

1 24

СООБЩЕНИЯ Объединенного института ядерных исследований дубна

P13-90-532

1990

В.В.Ахманов, Э.К.Батманова, Г.Г.Казакова, В.В.Калиниченко, В.П.Соломников

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ ИСТОЧНИК ТОКА ДЛЯ ПИТАНИЯ КОРРЕКТИРУЮЩЕЙ ОБМОТКИ ЖЕЛЕЗНО-ТОКОВОГО КАНАЛА ФАЗОТРОНА ОИЯИ В работе¹¹ дано краткое описание стабилизированного источника тока для питания корректирующей обмотки железно-токового канала (ЖТК) системы вывода пучка из фазотрона ОИЯИ. В этом источнике используется магнитомодуляционный датчик тока, содержащий трансформатор постоянного тока (ТПТ) и магнитный модулятор с удвоением частоты, а также соответствующие электронные узлы^{2,3}.

Датчик этого типа представляет собой довольно сложное устройство. Преобразование тока высокого уровня (I_{μ}) в ток низкого уровня (I_{κ}) производится здесь при взаимодействии ТПТ, источника тока смещения (ИС) и замкнутого контура авторегулирования на основе магнитного модулятора с удвоением частоты. Диагностика неисправностей в устройстве в случае их возникновения сопряжена с определенными трудностями, так как требуется проверка узлов на специализированном стенде.

В 1989 г. произведена модернизация стабилизированного источника тока для питания корректирующей обмотки ЖТК. При этом силовые узлы источника, а также основной блок^{/1 /} измерительно-усилительного устройства контура стабилизации и согласующий блок остались без изменений. Разработаны, изготовлены и задействованы новые узлы: генератор возбуждения (ГВ), демодулятор (Д) и усилитель постоянного тока (УПТ). Магнитомодуляционный узел датчика тока используется в прежнем конструктивном исполнении, однако ряд его обмоток (как будет показано ниже) не используются. В результате указанных изменений произошло существенное упрощение датчика тока. Теперь основой датчика тока является магнитный модулятор с двуполярным импульсным возбуждением^{/4 /}.

На рис.1 представлена блок-схема датчика тока. Обозначения элементов магнитомодуляционного узла и другие обозначения здесь сохранены такими же, как в работе¹³¹, что дает возможность более наглядно представить различия между прежним и модернизированным датчиками тока. Обмотки W_{cm} , W_{m1} , W_{p1} и W_{p2} в модернизированном датчике не подключены к каким-либо источникам. Очевидно, что токи I_{cm} и I_p в модернизированном варианте не протекают, а выходной ток УПТ I_y является током компенсации I_{κ} . В общем датчик тока представляет собой замкнутую систему авторегулирования следующего типа. Измеряемый ток I_{μ} преобразуется здесь с высокой точностью в напряжение U_{n} .

OD MAR CHARTY RECTUTYT CENERCESCO A XMERTER **EHS/HOTEHA**



Датчик тока работает следующим образом. Измеряемый ток I,, протекая по измерительной обмотке с числом витков W_и, создает в магнитопроводах M1 ÷ M4 намагничивающую силу (н.с.) I_иW_и. Ток компенсации 1,, вырабатываемый УПТ, протекая по включенным секциям компенсационной обмотки, создает н.с. I W*. Здесь W* - число витков, включенных в цепь тока I_к переключателями S1 ÷ SN.

Заметим, что н.с. І , W , направлена навстречу н.с. І , W ,. Тогда результирующая н.с., действующая на магнитопроводы М1 ÷ М4, будет равна

 $\Delta IW = I_{\mu}W_{\mu} - I_{\nu}W_{\nu},$

где W_к = W^{*}_к + W_{ур}. Магнитопровод M3 с обмоткой возбуждения W_{м1}, ГВ и Д образуют преобразователь разбаланса н.с., работающий в режиме двуполярной импульсной модуляции. Преобразователь разбаланса н.с. обладает следующими свойствами (при разомкнутом контуре авторегулирования): при $\Delta IW = 0$ напряжение U_п на выходе Д равно нулю, при $\Delta IW \neq 0$ напря-

жение U_п определяется величиной ΔIW (при относительно малых значениях ΔIW напряжение U_{π} пропорционально величине ΔIW , с ростом ΔIW пропорциональность нарушается), а знак U_{π} определяется знаком ΔIW .

Таким образом, в замкнутом контуре авторегулирования при $\Delta IW \neq 0$ на вход УПТ поступает воздействие U_п, при этом действие контура авторегулирования направлено на поддержание баланса н.с. В стационарном режиме работы состояние следящей системы описывается соотношением

$${}_{\mathbf{H}}\mathbf{W}_{\mathbf{H}} - \mathbf{I}_{\mathbf{K}}\mathbf{W}_{\mathbf{K}} = \Delta \mathbf{I}\mathbf{W}_{\mathbf{C}},$$

где ∆IW _ – действующее статическое рассогласование. При большом усилении УПТ значение ∆IW, пренебрежимо мало, тогда

$$I_{\kappa} = I_{\mu} W_{\mu} / W_{\kappa},$$

$$J_{\Pi} = R_{\mathbf{3T}} I_{\mathbf{M}} W_{\mathbf{M}} / W_{\mathbf{K}}$$

где R_{эт.} — номинальное значение сопротивления эталонного резистора.

Магнитопроводы М1, М2, М4 образуют так называемый магнитный экран¹⁴. Магнитный экран увеличивает индуктивность компенсационной обмотки, что обеспечивает ослабление в выходном напряжении U, переменных составляющих, передаваемых от обмотки возбуждения W., . Кроме того, через магнитный экран осуществляется прямая магнитная связь между измерительной и компенсационной обмотками. Поэтому при относительно небольшом активном сопротивлении R 5 в цепи обмотки компенсации происходит трансформаторная передача переменных составляющих измеряемого тока к эталонному резистору R_{3T} , что расширяет полосу пропускания датчика тока ($R_{\Sigma} = R_{\kappa} + R_{3T}$, + R_{вых}, где R_к – активное сопротивление компенсационной обмотки, R_{вых}. — выходное сопротивление УПТ).

На рис.2 приведена принципиальная схема генератора возбуждения и демодулятора. ГВ содержит автономный инвертор, выполненный по мостовой схеме на тиристорах VS1 ÷ VS4, накопительный C1 и формирующий СЗ конденсаторы. Формирование импульсов управления тиристорами осуществляется с помощью пикового трансформатора Т1, первичная обмотка которого подключена через ограничительный резистор R2 к переменному напряжению 17 В, 50 Гц. В цепях управления тиристоров последовательно или параллельно включены полупроводниковые вентили (типа Д7Ж), предотвращающие подачу напряжения отрицательной полярности на управляющие электроды тиристоров, кроме того, имеются также ограничительные резисторы и резисторы утечки (порядка 10 Ом).



Рис.2. Принципиальная схема генератора возбуждения и демодулятора.

Процессы формирования импульсов тока в цепи обмотки возбуждения W_{м1} происходят при участии кондесатора C3: при отпирании пары тиристоров VS1 и VS4 (или VS2 и VS3) конденсатор C3 перезаряжается от источника питания (27 В) через обмотку W_{м1} и резистор R9 (обмотка W_{м1} подключается к выходу ГВ через контакты 2а и 8а). Когда ве-



Рис.3. Принципиальная схема усилителя постоянного тока.

личина тока перезарядки станет меньше значения тока удержания, ток через рабочую в данный полупериод пару тиристоров прекращается и происходит восстановление их вентильной прочности. В следующий полупериод работы ГВ импульсами управления отпирается другая пара тиристоров и процесс повторяется. Резистор R10 облегчает процесс включения тиристоров. Реле К обеспечивает запуск инвертора после опрокидывания.

Демодулятор содержит импульсный трансформатор T2, обеспечивающий гальваническую развязку соответствующих цепей контура авторегулирования, два однополупериодных пиковых детектора (VD5, R14, C4 и VD6, R15, C5) и резистивный фазорасщепитель R11 ÷ R13. Входным сигналом для Д являются импульсы напряжения, подаваемые на первичную обмотку T2 с резистора R9. Более подробно работа аналогичных МГ и Д описана в работе¹⁵¹. Здесь же приведены конструктивные данные трансформаторов T1 и T2.

На рис.3 представлена принципиальная схема УПТ, в состав которого входят операционный усилитель ДА, транзисторный усилительный каскад (VT1) с общим эмиттером и эмиттерный повторитель на

ŀ



Рис.4. Принципиальная схема согласующего блока.

составном транзисторе (VT2, VT3). Операционный усилитель ДА охвачен частотно-зависимой отрицательной обратной связью (цепочка R6, C5*). Защитная цепь R1, VD1, VD2 обеспечивает ограничение напряжения, поступающего на вход ДА. Резистор R13 (R_{эт}) служит для контроля величины тока компенсации I₂.

Принципиальная схема согласующего блока приведена на рис.4. Выход этого блока (U_{упр}) подключается к управляющему входу транзисторного регулятора, а вход (контакт 1а) — к выходу основного блока измерительно-усилительного устройства контура стабилизации. Согласующий блок содержит усилительный каскад с общим эмиттером (V3) и эмиттерный повторитель (V4). Элементы R1 ÷ R4 и C1 ÷ C3 образуют цепи коррекции контура авторегулирования.

На рис.5 приведена принципиальная схема транзисторного регулирующего элемента, который содержит 36 параллельно включенных регулирующих транзисторов (VT4 ÷ VT39) и 3 усилителя тока (эмиттерные повторители VT1 ÷ VT3). Все транзисторы монтируются на плите из дюралюминия, которая охлаждается водой. Более подробно электрическая схема и конструкция подобного регулирующего элемента



Рис.5. Принципиальная схема транзисторного регулирующего элемента.

обсуждается в работах^{16,71}. Транзисторный регулятор обсуждаемого источника тока содержит 5 регулирующих элементов, соединенных параллельно.

Дополнительный силовой трансформатор¹¹ выполнен на магнитопроводе от заводского трансформатора типа TC-10. Первичные обмотки его содержат по 49 витков (сечение медного проводника 45 мм²), а вторичные — по 12 витков (сечение проводника 160 мм²).

7

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Ахманов В.В. и др. Сообщение ОИЯИ, Р13-90-420, Дубна, 1990.
- 2. Калиниченко В.В. А.с. № 1231468 (СССР). Опубликовано в ОИ, 1986, № 18, с. 210.
- Денисов Ю.Н. и др. В сб.: Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, ОИЯИ, 1984, т. 1, с.384.
- 4. Калиниченко В.В. А.с. № 1180862 (СССР). Опубликовано в ОИ, 1985, № 35, с.193,
- 5. Батманова Э.К. и др. Сообщение ОИЯИ, 13-87-781, Дубна, 1987.
- 6. Богомолова Л.К. и др. ОИЯИ, Р9-7339, Дубна, 1973, с.62.
- 7. Денисов Ю.Н. и др. В сб.: Труды Международного совещания по циклотронам и их применению. ОИЯИ, Р9-85-707, Дубна, 1985, с.214.

Рукопись поступила в издательский отдел 26 ноября 1990 года.