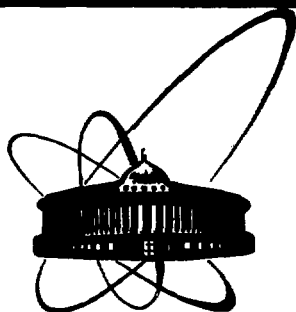


548204290



**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

9-81-684

В.Г.Глушенко, И.А.Курсков, А.А.Смирнов

**СИСТЕМА ПОДАВЛЕНИЯ  
НИЗКОЧАСТОТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ  
МАГНИТНОГО ПОЛЯ СИНХРОФАЗОТРОНА ОИЯИ**

**1981**



В выпрямленном напряжении преобразователя, питающего обмотку возбуждения электромагнита синхροфазотрона /ЕЗ/, в режимах площадок /столов/ тока присутствуют составляющие частотой  $/25 \div 50/$  Гц с результирующей амплитудой порядка 80В.

Эти пульсации в режиме медленного вывода частиц из синхροфазотрона вызывают неравномерность во времени тока пучка выведенных частиц, уменьшают эффективную длительность растяжки пучка, что удлиняет время проведения экспозиции. С целью устранения таких пульсаций разработана описываемая система подавления /СП/.

Пульсации в разных квадрантах синхροфазотрона имеют некоторый сдвиг по фазе, поэтому для каждого квадранта требуется своя СП.

В основу системы подавления был положен принцип компенсации низкочастотных пульсаций магнитного поля в рабочем зазоре электромагнита квадранта синхροфазотрона с помощью компенсационных обмоток, запитанных от силового транзисторного усилителя. Транзисторный усилитель управляется от витков связи, проложенных рядом с компенсационными обмотками, через корректирующие цепи.

На рис.1 приведена принципиальная схема СП.

## ОСОБЕННОСТИ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ

### 1. Схема силового транзисторного усилителя

Усилитель работает по двухтактной схеме в классе А, пропуская в каждом плече ток до 30 А при напряжении питания 60 В. Оконечные каскады каждого плеча усилителя состоят из 20 транзисторов типа КТ 809-А, включенных по схеме с общим эмиттером. Транзисторы охлаждаются воздухом.

Компенсационные обмотки включены в плечи усилителя таким образом, что постоянные ампервитки обмоток разных плеч взаимно вычитаются, а переменные, складываясь, находятся в противофазе с ампервитками обмотки синхροфазотрона ЕЗ.

Последовательно с компенсационными обмотками включены дополнительные резисторы, величина которых на порядок больше индуктивного сопротивления обмоток компенсации. Это сделано для получения плоской амплитудно-частотной характеристики в диапазоне частот  $/20 \div 150/$  Гц.

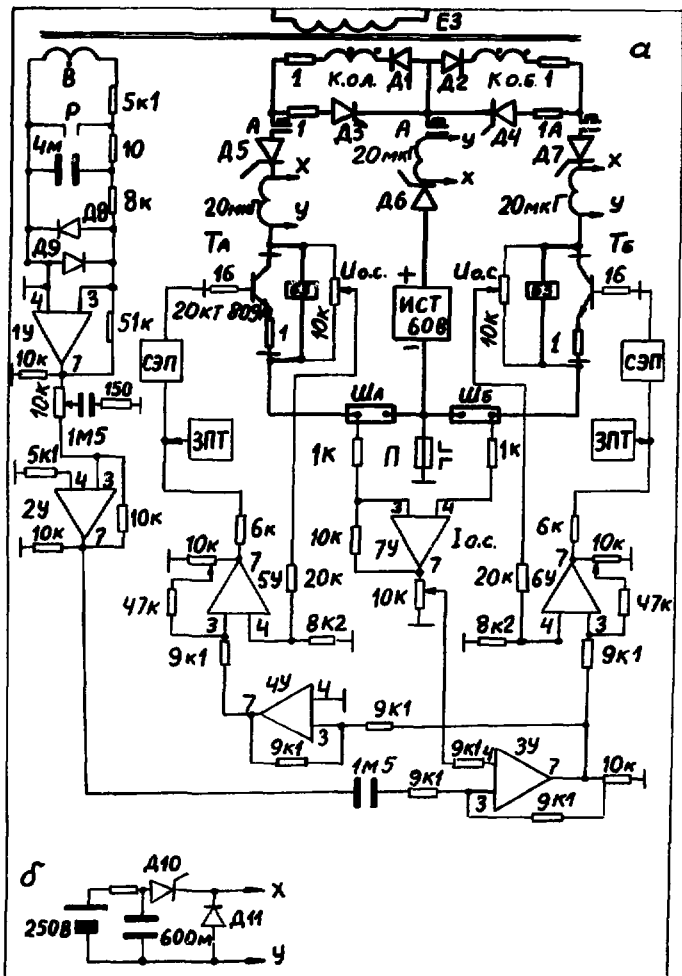


Рис. 1. Принципиальная схема системы подавления.

Стабильность работы усилителя обеспечивается контурами обратной связи по току  $I_{0.c.}$  и напряжению  $U_{0.c.}$ , а также выбором рабочих точек плеч силового усилителя и составных транзисторов предоконечных каскадов. Обратная связь по току выполнена путем подключения входов дифференциального усилителя 7У к шунтам ША и ШБ, выход 7У подсоединен через суммирующий усилитель 3У и парафазные усилители 4У; 5У; 6У ко входам предоконечных каскадов. Обратная связь по напряжению осуществлена подключением к неинвертирующим входам усилителей 5У; 6У выходного напряжения силовых транзисторных усилителей.

В предоконечных каскадах усилителя использованы составные эмиттерные повторители /СЭП/, на входах которых суммируются сигналы от задатчика постоянного тока /ЗПТ/ и переменные пульсации.

## 2. Витки связи и корректирующие цепи

Низкочастотные пульсации магнитного поля составляют около  $10^{-5}$  постоянной составляющей магнитной индукции. Вследствие малого приращения переменного поля значение интеграла от напряжения на витках связи пропорционально переменному магнитному потоку, или переменным ампервиткам намагничивания обмотки ЕЗ. Напряжение на витках связи по фазе отстает на  $90^\circ$  от потока намагничивания. Коррекция этого напряжения производится корректирующими цепями в соответствии с векторной диаграммой, показанной на рис. 2а. Здесь  $U_{вх}$  1У, 2У - входные напряжения усилителей 1У, 2У;  $U_{вых}$  1У, 2У, 3У, 6У - выходные напряжения усилителей;  $U_{в.с.}$  - напряжение витков связи;  $U_{т.А}$  и  $U_{т.Б}$  - выходные напряжения транзисторов оконечного каскада плеча А и плеча Б;  $\sim AW_{\Pi}$  - переменные ампервитки пульсаций;  $\sim AW_{к.о.А}$  и  $\sim AW_{к.о.Б}$  - переменные ампервитки компенсационных обмоток плеча А и плеча Б усилителя.

На рис. 2б представлена эквивалентная схема СП. Здесь  $U_{\Pi}$  - напряжение пульсаций на обмотке ЕЗ;  $U_{комп.}$  - напряжение компенсации, вырабатываемое СП;  $X_{s1} = 35 \text{ Ом}$  на  $f = 50 \text{ Гц}$  - индуктивное сопротивление рассеяния обмотки квадранта ЕЗ;  $X_0$  - сопротивление шунта намагничивания, определенное из характеристики холостого хода -  $159 \text{ Ом}$ ;  $R'$  - активное сопротивление контура компенсации, приведенное к первичной цепи -  $308 \text{ Ом}$ .

Условием компенсации является равенство нулю узлового напряжения на реактансе  $X_0$ . При этом справедливо:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{\Pi} y_1 &= \dot{U}_{комп.} y_k, \\ \dot{U}_{комп.} &= \dot{U}_{\Pi} \cdot y_1 / y_k. \end{aligned}$$

Здесь  $y_1$  - проводимость первичной цепи до шунта намагничивания;  $y_k$  - проводимость цепи компенсации.

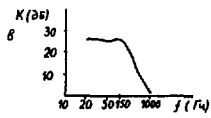
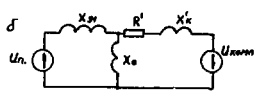
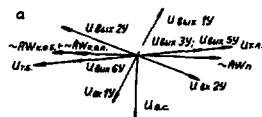


Рис. 2. а/ Векторная диаграмма; б/ эквивалентная схема; в/ амплитудно-частотная характеристика системы подавления.

### 3. Схема коммутации СП. Защитные устройства

Компенсационные обмотки подключаются к транзисторному усилителю с помощью тиристорных ключей  $D_5; D_6; D_7$ . Ключи включаются в начале стола тока, а выключаются в конце стола программным устройством преобразователя, питающего обмотку ЭЗ. Способ, использованный для выключения тиристорных ключей, показан на рис. 1б /приведена одна из трех схем/. Когда тиристор  $D_{10}$  включен, напряжение конденсатора 600 м приложено к катушке индуктивности 20 мкГ /рис. 1а/последовательно с тиристорным ключом, который должен быть выключен. Через четверть периода собственных колебаний LC-контура напряжение на конденсаторе изменит полярность, откроется диод  $D_{11}$  и закроется  $D_{10}$ .

Рассеяние магнитной энергии, накапливаемой обмотками компенсации, осуществлено с помощью активных сопротивлений, подключаемых тиристорными разрядниками  $D_3$  и  $D_4$ . При запираении тиристорных ключей  $D_5; D_6; D_7$  импульсом управления на время 2 мс открываются разрядники  $D_3$  и  $D_4$ . Они открываются также при возникновении перенапряжения на компенсационных обмотках свыше 200 В.

В СП предусмотрены следующие защитные устройства:

- а/ защита от превышения длительности стола тока, выполненная на основе геркона, реагирующего на протекание тока СП, и электронного реле времени;
- б/ защита от увеличения напряжения на витках связи в режиме стола тока;
- в/ максимальная токовая защита, выполненная с использованием трансформатора постоянного тока, включенного в токовую цепь диода  $D_8$ .
- г/ защита от превышения напряжения на силовых транзисторах оконечного каскада усилителя /блок БЗ/, шунтирующая транзисторы при напряжении обратной полярности или при напряжении прямой полярности более 70 В;

д/ защита от замыкания на землю, выполненная с помощью заземления отрицательного полюса источника питания схемы через предохранитель П.

Все эти защиты воздействуют на закрытие тиристорных ключей  $D_5$ ;  $D_6$ ;  $D_7$  и отключение автомата А.

#### 4. Компенсационные обмотки

Компенсационные обмотки каждого плеча усилителя состоят из двух полуобмоток, намотанных на верхнем и нижнем полюсах электромагнита. Полуобмотки включены между собой последовательно и согласно. Такое выполнение компенсационных обмоток не вызывает асимметрии полей рассеяния полюсов электромагнита и тем самым исключает ложное срабатывание датчика защиты от витковых замыканий обмотки ЕЗ, который реагирует на асимметрию полей рассеяния полюсов /1/.

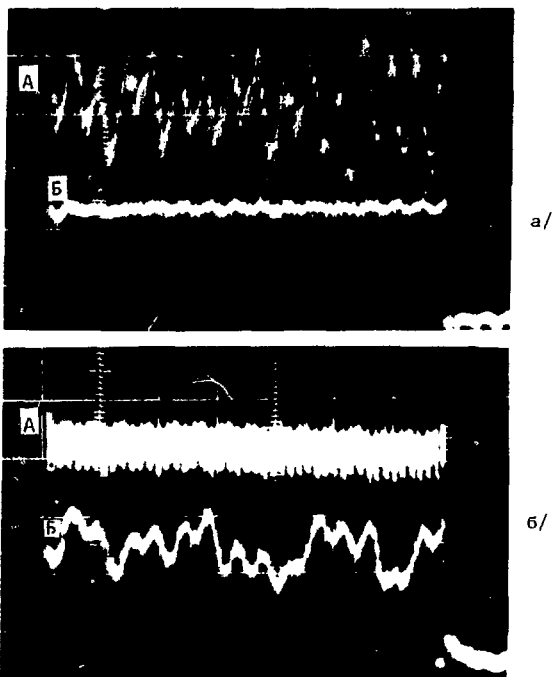
Диоды  $D_1$  и  $D_2$  исключают взаимосвязь компенсационных обмоток разных плеч усилителя от э.д.с. самоиндукции при быстрых изменениях тока в обмотке ЕЗ, например, в выпрямительном, инверторном режимах.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СХЕМЫ

1. Возбуждались пульсации в квадранте ЕЗ от сети /50 Гц/, и от этой же сети подавалось напряжение на компенсационные обмотки. Степень подавления пульсаций составила 40 раз. При этом напряжение пульсаций - 18 В; ток пульсаций в квадранте - 0,67 А /действующие значения/; максимальный ток в компенсационной обмотке - 9,3 А.
2. Система стабилизации преобразователя питания синхрофазотрона обеспечивала точность поддержания уровня 15000 А/м в пределах  $\pm 1,25$  А/м. Система подавления включалась на одном квадранте синхрофазотрона. Из сравнения осциллограмм на рис. 3а и рис. 3б видно, что степень подавления пульсаций частоты 50 Гц равна не менее 15 раз.
3. На рис. 2в приведена зависимость степени подавления пульсаций СП от частоты, снятая при питании обмотки ЕЗ одного квадранта синхрофазотрона напряжением 18 В от генератора звуковой частоты.

Из амплитудно-частотной характеристики замкнутой системы регулирования СП следует, что степень подавления в диапазоне частот /20 ÷ 50/ Гц составляет около 20 раз.

Полученные результаты по подавлению низкочастотных пульсаций в магнитном поле одного квадранта являются приемлемыми и служат основанием для создания системы подавления пульсаций синхрофазотрона.



**Рис.3.** Осциллограммы подавления пульсаций: а/ СП не работает; б/ СП работает. Луч А - напряжение на витках связи квадранта синхрофазотрона. Луч Б - ток в плече усилителя фильтра. Развертка - 50 мс/см; Масштабы: I - 5 А/см; U- 24 В/см.

В заключение авторы пользуются случаем выразить свою благодарность И.Б.Иссинскому, А.З.Дорошенко, П.И.Никитаеву, Ш.З.Сайфулину, В.И.Волкову, Н.И.Куликову за постоянный интерес к работе и содействие в создании системы подавления низкочастотных пульсаций синхрофазотрона ОИЯИ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Глуценко В.Г., Никитаев М.И. ОИЯИ, 9-9031, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел  
30 октября 1981 года.



## Есть ли пробелов в вашей библиотеке?

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

Д1,2-9224	IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975.	3 р. 60 к.
Д-9920	Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976.	3 р. 50 к.
ДВ-10500	Труды II Симпозиума по коллективным методам ускорения. Дубна, 1976.	2 р. 50 к.
Д2-10533	Труды X Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Баку, 1976.	3 р. 50 к.
Д13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
Д17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
ДБ-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	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.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Р18-12147	Труды III Совещания по использованию ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1978.	2 р. 20 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
Р2-12462	Труды V Международного совещания по нелокальным теориям поля. Алушта, 1979.	2 р. 25 к.
Д-12831	Труды Международного симпозиума по фундаментальным проблемам теоретической и математической физики. Дубна, 1979.	4 р. 00 к.
ДА-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д2-81-158	Труды XIV Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий, Дубна, 1980	3 р. 50 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**

<b>Индекс</b>	<b>Тематика</b>
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



Глущенко В.Г., Курсков И.А., Смирнов А.А. Система 9-81-684  
подавления низкочастотных пульсаций магнитного поля  
синхрофазотрона ОИЯИ

Описывается система подавления низкочастотных пульсаций магнитного поля синхрофазотрона ОИЯИ. Подавление упомянутых пульсаций осуществлено с помощью компенсационных обмоток /КО/, проложенных рядом с основной. КО запитаны от силового транзисторного усилителя и включены в плечи усилителя таким образом, что постоянные ампервитки обмоток разных плеч взаимно компенсируются, а переменные, суммируясь, находятся в противофазе с ампервитками основной обмотки синхрофазотрона. Последовательно КО включены резисторы, величины которых на порядок больше индуктивного сопротивления обмоток компенсации.

Транзисторный усилитель управляется от витков связи, проложенных рядом с компенсационными обмотками, через корректирующие цепи. Стабильность работы усилителя обеспечивается обратной связью по напряжению и току. Такое решение обуславливает надежную работу системы и подавление низкочастотных пульсаций, например с частотой 50 Гц, не менее чем в 15 раз.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1981

Glushchenko V.G., Kurskov I.A., Smirnov A.A. 9-81-684  
System for Suppression of Magnetic Field Low Frequency  
Pulsations of the Dubna Synchrophasotron

A system for suppression of magnetic field low frequency pulsations of the Dubna synchrophasotron is described. It is performed by means of the compensation coils laid near the main coil. The compensation coils are supplied from the amplifier strength transistor and are switched on the amplifier arm so that coil constant ampereturns are subtracted, and variables being put together, are directed in antiphase against ampere turns of the synchrophasotron main coil. In series with the compensation coils resistors are switched on. The transistor amplifier is monitored by coupling coils laid near the compensation coils via correcting chains. Its operation stability is provided by feedback over voltage and current. This solution guaranteed a reliable operation of the system and suppression of low frequency pulsations, for example, of 50 Hz, not less than by 15 times.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1981

Редактор Н.Н.Зрелова. Макет Р.Д.Фоминой.  
Набор Н.П.Сергеевой, Е.М.Граменицкой.

Подписано в печать 26.11.81.

Формат 60x90/16. Офсетная печать. Уч.-изд.листов 0,74.

Тираж 290. Заказ 30444.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.  
Дубна Московской области.