

Обобщенные характеристики магнитного усилителя Файзиев М. М.¹, Тошев Т. У.², Ниматов К. Б.³, Умиров А. П.⁴

¹Файзиев Махманазар Мансурович / Fayziyev Makhmanazar Mansirovovich - кандидат технических наук, доцент;

²Тошев Тождиддин Унгобоевич / Toshov Tojiddin Ungboevich - соискатель, старший преподаватель;

³Ниматов Камолiddин Бахриддинович / Nimatov Kamoliddin Baxriddinovich - соискатель, ассистент;

⁴Умиров Асрор Пардаевич / Umirov Asror Paradaevich - соискатель, ассистент,
Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Республика Узбекистан

Аннотация: в статье приведен теоретический анализ магнитного усилителя. Для исследования управляемого ферромагнитного элемента аппроксимируем кривую намагничивания степенной функцией, вводя безразмерные и базисные величины и используя биномиальные коэффициенты; на основе метода гармонического баланса получены базовые уравнения для построения обобщенных характеристик магнитного усилителя.

Ключевые слова: магнитный усилитель, рабочая обмотка, обмотка подмагничивания, входное напряжение, постоянная составляющая магнитного потока, амплитуда переменной составляющей магнитного потока, магнитный поток в сердечнике, коэффициенты и степень аппроксимирующей функции, метод гармонического баланса, базисные и безразмерные коэффициенты.

УДК 621.721.025

Магнитные усилители, основным элементом которой является обмотка подмагничивания, состоит из магнитопровода с двумя или более обмотками. Рабочая обмотка, состоящая из магнитопровода с двумя или более обмотками, включается последовательно с нагрузкой, отличается простотой конструкции, высокой надёжностью, постоянной готовностью к работе, высоким коэффициентом полезного действия и практически неограниченным сроком службы (рис. 1).

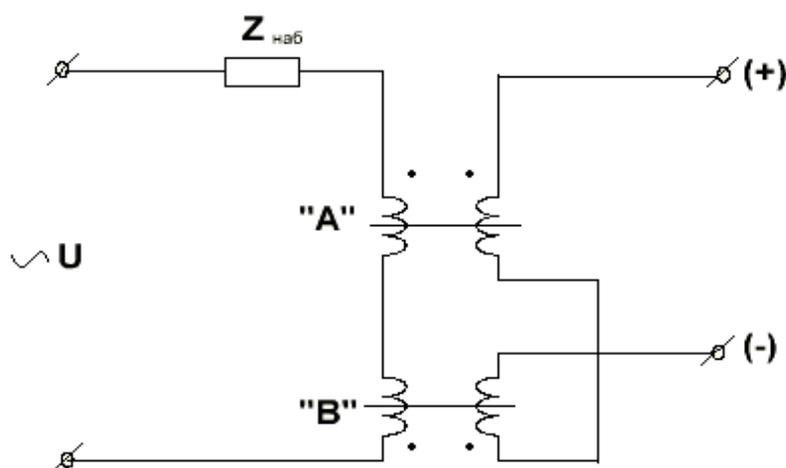


Рис. 1. Схема соединения магнитного усилителя

Поэтому обмотки находят широкое применение в автоматических устройствах в качестве усилителей мощности, а также линейных и нелинейных преобразователей сигналов. Кроме того, в цепях управления магнитных усилителей сравнительно легко осуществляется суммирование большого количества сигналов.

Магнитопроводы современных магнитных усилителей выполняются из специальных высококачественных материалов. Поэтому при анализе основных процессов в обмотке подмагничивания магнитного усилителя в ряде случаев допустима аппроксимация действительной петли гистерезиса. В магнитных усилителях магнитопровод одновременно намагничивается полями переменного и постоянного тока, причем амплитуда переменной составляющей поля, как правило, соизмерима или больше постоянной составляющей. Для анализа и выявления наиболее существенных зависимостей, характеризующих процессы в электромагнитном устройстве, используют математическую аппроксимацию кривых намагничивания. При анализе процессов в магнитных усилителях наиболее простой и эффективной является кусочно-линейная аппроксимация.

Обмотка подмагничивания магнитного усилителя служит для управления режимом рабочей обмотки и питается от источника постоянного тока. Для исследования режима работы управляемого ферромагнитного элемента аппроксимируем кривую намагничивания степенной функцией.

$$i_{раб} W_{раб} + i_{подмаг} W_{подмаг} = K_1 \Phi + K_n \Phi^n, \quad (1)$$

где $i_{раб}$ - ток в рабочей обмотке,

$W_{раб}$ - число витков в рабочей обмотке,

$i_{подмаг}$ - ток в обмотке подмагничивания,

$w_{подмаг}$ - число витков в обмотке подмагничивания,

K_1, K_n , n - коэффициенты и степень аппроксимирующей функции,

Φ - магнитный поток в сердечнике ферромагнитного элемента.

Подключенная к рабочей обмотке магнитного усилителя напряжения переменного тока изменяется по закону [1]

$$u = U_m \cos \omega t,$$

Тогда

$$u = w_{раб} \frac{d\Phi}{dt},$$

$$\Phi = \frac{1}{w_{раб}} \int u dt = \frac{U_m}{\omega w_{раб}} \sin \omega t + \Phi_0,$$

$$\Phi = \Phi \sin \omega t + \Phi_0, \quad (2)$$

где Φ_0 - амплитуда постоянной составляющей магнитного потока,

Φ_m - амплитуда переменной составляющей магнитного потока.

Принимая, $w_{раб} = w_{подмаг}$, приведя к базисным и безразмерным коэффициентам, выражение запишем в следующем виде:

$$(i_0 + i)w = K_1 \Phi + K_n \Phi^n,$$

$$(i_0 + i)w = K_1 \Phi_0 x + K_n \Phi_0^n x^n,$$

$$\frac{Z_m i_0 w}{K_1 \Phi_0} + \frac{z_0 i_0 w}{K_1 \Phi_0} = x + x^n, \quad (3)$$

$$Z_m + z_0 = x + x^n. \quad \text{Здесь,}$$

$$Z_m = \frac{i}{i_0}, \quad x = \frac{\Phi}{\Phi_0}, \quad i_0 = \frac{K_1 \Phi_0}{w}, \quad \Phi_0 = \sqrt[n-1]{\frac{K_1}{K_n}}$$

$$x = x_0 + X_m \sin \tau, \quad (4)$$

где, $\tau = \omega t$.

Значения биномиальных коэффициентов могут быть определены из треугольника Паскаля. Учитывая, что

$$\sin^2 \tau = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\tau), \quad (5)$$

$$\sin^3 \tau = \frac{1}{4}(3 \sin \tau - \sin 3\tau),$$

после некоторых математических преобразований уравнений (4) подставим в (3) для случая $n = 3$.

На основе метода гармонического баланса, пренебрегая высшими гармониками из (5), получим в следующие уравнения:

$$z_0 = x_0 + x_0^3 + \frac{3}{2} x_0 X_m, \quad (6)$$

$$Z_m = X_m + 3x_0^2 X_m + \frac{3}{4} X_m^3, \quad (7)$$

Полученные зависимости являются базовыми уравнениями для построения обобщенных характеристик магнитного усилителя [2]. На основе (6, 7) построены характеристики, представляющие связь между амплитудами X_{Im} и Z_{Im} для различные x_0 (рис. 2).

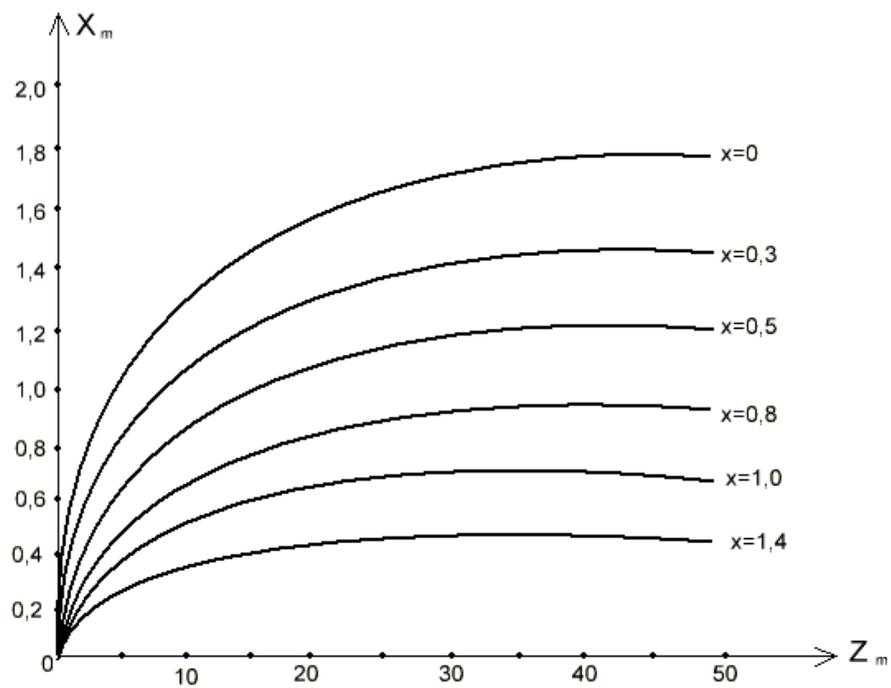


Рис. 2. Зависимость $Z_m = f(X_m)$ для различных x_0

С использованием зависимости (6, 7) построены характеристики $Z_m = f(X_m)$, которые пропорциональны вольтамперным характеристикам магнитного усилителя для различных значений тока подмагничивания z_0 (рис. 3).

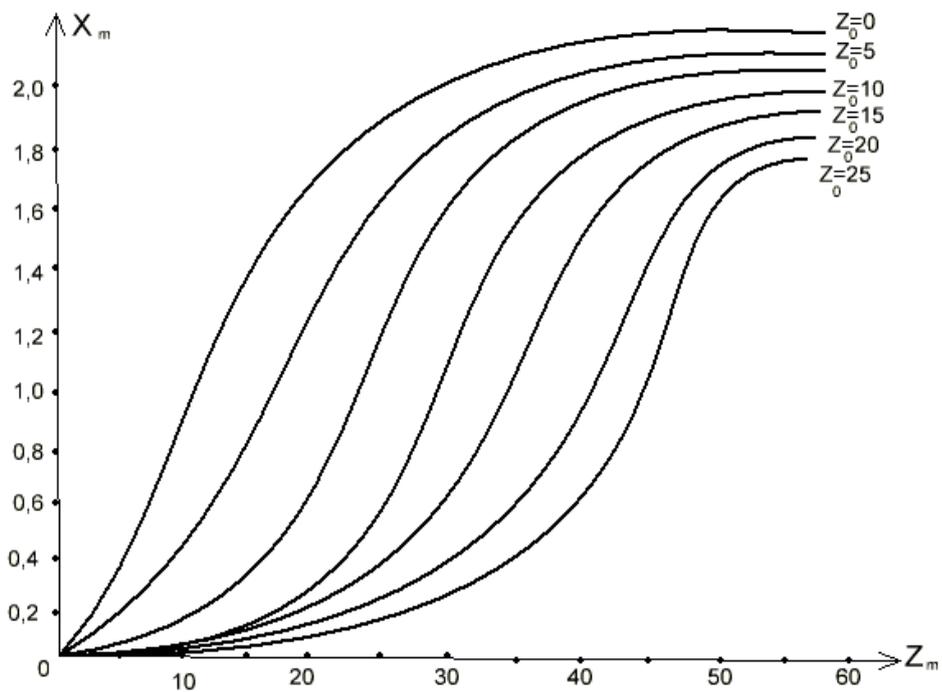


Рис. 3. Зависимость $Z_m = f(X_m)$ для различных z_0

Литература

1. Бессонов Л. А. Нелинейные электрические цепи. М: Высшая школа, 1964. С. 430.
2. Кадыров Т. М. Анализ установившихся режимов ЭФМ цепей с падающими амплитудными характеристиками. Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетики. 1993. № 5. с. 33-37.

3. *Файзиев М. М., Тошев Т. У., Орипов А. А.* Активно-индуктивная нагрузка стабилизатора на базе магнитного усилителя. // Наука, техника и образование. № 3 (21) 2016. С. 105-108.