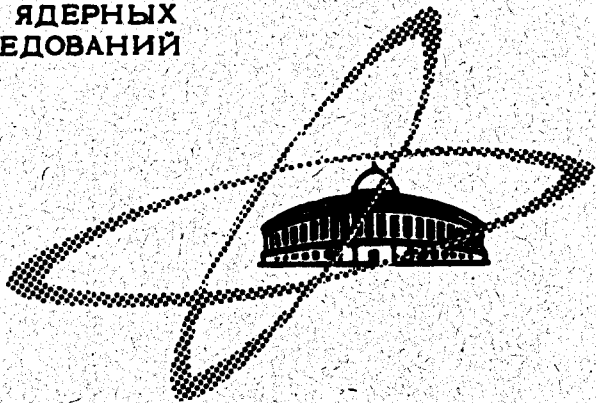


22/VI-70

0-572  
ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 5024



Б.Д. Омельченко

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

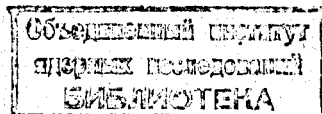
СИСТЕМА  
АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ  
СТАБИЛЬНОСТИ

1970

Б.Д. Омельченко

СИСТЕМА  
АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ  
СТАБИЛЬНОСТИ

Направлено в ПТЭ



8356/2 49

В современном физическом эксперименте на ускорителе заряженных частиц зачастую одновременно используется до 20 + 30 систем стабильного постоянного тока. Назначение этих систем - питание магнитных элементов протяженных каналов транспортировки вторичных частиц. В условиях многодневного эксперимента и при наличии недостаточно надежных высокоточных стабилизаторов постоянного тока (стандартные стойки типа БТ-4, БТ-6) всегда была актуальной проблема контроля постоянства заданных уровней токов питания. Эта проблема может быть решена применением системы централизованного обтекающего контроля. Для такой системы является традиционной следующая структура: устройства задания уставки (уставочные потенциометры) - переключатель - схема обнаружения отклонений /1/.

Специфика работы систем стабильного тока (высокая точность -  $1 + 5 \cdot 10^{-4}$ , широкий диапазон изменений токов в процессе эксперимента) требует применения прецизионных декадных уставочных потенциометров, их число должно быть равно числу контролируемых систем питания. При этом неизменным условием нормальной работы системы централизованного контроля является синхронное изменение положения движков уставочных потенциометров вслед за изменениями заданий на величину

ны стабилизируемых токов питания. Следует отметить, что в ряде схем стабилизации величина стабилизируемого тока может изменяться дистанционно физиком-экспериментатором путем управления электроприводом многооборотного потенциометра-датчика. Однако и в этом случае указанная выше операция синхронизации должна осуществляться дежурным электротехником вручную. Последнее обстоятельство делает описанную систему централизованного контроля неприемлемой с точки зрения затрат времени обслуживающего персонала.

В 1964 году автором был предложен способ централизованного контроля, исключающий указанный недостаток. Суть этого способа заключается в том, что система централизованного обтекающего контроля производит измерение величин, которые равны с высокой степенью точности в случае нормальной работы систем стабильного тока. Для широко распространенных в СССР систем питания со стойками стабилизации типа БТ-4 и БТ-6 такими контролируемыми величинами могут быть "единицы" и "нули".

"Единица" - это 1,018... вольта - напряжение нормального элемента Вестона, которому равно напряжение обратной связи, снимаемое с движка потенциометра-датчика системы стабилизации постоянного тока в случае измерительного органа с

$$U_{\text{опорн.}} = \text{Const} = U_{\text{нэ}}$$

(система питания со стойкой типа БТ-4).

"Ноль" (с точностью до долей милливольт) - это напряжение на входах усилителей постоянного тока (УПТ) систем стабильного тока. Контроль "нулей" может осуществляться и в случае измерительных органов с  $U_{\text{опорн.}} = \text{var}$  (система питания со стойкой типа БТ-6). Контроль стабильности систем питания по "нулям" на входах УПТ основывается на предположении большой эксплуатационной надежности

полупроводниковых источников опорного напряжения (ИОН) в каждой из них.

Из изложенного становится очевидным, что для системы централизованного обтекающего контроля, ведущей измерение "единиц" или "нулей", необходимость в уставочных потенциометрах отпадает, что является чрезвычайно существенным с точки зрения эксплуатации устройства.

Ниже описывается система автоматического контроля стабильности (САКС), разработанная применительно к системам стабилизации постоянного тока.

#### Объект контроля

САКС контролирует стабильность токов 26 агрегатов питания (на рис. 1 показаны агрегаты 1АП и 26АП). Каждый агрегат питания (АП) состоит из генератора постоянного тока ГП, возбуждаемого тиристорным (тиристорным) выпрямителем ВТ, который управляется выходным напряжением УПТ, на вход которого подается разность опорного напряжения (ИОН - потенциометр - датчик ПД) и напряжения обратной связи с масляного шунта ШМ. Как видно из рис. 1, в блок САКС от каждого АП поступают два напряжения: входное УПТ (т.н. "нуль") и напряжение с ШМ, последнее служит для определения оперативным персоналом цены выходного напряжения измерительного усилителя схемы обнаружения отклонений (вольтметры  $V_1$  и  $V_2$ ).

#### Коммутирующее устройство

Измерительный усилитель схемы обнаружения отклонений поочередно подключается к входам УПТ контролируемых систем питания с

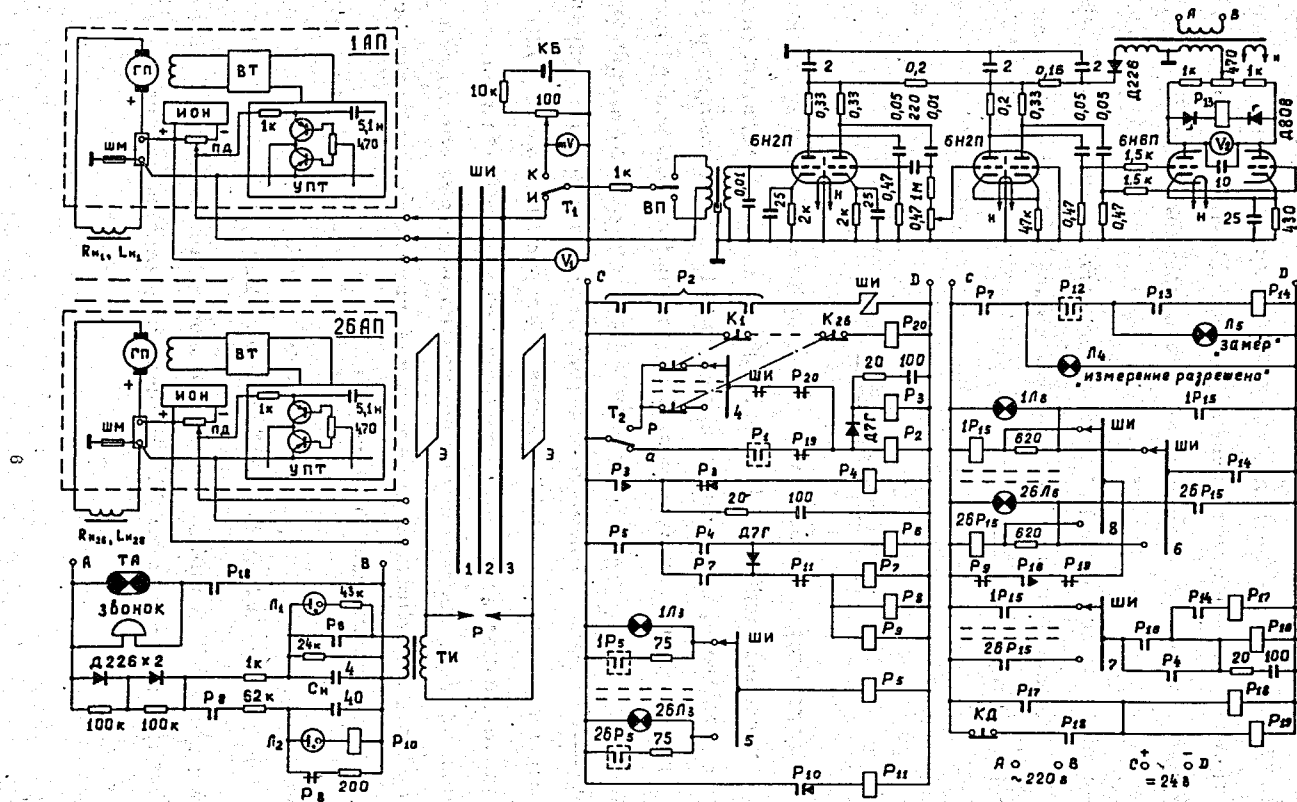


Рис.1. Принципиальная схема системы автоматического контроля стабильности.

помощью предложенного автором "когерентного" шагового искателя /2/. Когерентный шаговый искатель предусматривает использование стандартного телефонного искателя (ШИ-25/8) в совокупности с дополнительным устройством для создания когерентного эффекта. Описываемый шаговый искатель (с латунными контактными парами!) обладает высокой точностью передачи сигналов милливольтового диапазона:  $\approx 0,1\%$  при  $U_{\text{сигнала}} = 10$  мВ и  $R_{\text{нагрузки}} = 100$  ом. Контактное поле шагового искателя (см. рис. 1) помещается между двумя пластинами - электродами Э, подключенными к источнику электромагнитного излучения - импульсному трансформатору ТИ с разрядником Р. Источник электромагнитного излучения работает синхронно с приводом шагового искателя.

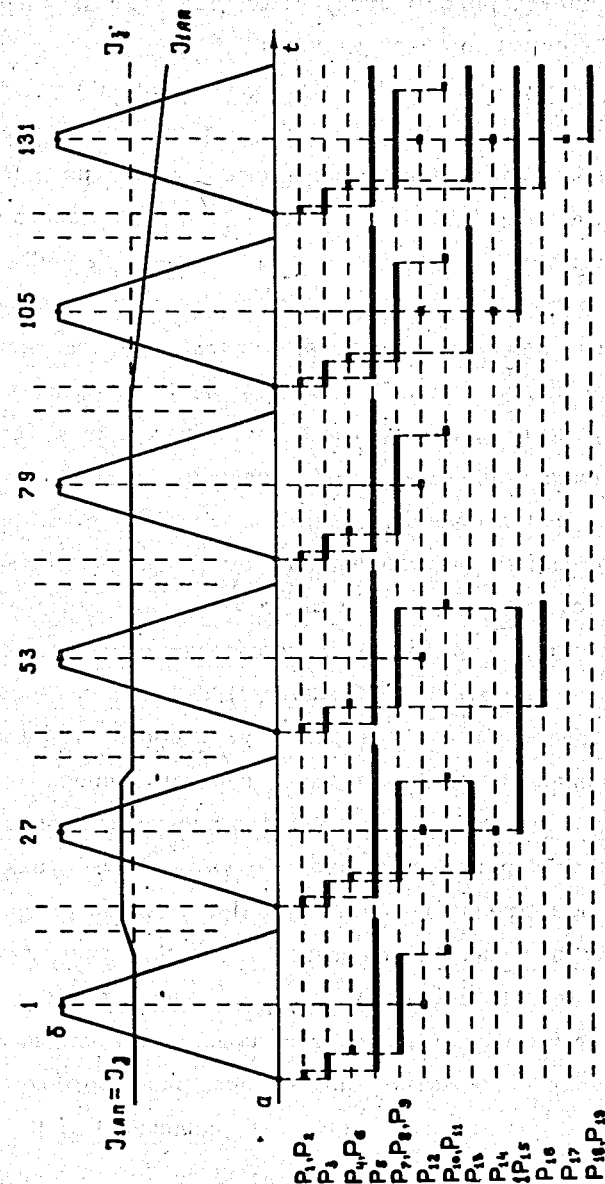
### Измерительный усилитель

В качестве измерительного усилителя использован видоизмененный стандартный усилитель типа УМ 109 с вибропреобразователем ВП-2 на входе. Выход усилителя выполнен на постоянном токе и предусматривает подключение схемы обнаружения отклонений. Схема обнаружения отклонений состоит из поляризованного реле Р<sub>13</sub> (типа РП-5), подключенного через стабилитроны Д808 к выходу измерительного усилителя. Напряжение срабатывания схемы обнаружения отклонений составляет около +8 вольт. Измерительный усилитель калибруется в зависимости от требуемой зоны контроля стабильности. Для калибровки усилитель тумблером Т<sub>1</sub> подключается к потенциометру калибровочной батареи КБ. Величина калибровочного напряжения контролируется милливольтметром  $mV$  (0+10 мВ). При зоне контроля стабильности (вольтметр  $v_2$ ), соответствующей +0,05% на уровне  $U_{\text{шм}} = 1$  в, усилитель калибруется на  $K = 16\ 000$ , т.е.  $U_{\text{вых.}} = 8$  в при  $U_{\text{вх.}} = 0,5$  мВ, а

при зоне контроля  $\pm 0,1\%$  - на  $K=8000$ ,  $U_{\text{вых}} = 8\text{В}$  при  $U_{\text{вх}} = 1\text{мВ}$ . Так как коэффициент усиления измерительного усилителя является фиксированным, то численное значение зоны контроля зависит от  $U_{\text{шм}}$ , т.е. от величины стабилизируемого тока. Практически  $U_{\text{шм}}$  изменяется в диапазоне  $0,5+2,0\text{В}$ . Кроме того, к зажимам прибора  $V_1$  может быть подключен цифровой вольтметр, который позволит оперативному персоналу, помимо стабильности, контролировать абсолютные значения токов 26 агрегатов питания.

### Схема автоматики и сигнализации

В связи с тем, что САКС обслуживает агрегаты стабильного тока, работающие в комплексе с синхрофазотроном, для режима автоматического контроля принят такт, соответствующий циклу системы питания электромагнита ускорителя. Режим работы агрегатов питания может также носить циклический характер, поэтому в качестве момента контроля взят момент сброса высокой частоты ускоряющей системы синхрофазотрона, т.е. момент времени, когда заканчивается процесс ускорения и начинается собственно физический эксперимент. Так как блок САКС контролирует 26 систем стабильного тока, то период контроля каждой системы определяется 26 циклами системы питания электромагнита синхрофазотрона. При цикле в 10 сек периодичность замера блоком САКС составляет 4 мин.20 сек. На рис. 2 приведена временная диаграмма синхронной работы элементов блока САКС с системой питания электромагнита синхрофазотрона. На этом рисунке трапеции под номерами 1,27,53,79,105 и 131 отражают изменение во времени тока данной системы питания и определяют периодичность контроля системы стабильного тока, например, 1АП. Точки "а" и "б" на этом графике





соответствуют сигналам, регламентирующим работу блока САКС; "а" - начало цикла, "б" - сброс высокой частоты.

Рассмотрим работу блока САКС в режиме автоматического контроля ( $T_2$  в положении "а", см. рис. 1). В момент времени, соответствующий точке "а", срабатывает внешнее синхронизирующее реле  $P_1$ , запирая промежуточные реле  $P_2$  и  $P_3$ . Реле  $P_2$  взводит приводной механизм шагового искателя ШИ, и по окончании импульса "а" ШИ делает "шаг". Реле  $P_3$  имеет некоторую выдержку времени на отпадание. Эта выдержка необходима для механического успокоения контактной системы искателя после очередного шага. Отпадание реле  $P_3$  вызывает импульсное срабатывание реле  $P_4$ , фиксирующего момент времени "конец шага". Как только ШИ сделал шаг, включается сигнальная лампочка  $L_3$  с номером агрегата и цепочка реле  $P_5$ , определяющего наличие разрешения на контроль стабильности тока данного агрегата. Разрешение дается реле 1+26  $P_5$ , установленными в схемах контролируемых агрегатов. Реле 1+26  $P_5$  являются сборными: их включение определяется включением контактора выпрямителя возбуждения ВТ соответствующего агрегата и наличием разрешения на открытие указанного выпрямителя по сеточным цепям управления. Наличие такой системы опроса разрешающих блоков (блоков реле 1+26  $P_5$ ) позволяет избежать ложного контроля отключенных агрегатов или агрегатов, с которых нагрузка снята путем закрытия выпрямителей возбуждения. При наличии разрешения на измерение в момент времени "конец шага" (реле  $P_4$ ) срабатывают реле  $P_6 + P_9$ , при этом реле  $P_7 + P_9$  встают на самоподхват. Реле  $P_6$ , работа которого имеет импульсный характер, подключает накопительную емкость  $C_n$  к первичной обмотке импульсного трансформатора ТИ (см. рис. 1), вызывая тем самым срабатывание разрядника Р ( $U_{сраб.} = 1+5$  кв) и, как следствие, - импульс электромагнитного излучения. Электромагнитное поле деформирует структуру пленок потускнения кон-

тактных пар шагового искателя, которые становятся способными пропускать сигналы милливольтного диапазона. Работа контактов реле  $P_6$  контролируется неоновой лампочкой  $L_1$ . С целью уменьшения износа контактной пары реле  $P_6$  (МКУ-48) величина накопительной емкости  $C_H$  без ущерба для точности измерения может быть значительно уменьшена, например до 0,25 мкф.

Срабатыванием промежуточного реле  $P_8$  начинается выдержка времени реле  $P_{10}$ , задающего продолжительность такта автоматического контроля. Выдержка времени создается RC-цепочкой, а момент срабатывания  $P_{10}$  (реле типа РП-5) определяется напряжением зажигания стабилвольта  $L_2$  (СГ2П).

Контроль стабильности осуществляется в момент срабатывания внешнего реле  $P_{12}$  (точка "б" на рис. 2). Если схема обнаружения отклонений (реле  $P_{13}$ ) не выдает сигнала о выходе измеряемого параметра из зоны допустимых значений, то на этом процесс автоматического контроля для данного такта заканчивается и в момент срабатывания реле  $P_{10} + P_{11}$  схема автоматики будет возвращена в исходное положение.

Рассмотрим работу схемы автоматики при наличии аварийной нестабильности: ток агрегата 1АП не соответствует заданному значению  $I_3$  (см. рис. 2, цикл №27). В этом случае реле  $P_{12}$  (контакты реле  $P_{13}$  замкнуты) в момент времени "б" включит реле отсутствия стабильности  $P_{14}$ , которое поставит реле отсутствия стабильности данного агрегата  $P_{15}$  на самоподхват. При этом загорается сигнальная лампочка  $1L_6$  - "отсутствие стабильности тока". Здесь уместно заметить, что описываемая схема автоматики обладает узлом набора статистики, т.е. нестабильность признается аварийной, если она повторяется в двух следующих друг за другом циклах измерения для данного агрегата. Схема набора статистики позволяет избежать ложных сигналов от бло-

ка САКС в тех случаях, когда контроль замера стабильности для данного агрегата совпадает с моментом установления на нем тока нагрузки вручную оперативным персоналом или автоматической схемой сеточного управления /3/. По этой причине при первом обнаружении отклонения схема автоматики ограничивается указанной выше операцией (1Л<sub>6</sub> - 1P<sub>15</sub>), при этом блок САКС продолжает "обход" агрегатов питания.

Рассмотрим работу схемы автоматики в следующем такте измерения для данного агрегата (рис. 2, цикл №53), когда стабильность тока восстановилась, т.е.  $I_{1АП} = I_3$ . В момент времени "конец шага" реле P<sub>4</sub> поставит реле деблокировки P<sub>16</sub> на самоподхват. Это реле подготовит цепочку деблокировки реле 1P<sub>15</sub>. Если нестабильность на данном агрегате не повторяется (цикл №53), то в момент окончания такта измерения реле P<sub>9</sub> деблокирует реле отсутствия стабильности 1P<sub>15</sub> и схема продолжит работу описанным выше порядком.

Рассмотрим теперь работу схемы, когда нестабильность на данном агрегате продолжает сохраняться (циклы №105 и №131). В этом случае (цикл №131), как и в цикле №53, реле P<sub>4</sub> подготовит с помощью реле P<sub>16</sub> цепочку деблокировки для 1P<sub>15</sub>, но деблокирующий импульс не поступит, т.к. раньше по времени придет контрольный импульс от реле P<sub>12</sub> - P<sub>14</sub>, который включит реле аварийной нестабильности P<sub>17</sub> + P<sub>19</sub>. При этом контакты реле P<sub>19</sub> разорвут цепь автоматического хода ШИ и цепь деблокировки 1P<sub>15</sub>, а контакты реле P<sub>18</sub> включают аварийное световое табло ТА и электрический звонок, сигнализируя об обнаружении аварийной нестабильности. В этом случае дежурный персонал ставит тумблер T<sub>2</sub> в положение "Р", деблокирует кнопкой КД аварийную сигнализацию и приступает к выяснению причины аварийной нестабильности.

Кроме описанной выше схемы автоматического обхода, может быть использована схема ручного выбора агрегата с помощью кнопок K<sub>1</sub> + K<sub>26</sub> и реле P<sub>20</sub>.

Относительно устройства САКС следует добавить, что для измерительных цепей использован кабель типа РК, промежуточные реле схемной автоматики (кроме  $P_6$ ) взяты типа РСМ, рейки сигнальных ламп и кнопочные рейки приняты телефонного типа.

Описанная система автоматического контроля стабильности была создана в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ в 1964 г. и с тех пор претерпела ряд усовершенствований, направленных на повышение надежности устройства. Опыт работы САКС показал ее большую практическую ценность. С помощью блока САКС был обнаружен целый ряд таких "трудных" в выявлении неисправностей, как снижение коэффициента усиления УПТ системы стабильного тока из-за потери эмиссионной способности лампы и появление второй "земли" в заземленном полюсе генератора питания (см. рис. 1). Наличие САКС содействует повышению качества работы систем стабильного тока, используемых для нужд физического эксперимента.

#### Л и т е р а т у р а

1. И.М. Шейброт. Централизованный контроль технологических процессов. ГЭИ, 1961.
2. Б.Д. Омельченко. Шаговый искатель с контактной системой. Авторское свидетельство № 217544 с приоритетом от 25 июня 1964 г. Бюллетень изобретений №16, 1968 г.
3. Б.Д. Омельченко. Усовершенствования и опыт эксплуатации стойки типа БТ-4 в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ. Препринт ОИЯИ № 2484, Дубна, 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел

2 апреля 1970 года.