОЗУ, что соответствует $T_{\text{макс.}} = 5$ с. Блок-схема программы показана на рис.3 и 4. Экспериментатор общается с системой управления посредством следующего набора команд:

- TYPE - выдача результатов измерения /тока $I_{\text{вых.}}$, напряжения обратной связи $V_{\text{ос.}}$, или идеальной формы тока I / на цифropечать. Печатать можно полную таблицу данных за один цикл T или любую ее часть, ограниченную моментами времени, заданными в мс.
- PUNCH - как и в случае TYPE, только данные выводятся на перфопечатку.
- SV - (SET VOLTMETER) подключение цифрового вольтметра Ц1513 вместо АЦП1 и АЦП2.
- IDEAL - вычисление формы тока, которая должна быть на выходе источника тока / $I_{\text{вых.}}$ / при идеальных условиях.
- HALT - останов программы; повторный запуск возможен с помощью нажатия клавиши P (proceed) на консоли.
- HELP - выдача списка команд пользователя с кратким комментарием.
- LC - (LIST CURRENTS) выдача вычисленных величин токов $I1 \div I7$ и времени T .
- START - запуск программы с отключением цифрового вольтметра и вводом новых параметров цикла.
- DATA - ввод новых параметров цикла.
- RUN - запуск подпрограммы выдачи данных на ЦАП1,2 и выходной регистр и измерений формы тока и/или напряжения обратной связи. Блок-схема подпрограммы приведена на рис.4.

Входные данные для ЦАП1,2 вычисляются в режиме "на линии". Результаты измерения последнего цикла с АЦП1,2 или цифрового вольтметра хранятся в ОЗУ. После останова программы, путем нажатия клавиши CTRL H можно эти данные вывести на печать или перфоленту.

Выдача данных на ЦАП1,2 происходит с шагом 1 мс и с тем же шагом измеряется форма тока или напряжения обратной связи с использованием АЦП. С целью повышения точности измерения выходного тока $I_{\text{вых.}}$ на плато подключен цифровой вольтметр /точность

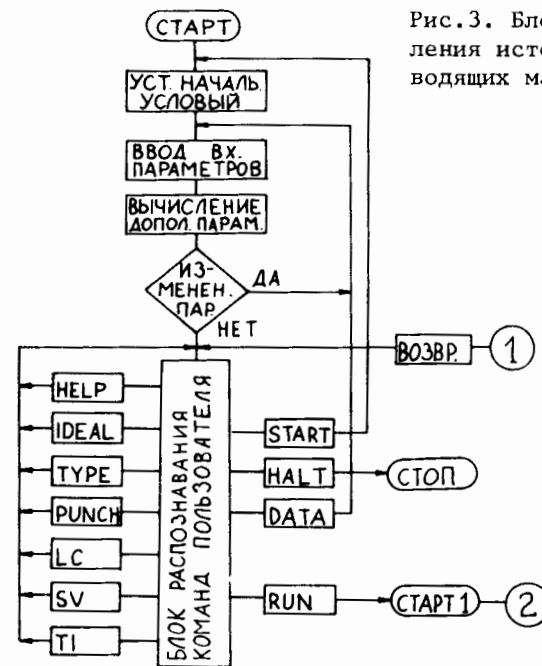


Рис.3. Блок-схема программы управления источником питания сверхпроводящих магнитов.

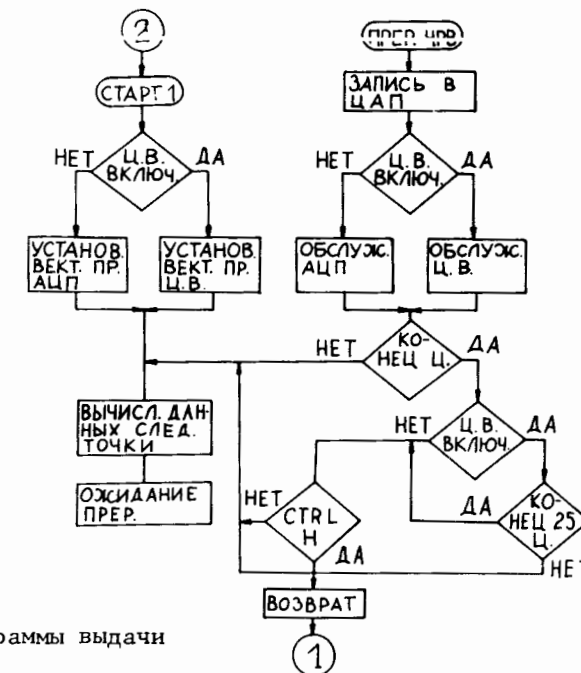


Рис.4. Блок-схема программы выдачи данных на ЦАП.

измерения $\pm 1,22$ мВ при АЦП увеличивается до $\pm 0,1$ мВ при использовании цифрового вольтметра/.

Нажатие клавиши CTRL H во время выдачи данных вызовет переход к подпрограмме распознавания команд. Выдача данных на ЦАП1,2 прекращается после окончания текущего цикла.

В начале каждого интервала T_i /рис.1/ происходит выдача синхронимпульсов, которые используются для включения и отключения фильтров в источнике питания, для синхронизации при совместной работе нескольких источников и для контрольного осциллографа.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Точность установления выходного тока определена разрешающей способностью использованного ЦАП, которая равняется 12 бит, что при $I_{\text{макс.}} = 2500$ А соответствует $\Delta I = 0,61$ А. Ток можно измерять с высокой точностью только косвенно, измерением $V_{\text{ос.}}$ и последующим интегрированием. По этой методике точность определения $I_{\text{макс.}}$ будет 10^{-4} .

С помощью этой методики измерялась величина пульсаций на верхнем и нижнем плато, которая оказалась ниже чувствительности выбранного метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шелаев И.А., Юдин И.П. ОИЯИ, 9-12346, Дубна, 1979.
2. Lissner J., Bouwknegt K. Trans. on Nucl.Sci., 1981, vol.NS-28, No.3.
3. Ан Сен Гук, Турзо И. ОИЯИ, 10-81-170, Дубна, 1981.
4. Басиладзе С.Г., Маньяков П.К. ОИЯИ, 13-11680, Дубна, 1978.
5. Сайфулин Ш.З., Турзо И. ОИЯИ, 10-81-138, Дубна, 1981.
6. System Mikrokomputerowy MERA 60. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa. Centrum Naukowe - Produkcji Systemów Sterowania "MERA STER", Katowice, 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 июня 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

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.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

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

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Дмитриева Е.А. и др.

10-83-382

Модель системы управления и контроля источника питания сверхпроводящих магнитов

Описан источник тока, который используется для питания элементов магнитной оптики сверхпроводящего инжектора нуклотрона /СПИН/. Рассмотрена система управления и контроля для данного источника, с помощью которой решен вопрос генерации тока сложной формы. Система управления выполнена в стандарте КАМАК, для сопряжения магистрали крейта с микро-ЭВМ типа "Электроника-60" разработан контроллер крейта УКК-608. Контроллер крейта является универсальным, так как им можно управлять при помощи дуплексного регистра, расположенного в любом месте системы /интерфейсная карта ЭВМ, крейт КАМАК и т.д./.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Dmitrieva E.A. et al.

10-83-382

Model of a Superconducting Magnet Power Supply Control System

Power supply for a superconducting magnet of the SPIN cyclotron is described. A control system solved the problem of generation of sophisticated current form in the magnet coils. The control system has been built in the CAMAC standard.

The crate controller UKK-608 has been designed for connecting a MERA-60 microcomputer to a CAMAC dataway. The crate controller has been constructed so that it can be driven by a duplex register put at any place /i.e. in the computer cabinet, CAMAC crate and so on/.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.