

В.Ф. МАТЮК, В.А. БУРАК, А.А. ОСИПОВ, Д.А. ПИНЧУКОВ
ГНУ «ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

В приборах магнитной дефектоскопии, структуроскопии, толщинометрии и для определения степени намагниченности ферромагнитных изделий широко используются преобразователи Холла и феррозонды. Последние характеризуются высокой чувствительностью (до 10^{-8} Тл) и предпочтительнее при построении средств контроля структурного состояния изделий и магнитной дефектоскопии [1].

Необходимость измерения градиента индукции или напряженности магнитного поля возникает при измерении неоднородных магнитных полей, например при импульсном магнитном методе контроля [2]. В приборах, реализующих этот метод, для расширения диапазона линейности и повышения точности измерений используется компенсационный метод. При этом компенсирующее поле создается либо специальными последовательно встречно включенными обмотками, намотанными поверх измерительных и подключенными к источнику компенсирующего напряжения, либо для этих целей используются сами последовательно встречно включенные измерительные обмотки, которые через разделительную цепь подключаются к этому же источнику.

Однако при использовании специальных компенсирующих обмоток увеличиваются размеры преобразователя и требуется относительно большая мощность для их питания. При необходимости использования в приборе нескольких типов преобразователей, например, преобразователя для измерения нормальной и преобразователя для измерения тангенциальной составляющих градиента магнитного поля, требуются отдельные каналы измерения для каждого из них. Кроме того, в современных приборах должны быть предусмотрены автоматический и дистанционный выбор поддиапазона и дистанционный съем результатов измерений.

В ИПФ НАН Беларуси разработан градиентометр, в котором для компенсации измеряемого градиента используются измерительные обмотки феррозонда, предусмотрены автоматический и дистанционный выбор поддиапазона измерения, дистанционный съем результатов измерения и возможность подключения различных типов феррозондовых преобразователей без введения дополнительных каналов измерения. Он может применяться как самостоятельно, так и быть встроенным в другие средства измерений. Функциональная схема градиентометра представлена на рисунке.

Градиентометр (рис. 1) содержит феррозондовый преобразователь 1, резисторы 2 – 4, фильтр 5, резистор 6, интегратор 7, конденсатор 8, усили-

тели 9 и 10, усилитель-ограничитель 11, фильтр 12, амплитудно-цифровой преобразователь 13, синхронный детектор 14, блок USB-выхода 15, интегратор 16, микроконтроллер 17, блок памяти 18, источник тока 19, индикатор 20, панель управления 21 и блок питания 22.

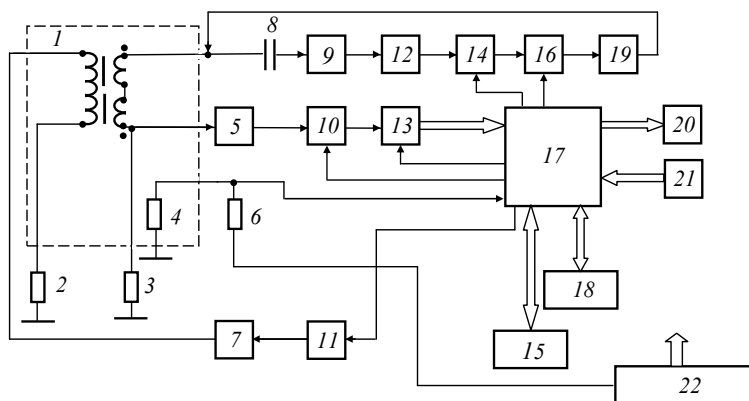


Рис. 1. Функциональная схема градиентометра

При включении блока питания 22 микроконтроллер 17 определяет тип преобразователя по величине напряжения, снимаемого с резистора 4, генерирует импульсы частотой 5кГц, из которых усилитель-ограничитель 11 формирует прямоугольные импульсы, преобразуемые интегратором 7 в импульсы треугольной формы для питания обмотки возбуждения феррозондового преобразователя 1. Резистор 2 служит для контроля тока возбуждения феррозондового преобразователя 1. При помещении преобразователя 1 в магнитное поле в его измерительной обмотке возникает сигнал, который через конденсатор 8 подается на усилитель 9. Фильтр 12 из усиленного сигнала выделяет вторую гармонику, которая поступает на вход синхронного детектора 14, управляемого микроконтроллером 17. Протектированный и проинтегрированный интегратором 16 сигнал регулирует величину постоянного тока источника тока 19, который поступает в измерительные обмотки преобразователя 1. За счет отрицательной обратной связи происходит компенсация измеряемого магнитного поля, причем ток компенсации пропорционален величине градиента этого поля. На управляющий вход интегратора 16 подается сигнал с микроконтроллера 17, который при необходимости переключает диапазон измерения. Конденсатор 8 служит для развязки цепей переменного и постоянного токов.

При протекании тока через резистор 3 на нем выделяется напряжение, пропорциональное величине градиента измеряемого поля, которое поступает последовательно на фильтр 5, усилитель 10 и далее на аналого-

цифровой преобразователь 13, где преобразуется в цифровой код и поступает на микроконтроллер 17, который определяет требуемый поддиапазон измерения и устанавливает соответствующий коэффициент усиления усилителя 10. После соответствующего преобразования микроконтроллером 17 измеренный сигнал подается на индикатор 20, блок USB-выхода 15 для передачи информации на персональный компьютер и блок памяти 18, который хранит режим измерения и параметры измеряемого поля. Требуемый диапазон измерения может устанавливаться и в ручном режиме с панели управления 21. Сброс результатов измерения осуществляется подачей соответствующих сигналов на управляющие входы амплитудно-цифрового преобразователя 13 и интегратора 16.

Источник питания 22 формирует необходимые уровни напряжений питания для работы градиентометра.

Использование вместо дополнительных катушек, охватывающих преобразователь 1, его измерительных обмоток позволило уменьшить размеры (диаметр) преобразователя и потребляемую им мощность.

Введение последовательно соединенной цепочки из резистора 3, фильтра 5, усилителя 10, аналого-цифрового преобразователя 13 и микроконтроллера 17, позволило автоматически устанавливать требуемый диапазон измерения. Введение блока USB-выхода 15 позволяет осуществлять дистанционный выбор поддиапазона измерения и дистанционный съем результатов измерения, а введение блока памяти 18 – хранить режим измерения и параметры измеряемого поля требуемое время.

Благодаря использованию цепочки из последовательно соединенных между собой и подключенных к источнику питания 22 резисторов 4 и 6, общая точка соединения которых подключена ко входу микроконтроллера 17, и совмещению резистора 4 с феррозондовым преобразователем 1 отпала необходимость в использовании отдельных каналов измерения для каждого типа преобразователя.

При использовании в приборе феррозондов приборов типа ИМА верхний предел измерения составляет $2 \cdot 10^5$ А/м² при хорошей линейности, температурная погрешность измерений в интервале 5–50 °С не превышает 0,15 % на 10 °С, диаметр преобразователя уменьшен примерно в 2 раза, а мощность источника компенсационного тока – в 4 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Испытания магнитных материалов и систем / Е. В. Комаров [и др.] ; под ред. А. Я. Шихина. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 376 с.
2. Мельгуй, М. А. Магнитный контроль механических свойств сталей / М. А. Мельгуй. – Минск : Наука и техника, 1980. – 184 с.

E-mail: matyuk@iaph.bas-net.by