

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

13-85-844

В.П.Саванеев

ТРАНЗИСТОРНЫЙ
КОМПЕНСАЦИОННЫЙ СТАБИЛИЗАТОР
НА ТОК 600 А

1985

Для питания обмотки спада вариации электронной модели изо-хронного циклотрона разработан и испытан транзисторный компенсационный стабилизатор постоянного тока^{/1/}.

В стабилизаторе использован в качестве датчика тока бесконтактный измерительный преобразователь постоянного тока^{/2/}. По сравнению с ранее описанным преобразователем используемый датчик тока имеет ряд особенностей:

- разработана схема источника возбуждения со стабилизацией тока возбуждения на двух уровнях и возможностью его плавной перестройки;
- снижена частота возбуждения до 500 Гц;
- в магнитный модулятор добавлен еще один магнитный сердечник;
- изменена выходная часть усилителя постоянного тока канала слежения.

Проведенные изменения позволили улучшить эксплуатационные параметры измерительного преобразователя постоянного тока, получить долговременную стабильность за 8 ч работы лучше ± 2 мА на виток. Крутизна преобразования магнитного модулятора возросла до 1 В/А.

В настоящей работе приводятся принципиальные схемы и дается описание работы отдельных узлов стабилизатора.

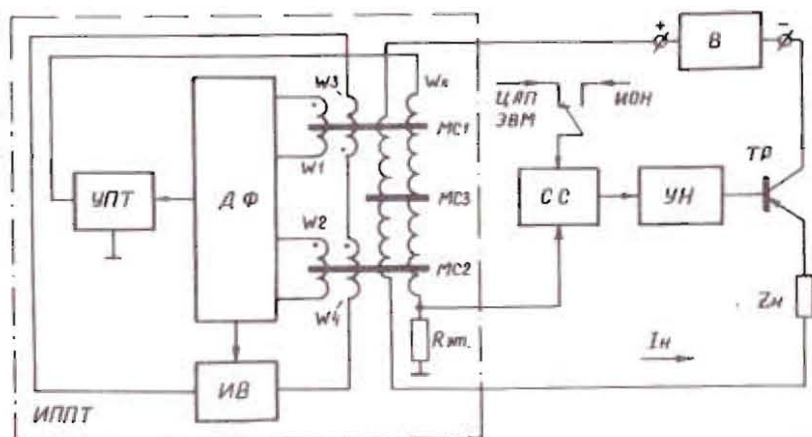
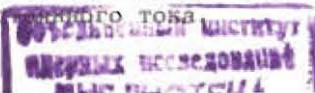


Рис. 1. Блок-схема транзисторного компенсационного стабилизатора постоянного тока



БЛОК-СХЕМА СТАБИЛИЗАТОРА ТОКА

На рис.1 представлена блок-схема транзисторного компенсационного стабилизатора постоянного тока. Источник питания представляет собой стабилизатор с последовательным включением регулирующего элемента /ТР - транзисторный регулятор/ и нагрузки /Z_н/. В качестве источника напряжения /В/ используется выпускаемый промышленностью полупроводниковый выпрямитель с выходным напряжением 35 В и максимальным током 600 А. Регулирующий элемент /ТР/ подробно обсуждался в^{1/3/}, и в настоящей работе не обсуждается.

Датчиком тока служит бесконтактный измерительный преобразователь постоянного тока /ИППТ/, представляющий собой замкнутую систему автоматического регулирования следящего типа.

Канал слежения ИППТ содержит демодулятор, фильтр /ДФ/ и усилитель постоянного тока /УПТ/. Возбуждение магнитного модулятора ИППТ осуществляется однополярным источником возбуждения /ИВ/. Между каналом слежения и источником возбуждения существует функциональная связь, действующая при изменении стационарного режима работы ИППТ. Напряжение, снимаемое с R_{эт}, является высокоточной мерой тока I_н, протекающего через нагрузку Z_н. Сигналы с R_{эт} и источника опорного напряжения /ИОН/ или с выхода цифроаналогового преобразователя /ЦАП/ поступают на схему сравнения /СС/ и усилитель напряжения /УН/. Напряжение с выхода УН управляет транзисторным регулятором ТР.

КАНАЛ СЛЕЖЕНИЯ ИППТ

На рис.2 изображена принципиальная схема демодулятора, фильтра и усилителя постоянного тока канала слежения ИППТ.

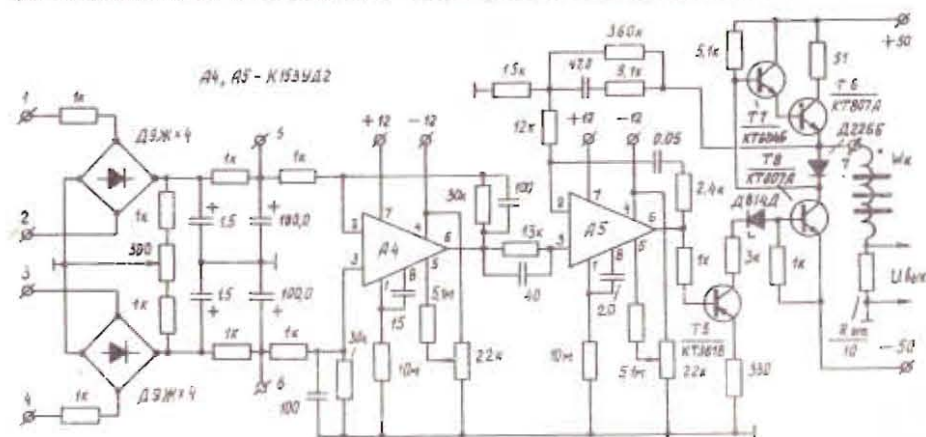


Рис.2. Принципиальная схема демодулятора, фильтра и усилителя постоянного тока канала слежения ИППТ.

Выходные обмотки W₁ и W₂ магнитного модулятора подключены к клеммам 1, 2 и 3, 4.

Принципиальная схема демодулятора и фильтра аналогична приведенной в^{2/}.

С клемм 5 и 6 фильтра низких частот напряжение поступает для управления каналом возбуждения ИППТ. Усилитель постоянного тока выполнен на дифференциальных усилителях А4 и А5 и транзисторах Т5 + Т8^{4/}.

Нагрузкой УПТ служит обмотка компенсации W_к, подключенная к точке 7. Построение выходного каскада УПТ по двухтактной схеме позволяет менять направление тока компенсации через обмотку W_к магнитного модулятора. Последовательно с W_к включен эталонный резистор R_{эт}, с которого снимается напряжение, пропорциональное измеряемому току.

Максимально возможное значение тока компенсации I_{к макс} = 300 мА. Эталонный резистор, демодулятор, фильтр и дифференциальный усилитель А4 установлены в термостате.

ИСТОЧНИК ВОЗБУЖДЕНИЯ ИППТ

В измерительном преобразователе постоянного тока используется однополярное возбуждение магнитного модулятора, имеющее два уровня. Первый уровень возбуждения /м.д.с. = 250 А·витков/ выбирается из условия стабильной работы магнитного модулятора. Второй уровень возбуждения /м.д.с. = 1000 А·витков/ - исходя из максимальной величины стабилизируемого тока. Это позволяет получить пропорциональную характеристику магнитного модулятора и вместе с тем оптимизировать его работу, т.к. второй уровень возникает только в нестационарном режиме работы.

Принципиальная схема источника возбуждения /ИВ/ и устройства управления возбуждением приведена на рис.3.

На дифференциальном усилителе А1 выполнен задающий генератор синусоидальных колебаний. Частота колебаний /f = 500 Гц/ определяется параметрами моста Вина /R1, C1 и R2, C2/. Синусоидальный сигнал через эмиттерный повторитель на транзисторе Т1 поступает на составной транзистор Т2-Т3. В коллекторную цепь транзистора включены соединенные последовательно-встречно обмотки W₃ и W₄ возбуждения магнитного модулятора. Регулировка и стабилизация амплитуды тока возбуждения осуществляются с помощью полевого транзистора Т4, включенного последовательно с резистором делителя цепи отрицательной обратной связи^{5/}. Для получения высокой стабильности амплитуды тока возбуждения использован промежуточный каскад усиления управляющего напряжения полевого транзистора Т4 на операционном усилителе А2.

С резистора R3 полуовна выходного напряжения поступает через цепочку С3 и R4 на выпрямительную схему и фильтр. На вход усилителя А2 - пропорционально интегрирующего регулятора сигнал

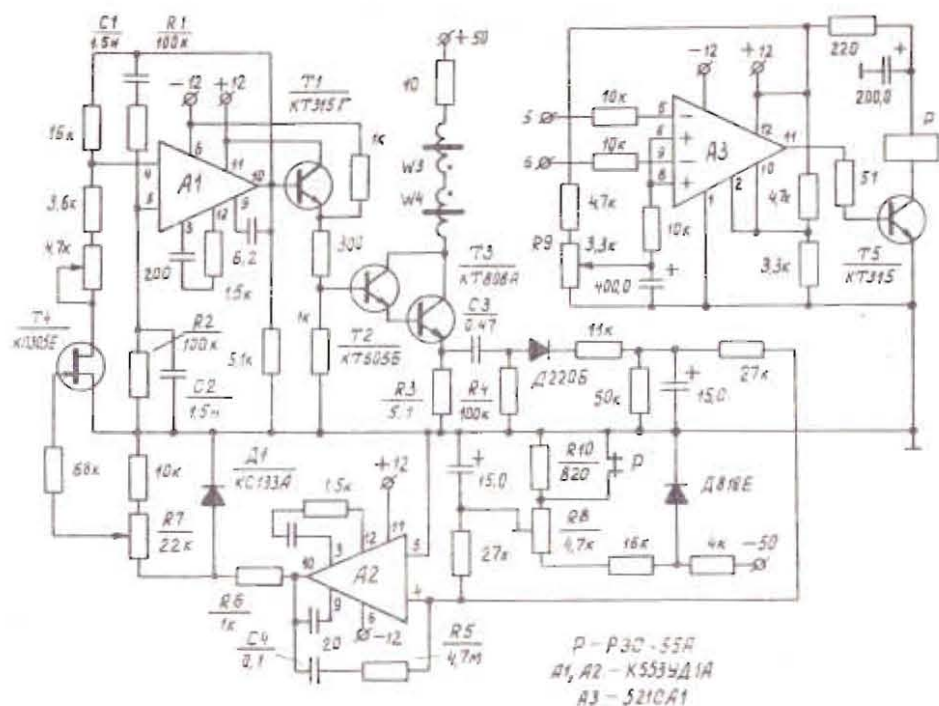


Рис.3. Принципиальная схема источника возбуждения ИППТ.

поступает с выхода фильтра и источника задающего напряжения, выполненного на стабилитроне Д 818Е. Напряжение с выхода регулятора А2 подается на затвор полевого транзистора Т4, устанавливая его рабочую точку таким образом, чтобы сумма средних значений входных напряжений - регулятора А2, задающего напряжения и напряжения с фильтра равнялась нулю. Постоянная времени пропорционально-интегрирующего регулятора /R5, C4/ выбрана достаточно большой по сравнению с периодом колебания, поэтому коэффициент усиления не меняется в течение периода колебания и не искажает выходной сигнал.

Для обеспечения возможности устойчивой работы источника возбуждения в стационарном и переходных режимах [2], на выходе А2 установлен ограничитель напряжения на R6 и Д1. Точная подстройка пределов изменения напряжения на затворе полевого транзистора Т4 осуществляется потенциометром R7. Исходный уровень тока возбуждения $I_{ч1} = 0,5 A$ магнитного модулятора устанавливается потенциометром R8.

Изменение тока возбуждения магнитного модулятора в переходных режимах осуществляется схемой управления током возбуждения, выполненной на двойном компараторе А3 и транзисторе Т5.

На входные зажимы 5 и 6 двойного компаратора А3 напряжение поступает с выходного фильтра нижних частот канала слежения /см.рис.2/. Порог сравнения задается потенциометром R9. Исполнительным элементом служит реле Р, включенное в коллекторную цепь транзисторного ключа Т5. Нормально-замкнутые контакты реле подключены параллельно резистору R10 выходного делителя источника задающего напряжения.

При выходе из стационарного режима работы стабилизатора постоянного тока напряжение на клеммах 5 и 6 выходного фильтра канала слежения уменьшается, что вызывает переключение компаратора А3, контакты реле Р размыкаются, и задающее напряжение на входе операционного усилителя А2 увеличивается.

Значение тока возбуждения магнитного модулятора возрастает до -2А.

СХЕМА СРАВНЕНИЯ И УСИЛИТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ

Принципиальная схема усилителя напряжения /УН/ и схемы сравнения /СС/ стабилизатора постоянного тока изображена на рис.4.

Сигнал опорного напряжения с блока ИОН, либо с ЦАПЭЗМ, поступает на клемму 8 повторителя напряжения, выполненного на микросхеме А6. Источник опорного напряжения /ИОН/ представляет собой двухкаскадный параметрический стабилизатор со стабилитроном Д 818Е в выходном каскаде. Опорный стабилитрон, выходной делитель напряжения и многооборотный потенциометр установлены в термостате.

Выход повторителя напряжения подключен к схеме сравнения сигналов /СС/, выполненной на дифференциальном усилителе А7. На клемму 9 с эталонного резистора R_{ЭТ} ИППТ поступает напряжение,

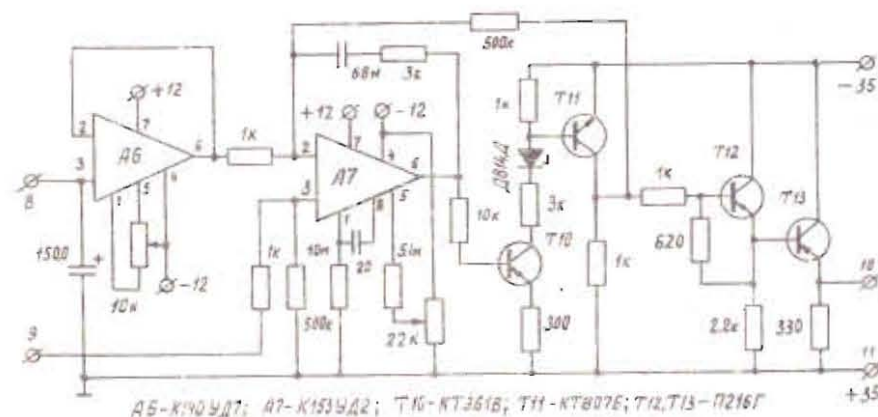


Рис.4. Принципиальная схема усилителя напряжения и схемы сравнения стабилизатора постоянного тока.

пропорциональное стабилизируемому току. Выход схемы сравнения подключен к усилителю напряжения, выполненному на транзисторах Т10 и Т11. Общий коэффициент усиления СС и УН, $K_{\text{УН}} = 500$. Усиленная разность опорного и измеряемого сигналов подается на составной эмиттерный повторитель на транзисторах Т12 и Т13. С зажимов 10 и 11 напряжение используется для управления транзисторным регулятором.

КОНСТРУКЦИЯ

Стабилизатор постоянного тока выполнен в виде двух отдельных стоек: стойки силовоточного выпрямителя /В/ и стойки стабилизатора тока. В последней установлен транзисторный регулятор /ТР/, охлаждаемый водой /6 блочных каркасов размером 120x320x520/, блок стабилизации /каркас размером 120x320x520/ и блоки, обслуживающие ИППТ /каркас размером 160x320x520/. Магнитный модулятор ИППТ расположен в коаксиальном токовводе, смонтированном на задней стенке стойки стабилизатора постоянного тока в месте подсоединения силового шинпровода к транзисторному регулятору. Коаксиальный токоввод закрыт многослойным магнитным экраном с коэффициентом экранирования $\sim 450-500$. Магнитные сердечники изготовлены из ленточного пермаллоя 79НМ толщиной 0,05 мм. Наружный диаметр сердечников 50 мм, внутренний 40 мм, высота 5 мм. Число витков: $W_1 = W_2 = 500$ ПЭВ-2, $\phi 0,18$, $W_3 = W_4 = 500$ витков ПЭВ-2 $\phi 0,43$, $W_5 = 2000$ витков ПЭВ-2 $\phi 0,40$. Между обмотками $W_{1,2}$ и $W_{3,4}$ установлены экраны из медной фольги толщиной 0,1 мм.

Контроль выходного тока стабилизатора производится путем измерения выходного напряжения с эталонного резистора $R_{\text{ЭТ}}$ ИППТ по внешнему цифровому вольтметру.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный выше транзисторный компенсационный стабилизатор постоянного тока многократно использовался в сеансах работы электронной модели изохронного циклотрона и показал надежность и удобство в эксплуатации. Этому способствовало использование разработанного бесконтактного измерительного преобразователя постоянного тока. Получены следующие основные характеристики:

- диапазон рабочих токов $50 \div 600$ А, в этом диапазоне управление автоматическое от ЭВМ "Электроника-60";
- долговременная стабильность тока лучше 0,01% за 8 ч работы.

Автор, пользуясь возможностью, выражает благодарность В.В.Калиниченко за постоянное внимание, полезные обсуждения и помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саванеев В.П., Шпади А.Л. Авторское свидетельство № 748380 от 23.05.78. МКИ G 05 F 1/56. Бюллетень ОИПОТЗ № 26, 1980, с. 721.
2. Калиниченко В.В., Саванеев В.П. ОИЯИ, 13-84-222, Дубна, 1984.
3. Богомолова Л.К. и др. ОИЯИ, Р9-7339, Дубна, 1973.
4. Баклаков Б.А. и др. Прецизионный широкополосный измеритель постоянного тока до 10 кА. ПТЭ, № 6, 1981.
5. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М., "Мир", 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 ноября 1985 года.