

Мамедова Гюлая Вейсал,
Кандидат технических наук, доцент
Азербайджанский Государственный Университет
Нефти и Промышленности, Баку
Mamedova Gulaya Veysal,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku

ПАРАМЕТРЫ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ЛЕВИТАЦИОННЫМ ЭКРАНОМ

Аннотация: В представленной статье рассмотрены параметры задач, применяемые при решении вопросов на этапах проектирования электромеханических преобразователей с левитационным экраном. Учитываются некоторые факторы из законов для теплопроводности, электрических проводников, принципа соразмерности к габаритным размерам, допустимых значений перепада температуры, диапазона изменения магнитной индукции в стали магнитопровода, эффектов вытеснений магнитного поля вблизи обмотки возбуждения и ударной силы в верхнем ярме магнитопровода, а также особенности режимов тока и усилий в статике электромеханических преобразователей. Аналитические выражения параметров и разработанные рекомендации применяются для расчета и проектирования электромеханических устройств различного назначения, содержащих левитационные элементы, рассмотрены некоторые методы системы управления электронной аппаратуры.

Abstract: This article discusses the parameters of problems used in solving problems at the design stages of electromechanical converters with a levitation screen. Some factors are taken into account from the laws for thermal conductivity, electrical conductors, the principle of proportionality to overall dimensions, permissible values of temperature difference, the range of change of magnetic induction in the steel of the magnetic core, the effects of magnetic field displacement near the excitation winding and the impact force in the upper yoke of the magnetic core, as well as features of current modes and efforts in the statics of electromechanical converters. Analytical expressions of parameters and developed recommendations are used for the calculation and design of electromechanical devices for various purposes containing levitation elements; some methods of control systems for electronic equipment are considered.

Ключевые слова: электромеханические преобразователи, левитационный экран, магнитопровод, электронная аппаратура, обмотка возбуждения, компенсационная обмотка, вертикальное перемещение, рабочий механизм, законы, факторы, система управления, параметры.

Keywords: electromechanical converters, levitation screen, magnetic circuit, electronic equipment, excitation winding, compensation winding, vertical movement, working mechanism, laws, factors, control system, parameters.

Автоматизация технологических процессов требует автоматическое управление вертикальных положений подвижных частей рабочих механизмов с помощью внешней силы и напряжения переменного тока. При этом возникает необходимость измерений внешней силы, стабилизации тока на переменной нагрузке и получении нескольких номинальных значений тока на нагрузке. Конструкции электромеханических преобразователей с левитационным экраном более эффективно участвуют в решении этих проблем, так как в этих устройствах отсутствуют силы трения, рабочий ход подвижной части автоматически



управляется и не требуются дополнительные элементы (например, механические пружины, направляющие, редукторы, опоры и т.д.). Указанные устройства используются для питания гальванических ванн высокостабилизированными значениями тока, для контроля толщины изоляции в процессе намотки, стабилизации силы натяжения проводов малых сечений при намотке, для дистанционной передачи перемещений и усилий к рабочему механизму, для управления вертикального положения рабочих узлов различных устройств и т.д. [1-7]. Конструкция простого электромеханического устройства с левитационным экраном состоит из вертикально расположенного магнитопровода, неподвижной обмотки переменного тока и левитационного элемента. В режиме усилий левитационный элемент выполняется в виде сплошной рамки из алюминия, а в режиме тока – в виде короткозамкнутой обмотки. При включении устройства в источник питания возможен удар левитационного элемента к верхнему ярму магнитопровода. Для устранения этого нежелательного явления вблизи ярма размещается компенсационная обмотка, которая включается последовательно-встречно с обмоткой питания, предусмотрена также сигнальная обмотка. Во время работы устройства с левитационным элементом компенсационная обмотка отключается. Обмотка переменного тока (или обмотка возбуждения) питается от источника переменного напряжения U_1 и выполняется из нескольких секций, переключением которых достигается получение семейства характеристик управления [1,7]. Применение высокоточных электрических аппаратов с ЛЭ затрагивает вопросы учета ряда закономерностей и ограничений при решении задач проектирования. В настоящее время независимо от назначения аппаратов с ЛЭ решение задач проектирования сохраняет свою актуальность. Цель представленной работы состоит в обобщенном решении задач проектирования электрических аппаратов с ЛЭ различного назначения с учетом ограничений.

Два отличительных статических режима: в режиме тока напряжения управления U_1 , подаваемое к обмотке переменного тока (или к обмотке возбуждения ОВ) изменяется от $U_{мин}$ до $U_{мак}$. При этом значение тока ОВ $I_1 = const$, так как с изменением напряжения происходит движение ЛЭ вверх или вниз, в результате чего изменяется индуктивность ОВ. В этом случае ЭА с ЛЭ выполняет функцию линейной индуктивности:

$$I_1 = \frac{U \pm \Delta U}{x_0 \pm \Delta x} = const, \quad (1)$$

где $x_0 = \omega L_0 = \omega W_1 \lambda (\Lambda_1 s + \lambda h_0)$, $x = \omega W_1 \lambda (h_0 + \Delta h)$ - обозначения общеизвестные [3-6]. С изменением напряжения U_1 на зажимах обмотки возбуждения (ОВ) происходит изменение координаты левитации ЛЭ на $\pm \Delta h$. Ток в ОВ через силу тяжести P_T , число витков W_1 и удельную магнитную проводимость рабочего воздушного зазора между стержнями магнитопровода λ определяется как:

$$I_1 = \frac{1}{W_1} \sqrt{\frac{2P_T}{\lambda}}. \quad (2)$$

Приведенная формула справедлива для участка воздушного зазора, где магнитное поле однородное. Вблизи обмотки возбуждения и верхнего ярма магнитопровода оно неоднородное. Значение индукции в стали магнитопровода изменяется от $B_{мин}$ до $B_{мак}$ [7]:

$$\Delta B = k_o (U_{мак} - U_{мин})$$
$$B_{мин} = k_o U_{мин}; B_{мак} = k_o U_{мак}, \quad (3,4,5)$$

$$k_o = \frac{k_u \sqrt{2}}{\omega k_c S_c W_1}. \quad (6)$$

где



Рабочий ход ЛЭ согласно напряжениям $U_{мин}$ и $U_{мак}$ также изменяется как $x = x_{мак} - x_{мин}$, (где $x_{мак} = \kappa_u U_{мак} - h_0$; $x_{мин} = \kappa_u U_{мин} - h_0$).

Здесь h_0 – эквивалентная высота ОБ; κ_u – коэффициент.

$$h_0 = \frac{k_U}{\omega W_1 \sqrt{2\lambda P_T}} ; h_0 = \frac{h_1}{3n\lambda} . \quad (7,8)$$

В режиме усилий внешняя сила P_x , приложенная в вертикальном направлении к ЛЭ изменяется от $P_{мин}$ до $P_{мак}$, но при этом напряжение на зажимах ОБ придерживается постоянно, то есть $U_1 = const$. Поэтому,

$$I_1 = \frac{1}{W_1} \sqrt{\frac{2}{\lambda} \cdot (P_T + P_X)} ; \quad (9)$$

$$I_{мин} = \frac{1}{W_1} \sqrt{\frac{2}{\lambda} \cdot P_T} ; I_{мак} = \frac{1}{W_1} \sqrt{\frac{2}{\lambda} \cdot (P_T + P_X)} \quad (10,11)$$

Если в режиме тока значение тока в ЛЭ постоянное, т.е.:

$$I_2 = \frac{W_1}{W_2} \sqrt{\frac{2P_T}{\lambda}} = const , \quad (12)$$

то в режиме усилий с изменением силы P_x ток в ЛЭ также изменяется в широких пределах:

$$I_{2мин} = b_2 \frac{W_1}{W_2} \sqrt{\frac{2}{\lambda} \cdot (P_T + P_{мин})} ; I_{2мак} = b_2 \frac{W_1}{W_2} \sqrt{\frac{2}{\lambda} \cdot (P_T + P_{мак})} \quad (13)$$

Отсюда температуры перегрева обмотки возбуждения и ЛЭ изменяются в широких пределах. Поэтому в режиме усилий расчет и проектирование преобразователей осуществляется на основе условий: $U_1 = const$, $VM = const$, $P_x = var$, $I = var$, $\tau = var$ [2-6]. Получены аналитические выражения для основных параметров, необходимые для решения задач проектирования электромеханических преобразователей с левитационным экраном различного назначения. Приведенные аналитические выражения учитывают ограничения, вытекающие из законов для теплопроводности и электрических проводников, принципа соразмерности к габаритным размерам и т.д. Расчет электромеханических преобразователей с левитационным экраном существенно упрощается с определением оптимальных значений габаритных размеров обмотки возбуждения и левитационного экрана.

Список литературы:

1. Абдуллаев Я.Р., Мамедова Г.В., Керимзаде Г.С. «Вопросы проектирования ЭМПИП с ЛЭ», // Электромеханика". Новочеркасск. 2017. №3, том 60.с.с.28-33.
2. Мамедова Г.В., Керимзаде Г.С. «Задачи проектирования электромеханических преобразователей с левитационным экраном.»// Электротехника. 2019. №5.с.с.50-55.
3. Абдуллаев Я.Р., Керимзаде Г.С., Мамедова Г.В. Обобщенные показатели электромагнитных устройств с левитационными элементами.// Приборостроение.2017. № 5. том 60.с.с.17-23.
4. Мамедова Г.В.,Керимзаде Г.С.Анализ параметров электрических аппаратов с ЛЭ.// Приборостроение.2018. № 12. том 61.с.с.67-71.
5. Mamedova G.V.,Kerimzade G.S.,Piriyeva N.M."Electromagnetic calculate on of tension devices for winding wires of small cross sections". // IJTRP.Issue 53.Volume 14. № 4.2022.pp.80-85



6. Mamedova G.V.,Kerimzade G.S.,Piriyeva N.M.” Issues of electrical devices with levitation elements”// IJTPE.Issue56.Volume15.№ 3.2023.pp.120-125.

7. Mamedova G.V.,Kerimzade G.S.”Design parameters for electromechanical devices with a levitation element”//Przeglad Electrotechniczny.Publishing house of magazines and technical literature SIGMA-NOT. 2024.Warszawa.

