

УДК 621-317.7; 621-319

## РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ С ЛЕВИТАЦИОННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

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

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

В ряде устройств управление вертикальным положением левитационного экрана (ЛЭ) осуществляется автоматическим регулированием напряжения питания. Несмотря на разнообразие применений управляющих электромеханических устройств с левитационными элементами, главными требованиями к ним являются обеспечение постоянства токов в обмотках, заданного хода ЛЭ и допустимость значений температуры перегрева обмоток без нарушений условий левитации, т.е. при равенстве подъемной силы и силы тяжести ЛЭ. Левитационные экраны (ЛЭ) используются для точной стабилизации переменного тока в регулируемых нагрузках, автоматического контроля неэлектрических параметров технологических процессов и для точной передачи перемещений рабочим органам машин и механизмов и т.д. Приведенные иллюстрируют важные аспекты теории и расчета электромеханических устройств с левитационными элементами.

В электромеханических устройствах с левитационными экранами (ЛЭ) управление подвижной частью осуществляется путем автоматического регулирования напряжения питания. Токи и температуры перегрева контуров в таких устройствах остаются постоянными.

Под воздействием подъемной силы ( $F_3$ ) и при отсутствии внешней силы  $P_y$  ЛЭ достигает верхнего ярма магнитопровода. Подъемная сила  $F_3$  больше силы тяжести подвижной части  $P_b$ , поэтому левитации экрана нет и расстояние между ЛЭ и обмоткой возбуждения (ОВ) максимальное, то есть  $X=X_{\max}$  (рис. 1), значения токов ( $I_1$  и  $I_2$ ), температур перегрева ( $\tau_1$  и  $\tau_2$ ) и подъемной силы  $F_3$  - минимальные. В рабочем режиме под воздействием силы  $P_y$ , ЛЭ опускается и условие левитации  $F_3 = P_y + P_b$  выполняется при  $X=X_{\min}$ . В состоянии левитации  $I=I_{\max}$  и  $\tau=\tau_{\max}$ . Остальные параметры и геометрические размеры зависят от силы  $P_y$ .

Максимальный ход ЛЭ  $X_{\max}$  зависит от значений внешней силы  $P_y$ . От  $P_y$  существенно зависят также вертикальные размеры обмотки возбуждения (ОВ), левитационного экрана (ЛЭ), силового элемента (СЭ), магнитопровода (М). Экспериментальные исследования опытных образцов показали, что минимизация высоты ЛЭ, ОВ при условии  $\tau=\tau_{\text{доп}}$  является фундаментальной задачей оптимизации параметров рассматриваемых электромеханических устройств. Допустимые температуры могут быть разными. Вывод аналитических выражений представляет собой первую основную задачу при расчете, проектировании устройств. В свою очередь эти аналитические выражения иллюстрируют функциональные связи между размерами, параметрами и силой ( $P_y$ ). Для решения такого рода задач учитываются следующие пять положения:

1. Исходя из ограничения высоты ЛЭ, ее значение  $h_2$  определяется как:  $h_2 = n_{e2} c_2 = (1 \div 5) c_2$  ( $n_{e2}$ -коэффициент кратности размеров ЛЭ). При этом минимальное значение толщины  $c_2$  определяется ограничениями по заданным температуре  $\tau_2$  и плотности тока  $j_2$ .

2. Значение коэффициента  $n_{e2}$  определяется по  $\tau_2$ ,  $n_p$ ,  $m_a$ ,  $m_c$ . Значения  $m_a$ ,  $m_c$  выбираются из условий однородности магнитного поля рабочего воздушного зазора ( $m_a = 2 \div 6$ ,  $m_c = 2 \div 6$ ).

3. Важными и характерными параметрами устройств с ЛЭ являются кратности силы тока, температуры, плотности тока и хода.

4. Левитационный экран выполняется в виде сплошной алюминиевой рамки, толщина которой должна быть определена с учетом глубины проникновения электромагнитной волны.

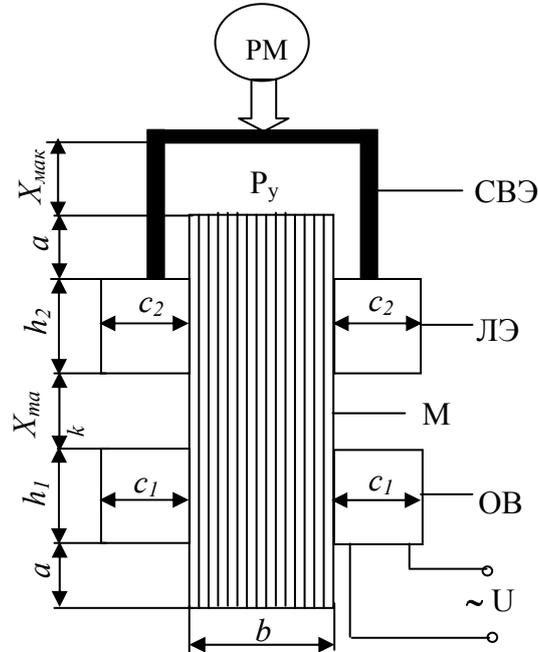


Рис. 1 Принципиальная схема электромеханического устройства с ЛЭ, управляемым механической силой рабочего механизма

5. Тепловой расчет проводится для установившегося теплового режима при максимальных значениях токов ОВ и ЛЭ. Полученные расчетные значения превышения температур  $\tau_1$  и  $\tau_2$  над температурой окружающей среды  $\theta_{ок} = 35^\circ\text{C}$  не должны быть больше предельных значений, допустимых для выбранных изоляционных материалов.

Таким образом, установление аналитических связей между исходными данными и геометрическими размерами является основой проектирования. Это требует разработки математической модели, состоящей из системы уравнений электрических, магнитных, тепловых и механических цепей электромеханических устройств с ЛЭ:

$$I_1(P_y) = \frac{k_u U_1}{\omega(L_1 \pm \Delta L)}; \quad (1)$$

$$I_2(P_y) = b_2 k I_1(P_y); \quad (2)$$

$$W_1 = \frac{k_u U_1 \sqrt{2}}{\omega k_{3c} B_c S_c}; \quad (3)$$

$$L_1(P_y) = W_1^2 \lambda \left( X(P_y) + \frac{h_1 + h_2 n_\lambda}{3 n_\lambda} \right); \quad (4)$$

$$F_2 = j_2(P_y) k_{32} S_2 = b_2 F_1(P_y) = b_2 k_{31} S_1 j_1(P_y); \quad (5)$$

$$F_e(P_y) = 0,5 \lambda F_1^2(X) = P_a + P_y = g \gamma_2 k_{32} S_2 l_2 n_p; \quad (6)$$

$$\tau_1(P_y) = \frac{P_1(P_y)}{k_{T1}S_{ox1}}; \quad (7)$$

$$\tau_2(P_y) = \frac{P_2(P_y)}{k_{T2}S_{ox2}}; \quad (8)$$

$$\Delta_c = \sqrt{\frac{P_2}{\pi\mu_0 f}}, \quad (9)$$

На рис. 2 приведены графики основных функциональных зависимостей  $F_3(P_y)$ ,  $I(P_y)$ ,  $F_3(X)$ ,  $X(P_y)$  и  $\tau(P_y)$ .

Для всех видов электромеханических устройств с ЛЭ, управление подвижной частью которых осуществляется переменной механической силой рабочих механизмов имеет место аналитический метод расчета размеров и параметров. В результате этого метода получены функциональные зависимости размеров и параметров устройств с ЛЭ от внешней силы, хода подвижной части, температуры перегрева ЛЭ и ОВ (рис.3). Учет принципа соразмерности позволяет определить оптимальные размеры ЛЭ и ОВ. С этой целью, согласно методике учета этих факторов установлены аналитические связи между превышением температуры, параметрами и размерами обмоток, получены аналитические выражения оптимальных геометрических параметров и размеров. Кроме того, для состояния левитации установлены оптимальные значения коэффициентов кратности  $n_{e2}$  геометрических размеров обмоток, позволяющие избежать нарушения принципа соразмерности и обеспечить заданные перегревы обмоток:

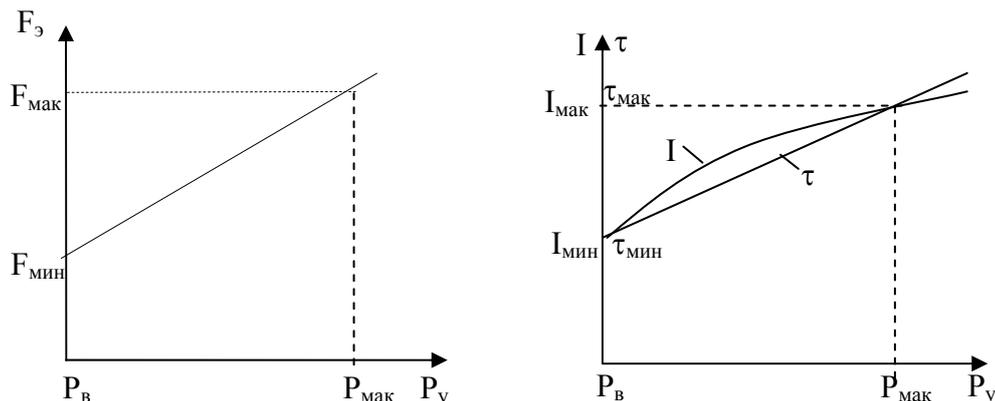
$$n_{e2} = n_0 n_p m' - 1 = n'_{e2} - 1 \quad (10)$$

здесь

$$n'_{e2} = n_0 n_p m'; \quad m' = \frac{2m_a + 2m_c + m_a m_c}{m_a m_c \sigma_s};$$

$$n_0 = \tau_2^* b_2^2 n_{02} = b_2^2 n_{02} \left( \frac{\tau_{T0}}{\tau_2} \Delta_0 + \alpha_A \tau_{T0} \right) = 201,4 \cdot 10^{-3} \left( 1 + \frac{253,5}{\tau_2} \right) \quad (11)$$

Аналитический метод расчета параметров и размеров является универсальным для любых управляющих электромеханических устройств с левитационными элементами, управление подвижной частью которых осуществляется путем автоматического регулирования напряжения питания. Представленная математическая модель (1) - (10) учитывает температуру перегрева обмоток, координату левитации и диапазон изменения управляющего напряжения. Решение задачи позволяет установить функциональные зависимости параметров от исходных данных расчета и получить аналитические выражения для главных размеров и параметров магнитной системы. Эти выражения по структуре достаточно просты и содержат безразмерные величины, которые зависят от геометрических отношений размеров магнитной системы и температуры перегрева ЛЭ. Кроме того, полученные аналитические выражения для геометрических размеров удобны для анализа и оптимизации характеристик устройств с ЛЭ.



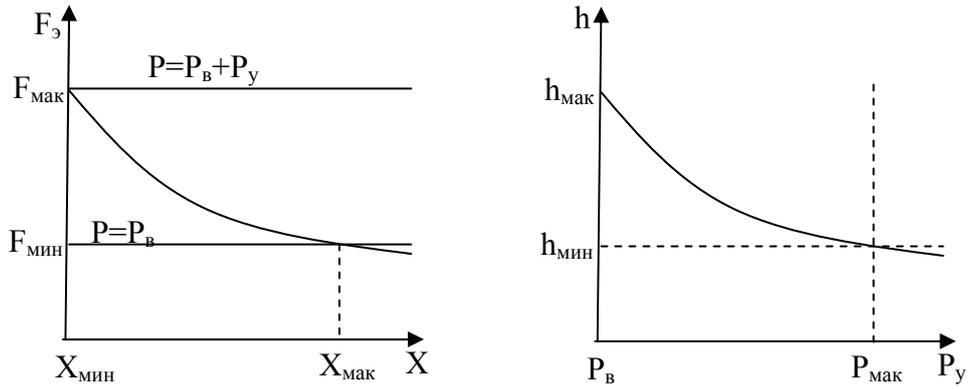


Рис. 2 Основные функциональные зависимости.

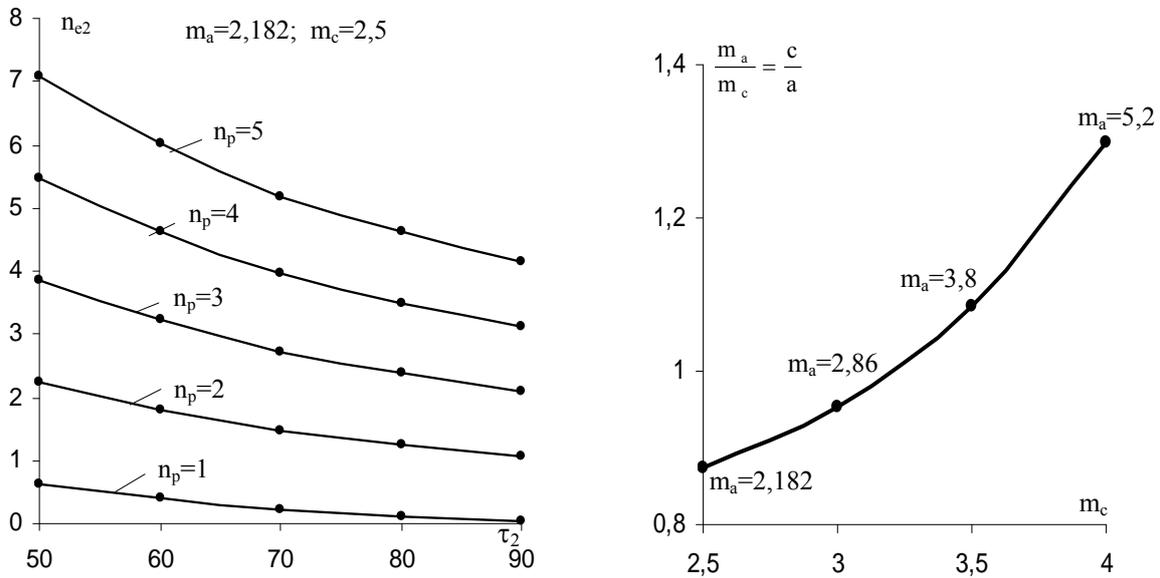


Рис. 3. Функциональные зависимости размеров от температуры перегрева

1. Абдуллаев Я.Р. Теория магнитных систем с электромагнитными экранами. М.: Наука, 2000.
2. Абдуллаев Я.Р., Керимзаде Г.С., Мамедова Г.В. // Электротехника. 2006. № 7. С.20-28.
3. Абдуллаев Я.Р., Мамедова Г.В., Керимзаде Г.С. // Электромеханика. 2007. № 1. С.27-34.
4. Абдуллаев Я.Р., Мамедова Г.В., Керимзаде Г.С. // Электричество. 2007. № 3. С.27-36.

## **LEVİTASIYA ELEMENTLİ İDARƏDİCİ ELEKTROMEXANİKİ QURĞULARIN İŞLƏNİLMƏSİ**

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

Levitasiya ekranları (LE) tənzimlənən yüklərdə dəyişən cərəyanın dəqiq sabitləşdirilməsi, texnoloji proseslərin qeyri elektrik parametrlərinin avtomatik nəzarəti və mexanizm və maşınların işçi orqanlarının yerdəyişməsinin dəqiq ötürülməsi üçün istifadə olunurlar.

Levitasiya elementli idarəedici elektromexaniki qurğuların tətbiqinin müxtəlifliyinə baxmayaraq, onlara olan əsas tələblər dolaqlarda cərəyanların sabitliyinin, LF verilən addımının və levitasiya şərti pozulmadan dolaqların qızma temperaturunun buraxıla bilən qiymətlərinin, yəni LE qaldırıcı və ağırlıq qüvvələrinin bərabərliyinin təmin olmasıdır.

Qeyd olunanlar levitasiya elementli elektromexaniki qurğuların hesab və nəzəriyyəsinin mühüm aspektlərini göstərir.

## **THE DEVELOPMENT OF CONTROL ELECTROMECHANICAL DEVICES WITH LEVITATION SCREENS**

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

Levitation screens (LS) are used for the precise stabilization of the alternating current in controlled loads, the automatic control of the nonelectrical parameters of technological processes, for the precise displacement of the working parts of machines and actuators etc.

The main requirements for all electromechanical control devices with levitation screens are stability of the currents in the windings and satisfaction of the specified requirements imposed on the levitation distance and the temperatures of the windings without disturbing the balance between the levitation force and the weight.

The resulted examples illustrate prominent aspects of the theory and calculation of electromechanical devices with levitation screens.