

### ПРЕЦИЗИОННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЭФФЕКТЕ ХОЛЛА

В настоящее время магнитометры на основе датчиков Холла (д.Х.) широко применяются для прецизионного измерения индукции магнитного поля. Однако при разработке электромагнитных расходомеров, радиоспектрометров, исследовании магнитных свойств веществ и т.д. требуется измерение с относительной погрешностью до 1% индукции низкочастотных (до 100 Гц) магнитных полей, амплитуда которых может изменяться в диапазоне  $5 \cdot 10^{-5} - 1$  Тл. Такая чувствительность не обеспечивается известными схемотехническими решениями. В этом случае необходимо принимать меры по уменьшению влияния синфазного сигнала, создаваемого управляющим током д.Х., а также температурных дрейфов преобразователя и схемы.

Разработанный измеритель индукции на переменном токе работает в диапазоне полей  $5 \cdot 10^{-5} - 1$  Тл с контурами подавления синфазного сигнала и термостабилизации. Первичным преобразователем устройства является GaAs д.Х. ПХЭ 602.118В, имеющий следующие характеристики: размеры -  $3 \cdot 3 \cdot 0.6$  мм; входное и выходное сопротивления  $R_{вх} = 2.6$  Ом и  $R_{вых} = 3.9$  Ом; магнитная чувствительность  $S = 0.045$  В/Тл при номинальном управляющем токе  $I_y = 0.1$  А; остаточное напряжение  $3 \cdot 10^{-6}$  В; температурные коэффициенты э.д.с. Холла и остаточного напряжения  $K_{эдс} = 0.0006$  %/К и  $K_T = 4 \cdot 10^{-8}$  В/К; нелинейность 0.12%; диапазон рабочих температур 1.5–373 К; верхний предел индукции 15 Тл.

Магнитометр работает следующим образом. Генератор формирует симметричные прямоугольные импульсы частотой  $10^3$  Гц. и управляет коммутатором, вырабатывающим импульсы задающего напряжения  $\pm 2.5$  В частотой  $10^3$  Гц для источника тока. Контур источника тока включает датчик тока с дифференциальным усилителем и пропорциональный регулятор с усилителем мощности. Через д.Х. проходят импульсы тока  $\pm I_y$  с частотой  $10^3$  Гц. Нестабильность их амплитуды, определяемая температурными коэффициентами сопротивления (т.к.с.) и напряжения, не превышает 0.05% на 50 °С.

Усилитель переменной составляющей э. д. с. Холла состоит из дифференциального измерительного и выходного усилителей.

Погрешности аналоговой части обусловлены суммарной нелинейностью, синфазным сигналом, температурными дрейфами и погрешностями калибровки. Нелинейность статической характеристики определяется параметрами д. Х. и тракта усиления. Она не превышает 0.2% в диапазоне  $5 \cdot 10^{-5}$ –1 Тл и может быть уменьшена на порядок при калибровке. Температурные погрешности обусловлены дрейфами напряжений смещения, входных токов и  $K_T$  д. Х., а также  $K_{эдс}$  и дрейфами коэффициентов усиления.

Применение схемы на переменном токе с синхронным детектированием позволяет подавить температурные дрейфы напряжений смещения, входных токов. Дальнейшее подавление температурных погрешностей обеспечивает система термостабилизации д. Х. и электронного блока. Ее термодатчиком является сам датчик Холла. Датчик находится в тепловом контакте с корпусом аналогового блока. Тепловое сопротивление между корпусом и внешней средой увеличено с помощью теплоизоляции, что обеспечивает разницу температур между корпусом и д. Х. не более 4 °С

Калибровка измерителя производилась по магнитометру на ядерном магнитном резонансе в полях 0.4, 0.2 и 0.1 Тл. Для индукций 0.05, 0.01,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  и  $10^{-5}$  Тл калибровка осуществлялась в поле катушек Гельмгольца. Поле Земли учитывалось переориентацией д. Х. на 180°.

После калибровки максимальная относительная погрешность при изменении температуры окружающей среды от 0 до 70 °С в диапазоне полей  $5 \cdot 10^{-5}$ – $10^{-4}$  Тл не превышает 0.7%;  $10^{-4}$ – $10^{-3}$  Тл – 0.4%;  $10^{-3}$ –0.625 Тл – 0.1%. В диапазоне  $5 \cdot 10^{-5}$ – $5 \cdot 10^{-4}$  Тл погрешность определяется синфазным сигналом.

Использование в составе системы стабилизации магнитного поля первичного преобразователя на основе датчика Холла позволяет существенно повысить управляемость системы.