

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

4661/82

27/9-82

9-82-477

П.Видемут, Х.Гюлднер, Х.Конрад, Х.Круг,  
А.В.Копылов, В.М.Нехаев, В.М.Степанов

ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО  
ДЛЯ ПИТАНИЯ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ  
КОЛЛЕКТИВНОГО УСКОРИТЕЛЯ ОНМУ ОИЯИ,  
ВЫПОЛНЕННОЕ  
НА БАЗЕ ТИРИСТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ  
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1982

## ВВЕДЕНИЕ

Дальнейшее развитие методов коллективного ускорения тяжелых ионов в ОНМУ ОИЯИ предъявляет новые требования к системам электропитания ускорителя. Существующие зарядные устройства не удовлетворяют этим требованиям, в связи с чем были проведены специальные разработки, имеющие целью создать устройства с качественно новыми параметрами.

В данной работе описывается зарядное устройство накопительного конденсатора магнитной системы, блок-схема которой приведена на рис. 1, где индуктивность  $L$  представляет собой катушку ускорителя, конденсатор  $C$  служит накопителем энергии. Система достаточно энергоемка: для питания обмоток КУТИ требуются импульсные токи  $I_L$  с амплитудой до 6 кА при напряжении на накопительном конденсаторе порядка 30 кВ.

Одной из возможностей повышения эффективности ускорителя является увеличение частоты следования рабочих импульсов до 20-50 Гц. В этом случае необходимо быстро дозарядить накопительный конденсатор на величину потерь в разрядном контуре за время, меньшее 10 мс. В старом варианте большая постоянная времени системы не позволяет иметь рабочую частоту выше нескольких герц. При этом величина напряжения заряда на накопительном конденсаторе недостаточно стабильна, а разброс по напряжению зависит от нескольких факторов. Для повышения рабочей частоты зарядной системы и стабильности напряжения заряда на накопительном конденсаторе необходимо было создать систему АРН на накопительном конденсаторе. Важным фактором для решения этой задачи является достаточный запас по напряжению исполнительного органа регулирования. Для аналогового регулирования напряжения можно использовать или тиристорный преобразователь переменного тока в переменный на входе трансформатора или тиристорный преобразователь переменного тока в постоянный на его выходе. Каж-

дый из этих вариантов имеет определенные преимущества и недостатки.

В данной работе описывается первый вариант. Его достоинством является то, что исполнительный орган работает на стороне низкого напряжения. Главные

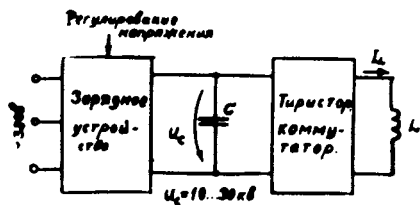
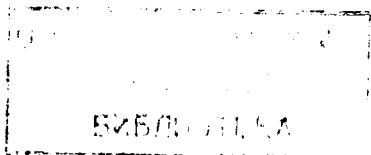


Рис. 1





Силовой трансформатор, дроссель и выпрямитель на выходе трансформатора находятся в одном баке, заполненном трансформаторным маслом. Примененные в выпрямителе типа ВТМ селеновые вентили имеют большое внутреннее сопротивление, порядка нескольких кОм, которое также зависит и от величины тока. Дроссель, включенный в плюсовую цепь выпрямителя, имеет индуктивность 45 Гн и значительно увеличивает время заряда конденсатора. Поэтому дальнейшая возможность повышения качества системы заключается в уменьшении индуктивности дросселя и замене селеновых элементов кремниевыми.

Для измерения зарядного тока и напряжения на накопительном конденсаторе служат резисторы  $R_1$  и  $R_2$ .

В качестве управляющего устройства тиристорного преобразователя, регулирующего зарядный ток и напряжение на накопительном конденсаторе, был применен промышленный образец блока центральной обработки информации GZ800 производства ГДР. Он содержит двухконтурный регулятор и устройство управления.

#### ДВУХКОНТУРНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАРЯДНОГО ТОКА И НАПЯЖЕНИЯ НА НАКОПИТЕЛЬНОМ КОНДЕНСАТОРЕ

На рис. 4 показана эквивалентная схема зарядного контура. Динамические свойства этой схемы характеризуются следующими уравнениями:

$$U_d = I_d R_E (1 + pI_L) + U_c \quad /3/$$

$$I_d = \frac{U_d - U_c}{R_E (1 + pT_L)} \quad /4/$$

$$I_c = I_d - I_L \quad /5/$$

Из них следует структурная схема объекта регулирования, изображенная на рис. 5. На рис. 6 показана полная структурная схема регулирования напряжения и тока, состоящая из двух пропорционально-интегрирующих регуляторов, где  $V_I$  - коэффициент усиления измерительного тракта тока,  $V_U$  - коэффициент усиления измерительного канала напряжения,  $V_B$  - коэффициент усиления управляющего устройства.

Регулятор тока оптимизируется так, чтобы характеристика переходного процесса была оптимальной при изменении задаваемого значения /2/:

$$T_{R_I} = T_L \quad /6/$$

$$T_{V_I} = 2VT_\Sigma = \frac{2V_I V_B T_\Sigma}{R_E} \quad /7/$$

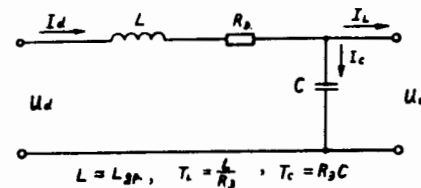


Рис. 4

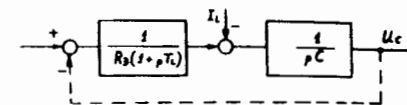


Рис. 5

Максимальный ток заряда можно ограничить с помощью задаваемого значения тока на выходе регулятора напряжения. Сумма малых постоянных времени замкнутого контура регулирования тока составляет приблизительно

$$T'_\Sigma = 2T_\Sigma \quad /8/$$

Регулятор напряжения оптимизируется так, чтобы характеристика переходного процесса была оптимальной при мгновенном воздействии помех. Разряд конденсатора через коммутатор представляет собой большую помеху, оказывающую влияние на регулятор напряжения /2/:

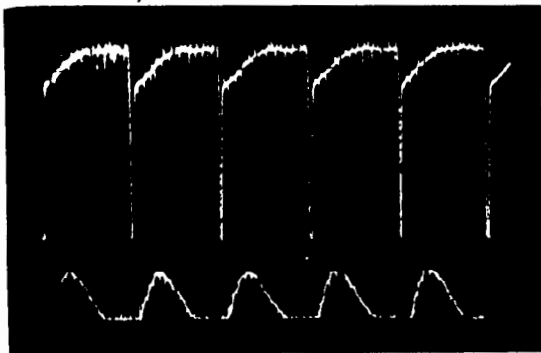
$$T_{R_U} = T_c \quad /9/$$

$$T_{V_U} = \frac{2V_U R_E T'_\Sigma}{V_I} \quad /10/$$

Суммарное значение постоянных времени определено экспериментально и находится в пределах 5 ÷ 8 мс. Возможная частота повторения разрядов - 20-50 Гц при условии, что исполнительный орган имеет достаточный запас по напряжению и по току.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В процессе эксперимента исследована динамика зарядного процесса. В связи с тем, что выпрямитель, выполненный на базе селеновых вентилей, имеет большое внутреннее сопротивление, первые эксперименты проведены без регулирования и ограничения тока заряда. Экспериментально были определены и скорректированы следующие параметры регулятора напряжения:  $T_{R_U} = 9$  мс,  $T_{V_U} = 73$  мс. Время разгона составляло 50 мс при перерегулировании на 10%. Максимальное рабочее напряжение на емкостном накопителе было равно 17,5 кВ при частоте разрядов 20 Гц. Средняя величина зарядового тока в этом режиме достигала примерно 7А.



На рис.7 показаны осциллограммы временных характеристик напряжения на конденсаторе /кривая 1/ и тока заряда конденсатора /кривая 2/ при частоте повторения разряда, равной 10 Гц,

Рис.7

### ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

1. Решающую роль при повышении качества системы играет коэффициент добротности разрядного контура. Он определяет нужный ток заряда накопительного конденсатора и тепловые потери в различных узлах. Существующую разность напряжений на конденсаторе перед разрядом и после разряда можно снизить при помощи уменьшения переходного сопротивления контактов в цепях конденсатора, коммутатора, кабелей и нагрузки.

2. Большое сопротивление селенового выпрямителя значительно снижает коэффициент полезного действия зарядного устройства. Для повышения КПД необходимо заменить селеновые элементы кремневыми.

3. Ток заряда возможно увеличить, а время заряда соответственно уменьшить путем увеличения максимального выходного напряжения тиристорного преобразователя. При этом необходимо ограничение зарядного тока на предельно допустимом уровне. Эту функцию можно выполнить с помощью двухкаскадного регулятора.

4. В будущем необходимы исследования по гармоническим воздействиям и по реактивной нагрузке для защиты питающей сети.

5. Путем воздействия на регулятор напряжения управляющим сигналом от дополнительного контура регулятора можно осуществить прямое регулирование тока разряда.

Работоспособность предлагаемого зарядного устройства показана при импульсных частотах 20 Гц и максимальном токе нагрузки 5 кА.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Csaki F. Power electronics, Akademiai Kiado, Budapest, 1975.
2. Schonfeld R. Lehrbriefe Technische Kybernetik Arbeitsmappe Automaticungstechnik, TU Dresden, 1976.
3. VEM-Handbuch Leistungselectronik, Berlin, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 июня 1982 года.

### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
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.
D4-80-2/1	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.

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

Видемут П. и др. Зарядное устройство для питания магнитной системы коллективного ускорителя ОНМУ ОИЯИ, выполненное на базе тиристорного преобразователя переменного тока 9-82-477

Описываемое зарядное устройство емкостного накопителя магнитной системы коллективного ускорителя ОНМУ ОИЯИ предназначено для того, чтобы дозарядить конденсаторную батарею на величину потерь энергии в разрядном контуре за время, не превышающее 10 мс. Коллективный ускоритель имеет частоту следования рабочих импульсов 20-50 Гц. Созданная система автоматического регулирования напряжения /APH/ для зарядного устройства обеспечивает рабочую частоту до 20-40 Гц, а также позволяет осуществить стабилизацию напряжения конденсаторной батареи. Использован трехфазный тиристорный преобразователь на входе повышающего трансформатора зарядного устройства, управляемый с помощью блока центральной обработки информации GZ 800 /разработка и производство ГДР/. Экспериментально измеренная суммарная постоянная времени систем с APH - 5-8 мс, максимальное напряжение на батарее емкостью 100 мкФ при частоте 20 Гц - 17,5 кВ. Средняя величина зарядного тока в этом режиме достигала 7 А. Проверена работоспособность зарядного устройства на частоте 20 Гц при величине разрядного тока нагрузки 5 кА.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Viedemuth P. et al. Charge Device for Supplying Magnetic System of JINR Collective Accelerator on the Base of Thyristor Transformer of Variable Current 9-82-477

Collective accelerator has the 20-50 Hz frequency of operation pulses. The created system of APH for charge device provides the performance, with the frequency of up to 20-40 Hz. The system permits to implement voltage stabilization of condenser battery. Three-phased thyristor converter at the entrance of the transformer that enhances, of the charge device running by the assembly of the central treatment of information GZ 800, development and fabrication of the GDR, is used. The experimentally measured summarized constant of time of the system with APH is 5-8 ms; maximum voltage at the battery of the capacity of 100  $\mu$ F at the frequency of 20 Hz amounts to 17,5 kV. The average magnitude of the charge current in the given regime has attained to 7 A. The proof-of-principle performance of the charge device at the frequency of 20 Hz at the 5 kA charge current loading has been verified.

The investigation has been performed at the Department of New Methods and Acceleration, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.