

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО УСИЛИТЕЛЯ

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом действия дроссельного магнитного усилителя (МУ). Ознакомиться с назначением обратной связи и ее действием в магнитном усилителе. Научиться снимать основные характеристики МУ и определять коэффициенты усиления.

Основные теоретические сведения

В системах автоматики усилители применяют для усиления мощности сигналов датчиков, как правило, недостаточных по мощности для приведения в действие исполнительных элементов. В некоторых случаях одновременно с усилением входного сигнала в усилителе осуществляется и его качественное преобразование: постоянный ток преобразуется в переменный, переменный – в постоянный и т. д. В зависимости от вида энергии вспомогательного источника усилители делятся на электрические, гидравлические, пневматические и комбинированные. Рассмотрим устройство и принцип действия одного из электрических усилителей – дроссельного магнитного усилителя (МУ), который представляет собой катушку индуктивности с ферромагнитным сердечником и дополнительной управляющей обмоткой W_y , позволяющей изменять индуктивность основной (рабочей) обмотки W_p за счет подмагничивания материала сердечника при протекании по управляющей обмотке постоянного тока I_y (рисунок 1).

Нагрузка усилителя R_n подключается последовательно с рабочей обмоткой W_p к источнику переменного напряжения U_p . Входным сигналом является ток I_y и напряжение U_y . Выходным сигналом – I_p ; U_p . Основным элементом МУ является ферромагнитный сердечник, характеризующийся нелинейной кривой намагничивания $B=f(H)$ (рисунок 2).

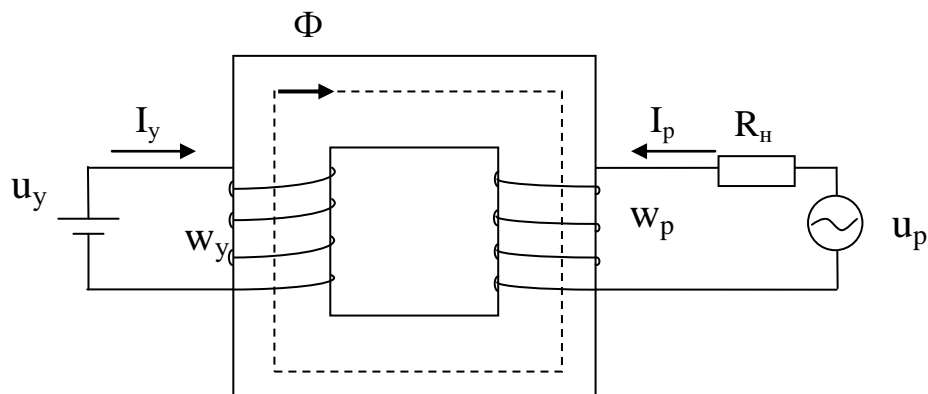


Рисунок 1 – Дроссельный магнитный усилитель

При отсутствии входного напряжения U_y (холостой ход) под воздействием переменного напряжения U_p в обмотке W_p будет течь

синусоидальный ток I_p . Последний создаст в сердечнике синусоидальный магнитный поток Φ_{\sim} , а следовательно, и магнитную индукцию B_{\sim} (рисунок 2). Проектируя значение индукции на кривую намагничивания, находим изменения напряженности поля $H_{0\sim}$.

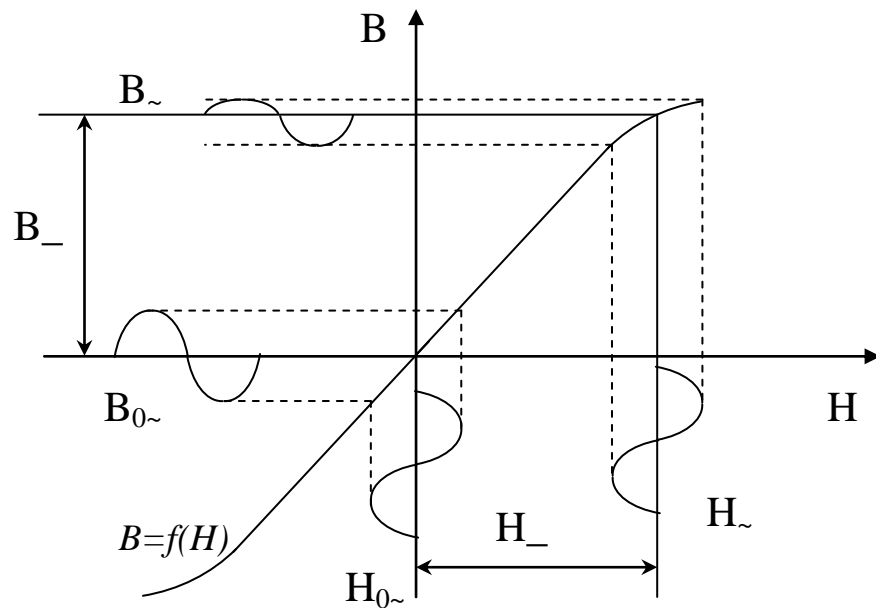


Рисунок 2 – Кривая намагничивания

Очевидно, что амплитуда напряженности $H_{0\sim}$ будет в этом случае тем меньше, чем круче кривая намагничивания материала сердечника. При подаче на вход напряжения U_y последнее вызовет в обмотке W_y постоянный ток I_y . Этот ток обусловит появление постоянного магнитного поля напряженностью H_- и индукцией B_- . Постоянное и переменное магнитные поля суммируются, в результате рабочая точка переместится в область нелинейного участка кривой намагничивания на величину B_- .

Построив для этого случая кривую изменения напряженности H_{\sim} , видим, что ее значение стало больше, чем в режиме холостого хода. Рассмотренное изменение магнитного состояния сердечника можно оценить соответствующим измерением его магнитной проницаемости:

$$\mu_{\sim} = \frac{B_{\sim}}{\mu_0 \cdot H_{\sim}}. \quad (1)$$

Очевидно, в первом случае магнитная проницаемость была выше, чем во втором. Подача управляющего сигнала U_y привела к уменьшению индуктивности рабочей обмотки:

$$L_p = \frac{W_p^2 \cdot S}{\mu_0 \cdot \mu_{\sim}} = \frac{4\pi \cdot 10^{-5} \cdot W_p^2 \cdot S}{L} \cdot \mu_{\sim} = k \cdot \mu_{\sim}, \quad (2)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-5}$ – магнитная проницаемость вакуума;

S – площадь сечения сердечника;
 L – длина средней силовой линии.

Соответственно, уменьшению индуктивности L_p , уменьшится индуктивное сопротивление рабочей обмотки $X_L = \omega \cdot L_p$, а значение тока, протекающего в рабочей цепи, увеличится:

$$I_p = \frac{U_p}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}. \quad (3)$$

Таким образом, подав на вход усилителя сигнал U_y , получим изменение тока в цепи нагрузки I_p как результат последовательных преобразований, происходящих в МУ. Эту цепь преобразований можно условно представить в следующем виде:

$$I_y \uparrow \rightarrow H - \uparrow \rightarrow H \sim \uparrow \rightarrow \mu \sim \downarrow \rightarrow L_p \downarrow \rightarrow X_L \downarrow \rightarrow Z_p \downarrow \rightarrow I_p \uparrow.$$

Рассмотренный дроссельный МУ является простейшим и имеет следующие недостатки:

1. Переменный магнитный поток Φ_{\sim} , создаваемый рабочим током, индуцирует в управляющей обмотке переменную ЭДС (как во вторичной обмотке трансформатора), в результате чего в управляющей цепи МУ протекает переменный ток, что приводит к искажению формы входного сигнала.

2. Характеристика такого усилителя нелинейно и симметрично не реверсивна. Такой усилитель изменяет амплитуду тока в нагрузке, но фаза тока остается постоянной.

3. Наличие тока холостого хода снижает КПД усилителя.

Для устранения этих недостатков применяют более сложные схемы МУ.

Одним из достоинств магнитного усилителя является высокая стабильность характеристики «вход-выход» $I_p = f(I_y)$. Это позволяет вводить в МУ обратную связь, которая подает часть выходного сигнала на вход (рисунок 7.5). Обратная связь (ОС) в МУ создается дополнительным подмагничиванием материала сердечника. Для этого на сердечник наматывается дополнительная обмотка обратной связи $W_{o.c.}$, включенная последовательно с рабочей обмоткой и нагрузкой. Чтобы получить эффект подмагничивания, обмотка $W_{o.c.}$ включена через выпрямительный мост, т.к. выходной ток МУ переменный. Выпрямленный ток $I_{o.c.}$ протекает по обмотке и создает магнитный поток обратной связи, направление которого постоянно и зависит от полярности тока $I_{o.c.}$.

Если магнитные потоки обратной связи и управления одного направления, то обратная связь будет положительной; если они направлены

встречно (вычитаются), то обратная связь – отрицательна. Характеристика «вход – выход» МУ с обратной связью несимметрична.

Порядок выполнения работы

1. На рисунке 3 приведена схема дроссельного магнитного усилителя. Снять зависимость $Z = f(I_y)$, изменяя величину тока управления I_y в обмотке управления W_y от 0 до 7мА (изменением положения подвижного контакта реостата R_y), измерить ток I_n , напряжение U на рабочей обмотке W_p .

Данные опыта занести в таблицу 1

Вычислить величину полного сопротивления Z и построить характеристику $Z = f(I_y)$.

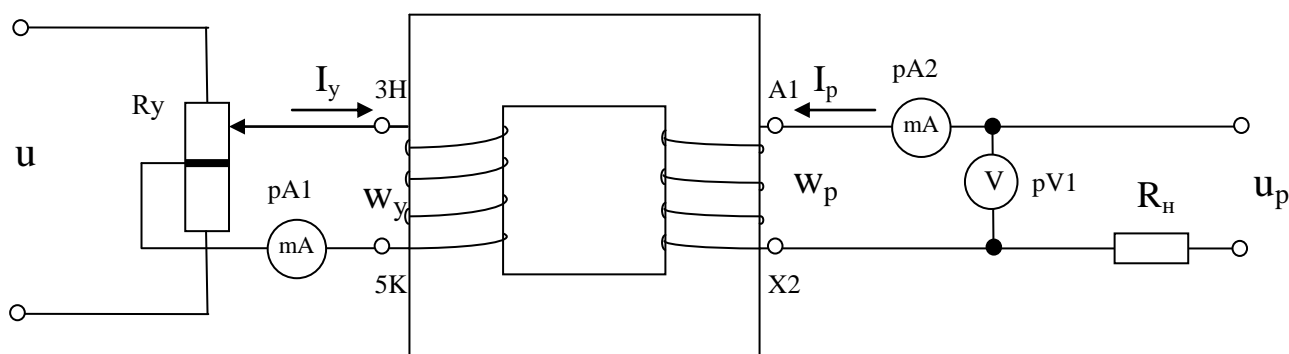


Рисунок 3 – Лабораторная схема дроссельного магнитного усилителя

Таблица 1

$I_y, \text{мА}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$I_n, \text{мА}$								
$U, \text{В}$								
$Z, \text{Ом}$								

2. Собрать схему (рисунок 4). Снять характеристику «вход – выход» ($I_n = f(I_y)$) для дроссельного магнитного усилителя.

Изменяя величину тока управления I_y от -7мА до +7мА, измерить величину рабочего тока I_p в рабочей цепи. Данные опыта занести в таблицу 2 и построить характеристику «вход – выход».

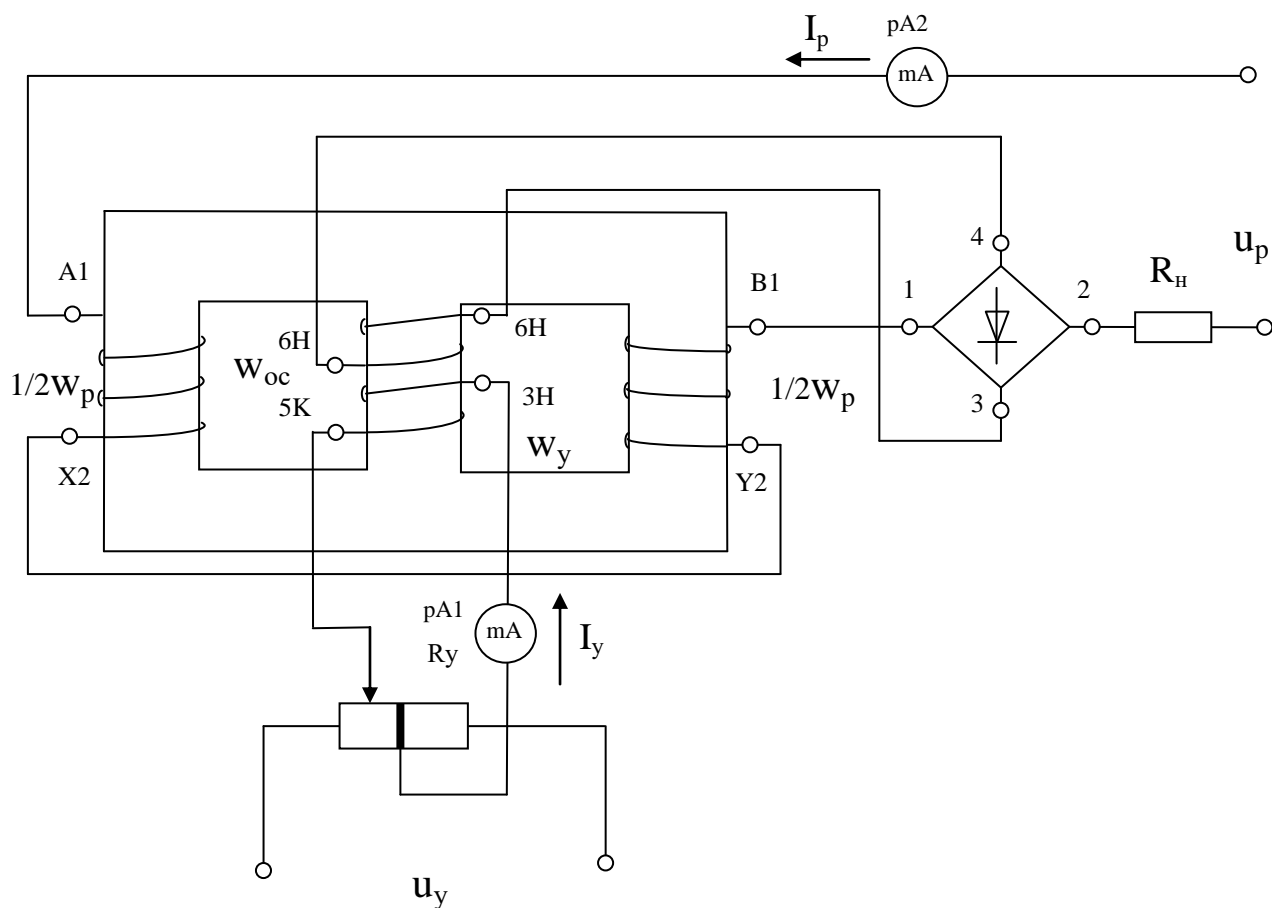


Рисунок 5 – Лабораторная схема магнитного усилителя с обратной связью

Пользуясь данными таблиц 7.2 и 7.3 и учитывая, что $R_n = 200 \text{ Ом}$, а $R_y = 400 \text{ Ом}$, рассчитать коэффициент усиления:

- по току $K_i = \frac{\Delta I_n}{\Delta I_y}$;
- по напряжению $K_u = \frac{\Delta U_p}{\Delta I_y} \cdot \frac{R_n}{R_y} = K_i \cdot \frac{R_n}{R_y}$;
- по мощности $K_p = \frac{\Delta P^2}{\Delta I_y^2} \cdot \frac{R_n}{R_y} = K_i \cdot K_u$.

Для случаев, когда обратная связь отсутствует, ОС положительная, ОС отрицательная. Данные занести в таблицу 4

Таблица 4 – Коэффициент усиления ЭМУ

K	K_i	K_u	K_p
Без ОС			
ОС положительная			
ОС отрицательная			

Содержание индивидуального отчета

1. Название, цель работы.
2. Схема лабораторной установки с описанием.
3. Таблицы с результатами измерений.
4. Результаты расчетов.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Назначение, устройство и принцип действия МУ.
2. Пояснить зависимость $Z = f(I_y)$.
3. Что представляет собой характеристика «вход – выход» и как она экспериментально снимается?
4. Назначение и принцип действия обратной связи в МУ.
5. Коэффициенты усиления K_i ; K_u ; K_p , порядок их расчета. Влияние обратной связи на коэффициент усиления.