

UOT 621.317.7; 621.319

İNDUKSION LEVİTASIYA SİSTEMİNİN İLKİN HESABI**ABDULLAYEV Y.R., PİRİYEVA N.M., MƏRUFOV İ.M., QANIYEVA N.A.***Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti*
E-mail: ilkinmarifov@mail.ru tel.051- 731-01-30

İnduksion levitasiya sisteminin iş prinsipinə əsaslanmış bir sıra elektrotexniki qurğuların hündürlüyünü azaltmaq və mexaniki dayanıqlığını artırmaq üçün əsas parametrlər arasındakı qarşılıqlı əlaqə aşkar şəkildə verilmişdir. Levitasiya ekranının maksimal hündürlüyü üçün alınmış riyazi ifadədən müəyyən olunmuşdurki, layihə tapşırığında verilən parametrləri nəzərə almaqla levitasiya hündürlüyünü azaltmaq mümkündür.

Açar sözlər: induksion sistem, levitasiya ekranı, levitasiya hündürlüyü, ekranın hündürlüyü, mexaniki güvvə, güvvə əmsalı, cərəyanlar.

Giriş:

Qüvvə çeviricilərində, yerdəyişmə ötürücülərində, izləyici qurğularda və başqa elektrotexniki mexanizmlərdə alüminədən hazırlanmış levitasiya ekranı iştirak edir [1]. Həmin mexanizmlərdə ekranın levitasiya hündürlüyü h onun ağırlıq qüvvəsindən P_a , hündürlüyündən h_2 , qida mənbəyinin gərginliyindən U_1 və tezliyindən ω , işçi hava aralığının xüsusi maqnit keçiricisindən λ , təsirlənmə dolağının sarğılar sayından W_1 və hündürlüyündən h_1 asılıdır [1]. Ekranın hündürlüyünü h_2 azaltmaqla qurğunun ümumi hündürlüyünü azaltmaq və mexaniki dayanıqlığını yüksəltmək zərurəti yaranır. Məqalənin məqsədi induksion levitasiya sisteminin əsas parametrləri arasında qarşılıqlı əlaqələri yaratmaqla ilkin hesabını aparmaqdan ibarətdir. İlk hesablamalar nəticəsində levitasiya ekranının hündürlüyünün azaldılması yolları araşdırılacaqdır.

İnduksion levitasiya sistemi əsasında qurulmuş elektrotexniki qurğuların nəzəriyyəsinə və eksperimental tədqiqinə bir sıra elmi məqalələr və monoqrafiyalar həsr olunmuşdur [1-7]. Lakin onların hec birində induksion levitasiya sisteminin ilkin hesabına baxılmamışdır.

Məsələnin qoyuluşu:

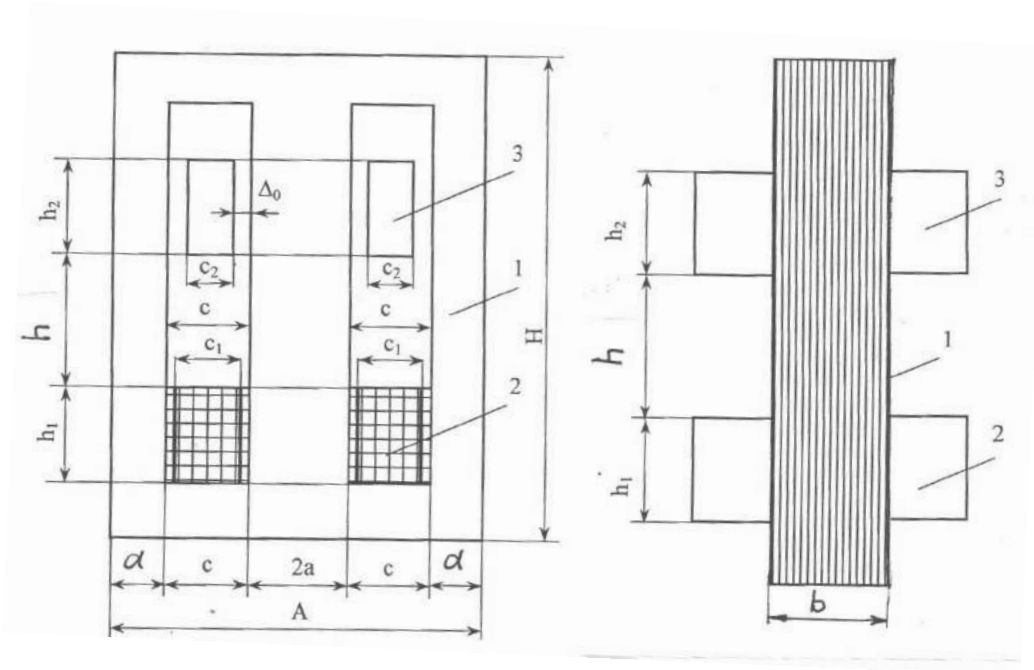
Şəkil 1-də müxtəlif təyinatlı elektrotexniki qurğularda istifadə olunan üçbucaqlı induksion sistemin prinsipial sxemi verilmişdir. Üçbucaqlı induksion sistem polad nüvədən 1, orta çubuğun aşağı hissəsində yerləşdirilmiş dəyişən cərəyan dolağından 2 və sürtünməsiz yuxarı-aşağı hərəkət edə bilən levitasiya ekranından 3 ibarətdir. Dəyişən cərəyan dolağa verilən gərginliyi U_1 müəyyən diapazonda avtomatik dəyişəndə levitasiya ekranı orta çubuq boyu hərəkət edir. Nəticədə levitasiya hündürlüyü h dəyişir və ekranla mexaniki əlaqədə olan işçi mexanizmin şaquli gedişi tənzim olunur.

Digər hallarda işçi mexanizm tərəfindən ekrana mexaniki qüvvə təsir edir və levitasiya hündürlüyü h azalır, dolaqdakı cərəyan I_1 artır [1,2]:

$$I_1 = \frac{1}{w_1} \sqrt{\frac{2}{\lambda} (P_a + P_x)}, \quad (1)$$

burada P_a – ekranın ağırlıq güvvəsi; P_x – mexaniki qüvvə; λ – paralel çubuqlar arasındakı hava aralığının xüsusi maqnit keçiriciliyi; W_1 – dolağın sarğılar sayı. Levitasiya ekranından axan cərəyan I_2 dolağın cərəyanı I_1 ilə düz mütənəsbdir:

$$I_2 = b_2 I_1 W_1 = b_2 \sqrt{\frac{2}{\lambda} (P_a + P_x)}. \quad (2)$$



Şək.1. İnduksion levitasiya sisteminin prinsipial sxemi.

Əsas parametrləri güvvə əmsalı n_p ilə ifadə etdikdə hesablamalar sadələşir və parametrlər arasındakı qarşılıqlı əlaqə aşkar şəkildə təsvir olunur. Qüvvə əmsalı təyin olunur [4,5]:

$$n_p = \frac{P_a + P_x}{P_a} = 1 + \frac{P_x}{P_a}. \quad (3)$$

Bu ifadədən dolayı yolla ağırlıq qüvvəsi hesablanabilir :

$$P_a = \frac{P_x}{n_p - 1} \quad (4)$$

Onda (1) və (2) aşağıdakı şəkildə yazıla bilər .

$$I_1 = \frac{1}{W_1} \sqrt{\frac{2}{\lambda} n_p P_a}; \quad (5)$$

$$I_2 = b_2 \sqrt{\frac{2}{\lambda} n_p P_a}; \quad (6)$$

burada $b_2 \approx 0,97 \div 0,98$ – ekranla dolaq arasındakı elektromaqnit əlaqə əmsalıdır [1].

Digər tərəfdən ağırlıq güvvəsi ekranın həndəsi ölçülərindən və onun hazırlandığı materialın (alüminium) xüsusi cəkisindən asılıdır [6,7]:

$$P_a = g \gamma_a l_2 \cdot C_2 \cdot h_2 \quad (7)$$

burada $\gamma_a = 1,72 \cdot 10^3 \text{ kq/m}^3$ – alüminiumun xüsusi cəkisi; C_2 və h_2 -ekranın qalınlığı və hündürlüyü; l_2 - ekranın en kəsiyindən $S_2 = C_2 \cdot h_2$ keçən cərəyanın I_2 yolunun orta uzunluğu;
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Şəkil 2-də ekranın ölçüləri verilmişdir və həmin şəkildən təyin olunur

$$l_2 = 2(2a+b) + 8\Delta_0 + 4C_2. \quad (8)$$

Burada $\Delta_0 = 0,5 \text{ mm}$

Qoyulmuş məsələni həll etmək üçün levitasiya hündürlüyü h və maqnit keçiriciliyi λ üçün məlum düsturlardan istifadə edək:

$$h = \frac{K_u U_1}{\omega W_1 \sqrt{2\lambda P_a}} - \frac{h_2}{3} - \frac{h_1}{3}; \quad (9)$$

$$\lambda = 2 \mu_c \left[m_c + 2,92 \lg \left(1 + \frac{\pi}{m_a} \right) \right], \quad (10)$$

burada $m_c = b/c$; $m_a = b/a$; $\mu_c = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/m}$

Məsələnin həlli:

(7) və (9) –dan levitasiya hündürlüyünün A_0 , A_1 və C_2 parametrlərindən asılılığının riyazi ifadəsini alırıq

$$h = \frac{A_0}{\sqrt{h_2}} - \left(\frac{h_2}{3} + \frac{h_1}{3} \right). \quad (11)$$

Burada

$$h > 0; \quad (12)$$

$$A_0 = \frac{A_1}{\sqrt{\lambda l_2 \cdot \sqrt{C_2}}}; \quad (13)$$

$$A_1 = \frac{K_u u_1}{\omega w_1 \sqrt{2g\gamma_a}}; \quad (14)$$

$$C_2 \leq 14 \cdot 10^{-3} \text{ M}. \quad (15)$$

Elektromaqnit sahənin $f = 50 \text{ Hz}$ -də alümin materialına nüfuz olunma dərinliyi 14 mm -dən böyük olmadığından hesablamalarda levitasiya ekranının qalınlığı C_2 verilmiş şərtə (15) əsasən seçilir (şəkil 2).

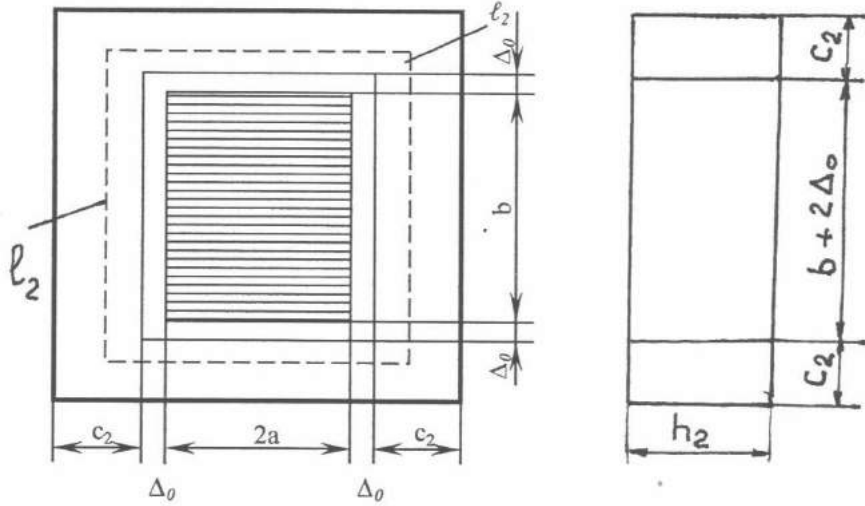
A_1 parametrinin qiyməti layihə tapşırığında verilənlərdən asılıdır. Aşağıda verilənlər üçün A_1 -i hesablayaq

$$U_1 = 220 \text{ V}; \quad \omega = 314 \text{ 1/S}; \quad W_1 = 1000; \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\gamma_a = 1,72 \cdot 10^3 \text{ kq/m}^3; \quad k_u = 0,96$$

Bu halda (8)-dən alırıq $A_1 = 3661, 429 \cdot 10^{-9}$.

(11) düsturundan görünür ki, levitasiya hündürlüyünün qiyməti induksion sistemin çoxsaylı parametrlərindən asılıdır.



Şək.2. Levitasiya ekranının sxemi.

Bu asılılığı aşkar şəkildə yazmaq üçün əsas ölçüləri a , b , c və l_2 - ni c_2 , m_a , və m_c ilə ifadə edək:

$$c = c_2 + 2 \Delta_0$$

$$b = m_c \cdot c = m_c (c_2 + 2\Delta_0) ;$$

$$a = \frac{b}{m_a} = \frac{m_c}{m_a} (c_2 + 2\Delta_0) ;$$

$$l_2 = 2((2a + b) + 4c_2 + 8\Delta_0) = 2 \frac{m_c}{m_a} (2 + m_a)(c_2 + 2\Delta_0) + 4c_2 + 8\Delta_0 .$$

Onda

$$A_0 = \frac{A_1}{B} . \quad (16)$$

Burada

$$B = \sqrt{\lambda l_2} \cdot \sqrt{c_2} \quad (17)$$

yaxud

$$B = \sqrt{2\mu_0 \left[m_c + 2,92 l_q \left(1 + \frac{\pi}{m_a} \right) \right] \cdot \left[2 \cdot \frac{m_c}{m_a} (2 + m_a)(c_2 + 2\Delta_0) + 4c_2 + 8\Delta_0 \right] \cdot c_2}$$

Sonuncu analitik ifadədən A_0 parametrlərinin əsas ölçülərdən və ölçüsüz əmsallardan asılılığı aşkar görünür.

(11) düsturuna əsasən levitasiya hündürlüyünün maksimal qiymətini təyin edək

$$\frac{dh}{dh_2} = \frac{d}{dh_2} \left(\frac{A_0}{\sqrt{h_2}} - \frac{h_2}{3} \right) = 0. \quad (18)$$

Alırıq:

$$\frac{A_0}{2\sqrt{h^3_2}} = \frac{1}{3}$$

$$h_2 = \sqrt[3]{2,25 A^2_0} \quad (19)$$

Levitasiya elementinin hündürlüyü h_2 A_0 parametrindən, sonuncu isə A_1 və B-dən asılıdır

$$h_2 = \sqrt[3]{2,25 \left(\frac{A_1}{B}\right)^2} = \sqrt[3]{2,25 \frac{A^2_1}{\lambda l_2 \cdot C_2}} \quad (20)$$

Cədvəl 1-də λl_2 , l_2 və λ –nın qiymətləri verilmişdir.

Cədvəl 1

λ , l_2 və $\sqrt{\lambda l_2}$ parametrlərin qiymətləri

$\begin{matrix} m_a \\ m_c \end{matrix}$	2	3	4	5	6	$\sqrt{\lambda l_2}$
2	8,03	7,31	6,87	6,57	6,36	$\lambda \times 10^{-6} \text{HN/M}$
	168	149,324	140	134,4	130,666	$l_2 \times 10^{-2} \text{M}$
	1161,148	1044,776	980,714	939,685	911,611	$\sqrt{\lambda l_2} \times 10^{-6}$
3	10,5	9,81	9,38	9,09	8,87	$\lambda \times 10^{-6} \text{HN/M}$
	224	196	184	173,6	168	$l_2 \times 10^{-3} \text{M}$
	1533,623	1386,636	1313,742	1256,194	1220,721	$\sqrt{\lambda l_2} \times 10^{-6}$
4	13,1	12,3	11,9	11,6	11,4	$\lambda \times 10^{-6} \text{HN/M}$
	280	242,666	224	212,8	205,337	$l_2 \times 10^{-3} \text{M}$
	1915,202	1727,655	1632,666	1571,139	1529,980	$\sqrt{\lambda l_2} \times 10^{-6}$
5	15,6	14,8	14,4	14,1	13,9	$\lambda \times 10^{-6} \text{HN/M}$
	336	289,333	266	252	242,666	$l_2 \times 10^{-3} \text{M}$
	2289,454	2068,139	1957,140	1884,993	1836,588	$\sqrt{\lambda l_2} \times 10^{-6}$
6	18,1	17,3	16,9	16,6	16,4	$\lambda \times 10^{-6} \text{HN/M}$
	392	336	308	291,2	224	$l_2 \times 10^{-3} \text{M}$
	2663,681	2410,974	2281,490	2198,617	1916,663	$\sqrt{\lambda l_2} \times 10^{-6}$

(20) - dən görünürki, h_2 – ni azaltmaq üçün $\lambda l_2 \cdot C_2$ hasilini artırmaq lazımdır. Bu halda induksion sistemin hündürlüyünü azaltmaq olur. Ölçüsüz əmsal m_a artdıqca λ və l_2 azalırlar, digər ölçüsüz əmsal m_c artanda isə həmin parametrlər artırılır.

$h > 0$ şərtini (11) düsturunda nəzərə alaraq:

$$\frac{A_0}{\sqrt{h_2}} > \left(\frac{h_2}{3} + \frac{h_1}{3}\right) \quad (21)$$

Alınan riyazi ifadə əsasında levitasiya hündürlüyünün minimal qiymətini təyin etmək cətin deyil. (21) – ci düsturu nəzərə almaqla (12) –(20) riyazi ifadələr əsasında induksion levitasiya sisteminin ilkin hesabını aparaq.

Verilir: 220V; W = 1000; $\omega = 314$; g = 9,81 1/san²; $\gamma_a = 1,72 \cdot 10^3 \text{kq/m}^3$

$$\Delta_0 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{M}; C_2 = 13 \cdot 10^{-3} \text{M}; n_p = 1.$$

Aşağıda verilmiş alqoritmdən istifadə edirik.

1. Hesablayırıq

$$A_1 = \frac{K_u u_1}{\omega W_1 \sqrt{2q\gamma_a}} = \frac{0,96 \cdot 220}{314 \cdot 1000 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,72 \cdot 10^3}} = 3661,429 \cdot 10^{-9} ;$$

$$\sqrt{C_2} = \sqrt{13 \cdot 10^{-3}} = 114,017 \cdot 10^{-3}.$$

2. Cədvəl 1-dən seçirik

$$\lambda = 14,4 \cdot 10^{-6} \text{HN/M}; m_a=4; m_c=5 ; l_2 = 266 \cdot 10^3 \text{M},$$

və hesablayırıq

$$\sqrt{\lambda l_2} = \sqrt{14,4 \cdot 10^{-6} \cdot 266 \cdot 10^3} = 1957,140 \cdot 10^{-6}.$$

3. Hesablayırıq

$$A_0 = \frac{A_1}{\sqrt{\lambda l_2 \cdot \sqrt{C_2}}} = \frac{3661,429 \cdot 10^{-9}}{1957 \cdot 10^{-6} \cdot 114,017 \cdot 10^{-3}} = 16,408 \cdot 10^{-3};$$

$$h_2 = \sqrt[3]{2,25 \cdot A_0^2} = \sqrt[3]{2,25 \cdot (16,408 \cdot 10^{-3})^2} = 84,618 \cdot 10^{-3} \text{m};$$

$$\frac{A_0}{\sqrt{h_2}} = \frac{16,408 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{84,618 \cdot 10^{-3}}} = 56,406 \cdot 10^{-3} ;$$

$$\frac{h_2}{3} + \frac{h_1}{3} = \left(\frac{84,618}{3} + \frac{66}{3} \right) \cdot 10^{-3} = 50,206 \cdot 10^{-3}.$$

4. Levitasiya hündürlüyü:

$$h = (56,406 - 50,206) \cdot 10^{-3} = 6,2 \cdot 10^{-3}.$$

5. Yuxarıda verilmiş şərt (21) ödənildi:

$$56,406 \cdot 10^{-3} > 50,206 \cdot 10^{-3}$$

Hesablamaları davam etdirmək olar:

6. Hesablayırıq

$$c = c_2 + 2 \Delta_0 = (13 + 2 \cdot 0,5) \cdot 10^{-3} = 14 \cdot 10^{-3} \text{m};$$

$$b = m_c \cdot c = 5 \cdot 14 \cdot 10^{-3} \text{m};$$

$$a = \frac{b}{m_a} = \frac{70 \cdot 10^{-3}}{4} = 17,5 \cdot 10^{-3} \text{m};$$

$$S_C = 2ab = 2 \cdot 70 \cdot 17,5 \cdot 10^{-6} = 2450 \cdot 10^{-6} \text{m}^2 ;$$

$$S_2 = c_2 \cdot h_2 = 13 \cdot 84,618 \cdot 10^{-6} = 1100,034 \cdot 10^{-6} \text{m}^2 ;$$

$$n_{c2} = \frac{h_2}{c_2} = \frac{84,618}{13} = 6,5 ;$$

$$l_2 = 2(2a + b) + 8\Delta_0 + 4C_2 = 2(2 \cdot 17,5 + 70) \cdot 10^{-3} + 8 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 13 \cdot 10^{-3} = 266 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

l_2 – nin əvvəlki qiyməti alındı.

7. (11) düsturuna əsasən levitasiya hündürlüyünün h ekranın hündürlüyündən h_2 asılılığını təyin edirik:

$$h_2 = 80 \text{ mm və } h_1 = 66 \text{ mm olanda } h = 9,5 \text{ mm; } h_2 + h = 89,5 \text{ mm}$$

$$h_2 = 84,6 \text{ mm və } h_1 = 66 \text{ mm olanda } h = 6,2 \text{ mm; } h_2 + h = 90,8 \text{ mm}$$

$$h_2 = 90 \text{ mm və } h_1 = 66 \text{ mm olanda } h = 2,7 \text{ mm, } h_2 + h = 92,7 \text{ mm}$$

Hesablamalardan görünür ki, birinci variantda ümumi hündürlük daha kicikdir (89,5 mm). Ona görə də ilk növbədə ekranın hündürlüyünü azaltmaq məqsədə uyğundur.

Nəticə:

Qüvvə çeviricilərinin, yerdəyişmə ötürücülərinin, izləyici qurğularının və başqa elektrotexniki avadanlıqların əsas hissəsi induksion levitasiya sistemdir. Həmin avadanlıqların mexaniki dayanıqlığını artırmaq üçün induksion sistemin hündürlüyünü azaltmaq lazımdır. Alınmış riyazi ifadələrdən müəyyən olunmuşdur ki, levitasiya ekranının hündürlüyünü və levitasiya hündürlüyünü azaltmaqla induksion sistemin hündürlüyünü azaltmaq mümkündür. Nəticədə levitasiya ekranının minimal qiyməti və levitasiya hündürlüyünün maksimal qiyməti üçün riyazi ifadələr alınmışdır. Həmi riyazi ifadələr əsasında induksion levitasiya sisteminin ilkin hesabının metodikası işlənmişdir.

-
1. *Абдуллаев Я.Р.* Теория магнитных систем с электромагнитными экранами. Главная редакция физико-математической литературы. Издательство «Наука» М 2000. Стр.288.
 2. *Абдуллаев Я.Р.* Теория и применение многофункциональных линейных индукционных подвесов, «Военное издательство», Баку, 1996, с.297.
 3. *Абдуллаев Я.Р.* Электромагнитный расчет магнитных систем с подвижными экранами. Электричество, 2007. №12.
 4. *Абдуллаев Я.Р. Керимзаде О.О.* Определение размеров магнитной системы постоянного тока с учетом принципа соразмерности. «Электричество» М.2010.№3.с.46-55.
 5. *Абдуллаев Я.Р.* Оптимизация левитационного экрана электромеханического преобразователя усилий. «Электротехника» М.2008.№12,с.51-59.
 6. *Абдуллаев Я.Р., Керимзаде Г., Мамедова Г.В.* Расчет электромеханических управляющих устройств с левитационными элементами. Москва. Электричество, № 2004,с.42-49.
 7. *Абдуллаев Я.Р., Керимзаде Г.С., Мамедова Г.В. Пириева Н.М.* Проектирование электрических аппаратов с индукционными левитационными элементами. Электротехника, №4, 2015г.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ИНДУКЦИОННОЙ ЛЕВИТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

АБДУЛЛАЕВ Я.Р., ПИРИЕВА Н.М., МАРУФОВ И.М., ГАНИЕВА Н.А.

Основным узлом преобразователей усилий и перемещений, следящих устройств и других электротехнических оборудований является индукционная левитационная система. Чтобы увеличить механическую устойчивость названных оборудований следует уменьшить высоту индукционной системы. На основе полученных математических выражений основных параметров установлено, что уменьшением высоты левитационного экрана и высоты левитации можно решать поставленную задачу. В результате исследований получены аналитические выражения для минимального значения высоты экрана и максимального значения высоты левитации. Согласно этих выражений разработана методика предварительного расчета индукционной левитационной системы.

Ключевые слова: индукционная система, левитационный экран, высота левитаций, высота экрана, механическая сила, коэффициент силы, токи.

PRELIMINARY CALCULATION OF THE INDUCTION LEVITATION SYSTEM

ABDULLAEV YA.R., PIRIYEVA N.M., MARUFOV I.M., GANIEVA N.A.

The main node of the transducers of efforts and movements, tracking devices and other electrical equipment is the induction levitation system. In order to increase the mechanical stability of the mentioned equipments, the height of the induction system should be reduced. On the basis of the obtained mathematical expressions of the basic parameters, it has been established that by decreasing the height of the levitational screen and the height of levitation, it is possible to solve the resolved problem. As a result of research, analytical expressions for the maximum value of levitation height were obtained. According to these expressions, a technique has been developed for the preliminary calculation of an induction levitation system.

Keywords: induction system, levitation screen, levitation height, screen height, mechanical force, force coefficient, currents.