

## №7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ГЕНЕРАТОРОМ

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение метода определения индукции магнитного поля измерительным генератором.

### 2. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Источник питания УИП, электромагнит, двигатель, миллиамперметр, вращающаяся рамка с коллектором.

### 3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Изучение магнитного поля, создаваемого различными проводниками с током, является основной задачей магнитостатики. Главная характеристика магнитного поля – это магнитная индукция  $\vec{B}$ , определяющая силу, действующую на помещаемые в магнитное поле проводники с током. Поэтому  $\vec{B}$  называют силовой характеристикой магнитного поля. Существует несколько методов определения  $\vec{B}$ . В данной работе изучается метод измерительного генератора и применяется к определению магнитного поля электромагнита и его зависимости от тока электромагнита.

На рис.1 приведена схема индукционного генератора. Проводник в форме прямоугольной рамки помещен в магнитное поле с индукцией  $\vec{B}$  и вращается двигателем с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . В рамке возникает ЭДС электромагнитной индукции, по закону Фарадея пропорциональная скорости изменения потока магнитной индукции через плоскость рамки.

$$\varepsilon_1 = -\frac{d\Phi}{dt}. (1)$$

Величина потока магнитной индукции

$$\Phi = \int_S \vec{B} d\vec{S}. (2)$$

где  $S$  - площадь рамки.

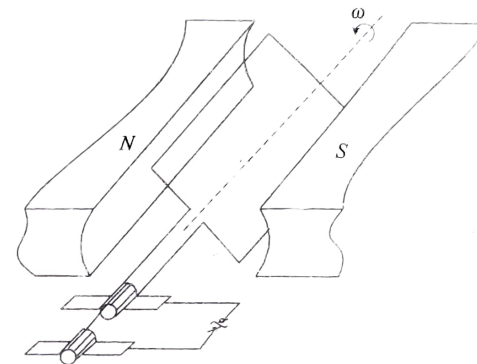


Рис.1

В простейшем случае однородного поля

$$\Phi = \vec{B}\vec{S} = BS \cos(\vec{B}, \vec{n}). (3)$$

Здесь  $\vec{n}$  нормаль к плоскости рамки. Так как угол  $(\vec{B}, \vec{n})$  есть угол  $\varphi$  поворота рамки, то

$$\Phi = BS \cos \varphi = BS \cos \omega t. (4)$$

Подставим (4) в (1):

$$\varepsilon_1 = -\frac{d(BS \cos \omega t)}{dt} = BS\omega \sin \omega t$$

Поскольку рамка состоит из  $N$  витков, то Э.Д.С. индукции будет складываться из электродвижущих сил, возникающих в отдельных витках:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 N = NBS\omega \sin \omega t = \varepsilon_{\max} \sin \omega t$$

$$\text{где } \varepsilon_{\max} = NBS\omega. (5)$$

По данному принципу строятся достаточно мощные генераторы переменного и постоянного тока, используемые в качестве источников электрической энергии. В нашем случае преследуется другая цель. Из (5) следует, что зная параметры рамки  $N$  и  $S$ , угловую скорость ее вращения  $\omega$  и измерив  $\varepsilon_{\max}$ , можно определить индукцию  $B$  в том месте, куда помещена рамка. Чем меньше будут размеры рамки, тем

точнее с ее помощью можно исследовать структуру неоднородного магнитного поля. Ясно, что такой генератор будет давать незначительную мощность, и в этом случае называется измерительным генератором.

Для измерения  $\epsilon_{\max}$  в работе применен прибор магнитоэлектрической системы. Приборы этой системы не имеют себе равных по чувствительности и малому собственному потреблению мощности, что важно в случае измерительного генератора. Но приборы этой системы измеряют постоянный ток, поэтому ЭДС генератора необходимо выпрямить.

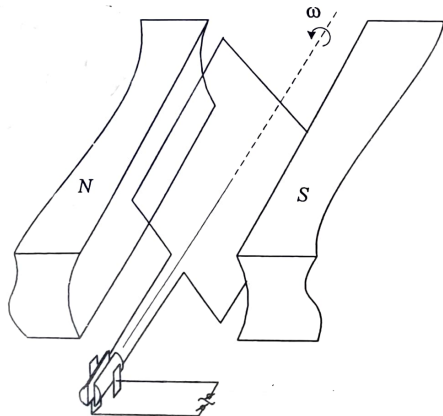


Рис.2

Если концы обмотки (многовитковой рамки) соединить не с отдельными кольцами, как на рис.1, а с двумя полукольцами, как на рис.2, то получим схему генератора постоянного тока, коллектор (полукольца) которого выполняет роль двухполупериодного выпрямителя. Форма напряжения на зажимах (полукольцах) приведен на рис.3.

Из рис.3 видно, что напряжение не постоянно, и поэтому магнитоэлектрический прибор будет измерять среднее значение выпрямленного напряжения.

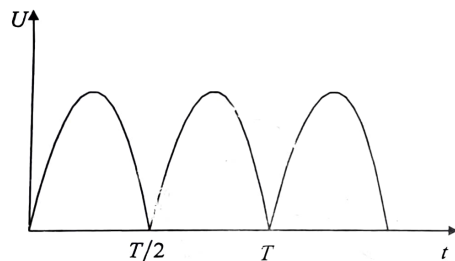


Рис.3

Среднее значение  $\bar{A}$  любой изменяющейся во времени физической величины  $A(t)$  определяется как

$$\bar{A} = \frac{1}{T} \int_0^T A(t) dt,$$

где  $T$  - время усреднения.

В данном случае

$$\bar{\epsilon} = NBS\omega \frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} \sin \omega t dt = NBS\omega \frac{2}{T} \left[ -\cos \omega t \right]_0^{T/2} = NBS \frac{4}{T} = 4NBSn \quad (6)$$

где  $n = \frac{1}{T}$  - частота вращения рамки.

В качестве магнитоэлектрического прибора выбран микроамперметр, показывающий

$$I = \bar{I} = \frac{\bar{\epsilon}}{r} \quad (7)$$

где  $r$  - эквивалентное сопротивление электрической цепи (параметр, указанный в технических данных установки).

Из (6) с учетом (7) получаем:

$$B = \frac{Ir}{4NSn} = \gamma I \quad (8)$$

где  $\gamma = \frac{r}{4NSn}$  - постоянная измерительного генератора.

## 4.1 ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Схема установки приведена на рис.4

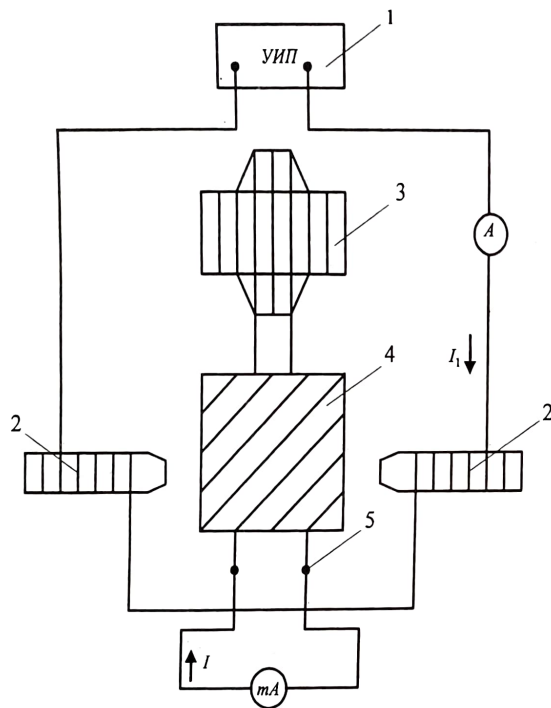


Рис.4

- 1-УИП-универсальный источник питания. Амперметр на 10 А расположен на лицевой панели УИПа;
- 2-электромагнит;
- 3-электрический двигатель;
- 4-измерительная рамка;
- 5-коллектор

## 4.2 ВЫПОЛНЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Изменяя величину напряжения источника, питающего электромагнит, установить величину тока равную 0,5А.

Измерить и записать в таблицу значение тока в цепи измерительного генератора.

Равномерно, через 0,5А, увеличивать ток электромагнита до значений, приводящих к насыщению тока измерительного генератора. Соответствующие значения токов занести в таблицу.

Таблица

$I_1, A$	0,5	1,0	1,5	2
$I \cdot 10^{-3}, A$				
$B, Tл$				

## 4.3 ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

По формуле (8) рассчитать значение магнитной индукции для экспериментальных точек и занести в таблицу.

Построить график зависимости магнитной индукции от величины тока электромагнита.

Приложение

Технические данные приведены на установке:

$N$  - число витков рамки генератора;

$S$  - площадь витка;

$n$  - частота вращения рамки;

$r$  - эквивалентное сопротивление электрической цепи;

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Сформулируйте закон электромагнитной индукции Фарадея.
2. Определение потока магнитной индукции.
3. Принцип работы индукционного генератора.
4. Назначение коллектора в генераторе.
5. Назначение измерительного генератора и его особенности.
6. Особенности измерительных приборов электромагнитной системы.
7. Как определяется среднее значение физической величины.

Список литературы

1. И. В. Савельев. Курс общей физики, т. 2. - М.: Наука, 2002
2. Электрические измерения. Под ред. Франке А. В. - Л.: Энергия, 1973.