

10096

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



10096

ЭЛЕКТРОН. ЗАП.

P13 - 10096

В.В.Калиниченко

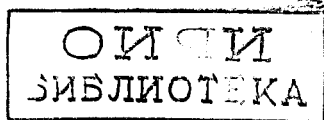
АВТОМАТИЧЕСКИЙ МАГНИТНЫЙ КОМПАРАТОР
ПОСТОЯННОГО ТОКА

1976

P13 - 10096

В.В.Калиниченко

АВТОМАТИЧЕСКИЙ МАГНИТНЫЙ КОМПАРАТОР
ПОСТОЯННОГО ТОКА



Калиниченко В.В.

P13 - 10096

Автоматический магнитный компаратор постоянного тока

Описывается магнитный компаратор постоянного тока, обладающий рядом преимуществ по сравнению с известными устройствами. Приведены конструктивные данные устройства и результаты экспериментального исследования.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

Kalinichenko V.V.

P13 - 10096

Automatic Magnetic Direct Current Comparator

A magnetic direct current comparator is described that possesses a number of advantages over other known devices. The data on the construction of the device and the results of the experimental investigation have been presented.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1976

Автоматические магнитные компараторы постоянного тока используются наряду с трансформаторами постоянного тока для измерения больших токов^{/1/}. От последних они отличаются повышенной сложностью, но обеспечивают более высокую точность измерения. С помощью автоматических компараторов постоянного тока осуществляется калибровка трансформаторов тока и эталонных резисторов /шунтов/. Автоматические магнитные компараторы могут быть использованы также в качестве датчиков тока для систем регулирования и стабилизации постоянного тока.

Известная схема автоматического магнитного компаратора^{/1/} обладает рядом недостатков, главными из которых являются:

а/ необходимость ручного ввода компаратора в рабочий режим /оператор должен установить соответствующую величину тока смещения с помощью органов управления источника тока смещения, а затем включить контур обратной связи/;

б/ обеспечение режима автоматического действия компаратора в узком диапазоне изменения контролируемого тока / $\pm 10\%$ /.

В Лаборатории ядерных проблем в течение ряда лет используется автоматический компаратор для диапазона токов $1 \div 1000$ А, свободный от указанных недостатков. Упрощенная схема его показана на *рис. 1*.

Основными элементами этого автоматического компаратора являются магнитный модулятор с удвоением частоты и трансформатор постоянного тока /ТПТ/, выполненные, соответственно, на кольцевых сердечниках С1, С2 и С3, С4. Измеряемый ток I_1 протекает через

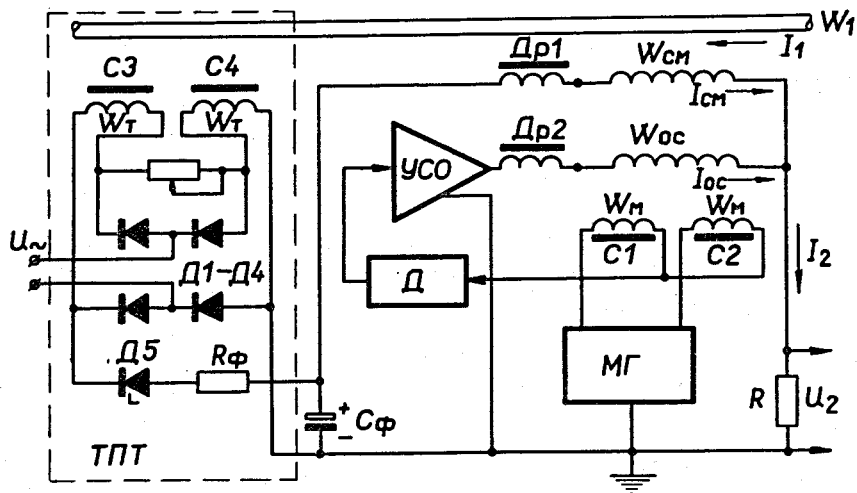


Рис. 1. Упрощенная схема автоматического магнитного компаратора постоянного тока.

первичную обмотку W_1 и создает в сердечниках устройства намагничивающую силу /н.с./ $I_1 W_1$. Обмотка смещения W_{CM} включена во вторичную цепь ТПТ. Намагничивающая сила, создаваемая этой обмоткой в сердечниках модулятора, равна $I_1 W_{CM}$ и направлена навстречу н.с. первичной обмотки. Действие системы авторегулирования, содержащей магнитный модулятор, демодулятор /Д/, усилитель сигнала ошибки /УСО/ и обмотку обратной связи (W_{oc}), направлено на компенсацию н.с. в сердечниках модулятора, причем ввиду большого коэффициента усиления в контуре авторегулирования и.с. в сердечниках модулятора стремится к нулю. Следовательно, приближенно можно записать:

$$I_1 W_1 - I_T W_{CM} \pm I_{oc} W_{oc} = 0. \quad /1/$$

При $W_{CM} = W_{oc}$ из соотношения /1/ получаем

$$I_1 = n_k I_2, \quad /2/$$

где $n_k = W_{CM} / W_1 = W_{oc} / W_1$, $I_2 = I_T \pm I_{oc}$.

При соответствующем выборе n_k величина I_2 располагается в диапазоне, удобном для непосредственного измерения.

Запишем значение тока во вторичной цепи неидеального ТПТ в виде

$$I_T = I_1 / n_T \pm \delta I_1 / n_T, \quad /3/$$

где n_T - коэффициент трансформации идеального ТПТ, δ - относительная погрешность ТПТ /характер зависимости δ от величины измеряемого тока показан на рис. 2/.

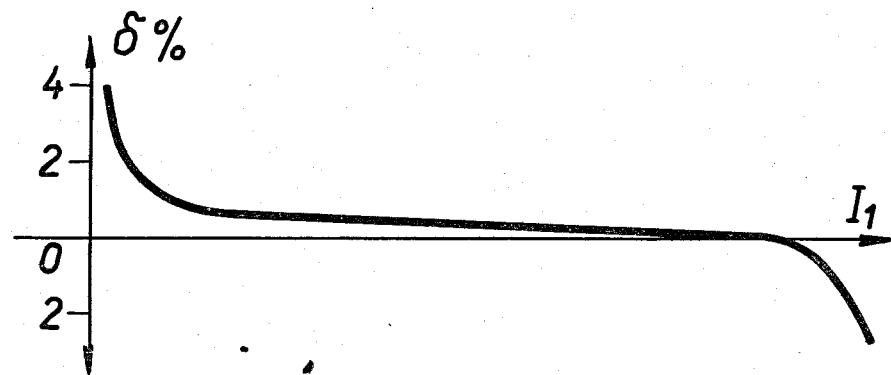


Рис. 2. Зависимость погрешности ТПТ от величины измеряемого тока.

Намагничивающая сила, действующая на сердечники модулятора при разомкнутом контуре авторегулирования, равна

$$\Delta F_H = I_1 W_1 - I_T W_{CM}. \quad /4/$$

Из соотношения /4/ с учетом /3/ получаем

$$\Delta F_H = W_1 (I_1 - I_1 \frac{n_k}{n_T} \mp \delta I_1 \frac{n_k}{n_T}).$$

Значение отклонения ΔF_H минимально при $n_k = n_T$ и равно

$$\Delta F_H = \pm \delta I_1 W_1. \quad /5/$$

При замыкании контура авторегулирования величина отклонения /рассогласования/ уменьшается в K раз:

$$\Delta F_{\text{д}} = \pm \delta I_1 W_1 / K. \quad /6/$$

Здесь K - коэффициент усиления разомкнутого контура авторегулирования.

Полагая, что погрешности магнитного модулятора пренебрежимо малы, из соотношения /6/ легко получаем выражение для относительной погрешности компаратора

$$\Delta I_2 / I_2 \approx \delta / K. \quad /7/$$

Магнитный модулятор обладает нелинейной статической характеристикой сложного вида /2/. Из общей теории нелинейных систем авторегулирования известно, что ввод таких систем в область эффективной работы происходит автоматически, если величина начального отклонения меньше некоторого порогового значения, определяемого нелинейностью характеристик элементов контура. Это условие запишем в виде

$$\Delta F_{\text{н}} \leq \Delta F_n,$$

или, с учетом /5/,

$$\delta \leq \Delta F_n / I_1 W_1, \quad /8/$$

где ΔF_n - пороговое значение начального отклонения.

В автоматическом компараторе использованы тороидальные сердечники из пермаллоя, имеющие следующие размеры: наружный диаметр - 70 мм, внутренний диаметр - 50 мм, высота - 10 мм. Каждый сердечник заключен в защитный каркас из пластмассы. Обмотки W_T содержат по 1000 витков каждая и выполнены проводом ПЭВ-2, $\phi 0,83$ мм, обмотки W_M - по 450 витков, провод ПЭВ-2, $\phi 0,32$ мм; обмотка $W_{\text{см}}$ - 1000 витков, провод ПЭВ-2, $\phi 0,83$ мм; обмотка $W_{\text{ос}}$ - 1000 витков, провод ПЭВ-2, $\phi 0,32$ мм; первичная обмотка W_1 выполнена в виде одного проходного витка из медной шины круглого сечения /~250 мм²/. Основные узлы обсуждаемого компаратора: модуляционный генератор /МГ/

демодулятор /Д/ и усилитель сигнала ошибки /УСО/ - выполнены по схемам, существенно не отличающимся от приведенных в работах /2,3/.

Питание ТПТ осуществляется от генератора напряжения прямоугольной формы. Частота напряжения питания ~ 800 Гц, амплитуда $U_{\sim} = 40$ В.

На рис. 3 приведена блок-схема установки для поверочных испытаний автоматического компаратора. В качестве резистора R используется образцовая катушка сопротивления типа Р321 / 1 Ом класс О,01/, в качестве $R_{\text{ш}}$ - образцовая катушка сопротивления типа Р310 /0,01 Ом, класс О,01, при $I \leq 10$ А/ или специально прокалиброванный шунт с водомасляным охлаждением /при $I_1 \geq 10$ А/. В установке используется цифровой вольтметр типа TR-6567.

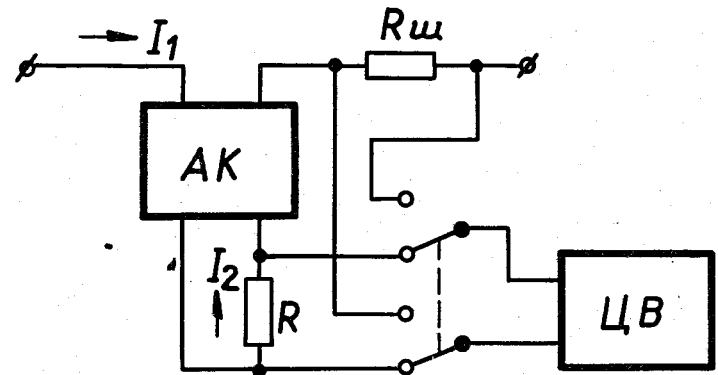


Рис. 3. Блок-схема установки для поверочных испытаний автоматического компаратора. АК - автоматический компаратор, ЦВ - цифровой вольтметр.

Поверочные измерения производились в диапазоне токов $1 \div 1000$ А. Измеренная погрешность преобразования лежит в пределах $\pm 0,01\%$, т.е. практически является погрешностью измерительных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. M.P. Mac Martin, N.L. Kusters. IEEE Trans. on Magnetics, MAG-1, 396-402(1965).
2. Л.К. Богомолова, Ю.Н. Денисов, В.В. Калиниченко, В.А. Пережогин. Препринт ОИЯИ, Р9-7339, стр. 62, Дубна, 1973.
3. В.В. Калиниченко. Сообщение ОИЯИ, 13-9577, Дубна, 1976.
4. Ю.Н. Денисов, В.В. Калиниченко, А.Г. Комиссаров. Сообщение ОИЯИ, 13-8420, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
8 сентября 1976 года.