

Рекомендации по применению микротесламетра –градиентометра МФ-24ФМ.

Статья написана по просьбе пользователей микротесламетра-градиентометра МФ-24ФМ. В статье даны разъяснения по физическим основам измерения градиента магнитного поля и определения степени намагниченности (размагниченности) ферромагнитных объектов.

Принципы построения и конструкция.

В магнитометре МФ-24ФМ (МФ24ФМ) используется феррозондовый градиентометрический датчик (далее по тексту –датчик). Феррозонд, как чувствительный элемент, является одним из самых чувствительных датчиков магнитного поля после квантовых и его применение для контроля остаточных после размагничивания полей эффективности экранировки наиболее предпочтительно.

Здесь мы не будем рассматривать электронный блок обработки сигнала датчика, ограничимся только устройством самого градиентометрического датчика.

На Рис.1 приведены фотография, конструктивная схема и электрическая схема датчика.

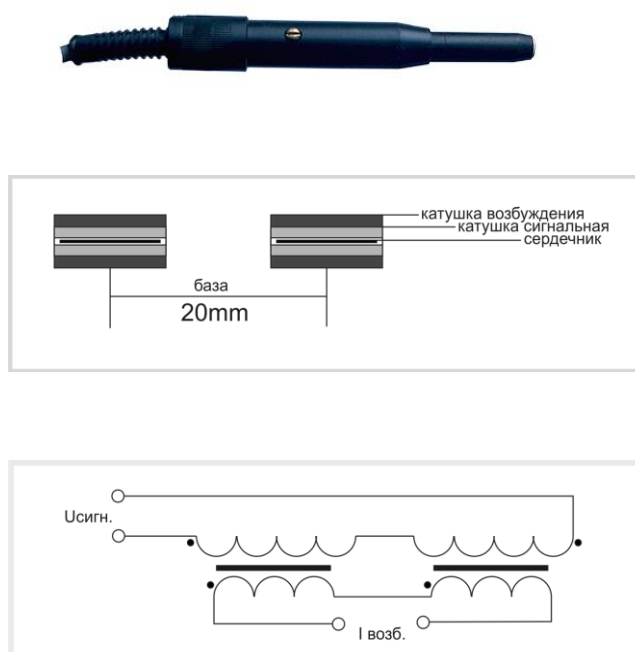


Рис.1

Датчик представляет собой два феррозондовых чувствительных элемента (полузонды), включенных своими измерительными обмотками последовательно-встречно и расположенных соосно на расстоянии-базе (база - расстояние между центрами полузондов) 20мм друг от друга.

Выходной дифференциальный сигнал датчика содержит в себе информацию о разности проекций на оси полузондов индукции магнитных поле в зонах каждого феррозонда. Другими словами, выходной сигнал датчика пропорционален разности магнитного поля на базе 20мм.

Особо необходимо подчеркнуть, что под разностью магнитного поля здесь подразумевается разность проекций измеряемого поля на оси полузондов.

Поскольку полузонды изготавливают идентичными по параметрам, то в равномерном поле Земли выходной сигнал датчика равен нулю и только при искажении этого поля ферромагнитными объектами или при помещении датчика в неравномерное поле намагниченного предмета выходной сигнал увеличивается.

Известно, что индукция магнитного поля ослабевает с расстоянием от источника поля и зависимость эта носит кубический характер. То есть, в нашем случае, если принять, что расстояние от источника поля до центра первого полузонда 5 мм и до второго полузонда составит на величину базы больше -25 мм, то различие в расстояниях составит 5 раз. Из этого следует, что различие в индукции поля составит 125 раз.

На практике это означает следующее, что выходной сигнал градиентометрического датчика пропорционален полю, в которое помещен первый полузонд. Первый полузонд находится на рабочем конце преобразователя микротесламетра-градиентометра МФ-24ФМ и защищён износостойким наконечником.

Это соотношение справедливо для датчика установленного соосно с катушкой с током, однако для реальных объектов, конфигурация поля которых не известна, это соотношение может оказаться не верным.

И об этом ниже.

Об особенностях измерений полей реальных объектов.

Проведем эксперимент и измерим поле реального объекта в различных точках и при разной ориентации оси датчика относительно объекта.

На Рис.2 изображена картинка поля двух сдвинутых плоских магнитов. Оси намагниченности обоих магнитов вертикальны и однонаправлены.

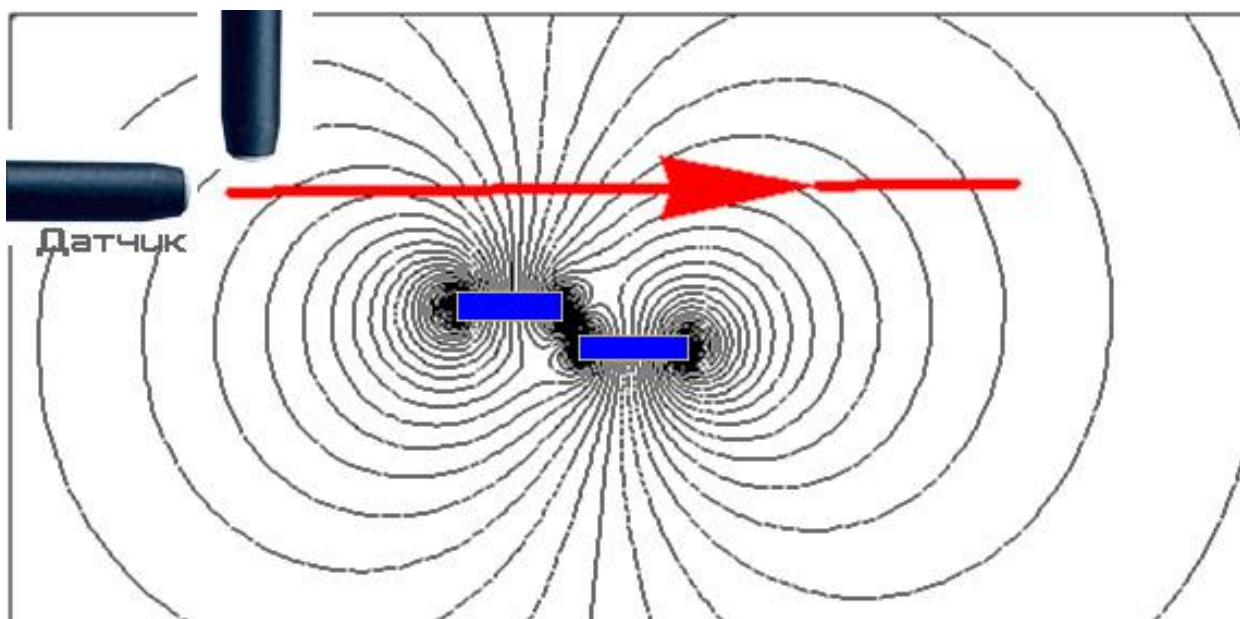


Рис.2

Красной стрелкой обозначен путь движения датчика. Датчик сориентирован вертикально в одном случае и горизонтально в другом, как указано.

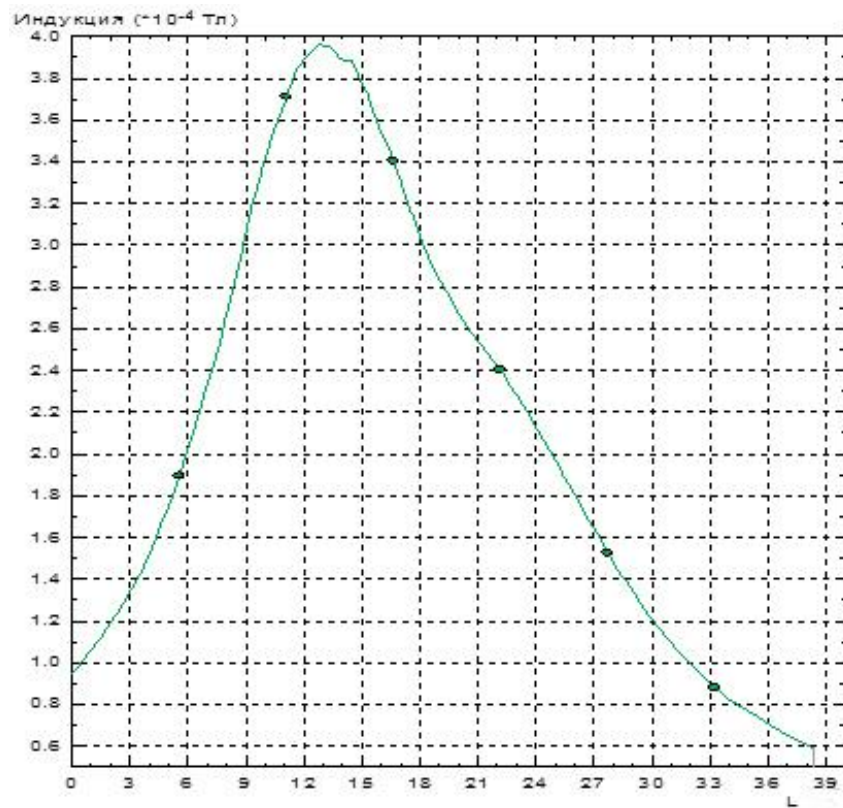


Рис.3

На Рис. 3 изображен график сигнала датчика при его вертикальном перемещении над системой магнитов

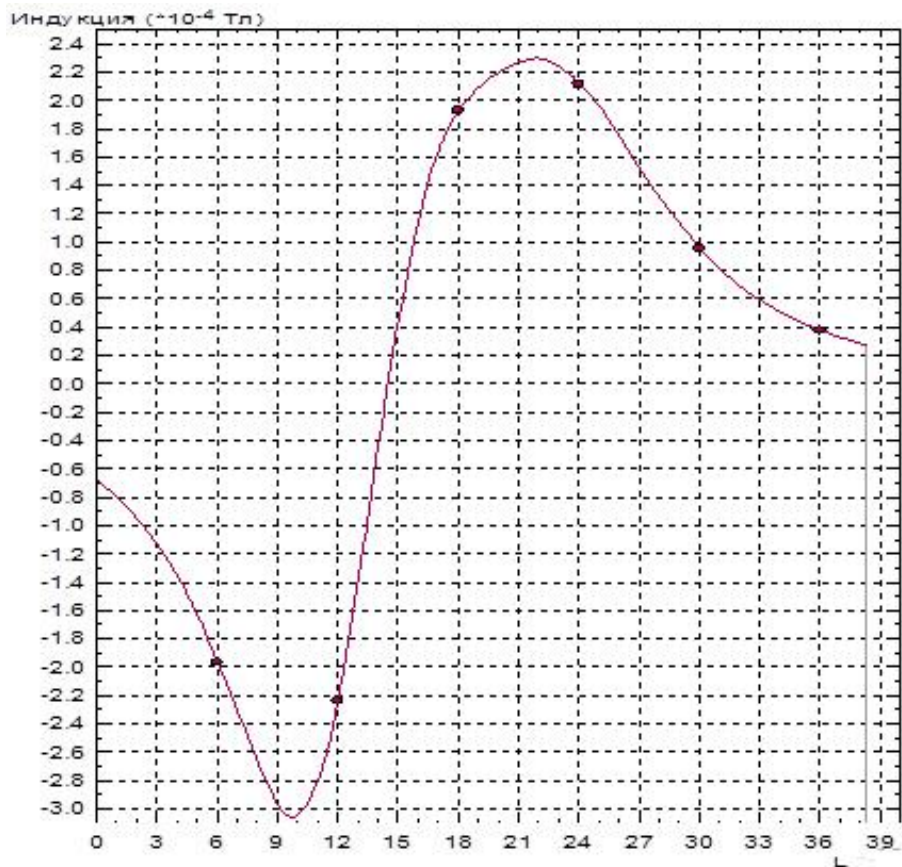


Рис.4

На Рис. 4 изображен график сигнала датчика при его горизонтальном перемещении над системой магнитов.

В общем случае контроля магнитного поля произвольной детали датчик должен перемещаться по криволинейной поверхности, окружающей контролируемую деталь, при этом минимальное расстояние от поверхности до детали должно быть одинаково в каждой точке этой поверхности. Назовем эту поверхности сферой контроля

Проанализируем результаты. Сигнал с датчика при движении вдоль заданной траектории существенно отличается от сигнала вдоль той же траектории при изменении ориентации датчика. При вертикальной ориентации (Рис.3) имеем явно выраженный максимум, положение которого находится точно в том месте, где направление поля объекта совпадает с осью датчика.

При горизонтальной ориентации (Рис.4) имеем переход сигнала через ноль и два разнополярных максимума.

Значение максимумов сигнала имеет один порядок в обоих случаях.

Из этого можно сделать следующие выводы :

1. значение измеренной индукции магнитного поля сильно зависят от ориентации датчика относительно объекта контроля .
2. значение измеренной индукции магнитного поля сильно зависят от траектории перемещения датчика относительно объекта контроля.
3. максимум измеренной индукции магнитного поля слабо зависит от ориентации датчика относительно объекта контроля при сохранении равного удаления датчика от объекта (сфера контроля)

На практике этот вывод означает следующее:

Для оценки степени размагниченности (намагниченности) объекта контроля необходимо определить максимум индукции магнитного поля при произвольной ориентации датчика градиентометра , но при сохранении радиуса сферы контроля.

Важность этого вывода состоит в том, что такая методика контроля не требует аттестации, так как соответствует пункту «порядок работы» руководства по эксплуатации прибора МФ-24ФМ.

Недостатком такого подхода является высокая трудоемкость контроля.

Для оценки степени размагниченности (намагниченности) менее трудоемким способом требуется разработка методики контроля. При разработке методики учитывают конструктивные особенности детали, эксплуатационное ее положение на конечном изделии, особенные точки контроля, наиболее точно коррелирующие с магнитным полем детали, ориентацию и расстояние датчика относительно детали. В методике должны быть указаны все координаты датчика относительно детали, однозначно фиксирующие их взаимное расположение.

С. Арбузов

АКА-контроль

05.09.2014