

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

95-168

P13-95-168

В.В.Калиниченко

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ  
ПОСТОЯННОГО ТОКА

1995

Измерительные преобразователи постоянного тока (ИППТ), построенные на основе магнитного сравнения постоянных токов, получили широкое распространение [1]. Базовым узлом таких ИППТ является преобразователь неравновесия ампер-витков постоянных токов. Одним из широко используемых в ИППТ является преобразователь неравновесия ампер-витков на основе магнитного модулятора, действующего по принципу удвоения частоты (магнитного модулятора с удвоением частоты). Магнитный модулятор этого типа обладает высокой чувствительностью и малым дрейфом нуля [1]. Его недостатком является наличие ложных нулей на выходной статической характеристике (и, соответственно, на выходной статической характеристике преобразователя неравновесия ампер-витков), что вызывает определенные трудности при использовании такого узла в системах измерения или стабилизации постоянных токов большой силы. ИППТ, преобразователь неравновесия ампер-витков которого выполнен на основе магнитного модулятора с удвоением частоты, в дальнейшем для краткости будем называть ИППТ на основе магнитного модулятора с удвоением частоты.

Для стабилизаторов постоянного тока в ЛЯП ОИЯИ разработан ИППТ, блок-схема которого представлена на рис.1. На основе этой разработки были спроектированы ИППТ на номинальные токи до 4 кА (ряд: 0,6; 1,0; 2,0; 4,0 кА) для стабилизированных источников питания магнитных элементов циклотрона У-120К (технический проект циклотрона У-120К был разработан для Республики Куба в 1989 г.).

ИППТ содержит магнитомодуляционный узел 1, генератор возбуждения 2 с выходами основной (F) и удвоенной частот (2F), фазочувствительный детектор 3, дополнительный генератор возбуждения 4, блок пиковых детекторов 5, усилитель постоянного тока 6, эталонный резистор 7, детектор насыщения магнитопроводов 8, тепловое реле 9, световой индикатор 10, балластный резистор 11 и резистивный делитель 12.

Магнитомодуляционный узел (ММУ) 1 содержит рабочие магнитопроводы T1, T2 и T3 соответственно с обмотками возбуждения  $W_{e1}$ ,  $W_{e2}$  и  $W_{e3}$ , магнитный экран T4, измерительную обмотку W, секции компенсационной обмотки  $W_{k1}$ ,  $W_{k2}$ , ...  $W_{kn}$ . Выполнение компенсационной обмотки ММУ в виде отдельных изолированных секций обеспечивает возможность реализовать в ИППТ комбинированное уравнивание [2].

© Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, 1995

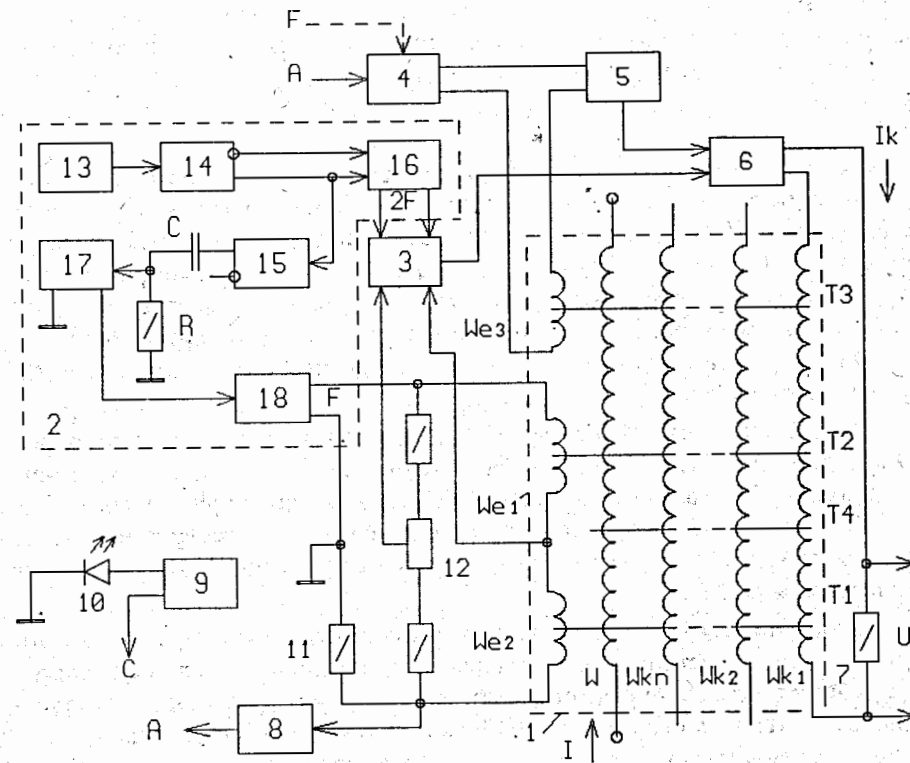


Рис.1. Блок-схема измерительного преобразователя постоянного тока

Генератор возбуждения (ГВ) 2 содержит мультивибратор (задающий генератор) 13, первый 14 и второй 15 триггеры со счетным входом (делители частоты на 2), первый 16 и второй 17 импульсные усилители, оконечный усилитель 18. Первый триггер со счетным входом 14 и первый импульсный усилитель 16 вырабатывают напряжение прямоугольной формы частоты 2F, которое в качестве коммутирующего (опорного) подается на соответствующие входы фазочувствительного детектора 3.

На выходе второго триггера со счетным входом 15 вырабатывается последовательность прямоугольных импульсов напряжения с частотой повторения F. При этом длительности импульсов и пауз между ними равны. Это позволяет получить на выходе оконечного усилителя 18 переменное напряжение прямоугольной формы (напряжение возбуждения ММУ, подаваемое на обмотки  $W_{e1}$  и  $W_{e2}$ ), длительность положительной полуволны которого равна длительности его отрицательной полуволны. При таком соотноше-

Объединенный институт ядерных исследований  
Дубна  
БИБЛИОТЕКА



нии указанное напряжение не содержит четных гармоник, что является одним из основных требований к генератору возбуждения магнитного модулятора с удвоением частоты. Выход триггера 15 подключен ко входу импульсного усилителя 17 через разделительный конденсатор С (R-резистор утечки).

Обсуждаемый ИППТ представляет собой замкнутую систему автоматического регулирования с переменной (изменяемой) структурой [3,4]. Конструкция ИППТ позволяет реализовать две структуры: структуру 1 и структуру 2. В структуре 1 действует преобразователь неравновесия ампер-витков на основе магнитного модулятора с удвоением частоты. В структуре 2 в действие вводится также второй преобразователь неравновесия ампер-витков, в основу которого положено детектирование асимметрии намагничивающего тока [5].

Переход от одной структуры ИППТ к другой происходит автоматически под действием сигналов, вырабатываемых детектором насыщения магнитопроводов 8. В рабочем режиме ИППТ имеет структуру 1. Нарушения рабочего режима ИППТ, при которых магнитный модулятор с удвоением частоты выходит из рабочей зоны, фиксируются детектором насыщения магнитопроводов 8.

На выходе этого детектора появляется соответствующий сигнал, который по линии А поступает на управляющий вход дополнительного генератора возбуждения 4 и вводит его в действие. Таким образом, осуществляется переход ИППТ к структуре 2. Действие структуры 2 направлено на ввод магнитного модулятора в рабочую зону. После ввода магнитного модулятора с удвоением частоты в рабочую зону на выходе детектора 8 появляется сигнал, обеспечивающий выключение дополнительного генератора возбуждения 4. Происходит переход ИППТ к структуре 1.

Работа ИППТ достаточно подробно обсуждается в [3,4]. Блоки и элементы 2, 3, 8—18 составляют основу структуры 1 ИППТ, при этом магнитопроводы  $T1$  и  $T2$  (с обмотками  $W_{e1}$  и  $W_{e2}$  соответственно) магнитомодуляционного узла 1 входят в структуру 1. Блоки 4,5 и магнитопровод  $T3$  с обмоткой возбуждения  $W_{e3}$  обеспечивают формирование структуры 2 в совокупности с остальными блоками и узлами ИППТ (дополняют структуру 1 до структуры 2). Усилитель постоянного тока 6, эталонный резистор 7, магнитный экран  $T4$ , обмотки  $W$ ,  $W_{k1}$ ,  $W_{k1}$  ...  $W_{kn}$  являются общими для обеих структур. Дополнительный генератор возбуждения 4 может быть синхронизирован от генератора возбуждения 2 подачей импульсов частоты  $F$  на соответствующий вход.

Важно отметить, что узлы 4—7 совместно с  $T3$ ,  $W_{e3}$ ,  $W$ ,  $W_{k1}$ ,  $W_{k2}$  ...  $W_{kn}$  и  $T4$  образуют ИППТ, преобразователь неравновесия которого осно-

ван, как указывалось выше, на детектировании асимметрии намагничивающего тока (ИППТ с преобразователем неравновесия ампер-витков такого типа в дальнейшем для краткости будем называть ИППТ на основе детектирования асимметрии намагничивающего тока). Этот относительно простой ИППТ может быть использован самостоятельно [6], но его точность ниже, чем у ИППТ на базе магнитного модулятора с удвоением частоты.

В рассматриваемом ИППТ с переменной структурой, по существу, имеются два ИППТ: основной ИППТ высокой точности на основе магнитного модулятора с удвоением частоты и дополнительный ИППТ на основе детектирования асимметрии намагничивающего тока. Дополнительный ИППТ обеспечивает ввод основного в рабочую зону.

ИППТ на основе магнитного модулятора с удвоением частоты широко используются самостоятельно (без дополнительного ИППТ). При этом применяются другие средства для ввода их в рабочую зону. Так, например, ввод в зону такого ИППТ, используемого в качестве датчика в стабилизаторе постоянного тока, может осуществляться путем медленного изменения компенсирующего (тока  $I_k$ ) или стабилизируемого тока  $I$  [7].

В принципе, в этих обоих вариантах ввода ток  $I$  в процессе ввода может изменяться в пределах от нулевого до номинального значения. Если подобные изменения недопустимы по условиям технологического процесса, в котором участвует такой стабилизатор тока, то эти варианты ввода неприемлемы, и в таком стабилизаторе следует использовать ИППТ с изменяемой структурой.

ИППТ на основе магнитного модулятора с удвоением частоты, предназначенные для метрологических систем (исключая системы стабилизации тока), целесообразно вводить в рабочую зону путем медленного изменения компенсирующего тока  $I_k$ . Такие устройства разработаны и используются в ЛЯП ОИЯИ. Результаты разработки предполагается опубликовать в ближайшее время.

В заключение рассмотрим назначение некоторых элементов ИППТ и их взаимодействие. Балластный резистор  $11$  ограничивает ток в цепи последовательно соединенных обмоток возбуждения  $W_{e1}$  и  $W_{e2}$ . Падение напряжения на балластном резисторе  $11$  содержит информацию о степени намагничивания (насыщения) магнитопроводов ИППТ. Это напряжение является сигналом для детектора насыщения магнитопроводов 8.

Как уже отмечалось, при насыщении магнитопроводов ИППТ (при выходе из рабочей зоны) по сигналу с выхода блока 8 происходит переход ИППТ к структуре 2. Если нарушение рабочего режима ИППТ вызвано случайным «замагничиванием» его магнитопроводов, действием структуры 2 это «замагничивание» будет быстро устранено и рабочий режим будет восстановлен. Если «замагничивание» не будет устранено (например,

из-за возникшей в ИППТ неисправности) в течение относительно длительного интервала времени, тепловое реле 9 отключит питание ИППТ (воздействием сигнала С на соответствующий исполнительный элемент). Тепловое реле 9 измеряет температуру балластного резистора 11, которая при «замагничивании» магнитопроводов ИППТ быстро повышается вследствие резкого увеличения тока в цепи обмоток возбуждения. Отключение питания необходимо для предотвращения недопустимого перегрева узлов ИППТ.

#### Литература

1. Спектор С.А. — Измерение больших постоянных токов. Л.: Энергия, 1978.
2. Калиниченко В.В. — Сообщение ОИЯИ Р13-93-166, Дубна, 1993.
3. Калиниченко В.В. — А.с. 1150566 (СССР). Опубликовано в ОИ, 1985, №14, с.142.
4. Калиниченко В.В. — А.с. 1705753 (СССР). Опубликовано в ОИ, 1992, №2, с.172.
5. Калиниченко В.В. — Сообщение ОИЯИ Р13-93-349, Дубна, 1993.
6. Батманова Э.К. и др. — Сообщение ОИЯИ 13-87-781, Дубна, 1987.
7. Денисов Ю.Н., Калиниченко В.В. — Сообщение ОИЯИ 13-6531, Дубна, 1972.

Калиниченко В.В.

Р13-95-168

Измерительный преобразователь постоянного тока

Рассматривается техническое решение по измерительному преобразователю постоянного тока (ИППТ), предназначенного для измерения постоянных токов большой силы. Приведена блок-схема ИППТ, кратко обсуждается принцип действия. Данный ИППТ представляет собой замкнутую систему автоматического регулирования с переменной (изменяемой) структурой. Рассмотрено назначение отдельных узлов.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1995

Kalinichenko V.V.

P13-95-168

Measuring Direct-Current Converter

The design of a measuring d.c. converter (MDCC) for measurement of large-strength direct currents is described. The block diagram of the MDCC is given, the principle of operation is briefly discussed. The MDCC is a closed system of automatic control with a variable structure. Purposes of individual units are considered.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1995