

Ц 76
0-572

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



4073/2-73

13 - 7322

Б.Д.Омельченко

ТИРИСТОРНЫЙ РЕГУЛЯТОР БТ-1004
ДЛЯ СИЛОВЫХ БЛОКОВ СЕРИИ КВТМС-Т

1973

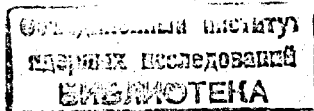
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

13 - 7322

Б.Д.Омельченко

**ТИРИСТОРНЫЙ РЕГУЛЯТОР БТ-1004
ДЛЯ СИЛОВЫХ БЛОКОВ СЕРИИ КВТМС-Т**

Направлено в ПТЭ



Широкое использование в каналах транспортировки заряженных частиц магнитных элементов /в частности, квадрупольных линз/ с током возбуждения в несколько килоампер делает чрезвычайно перспективным применение в качестве источников питания кремниевых выпрямителей, управляемых дросселями насыщения. К таким устройствам относятся силовые блоки серии КВТМС-Т. Указанные агрегаты предназначены для наружной установки и имеют существенные экономические и эксплуатационные преимущества перед силовыми тиристорными выпрямителями на токи более 1-1,5 ка.

Ниже приводится описание полупроводникового регулятора, разработанного в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ и предназначенного для совместного использования с силовыми блоками серии КВТМС-Т.

1. Регулятор БТ-1004

На рис. 1 представлена электрическая схема регулятора БТ-1004 и упрощенная схема блока КВТМС-Т. Структурная схема регулятора традиционна: измерительный орган /масленный шунт ШМ-источник опорного напряжения/ - усилитель постоянного тока УПТ - регулируемый тиристорный выпрямитель ВТ.

Опорное напряжение и напряжение обратной связи /последнее - через полосовой фильтр с $f_0 = 300$ гц/ подаются на входы УПТ, выполненного на базе микросхемы ИУТ402. Выходное напряжение УПТ, складываясь алгебраически с выходными напряжениями триггера блока

смещения ТБС и блока гибкой обратной связи ($R_{Гос}$), поступает на входные клеммы генератора импульсов управления ГИТ ВТ. ТБС, выполненный на тиристорах ТТ₇ - ТТ₈ /КУ201К/, при необходимости обеспечивает циклический режим работы блока ВТ /и блока КВТМС/ и управляется импульсами: И₁ - начало цикла, И₂ - конец цикла.

Сигнал ГОС снимается с обмотки А₃Х₃ дросселя насыщения ДН и поступает на потенциометр R_{Гос} через разделительный трансформатор ТР.

Указанный трансформатор производит гальваническое разделение входных цепей УПТ и цепей ГОС. Это мероприятие является существенным, так как оно исключает значительные /до 0,1% и более/ кратковременные уходы стабилизируемого тока в результате протекания через входные цепи УПТ емкостных токов утечек цепей ГОС.

Эти токи носят импульсный характер и определяются наведенными напряжениями от соседних силовых систем с циклическим режимом работы.

Изображенный на рис. 1 шестифазный ГИТ относится к схемам с вертикальным управлением /1/. Для краткости на рис. 1 приведены полные схемы цепей генератора импульсов управления, относящиеся лишь к первой и четвертой фазам. С выходных клемм "а ÷ к" ГИТ импульсы управления поступают на соответствующие клеммы ВТ /тиристоры ТТ₁ ÷ ТТ₆ типа Т-25 или Т-50/, питающего обмотки А₁Х₁ ÷ А₂Х₂ ДН.

2. Электрические защиты

Регулятор БТ-1004 снабжен двумя электрическими защитами: защитой от перегрузки и защитой от короткого замыкания в цепи нагрузки.

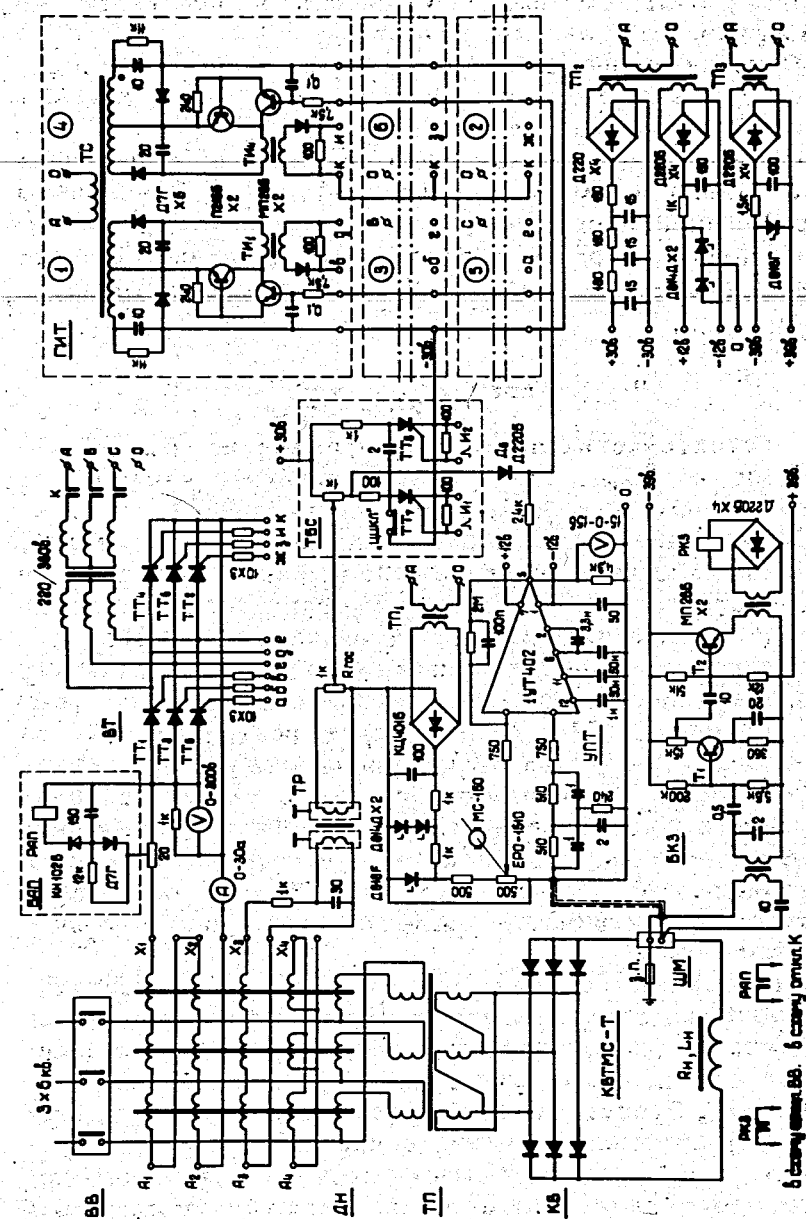


Рис. 1. Принципиальная схема регулятора БТ-1004.

Первая защита осуществляется блоком аварийной нагрузки БАП /см. рис. 1/ и основана на использовании закона равенства ампервитков^{/2/}.

С точки зрения защиты от коротких замыканий в цепи нагрузки система питания на основе блока КВТМС имеет свои особенности.

С одной стороны, как было показано в^{/3/}, величина тока питания весьма мало зависит от изменения величины сопротивления нагрузки.

С другой стороны, работа системы питания в переходных режимах может характеризоваться состоянием, когда

$$U_{KB} = 0 \text{ при } I_H \gg 0.$$

Эти обстоятельства исключают применение обычной защиты от коротких замыканий в цепи нагрузки, в том числе и защиты с вольтметровой блокировкой.

Более надежной в данном случае является защита, принцип действия которой основан на использовании того обстоятельства, что в случае короткого замыкания в цепи активно-индуктивной нагрузки имеет место существенное увеличение пульсации в токе питания при сохранении постоянства его среднего значения^{/4/} /см. рис. 1, блок БКЗ/. Практическая реализация такого устройства базируется на использовании еще одной закономерности. Экспериментальные исследования, проведенные в Лаборатории высоких энергий на целом ряде магнитов и линз, показали, что величина пульсации в токе нагрузки КВТМС в малой степени зависит от величины индуктивности последней /см. рис. 2, осциллограммы 1 и 2/.

Это явление объясняется тем, что экспериментальные магниты, столь различные по индуктивности обмоток возбуждения на постоянном токе /при $f \approx 0$ /, выравниваются по указанному параметру при напряжении питания с $f \gg 0$. Происходит это за счет существенного уменьшения эффективного сечения сердечников высокоиндуктивных /при $f \approx 0$ / магнитных элементов при повышении частоты напряжения питания. При этом пульсирующий

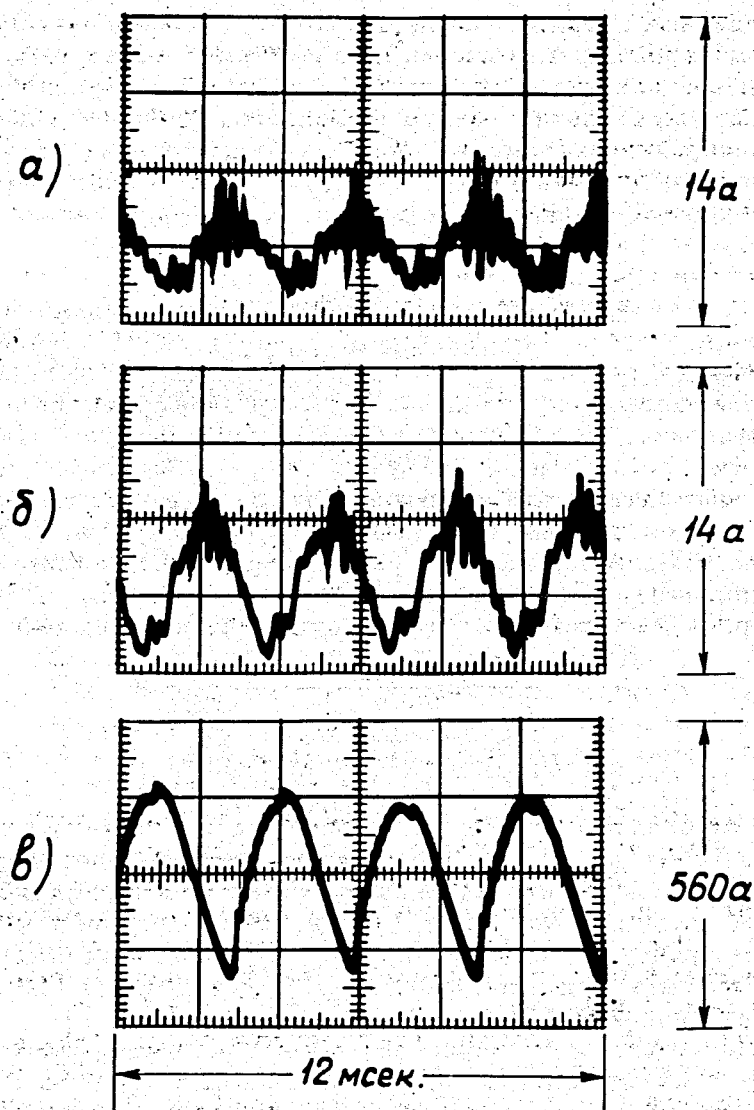


Рис. 2. Пульсация в токе питания на уровне 1000 а. при различных нагрузках: а/ $R_H = 0,15$ ом, $L_H = 1,02$ гн; б/ $R_H = 0,15$ ом, $L_H = 0,115$ гн; в/ $R_H = 0, L_H = 0$.

магнитный поток /в нашем случае $f = 300$ гц/ вытесняется из рабочего зазора магнита /линзы/, образованного цельнокованными /как правило/ полюсными наконечниками. В результате этого при наличии довольно значительных пульсаций в токе питания /порядка $\pm 0,3 \div 0,5\%$ / пульсация потока в рабочем зазоре магнита составляет величину $\leq \pm 0,01\%$.

3. Конструктивное исполнение

Регулятор БТ-1004 монтируется в трех унифицированных кассетах /"корзинах"/, устанавливаемых на щите управления. В одной из кассет /шесть блоков 120×80 мм², блок - на фазу/ расположен собственно тиристорный выпрямитель. Вторая кассета содержит: блок ГИТ, блок выходных трансформаторов ГИТ, блок ГОС, блок УПТ /все блоки 120×80 мм²/ и блок опорного напряжения и изменения уставки / 120×160 мм²/. В третьей кассете находятся блоки электрических защит.

4. Практические результаты

Наибольший практический интерес представляет работа блока КВТМС на нагрузку с небольшой постоянной времени и сравнительно низким номинальным напряжением питания. На рис. 3 приведены осциллограммы, иллюстрирующие стабильность тока возбуждения квадрупольной магнитной линзы / $I_{ном.} = 3500$ а, $U_{ном.} = 130$ в/, запитанной от КВТМС-560 квт.

Без учета 300-герцевой гармоник /она отфильтрована в схеме измерения/ мгновенная стабильность тока питания оказалась не хуже $\pm 0,02 - 0,03\%$ при $I_H = 0,2 I_{ном.}$ и не хуже $\pm 0,01\%$ при $I_H \geq 0,4 I_{ном.}$

Длительная стабильность тока питания, температурный "выбег" схемы при включении /а также нагреве на 20°C / определялись с помощью цифрового вольтметра типа TR-1652-2 /венгерского производства/ и составили

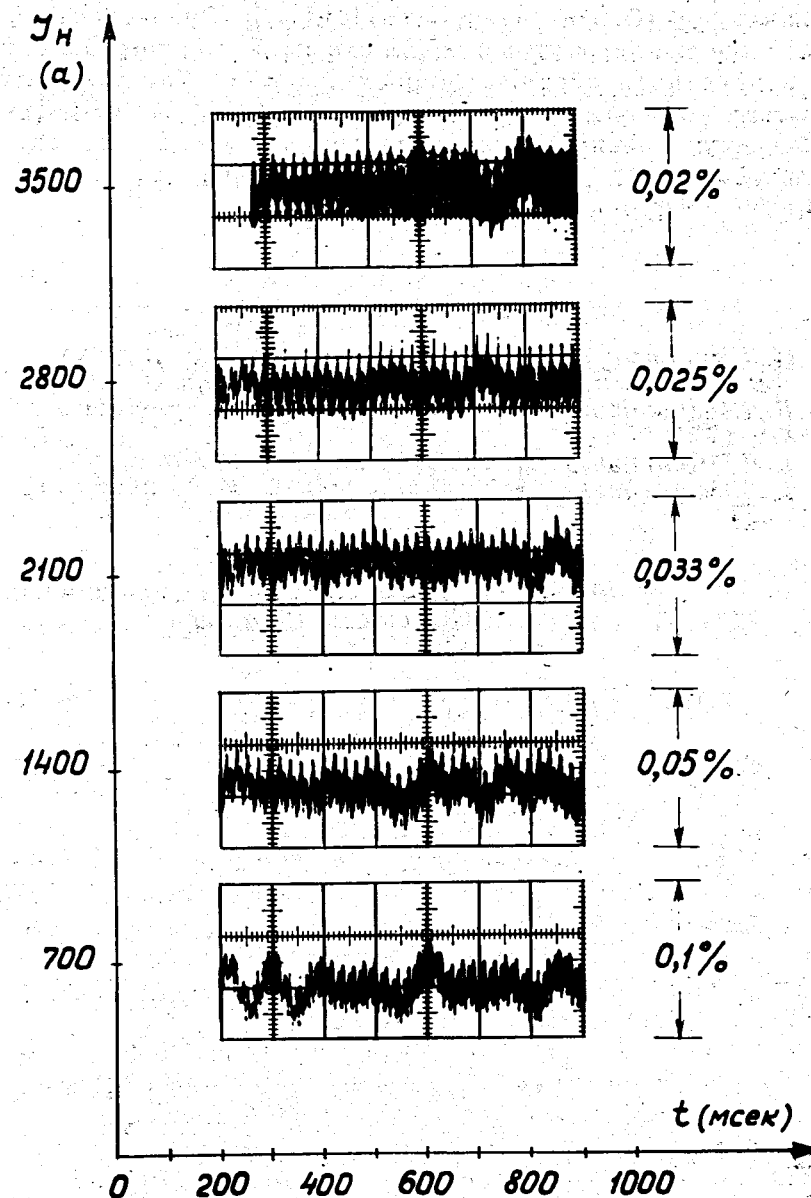


Рис. 3. Стабильность тока питания в зависимости от его величины /нагрузка - квадрупольная линза 20 К 200; $I_{ном.} = 3500$ а, $U_{ном.} = 130$ в/.

величину $\leq \pm 0,01\%$ на уровне $0,4 I_{ном}$. Следует отметить, что температурный дрейф схемы во многом зависит от конкретного образца микросхемы УПТ. Как показала опытная проверка, 50% микросхем ИУТ402 из партии в 30 штук удовлетворяет приведенным данным по стабильности, 30% - обеспечивает стабильность не хуже $\pm 0,02 - 0,03\%$.

Литература

1. И.Л.Каганов. Промышленная электроника. Изд-во "Высшая школа", Москва, 1968, стр. 509.
2. Б.Д.Омельченко. Авт.свид. №259183, Бюлл.изобр., №1, 1970.
3. Б.Д.Омельченко. ПТЭ, №5, стр. 146 /1970/.
4. Б.Д.Омельченко. Авт.свид. №323829, Бюлл.изобр., №1, 1972.

*Рукопись поступила в издательский отдел
13 июля 1973 года.*