

УДК 621-317.7; 621-319

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИЛЫ С УЧЕТОМ КОМПЛЕКСНОГО МАГНИТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

АБДУЛЛАЕВ Я.Р., КЕРИМЗАДЕ Г.С., МАМЕДОВА Г.В.

*Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия,  
Баку, проспект Азадлыг, 20*

В работе рассмотрена методика учета комплексного магнитного сопротивления в энергетической формуле для определения электромагнитной силы. Этот метод можно также использовать для расчета электромагнитной силы с учетом комплексного магнитного сопротивления при определении силовых характеристик электромагнитных устройств с подвижными экранами.

Согласно методу эквивалентной комплексной магнитной проводимости, магнитная проводимость магнитных линий длиной  $l$  без учета и с учетом сопротивления соответственно определяются как:

$$\Lambda_{L0} = \lambda \cdot l; \quad \Lambda_L = \Lambda_{L0} \cdot m,$$

где  $m$  - безразмерный коэффициент, учитывающий комплексный характер магнитного сопротивления линий (меньше единицы). Формула, не учитывающая торцевую магнитную проводимость  $\Lambda_T$ , позволяет определить поток магнитных линий:

$$\Phi_L = F_1 \frac{\lambda}{p} \text{thpl} \cdot \dot{A},$$

где  $\dot{A}$  - безразмерный коэффициент, учитывающий магнитное сопротивление основания магнитопровода  $\dot{Z}_{M1}$ :

$$\dot{A} = \left[ 1 + \frac{\lambda}{p} \dot{Z}_{M1} \text{thpl} \right]^{-1}$$

При условии  $\left( \frac{\lambda}{p} \dot{Z}_{M1} \text{thpl} \right) \ll 1$ :

$$\Phi_L = \left( F_1 \frac{\lambda}{p} \text{thpl} \right)$$

Условие выполняется для линий с малым  $\dot{Z}_{M1}$ . Для эквивалентной магнитной проводимости линии:

$$\Lambda_L = \left( \frac{\lambda}{p} \right) \text{thpl} = (\lambda l) \frac{\text{thpl}}{pl} = \Lambda_{L0} \cdot \dot{m}$$

$$\dot{m} = \frac{\text{thpl}}{pl},$$

где  $m = m_a + jm_p$ .

Активная и реактивная составляющие комплексной магнитной проводимости магнитных линий длиной  $l$  будет:

$$\Lambda_{La} = \Lambda_{L0} \cdot m_a; \quad \Lambda_{Lp} = \Lambda_{L0} \cdot m_p$$

При распределении обмотки вдоль длины линии магнитная проводимость рассеяния определяется как:

$$\Lambda_{L0} = \frac{1}{W^2 I_0} \int \Phi_{sx} dx = \frac{1}{3} \lambda l$$

Тогда эквивалентная комплексная магнитная проводимость линии с учетом сопротивления будет определяться:

$$\Lambda_L = \dot{m} \left( \frac{1}{3} \Lambda_{L0} \right).$$

Для учета комплексного магнитного сопротивления необходимо составление схемы замещения магнитной системы, приведенной на рис. 1. Для магнитных линий, применяя метод эквивалентных комплексных магнитных проводимостей [1-2], получим:

$$\dot{\Lambda}_{h1} = \dot{m}_{h1} \cdot \Lambda_{h1}; \dot{\Lambda}_y = \dot{m}_y \cdot \Lambda_y; \dot{\Lambda}_{h2} = \dot{m}_{h2} \cdot \Lambda_{h2},$$

где  $\dot{m}_{h1}$ ;  $\dot{m}_y$ ;  $\dot{m}_{h2}$  - безразмерные комплексные коэффициенты, учитывающие активные и реактивные магнитные сопротивления для участков  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $y$ :

$$\Lambda_{h1} = \frac{1}{3} h_1 \lambda; \Lambda_{h2} = \frac{1}{3} h_2 \lambda; \Lambda_y = \lambda y.$$

Согласно схеме замещения, магнитные проводимости определяются как:

$$\dot{\Lambda}_{h1} = (m'_a - jm'_p) \frac{1}{3} \lambda h_1;$$

$$\dot{\Lambda}_y = (m''_a - jm''_p) \lambda y;$$

$$\dot{\Lambda}_{h2} = \frac{1}{3} \lambda h_2.$$

Тогда эквивалентная магнитная проводимость схемы замещения:

$$\dot{\Lambda} = \lambda y m''_a + \frac{1}{3} \lambda h_2 + \frac{1}{3} \lambda h_1 m'_a - j \left( \lambda y m''_p + \frac{1}{3} \lambda h_1 m'_p \right),$$

где  $Z_{MT}=0$ .

На рис. 2 приведена эквивалентная схема с учетом распределенного комплексного магнитного сопротивления.

Если учесть, что

$$m'_a = \left( \frac{\beta_1}{p_1} \right)^2; m'_p = \left( \frac{\alpha_1}{p_1} \right)^2;$$

$$m''_a = \left( \frac{\beta_2}{p_2} \right)^2; m''_p = \left( \frac{\alpha_2}{p_2} \right)^2,$$

то для комплексной эквивалентной магнитной проводимости можно записать:

$$\dot{\Lambda} = \lambda \left[ \left( \frac{\beta_2}{p_2} \right)^2 + \frac{1}{3} \lambda h_2 + \frac{1}{3} \lambda h_1 \left( \frac{\beta_1}{p_1} \right)^2 - j \left[ y \left( \frac{\alpha_2}{p_2} \right)^2 + \frac{1}{3} h_1 \left( \frac{\alpha_1}{p_1} \right)^2 \right] \right],$$

или

$$\dot{\Lambda} = \Lambda' - j \Lambda'',$$

где

$$\Lambda' = \lambda \left[ \left( \frac{\beta_2}{p_2} \right)^2 + \frac{1}{3} \lambda h_2 + \frac{1}{3} \lambda h_1 \left( \frac{\beta_1}{p_1} \right)^2 \right]$$

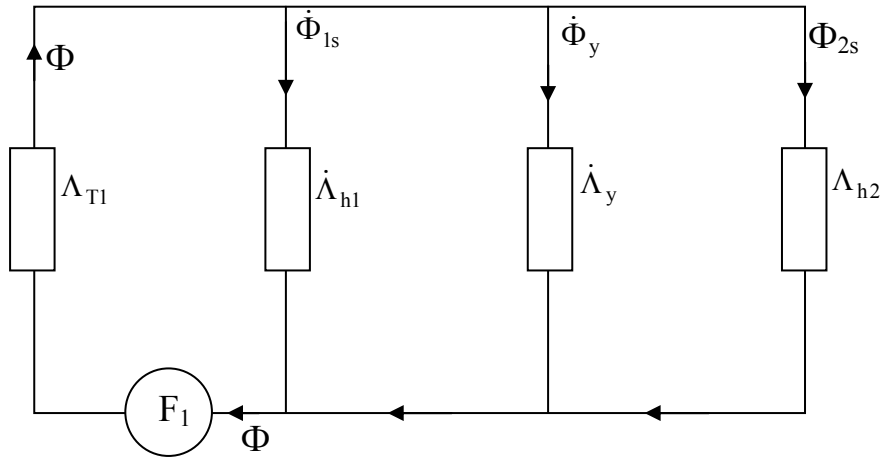


Рис.1. Схема замещения магнитной системы с учетом комплексного магнитного сопротивления

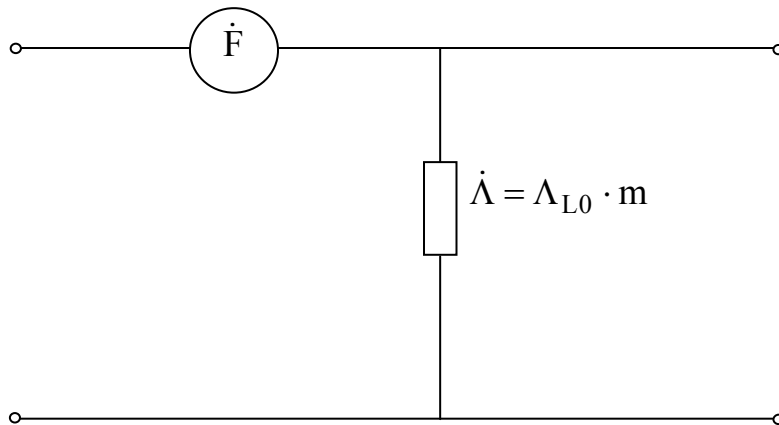


Рис. 2 Эквивалентная схема с учетом распределённого комплексного магнитного сопротивления

$$\Lambda'' = \lambda \left[ \left( \frac{\alpha_2}{p_2} \right)^2 + \frac{1}{3} \lambda h_1 \left( \frac{\alpha_1}{p_1} \right)^2 \right]$$

Полное электрическое сопротивление обмотки:

$$Z_1 = r_1 + \omega W_1^2 \Lambda'' + j\omega W_1^2 \Lambda'$$

Отсюда индуктивность обмотки:

$$L_1 = W_1^2 \Lambda' = \lambda W_1^2 \left[ y \left( \frac{\beta_2}{p_2} \right)^2 + \frac{1}{3} h_2 + \frac{1}{3} h_1 \left( \frac{\beta_1}{p_1} \right)^2 \right]$$

Активное сопротивление обмотки:

$$R_1 = r_1 + \omega W_1^2 \lambda \left[ y \left( \frac{\alpha_2}{p_2} \right)^2 + \frac{1}{3} h_1 \left( \frac{\alpha_1}{p_1} \right)^2 \right]$$

Токи обмоток и продольная составляющая силы с учетом магнитного сопротивления:

$$I_1 = \frac{k_U U_1}{\omega W_1^2 \lambda \left[ y \left( \frac{\beta_2}{p_2} \right)^2 + \frac{1}{3} h_2 + \frac{1}{3} h_1 \left( \frac{\beta_1}{p_1} \right)^2 \right]}$$

$$I_2 = b_2 I_1 \frac{W_1}{W_2}$$

$$P_y = \frac{1}{2} I_1^2 \frac{dL_1}{dy} = \frac{\lambda}{2} \left( I_1 W_1 \frac{\beta_2}{p_2} \right)^2$$

В энергетической формуле расчета электромагнитной силы с учетом комплексного магнитного сопротивления использован метод эквивалентной комплексной магнитной проводимости и получены аналитические выражения активных и индуктивных сопротивлений, токов, индуктивностей и электромагнитной силы.

1. *Абдуллаев Я.Р.* Теория магнитных систем с электромагнитными экранами. М. Наука, 2000.

2. *Абдуллаев Я.Р.* Теория и применение многофункциональных линейных индукционных подвесов. Баку. 1996 .

3. *Абдуллаев Я.Р., Мамедова Г.В., Керимзаде Г.С.* // Электричество. 2007. № 3.

## **KOMPLEKS MAQNİT MÜQAVİMƏTİNİ NƏZƏRƏ ALMAQLA ELEKTROMAQNİT QÜVVƏ HESABININ ENERGETİK DÜSTURU**

**ABDULLAYEV Y.R., KƏRİMZADƏ G.S., MƏMMƏDOVA G.V.**

Elektromaqnit qüvvənin hesabı üçün energetik düsturda ekvivalent kompleks maqnit keçiriciliyi metodundan istifadə edərək, cərəyanlar, elektromaqnit güvvə, induktivliklər, müqavimətlərin analitik ifadələri alınmışdır.

Təqdim olunan məqalədə dolaqlardakı cərəyanların, səpələnmiş induktiv müqavimətlərin və eləcə də hərəkət edən ekranlı elektrodinamik qüvvənin uzununa olan tərkibinin hesabı metodları izah olunmuşdur.

## **THE POWER FORMULA FOR CALCULATION OF ELECTROMAGNETIC FORCE TAKING INTO ACCOUNT COMPLEX MAGNETIC RESISTANCE**

**ABDULLAYEV Ya.R., KERİMZADE G.S., MAMEDOVA G.V.**

Using a method of equivalent complex magnetic conductivity in the power formula for calculation of electromagnetic force analytical expressions of currents, electromagnetic force, inductance, resistance are received.

In presented article methods of account of induced drags of dispersion and currents of windings, and also longitudinal making electrodynamic force in devices with movable screens are stated.