

Ц76 6531

1 230 000 0000

Д-332

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 6531

3211/1-72



Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

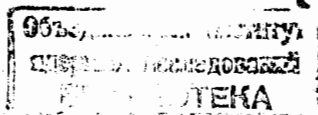
СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ ИСТОЧНИК
ПОСТОЯННОГО ТОКА
С МАГНИТНЫМ КОМПРАТОРОМ

1972

13 - 6531

Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ ИСТОЧНИК
ПОСТОЯННОГО ТОКА
С МАГНИТНЫМ КОМПАРАТОРОМ



В настоящее время в качестве измерительных элементов систем стабилизации тока применяются, как правило, манганиновые шунты. В диапазоне больших токов мощность потерь в шунтах достигает нескольких киловатт. Для сохранения высокой стабильности при работе в таком режиме шунты снабжаются громоздкими системами охлаждения и термостабилизации. Эти устройства требуют дополнительных материальных затрат при изготовлении и эксплуатации систем стабилизации.

В качестве измерительных элементов могут быть использованы магнитные компараторы постоянного тока^{/1,2/}. Магнитные компараторы постоянного тока обладают высокой стабильностью, имеют относительно небольшие габариты, не требуют специальных устройств для охлаждения, так как потери мощности в них практически отсутствуют. Предложенный в^{/3/} вариант компаратора обладает рядом ценных качеств: обеспечивает непосредственный отсчет в цифровой форме величины контролируемого тока, позволяет весьма просто осуществить управление стабилизированным источником от управляющей ЭВМ.

Недостатком магнитных компараторов является относительно низкая частота среза амплитудно-частотной характеристики, обусловленная главным образом наличием фильтра на выходе фазового детектора. Этот фильтр устанавливается для подавления переменной составляющей частоты $2 F_M$. Частота среза фильтра ориентировочно выбирается из условия

$$F_C \leq 0,2 F_M,$$

где F_M — частоты модуляции.

Так как практически, $\Phi_{M} \leq 1000$ гц, то магнитные компараторы целесообразно использовать в системах авторегулирования, от которых требуется относительно невысокая скорость действия.

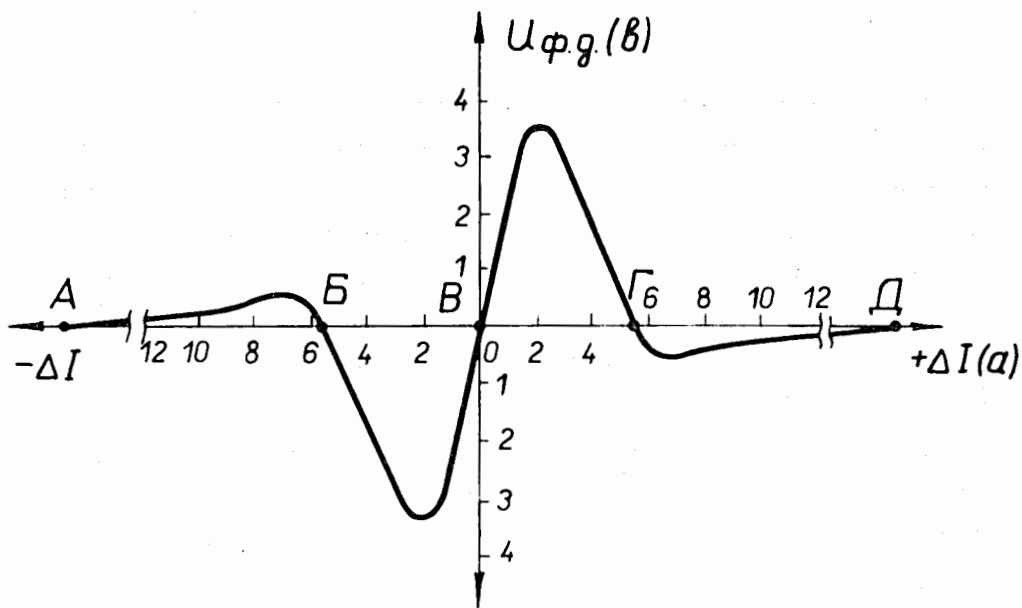


Рис. 1. Выходная характеристика магнитного компаратора.

На рисунке представлена выходная характеристика магнитного компаратора $U_{ф.д.} = f(\Delta I)$. Особенностью выходной характеристики является наличие пяти "нулевых" точек (точки А, Б, В, Г, Д). Точка В соответствует равенству ампер-витков сравниваемых токов ($I W_1 = I_{эт} W_2$), т.е. является рабочей точкой при использовании компаратора как измери-

тельного элемента в системе автоматического регулирования. В точках Б и Г система регулирования с компаратором не имеет устойчивого равновесия, и эти точки не могут быть рабочими. В точках А и Д, точно так же как и в точке В, выполняются условия устойчивости, и точки А и Д могут стать "ложными" рабочими точками. Для надежной работы системы стабилизации тока с магнитным компаратором в качестве измерительного элемента необходимо принять меры, исключающие возможность перехода системы на "ложные" рабочие точки. Желательно, чтобы ввод системы стабилизации в нормальный режим осуществлялся автоматически при включении системы, при установке нового значения тока, а также после воздействия больших возмущений случайного характера.

На рис. 2 показана блок-схема разработанного в Лаборатории ядерных проблем варианта системы стабилизации тока с магнитным компаратором в качестве измерительного элемента.

Сигналы рассогласования, выделенные контурами 1 и 2, суммируются и после усиления подаются на вход транзисторного регулятора РТ. Контур 1, включающий в себя магнитный компаратор, является главным контуром стабилизации. Этот контур подавляет медленные изменения тока нагрузки и обеспечивает долговременную стабильность тока. Контур 2 является грубым контуром стабилизации и обеспечивает автоматический ввод контура 1 в рабочий режим; в некоторых случаях с помощью этого контура можно осуществить коррекцию частотной характеристики системы в области верхних частот, т.е. улучшить подавление быстрых изменений тока нагрузки.

К измерительным и усилительным элементам контура 2 не предъявляется высоких требований в отношении стабильности. В качестве $R_{\Sigma T}$ используются измерительные шунты с номинальным падением напряжения 75 мВ.

Важным элементом системы является пороговое устройство 11. Роль этого устройства в системе стабилизации состоит в следующем.

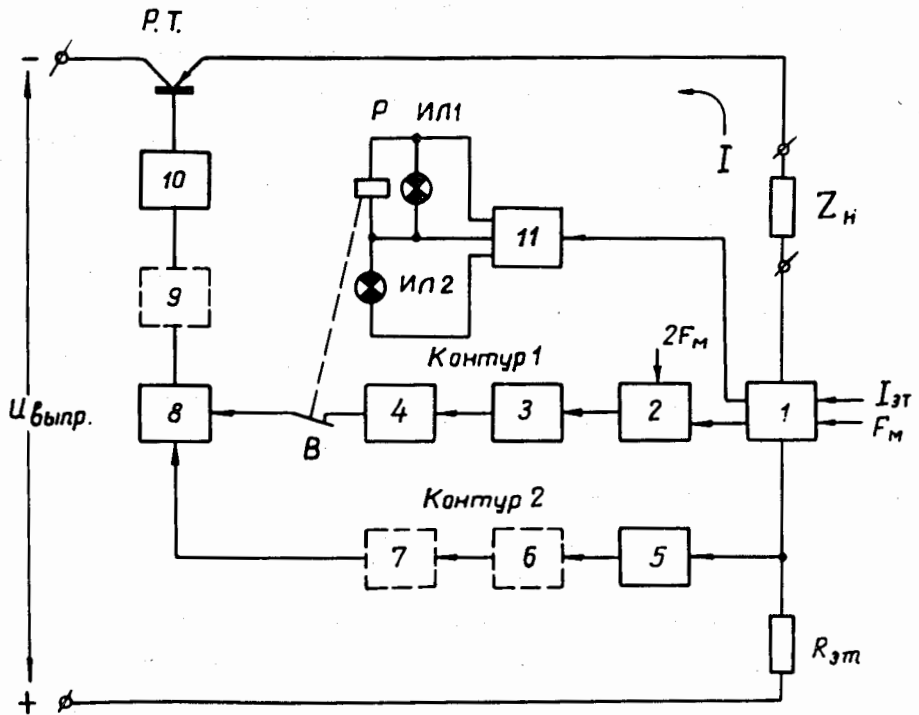


Рис. 2. Блок-схема стабилизированного источника тока с магнитным компаратором в качестве измерительного элемента. 1-магнитный компаратор, 2-фазовый детектор, 3-фильтр, 4,7,9-корректирующие цепи, 5-источник опорного напряжения, 6,8,10-усилители постоянного тока, 11 -пороговое устройство.

При отсутствии отклонения контролируемого тока I от заданного значения или при отклонении его на незначительную величину $\pm \Delta I$ обмотка реле P обесточена, контакт B замкнут и обеспечивает нормальное действие контура 1; это состояние индицируется свечением индикатора ИЛ2. Однако

если величина ΔI превысит по абсолютному значению некоторое допустимое пороговое значение отклонения ΔI_n , на обмотку Р от порогового устройства поступает напряжение, контакт В размыкается и контур 1 исключается из цепи обратной связи системы авторегулирования; это состояние системы индицируется свечением индикатора ИЛ1, индикатор ИЛ2 при этом гаснет.

Действие контура 2 направлено на уменьшение ΔI . Как только ΔI становится меньше ΔI_n , пороговое устройство вырабатывает сигнал, приводящий к снятию напряжения с обмотки реле Р. Контакт В при этом замыкается, и контур 1 вступает в работу. Это положение индицируется свечением индикатора ИЛ2, индикатор ИЛ1 гаснет. Значение ΔI_n выбирается из условия

$$\Delta I_n \approx 0,8 \Delta I_{Б,Г},$$

здесь $\Delta I_{Б,Г}$ — отклонение контролируемого тока, соответствующее точкам Б или Г на выходной характеристике компаратора. При указанном выборе значения ΔI_n обеспечивается надежный автоматический ввод контура 1 в рабочий режим, исключается работа в "ложных" рабочих точках.

Упрощенная принципиальная схема стабилизированного источника тока с магнитным компаратором в качестве измерительного элемента показана на рис. 3. Здесь контур 2 содержит минимальное количество элементов (шунт и источник опорного напряжения) и предназначен только для ввода контура 1 в режим стабилизации.

В источнике используется вариант магнитного компаратора, рассмотренный в ^{13/}. Вторичная обмотка компаратора состоит из двух секций по 999 витков в каждой. Секции имеют отводы, разбивающие их на подсекции с декадным отношением витков. Одна из секций подсоединяется к эталонному источнику тока 1а, другая — к эталонному источнику тока 1ма. Шесть декадных переключателей (по три на каждую секцию) обеспечивают установку контролируемого тока в диапазоне 0,4 999,999а с дискрет-

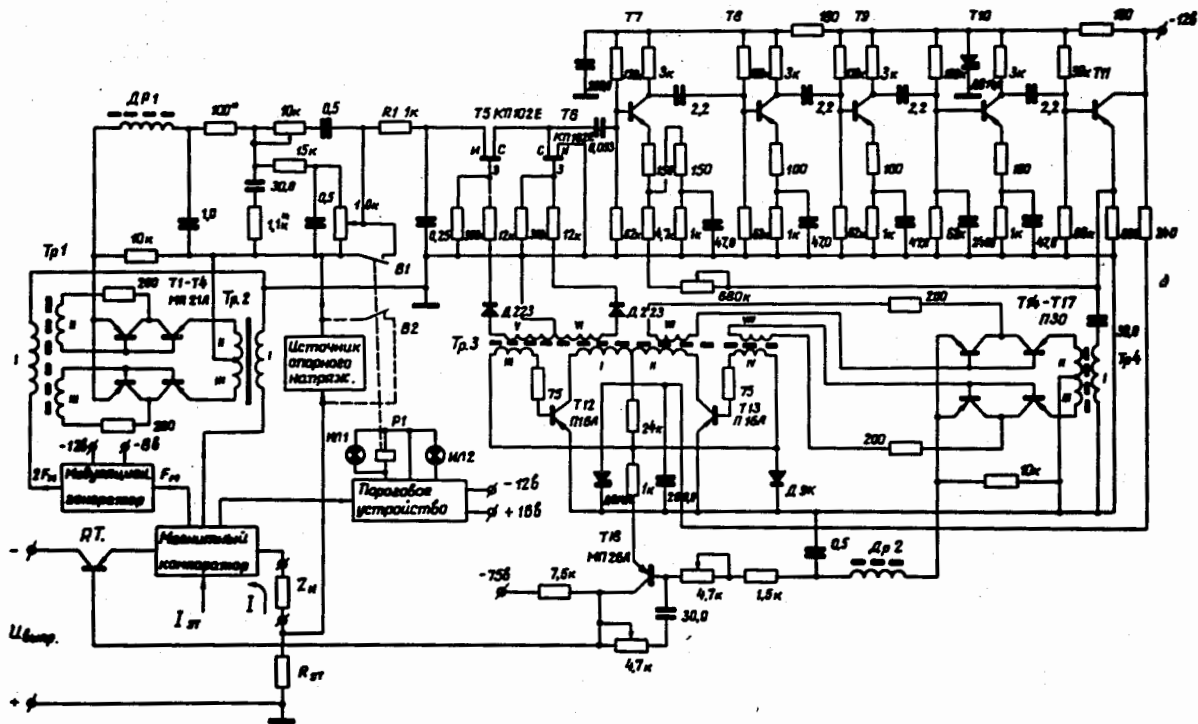


Рис. 3. Принципиальная схема стабилизированного источника тока.

Транзисторы Т7 + Т11 типа ГТ 308В.

ностью (шагом) 1ма. Используемые эталонные источники тока 1а и 1ма термостатированы и имеют нестабильность, не превышающую в лабораторных условиях $\sim 4 \cdot 10^{-5}$ и $\sim 4 \cdot 10^{-3}$ соответственно. Модуляционный генератор выполнен по схеме, приведенной в /3/. Перечисленные элементы, а также источник опорного напряжения и пороговое устройство изображены на схеме рис. 3 в виде функциональных блоков.

Усилитель постоянного тока (Т5 + Т17) выполнен по схеме УПТ с преобразованием. Температурный дрейф, приведенный к входу, равен $(2+4) \text{ мкВ}/^\circ\text{С}$. Коэффициент усиления этого усилителя может регулироваться в широких пределах, максимальное значение его равно $\sim 10^3$. Модулятор УПТ выполнен на полевых транзисторах (Т5 - Т6), частота модуляции ~ 10 кгц. В качестве источника опорного напряжения для контура 2 в рассматриваемом стабилизированном источнике тока используется генератор линейно изменяющегося напряжения, выполненный по простейшей схеме (рис. 4).

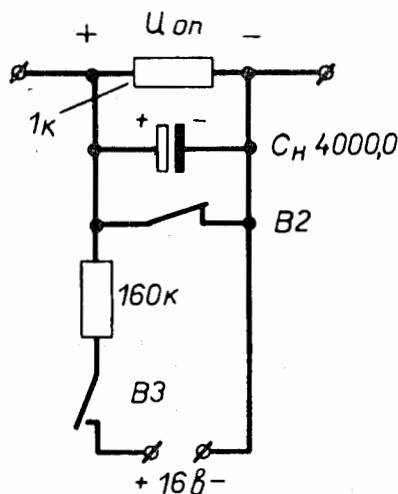


Рис. 4. Схема для получения линейно изменяющегося напряжения.

Когда контур 1 введен в режим стабилизации, контакт В2, входящий в контактную группу реле Р1, замкнут и напряжение на емкости C_H равно нулю. При возникновении в контуре 1 больших отклонений тока ($\Delta I > \Delta I_n$), пороговое устройство осуществляет замыкание контакта В1 и тем самым прекращает действие контура 1. Одновременно размыкается контакт В2, а через некоторое время (время задержки) происходит замыкание контакта В3. В течение времени задержки ток нагрузки под действием контура 2 падает до нуля (так как $U_{оп}$ равно нулю). После замыкания контакта В3 напряжение на C_H линейно нарастает и так же нарастает ток в нагрузке. Когда $\Delta I < \Delta I_n$, включается контур 1 и требуемое значение тока поддерживается с высокой точностью. Схема рис. 4 приходит в исходное состояние: В2 замкнут, В3 разомкнут.

Применение схемы рис. 4 в стабилизаторе возможно, если допускается сброс тока нагрузки до нуля при автоматическом вводе контура 1 в режим стабилизации. В противном случае следует использовать потенциометрический датчик опорного напряжения, обеспечивающий установку тока с шагом 1а. Переключатели потенциометра должны быть механически сопряжены с соответствующими переключателями отводов вторичной обмотки компаратора.

Описанный стабилизированный источник тока используется для питания обмотки электромагнита, применяемого для калибровки магнитометров. Диапазон регулирования тока 1+200а. Силовая часть источника содержит трехфазный выпрямитель с дискретным регулированием выпрямленного напряжения (подобный однофазный выпрямитель рассмотрен в ^{/4/}) и трансисторный регулятор, описанный в ^{/5/}.

На рис. 5а представлена кривая дрейфа тока, записанная с помощью измерителя нестабильности для значения тока нагрузки, равного 101,23а. Аналогичные кривые были получены при токах 10, 50 и 150 а. Во всех случаях в установившемся режиме величина относительной нестабильно-

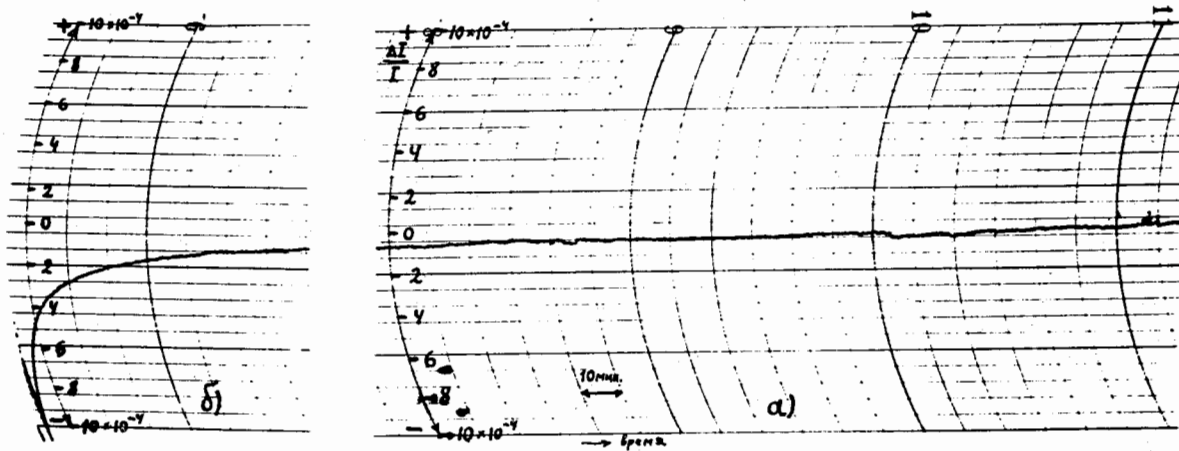


Рис. 5. Кривые дрейфа тока.

сти тока не превышала $\pm 4 \cdot 10^{-5}$ за 8+10 часов работы. На рис. 56 показана кривая выбега тока за первый час работы источника.

В заключение считаем своим приятным долгом выразить благодарность Э.К.Батмановой за большую помощь в изготовлении узлов источника

Л и т е р а т у р а

1. N.L.Kusters, W.J.M.Moore, P.N.Miljanic. IEEE Trans. on Communication and Electronics, 83, 22-27 (1964).
2. M.P. MacMartin, N.L.Kusters. IEEE Trans. on Magnetics MAG-1, 396-402 (1965).
3. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко. Сообщения ОИЯИ, 13-5960, Дубна, 1971.
4. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко, В.А.Пережогин. Сообщения ОИЯИ, 13-5194, Дубна, 1970.
5. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко, А.Г.Комиссаров, Ю.И.Сусов. Сообщения ОИЯИ, 13-5068, Дубна, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 июня 1972 г.