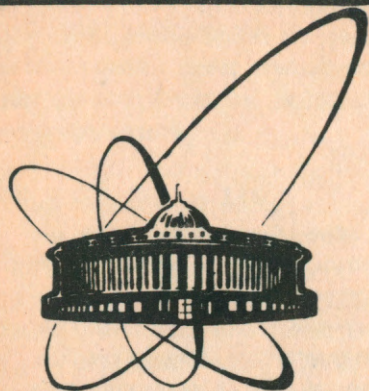


91-295



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P13-91-295

Э.К.Батманова, Г.Г.Казакова, В.В.Калиниченко

ДАТЧИК ТОКА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ
ОСНОВНОЙ ОБМОТКИ
ЖЕЛЕЗНО-ТОКОВОГО КАНАЛА
ФАЗОТРОНА ОИЯИ

1991

Батманова Э.К., Казакова Г.Г., Калининченко В.В.

P13-91-295

Датчик тока источника питания основной обмотки
железно-токового канала фазотрона ОИЯИ

Обсуждается датчик постоянного тока на номинальный ток 12,5 кА. Погрешность преобразования составляет $\sim 10^{-3}$. Датчик содержит каскадно включенные первый и второй измерительные преобразователи постоянного тока, основанные на магнитном сравнении постоянных токов. Рассмотрен принцип действия датчика, приведена его блок-схема, а также блок-схема преобразователя разбаланса намагничивающих сил постоянных токов первого измерительного преобразователя постоянного тока. Представлена конструктивная схема магнитомодуляционного узла первого измерительного преобразователя постоянного тока.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1991

Перевод М.И.Потапова

Batmanova E.K., Kazakova G.G., Kalinichenko V.V.

P13-91-295

Current Transducer for the Power Supply of the Main
Coil of the Iron-Current Channel at the JINR Phasotron

A direct current transducer of current rating 12.5 kA is discussed. The conversion error is $\sim 10^{-3}$. The transducer comprises a cascade of the first and second measuring direct-current converters based on magnetic comparison of direct currents. The principle of operation of the transducer is considered, its block-diagram and the block-diagram of the converter of magnetic force disbalance of direct currents for the first measuring DC converter are given. The circuit diagram of the magnetic modulation unit of the measuring DC converter is presented.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1991

Одним из путей повышения надежности оборудования является резервирование ответственных узлов. Резервирование обеспечивает также существенное сокращение времени простоя при ремонте, что важно с точки зрения эффективного использования времени работы ускорителя. В 1986 г. были начаты работы по созданию резервного силового преобразователя с регулированием на первичной стороне и двух датчиков тока для системы питания основной обмотки железно-токового канала (ЖТК) фазотрона ОИЯИ. Первый из этих датчиков тока обсуждается в работе^{1/}, а второй — в настоящем сообщении.

Упрощенная блок-схема датчика тока представлена на рис.1. Он содержит два каскадно включенных измерительных преобразователя 1 и 2. Измеряемый ток I подается на вход измерительного преобразователя 1, выходной ток которого $I_{к1}$, поступает на вход измерительного преобразователя 2. Выходной ток измерительного преобразователя I_d протекает по эталонному резистору $R_{эт}$ и создает на нем падение напряжения U_d , которое является выходным напряжением датчика тока.

В основу работы измерительных преобразователей 1 и 2 положен принцип магнитного сравнения постоянных токов. Измерительный преобразователь 1 содержит измерительную обмотку (ИО1) с числом витков $W_{и1}$, компенсационную обмотку (КО1) с числом витков $W_{к1}$, преобразователь разбаланса 1 (ПР1) намагничивающих сил (н.с.), усилитель 1 постоянного тока (УПТ1), регулируемый источник 1 (РИ1) постоянного тока.

Измерительный преобразователь 2 содержит измерительную обмотку (ИО2) с числом витков $W_{и2}$, компенсационную обмотку (КО2), выполненную из отдельных секций с разным числом витков, преобразователь разбаланса 2 (ПР2) н.с., усилитель 2 постоянного тока (УПТ2), коммутатор К секций компенсационной обмотки и эталонный резистор $R_{эт}$.

Измерительные преобразователи 1 и 2 являются замкнутыми

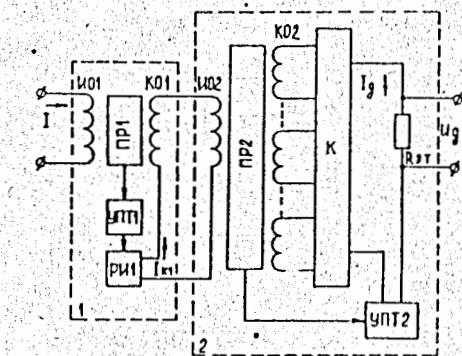


Рис.1. Упрощенная блок-схема датчика тока.

© Объединенный институт ядерных исследований Дубна, 1991

системами автоматического регулирования следующего типа, действие которых направлено на поддержание баланса н.с., создаваемых соответствующими измерительными и компенсационными обмотками. В стационарном режиме работы их состояние описывается соответственно соотношениями

$$I W_{и1} - I_{к1} W_{к1} = \Delta I W_{д1},$$

$$I_{к1} W_{и2} - I_d W_{к2} = \Delta I W_{д2},$$

где $W_{к2}$ — число витков, включенных коммутатором К в цепь тока I_d , I_d — выходной ток УПТ2, $\Delta I W_{д1}$ и $\Delta I W_{д2}$ — соответственно действующие рассогласования в контурах авторегулирования, при большом усилении в контурах авторегулирования величины $\Delta I W_{д1}$ и $\Delta I W_{д2}$ пренебрежимо малы, $\Delta I W_{д1} \approx \Delta I W_{д2} \approx 0$. Из этих соотношений получаем

$$I_d = I W_{и1} W_{и2} / W_{к1} W_{к2}.$$

Выходное напряжение U_d датчика тока равно

$$U_d = I R_{эт} W_{и1} W_{и2} / W_{к1} W_{к2}.$$

Погрешность преобразования тока I в напряжение U_d определяется, главным образом, погрешностью и нестабильностью эталонного резистора $R_{эт}$, а также дрейфом нуля преобразователей разбаланса н.с. ПР1 и ПР2. Проблема погрешности преобразования может быть предметом специального теоретического исследования и выходит за рамки настоящего сообщения.

Преобразователь 1 разбаланса н.с. выполнен на основе магнитного модулятора, возбуждаемого однополярными импульсами^{2,3/}. Блок-схема ПР1 представлена на рис.2.

ПР1 содержит первый и второй генераторы однополярных импульсов (ГОИ1 и ГОИ2), демодулятор (Д) и магнитомодуляционный узел (ММУ), который включает рабочие магнитопроводы М1 и М2 соответственно с обмотками возбуждения ОВ1 и ОВ2, а также так называемый магнитный экран МЭ. Обмотки измерительная ИО1 и компенсационная КО1 являются общими для магнитопроводов М1, М2 и МЭ. В ММУ используются магнитопроводы кольцевого типа. На рис.3 представлена конструктивная схема ММУ. Здесь магнитный экран образован тремя магнитопроводами С1, С2 и С3. Остальные обозначения соответствуют принятым на рис.2.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

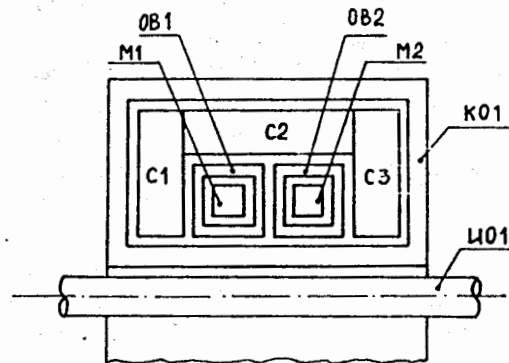
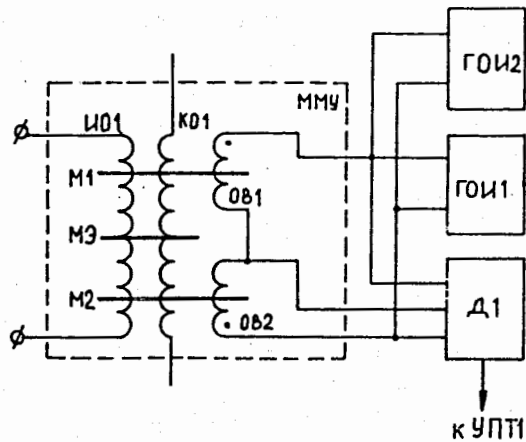
Рис.2. Блок-схема преобразователя 1 разбаланса намагничивающих сил (ПР1).

В работе^{/3/} содержатся основные сведения по обсуждаемому преобразователю разбаланса н.с. Здесь описана работа преобразователя разбаланса н.с., обсуждаются требования к параметрам ГОИ1 и ГОИ2, приведены технические решения по выполнению ГОИ1, ГОИ2 и Д.

Рабочие магнитопроводы М1 и М2 имеют размеры 145x135x5 мм, а магнитопроводы МЭ С1, С3 — 270x140x50 мм и С2 — 270x160x100 мм. Для изготовления магнитопроводов М1 и М2 использована лента из материала 79НМ толщиной 0,1 мм, а для изготовления магнитопроводов С1-С3 — лента из материала 50НП. Обмотки возбуждения ОВ1 и ОВ2 выполнены проводом ПЭВ-2 \varnothing 0,85 мм и содержат по 1236 витков каждая. Компенсационная обмотка КО1 выполнена проводом ПБД \varnothing 5 мм и содержит 237 витков. Измерительная обмотка ИО1 выполнена в виде одного проходного витка (медный токопровод \varnothing 50 мм с каналом \varnothing 12 мм для охлаждающей воды). Рабочая частота ГОИ1 и ГОИ2 — 100 Гц, амплитуда и длительность импульсов соответственно 12 А, ~ 1,5 мс и 0,05 А, ~ 8 мс.

Регулируемый источник¹ постоянного тока выполнен на основе тиристорного управляемого выпрямителя с индуктивным фильтром для снижения уровня пульсаций тока. Такое решение обеспечивает высокую надежность измерительного преобразователя 1, но не является оптимальным с точки зрения достижения высоких метрологических харак-

Рис.3. Конструктивная схема магнитомодуляционного узла.



теристик преобразователя. Однако при этом погрешность преобразования не превышает $\sim 10^{-3}$, что вполне достаточно в данном случае.

Обсуждаемый регулируемый источник постоянного тока содержит силовой трехфазный трансформатор, трехфазную тиристорную мостовую схему выпрямления, систему импульсно-фазового управления тиристорами и сглаживающий дроссель. Параметры РИ1: номинальный ток — 53 А, номинальное напряжение — 35 В.

В заключение укажем, что УПТ1 выполнен на основе схемных решений, обычно используемых в системах автоматического регулирования.

Преобразователь 2 разбаланса н.с. имеет гибкую структуру, которая изменяется в зависимости от режима его работы^{/4, 5/}. В рабочем режиме ПР2 имеет структуру I, а в режиме ввода — структуру II, причем указанные структуры существенно отличаются друг от друга.

В структуре I преобразование разбаланса н.с. осуществляется с помощью магнитного модулятора, действующего по принципу удвоения частоты. Преобразователь разбаланса н.с. на основе магнитного модулятора с удвоением частоты обладает самыми высокими метрологическими характеристиками, что является определяющим для рабочего режима. Статическая характеристика преобразователя разбаланса н.с. в этом случае имеет "ложные нули", однако этот недостаток при гибкой структуре преобразователя не имеет существенного значения.

В структуре II преобразование разбаланса н.с. осуществляется с помощью магнитного модулятора, возбуждаемого однополярными импульсами. Статическая характеристика такого преобразователя разбаланса н.с. не имеет "ложных нулей", это свойство является определяющим для режима ввода. Ухудшение метрологических характеристик преобразователя разбаланса н.с. в структуре II не имеет в данном случае существенного значения.

Кроме модуляционного генератора, фазочувствительного детектора и демодулятора преобразователь разбаланса н.с. содержит блок управления, коммутатор, датчики насыщения магнитопроводов и другие узлы^{/4, 5/}. Переход от одной структуры преобразователя к другой осуществляется с помощью коммутатора, который по командам блока управления включает в действие присущую данной структуре совокупность элементов и связей. Блок управления вырабатывает команды в соответствии с информацией, поступающей в него от датчиков насыщения магнитопроводов магнитного модулятора.

При нарушении рабочего режима ПР2, приведшего к насыщению магнитопроводов магнитного модулятора, в результате взаимодействия перечисленных узлов произойдет автоматический переход к структуре II. Структура II способна устранить любые разбалансы н.с., после восстановления баланса н.с. произойдет автоматический переход к структуре I.

Таким образом, восстанавливается нормальная работа измерительного преобразователя 2, который будет с высокой точностью осуществлять преобразование тока $I_{к1}$ в ток I_d .

Магнитомодуляционный узел ПР2 выполнен на четырех кольцевых магнитопроводах с размерами 70x50x10 мм, выполненных из ленточного пермаллоя 79НМ. Два из этих магнитопроводов имеют обмотки возбуждения и являются рабочими, а два других образуют магнитный экран. Обмотки возбуждения содержат по 450 витков провода ПЭВ-2 \varnothing 0,35 мм. Рабочая частота 300 Гц. Компенсационная обмотка К02 имеет 10 секций с числом витков соответственно 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 и 512, провод ПЭВ-2 \varnothing 0,45 мм. Измерительная обмотка И02 выполнена в виде одного проходного витка (медный круглый токопровод, сечение $\sim 50 \text{ мм}^2$).

В обсуждаемом датчике тока используется транзисторный коммутатор, обсуждавшийся в работе [6]. В качестве коммутирующих транзисторов здесь использованы транзисторы КТ801.

УПТ2 выполнен на операционном усилителе типа К140УД1Б. Оконечный каскад УПТ2 обеспечивает выходной ток 60 мА и напряжение 15 В (максимальные значения).

При номинальном измеряемом токе (12,5 кА) относительная погрешность преобразования не превышает 10^{-3} (при условии калибровки эталонного резистора $R_{эт}$, с погрешностью, меньшей 10^{-3}). С октября 1990 г. датчик тока находится в опытной эксплуатации на фазотроне ОИЯИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батманова Э.К. и др. — Сообщение ОИЯИ, Р13-90-582, Дубна, 1990.
2. Розенблат М.А. — Магнитные элементы автоматики и вычислительной техники. М.: Наука, 1966, с.321.
3. Батманова Э.К. и др. — Сообщение ОИЯИ, Р13-91-282, Дубна, 1991.
4. Калининченко В.В. — А.с. № 1150566 (СССР). Опубликовано в ОИ, 1985, № 14, с.142.
5. Калининченко В.В. — А.с. № 1287023 (СССР). Опубликовано в ОИ, 1987, № 4, с.185.
6. Батманова Э.К. и др. — Сообщение ОИЯИ, 13-87-781, Дубна, 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 июня 1991 года.