

İdarəedici induksion levitatorun şaquli oxlu külək generatorunda tətbiqi

Energetika və enerji maşınqayırması

Abdullayev Y.R., Mərifov İ.M., Kərimzadə G.S., Piriyyəva N.M.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

E-mail: necibe.piriyyəva@mail.ru

Maqnit levitasiyalı şaquli oxlu külək generatorlarını təkmilləşdirmək üçün yeni idarəedici induksion levitator işlənmişdir. İdarəedici induksion levitatorun riyazi modeli qurulmuş və əsas ölçülər təyin olunmuşdur. Parametrlərin optimizasiyasını aparmaq üçün tövsiyələr verilmişdir və hesablama metodikası işlənmişdir.

Açar sözlər: induksion levitator, şaquli oxlu külək generatoru, riyazi model, əsas ölçülər, levitasiya sabiti, hesablama metodları.

Giriş

Hazırda maqnit levitasiyasına əsaslanmış şaquli oxlu külək generatorlarına (ŞKG) həsr olunmuş elmi-texniki ədəbiyyatlarda belə generatorların ənənəvi horizontal külək generatorlarından bir sıra üstünlükləri əsaslandırılmış və levitasiyalı külək generatorlarının çıxış gücünün artırılması üçün müxtəlif metodlar işlənmişdir [1-8]. Bu işlərdə maqnit levitasiyasını yaratmaq üçün iki sabit maqnitdən və maqnitlər ətrafında paylanmış sarğıclardan istifadə olunur. Maqnitlərdən biri tərpənməz vəziyyətdə saxlanılır, digəri isə maqnit qüvvəsi yaradaraq küləyin təsirindən fırlanan yelkəni levitasiya vəziyyətində saxlayır. Belə sistemin yaratdığı qaldırıcı maqnit qüvvəsi kifayət qədər böyük deyil və levitasiya hündürlüyünü tənzim etməyə imkan vermir. Digər tərəfdən isə generatorun çıxış gücü çox az olduğundan alınan enerjinin toplanmasına çox vaxt sərf olunur. Ona görə də yeni levitasiya sisteminin yaradılmasına ehtiyac vardır.

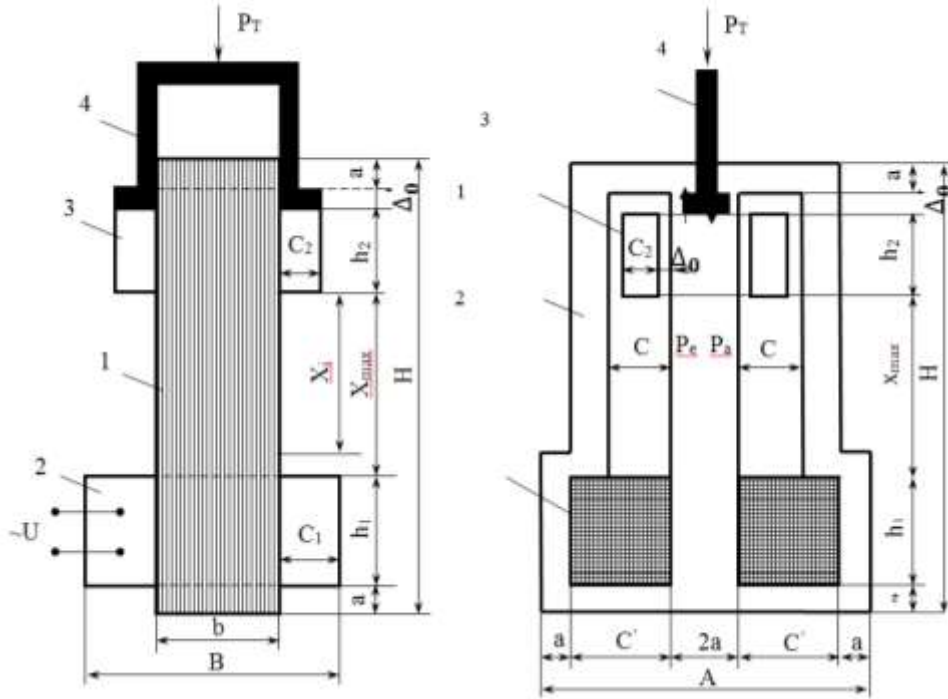
Məsələnin qoyuluşu

Levitasiyanı yaratmaq üçün müxtəlif maqnit enerji mənbələrindən istifadə etmək olar: yüksək maqnit induksiya sabit maqnitlərə məxsus olan enerjiden, sabit cərəyan dolaqlarının yaratdığı maqnit enerjisindən və dəyişən cərəyan dolaqlarının yaratdıqları maqnit sahələrinin enerjisindən. Sabit maqnitlər əsasında qurulmuş levitasiya sisteminin müsbət və mənfi göstəriciləri artıq məlumdur və yuxarıda göstərilmişdir. Digər levitasiya sistemləri isə hələlik şaquli oxlu külək generatorlarında tətbiq olunmamışdır. Dəyişən cərəyan dolaqları əsasında qurulmuş induksion levitatorların (İL) nəzəri və təcrübi tədqiqatlarının nəticələri [9:15] göstərir ki, idarəedici induksion dayaqlar əsasında yeni levitasiya sistemini işləyib ŞKG-ni təkmilləşdirmək mümkündür.

Həll üsulları

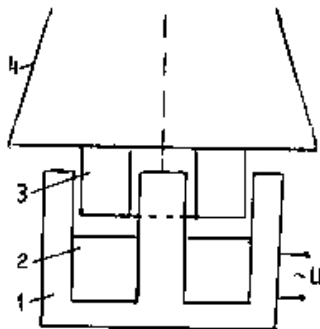
Şaquli oxlu külək generatorunda (ŞKQ) tətbiqi nəzərdə tutulan induksion levitatorun İL prinsipli sxemi şəkil 1-də verilmişdir. İL şaquli vəziyyətdə qoyulmuş üçbucaqlı maqnit keçiricisindən 1, dəyişən cərəyan dolağından 2 və alüminium sarğılardan hazırlanmış qısaqapanmış dolaqdan 3, (yaxud levitasiya elementindən LE) ibarətdir. Küləyin təsirindən fırlanan yelkən qüvvə ötürücüsü 4 ilə levitasiya elementinə 3 birləşdirilmişdir və onu fırladır. Levitatorun yaratdığı qaldırıcı elektromaqnit qüvvənin P_e təsirindən fırlanan yelkən levitasiya vəziyyətində saxlanılır. Levitasiya elementi 3 yelkənin ağırlıq qüvvəsini P_T və özünün ağırlıq qüvvəsini P_a kompən-

sasiya edir və nəticədə diyircəkli yastıqlardan istifadə olunmasına ehtiyac qalmır, sürtünmə qüvvələri və onların yaratdığı səs-küy yaranmır. Bu halda generatorun texniki xidmət xərcləri azalır və istismar müddəti də artır.

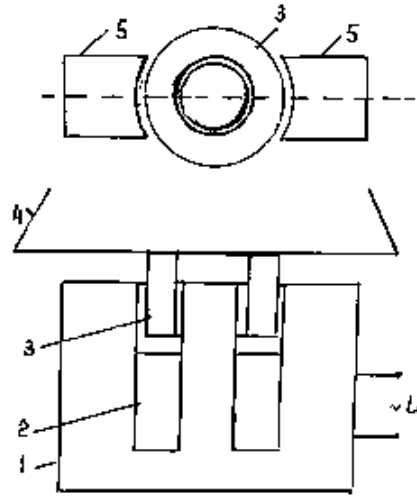


Şəkil 1. Induksion levitatorun prinsipial sxemi

Şaquli oxlu külək generatoru üçün İL-in əsasən iki konstruksiyasını təqdim etmək olar: silindirik induksion levitatoru və üçcubuqlu nüvə üzərində qurulmuş induksion levitatoru (şəkil 2 və 3). Silindirik induksion levitatoru (şəkil 2) elektrotexniki konstruktiv poladdan hazırlanmış maqnit keçiricisindən 1, mis naqillərdən yığılmış dəyişən cərəyan dolağından 2 və alüminium naqillərdən sarınmış qısaqapanmış levitasiya dolağından 3 ibarətdir. Levitasiya dolağı mümkün qədər yüngül olmalı və yelkənin 4 ağırlıq qüvvəsini P_a kompensasiya edərək onu tərpənməz dolaqdan 3 tələb olunan hündürlükdə (levitasiya vəziyyətində) saxlamalıdır. Digər tərəfdən tərpənməz dolağa 3 tətbiq olunmuş gərginliyinin qiymətini tənzim etməklə levitasiya hündürlüyünü artırmaqla və azaltmaqla mümkündür. Qeyd olunan xüsusiyyətlər təqdim olunan levitatorun konstruksiyasının müsbət tərəflərindən biridir. Sabit maqnitli levitatorlarda bunu yaratmaq çox çətin-dir. Üçcubuqlu nüvə üzərində qurulmuş induksion levitatorunda (şəkil 3) yuxarıda göstərilən 1, 2, 3 elementlərdən başqa qütb başlığı 5 iştirak edir. Ondan istifadə etməklə levitasiya dolağına təsir edən qaldırıcı elektromaqnit qüvvəni artırmaq olur. Maqnit keçiricisi 1 və qütb başlığı 5 elektrotexniki polad vərəqlərdən yığılır, nəticədə maqnit itkiləri azalır, sistemin faydalı iş əmsalı artır. İdarəedici induksion dayağın, yaxud İL-in (şəkil 1) əsas parametrlərini və ölçülərini təyin etmək üçün riyazi model qurmaq lazımdır. Riyazi model layihə tapşırığında verilənləri, mexaniki, elektrik, maqnit və istilik parametrlərini nəzərə almalıdır.



Şəkil 2. Silindirik konstruksiyalı İL



Şəkil 3. Üçcubuqlu nüvə üzərində qurulmuş İL

Yuxarıda göstərilən tələbləri nəzərə alan riyazi model formalaşdırılmışdır:

1. Elektromaqnit qüvvənin P_e , yelkənin P_T və LE-nin ağırlıq P_a qüvvələrinin müvazinət tənliyindən :

$$P_e = 0.5F_1^2\lambda = P_a + P_T \quad (1)$$

$$P_a = g\gamma_a k_{32} l_2 S_2 \quad (2)$$

2. Dəyişən cərəyan dolağının və LE-nin temperatur artımları üçün məlum olan riyazi ifadələrdən:

$$\tau_1 = \frac{P_1 + P_2}{k_T S_{T1}}; \tau_2 = \frac{P_2}{k_T S_{T2}} \quad (3)$$

3. Polad nüvədə yaranan maqnit induksiyanın maksimal qiyməti üçün məlum riyazi ifadələrdən :

$$B_{\text{mak}} = \frac{k_u U_1 \sqrt{2}}{\omega W_1 S_c} \quad (4)$$

4. Dolaqlardan axan cərəyanın və induktivliyin düsturlarından:

$$I_1 = \frac{k_u U_1}{\omega W_1 \lambda (h_0 + h)} \quad (5)$$

$$L_1 = L_{1S} + L_x + k^2 L_{2S} = W_1^2 \lambda (h_0 + h) \quad (6)$$

5. Levitasiya hündürlüyünün çoxsaylı parametrlərdən asılılığını ifadə edən riyazi ifadədən:

$$h = \frac{k_u U_1}{\omega W_1 \sqrt{2\lambda(P_a + P_T)}} - h_0 \quad (7)$$

6. Dolağın və LE-in MHQ üçün məlum riyazi ifadələrdən:

$$F_1 = I_1 W_1 = j_1 k_{31} S_1; \quad F_2 = b_2 F_1 \quad (8)$$

Riyazi model induksion levitatorun xüsusiyyətlərini, layihə tapşırığında verilənləri və ölçülərə qoyulmuş məhdudiyyətləri nəzərə alır [10-13]. Verilmiş riyazi modeldə işarə olunmuşdur: $g = 9,81 \text{ m/c}^2$; γ_a – alüminium üçün xüsusi çəki; $k_{32} \approx (0.6 \div 0,7)$ – levitasiya dolağının alüminiumla dolma əmsalı; l_2 və S_2 – levitasiya dolağının sarğısının orta uzunluğu və en kəsik sahəsi ($S_2 = c_2 \cdot h_2$); P_1, P_2, S_{T1} və S_{T2} – dolaqların aktiv gücləri və soyuma səthlərinin sahələri; τ_1, τ_2 – dolaqların temperatur artımları və sarğılar sayı; j_1 və j_2 dolaqların cərəyan sıxlıqları; λ – işçi hava aralığının xüsusi maqnit keçiriciliyi; L_{1S}, L_x və L_{2S} – dolaqların səpələnmə və dəyişən induktivlikləri; h_0 və h – təsirlənmə dolağının ekvivalent hündürlüyü və levitasiya hündürlüyü.

Riyazi modelin (1–8) həllini sadələşdirmək üçün ölçülərin uyğunluq prinsipindən, ölçüsüz

kəmiyyətlərdən və ümumiləşdirilmiş parametrlərin düsturlarından istifadə edirik :

$$n_{e2} = \frac{h_2}{c_2}; n_{02} = \frac{c}{c_2}; m_a = \frac{b}{a}; m_c = \frac{b}{c}; b_2 \approx 0.98; n_k \approx 1.05 \quad (9)$$

$$n_1 = (m_a + m_c + 0.5m_a m_c); n_p = 1 + \frac{P_T}{P_a}; n_0 = \frac{4b_2^2}{k_T} n_k g \gamma_a \quad (10)$$

($g = 9.81 \text{ m/c}^2$; $\gamma_a = 2.7 \cdot 10^3 \text{ kr/m}^3$; $k_T = 13 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{dər.}$)

$$k_2 = \frac{k_u U_1 \sqrt{2}}{\omega B_m}; \omega = 314 \text{ 1/c}; k_u \approx 0.96; B_m = 1.6 \div 1.7 \text{ Tl.} \quad (11)$$

$$k_{3S} = \frac{\sqrt{k_S}}{k_3}; k_3 = 2 \frac{m_c^2}{m_a}; k_S = \frac{n_1}{n_1 + \frac{2}{n_{02}} m_a}; n_{02} \approx 1.1 \quad (12)$$

$$M = \frac{m_0^2}{m_a \left[(n_{02} m_0 + m_a) \left(m_c + 2.92 \lg \left(1 + \frac{\pi}{m_a} \right) \right) \right]}; m_0 = 0.5 n_1 \quad (13)$$

İlk növbədə modelin həllindən levitasiya sabitini n_{e2} və levitasiya dolağının qalınlığını c_2 təyin edirik:

$$n_{e2} = \left(n_0 \frac{n_{02}^2}{\mu_0} \right) \left(\frac{\rho_2}{\tau_2} \right) M \quad (14)$$

$$c_2 = \sqrt[7]{ \left(\frac{b_2 k_2^2}{n_{02}^2} \right) \left(\frac{\rho_2}{\tau_2} \right) \left(\frac{I_1^2}{k_{32} k_T} \right) \left(\frac{k_{3S}}{n_{e2}} \right)^2 } \quad (15)$$

Cədvəl 1, 2 və 3-də (ρ_2/τ_2) -nin, M və λ -nin qiymətləri verilmişdir. Həmin qiymətlərin təhlilinə əsasən parametrlərin optimal qiymətlərini almaq üçün aşağıdakı tövsiyələri nəzərə almaq lazımdır:

1. $\tau_2 \geq 110^\circ\text{C}$ qəbul etmək.
2. LD-nin qalınlığı c_2 polad nüvədəki işçi hava aralığının maqnit induksiyasının bircinsli olmasını təmin etməlidir.
3. Levitasiya sabitinin n_{e2} qiyməti (2÷5) aralığında olmalıdır.

Cədvəl 1. ρ_2/τ_2 -nin qiymətləri

$\tau_2, ^\circ\text{C}$	80	90	100	110
$\rho_2 \cdot 10^{-8} \text{Om}\cdot\text{m}$	4.015	4.135	4.526	4.376
$\rho_2/\tau_2 \cdot 10^{-2}$	501.890	459.510	425.620	397.880

Cədvəl 2. Levitasiya dolağı üçün m əmsalının ədədi qiymətləri

$m_a \backslash m_c$	2	3	4	5	6
2	0.654689	0.621647	0.609433	0.60443	0.602456
3	0.705951	0.646266	0.618173	0.6023	0.592293
4	0.740071	0.663425	0.625786	0.603644	0.589154
5	0.764376	0.676034	0.63202	0.605793	0.588436
6	0.782573	0.685678	0.637107	0.608007	0.588658

Cədvəl 3. Xüsusi maqnit keçiriciliyinin λ və səpələnmə əmsalının σ_B -nin qiymətləri

$\begin{matrix} m_a \\ m_c \end{matrix}$	2	3	4	5	6	Qeyd
2	1,599	1,454	1,367	1,309	1,267	σ_B
	$8,03 \cdot 10^{-6}$	$7,31 \cdot 10^{-6}$	$6,87 \cdot 10^{-6}$	$6,57 \cdot 10^{-6}$	$6,36 \cdot 10^{-6}$	Λ
3	1,399	1,303	1,245	1,206	1,178	σ_B
	$10,5 \cdot 10^{-6}$	$9,81 \cdot 10^{-6}$	$9,38 \cdot 10^{-6}$	$9,09 \cdot 10^{-6}$	$8,87 \cdot 10^{-6}$	Λ
4	1,299	1,227	1,184	1,155	1,133	σ_B
	$13,1 \cdot 10^{-6}$	$12,3 \cdot 10^{-6}$	$11,9 \cdot 10^{-6}$	$11,6 \cdot 10^{-6}$	$11,4 \cdot 10^{-6}$	Λ
5	1,239	1,182	1,147	1,124	1,107	σ_B
	$15,6 \cdot 10^{-6}$	$14,8 \cdot 10^{-6}$	$14,4 \cdot 10^{-6}$	$14,1 \cdot 10^{-6}$	$13,9 \cdot 10^{-6}$	λ
6	1,2	1,151	1,122	1,103	1,089	σ_B
	$18,1 \cdot 10^{-6}$	$17,3 \cdot 10^{-6}$	$16,9 \cdot 10^{-6}$	$16,6 \cdot 10^{-6}$	$16,4 \cdot 10^{-6}$	λ

Əsas ölçülərin təyini təsirlənmə dolağının sarğılar sayının W_1 hesabından başlamaq hesab-lama metodunu xeyli asanlaşdırır. Bu halda maqnit induksiyasının amplitud qiyməti B_m və dolağa verilən gərginliyin təsiredici qiymətinə U_1 qoyulmuş məhdudiyyətləri nəzərə almaq lazımdır. Ayrı-ayrı elektrotexniki polad vərəqələrdən yığılmış polad nüvədəki maqnit induksiyasının amplitud qiyməti $B_m = (1.6 \div 1.7) Tl$ aralığında olmalıdır. Dolğun uclarına verilən idarə gərginliyinin təsiredici qiymətini U_1 müəyyən aralıqda dəyişdirməklə levitasiya hündürlüyünü h tənzim etmək vacibdir. Bu tələbləri yerinə yetirmək üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edirik:

$$W_1 = \left(\frac{\sqrt{2} k_u U_1}{\omega B_m} \right) \frac{1}{S_c}$$

Orta çubuğun en kəsik sahəsi:

$$S_c = 2ab = 2c^2 \frac{m_a}{m_c^2}$$

Onda,

$$W_1 = \left(\frac{\sqrt{2} k_u U_1}{\omega B_m} \right) \frac{m_c^2}{2c^2 m_a}$$

Əgər qəbul etsək: $k_u = 0.96$; $U_1 = 220$ V; $\omega = 314$ 1/c və $B_m = 1.6$ Tl., onda,

$$\left(\frac{\sqrt{2} k_u U_1}{\omega B_m} \right) = \frac{\sqrt{2} \cdot 0.96 \cdot 220}{314 \cdot 1.6} = 594.510 \cdot 10^{-3}$$

Hesablamaları sadələşdirmək üçün işçi hava aralığının qalınlığını c millimetrlə ifadə edək, onda alırıq:

$$W_1 = 297255.08 \frac{m_c^2}{c^2 m_a}$$

Tutaq ki, $c = 40$ mm; $m_a = 2$ və $m_c = 4$. Hesablayırıq:

$$W_1 = 297255.08 \frac{4^2}{40^2 \cdot 2} = 1486.275$$

Bu halda:

$$S_c = 2c^2 \frac{m_a}{m_c^2} = 2(40 \cdot 10^{-3})^2 \frac{2}{4^2} = 400 \cdot 10^{-6} m^2;$$

$$a = \frac{b}{m_a} = \frac{160 \cdot 10^{-3}}{2} = 80 \cdot 10^{-3} m$$

$$b = m_c c = 4 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 160 \cdot 10^{-3} m.$$

Nəticə

1. Maqnit levitasiyasına əsaslanmış şaquli oxlu külək generatorlarına həsr olunmuş elmi tədqiqatların təhlilinə əsasən belə generatorların üstünlükləri və inkişaf istiqamətləri müəyyən olunmuşdur.

2. Maqnit levitasiyalı şaquli oxlu külək generatorlarının təkmiləşdirmə üsullarından biri yeni levitasiya sisteminin yaradılmasından ibarətdir. Bu məqsədlə idarəedici induksion dayağın, yaxud levitatorun yeni konstruksiyası işlənmişdir.

3. İdarəedici induksion levitatorun əsas ölçülərini və parametrlərini təyin etmək üçün riyazi model qurulmuşdur. Riyazi model layihə tapşırığında verilənləri, mexaniki, elektrik, maqnit və istilik parametrlərini nəzərə almaqla formaləşdirilmişdir.

4. Riyazi modelin həllini sadələşdirmək üçün ölçülərin uyğunluq prinsipindən, ölçüsüz kəmiyyətlərdən və ümumiləşdirilmiş parametrlərin riyazi ifadələrindən istifadə olunmuşdur.

5. Riyazi modelin həllindən levitasiya sabitinin, işçi hava aralığının qalınlığının, maqnit keçiricinin və dolaqların əsas ölçülərinin riyazi ifadələri alınmışdır.

6. Parametrlərin optimizasiyasını aparmaq üçün tövsiyələr verilmişdir və hesablanma metodikası işlənmişdir

Ədəbiyyat

1. Giancoli Douglas C. Physics for scientists & engineers with modern physics. // Upper Saddle River. – N.J: Prentice Hall, 2000.

2. Gonen Turan. Electric Power Distribution System Engineering. // Boca Raton: CRC P. – 2008.

3. Hambley Allan R. Electrical Engineering Principles and Applications. // Upper Saddle River 4th Edition. – Prentice Hall, 2007.

4. Mohan, Ned. Electric Drives An Integrative Approach. – Mnpera, 2003.

5. “Magnet Design”. Magnet Sales & Manufacturing Company, Inc. – 2000.

6. 3-rd The International Conference on Renewable Energy Research and Applications. 19-22 Oct 2014 Milwaukee – USA.

7. Dinesh Nagarkar. Graduate Electrical Engineer and student of M.Tech in EMS faculty also working in transmission division of power sector.

8. Khan Z.J. Prof. & Head of Electrical Dept. at Rajiv Gandhi College of Engineering. Research & Technology at Chandrapur.

9. Абдуллаев Я. Р. Теория магнитных систем с электромагнитными экранами. – М.: Наука, 2000. – С. 288.

10. Абдуллаев Я.Р. Теория и применение много функциональных линейных индукционных подвесов. – Баку: Военное издательство, 1996. – 297 с.

11. Абдуллаев Я.Р. Электромагнитный расчет магнитных систем с подвижными экранами. // Электричество. – 2007, №12.

12. Абдуллаев Я.Р., Керимзаде О.О. Определение размеров магнитной системы постоянного тока с учетом принципа соразмерности. // Электричество. – М., 2010, №3. – С.46-55.

13. Абдуллаев Я.Р. Оптимизация левитационного экрана электромеханического преобразователя усилий. // Электротехника. – М., 2008, №12. – С.51-59.

14. Абдуллаев Я.Р., Керимзаде Г.С., Мамедова Г.В. Расчет электромеханических управляющих устройств с левитационными элементами. // Электричество. – М., 2004. – С.42-49.

15. Абдуллаев Я.Р., Керимзаде Г.С., Мамедова Г.В., Пириева Н.М. Проектирование электрических аппаратов с индукционными левитационными элементами. // Электротехника. – 2015, №4.

Резюме

**Абдуллаев Я.Р., Маруфов И.М., Керимзаде Г.С. Пириева Н.М.
Применение управляющего индукционного левитатора
в ветрогенераторе с вертикальной осью**

Разработан новый управляющий индукционный левитатор для усовершенствования ветрогенераторов с вертикальной осью и магнитной левитацией. Создана математическая модель управляющего индукционного левитатора и определены основные размеры. Для проведения оптимизации параметров даны рекомендации и разработана методика расчета.

Ключевые слова: индукционный левитатор, ветрогенератор с вертикальной осью, математическая модель, основные размеры, постоянная левитации, методы расчета.

Summary

Abdullayev Y.R., Marufov I.M., Kerimzadeh G.S., Piriyeva N.M.

Application of a controlled induction levitator in a wind generator with vertical axis

A new control levitator is developed to increase the power of the vertical axis wind generators with magnetic levitation. The mathematical model of the controlled inductive levitator is established and the main dimensions are determined. Recommendations for the parameters optimization are given and a calculation method is developed.

Key words: induction levitator, wind generator with vertical axis, mathematical model, basic dimensions, constant of levitation, calculation methods.