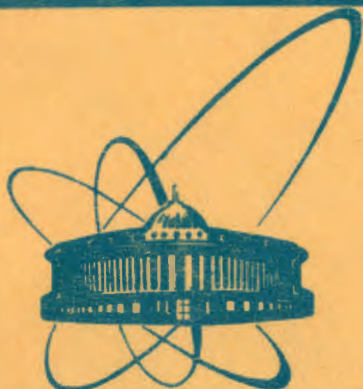


ЛЯП



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

С344.3
К-172

13 - 12197

В.В.Калиниченко

1568/4-79

СТАБИЛИЗАТОР

ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

ТОК-МАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ-

ТОК В ЦЕПИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

1979

13 - 12197

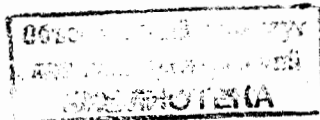
В.В.Калиниченко

СТАБИЛИЗАТОР

ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

ТОК-МАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

ТОК В ЦЕПИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ



Калиниченко В.В.

13 - 12197

Стабилизатор постоянного тока с преобразователем
ток - магнитная индукция - ток в цепи обратной связи

Обсуждается стабилизатор постоянного тока с преобразователем ток - магнитная индукция - ток в цепи обратной связи. Указанный преобразователь выполняет функции датчика и задатчика тока и обеспечивает возможность управления источником от ЭВМ. Показано, что подобные стабилизаторы способны обеспечить стабильность и точность установки тока на уровне $0,01\% \pm 0,001\%$ в режиме управления от ЭВМ. Такие стабилизаторы целесообразно использовать для питания магнитных элементов физических установок.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Kalinichenko V.V.

13 - 12197

Stabilized Direct Current Power Supply
with Current to Magnetic Induction to Current
Converter in a Control Loop

A stabilized D.C. power supply with current to magnetic induction to current converter is described. The converter is used simultaneously as a primary element and a setter, the power supply fitted with such a converter acquires an ability for computer control. Similar power supplies have $0,01\% \pm 0,001\%$ current accuracy and stability. Their main application is powering magnetic elements of physical installations.

The investigation has been performed at the
Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

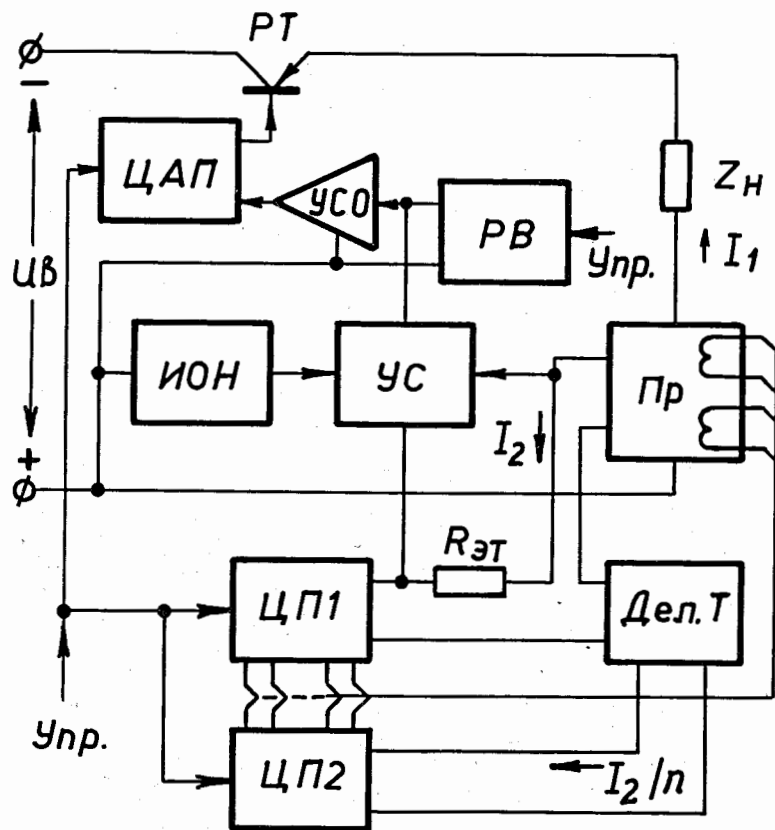
Блок-схема стабилизатора представлена на рисунке. Обсуждаемое устройство является дальнейшим развитием ранее описанного ^{1,2/}. Особенность стабилизатора состоит в том, что в цепь обратной связи включен преобразователь ток - магнитная индукция - ток /Пр/. Этот преобразователь выполняет здесь функцию датчика тока и, кроме того, совместно с цифровыми переключателями 1,2 /ЦП1, ЦП2/ и делителем тока /Дел.т./ также и функцию цифрового задатчика.

Не обсуждая какую-либо конкретную конструкцию или схему такого преобразователя, отметим, что он должен обеспечивать преобразование в соответствии со следующим соотношением:

$$\sum_{i=1}^n I_i W_i = C,$$

где $\sum_{i=1}^n I_i W_i = I_1 W_1 + I_2 W_2 + \dots + I_n W_n$, W_i и I_i - соответственно количество витков i -й обмотки и ток в ней, C - постоянная, зависящая от способа регистрации магнитной индукции, в частном случае $C=0$.

В описываемом стабилизаторе преобразователь ток - магнитная индукция - ток имеет следующие обмотки: первичную обмотку /с числом витков W_1 /, по которой протекает стабилизируемый ток I_1 , вторичную обмотку /с числом витков W_2 / и две дополнительные обмотки, состоящие из отдельных секций с разным числом витков. Цифровой переключатель 1 позволяет включать в цепь тока I_2 заданное число витков (W_{g1}) первой дополнительной обмотки. Аналогично цифровой переключатель 2 обеспечивает подключение к выходу делителя тока заданного числа витков (W_{g2}) второй дополнительной обмотки.



Блок-схема стабилизатора тока с преобразователем ток - магнитная индукция - ток в цепи обратной связи. РТ - регулирующий транзистор, $Z_{н}$ - нагрузка, Пр - преобразователь ток - магнитная индукция - ток, $R_{эТ}$ - эталонный резистор, Дел.Т - делитель тока, ЦП1, ЦП2 - первый и второй цифровые переключатели, ИОН - источник опорного напряжения, УС - устройство сравнения, УСО - усилитель сигнала ошибки, ЦАП - цифроаналоговый преобразователь, РВ - реле времени.

В статическом режиме связь между токами I_1 и I_2 в цепях преобразователя может быть представлена в виде: /в соответствии с приведенным выше соотношением/

$$I_1 W_1 \pm I_2 W_2 \pm I_2 W_{g1} \pm I_g W_{g2} / n = C.$$

Ток I_2 протекает по эталонному резистору $R_{эТ}$ и создает падение напряжения $I_2 R_{эТ}$, которое поступает на один из

входов устройства сравнения /УС/. На другой вход УС подается опорное напряжение $U_{он}$ от источника опорного напряжения /ИОН/. При большом коэффициенте усиления в цепи обратной связи можно считать, что

$$I_2 R_{эТ} = U_{он},$$

тогда из предыдущего соотношения с учетом последнего получаем:

$$I_1 = [C + (\pm W_2 \pm W_{g1} \pm W_{g2} / n) U_{он} / R_{эТ}] / W_1.$$

Это соотношение показывает, что величина тока в нагрузке зависит от ряда параметров и в том числе от количества включенных витков дополнительных обмоток преобразователя, а также от коэффициента деления делителя тока n ; изменяя W_{g1} , W_{g2} и n , можно изменять I_1 в определенных пределах.

На вход регулирующего элемента /РТ/ поступает сумма двух напряжений: напряжения с выхода цифроаналогового преобразователя /ЦАП/ и напряжения с выхода усилителя сигнала ошибки. Выходное напряжение ЦАП выбрано равным $I_1 R_{н} + U_{бэ}$, здесь I_1 - заданное значение тока нагрузки, $R_{н}$ - сопротивление нагрузки по постоянному току, $U_{бэ}$ - падение напряжения база-эмиттер регулирующего элемента. Регулирующий элемент работает в режиме эмиттерного повторителя, поэтому под действием выходного напряжения ЦАП, поступающего на его вход, ток нагрузки устанавливается примерно равным заданному значению I_1 , благодаря чему контур обратной связи работает в режиме малых рассогласований.

Установка нового значения тока в нагрузке производится подачей на управляющие входы ЦП1, ЦП2 и ЦАП нового управляющего кода. Одновременно на вход реле времени поступает управляющий импульс, приводящий к замыканию ключа реле времени. Время выдержки реле выбирается несколько больше длительности переходных процессов в силовых элементах стабилизатора. В течение этого времени выход элемента сравнения закорочен и большие сигналы рассогласования не поступают на вход УС. По истечении времени выдержки ключ РВ размыкается и контур обратной связи входит в режим стабилизации. Более подробно функции ЦАП и РВ обсуждались в /1,2/.

Здесь не будем рассматривать статическую и динамическую погрешности стабилизатора, обусловленные качеством работы

контура авторегулирования. Оценим вклад преобразователя ток-магнитная индукция - ток, выполняющего в предлагаемом стабилизаторе функции датчика и задатчика, в общую погрешность стабилизатора. Метрологические характеристики этих преобразователей как датчиков тока достаточно высоки: например, для преобразователей на основе магнитных модуляторов дрейф нуля, приведенный к цепи нагрузки, для обыкновенных образцов составляет 1 мА /для уникальных - 10 мкА/, а крутизна характеристики - несколько вольт на ампер^{3/2}. Следовательно, при токах нагрузки сотни или тысячи ампер, а такие токи как раз и необходимы для электрофизических установок, обсуждаемый датчик способен обеспечить точность лучше 0,01%.

Задающим воздействием в преобразователе является намагничивающая сила

$$\pm I_2 W_{g1} \pm I_2 W_{g2} / n.$$

Для стабилизаторов на номинальные токи в сотни или в несколько тысяч ампер величину тока I_2 целесообразно выбрать равной 1 А, а коэффициент деления делителя тока $n = 1000$. Стабилизация тока силой в 1 А является для практики ординарной задачей, достигнута стабильность и точность установки порядка 0,001%. Очевидно, что особых требований к стабильности n не предъявляется, так как второй член воздействия по крайней мере на 2 порядка меньше первого.

Ток I_2 подводится к секциям дополнительных обмоток с помощью цифровых управляемых переключателей, и, естественно, токи утечки ключей являются источником дополнительной погрешности. При использовании в переключателях контактных ключей /реле, герконы и др./ токи утечки пренебрежимо малы, для бесконтактных ключей достижимым значением тока утечки является 1 мкА, что составляет 0,0001% от 1 А.

Таким образом, предлагаемый стабилизатор постоянного тока способен обеспечить стабильность и точность установки тока в нагрузке на уровне 0,01% - 0,001% в режиме управления от ЭВМ, причем величина стабилизируемого тока лежит в диапазоне сотен или тысяч ампер.

Этот вывод подтвержден экспериментально. Изготовлен и испытан макет стабилизатора, имеющий следующие параметры: ток нагрузки $I_{1\max} = 600$ А, напряжение на нагрузке $U_{1\max} = 30$ В, регулирование тока в диапазоне 100-600 А, дискрет-

ность регулирования - 1 мА, нелинейность установки в указанном диапазоне не превышает 0,008%, нестабильность за 8 часов составляет $\pm 0,003\%$. При изготовлении макета стабилизатора использованы компоненты, серийно выпускаемые промышленностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин В.В. ОИЯИ, 13-9577, Дубна, 1976.
2. Калинин В.В. Стабилизатор постоянного тока. Авт. свид. СССР №546869, кл. G 05.F1/56 от 3 апреля 1975 г. Бюлл. ОИПОТЗ, 1977, №6, с.132.
3. Kusters N.L., Moore W.J.M., Miljanic P.N. IEEE Trans. on Communications and Electronics. 1964, No. 70, pp.22-27.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 января 1979 года.