

# Активно-индуктивная нагрузка стабилизатора на базе магнитного усилителя. Active and inductive loading of the stabilizer on the basis of the magnetic amplifier

Файзиев М. М.<sup>1</sup>, Тошев Т. У.<sup>2</sup>, Орипов А. А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Файзиев Махманазар Мансурович / Fayziyev Makhmanazar Mansirovich - кандидат технических наук, доцент;

<sup>2</sup>Тошев Тожиддин Унгобоевич / Toshov Tojiddin Ungboevich - соискатель, старший преподаватель;

<sup>3</sup>Орипов Абдулла Аббосович / Oriyov Abdulla Abbosovich – студент,

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

**Аннотация:** в статье приведена активно-индуктивная нагрузка стабилизатора на базе магнитного усилителя. Показаны основные соотношения характеристики кривой намагничивания, которая аппроксимируется с функцией третьей степени, при применении способа гармонического баланса.

**Ключевые слова:** активно-индуктивная нагрузка, ферромагнитные элементы, постоянная составляющая магнитного потока, поток с частотой.

УДК 621.721.025

В цепи управления ферромагнитного удвоителя частоты на базе магнитного усилителя используется параллельный феррорезонансный контур, последовательно соединенный с линейной индуктивностью.

Она состоит из двух идентичных нелинейных ферромагнитных элементов. Первичные обмотки соединены последовательно и подключены к источнику переменного тока, а вторичные обмотки включены встречно-последовательно. При таком соединении индуктируемые во вторичных обмотках Э.Д.С основной частоты взаимно вычитаются, и их сумма равняется нулю. Обмотки подмагничивания, включенные встречно-последовательно, служат для создания постоянного подмагничивающего поля, способствующего появлению в сердечниках чётных гармоник индукции.

Для активно-индуктивной нагрузки схемы устройства, показанной на рис. 1, имеем следующее уравнение:

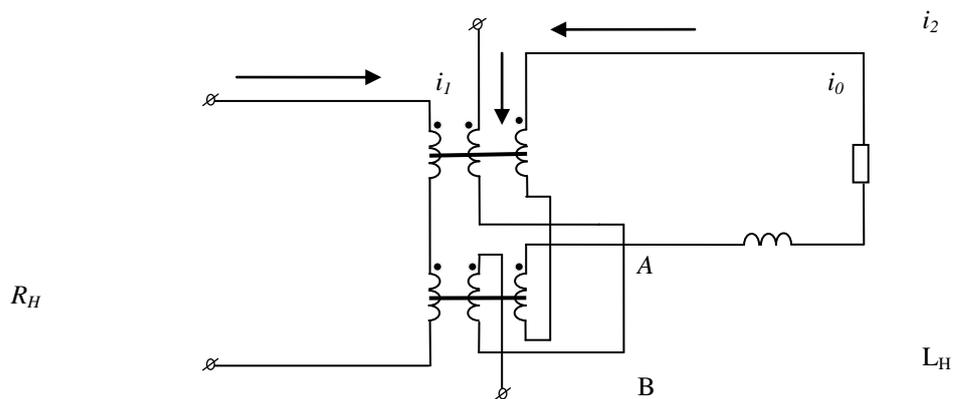


Рис. 1. Схема стабилизатора напряжения при активно-индуктивной нагрузке

$$u = W \frac{d}{dt} (\Phi_A + \Phi_B), \quad (1)$$

$$W \frac{d}{dt} (\Phi_A - \Phi_B) + i_2 R_H + L \frac{di_2}{dt} = 0, \quad (2)$$

$$i_1 W_1 + i_2 W_2 + i_0 W_0 = k_1 \Phi_A + k_3 \Phi_B^3, \quad i_1 W_1 - i_2 W_2 - i_0 W_0 = k_1 \Phi_A + k_3 \Phi_B^3, \quad (4)$$

Здесь

$u$  - напряжение источника;

$\Phi_A, \Phi_B$  - магнитные потоки в сердечниках ферромагнитных элементов;

$k_1, k_3$  - коэффициенты аппроксимирующей функции;

$W_1, W_2, W_0$  - число витков первичных, вторичных обмоток и обмоток подмагничивания;

$i_1, i_2$  - токи первичной, вторичной обмотки;

$i_0$  - тока подмагничивания;

$R_H, L_H$  – параметры нагрузки.

Допускаем, что

$$\Phi_A = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_0, \quad (5)$$

$$\Phi_B = \Phi_1 - \Phi_2 - \Phi_0, \quad (6)$$

$\Phi_0$  – постоянная составляющая магнитного потока;

$\Phi_1$  – переменная составляющая магнитного потока с частотой  $f$ ,

$\Phi_2$  – переменная составляющая магнитного потока с частотой  $2f$ .

Для случая  $w_1 = w_2 = w_0$

$$i_2 = \frac{k_1}{2W}(\Phi_A - \Phi_B) + \frac{k_3}{2W}(\Phi_A^3 - \Phi_B^3) - i_0, \quad (7)$$

Подставляя (7) в (2) получим следующее выражение:

$$W \frac{d}{dt}(\Phi_A - \Phi_B) + \frac{k_1 R_H}{2W}(\Phi_A - \Phi_B) + \frac{k_3 R_H}{2W}(\Phi_A^3 - \Phi_B^3) - i_0 R_H + L \frac{k_1}{2W} \frac{d}{dt}(\Phi_A - \Phi_B) + L \frac{k_3}{2W} \frac{d}{dt}(\Phi_A^3 - \Phi_B^3) = 0 \quad (8)$$

Вводя базисные величины и приведя уравнение (8) к безразмерному виду, после некоторых математических преобразований имеем:

$$\frac{dx_2}{d\tau} + \delta(x_2 + x_0) + \delta[3x_1^2(x_2 + x_0) + (x_2 + x_0)^3] - i_0 + \beta \frac{dx_2}{d\tau} + 3\beta x_1^2 \frac{dx_2}{d\tau} + 6\beta x_1 x_2 \frac{dx_1}{d\tau} + 6\beta x_1 x_0 \frac{dx_1}{d\tau} + 3\beta x_2^2 \frac{dx_2}{d\tau} + 6\beta x_2 x_0 \frac{dx_2}{d\tau} + 3\beta x_0^2 \frac{dx_2}{d\tau} = 0 \quad (9)$$

здесь,

$$x_1 = \Phi_1 / \Phi_\delta; x_2 = \Phi_2 / \Phi_\delta; x_0 = \Phi_0 / \Phi_\delta; i_0 = i_0 / i_\delta; \Phi_\delta = \sqrt{k_1 / k_3};$$

$$i_\delta = 2W\omega 2\Phi_\delta / R_H$$

где,

$$\delta = k_1 R_H / 2W^2 \omega; \beta = Lk_1 / 2W^2; \tau = \omega t.$$

Дифференциальное уравнение цели (9) решаем, учитывая основную и удвоенную гармоники индукции ферромагнитных элементов.

Пусть,

$$x_1 = X_{1m} \sin \frac{\tau}{2}, \quad (10)$$

$$x_2 = X_{2m} \sin(\tau + \psi), \quad (11)$$

Тогда из (9), после некоторых математических преобразований и применяя метод гармонического баланса, имеем:

$$\frac{3}{2} X_{1m}^2 x_0 \cos \psi + \frac{3}{2} \beta X_{1m}^2 x_0 \sin \psi = X_{2m} + \beta \alpha + \frac{3}{2} \beta X_{1m}^2 X_{2m} \quad (12)$$

$$\frac{3}{2} \delta X_{1m}^2 x_0 \sin \psi - \frac{3}{2} \beta X_{1m}^2 x_0 \cos \psi = \delta \alpha + \frac{3}{2} \delta X_{1m}^2 X_{2m} \quad (13)$$

$$i_0 = x_0 + x_0^3 + \frac{3}{2} X_{1m}^2 x_0 + \frac{3}{2} X_{2m}^2 x_0 - \frac{3}{4} X_{1m}^2 X_{2m} \sin \psi, \quad (14)$$

Возводя в квадрат зависимости (12), (13) и сложив их, получим уравнение, которое имеет следующее решение:

$$X_{1m}^2 = \frac{2G \pm 2 \sqrt{G^2 + \left[ F + (x_0^2 - X_{2m}^2) \left( \alpha^2 + \frac{(X_{2m} + \beta\alpha)^2}{\delta^2} \right) \right]}}{3[F + (x_0^2 - X_{2m}^2)]}, \quad (15)$$

здесь;

$$\alpha = \frac{3}{4} X_{2m}^3 + 3X_{2m}x_0^2 + X_{2m},$$

$$G = X_{2m} \left( \frac{X_{2m}\beta}{\delta^2} + \frac{\beta^2\alpha}{\delta^2} + \alpha \right),$$

$$F = \frac{\beta}{\delta} (x_0^2 - X_{2m}^2).$$

Из (12, 13) получим следующее:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{(\delta^2 - \beta^2) \left[ M + \frac{3}{2} X_{1m}^2 (\beta^2 + \delta^2 X_{2m}) \right]}{\delta X_{2m} (\beta^2 + \delta^2)}, \quad (16)$$

где,

$$M = \beta X_{2m} + \beta^2 \alpha + \delta^2 \alpha.$$

На основе уравнения (15), задавая значением  $X_0$  и определяя из (14) величину  $i_0$ , строим характеристики  $X_{2m} = f(X_{1m})$  для различных токов подмагничивания. Проведем линию, параллельную оси абсцисс [1], определяем в точках пересечения значения  $i_0$ ,  $X_{1m}$  и строим зависимость  $i_0 = f(X_{1m})$ , необходимую для стабилизации выходного напряжения. Затем можно строить регулировочную характеристику. Таким образом, соответствующим выбором необходимой закономерности тока [2] подмагничивания обмотки управления в зависимости от приложенного напряжения источника, можно обеспечить стабилизацию выходного напряжения на базе магнитного усилителя.

### *Литература*

1. *Кадыров Т. М., Алимов Х. А., Файзиев М. М.* Установившийся режим ферромагнитного удвоителя частоты. *Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетика* 1997. № 3. С. 29-33.
2. *Кадыров Т. М.* Анализ установившихся режимов ЭФМ цепей с падающими амплитудными характеристиками. *Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетика*. 1993. № 5. С. 33-37.