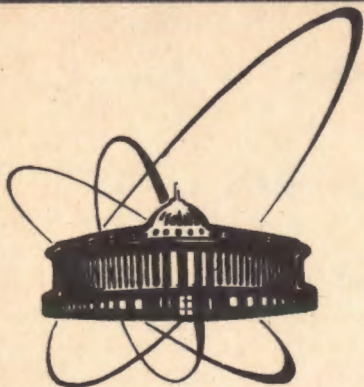


91-556



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P13-91-556

В. В. Калининченко

СТАБИЛИЗАТОР ПОСТОЯННОГО ТОКА

1991

Для цветной металлургии, химической промышленности, гальванотехники и электропривода постоянного тока промышленностью выпускаются управляемые (регулируемые) полупроводниковые выпрямители (например, агрегаты серий ВАК, ВАКГ, ВАКД, АТ, КТУ, ТВ, ТЕ, ТВР и др.). Эти выпрямительные агрегаты имеют относительно невысокую стоимость, надежны и просты в эксплуатации, обеспечивают номинальные токи и напряжения, требуемые для возбуждения магнитных элементов установок ядерной физики, в частности, ускорителей заряженных частиц. Однако уровень пульсаций напряжения (тока) и уровень нестабильности тока не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к источникам питания магнитных элементов физических установок.

Схемы стабилизации тока на основе манганиновых шунтов с номинальным падением напряжения 75 мВ в качестве датчиков тока, применяемые в обсуждаемых выпрямительных агрегатах, обеспечивают относительную нестабильность тока порядка 10^{-2} . Предложенная в работе ^{1/} схема стабилизации тока позволяет снизить на порядок величину относительной нестабильности тока, что приемлемо для питания многих магнитных элементов (при этом в предложенной схеме стабилизации используется тот же шунт с номинальным падением напряжения 75 мВ). Снижение уровня пульсаций выходного напряжения (тока) выпрямительных агрегатов может быть достигнуто с помощью активных фильтров ^{2,3/}. Таким образом, применение указанных технических решений в выпускаемых промышленностью выпрямительных агрегатах позволяет существенно улучшить их технические характеристики.

После такой доработки указанные промышленные выпрямительные агрегаты могут быть применены для питания магнитных элементов в установках ядерной физики. В частности, в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ после доработки в соответствии с техническим решением ^{1/} в 1991 г. был введен в эксплуатацию выпрямительный агрегат типа ВАК-12500 для питания основной обмотки железно-токового канала системы вывода фазотрона ОИЯИ (рабочий ток 11 кА). Здесь применен активный фильтр, основные узлы которого описаны в работах ^{2-4/}.

Блок-схема предложенного контура стабилизации тока приведена на рис. 1. Контур стабилизации тока содержит управляемый выпрямительный агрегат 1 с пассивным и активным фильтрами, измерительный шунт 2, через который к выходу выпрямительного агрегата 1 подключена нагрузка 3, источник эталонного тока 4, эталонный резистор 5, усилитель постоянного тока 6 и магнитомодуляционное устройство сравнения постоянных напряжений 7. Устройство сравнения 7 включает рабочие магнитопроводы 8 и 9 с обмотками возбужде-

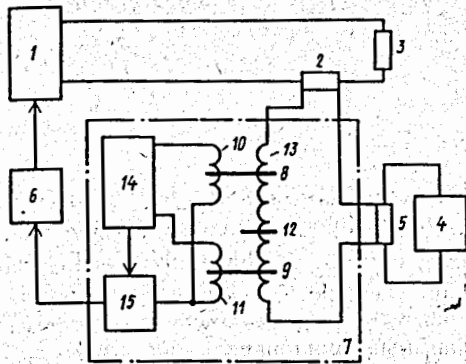


Рис.1. Блок-схема стабилизатора постоянного тока.

Объединенные выводы обмоток возбуждения 10 и 11 подключены к сигнальному входу фазочувствительного детектора 15, управляющий вход которого подключен к выходу удвоенной частоты генератора возбуждения 14, к выходным зажимам выхода основной частоты последнего подключены необъединенные выводы обмоток возбуждения 10 и 11.

Выход фазочувствительного детектора 15 является одновременно выходом магнитомодуляционного устройства сравнения постоянных напряжений 7 и подключен к входу усилителя постоянного тока 6, выход последнего соединен с управляющим входом управляемого выпрямительного агрегата 1.

На рис.2 представлена блок-схема варианта выполнения генератора возбуждения 14. С выхода задающего генератора низкой частоты 16 переменное напряжение частоты $2F$ поступает на усилитель мощности низкой частоты 17 и делитель частоты 18 (осуществляющий деление на 2). С выхода делителя частоты 18 напряжение частоты F поступает на вход усилителя мощности низкой частоты 19.

Представленный на рис.3 вариант выполнения (конструктивная схема) магнитомодуляционного узла, на основе которого выполнено магнитомодуляционное устройство сравнения 7, содержит рабочие кольцевые магнитопроводы 8 и 9 с рабочими обмотками 10 и 11, магнитный экран 12, который содержит два магнитопровода (используются также кольцевые магнитопроводы, однотипные с рабочими). На сборке магнитопроводов наматывается измерительная обмотка 13.

Ток нагрузки I_H протекает через измерительный шунт 2, создает на нем падение напряжения $U_{ш}$. Если величина тока нагрузки соответствует требуемому значению, напряжение $U_{ш}$ практически равно падению напряжения $U_{эт}$ на эталонном резисторе 5, которое создается эталонным током, подводимым

к эталонному резистору 5 от источника эталонного тока 4. При равенстве напряжений $U_{ш}$ и $U_{эт}$, ток через измерительную обмотку 13 не протекает и подмагничивание магнитопроводов 8 и 9 постоянным током отсутствует. В этом режиме отсутствует напряжение второй гармоники на сигнальном входе фазочувствительного детектора 15, поэтому его выходное напряжение близко к нулю.

Однако такой режим не может сохраняться, под действием дестабилизирующих факторов ток нагрузки изменяется, $U_{ш} \neq U_{эт}$, и через измерительную обмотку 13 начинает протекать небольшой ток, который создает намагничивающую силу (н.с.). Направление и величина н.с. зависят от величины и знака изменения тока нагрузки. При этом амплитуда напряжения второй гармоники, поступающего на сигнальный вход фазочувствительного детектора 15, зависит от величины н.с., а фаза этого напряжения изменяется на 180° при изменении знака н.с. Таким образом, величина постоянной составляющей выходного напряжения фазочувствительного детектора 15 определяется величиной отклонения тока нагрузки от задаваемого значения, а знак этого напряжения — знаком отклонения тока нагрузки.

Выходное напряжение фазочувствительного детектора 15, усиленное усилителем постоянного тока 6, поступает на управляющий вход выпрямительного агрегата 1 и оказывает корректирующее воздействие на ток нагрузки: отклонение его от заданного значения уменьшается до малой величины, равной величине действующего рассогласования в замкнутом кон-

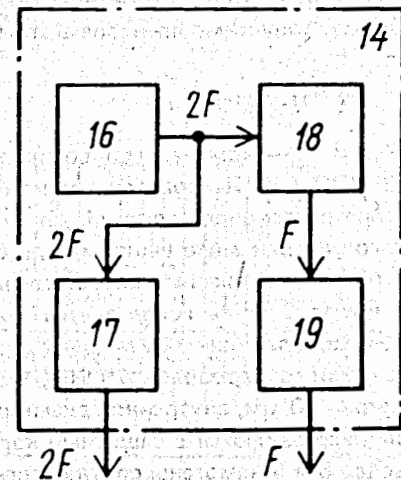


Рис.2. Блок-схема генератора возбуждения.

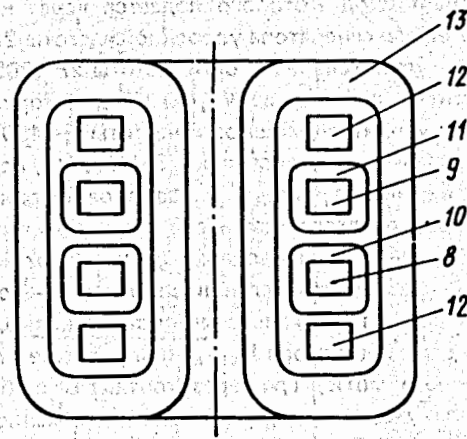


Рис.3. Конструктивная схема магнитомодуляционного узла.

туре системы авторегулирования. При большом усилении в контуре авторегулирования допустимо пренебречь этим отклонением, тогда

$$I_H = I_{ЭТ} \cdot R_{ЭТ} / R_{Ш}$$

где $R_{ЭТ}$ и $R_{Ш}$ — номиналы сопротивлений эталонного резистора 5 и шунта 2.

В ЛЯП ОИЯИ проведены макетные исследования предложенного стабилизатора постоянного тока. Макет стабилизатора выполнен на основе тиристорного управляемого выпрямителя с номинальными значениями выпрямленного тока и напряжения соответственно 600 А и 30 В. В качестве измерительного шунта 2 здесь используется стандартный шунт типа 75 ШС на 600 А. Магнитомодуляционный узел выполнен на кольцевых витых магнитопроводах из ленточного пермаллоя 79 НМ, имеющих следующие размеры: наружный диаметр — 70 мм, внутренний диаметр — 50 мм, высота — 10 мм. Каждый магнитопровод заключен в защитный каркас из пластмассы. На рабочих магнитопроводах 8 и 9 намотаны соответственно обмотки 10 и 11, которые содержат по 450 витков каждая и выполнены проводом ПЭЛШО ϕ 0,35 мм. Измерительная обмотка 13 содержит 1000 витков и выполнена проводом ПБД ϕ 0,86 мм.

На рис.4 представлена принципиальная электрическая схема блока, содержащего основные электронные узлы магнитомодуляционного устройства сравнения постоянных напряжений:

- делитель частоты на 2 — счетный триггер на транзисторах V1 и V5, на счетный вход которого подается через контакт 4а напряжение $U_{\text{синхр}}$ от задающего генератора удвоенной частоты 2F, помещенного в другом блоке;
- усилитель мощности частоты 2F (800 Гц) — транзисторный импульсный усилительный каскад V9, на вход которого поступает напряжение $U_{\text{синхр}}$;
- усилитель мощности частоты F (400 Гц) — двухкаскадный импульсный усилитель на транзисторах V6, V7 и V8, на вход которого подается выходное напряжение с триггера; парафазное напряжение $U_{\text{мод}}$ с выходного трансформатора Tr2 этого усилителя мощности через контакты 2а и 3а подводятся к необъединенным выводам рабочих обмоток 10 и 11;
- фазочувствительный детектор — содержит транзисторы V10 — V13 и трансформаторы гальванической развязки Tr3 и Tr4; выходной сигнал магнитного модулятора $U_{\text{сигн}}$ (напряжение второй гармоники) подается на первичную обмотку Tr4 через контакт 8а с объединенных выводов обмоток 10 и 11 возбуждения; управляющее напряжение частоты 2F подается на первичную обмотку Tr3 через разделительный конденсатор C8 с выхода импульсного усилителя мощности V9.

Усилитель постоянного тока 6 выполнен на основе ОУ типа К140УД1Б и содержит цепи коррекции, обеспечивающие устойчивую работу стабилизатора тока. В эталонном резисторе 5 использованы резисторы типа С5-5 (требуемое номинальное значение $R_{ЭТ}$ составляет 15 Ом). В качестве источника эталонного тока 4 используется 10-разрядный цифроаналоговый преобразователь типа

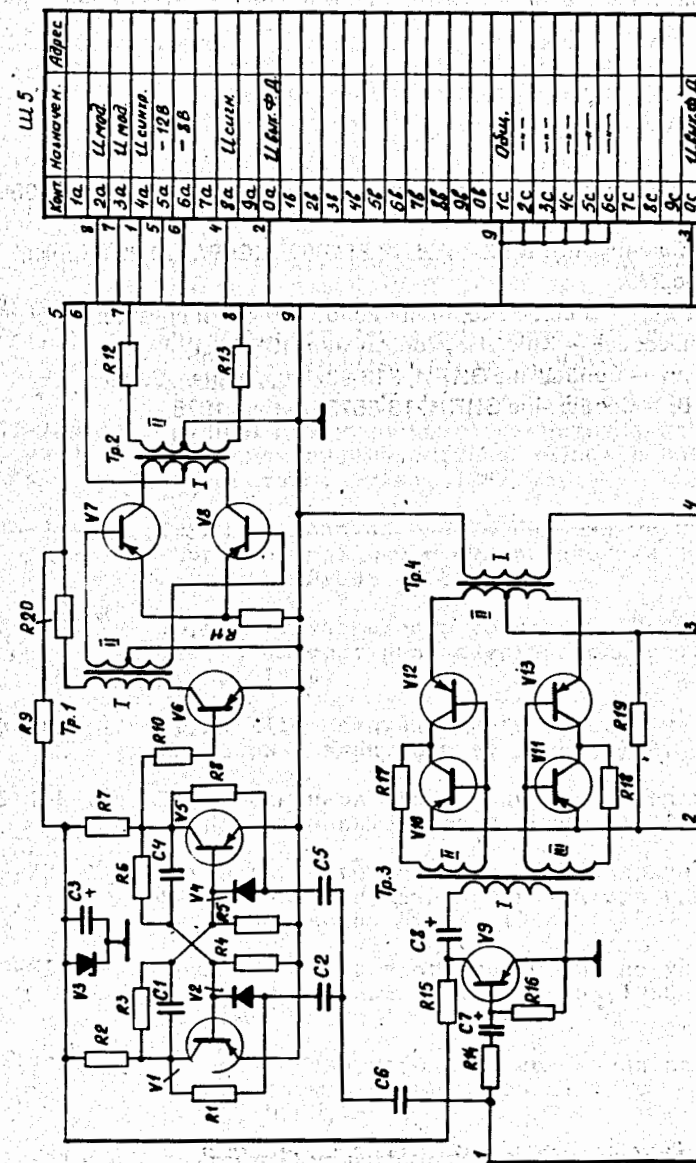


Рис.4. Принципиальная электрическая схема блока, содержащего фазочувствительный детектор и генератор возбуждения (задающий генератор частоты 2F помещен в другом блоке).

К252ПА3 (К2ПД524) . Суммарный выходной ток этого ЦАП составляет 5 мА, весовой ток первого (старшего) разряда 2,5 мА.

Относительная нестабильность тока рассматриваемого макета стабилизатора тока составляет $\sim 10^{-3}$ за 8 часов (после прогрева в течение 0,5 часа) . Измерение относительной нестабильности тока производилось по методике, описанной в работе^{/5/} .

ЛИТЕРАТУРА

1. Калиниченко В.В. — А.с. № 1408426 /СССР/. Опубликовано в ОИ, 1988, № 25, с.220.
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. Труды Всесоюз. совещ. — Киев: Наукова думка, 1982, с.122.
4. Ахманов В.В. и др. — Сообщение ОИЯИ, Р13-90-420, Дубна, 1990.
5. Калиниченко В.В. — Сообщение ОИЯИ, 13-8573, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 декабря 1991 года.