

Б-447

30/IX-68

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 4004



Л.Н.Беляев, В.С.Григорашенко, В.М.Нехаев,
Б.Д.Омельченко, Н.И.Павлов

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ
СИЛОВОГО БЛОКА СЕРИИ КВТМС-Т
С РЕГУЛЯТОРОМ ТИПА БТ-4

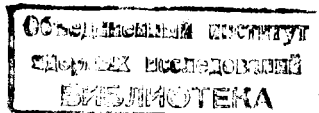
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1968

13 - 4004

Л.Н.Беляев, В.С.Григорашенко, В.М.Нехаев,
Б.Д.Омельченко, Н.И.Павлов

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ
СИЛОВОГО БЛОКА СЕРИИ КВТМС-Т
С РЕГУЛЯТОРОМ ТИПА БТ-4



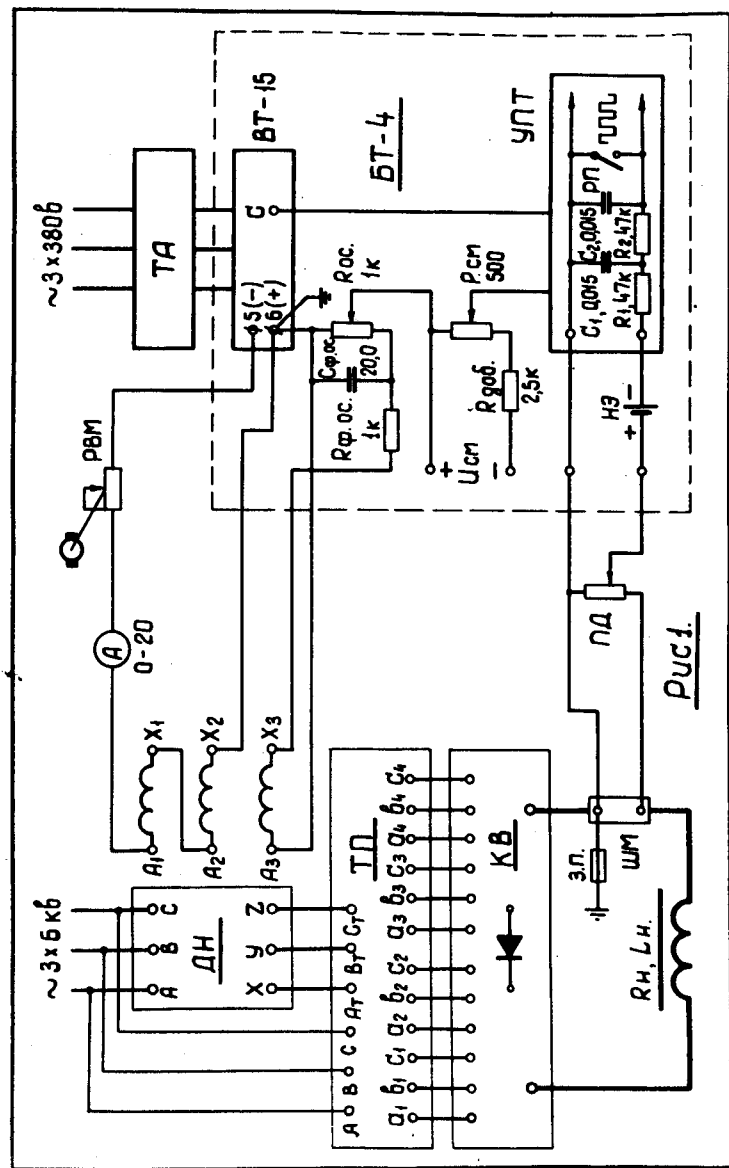
1. Цель исследования

Целью исследования являлось экспериментальное определение качественных показателей системы стабилизации сильного постоянного тока, предусматривающей совместную работу силового блока серии КВТМС-Т с регулятором типа БТ-4. В процессе исследования были определены:

- а) границы устойчивой работы системы стабилизации (по параметрам потребителей);
- б) стабильность тока питания;
- в) возможности циклической работы;
- г) сравнительные данные переходных процессов систем с блоком КВТМС-Т и с генератором постоянного тока.

2. Принципиальная схема

Исследование системы КВТМС-БТ проводилось для случая работы по одноконтурной схеме автоматического регулирования (см. схему рис.1). Силовой дроссель насыщения ДН включен последовательно (по схеме треугольника) с понижающим (согласующим) трансформатором ТП, питающим силовой кремниевый выпрямитель КВ. Схема силового блока отличается от проектной (ВЭИ-СКБ) отсутствием элементов положительной обратной связи по току (серийный трансформатор, селе-



новый выпрямитель). Силовой дроссель насыщения возбуждается (управляется) тиратронным выпрямителем ВТ-15 стойки БТ-4. В качестве обмоток возбуждения используются обмотки A_1X_1 и A_2X_2 , включенные последовательно. Цепь возбуждения содержит моторный реостат типа РВМ. Обмотки возбуждения ДН заземлены на катode выпрямителя ВТ-15. На входе УПТ БТ-4 вместо проектного сопротивления $R_1 = 100\text{k}$ установлен RC-фильтр (R_1C_1, R_2C_2).

3. Силовой блок КВТМС-Т как трансформатор постоянного тока

Силовой блок КВТМС-Т (силовой дроссель насыщения, понижительный трансформатор, кремниевый выпрямитель) при отсутствии положительной обратной связи по току представляет собой так называемый трансформатор постоянного тока, для которого справедливо соотношение $I_H = k \cdot I_B$, где k - коэффициент трансформации. В этом случае ток нагрузки определяется только током возбуждения и в известной степени не зависит от величины напряжения питания и сопротивления нагрузки (основной закон идеального магнитного усилителя).

На рис. 2 приведены графики характеристик $I_H = f(I_B)$ для блока КВТМС мощностью 560 кВт, полученные для случаев $R_H = 0$ (закорotka на шинах нагрузки), $R_H = 0,12$ ома (магнит 5СП-40) и $R_H = 0,26$ ома (магнит 5СП-40 плюс линза 5МЛ-16). Эти графики подтверждают "трансформаторный" характер работы силового блока КВТМС-4.

4. Границы устойчивой работы (по параметрам потребителей)

Система стабильного тока (см. рис.1) испытывалась при работе на нагрузки с различной постоянной времени. Устойчивая работа системы обеспечивается гибкой обратной отрицательной связью по потоку возбуждения силового дросселя насыщения (обмотка A_3X_3). Цепь ГОС содержит RC-фильтр ($R_{ф.ос}, C_{ф.ос}$) и потенциометр $R_{о.с}$, регулирующий величину обратной связи. Схема рис.1 обеспечивает устойчивую работу системы автоматического ре-

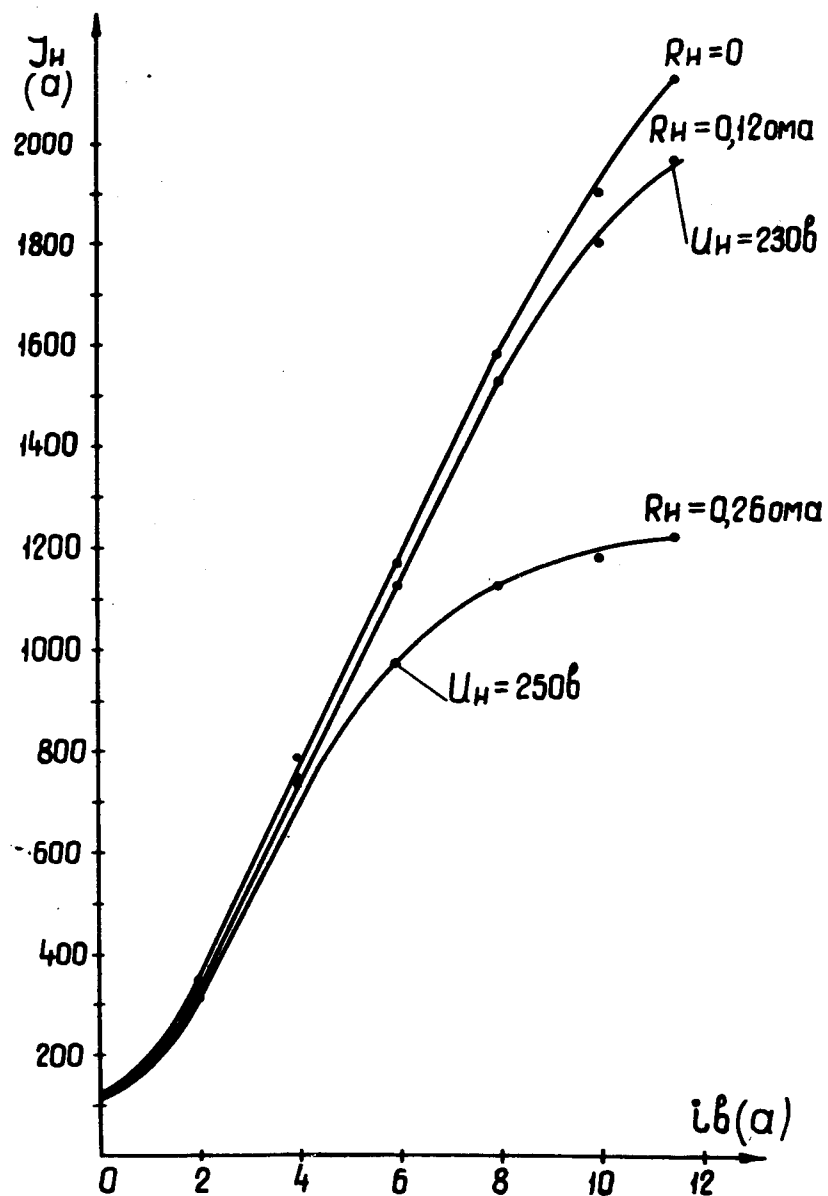


Рис. 2

гулирования при питании любого потребителя из парка магнитов и линий ЛВЭ, начиная с малоиндуктивных линий типа МЛ-14 ($R = 0,72 \text{ ома}$, $L = 0,023 \text{ гн}$), МЛ-15 ($R = 0,4 \text{ ома}$, $L = 0,126 \text{ гн}$), МЛ-7 ($R = 0,11 \text{ ома}$, $L = 0,06 \text{ гн}$) и кончая магнитами с большой индуктивностью (типа СП-12, $R = 0,152 \text{ ома}$, $L = 1,02 \text{ гн}$, и типа СП-40, $R = 0,134 \text{ ома}$, $L = 1,71 \text{ гн}$).

5. Стабильность тока питания

Стабильность тока питания была определена для трех случаев работы силовых блоков КВТМС-Т с регуляторами типа БТ-4: 6КВТМС ($P_{\text{вых}} = 320 \text{ кВт}$) - стойка 39БТ-4, 1КВТМС ($P_{\text{вых}} = 560 \text{ кВт}$) - стойка 9БТ-4, 1КВТМС - стойка 8БТ-4.

Измерение тока в каждом случае осуществлялось полуавтоматическим потенциометром типа Р2/1 (заводской № 000363, 1968) по падению напряжения на масляном шунте. Измерение стабильности тока проводилось при работе блоков КВТМС на различные нагрузки: 4МЛ-7, 2МЛ-14, 4МЛ-15, 5МЛ-16, 11,12 МЛ-17, 4СП-57, 1СП-12, 5СП-40. Время измерений составляло от 15+20 минут до 6 часов (при кратковременных измерениях определялась устойчивость системы и влияние возмущений, связанных с работой синхροфазотрона, при многочасовых - временной дрейф). Результаты измерений показали, что при всех видах внешних воздействий на систему авторегулирования (изменение сопротивления нагрузки с нагревом, циклические колебания напряжения сети питания (до $\pm 0,5\%$), электромагнитные наводки на обмотке питаемого магнита от полей рассеивания синхροфазотрона) стабильность тока питания поддерживается с точностью не хуже $\pm 0,01\%$. Указанная точность была получена при работе на нагрузки с $U_{\text{ном}} = 100+200 \text{ в}$. При работе на низковольтную нагрузку (МЛ-14, $U_{\text{ном}} = 40 \text{ в}$) точность поддержания постоянства составила $\pm 0,02\%$, а в случае магнитов с большой индуктивностью (СП-12, СП-40) была не хуже $\pm 0,005\%$. Все замеры стабильности были сделаны для токов от $I_{\text{ном}}$ до $0,5 I_{\text{ном}}$ нагрузки.

Измерения стабильности тока и наблюдения за характером работы системы КВТМС-БТ показали существенное отличие указанного устройства от системы "генератор постоянного тока - БТ". Это отличие заключается в следующем:

а) выходное напряжение УПТ практически не выходит из нулевой зоны при прогреве питаемого магнита.

б) выходное напряжение УПТ практически не выходит из нулевой зоны при питании электромагнита, расположенного в полях рассеивания электромагнита синхрофазотрона.

6. Возможность циклической работы

Система КВТМС-БТ была проверена в циклическом режиме работы при питании линз типа МЛ-7, МЛ-15, МЛ-16, МЛ-17. Циклический режим с периодичностью 10 сек задавался устройством автоматики путем воздействия на цепь сеточного смещения тиратронного выпрямителя (открытие - закрытие выпрямителя). На рис. 3 приведены диаграммы тока питания при работе системы 1КВТМС-9БТ-4 на линзу 4МЛ-7 (диаграмма "а") и линзу 4МЛ-15 (диаграмма "в"). Диаграммы подтверждают возможность циклического режима работы для системы КВТМС-БТ. Характер переходного процесса при подъеме нагрузки (см. рис.3) показывает, что в случае отставания скорости нарастания тока нагрузки (диаграмма "а") от скорости нарастания тока возбуждения, силовой блок КВТМС форсирует переходный процесс, давая перерегулирование ("выброс" тока в начале "стола"). При работе на нагрузку с небольшой постоянной времени указанного отставания не происходит (в известной степени, конечно), и график изменения тока питания начального выброса не имеет (см. диаграмму "в", рис. 3). На рис. 4 приведены диаграммы (а,в,с) тока при работе системы 1КВТМС-9БТ-4 на линзы 11,12 МЛ-17 (последовательное соединение, $R_{\text{МЛ-17}} = 0,077 \text{ ома}$, $L_{\text{МЛ-17}} = 0,074 \text{ гн}$). Потребитель имеет значительную постоянную времени, что приводит к начальному выбросу тока за счёт форсирующего действия блока КВТМС (диаграмма "а"). На диаграммах "в" и "с" показан характер изменения тока тех же линз при увеличении сигнала гибкой обратной связи, тормозящей нарастание тока возбуждения.

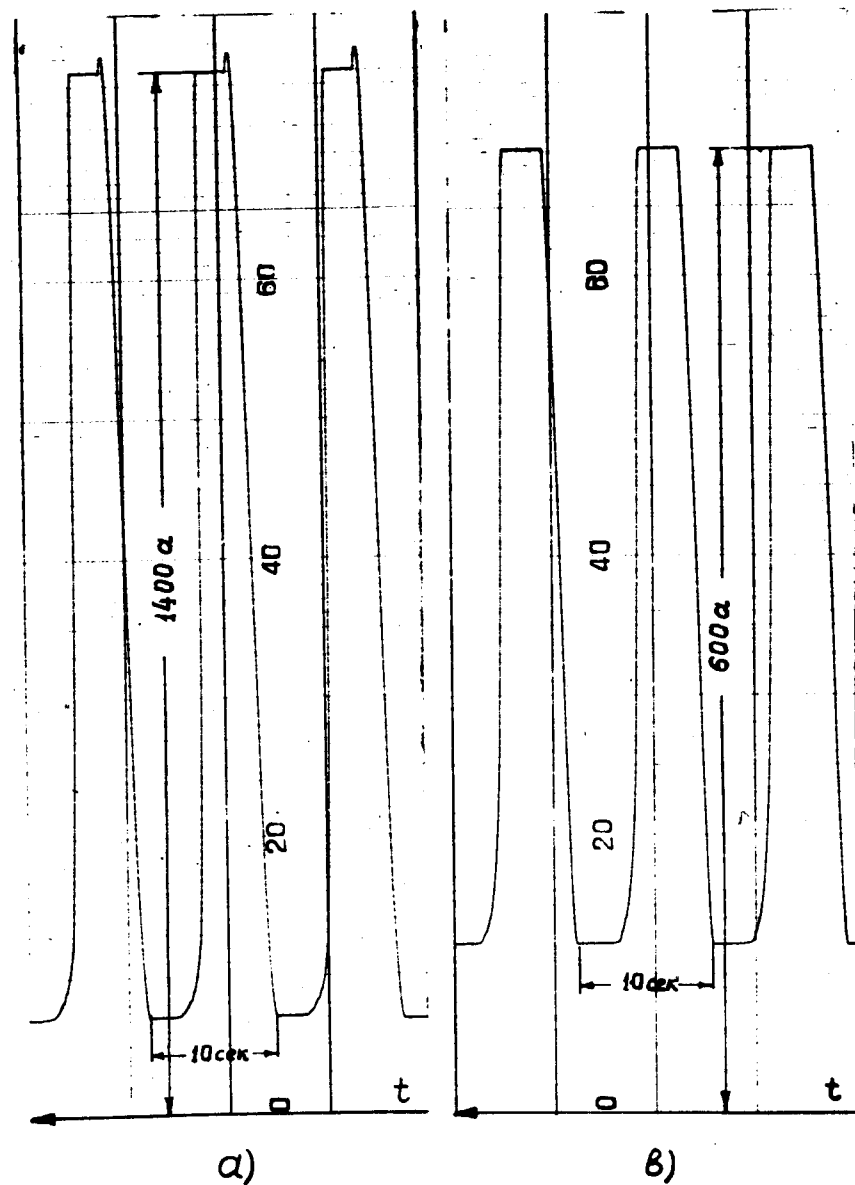
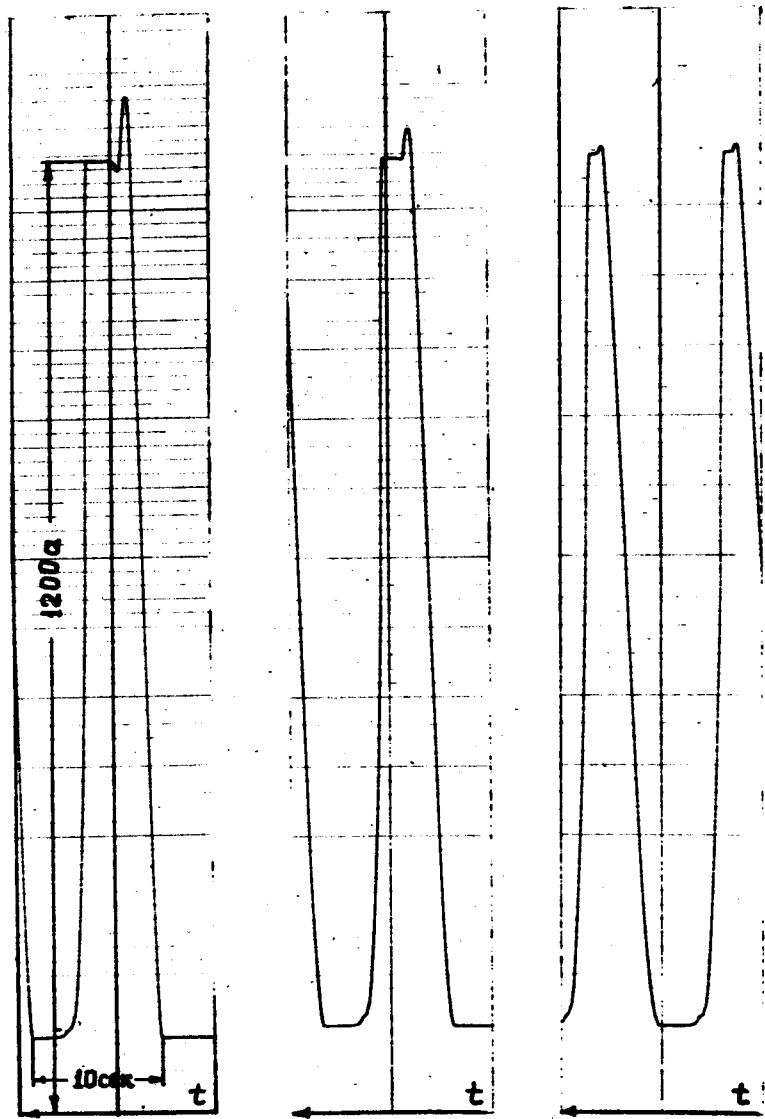


Рис.3.



a)

b)

c)

Рис 4.

7. Сравнительные данные переходных процессов

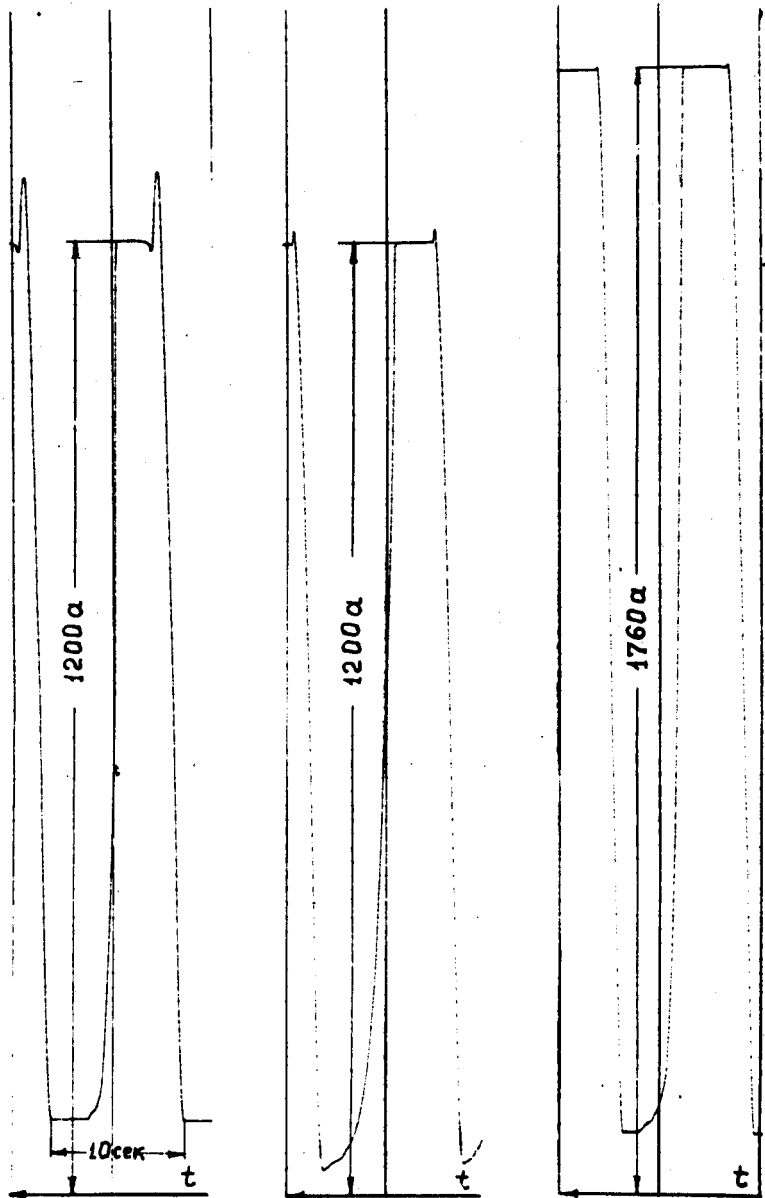
Были проведены сравнительные испытания систем "КВТМС-8БТ-4" и "генератор постоянного тока №8-8БТ-4" при работе в циклическом режиме на линзу 5МЛ-16 (соответственно диаграммы "а" и "в", рис.5). Анализ переходного процесса при подъеме нагрузки показывает близкое совпадение скоростей подъема тока в обоих случаях, при этом скорость спада тока на нагрузке в случае использования КВТМС - выше: диаграмма "а" содержит "паузы", в диаграмме "в" они отсутствуют.

На рис. 5 приведена диаграмма ("с") тока КВТМС при работе на линзу 5МЛ-16 в случае насыщения её магнитной системы при $I = 1760$ а (I ном.=1280а). График изменения тока характеризуется отсутствием начального выброса из-за уменьшения индуктивности линзы (сравним с диаграммой "а", рис.5).

8. Выводы

1. Система КВТМС-БТ обеспечивает поддержание постоянства тока потребителей из парка магнитов и линз ЛВЭ ОИЯИ с точностью не хуже $\pm 0,01\%$.
2. Использование гибкой обратной отрицательной связи по потоку возбуждения силового дросселя насыщения позволяет обеспечить устойчивую работу системы КВТМС-БТ при питании любого потребителя парка магнитов и линз ЛВЭ ОИЯИ.
3. Система КВТМС-БТ может работать в циклическом режиме.

Рукопись поступила в издательский отдел
 23 июля 1968 года.



a)

б)

c)

Рис 5