### Магнитная запись информации

**Введение**

Первые указания на возможность регистрации электрических сигналов на магнитном носителе относятся к 1887 г.(П. Жанэ) – 1888 г. (О. Смит). Однако, первый действующий аппарат для магнитной записи и воспроизведения звука был создан датским инженером Вольдемаром Поульсеном.

Аппарат был назван телеграфоном и был запатентован в 1898 году. В качестве носителя в аппарате была использована стальная проволока диаметром 0.5 – 1.0 мм, намотанная на немагнитный цилиндр, диаметр которого 120 мм и длина 380 мм.

В процессе записи валик вращался и пишущая головка скользила по виткам проволоки, намагничивая её. Стальная проволока обладала низкой коэрцитивной силой, высокой остаточной индукцией и большим диаметром, что позволило осуществить магнитную запись без усиления сигналов. В качестве источника сигналов использовался угольный микрофон, а при воспроизведении головка соединялась с телефоном.

Скорость движения носителя была около 2 м/с. Основным недостатком стального носителя была большая масса на единицу времени записи (в 1908 г. на запись докладов конференции в Копенгагене в течение 14 часов было затрачено около 100 кг проволоки).

В 1925 г. И. Крейчману (СССР) и в 1928 г. Ф. Пфлеймеру (Германия) были выданы патенты на носитель в виде гибкой немагнитной ленты, на которую нанесен рабочий слой из ферромагнитного порошка.

С 1932 г. ленту начали делать из ацетилцелулезы, а рабочий слой – из карбонильного железа.

В 1934 г. немецкая фирма «IG Farben» выпустила первую промышленную партию магнитной ленты. В это же время были созданы достаточно эффективные усилители для записи и воспроизведения сигналов и кольцевые магнитные головки.

Аппарат для записи сигналов на порошковые ленты получил название магнитофон.

Профессиональная аппаратура магнитной записи начала использоваться в радиовещании с 40-х годов.

50-е годы прошлого столетия – период интенсивного развития магнитной записи. Начат выпуск бытовых магнитофонов (один из первых – катушечный магнитофон «Днепр»). С 1952 г. магнитную запись начинают применять для хранения информации в ЭВМ. С 1956 г. магнитофоны начали применять для записи телевизионных программ

С 1962 г. для хранения информации в ЭВМ начинают использовать магнитные диски. В 1963 г фирма «Philips» разработала и выпустила компакт-кассету, появляются кассетные магнитофоны. В 1967 г. выпущен первый в СССР кассетный магнитофон «Десна».

В 1965 г. в технической лаборатории японской радиовещательной компании NHK начаты планомерные исследования системы звукозаписи с применением импульсно-кодовой модуляции, а в 1967 г. продемонстрирован первый в мире цифровой звукозаписывающий аппарат.

В 1984 г. появился новый носитель – магнитный диск для перпендикулярной магнитной записи, который обеспечивает высокую (теоретически – до 20000 бит/мм) плотность записи.

Во второй половине 80-х г.г. появляются бытовые видеомагнитофоны (первый отечественный видеомагнитофон бытового назначения – «Электроника ВМ-12»). В 1987 г. принят стандарт на систему цифровой записи R-DAT (Digital Audio Tape) и началась продажа цифровых магнитофонов.

В это же время благодаря совместным усилиям фирм PHILIPS и SONY разработан стандарт оптической записи сигналов на компакт-диск (CD) и начат выпуск соответствующей аппаратуры. Система «компакт-диск» ( а позднее и система DVD) начала вытеснять системы магнитной записи.

Однако, и сегодня на студиях радио- и телевизионного вещания хранится огромное количество фонограмм и видеофильмов, эксплуатируется большое количество магнитофонов.

На студиях и в быту используются видеокамеры. В вычислительных устройствах широко применяется хранение информации на жестких магнитных дисках. Поэтому в наши дни магнитная запись информации не теряет свое значение. Этому способствуют следующие свойства магнитной записи:

* магнитная запись позволяет немедленно воспроизвести записанный сигнал (например, для контроля качества записи);
* обеспечивает высокое качество записи;
* допускает практически бесконечно большое число повторных воспроизведений без потери качества;
* простота эксплуатации аппаратуры;
* возможность монтажа фонограмм;
* возможность тиражирования;
* возможность длительного хранения;
* самая низкая стоимость производства записи.

К недостаткам магнитной записи можно отнести:

* наличие искажений за счет копирэффекта;
* относительно небольшой срок службы магнитных головок из-за абразивного действия носителя;
* возможность ухудшения качества и, даже, полного уничтожения записи при воздействии внешних магнитных полей, резких изменений температуры или механических воздействий.

**1. Основы магнитной записи**

Магнитная запись электрических сигналов основана на способности некоторых ферромагнитных материалов намагничиваться под действием внешнего магнитного поля и сохранять приобретенную намагниченность практически бесконечно долго. Материалы, обладающие таким свойством, называют магнитно-жесткими.

Процесс записи осуществляется следующим образом. Намагничивающее поле создаётся электромагнитом, по обмотке которого протекает ток, изменяющийся во времени по закону записываемого сигнала. Этот электромагнит является пишущим элементом, его называют записывающей головкой.

Конструкция головки такова, что её магнитное поле имеет минимальную протяженность в пространстве при необходимой величине напряженности магнитного поля Н.

В магнитном поле головки равномерно движется носитель – магнитная лента, диск или проволока. В каждый момент времени на участок носителя, находящийся в магнитном поле головки, действует магнитное поле, напряженность которого пропорциональна мгновенному значению тока в обмотке головки.

После выхода этого участка носителя из магнитного поля головки, участок сохраняет намагниченность, пропорциональную величине мгновенного значения тока. Так образуется магнитная сигналограмма.

При воспроизведении магнитная сигналограмма равномерно протягивается мимо электромагнита, который называют воспроизводящей головкой. Каждый участок намагниченного носителя создаёт в сердечнике воспроизводящей головки магнитный поток.

При движении носителя магнитный поток изменяется и его изменения создают в обмотке э.д.с., которая воспроизводит закон изменения записанного на носитель сигнала.

Рассмотрим теперь более детально процессы, происходящие при магнитной записи и воспроизведении информации. Прежде всего напомним некоторые понятия и уравнения физики, относящиеся к разделу «Магнитное поле».

**2. Основные сведения о магнитных явлениях**

Магнитное поле возникает при движении электрических зарядов. В микроскопическом смысле оно существует как результат движения электронов и других заряженных частиц.

Макроскопическое магнитное поле создаётся токами в проводниках или намагниченными материалами.

Магнитное поле в вакууме описывают векторами магнитной индукции  и напряженности магнитного поля , которые связаны между собой соотношением:

,  (1)

где  - вектор магнитной индукции в Вб/м2 (Тл),

 - вектор напряженности магнитного поля в А/м,

  Гн/м – магнитная постоянная.

Для описания магнитных полей в магнитных материалах вводят ещё вектор намагниченности , который измеряют в А/м. Тогда:

 (2)

Намагниченность  можно представить как:

, (3)

где  - остаточная намагниченность,

 - магнитная восприимчивость.

С учетом (1.3) выражение (1.2) можно переписать так:

, (4)

где  - относительная магнитная проницаемость среды.

Произведение называют абсолютной магнитной проницаемостью среды. В общем случае магнитная восприимчивость  и, следовательно,  и  не являются постоянными величинами, а зависят от напряженности магнитного поля , т.е. зависимость  и  от  - нелинейная. Графики зависимости  называют кривыми намагничивания материала. Примерный вид кривых намагничивания показан на рис. 1.

Размагниченный материал намагничивается по кривой 1, которую называют кривой начального намагничивания. При увеличении напряженности намагничивающего поля намагниченность  приближается к значению  -намагниченности насыщения.

Если теперь уменьшать напряженность магнитного поля , то намагниченность материала будет изменяться по кривой 2. При значении напряженности поля  намагниченность материала будет отличаться от 0. Это значение намагниченности материала называют остаточной намагниченностью и обозначают .

Чтобы уменьшить намагниченность материала до нуля, необходимо приложить магнитное поле обратного знака -. Численное значение напряженности называют коэрцитивной силой.

При дальнейшем изменении напряженности поля в сторону её уменьшения намагниченность материала стремтся к значению -. Теперь начать увеличивать напряженность магнитного поля , то изменение намагниченности будет следовать кривой 3.

Кривая намагничивания образует петлю, которую называют предельной петлей гистерезиса материала. Если материал не намагничивать до насыщения, то кривые намагничивания образуют петли, располагающиеся внутри предельной петли гистерезиса.

Имея зависимость  нетрудно построить график зависимости , используя для этого выражение (4).

Рисунок 1

Закон Босанквета (закон Ома для магнитной цепи)

Пусть на кольцевом сердечнике, имеющем воздушный зазор δ, намотана катушка, содержащая w витков провода, по которым течет постоянный ток силой I. Определим магнитный поток в сердечнике, создаваемый этим током (см. рис. 2).

Для этого воспользуемся первым уравнением Максвелла в интегральной форме (законом полного тока):

.

Проведем контур интегрирования L так, чтобы он совпал с одной из силовых линий вектора напряженности магнитного поля . Тогда:

**δ**

**I**

##### L

, (5)

**w**

т.к. , то .

Подставим значение , найденное из этого равенства в выражение (5):



В этих выражениях l – длина силовой

линии в сердечнике, µr - относительная

магнитная проницаемость сердечника,

- напряженность магнитного поля в сердечнике,  - напряженность магнитного поля в зазоре сердечника. Из последнего выражения находим :

 (6)

Зная напряженность магнитного поля в сердечнике, можно определить магнитную индукцию :



и магнитный поток:

, (7)

где S – площадь поперечного сечения сердечника.

Выражение (7) по структуре напоминает выражение закона Ома :

,

где е – электродвижущая сила,  - сопротивление,  - сила тока. По аналогии выражение (1.7) называют «законом Ома для магнитной цепи» или законом Босанквета. Произведение  называют магнитодвижущей силой, а величину - магнитным сопротивлением участка магнитной цепи длиной  и площадью сечения .

###### 3. Явление саморазмагничивания

Магнитное поле намагниченного тела существует во внешнем по отношению к телу пространства только в том случае, если имеется неоднородность или разрыв линий вектора намагниченности . Это легко проверить экспериментально.

Например, у равномерно намагниченного тороида магнитное поле не обнаруживается, но если в тороиде сделать разрез (щель), то поле проявится. Суть этого явления легко понять, если вспомнить, что магнитное поле намагниченного тела создаётся микротоками, которые можно заменить элементарными магнитиками.

Полюсы этих магнитиков условно можно рассматривать как магнитные заряды. В любом элементарном объёме однородно намагниченного тела присутствует равное количество северных и южных полюсов (зарядов) этих магнитиков, так что суммарный магнитный заряд объёма равен нулю и магнитное поле отсутствует.

Если теперь в однородно намагниченном теле прорезать щель, то к одной грани щели окажутся выдвинуты северные, а к другой грани – южные полюсы элементарных магнитиков (см. рис. 3). Эти грани оказываются как бы заряженными зарядами разного знака, которые создадут магнитное поле как в щели, так и в самом теле.

##### N

**S**

Силовые линии

поля наведенных

зарядов

Силовые

линии намагничи-

вающего

поля

Рисунок 3

Как следует из рисунка 3, поле наведенных зарядов и намагничивающее внешнее поле в щели имеют одинаковое направление, т.е. напряженность суммарного поля в щели увеличивается.

Внутри намагничиваемого тела поле наведенных зарядов и внешнее намагничивающее поле направлены встречно, т.е. внутри тела напряженность суммарного поля уменьшается.

Это явление вытекает и из формулы (6). Если ширина зазора δ≠0, то напряженность поля в сердечнике  меньше, чем при отсутствии зазора. Напряженность магнитного поля, создаваемого условными магнитными зарядами, будем называть напряженностью поля саморазмагничивания , а эффект возникновения этого поля – эффектом саморазмагничивания

Таким образом, величину напряженности суммарного поля в среде  можно записать как:

,

где  - коэффициент саморазмагничивания.

Если в намагниченном теле  и  постоянны, то и ( тело однородно намагничено), если не постоянны, то  теряет смысл. Однородное намагничивание можно реализовать в телах, имеющих форму тороида или эллипсоида вращения.

Это – практически важные случаи: форма магнитопровода головок магнитофонов близка к тороидальной, частицы магнитного порошка магнитных лент или дисков имеют форму, близкую к эллипсоиду.

Для эллипсоида с отношением осей 1 : 8 коэффициент саморазмагничивания при намагничивании вдоль большой оси равен 0.026, а вдоль малых осей – 0.487. Вообще:

.

Тогда для шара .