

УДК 621.317

И.О. Оробей, канд. техн. наук, доц.; В.В. Сарока, канд. техн. наук, доц.;
Д.С. Карпович, канд. техн. наук, доц. (БГТУ, г. Минск)

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Для осуществления радиоспектроскопического анализа веществ необходимы магнитные системы, обладающие высокой стабильностью поля в рабочей области спектрометра с возможностью изменения поля по заданному закону для развертки при записи спектра.

Разработанное устройство стабилизации и развертки магнитного поля для радиоспектрометров представляет собой контур регулирования, включающий следующие блоки: магнитную систему с ярмом броневого типа на основе электромагнитов (объект регулирования); первичный преобразователь индукции в напряжение на датчике Холла, измеряющий регулируемую величину; аналоговый ПИД-регулятор; источник тока, управляемый напряжением (исполнительный механизм); генератор развертки, формирующий сигнал задания; блок питания.

Магнитная система имеет следующие параметры. Катушка электромагнита, содержащая 600 витков медного провода диаметром 0,5 мм, расположена на полюсных наконечниках. Для получения сигнала поле в месте расположения образца должно быть не менее 0,13 Тл. По конструктивным соображениям длина рабочего зазора выбрана равной 10 мм, а размеры рабочего зазора составляют 60×60×10 мм [1]. Расчет активного сопротивления катушки электромагнита, проведенный по средней длине витка при температурах 20 и 100°С, дает значения 13,8 и 18,8 Ом соответственно, что определяет область нормальной работы источника тока (без перехода в насыщение). Передаточная характеристика источника тока определяется его схемой и имеет вид: $W_{\text{ит}}=0,1$.

Для определения передаточной характеристики электромагнита (ток-поле) использовались методы расчета магнитных цепей.

$$\begin{cases} F_1 + F_2 + F_3 = 0 \\ l_1 H_1 + l_2 H_2 + l_3 H_3 = IN \end{cases}; \quad (1)$$

где F_1, F_2, F_3 – магнитные потоки в рабочем зазоре и участках ярма 1 и 2; l_1, l_2, l_3 – длины рабочего зазора и участков 1 и 2 ярма; H_1, H_2, H_3 – напряженности магнитного поля в рабочем зазоре и участках ярма 1 и 2; N, I – число витков и ток в катушке электромагнита. В силу симметрии магнитной системы $F_2=F_3, l_2=l_3, H_2=H_3$. С учетом потока поля

рассеивания с боковых граней полюсных наконечников в F_1 , используя систему (1) и кривую намагничивания находим, что поле в центре зазора $B=0,13$ Тл создается током $I=2,35$ А. Повторяя расчет для других значений индукции получаем нелинейную статическую характеристику магнитной системы (зависимость между B и I), линеаризуя которую при $B=0,13$ Тл определяем передаточную функцию

$$W_{MC} = K_{MC} / (T_{MC}p + 1) = 0,553 / (0,1p + 1). \quad (2)$$

Появление постоянной времени T_{MC} обусловлено переходом источника тока в режим источника напряжения из-за срабатывания защиты от индуктивных выбросов при изменениях тока.

Измерительная часть магнитометра на датчике Холла работает на переменном токе с синхронным детектированием и имеет контуры подавления синфазного сигнала и термостабилизации, что обеспечивает высокие метрологические характеристики в необходимом диапазоне полей 1ч625 мТл [2]. Упрощенно передаточную функцию магнитометра можно представить апериодическим звеном первого порядка

$$W_{дх} = K_{дх} / (T_{дх}p + 1) = 44 / (0,47p + 1). \quad (3)$$

Учитывая возможное возмущение (наведение внешнего магнитного поля либо введение в рабочий зазор ферромагнитного вещества) при помощи средств пакета MATLAB рассчитаны оптимальные уставки ПИД-регулятора: $K_p=3,82$, $T_i=7,73$ $T_d=0,15$. При данных значениях уставок система обрабатывает возмущение за 1 секунду, что позволяет выбрать скорость развертки поля исходя из требуемого диапазона записываемого спектра. Испытания, проведенные на макетном образце, подтвердили правильность проведенных расчетов. Данная структура может использоваться для широкополосных спектрометров магнитного резонанса и позволит проверить возможность использования новых алгоритмов радиоспектроскопических исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оробей И.О., Сарака В.В. Первичный преобразователь импульсного ЯМР – спектрометра для систем управления // Труды БГТУ. Сер. физ.-мат. Наук и информ. Вып. X. 2002. С. 136-138.
2. Оробей И.О., Кузьмицкий И.Ф., Гринюк Д.А., Жарский С.Е., Сарака В.В., Максимова М.В. // ПТЭ. 1997. №2. С. 141.