

УДК 612.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ЖЕСТКОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ПОГРЕШНОСТЬ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА

СЕЙДАЛИЕВ И. М.

Азербайджанский Государственный Экономический Университет

В работе показано, что изменение температуры перегрева обмотки возбуждения и левитационного экрана преобразователя перемещений вызывает изменение подъемной электромагнитной силы, которая в свою очередь может изменить перемещение подвижной части и вызывать дополнительную погрешность при автоматическом контроле толщины изоляции. С целью устранения этой погрешности предлагается увеличить электромеханическую жесткость и добротность преобразователя.

Цель данной работы состоит в исследовании влияния электромеханической жесткости на точностные характеристики преобразователя толщины изоляции стальных оправ [1]. Принципиальная схема преобразователя приведена на рис. 1.

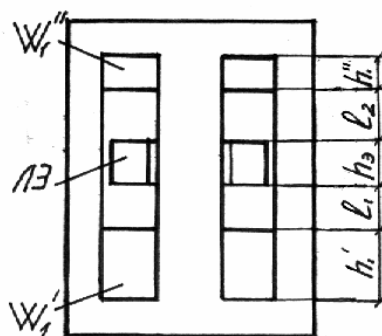


Рис. 1. Принципиальная схема к расчету электромеханической жесткости

Преобразователь состоит из удлиненного Ш-образного замкнутого магнитопровода, на котором расположены секции W_1' и W_1'' обмотки возбуждения (ОВ) и левитационный экран (ЛЭ). ЛЭ изготавливается из алюминия в виде сплошной рамки и может свободно перемещаться вдоль среднего стержня магнитопровода. Секции ОВ соединены последовательно-встречно, причем $W_1' > W_1''$, так как это необходимо для обеспечения исходного (верхнего) положения ЛЭ в магнитопроводе. В этом случае уравнение равновесия сил будет:

$$F_3 = P_3,$$

где F_3 - подъемная сила; P_3 - сила тяжести ЛЭ.

$$F_3 = 0,5(I_1 W_1)^2 \lambda \quad (1)$$

Здесь λ - удельная магнитная проводимость рабочего зазора окна магнитопровода; I_1 - ток ОВ; W_1 - число витков ОВ.

Сила P_3 определяется из выражения:

$$P_e = g\gamma_{\text{э}} S_{\text{л}} l_{\text{л}} ,$$

где $S_{\text{л}}$ и $l_{\text{л}}$ - соответственно площадь поперечного сечения и средняя длина витка ЛЭ; $g = 9.81 \text{ М/с}^2$; $\gamma_{\text{э}}$ - плотность материала, $\gamma_{\text{э}} = \gamma_{\text{А}} = 2,71 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

С учетом силы упирания P_o на контролируемый объект и силы тяжести силовводящего элемента P_c уравнение равновесия сил определяется:

$$P = P_e + P_c + P_o = k_o P_e = \frac{1}{2} (I_1 W_1)^2 \lambda ,$$

где k_o - коэффициент, учитывающий силы тяжести силовводящего элемента и дополнительной силы. Дополнительная сила P_o или сила упирания необходима для сжатия ЛЭ на поверхность контролируемой детали. Коэффициент k_o определяется из выражения:

$$k_o = 1 + \frac{P_c + P_o}{P_e} = 1,2 \div 1,3 .$$

Согласно (1):

$$F_{\text{э}} = \frac{U_1^2 W_1^2 \lambda}{2(R_1^2 + x_1^2)} ,$$

где ток I_1 ОВ определяется из выражения:

$$I_1^2 = \frac{U_1^2}{R_1^2 + x_1^2} .$$

Отсюда видно, что значение силы $F_{\text{э}}$ обратно пропорционально активному R_1 и индуктивному x_1 сопротивлениям ОВ. Поскольку сопротивление R_1 зависит от температуры перегрева τ , то при колебании сопротивления R_1 подъемная сила $F_{\text{э}}$ изменяется и возникает погрешность. Абсолютное значение погрешности для силы $F_{\text{э}}$, обусловленное изменением температуры τ на величину $\Delta\tau$, равно:

$$\Delta\delta_F = \gamma_F \Delta\tau, \tag{2}$$

где

$$\gamma_F = \frac{\partial F_{\text{э}}}{\partial R_1} \frac{\partial R_1}{\partial \tau}; \quad R_1 = R_0 + m\tau; \quad m = r_0 \alpha_m + r_{\text{э0}} \Delta_{\text{ок}}'' b_2^2 k_{\text{э}}^2 ,$$

r_0 и $r_{\text{э0}}$ - начальные значения сопротивлений ОВ и ЛЭ; $\alpha_m = 0,0042 \text{ } 1/^\circ\text{C}$; $b_2 = 0.98 \div 0.99$; $k_{\text{э}}^2 = W_1'^2 + W_1''^2$; $\Delta_{\text{ок}}'' = 1 + \alpha_A (\theta - 20)$.

Определяем

$$\frac{\partial F_{\text{э}}}{\partial R_1} = - \frac{U_1^2 W_1^2 \lambda R_1}{(R_1^2 + x_1^2)^2}; \quad \frac{\partial R_1}{\partial \tau} = m . \tag{3}$$

Тогда, согласно (3):

$$\gamma_F = -\frac{U_1^2 W_1^2 \lambda R_1 m}{(R_1^2 + x_1^2)^2} .$$

Абсолютное значение погрешности в соответствии с (2) и (3) определяется:

$$\Delta \delta_F = -\frac{U_1^2 W_1^2 \lambda m (R_0 + m \tau) \Delta \tau}{[(R_0 + m \tau)^2 + x_1^2]} .$$

Относительное значение погрешности:

$$\delta_F = \frac{\Delta \delta_F}{F_3} = -\frac{2m (R_0 + m \tau) \Delta \tau}{(R_0 + m \tau)^2 + x_1^2} = -\frac{2m^2 \Delta \tau}{(R_0 + m \tau)(1 + Q_1^2)} .$$

Отсюда видно, что с увеличением добротности Q_1 можно существенно уменьшить погрешность δ_F .

Можно показать, что существенное снижение погрешности, связанное с уменьшением подъемной силы F_3 , возможно увеличением электромеханической жесткости:

$$C_3 = \frac{\partial F_3}{\partial x} .$$

Определим относительные значения силы F_3^* и перемещения x^* :

$$F_3^* = \frac{F_3}{F_{30}} ; \quad x^* = \frac{x}{x_0} ,$$

где F_{30} и F_3 соответственно начальное и текущее значения подъемной силы; x_0 и x - начальные и текущие значения координаты ЛЭ.

Индуктивности секций и полная индуктивность определяется, как:

$$\begin{aligned} L_1' &= W_1'^2 \lambda (x_0' - x) ; & L_1'' &= W_1''^2 \lambda (x_0'' + x) ; \\ L &= L_1' + L_1'' = W_1'^2 \lambda x_0' + W_1''^2 \lambda x_0'' = W_1'^2 \lambda x_0' (1 + k_{21}^2 x_0^*) . \end{aligned}$$

Здесь x_0' , x_0'' находится через расстояния l_1 , l_2 и высоты h_1' , h_1'' (рис. 1):

$$x_0' = h_0' + \frac{h_1'}{3} ; \quad x_0'' = h_0'' + \frac{h_1''}{3} ,$$

где

$$x_0^* = \frac{x_0''}{x_0'} ; \quad k_{21} = \frac{W_1''}{W_1'} .$$

$$\lambda x (W_1''^2 - W_1'^2) = 0$$

Безразмерный коэффициент Δ_0 определяется через коэффициент $k_{21} = W_1''/W_1'$:

$$\Delta_0 = \frac{1 - k_{21}^2}{1 + k_{21}^2 x_0^*} .$$

Подъемную электродинамическую силу через добротность Q_0 находим из выражения:

$$F_3 = \frac{1}{2} I_1^2 \frac{dL_1}{dx} = \frac{A_1 U_1^2}{(1 \pm \Delta_0 x^*) + \frac{1}{Q_0^2}} , \quad (4)$$

где

$$\frac{dL_1}{dx} = -L_0 \frac{\Delta_0}{x_0^1} ; \quad Q_0 = \frac{\omega L_0}{R_0} ; \quad A_1 = \frac{\Delta_0}{2\omega W_1'^2 \lambda x_0'^2} .$$

Здесь L_0 и R_0 - начальное значение индуктивности ОБ и ее омическое сопротивление.

При $x = 0$:

$$F_{\text{э0}} = \frac{A_1 U_1^2}{1 + \frac{1}{Q_0^2}} = P_{\text{э}} .$$

В знаменателе (4) знак «-» указывает, что ЛЭ перемещается вниз, а знак «+» - перемещение ЛЭ направлено вверх.

$$F_{\text{э}}^* = \frac{1 + \frac{1}{Q_0^2}}{(1 \pm \Delta_0 x^*)^2 + \frac{1}{Q_0^2}} = \frac{1 + \frac{1}{Q_0^2}}{(1 + \frac{1}{Q_0^2}) + (\Delta_0 x^*)^2 \pm 2\Delta_0 x^*} ;$$

$$C_{\text{э}}^* = \frac{dF_{\text{э}}^*}{dx^*} = \frac{2\Delta_0(1 \pm \Delta_0 x^*)(1 + \frac{1}{Q_0^2})}{\left[1 + \frac{1}{Q_0^2} + (\Delta_0 x^*)^2 \pm 2\Delta_0 x^*\right]^2} .$$

Для ЭМПП без вторичной секций имеем:

$$\Delta_0 = 1 ; \quad x_0^* = 0 ; \quad x_0'' = 0 ; \quad L_1'' = 0 ,$$

поэтому относительное значение силы и жесткости будут определяться из выражений:

$$F_{\text{э}}^* = \frac{1 + \frac{1}{Q_0^2}}{(1 \pm x^*)^2 + \frac{1}{Q_0^2}} ;$$

$$C_{\text{э}}^* = \frac{2(1 \pm x^*)(1 + \frac{1}{Q_0^2})}{\left[(1 \pm x^*)^2 + \frac{1}{Q_0^2}\right]^2} ;$$

$$F_{\text{э}} = \frac{A_1 U_1^2}{(1 \pm x^*)^2 + \frac{1}{Q_0^2}} ; \quad F_{\text{э0}} = \frac{A_1 U_1^2}{1 + \frac{1}{Q_0^2}} ;$$

$$A_1 = \frac{1}{2\lambda(\omega W_1 x_0)^2} ; \quad L_0 = W_1^2 \lambda x_0 ; \quad L_1 = L_0^*(1 - x^*) ; \quad L_0^* = L_0 / L_0 .$$

Зависимости $F_{\text{э}}^* = f(x^*)$ представлены на рис.2.

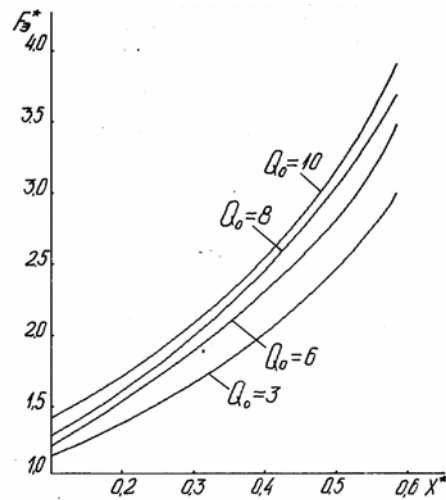


Рис. 2. Зависимости $F_s^* = f(x^*)$

Из этих зависимостей видно, что для рабочей зоны перемещения $x^* = 0,1 \div 0,8$ с увеличением добротности сильно увеличивается перегрузочная способность и жесткость. А существенное увеличение добротности Q может быть достигнуто за счет увеличения магнитной проводимости рабочего воздушного зазора λ и числа витков W_1' и W_1'' . Как известно [2], численное значение выходного сигнала преобразователя перемещений U_2 определяется параметрами λ и W_1 . По этому и выходной сигнал зависит от добротности Q_0 . Из рис. 2 следует что, для заданного относительного значения силы $F_s^* = 2,0$ при добротности $Q_0 = 3,0$ относительное перемещение x^* составляет 0,40, а при добротности $Q_0 = 10$ оно уменьшается до 0,28, т.е. на 30%. Поскольку погрешность изменения выходного напряжения прямо- пропорционально погрешностью изменения относительного перемещения, то на такой же величину будет изменяться погрешность выходного сигнала.

1. Абдуллаев Я. Р., Сейдалиев И. М. Задачи и методы контроля толщины стеклоизоляции стальных и пластмассовых оправ в процессе намотки // Техника. – 2002. - №4. – с. 74-81.

2. Сейдалиев И. М. Определение точностных характеристик электромеханического преобразователя перемещений // Проблемы энергетики. - 2003. - №5. – с. 110-115.

YERDƏYİŞMƏ ÇEVİRİCİSİNİN ELEKTROMEXANİKİ MÖHKƏMLİYİNİN TƏYİNİ VƏ ÇIXIŞ SİQNALININ XƏTASINA ONUN TƏSİRİ

SEYDƏLİYEV İ. M.

Məqalədə göstərilmişdir ki, yerdəyişmə çeviricisində təsirlənmə dolağının və levitasion ekranın qızma temperaturunun dəyişməsi qaldırıcı elektromaqnit qüvvəsini dəyişdirir. Bu da öz növbəsində hərəkətli hissənin vəziyyətinə təsir edib izolyasiyanın qalınlığına avtomatik nəzarətdə əlavə xətlər yarada bilər. Bu xətləri aradan qaldırmaq üçün elektromexaniki möhkəmliyi və keyfiyyəti artırmaq təklif olunur.

DEFINITION OF ELECTROMECHANICAL RIGIDITY OF THE CONVERTER OF MOVINGS AND ITS INFLUENCE ON THE ERROR TARGET SIGNAL

SEIDALIEV I. M.

In work it is shown, that change of temperature of a winding of excitation and the mobile screen of the converter of moving causes change of elevating electromagnetic force which in turn can change moving of a mobile part and cause an additional error at the automatic control of thickness of isolation. With the purpose of liquidation of this error it is offered to increase electromechanical rigidity and good quality of the converter.