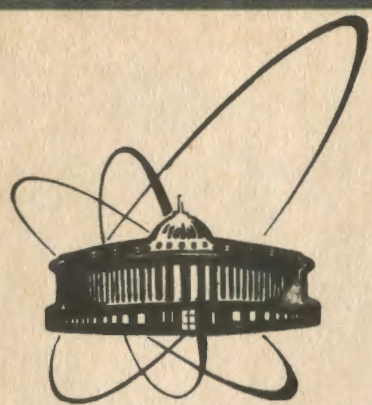


90-420

НА УЧЕБНО-НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
БИБЛИОТЕКАХ



**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна**

P13-90-420

**В.В.Ахманов, Э.К.Батманова, Г.Г.Казакова,
В.В.Калиниченко, В.П.Соломников**

**СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ
ПОСТОЯННОГО ТОКА
ДЛЯ СИСТЕМЫ ВЫВОДА ПУЧКА
ИЗ ФАЗОТРОНА ОИЯИ**

1990

Для питания основной и корректирующей обмоток железно-токового канала /ЖТК/ системы вывода пучка из фазотрона ОИЯИ требуются два стабилизированных источника тока на номинальные токи 12,5 и 3,2 кА соответственно при номинальных напряжениях 12 и 6 В. Основные технические решения по этим источникам тока были приняты в 1980 г. Очень кратко эти решения изложены в работе /1/. Изготовление узлов источников, их монтаж и наладка в комплекте с заводским оборудованием были выполнены в первом полугодии 1984 г., в этом же году началась опытная эксплуатация источников. По результатам опытной эксплуатации были разработаны новые схемные решения по отдельным узлам источников, которые были реализованы параллельно с эксплуатацией в первой половине 1986 г. В результате этих доработок была повышена надежность электронных узлов источников, разработанных и изготовленных в ОИЯИ. Можно отметить, что со второй половины 1986 г. практически не зарегистрировано отказов этих узлов /исключая отказы, происшедшие под воздействием внешних разрушающих факторов/.

Ниже приведены данные по рабочему времени и простоям обсуждаемых источников.

Год	1986 /II-IV кв/	1987	1988	1989	1990 /I кв/
Рабочее время источников, ч	2927	4003	3915	3967	835
Простои, ч	48	45,5	55	19	6
%	1,6	1,13	1,4	0,48	0,72

Эти простои вызваны главным образом отказами выпрямительно-агрегата ВАК-12500. Вентильный комплект агрегата включает 144 тиристора типа Т150, объединенных в 12 ветвей. В каждой ветви включены параллельно 12 тиристоров. Характер отказов состоит в следующем. Периодически возрастают выше допустимого уровня пульсации выходного напряжения агрегата. При этом в вен-

тильном комплекте агрегата обнаруживаются несколько тиристор-ов, через которые не протекает ток. После их замены агрегат работает некоторое время нормально, затем снова происходит такое же нарушение. Объяснений этому пока не найдено.

В настоящей работе обсуждаются технические решения по стабилизиованным источникам тока с учетом доработок, выполненных в процессе опытной эксплуатации. Стабилизированные источники обеспечивают величину нестабильности тока и пульсаций $\sim 10^{-3}$ при рабочих токах основной и корректирующей обмоток ЖТК 11 и 3,1 кА соответственно.

На рис.1 представлена упрощенная блок-схема стабилизированного источника тока для питания основной обмотки ЖТК. Источник тока выполнен на основе промышленного выпрямительного агрегата ВА типа ВАК-12500 и обеспечивает регулирование тока в диапазоне $7,5 \pm 12,5$ кА. Контур стабилизации тока ВА содержит преобразователь /Пр/ переменного тока в постоянный, датчик тока /ДТ/ и измерительно-усилительное устройство 1 /ИУУ1/.

Преобразователь Пр переменного тока в постоянный обеспечивает выпрямление /пофазно/ линейных токов I_A , I_B и I_C , потребляемых ВА из сети. Пульсирующие токи I_{dA} , I_{dB} и I_{dC} с выходов Пр поступают в секции измерительной обмотки ДТ. Ввиду относительно "жесткой" связи между током нагрузки I_H /выходным током ВА/ и линейными токами I_A , I_B и I_C , пульсирующие токи I_{dA} , I_{dB} и I_{dC} являются мерой тока I_H . В ДТ осуществляется "магнит-

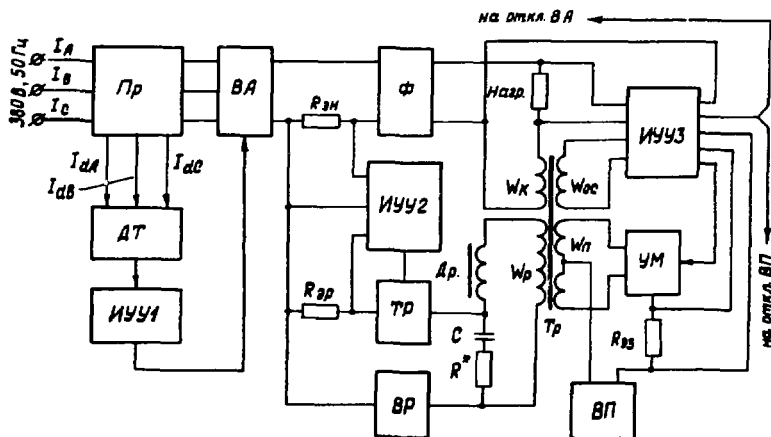


Рис.1. Блок-схема стабилизированного источника тока для питания основной обмотки ЖТК.

ное¹¹ суммирование токов I_{dA} , I_{dB} и I_{dC} , а также преобразование постоянной составляющей этого суммарного тока, имеющего высокий уровень /сотни ампер при номинальном токе в нагрузке источника/, в ток низкого уровня /доли ампера при $I_{нном}$ /. Указанный ток низкого уровня является выходным током ДТ.

В ИУУ1 осуществляется преобразование выходного тока ДТ в напряжение и сравнение этого напряжения с эталонным напряжением. При отклонении величины I_H от заданного значения выходное напряжение ДТ изменяется, в ИУУ1 вырабатывается соответствующее управляющее напряжение, которое поступает на вход системы импульсно-фазового управления тиристорами ВА. Под действием указанного управляющего воздействия восстанавливается заданное значение I_H /с погрешностью, равной величине действующего расогласования в контуре авторегулирования/.

Стабилизированный источник тока для питания основной обмотки ЖТК снабжен пассивным Φ и активным фильтрами. Активный фильтр /система подавления пульсаций/ содержит компенсационный трансформатор Tr с обмотками W_{Π} , W_K , W_{OC} и W_P , измерительно-усилительное устройство 3/ИУУ3/ и усилитель мощности УМ низкой частоты. Перечисленные элементы /с учетом обмоток W_K , W_{OC} и W_{Π} / образуют замкнутую систему авторегулирования следящего типа: напряжение на обмотке W_K /компенсирующее напряжение/ достаточно точно воспроизводит переменное напряжение на выходе фильтра Φ .

Обмотка W_K включена последовательно с нагрузкой, напряжение на обмотке W_K направлено навстречу /противофазно/ выходному напряжению Φ , благодаря чему достигается подавление пульсаций. Соответствующие входы ИУУЗ подключены к выходу Φ и обмотке W_{OC} , выход ИУУЗ соединен со входом УМ, к выходу последнего подключена обмотка W_{Π} .

Питание УМ осуществляется от источника постоянного напряжения ВП. Падение напряжения с $R_{\Sigma 3}$, включенного в цепь тока, потребляемого УМ, поступает на соответствующий вход ИУУЗ. При увеличении тока питания УМ выше допустимого значения в ИУУЗ вырабатывается сигнал на отключение ВП и ВА. Этим обеспечивается защита транзисторного УМ от перегрузки.

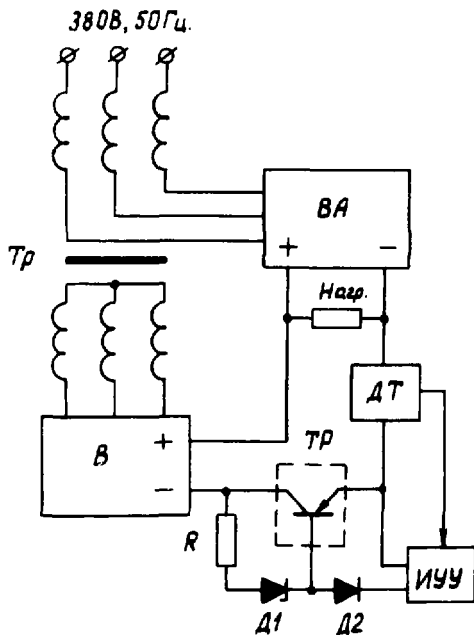
Эффективная работа системы подавления пульсаций возможна только при отсутствии подмагничивания магнитопровода Tr постоянным током I_H , протекающим через W_K . Для размагничивания указанного магнитопровода служит контур размагничивания, обеспечивающий протекание постоянного тока соответствующей величины и направления через обмотку W_P . Контур размагничивания содержит измерительно-усилительное устройство 2/ИУУ2/, транзисторный регулятор TR , источник постоянного напряжения ВР и эталонные резисторы $R_{\Sigma H}$ и $R_{\Sigma P}$. Контур размагничивания ра-

ботает в режиме слежения; ток размагничивания поддерживается равным $I_H W_K / W_D$. Развязывающий дроссель Dp и емкость C снижают до допустимого значения переменное напряжение на ТР.

Технические решения по основным узлам системы подавления пульсаций описаны ранее^{2,3/}. В обсуждаемой системе подавления пульсаций контур автоматического регулирования, вырабатывающий переменное компенсирующее напряжение, имеет структуру, предложенную в^{4/}.

Нарушение нормальной работы системы подавления пульсаций вызывает увеличение пульсаций тока в основной обмотке ЖТК, что может привести к механическим повреждениям указанной обмотки. Поэтому обсуждаемый источник снабжен устройством защиты основной обмотки ЖТК от пульсаций. Устройство защиты находится в ИУЗ и через соответствующие выводы ИУЗ подключено к основной обмотке /нагрузке/ и к выходу Ф. В устройстве защиты вырабатывается сигнал на отключение ВА, если уровень пульсаций превышает допустимое значение. Описание устройства защиты будет представлено ниже.

На рис.2 представлена упрощенная блок-схема стабилизированного источника тока для питания корректирующей обмотки ЖТК.



Источник выполнен на основе промышленного выпрямительного агрегата ВА типа ВАКГ-3200. Рабочий ток источника 3,1 кА, диапазон регулирования $\pm 0,1$ кА. Выводы переменного тока ВА через первичные обмотки дополнительного силового трансформатора Тр подключены к силовой сети 380 В, 50 Гц. Вторичные обмотки Тр подключены к дополнительному выпрямителю В. Стабилизатор содержит так-

Рис.2. Блок-схема стабилизированного источника тока для питания корректирующей обмотки ЖТК.

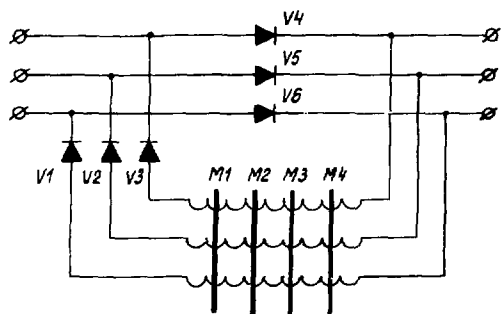
же датчик тока ДТ, измерительно-усилительное устройство ИУУ, транзисторный регулятор ТР и элементы защиты ТР от перенапряжения: стабилитрон Д1, диод Д2 и резистор R. Корректирующая обмотка ЖТК /нагр./ подключена к выходу ВА, а также к выходу В через ДТ и ТР.

Регулирование тока в нагрузке производится транзисторным регулятором ТР, обеспечивающим регулирование напряжения на первичной стороне^{/5/} выпрямительного агрегата ВА. В силу относительно "жесткой" связи между первичными и вторичными токами дополнительного силового трансформатора Тр, а также первичными токами и выпрямленным током агрегата ВА выходной ток дополнительного выпрямителя В является мерой тока нагрузки. Выходной ток В высокого уровня преобразуется ДТ в ток низкого уровня, который поступает на вход ИУУ. При отклонении величины тока нагрузки от заданного в ИУУ вырабатывается сигнал рассогласования, действующий на вход ТР. В результате действия контура авторегулирования отклонение тока нагрузки от заданного значения не превышает допустимой величины. Этот контур обеспечивает также существенное подавление пульсаций.

В рассматриваемых стабилизированных источниках тока используются магнитомодуляционные датчики тока. Каждый датчик содержит трансформатор постоянного тока /ТПТ/ и магнитный модулятор с удвоением частоты, а также соответствующие электронные узлы. Обмотки - измерительная, смещения и компенсационная - являются общими для ТПТ и магнитного модулятора, при этом компенсационная обмотка выполнена из отдельных секций с разным числом витков /1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 витков; в источнике тока для основной обмотки секция 512 витков не используется/. С помощью коммутатора обеспечивается дискретное изменение значения тока нагрузки стабилизированного источника путем изменения количества включенных витков компенсационной обмотки. Датчик тока этого типа предложен в^{/6/} и подробно обсуждается в^{/7/}.

В рассматриваемых стабилизаторах тока используются два варианта выполнения датчика тока. В первом варианте измерительная обмотка датчика тока выполняется в виде проходной шины /проходной виток/, а во втором - в виде трех изолированных друг от друга проходных коаксиальных шин, которые образуют одновитковые секции измерительной обмотки. Первый вариант датчика тока используется в источнике тока для питания корректирующей обмотки ЖТК, второй - в источнике тока для питания основной обмотки ЖТК.

На рис.3 приведена принципиальная схема преобразователя Пр переменного тока в постоянный, на которой показано подключение секций измерительной обмотки датчика тока второго варианта.



V1..V6 — В-320

Рис. 3. Принципиальная схема преобразователя переменного тока в постоянный.

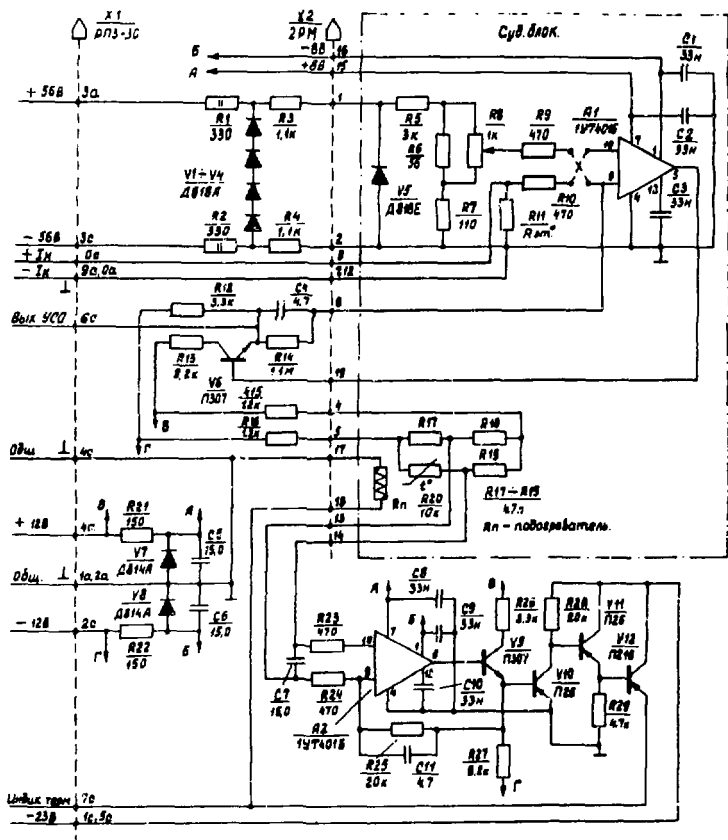
Правые /по схеме рис.3/ выводы Пр подключаются к вводам переменного тока ВА, левые - к силовой сети 380 В, 50 Гц.

Принципиальная схема основного блока измерительно-усилительного устройства контура стабилизации тока, используемого в обоих обсуждаемых источниках тока, показана на рис.4. Выход этого блока /"Вых. УС0"/ через согласующий блок подключается к управляющему входу ВА /в источнике тока для питания основной обмотки ЖТК/ или к управляющему входу транзисторного регулятора ТР /в источнике тока для питания корректирующей обмотки ЖТК/. При реализации согласующих блоков использованы технические решения, подобные описанным в /8,9/ соответственно.

Основной блок измерительно-усилительного устройства содержит источник эталонного напряжения /два каскада параметрической стабилизации напряжения V1:V4, V5 и делитель R5:R8/, эталонный резистор R11, через который протекает выходной ток $I_{\text{д}}$ датчика тока ДТ, и схему сравнения и усиления сигнала ошибки /A1/. Все эти узлы помещены в термостат с электрическим подогревом. Датчиком температуры служит терморезистор R20, включенный в мостовую схему /R17:R19/. Напряжение разбаланса моста усиливается усилителем напряжения /A2, V9, V10/ и тока /V11, V12/. Кроме того, в этом блоке имеются параметрические стабилизаторы напряжения /V7, V8/ и эмиттерный повторитель /V6/ в цепи усиления сигнала ошибки контура стабилизации тока.

Принципиальная схема устройства защиты основной обмотки ЖТК от пульсаций тока представлена на рис.5. Устройство содержит фазочувствительный детектор ФД /V1:V4/, сравнивающее /A1/ и исполнительное /V9, P/ устройства.

На один вход ФД /2а, 2с/ подается напряжение пульсаций с основной обмотки ЖТК, а на другой /7а, 7с/ - с выхода ВА. Постоянная составляющая напряжения на нагрузке ФД /R2, C2/, зависящая от уровня пульсаций, поступает на один вход A1. На другой вход A1 подается опорное напряжение с делителя R5, R6.



Для блока „ВАК-1200“ $R_{23} = 0,06 \text{ Ом}$ (2 резистора С5-МТ-0,5Вм-0,01 Ом)
 Для блока „ВАК-3200“ $R_{23} = 1,34 \text{ Ом}$ (2 резистора С5-МТ-0,5Вм-0,01 Ом)
 {С5-МТ-0,5Вм-0,01 Ом}

Рис. 4. Принципиальная схема основного блока измерительного-усилительного устройства контура стабилизации тока.

В исходном состоянии /после подачи напряжения питания на устройство защиты/ транзистор V9 заперт, через обмотку реле Р ток не протекает, контакты 1 и 2 замкнуты, а контакт 3 разомкнут. Если уровень пульсаций ниже допустимого, при нажатии кнопки K_H транзистор V9 отпирается, контакты 1 и 2 размыкаются,

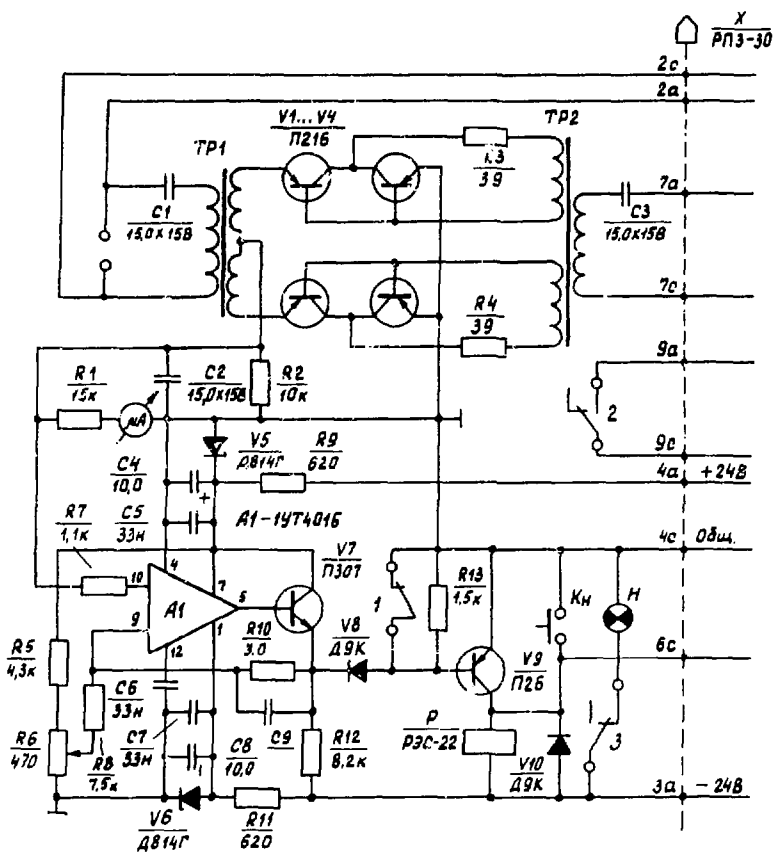


Рис.5. Принципиальная схема устройства защиты основной обмотки ЖТК от пульсаций тока.

а контакт 3 замыкается и разрешает включение ВА. При увеличении уровня пульсаций сверх допустимого значения транзистор V9 запирается, контакт 3 размыкается, что приводит к отключению ВА. Контакты 1, 2 замыкаются, что соответствует рассмотренному выше исходному состоянию устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заплатин Н.Л. и др. - В сб.: Ускорители ионов низких и средних энергий. Тр. Всесоюзн.совещ. - Киев: Наукова думка, 1982, с.85.
2. Ахманов В.В., Калиниченко В.В. - А.с. № 851682 /СССР/. - Опубликовано в ОИ, 1981, № 28, с.270.
3. Ахманов В.В. и др. - В сб.: Ускорители ионов низких и средних энергий. Тр. Всесоюзн. совещ. - Киев: Наукова думка, 1982, с.122.
4. Калиниченко В.В. - А.с. № 944013 /СССР/. - Опубликовано в ОИ, 1982, № 26, с.272.
5. Калиниченко В.В., Комиссаров А.Г. - Сообщение ОИЯИ, 13-12134, Дубна, 1979.
6. Калиниченко В.В. - А.с. № 1231468 /СССР/. - Опубликовано в ОИ, 1986, № 18, с.210.
7. Денисов Ю.Н. и др. - В сб.: Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, ОИЯИ, 1984, т.1, с.384.
8. Денисов Ю.Н. и др. - Сообщение ОИЯИ, 13-9802, Дубна, 1976.
9. Денисов Ю.Н. и др. - Сообщение ОИЯИ, 13-6648, Дубна, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 июня 1990 года.