

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ МЕТОДОМ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

*Научн. сотр. Дудник А.Б.,
студ. Мокренко А.А., студ. Бабенко И.А.*

Развитию магнитоизмерительной техники способствуют новые потребности (космические исследования), так и новые возможности, связанные с достижениями современной физики. Появляются новые принципы измерения магнитных величин, основанных на внутриатомных явлениях и явлениях сверхпроводимости.

В настоящее время существуют магнитоизмерительные средства самого различного назначения, используемые в чрезвычайно широком диапазоне полей (10^{-12} -30Т).

Появляются приборы, основанные на новых принципах измерения.

Одним из наиболее точных методов измерения индукции магнитного поля является метод ядерного магнитного резонанса, относящийся к квантовым методам преобразования.

Магнитный резонанс возникает вследствие избирательного поглощения или излучения электромагнитных волн определенной длины веществом, которое помещено в магнитное поле, и обусловлен взаимодействием с магнитным полем микрочастиц (ядер, электронов, атомов, молекул), обладающих магнитным моментом и спином. Энергия E таких частиц в магнитном поле зависит от ориентации их магнитных моментов относительно направления магнитной индукции. Эта ориентация имеет дискретный характер (в простейшем случае, как, например, для протона, вдоль и против направления магнитной индукции). Изменение ориентации магнитного момента и изменение его энергии, происходит скачкообразно.

При наличии резонанса индукция измеряемого поля

$$B_0 = \frac{2\pi}{\gamma} f_0 \quad (*)$$

Для протонов гиромагнитное отношение $\gamma = 2,67523 \cdot 10^8 \text{ гл}^{-1} \text{ сек}^{-1}$, следовательно,

$$B_0 = 2,34865 \cdot 10^{-8} f_0$$

где B_0 выражено в теслах, а f_0 — в герцах. При использовании электронного резонанса

$$B_0 = 3,568 \cdot 10^{-11} f_0.$$

Приборы, основанные на вынужденной ядерной прецессии, применяются для измерения магнитной индукции средних постоянных полей от 10^{-2} до 10 Т. Метод, использующий протонный резонанс дает точность 10^{-4} - 10^{-5} Т.

Блок-схема измерения магнитного поля электромагнита при помощи измерения поглощения высокой частоты приведена на рисунке 1.

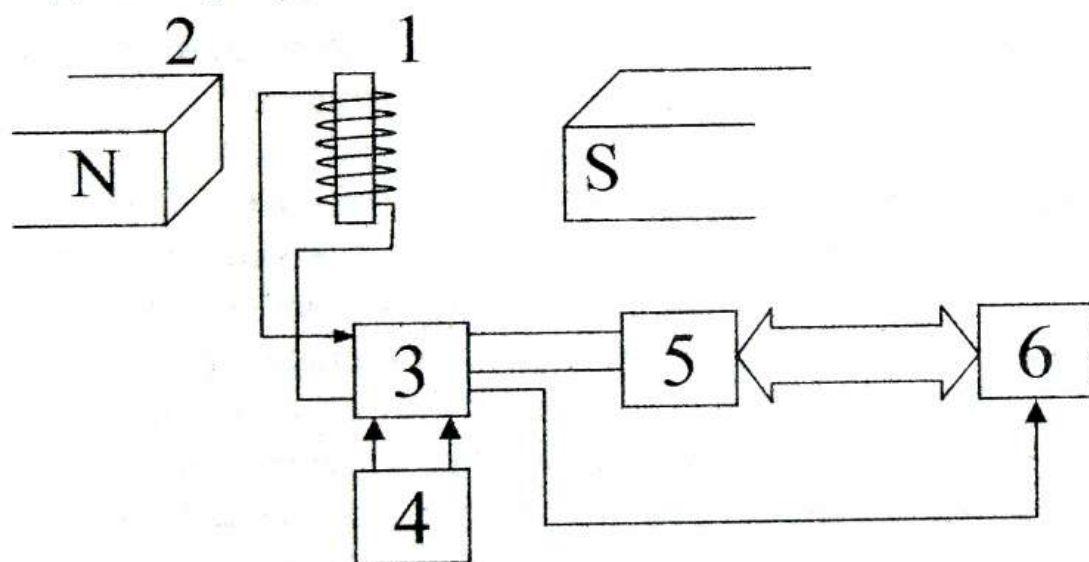


Рисунок 1 – Блок-схема измерения индукции электромагнита.

На рисунке 1 цифрами обозначены: 1 – образец; 2 – электромагнит; 3 – регенеративный усилитель; 4 – схема настройки усилителя; 5 – синтезатор частоты; 6 – микроконтроллер.

Для обнаружения резонанса используется регенеративная схема усилителя, обладающая высокой чувствительностью. При выходе на рабочий режим регенеративный детектор переводится в автодинный режим. Схемой настройки (4) регенеративный усилитель настраивается в резонанс варикапом на частоту

$$f_{cp} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_{э\text{кв}}}},$$

где L и $C_{э\text{кв}}$ – индуктивность и эквивалентная емкость колебательного контура автодина, регулируется амплитуда синтезатора и добиваются срыва генерации автодина.

На усилитель с синтезатора частоты подается частота линейно возрастающая от $f_{cp} - \Delta f$ до $f_{cp} + \Delta f$, а затем линейно убывающая от $f_{cp} + \Delta f$ до $f_{cp} - \Delta f$. При выполнении условия (*) происходит резкое падение амплитуды усилителя, детектированный сигнал подается для обработки в микроконтроллер.

Синтезатор частоты управляется микроконтроллером. Также микроконтроллером выполняется обработка результата измерения.

В схеме используется высокочастотный генератор на основе синтезатора частоты, что позволяет уменьшить нестабильность частоты генератора и уменьшить размеры схемы. Использование микроконтроллера делает более простой задачу управления синтезатором частоты и обработку результатов измерений. Это позволяет сделать конструкцию прибора меньше и повышает точность измерений.

Применение современной элементной базы позволяет повысить надежность прибора и улучшить его технические характеристики.