

## **Раздел 6: Магнитные преобразователи**

# МАГНИТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Магнитный преобразователь – это преобразователь, предназначенный для измерения и(или) регистрации, и (или) индикации магнитного поля при магнитном НК

## МАГНИТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

магнитные преобразователи, непосредственно преобразующие магнитное поле в электрический сигнал, и который в дальнейшем анализируется

*феррозонды, преобразователи (датчики) Холла, индукционные преобразователи, магниторезисторы*

магнитные преобразователи, при помощи которых распределение магнитного поля над КО устанавливается визуально или с помощью оптических средств

*магнитный порошок, магнитнооптические плёнки*

магнитные преобразователи, в которых магнитное поле рассеяния дефекта преобразуется во вторичное магнитное поле промежуточного носителя информации, причем вторичное поле исследуется каким-либо преобразователем из первой групп

*магнитная лента*

# Классификация магнитных преобразователей

по способу получения  
первичной информации

полемерные

градиентометрические

по принципу действия

феррозондовые

индукционные

гальваномагнитные

магниторезисторные

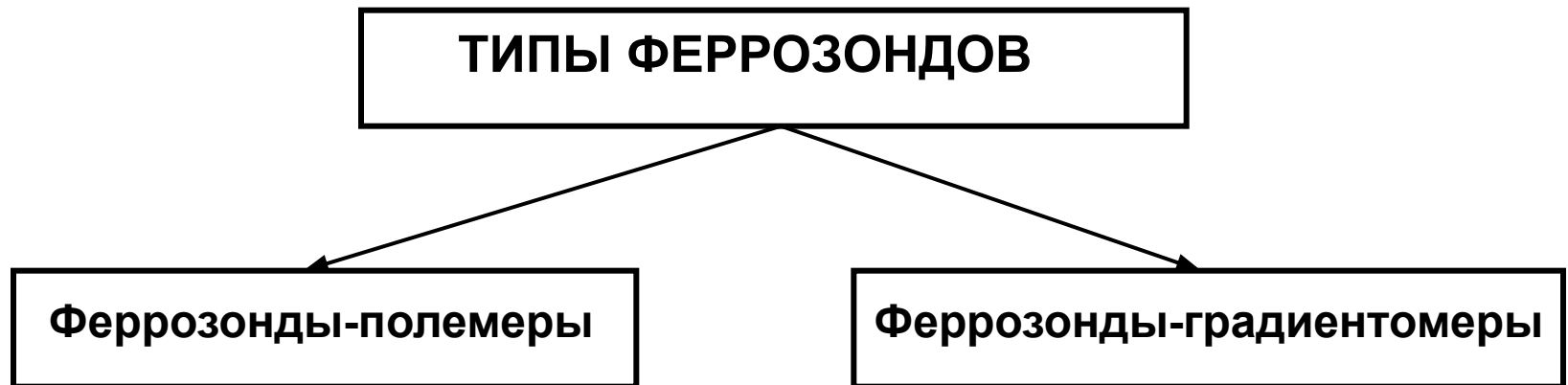
магнитооптические

магнитные порошки

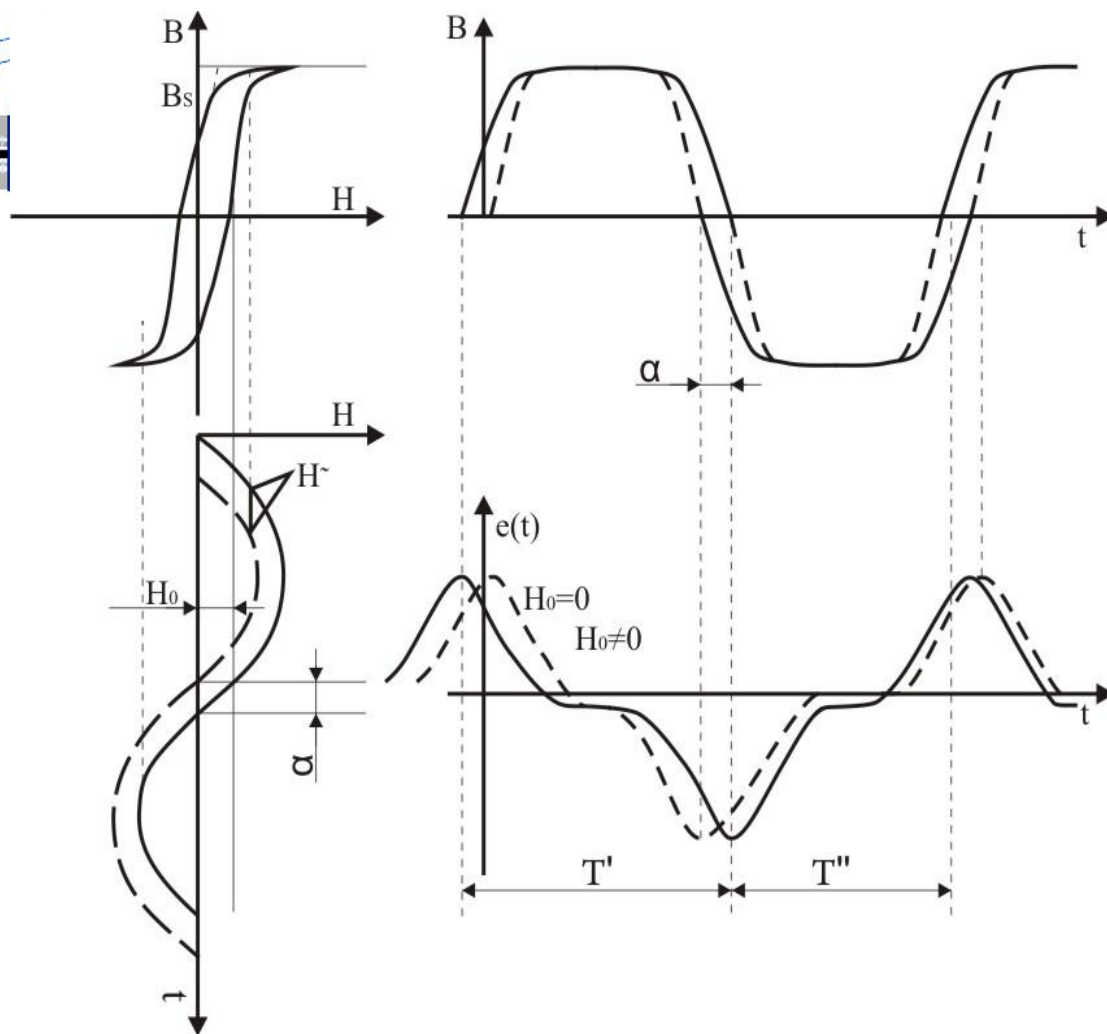
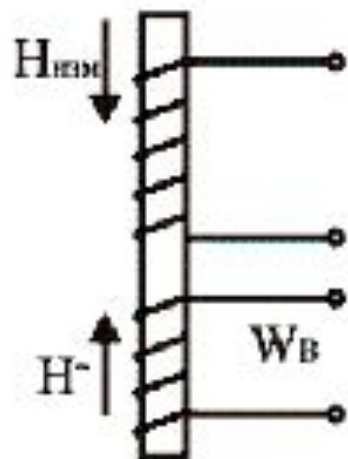
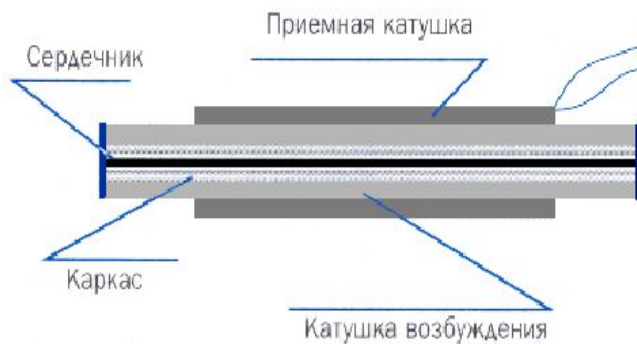
магнитные ленты

# ФЕРРОЗОНДЫ

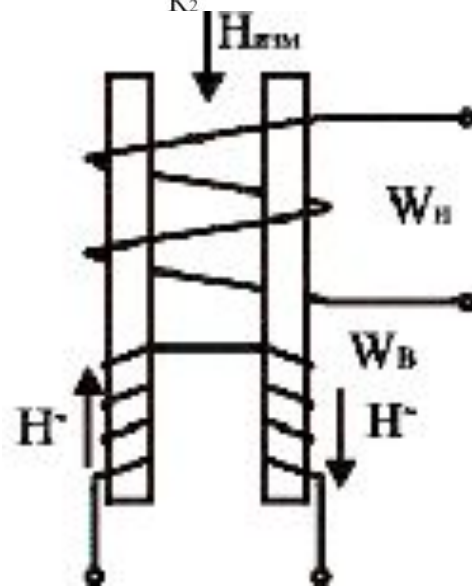
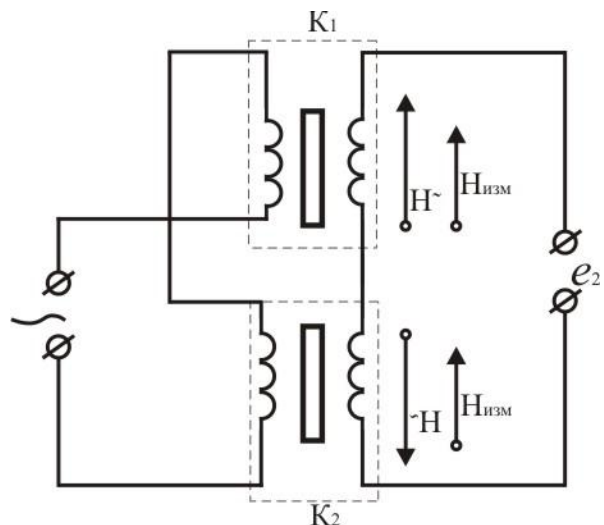
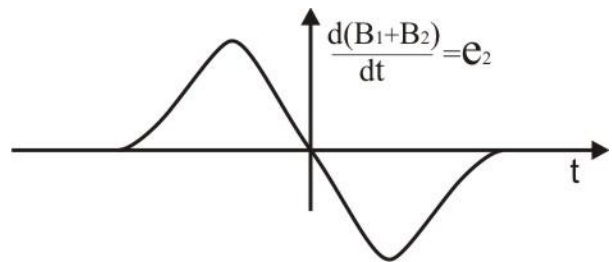
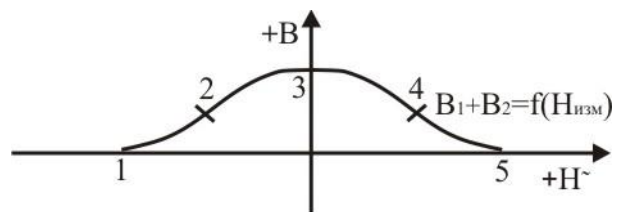
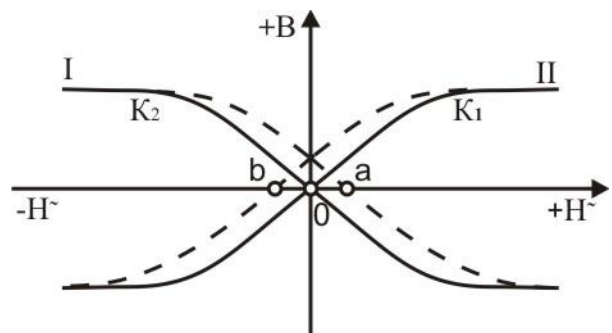
В статье для физического энциклопедического словаря Р.И.Янус определил феррозонды как «устройства для измерения напряженности магнитного поля, действие которых основано на нелинейности кривых намагничивания сердечников из магнитомягких ферромагнетиков».



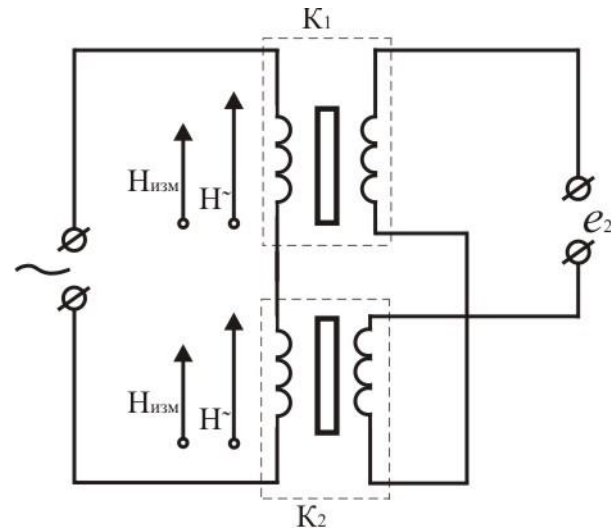
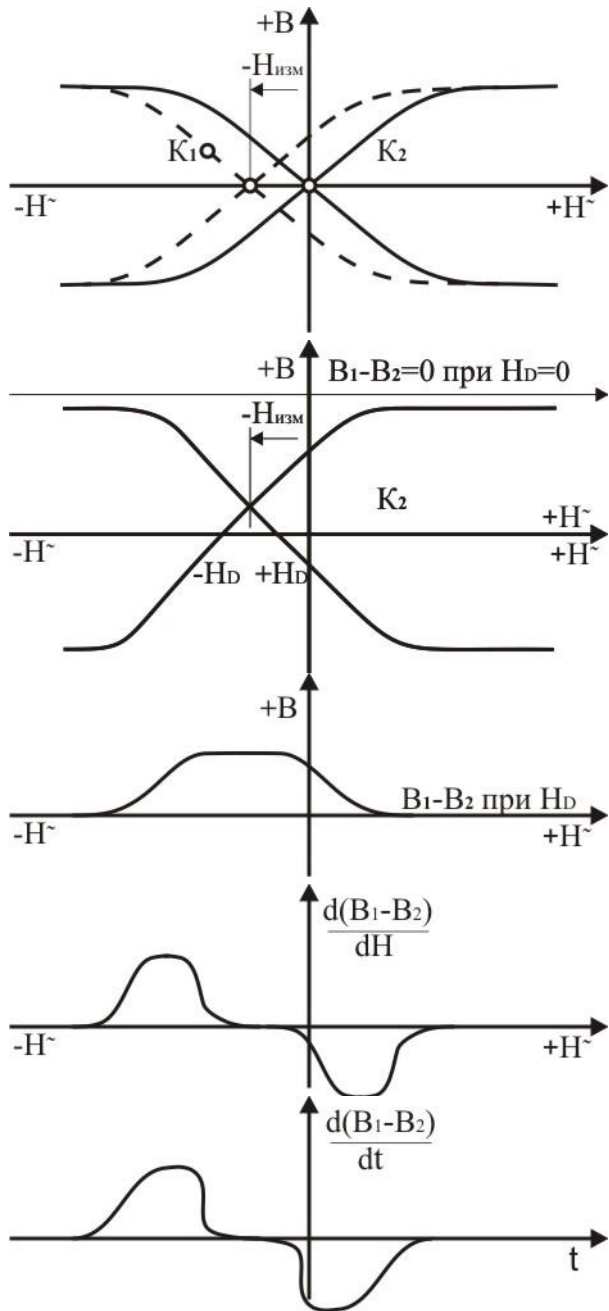
# Одноэлементный стержневой феррозонд-полемер



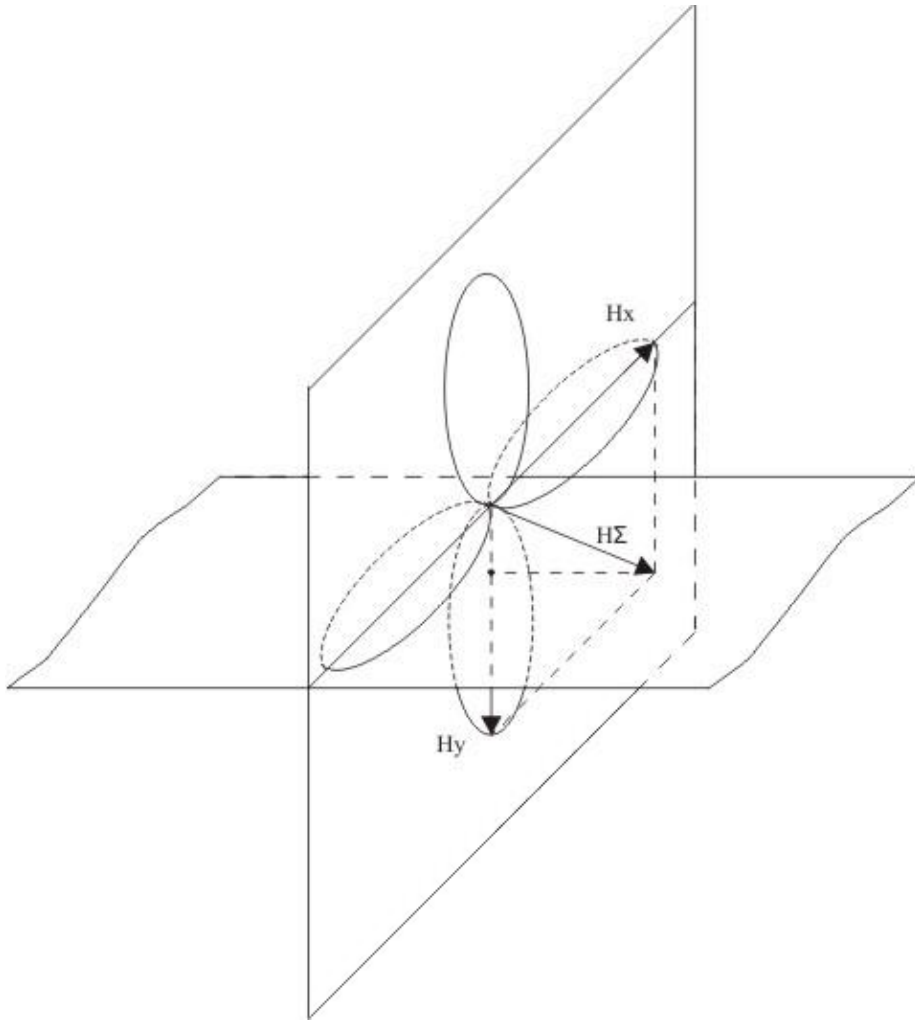
# Графоаналитический принцип работы феррозонда-полемера



# Графоаналитический принцип работы феррозонда-градиентомера



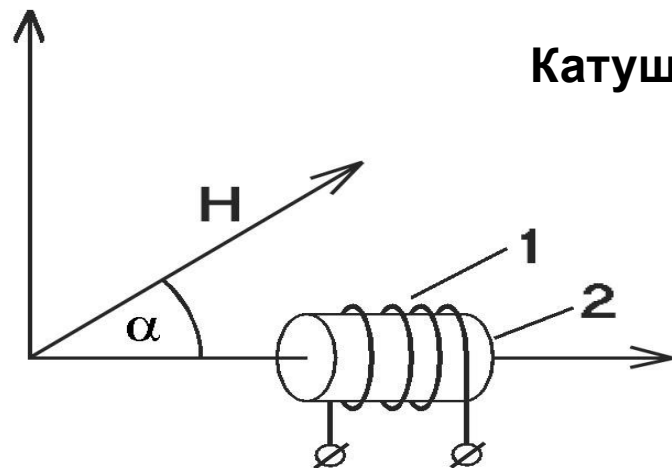
## Диаграмма направленности феррозонда



$H_x$  - горизонтальная составляющая геомагнитного поля,  $H_y$  - вертикальная составляющая геомагнитного поля,  $H_\Sigma$  - полный вектор поля



# индукционные преобразователи



Катушка 1 с сердечником 2 в магнитном поле

$$e(t) = - W(d\Phi/dt)$$

$$\Phi = \mu_0 \mu_T H S \cos \alpha$$

пассивные

активные

Трансформаторная э.д.с. индукции:

$$e(t) = - \mu_0 \mu_T W S \cos \alpha (dH/dt)$$

Измерение переменных магнитных полей

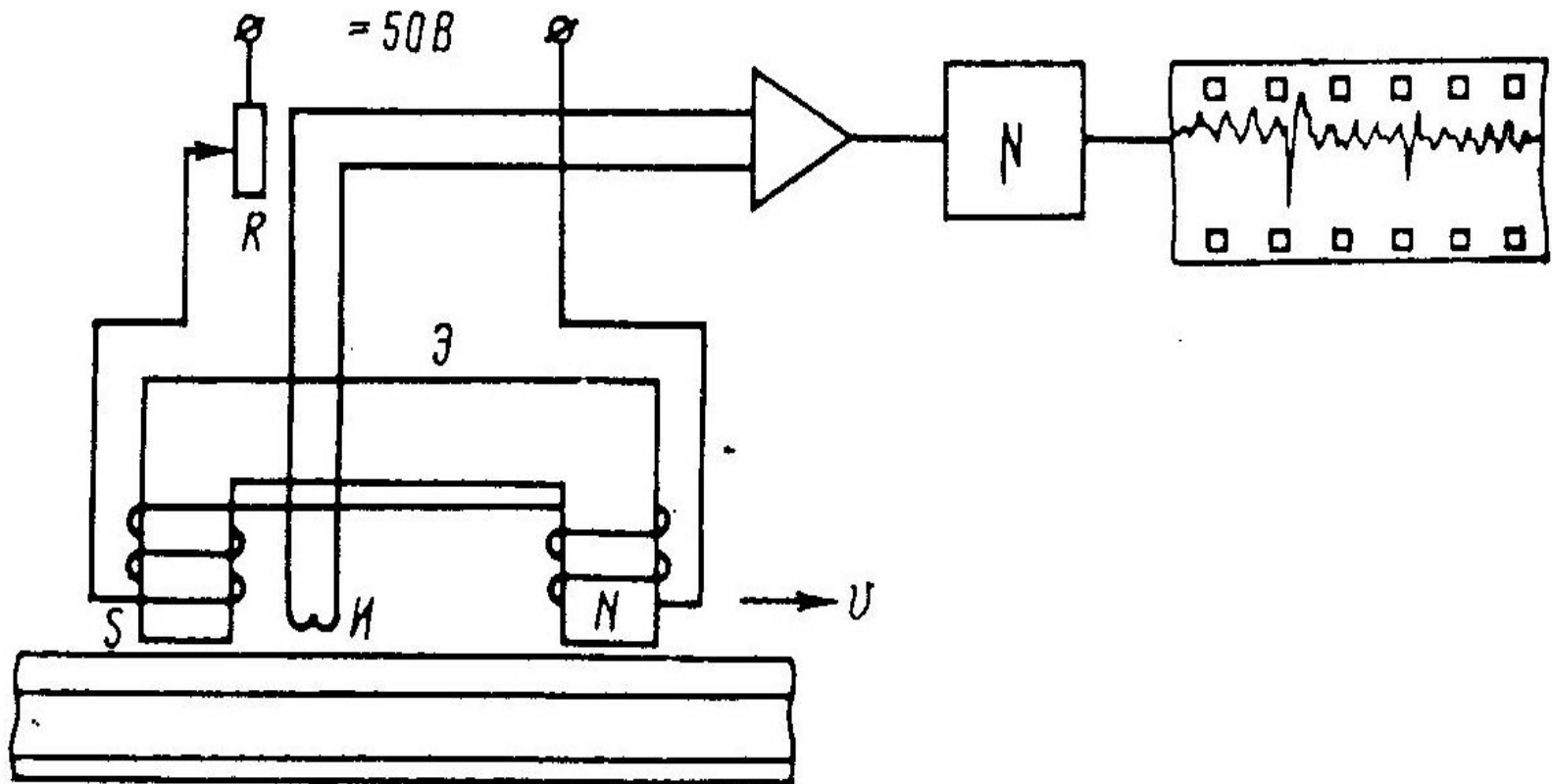
Э.д.с. движения:

$$e(t) = - \mu_0 \mu_T W H \cos \alpha (dS/dt)$$

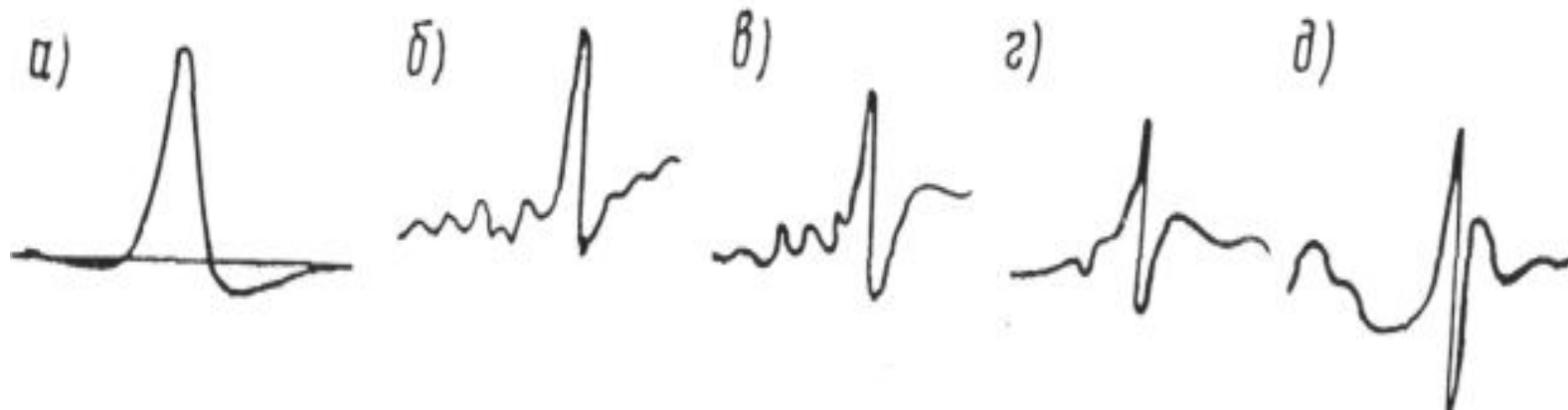
Измерение постоянных магнитных полей

# скоростной магнитный контроль рельсов (магнитодинамический метод)

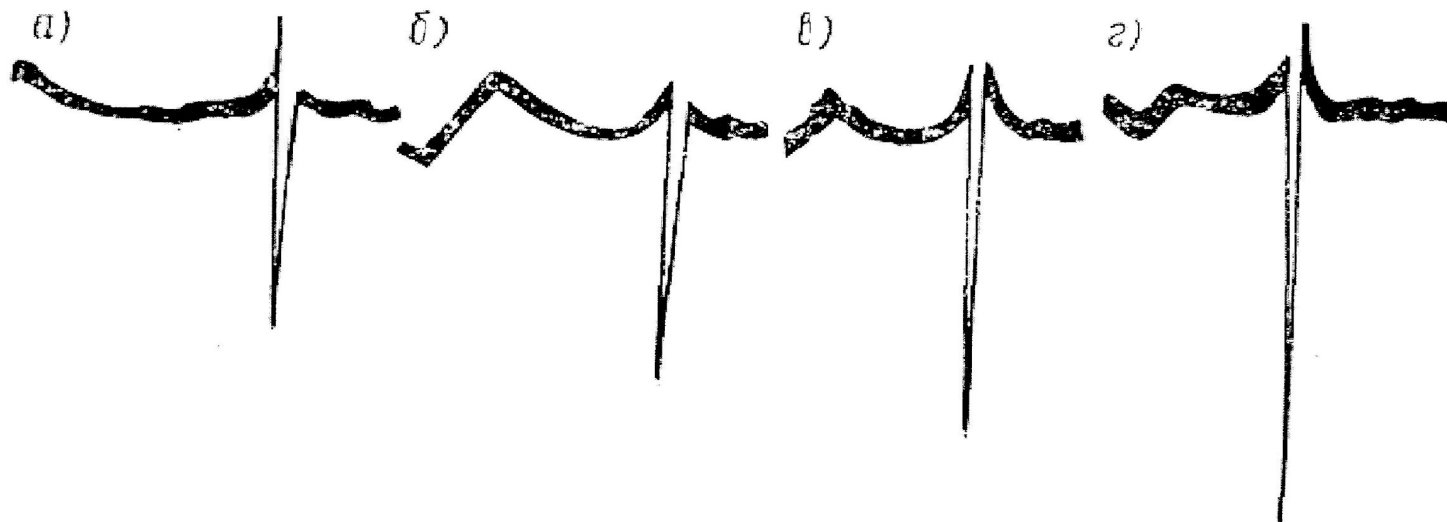
Блок-схема магнитного вагон-дефектоскопа



Осциллограммы импульсов ЭДС индукционного преобразователя, характеризующие изменение формы продольной составляющей поля рассеяния дефекта со скоростью: а -  $V = 0$ ; б -  $V = 4$  км/ч; в —  $V = 12$ ; г —  $V = 30$ ; д —  $V = 50$  км/ч

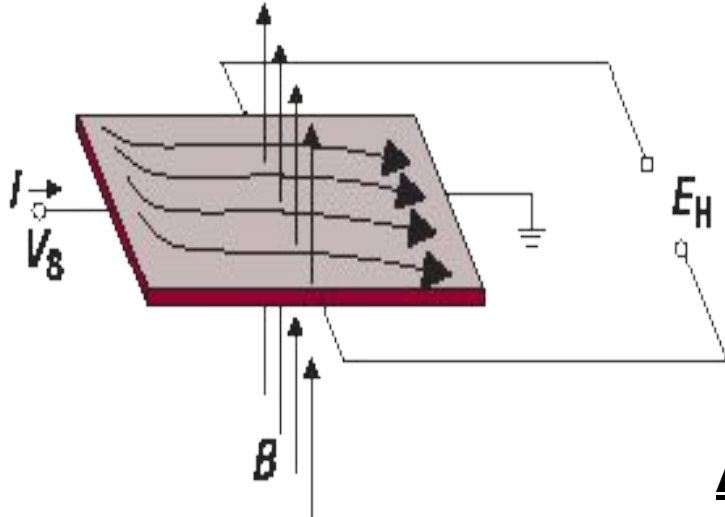


Изменение формы сигналов в индукционной катушке от внутреннего дефекта 21 в зависимости от скорости движения: а -  $v=10$  км/ч; б - 15; в - 19; г - 24.



# Преобразователи Холла

Эффект Холла – это электромагнитное явление, которое было обнаружено в 1879 году американским физиком Эдвином Гербертом Холлом



$$I = q V n S ,$$

где  $S = a h$  - площадь поперечного сечения пластины.

$$\text{сила Лоренца: } F = q[V \times B]$$

$$qE = qVB$$

Напряженность электрического поля:

$$\underline{\Delta \varphi_{AB} = E a = IBR / h} ,$$

Где  $R = 1/nq$  – постоянная Холла,  
Ом · м/Тл.

Промышленностью серийно выпускаются кремниевые, германиевые и арсенид-галлиевые преобразователи Холла. Например, ДХК-7Г, ДХГ-2м, ХАГ-П13 и др.

# магниторезисторы

Эффект Гаусса заключается в изменении электрического сопротивления проводника или полупроводника при помещении его в магнитное поле

$$R_H/R_0 = f(H),$$

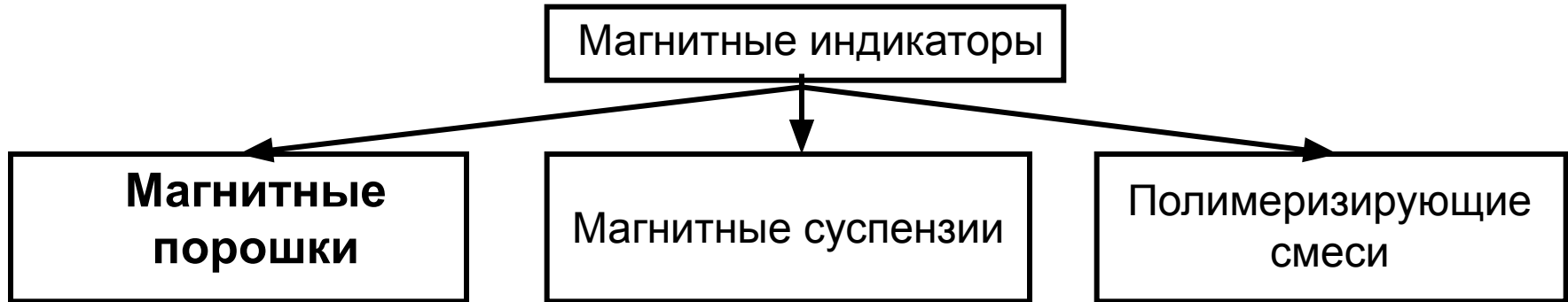
где  $R_0$  - сопротивление спирали при отсутствии магнитного поля;

$R_H$  - сопротивление спирали при напряженности поля  $H$ .

Кроме висмута наиболее ярко эффект Гаусса проявляется в магниторезисторах из антимонида индия (InSb) и арсенида индия (InAs), антимонида галлия (GnSb) и арсенида галлия (GnAs) и др.

Параметр	материал магниторезистора	
	InSb	InAs
Сопр-ие при отсутствии магнитного поля	0,5 – 200	0,5 – 200
при $B = 1$ Тл	50 – 4000	1 – 400
Отн. изм. Сопр-ия при $B, \text{Тл}: 0,1$	0,2 – 0,5	0,03 – 0,5
0,5	5 – 8	0,5 – 1,0
1,0	10 – 16	2 – 3
Габаритные размеры, мм: наименьшие наибольшие	5x3x0,2 8x6x0,5	5x3x0,2 8x6x0,5

## Магнитные порошки, пасты, концентраты. Магнитные суспензии



### Основа:

- магнетит (окись-закись железа)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (чёрный порошок);
- гамма-оксид железа  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  (красно-коричневый порошок)

### Определения:

- магнитный порошок - это порошок из ферромагнитных частиц, используемый в качестве индикатора магнитного поля рассеяния дефекта; кроме чёрных и красно-коричневых порошков применяют также цветные магнитные порошки, которые получают либо путем окраски темных магнитных порошков, либо подбором химических соединений, имеющих определенный цвет и магнитные свойства;
- люминесцентный магнитный порошок - магнитный порошок, частицы которого покрыты неотслаивающейся пленкой люминофора

# ПОЛУЧЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПОРОШКОВ

- железные порошки, получаемые термическим разложением пентакарбонида железа  $\text{Fe}(\text{CO})_5$  или диспергированием железа электрической дугой в керосине; цвет – черный с различными оттенками;
- порошки, получаемые в шаровых мельницах измельчением окалина, возникающей при горячей обработке стали; цвет – черный;
- порошки магнетитов: технического как побочного продукта, появляющегося при промышленном химическом производстве какой-либо продукции, и синтетического, получаемого по специальным химическим реакциям; цвет – черный с различными оттенками;
- порошки ферромагнитной окиси железа, получаемые окислением магнетита; цвет – красно-коричневый.

# Магнитные суспензии

Магнитные индикаторы

Магнитные  
порошки

**Магнитные  
суспензии**

Полимеризирующие  
смеси

## Определения:

- *Магнитная паста* – это смесь, содержащая магнитный или люминесцентный магнитный порошок, жидкую основу и при необходимости смачивающую, антикоррозийную и другие добавки.
- *Магнитная суспензия* – это взвесь магнитного или люминесцентного магнитного порошка в дисперсионной среде, содержащей смачивающие, антикоррозийные и при необходимости антивспенивающие, актикоагулирующие и другие добавки.

## Дисперсионная среда:

- масло трансформаторное по ГОСТ 982;
- масло трансформаторное + керосин осветительный
- вода водопроводная по ГОСТ 2874



# нанесение магнитного индикатора

```
graph TD; A[нанесение магнитного индикатора] --> B[сухим способом (порошок)]; A --> C[мокрым способом (магнитная суспензия)]; A --> D[путем использования магнитогуммированной пасты];
```

**сухим способом  
(порошок)**

распыление или  
воздушная взвесь

**мокрым способом  
(магнитная суспензия)**

*полив, распыление или погружение  
объекта в ванну*

**путем использования  
магнитогуммированной  
пасты**

# Магнитные порошки, пасты, концентраты. Магнитные суспензии

## СУХОЙ СПОСОБ

### ТИП ПОРОШКА

#### Мелкодисперсные порошки

Применяются для выявления мелких дефектов типа шлифовочных трещин

#### Грубодисперсные порошки

Применяются для выявления усталостных и термических трещин с шириной раскрытия более 20 мкм на грубых необработанных поверхностях

### СРЕДНИЙ РАЗМЕР ЧАСТИЦ ПОРОШКА (примеры порошков)

**Менее 30 мкм**

(магнитный черный порошок  
ТУ 6-36-05800165-1009-93)

**70 мкм**

(Драгла 0473; Dusting powder)  
**160 мкм**  
(ПЖВ 5-160)

### СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ ПОРОШКА НА КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ДЕТАЛИ

#### Распыление порошка

в специальных установках, камерах

#### Нанесение порошка

с помощью сита или из pulverизатора

## МОКРЫЙ СПОСОБ

### СОСТАВ СУСПЕНЗИИ

#### МАГНИТНЫЙ ПОРОШОК

Средний размер частиц, пример порошка

**от 0,5 до 2 мкм**

Драгла 1613, MI-GLOW-820  
(люминесцентные порошки)

**от 2 до 20 мкм**

Драгла 1100, Драгла 1200

**30 мкм**

Порошок магнитный черный  
(ТУ 6-36-05800165-1009-93)

**70 мкм**

ПЖВ 5-71

Назначение порошка

Выявление трещин на поверхности любой степени обработки, в том числе, в резьбе

Выявление трещин на светлых обработанных поверхностях с шероховатостью  $R_z < 80$

#### ДИСПЕРСИОННАЯ СРЕДА

##### Вода

- и добавки, обеспечивающие:
- смачивание поверхности детали
  - предупреждение коагуляции (слипания) частиц порошка
  - предотвращение коррозии металла

##### Органические жидкости:

- техническое масло;
- керосин;
- смесь технического масла с керосином

### СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ СУСПЕНЗИИ НА КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ДЕТАЛИ

#### Полив

из кружки, лейки, фляги

#### Окувание

детали в ванну

#### Распыление

из аэрозольного баллончика или бытового опрыскивателя

Все сосуды для нанесения магнитных индикаторов должны быть изготовлены из немагнитных материалов