

## ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ТОКОВ В ОБМОТКАХ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ ИЗОХРОННОГО ЦИКЛОТРОНА

А.А.Глазов, А.В.Калмыков, Д.Л.Новиков, В.П.Саванеев  
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Ускоритель - сложная многопараметрическая система. Оптимальная работа и контроль параметров таких устройств на современном уровне обеспечивается автоматизированными системами управления с применением ЭВМ. Подобная система создается в настоящее время для управления электронной моделью циклотрона (ЭМКЦ). В данной работе описывается система стабилизации токов в катушках коррекции, которая является одной из подсистем управления ЭМКЦ.

### Источники питания магнитной системы ЭМКЦ

Магнитная система ЭМКЦ состоит из следующих обмоток /1/ :

1. Обмотка для создания среднего магнитного поля.
2. Кольцевые обмотки грубой коррекции.
3. Кольцевые обмотки тонкой коррекции.
4. Обмотки, предназначенные для создания спиральной вариации магнитного поля ускорителя.

5. Обмотка для компенсации нежелательной компоненты от магнитного поля Земли.

Всего задействована 41 обмотка. Исходя из характеристик этих обмоток /2/, источники питания магнитной системы можно разбить на три группы:

1. Слаботочные стабилизированные источники питания с током в нагрузке  $I_{\max.} = 2 \text{ А}$ .

2. Стабилизированные источники постоянного тока с  $I_{\max.} = 10 \text{ А}$ .

3. Сильноточные стабилизированные источники тока с током в нагрузке  $I_{\max.} = 800 \text{ А}$ .

Стабильность всех этих источников одинакова: 0,1%.

Для системы стабилизации токов в катушках магнитной системы были разработаны два типа управляемых источников питания:

1. Управляемый источник тока для питания катушек грубой коррекции с максимальным током  $I_{\max.} = 2 \text{ А}$ , пульсации 0,05%.

2. Управляемые источники тока с  $I_{\max.} = 10 \text{ А}$ , питающие обмотки тонкой коррекции.

Токи в этих источниках задаются от ЭВМ с точностью 0,1%. Конструктивно управляемые источники питания состоят из двух частей:

1. Преобразовательная часть выполнена в стандарте КАМАК (располагается в крейте КАМАК).

2. Усилители мощности размещены в стойке УМЦ (конструктив "Витня").

Преобразователи код-аналог (блок ЦАП-10) разработаны на базе 10-разрядных ЦАП К572ПА1А в стандарте КАМАК. Разработан управляемый от ЭВМ компенсационный стабилизатор постоянного тока на максимальный ток в нагрузке  $I_{\max.} = 600 \text{ А}$  /3/ для питания обмоток спада вариации. Диапазон рабочих токов

50 + 600 А. Ток задается от ЭВМ через разработанный преобразователь код-аналог, построенный на базе 12-разрядных ЦАП К572ПА2А. Блок ЦАП-12, выполненный в стандарте КАМАК, задает ток с точностью 0,025%.

### Система стабилизации токов катушек коррекции

Блок-схема системы приводится на рис. 1. В качестве управляющей ЭВМ используется "Электроника-60", к которой подключен крейт КАМАК через интерфейс К3003 /4/ и магистральный интерфейс КК007. Величина тока в виде двоичного кода (рис. 2) поступает от ЭВМ в преобразователь код-аналог (блок ЦАП-10, ЦАП-12). Ток из преобразователя заводится в усилитель мощности (стойка УМЦ) и затем подается в объект управления - катушку магнитной системы. Все это образует информационный канал "Задание тока".

Измерение выставленных токов осуществляется цифровым вольтметром В7-34А, подключенным к крейту КАМАК через модернизированный блок входных регистров КР005М /5/. Аналоговый мультиметр КАС-128, выполненный в стандарте КАМАК, производит коммутацию входных сигналов вольтметра. КАС-128 имеет 64 изолированных входов. С измерительных шунтов, помещенных в цепи катушек магнитной системы, снимается напряжение, пропорциональное току, и через мультиметр КАС-128 передается на вход вольтметра В7-34А. Измерение осуществляется с точностью  $10^{-5}$ . В вольтметре входное напряжение преобразуется в двоично-десятичный код, который через блок входного регистра КР005М заводится в ЭВМ. Таким образом организуется канал "Измерение".

Каналы "Задание тока" и "Измерение" образуют замкнутый контур. Это дало возможность задавать токи в катушках по алгоритму минимизации  $U_{\Delta} = U_{\text{зад.}} - U_{\text{изм.}}$ , где  $U_{\text{зад.}} = I_{\text{зад.}} R_{\text{ш}} - R_{\text{ш}}$  - откалибровано с точностью  $10^{-4}$ . Количество итераций, которые требуются системе для установки токов с заданной точностью, определяется параметрами каналов, такими, как разрядность применяемых ЦАП, преобразования в ЭВМ (округление), нелинейности каналов, точность определения  $R_{\text{ш}}$  и вес младшего разряда ЦАП. Применение такого алгоритма при задании токов в катушках позволило снизить требования к управляемым источникам тока в смысле дифференциальной и интегральной нелинейности, начального смещения.

В режиме стабилизации (рис. 3) поочередно обрабатываются все 31 канал "Задания" и "Измерения" тока. На первом этапе происходит измерение тока. Если по каким-либо причинам ток в обмотке изменился, он заново восстанавливается, и система управления переходит на обработку следующего канала. Если же при измерении ток остается в заданных пределах, система сразу же переходит на обработку следующего канала. Максимальное время обработки всех каналов 1,5 мин. Через каждые 5 минут цикл опроса источников питания катушек коррекции повторяется. Программа стабилизации работает от таймера ЭВМ в режиме прерывания.

### Программные средства

Пакет программ написан на языке ассемблер и занимает 16 кбайт памяти. Программное обеспечение позволяет системе управления ЭМЦ выполнять следующие функции:

1. Тестирование всей электронной аппаратуры. Результаты тестирования выдаются на терминал и одновременно на печать ДЗМ-180 в форме диагностического текста.

2. Инициализация системы.

3. Работа в режиме стабилизации.

4. Возможность оперативного вмешательства в работу системы:

- а) задание токов в обмотке магнитной системы с терминала;
- б) измерение тока в любой катушке коррекции;
- в) запуск тестов электронных блоков.

5. Выдача на печать всех параметров системы стабилизации.

На данном этапе система стабилизации токов в катушках магнитной системы ЭМКЦ находится в опытной эксплуатации.

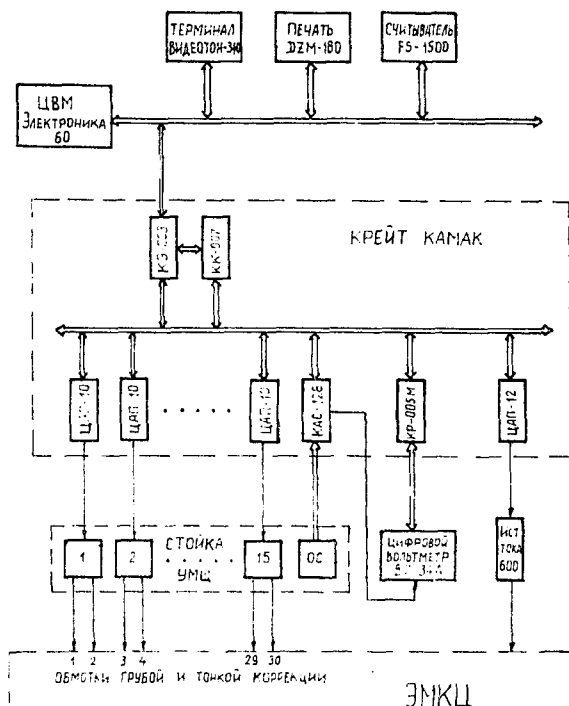


Рис. 1.

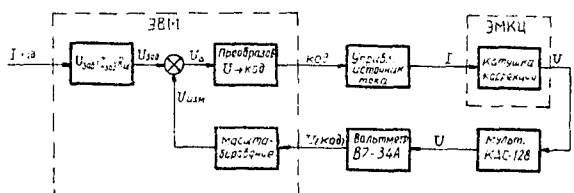


Рис. 2

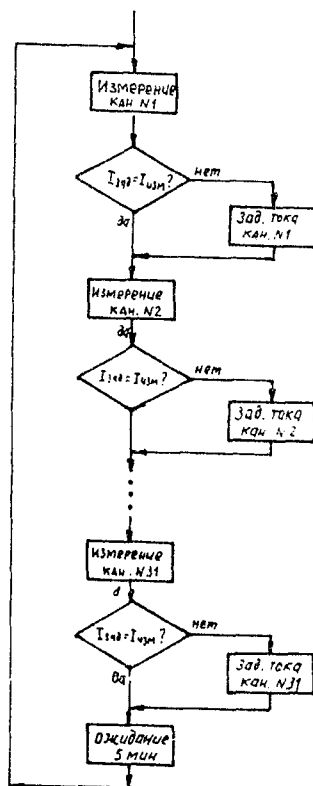


Рис. 3

## ЛИТЕРАТУРА

1. С.Б.Ворожцов и др. ОИЯИ, Р-2852-I, Дубна, 1966.
2. Ю.Н.Денисов и др. ОИЯИ, I3-5068, Дубна, 1970.
3. В.П.Саванев. ОИЯИ, I3-85-844, Дубна, 1985.
4. А.Н.Синаев, И.Н.Чурин. ОИЯИ, IO-8I-69I, Дубна, 198I.
5. Н.И.Журавлев и др. ОИЯИ, IO-8II4, Дубна, 1974.