

«AZƏRBAYCAN HAVA YOLLARI»
QAPALI SƏHMDAR CƏMİYYƏTİ
MİLLİ AVİASİYA AKADEMİYASI

Əlyazması hüququnda

NƏCİBƏ MƏLİK qızı PİRİYEVA

BİRFAZLI LEVİTATORLARIN LEVİTASIYA ELEMENTLƏRİNİN
OPTİMİZASIYASI

İxtisas: 3340.01 – “Elektrotexniki sistemlər və komplekslər”

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim olunmuş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

BAKI - 2017

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyasının “Elektrik avadanlıqları və sənaye qurğularının avtomatlaşdırılması” kafedrasında yerinə yetirilib.

Elmi rəhbər:

texnika elmləri doktoru,
professor **Y.R. Abdullayev**

Rəsmi opponentlər:

texnika elmləri doktoru,
professor **T.M. Lazımov**

texnika elmlər namizədi,
dosent **İ.M. Seydəliyev**

Aparıcı təşkilat:

Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutu

Müdafiə “_____” _____ 2017–cı il saat 14⁰⁰–da Milli Aviasiya Akademiyası nəzdində B/D 06.001 dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ1045, Bakı ş., Mərdəkan prospekti 30.

Dissertasiya ilə MAA-nın kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat ”_____” _____ 2017-ci ildə göndərilmişdir:

**B/ D 06. 001 Dissertasiya şurasının
elmi katibi, t.f.d., dos**

S.B. Həbibullayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

İşin aktuallığı. Texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmasında bir sıra hallarda işçi mexanizmlərin hərəkət edən hissəsinin şaquli vəziyyətdə saxlanması və bu hissənin xarici qüvvənin təsirindən gedişinin avtomatik idarə edilməsi tələb olunur. Bu hallarda həm də gedişin və xarici qüvvənin dəqiq ölçülməsi məsələlərinin həllinin, yükdən axan dəyişən cərəyanın yüksək dəqiqliklə sabitləşdirilməsi və bir neçə nominal qiymətin alınması zəruriliyi yaranır. İnduksion levitatorlar (İL) konstruksiyalarına görə sadə olmaqlarına baxmayaraq həmin problemlərin həllində daha effektiv iştirak edirlər, beləki induksion levitasiya effektinin təsirindən sürtünmə qüvvələri yaranmır, hərəkətin işçi gedişi avtomatik idarə olunur və əlavə elementlər tələb olunmur (məsələn mexaniki yaylar, istiqamətləndiricilər, reduktorlar, dayaqlar və s.).

İL-in tətbiq sahələri elmi-texniki ədəbiyyatlardan məlumdur:

- halvanik vannaların sabitləşdirilmiş cərəyanlarla qidalanması üçün;
- dolaqların sarınması prosesində izolyasiyanın qalınlığına nəzarət olunmasında;
- dolaqların sarınması prosesində kiçik en kəsikli naqillərin dartma qüvvəsinin stabilizasiyasını yaradan qurğularda;
- işçi mexanizmlərin şaquli vəziyyətlərini idarə edən dayaqlarda;
- işçi mexanizmə yerdəyişmə və qüvvəni distansion ötürən izləyici sistemlərdə;
- işıq şüası ilə qaynaq idarə sistemlərində və sairə;

Sadə konstruksiyalı levitatorlar pilləvari maqnit keçiricidən (MK), tərəpənməz təsirlənmə dolağından (TD) və levitasiya elementindən (LE) ibarətdir. Həmin İL əsasında qurulmuş müxtəlif təyinatlı elektrik aparatlarında isə MK-də əlavə dolaqlar yerləşdirilir (çıxış və kompensasiya dolaqları). LE qısa qapanmış mis dolaqdan (QQD), ya da (QQÇ) qısa qapanmış alümin çərçivədən ibarətdir. İL əsasında qurulmuş dəyişən cərəyan sabitləşdiricilərinin, qüvvə çeviricilərinin və dayaqların maqnit dövrlərinin hesabı və xarakteristikalarının tədqiqi Y.R.Abdullayev, V.L.Qeraskov, V.M.Rezsoy, A.V.Alekseyev, G.S.Kərimzadə, G.V.Məmmədova və İ.M.Seydəliyevin işlərində əks olunmuşdur. Lakin həmin işlərdə İL-in iş rejimlərinin təhlili, hesablama, la-

yihe və optimizasiya məsələlərinin həlli son illərdə irəli sürülən tələblər səviyyəsində deyil. Qabarit ölçülərin nisbətlərinə qoyulan məhdudiyyətlərin nəzərə alınmaması, vahid yanaşma çərçivəsində hesablanma və optimizasiya metodlarının olmaması müxtəlif təyinatlı elektrik aparatlarının tətbiq sahələrini məhdudlaşdırır.

Müxtəlif rejimlərdə işləyən İL-lərdə əsasən maqnit sisteminin hündürlüyünün H azaldılması məsələsini həll etmək lazım gəlir. Onu azaltmaq üçün ilk növbədə TD və LE-nin hündürlüklərini (k_1 və k_2) minimuma endirmək vacibdir. Lakin bu halda onların soyuma səthləri (S_{T1} və S_{T2}) azalırlar,

temperatur artımları (ΔT) və mis itgiləri (I_1 və I_2) isə artırlar. Mis itgilərinin artması öz növbəsində xarakteristikaların stabilliyini pozur. Digər tərəfdən TD-nin uclarındakı idarə gərginliyinin U_1 dəyişmə diapazonu ΔU artdıqca LE-nin işçi gedişi X_i artır, nəticədə maqnit sisteminin hündürlüyü H artır. Ona görə də işçi gedişin və mis itgilərinin minimizasiyalarını aparmaq zəruridir. Bu məsələnin həlli faktiki olaraq ölçülərin həndəsi optimizasiyasının aparılmasını tələb edir. İşçi gedişin X_i bütün qiymətləri üçün levitasiya şərtləri ödənilməlidir, yəni LE məlum temperatur artımı qədər qızmalıdır və qüvvələrin tarazlığı pozulmamalıdır.

Göstərilən xüsusiyyətləri çoxsaylı tənliklərdən təşkil olunmuş riyazi modellərlə nəzərə almaq olar. Riyazi modellərdə iştirak edən elektrik, maqnit, istilik və mexaniki parametrlərin qarşılıqlı əlaqələri sadə olmadıqlarından çıxış parametrlərinin təyini də sadə üsullarla alınmır. Bu işdə ilk dəfə həmin xüsusiyyətlər nəzərə alınmışdır.

İşin məqsədi. İnduksion levitator əsasında qurulmuş müxtəlif təyinatlı elektrik aparatlarının müxtəlif iş rejimlərinin xüsusiyyətlərini və qabarit ölçülərin nisbətlərinə qoyulmuş məhdudiyyətləri nəzərə almaqla levitasiya elementlərinin optimizasiya və layihə məsələlərini həll etməkdən ibarətdir.

Qoyulmuş məqsədə müvafiq olaraq dissertasiya işində aşağıdakı əsas məsələlər həll olunmuşdur:

1. İnduksion levitator əsasında qurulmuş müxtəlif təyinatlı elektrik aparatlarının konstruksiyalarının giriş-çıxış xarakteristikalarının sistemləşdirilməsi.
2. İnduksion levitatorların iş rejimlərinin və layihə məsələlərinin təhlili və elektromaqnit effektivliyinin yüksəldilməsi.
3. Levitasiya dolağının hesabı və optimizasiyası.
4. Levitasiya həlqəsini hesabı və optimizasiyası.
5. Təsirlənmə dolağının hesabı və optimizasiyası.
6. İşçi gedişin və aktiv güc itkilərinin minimizasiyası.

İşin elmi yeniliyi.

İnduksion levitatorların hesabını, parametrlərinin optimizasiyasını aparmaq və işçi xarakteristikalarını stabilləşdirmək, qabarit ölçülərin nisbətələrinə qoyulan məhdudiyyəti təmin etmək üçün yeni nəzəriyyəni işləməkdən ibarətdir.

Müdafiyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. İL əsasında qurulmuş müxtəlif təyinatlı elektrik aparatlarının iki fərqli iş rejimlərinə görə təsnifatı və xarakteristikalarının təhlili.
2. Cərəyan rejimində işləyən induksion levitatorun riyazi modeli və onun həllindən alınan analitik ifadələr.
3. Qüvvə rejimində işləyən induksion levitatorun riyazi modeli və onun həllindən alınan analitik ifadələr.
4. Hesablanma, optimizasiya və layihə məsələlərinin həlli metodları.
5. Qabarit ölçülərinin yuva əmsalından və induksion levitasiya sabitindən asılılıqlarının analitik ifadələri.

Əsaslandırılma və dürüstlük Elektrik aparatlarının elektrik, maqnit, istilik və mexaniki dövrələr üçün istifadə olunan əsas qanunlara, dəqiq hesablama metodlarının işlənməsinə, nəzəriyyədən alınan nəticələrin təcrübədən alınan nəticələrlə müqayisəsinə əsaslanmışdır.

İşin praktiki dəyəri İL əsasında qurulmuş müxtəlif təyinatlı elektrik aparatlarının hesablanma, optimizasiya və layihə məsələlərinin həlli metodlarının işlənməsindən və tətbiq sahələrinin genişləndirilməsindən ibarətdir.

İşin nəticələrinin həyata keçirilməsi. Hazırlanmış induksion levitatoru sənayenin müxtəlif sahələrində tətbiq etmək üçün iki layihə hazırlanmış və

innovasiya mərkəzinin bazasına daxil edilmişdir. Həmin iki induksion levitator “Elektrik və elektron aparatları” fənninin tədris proqramına daxil edilmiş və laboratoriya qurğuları kimi tətbiq olunmuşdur.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas müddəaları və nəticələri məruzə edilmiş və müzakirə olunmuşdur:

1. Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyasında yerinə yetirilən elmi-tədqiqat işləri çərçivəsində keçirilən seminarlarda.
2. Doktorantların və gənc tədqiqatçıların Azərbaycan Respublikasının elmi-texniki konfransında, ADNA, Bakı, 2-3 may 2013.
3. Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVIII Respublika elmi konfransında, Bakı, 19-20 dekabr 2013.
4. VIII Международный Симпозиум по фундаментальным и прикладным наукам. Россия, Челябинск, 10-12 сентября 2013г.
5. The Ninth International Conference on Technical and Physical Problems of Electrical Engineering. Istanbul, Turkey, 2013.
6. The 11 th International Conference on Technical and Physical Problems of Electrical Engineering. Bucharest, Romania, 2015
7. Energetikanın müasir elmi–texniki və tətbiqi problemləri beynəlxalq elmi konfransının materialları, Sumqayıt 2015

Nəşrlər. Dissertasiyanın mövzusu üzrə 18 elmi əsər çap edilmişdir, bunlardan 11-i məqalə (2-i xaricdə), 7 tezis (4-ü xaricdə).

Dissertasiyanın strukturu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsildən, nəticədən, istifadə olunmuş 119 ədəbiyyat siyahısından və əlavələrdən ibarətdir. Dissertasiya işi 174 səhifədə kompüter mətnində şərh olunmuş, 26 cədvəl və 27 şəkil ilə illustrasiya olunmuşdur.

İŞİN QISA MƏZMUNU

Dissertasiyanın girişində mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın əsas məqsədi və məsələləri müəyyən edilmiş, işin elmi yeniliyi, praktik əhəmiyyəti, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar və dissertasiyanın əsas bölmələrinin qısa nəzmunu verilmişdir.

Birinci fəsildə İL-lərin tədqiqi ilə bağlı müasir vəziyyətin qısa təhlili verilmiş, layihə məsələlərinin həlli yolları göstərilmiş və əsaslandırılmışdır. Bu məqsədlə levitasiya elementi daşıyan müxtəlif təyinatlı elektrik aparat-

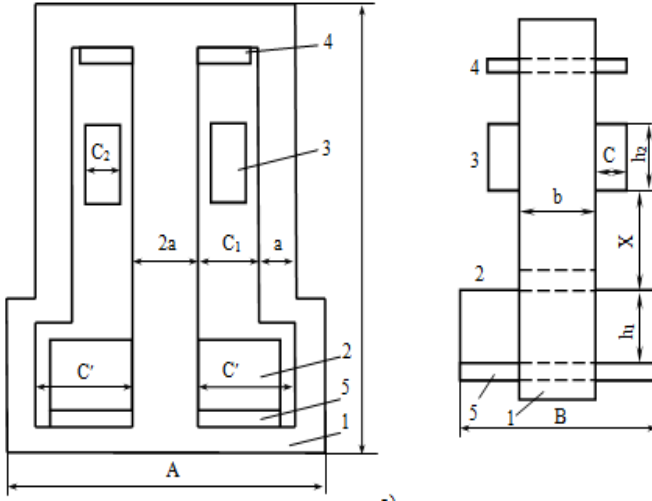
larının prinsipal konstruktiv sxemləri, onların təsnifatı və giriş-çıxış xarakteristikaları araşdırılmışdır (şəkil 1 və cədvəl 1). Hesablama, optimizasiya və layihə məsələlərinin həlli metodlarını işləmək üçün İL üçün iki iş rejimi müəyyən olunmuşdur: cərəyan və qüvvə rejimləri. Həmin rejimlərin təhlilindən aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. Cərəyan rejimində təsirlənmə dolağına verilən gərginlik

aralığında dəyişir, nəticədə LE-nin işçi gedişi $X_i = X_{\min} - X_{\max}$ aralığında dəyişir. Bu halda TD və LE-nin cərəyanları I_1 və I_2 sabit qalırlar.

2. Qüvvə rejimində isə qida mənbəyinin gərginliyi U_1 sabit saxlanılır və LE-nə şaquli istiqamətdə təsir edən xarici qüvvə P_x verilmiş P_{\max} :

aralığında dəyişir. Bu halda cərəyanların qərarlaşmış qiymətləri və aralığında dəyişirlər. Onların yaratdıqları temperatur artımları T_1 və T_2 də dəyişirlər. Levitasiya koordinatı X və təsirlənmə dolağının induktivliyi L_l hər iki rejimdə geniş diapazonda dəyişirlər.



Şək.1. İndüksion levitatorun konstruksiyası

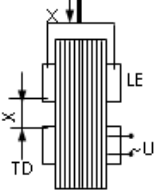
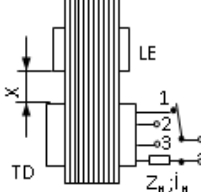
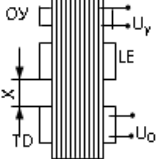
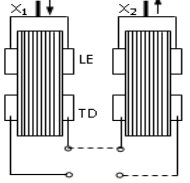
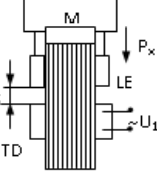
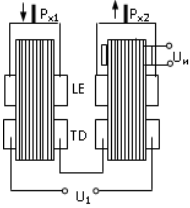
Xarakteristikalarının stabilliyini artırmaq üçün elektromaqnit effektivliyinin yüksəldilməsi yolları araşdırılmışdır və aşağıdakı riyazi ifadə alınmışdır.

$$I_{em} = P_1 M / P_1 e = \int_1 V \equiv (H \cdot (\partial B) / \partial t) / (\sigma E^2) dV = Qctg [(\tau + \xi)] \quad (1)$$

Cədvəl 1.

Şaquli ifalı levitasiya elementli elektrik aparatlarının təsnifatı

Aparatların adı	Konstruktiv sxemləri	Aparatların adı	Konstruktiv sxemləri
1.Qüvvə çeviricisi $I(P_x); U_2(P_x)$		5.Kiçikləşdirici $I_1(X); X(U_1)$	

<p>2. Yerdəyişmə çeviricisi $I(X); U_2(X)$</p>		<p>6. Çoxnominal dəyişən cərəyan sabitləşdiricisi $I''_H(U_1); I''_H(U_1); I'''_H(U_1)$</p>	
<p>3. İdarə olunan ifalı mexanizm $I(X); U_2(X)$</p>		<p>7. Yerdəyişməni məsafəyə ötürmək üçün qurğu $X_2(X_1)$</p>	
<p>4. İdarə olunan dayaq $X(U_1); I_1(M)$</p>		<p>8. Naqılın mexaniki dartılmasına nəzarət etmək üçün sabitləşdirici $P_{x2}(P_{x1})$ $U_H(P_{x1}; P_{x2})$</p>	

burada $Q = \omega L / R$ – keyfiyyət əmsalı adlanır. TD-nın ekvivalent induktivliyi L maqnit dövrəsinin əvəz sxemində istifadə etməklə təyin olunmuşdur:

$$\bar{R} = R_0 + R_l ;$$

(2)

Keyfiyyət əmsalını artırmaq üçün ilk növbədə xüsusi maqnit keçiriciliyinin qiyməti λ və $n_{e1} - h_1 / c_1, n_{e2} - h_2 / c_2$ (şəkil 1) nisbətərini artırmaq lazımdır. Odur ki, maqnit keçiricisinin maqnit dövrəsi qapalı olmalıdır və işçi hava aralığının qalınlığı c azaldılmalıdır.

Müəyyən olunmuşdur ki, levitasiya elementinin h_z hündürlüyünün c_z qalınlığına nisbəti u_{e2} levitasiya sabiti çoxsaylı parametrlərin qarşılıqlı əlaqələrin göstəricisidir və parametrlərin optimal qiymətləri üçün sabit ədəddir. Levitasiya elementlərinin bircinsli maqnit sahəsində şaquli və eninə dayanıq-

lıqlarını təmin etmək üçün levitasiya sabitinin n_{e2} qiyməti müəyyən aralıqda olmalıdır ($n_{e2} \approx 1 + 4$), əks halda levitasiya elementlərinin maqnit keçiricisinin çubuqlarına sürtünməsi baş verə bilər. Bundan başqa maqnit selinin intensiv azalması levitasiya elementinin hündürlüyünün h_2 yalnız müəyyən qiymətə qədər artmasına səbəb olur.

İnduksion levitatorlar üçün ənənəvi optimizasiya kriteriyalarından fərqli olaraq işçi gedişin, qabarit ölçülərin nisbətlərinin və aktiv güc itgilərinin minimizasiyaları optimizasiya kriteriyaları kimi qəbul olunmuşdur. Bu məqsədlə işdə induksion levitatorların hesablanması və optimizasiyasının alqoritmi işlənmişdir.

İkinci fəsil levitasiya dolağının hesabına və optimizasiya məsələlərinin həllinə həsr olunmuşdur və riyazi model qurulmuşdur. Riyazi model elektrik, maqnit, istilik və mexaniki dövrlərin tənliklərindən ibarətdir.

Qurulmuş modelə daxil olan çoxsaylı riyazi ifadələrin birgə həllini sadələşdirmək üçün əsas parametrlər ölçüsüz kəmiyyətlərlə ifadə olunmuşdur.

Levitasiya sabitinin analitik ifadəsini almaq üçün riyazi modeldən levitasiya dolağının maqnit hərəkət qüvvəsi və levitasiya sabiti üçün tənliklər sistemi alınmışdır. Həmin tənliklər sistemində bir neçə riyazi çevrilmələr apardıqdan sonra levitasiya sabiti üçün (3) ifadəsini alırıq:

$$(3)$$

burada

Levitasiya dolağının qalınlığı c_2 (4) ifadəsi ilə təyin olunmuşdur:

$$c_2 = \sqrt{\frac{7 \cdot (b_1^2 k_1^2)}{(n_1 \cdot 0.2^2)^2} + \left(\frac{\rho_1^2}{\tau_1^2} \right)^2 + \left(\frac{c_1}{k_1} \right)^2} \quad (4)$$

Tədqiqatlardan aşkar olunmuşdur ki, levitatorun hündürlüyünü H azaltmaq üçün levitasiya sabitini n_{e2} -ni azaltmaq lazımdır. Bu halda $m_a=4 \div 6$ və $m_c=3 \div 6$ aralıqlarında qiymətlər alır. Layihə tapşırığında verilmiş cərəyanın qiyməti I_1 artdıqda c_2 qalınlığı artdığından gedişin qiymətini X_i artırmaqla c_2 və F_{1-i} azaltmaq mümkündür.

Üçüncü fəsilə qüvvə rejimində işləyən induksion levitatorun xüsusiyyətlərini, layihə tapşırıqında verilənləri və ölçülərə qoyulmuş məhdudiyyətləri nəzərə alan riyazi model qurulmuşdur. Riyazi modeli təmsil edən tənliklərin birgə həllindən induksion levitatorun hesablanma metodu işlənmiş, parametrlərin optimizasiyası aparılmış və layihə məsələləri həll olunmuşdur. Riyazi model elektrik, maqnit, istilik və mexaniki dövrlərin tənliklərindən ibarətdir.

Tədqiqatlara əsasən müəyyən olunmuşdur ki, levitasiya sabiti n_{e2} qüvvə n_p və m_a əmsallarının artması ilə artır, m_c əmsalının artması isə, levitasiya sabitinin azalmasına səbəb olur. Bu qanunauyğunluq induksion levitatorun hündürlüyünün H azaldılması üçün istifadə olunmuşdur. Nəticədə, LH-in qalınlığının optimal qiymətinin və levitasiya sabitinin analitik ifadələri alınmışdır:

$$n_{e2} = n_0 \cdot n_p \cdot m' - 1; \quad (5)$$

$$k = \frac{m_a \cdot P_{1x}}{n_1 \cdot n_{e2} \cdot (n_{1p} - 1)}. \quad (6)$$

(6) düsturundan istifadə etmək üçün m_a , m_c və n_{e2} əmsallarının optimal qiymətlərini bilmək lazımdır. Bu məqsədlə $m'(\lambda)$ və $n_{e2}(\lambda)$ funksiyalarının ekstremumları təyin olunmuş və qrafikləri qurulmuşdur. Ölçülərin və əsas parametrlərin işçi hava aralığının xüsusi maqnit keçiriciliyindən λ asılılıqları müəyyən olunmuşdur. Bu məqsədlə $k = \frac{m_a \cdot P_{1x}}{n_1 \cdot n_{e2} \cdot (n_{1p} - 1)}$ ümumiləşdirilmiş asılılıqları təyin olunmuşdur. Qabarit ölçülərinin nisbətəinə A/B ; H/A və H/B qoyulmuş məhdudiyyətləri yerinə yetirmək üçün $k = \frac{m_a \cdot P_{1x}}{n_1 \cdot n_{e2} \cdot (n_{1p} - 1)}$ və $n_{e2} = \frac{m_a \cdot P_{1x}}{k \cdot (n_{1p} - 1)}$ ümumiləşdirilmiş asılılıqlarından istifadə olunmuşdur. Layihə tapşırıqında bir sıra hallarda xarici qüvvənin ancaq maksimal qiyməti P_{max} verilir. Hesablamalarda isə həmin qüvvənin P_{min} minimal qiymətini tapmaq və ona əsasən əsas parametrləri, o cümlədən maqnit keçiricisinin hündürlüyünü H müəyyən etmək zəruriliyi meydana çıxır. Odur, ki, işdə levitasiya hündürlükləri və işçi gediş üçün analitik ifadələr alınmışdır. Üçüncü fəslin sonunda LH-in optimal parametrlərinin hesablanma metodu verilmişdir.

Dördüncü fəsilə aktiv güc itkilərinin hesabı və minimizasiyası aparılmışdır. Bu məqsədlə ölçülərin nəticələri araşdırılmış, xüsusi maqnit keçiriciliklərinin və ölçülərin dəyişmə aralıqları müəyyən olunmuş, aktiv güc itkiləri ilə ölçülər arasında əlaqələrin analitik ifadələri alınmışdır. Aktiv güc itki-

ləri təsirlənmə dolağı və levitasiya elementindəki itkilərin (P_{10} , P_{20}) və $P=P_{10}+P_{20}+P_p$ polad hissələrindəki itkilərin cəmindən ibarətdir.

Polad itkiləri üçün aşağıdakı düstur alınmışdır:

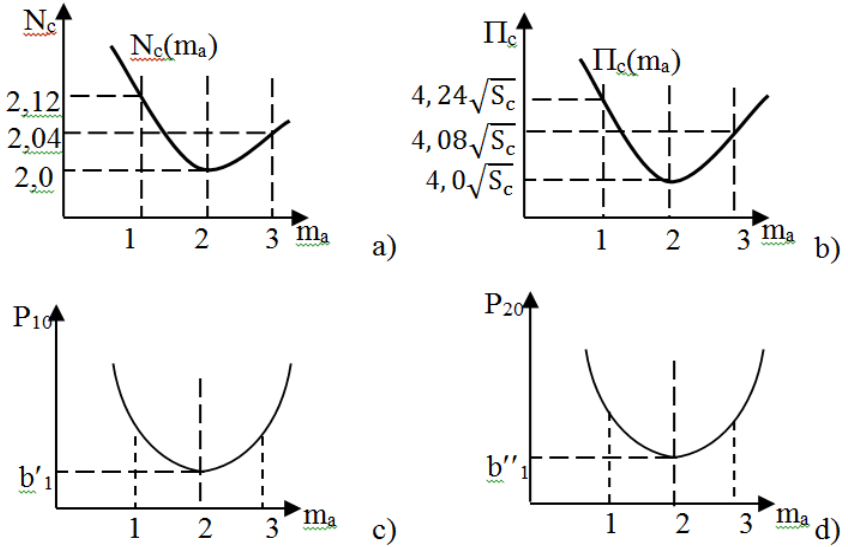
$$P_{1p} = (x_{1h} B_{1m} T_{1,6} + x_{1f} B_{1m} T_{1,2}) (\sqrt{(S_{10})} + 0,5 \sqrt{(S_{1c})}) m_{1a}/m_{1c} m_{1n} + x_{1ma} \quad (7)$$

Aktiv güc itkilərinin maqnit keçiricisinin ölçülərinə görə minimizasiyası aparılmış və mis itkiləri üçün analitik ifadələr alınmışdır. Aşağıdakı ifadədən $m_a=2$ yaxud $b=2a$ şərti alınmışdır və məlum olmuşdur ki, bu şərt yerinə yetirildikdə N_c , P_{10} və P_{20} minimum qiymətlər alırlar (şək.2).

$$\frac{dN_c}{dm_a} = \frac{d}{dm_a} \left(\frac{1 + 0,5m_a}{\sqrt{1 + 0,5m_a}} \right) = 0, \quad (8)$$

Bu halda orta çubuğun en kəsiyinin perimetri $\Pi_c=2(2a+b)=8a^n$ olur və minimaldır, beləki, təsirlənmə dolağının sarğısının orta uzunluğu l_1 minimumdur. Onda aktiv güc P_{10} minimum olacaqdır. Dördüncü fəsilin sonunda parametrlərin təyini metodu işlənmiş və hesablamalar verilmişdir.

Dissertasiyada Ə2.1, Ə2.2, Ə3.1-Ə3.7 və Ə4.1-Ə4.6 əlavələrdə hesablamaların nəticələri, qrafikləri, cədvəllər, hesablama metodikası, təcrübənin nəticələri, həm də tətbiq aktları, innovasiya mərkəzinə verilmiş iki layihə və təcrübə qurğusunun fotoları verilmişdir. (cədvəllər 2, 3, 4 şəkil 3).



Şək. 2. $N_c(m_a)$, $\Pi_c(m_a)$, $P_{10}(m_a)$ və $P_{20}(m_a)$ asılılıqlarının qrafikləri

Təcrübənin nəticələrinin nəzəriyyədən alınan nəticələrə uyğunluğu təsdiqlənmişdir.

Cədvəl 2

Levitasiya elementinin optimal ölçülərinin təcrübədən alınan qiymətləri

$h_2 \times 10^{-3} \text{ m}$	10	15	20	Qeyd $U=90 \text{ V}$ $c_2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
$h_{\text{min}} \times 10^{-3} \text{ m}$	34	36	33	
$I \times 10^{-3} \text{ A}$	0,17	0,15	0,18	
$\frac{h_2}{n_{\text{az}} = c_2}$	2	3	4	

Cədvəl 3

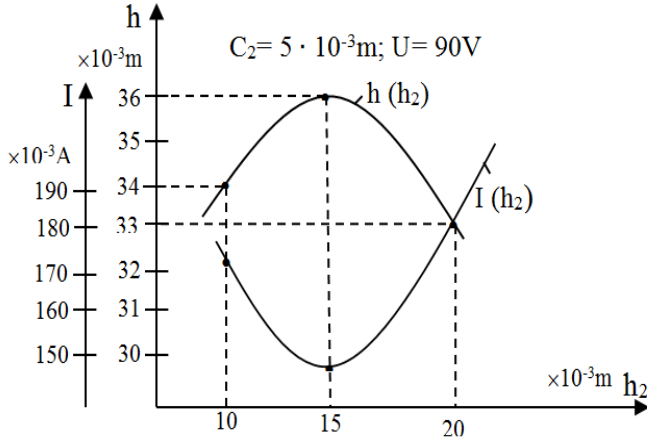
Qüvvə rejimi üçün təcrübədən alınan qiymətlər

U, V	60	70	80	90	100	110	120
$h_{opt} \times 10^{-3}$	5	15	25	35	45	50	60
$I \times 10^{-3}$	140	150	151	151	151	151	152

Cədvəl 4

Cərəyan rejimi üçün təcrübədən alınan qiymətlər

U, V	80	90	100	110	120	130	140	150
$I \times 10^{-3} A$	261	265	265	265	265	265	265	271
$h_{opt} \times 10^{-3} m$	5	10	15	20	25	30	35	40



Şək. 3. Levitasiya elementinin optimal ölçülərinin (yaxud sabitinin n_{c2}) təyininə dair $h(h_2)$ və $I(h_2)$ asılılıqları

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

Müqayisəli təhlillər əsasında müəyyən olunmuşdur ki, İL əsasında qurulmuş müxtəlif təyinatlı elektrik aparatlarının hesablanma, optimizasiya və layihə metodları tələb olunan səviyyədə deyil və bu səbəbdən həmin aparatların tətbiq sahələri məhdudlaşır. Levitatorların müxtəlif rejimlərdə işlə-

mələrini, xarakteristikalarının müxtəlif olmasını və layihə tapşırığında qabarit ölçülərin nisbətlərinə qoyulmuş məhdudiyətləri nəzərə alan metodlar işlənmişdir. İş rejimlərinin və giriş-çıxış parametrlərinin müqayisəli təhlilinə əsasən həmin elektrik aparatları üçün iki ümumiləşdirilmiş rejim müəyyən edilmişdir (cərəyan və qüvvə rejimləri). Mövcud problemin həlli hər iki rejim üçün ayrı-ayrılıqda aparılmışdır və aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. İL-lərin xarakteristikaları onların elektrik, maqnit, istilik və mexaniki dövrlərinin parametrləri ilə təyin olunduğu üçün onların riyazi modellərinə həmin parametrlər daxil edilmişdir. Riyazi modelləri təşkil edən çoxsaylı tənliklərin birgə həllindən İL- in parametrlərinin analitik ifadələri alınmışdır. Məsələnin həllini sadələşdirilmək üçün əsas parametrlər və həndəsi ölçülər ölçüsüz kəmiyyətlərlə və layihə tapşırığındakı verilənlərlə ifadə olunmuşdur.

2. İL-lərin hesabı, optimizasiya və layihə məsələlərinin həllini sadələşdir-mək üçün levitasiya elementlərinin parametrlərinin təyinindən başlanılmış və sonra isə maqnit keçiricisinin, təsirlənmə dolağının ölçülərinin və parametrlərinin optimizasiyası aparılmışdır. Nəticədə İL-in optimizasiya və hesablanma metodlarının alqoritmi işlənmişdir. Xarakteristikaların stabilliyini və qabarit ölçülərin nisbətlərinə qoyulmuş məhdudiyətləri təmin etmək üçün ənənəvi optimizasiya kriteriyalarından fərqli olaraq X_i işçi gedişin və P aktiv güc itkilərinin minimizasiyaları aparılmışdır.

3. Bircinsli maqnit sahəsində LE-nin uzununa və eninə dayanıqlıq mə-sələlərinə baxılmışdır. Bu məqsədlə levitasiya sabitinin $n_{rz} = \frac{h_z}{c_2}$ dəyişmə diapazonu təyin olunmuşdur, nəticədə LE-nin maqnit keçiricisinin çubuqlara toxunma ehtimalı aradan qaldırılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, LE-nin hündürlüyünün h_z həddən çox artırılması ilə ondan keçən maqnit seli C_2^2 çox zəif dəyişir. Ona görə də, levitasiya sabitini və qabarit ölçüləri azaltmaq olar. Levitatorların elektromaqnit effektivliyinin artırılması metodları işlənmişdir və nəticədə “istilik dreyfi” xeyli zəifləşdirilmiş, xarakteristikaların stabilliyi yaxşılaşdırılmışdır.

4. Alınan analitik ifadələrdən müəyyən olunmuşdur ki, induksion levitasiya sabiti n_{rz} levitatorların həndəsi ölçülərini, T_1 və T_2 temperatur artımlarının, layihə tapşırığında verilən parametrlərin və istifadə olunan materialların fiziki-texniki xarakteristikalarının arasında qarşılıqlı əlaqələrin göstəriciləridir. Hesablamalarda həmin n_{rz} levitasiya sabitindən istifadə etməklə qoyulan məsələlərin həlli xeyli sadələşir. İnduksion levitasiya sabiti n_{rz} parametrlərin optimal qiymətləri üçün sabit ədəddir və levitasiya dolağı üçün

induksion levitasiya sabitinin qiyməti böyükdür, nəinki levitasiya həlqəsi üçün. Ona görə də cərəyan rejimində işləyən induksion levitatorların işçi hava aralığı böyükdür, nəinki qüvvə rejimində işləyən İL-in işçi hava aralığı. Levitasiya sabiti n_{e2} qüvvə əmsalının n_{p} artması ilə artır, temperatur artımının t_{z} artması ilə azalır. Odur ki, İL-in hündürlüyünü H azaltmaq üçün n_{p} -ni azaltmaq, t_{z} -ni isə artırmaq lazımdır.

5. Levitasiya həlqəsi üçün funksional asılılıqlar $m^1(\text{C})$, $n_{\text{e2}}(\text{C})$, $c_{\text{12}}(\text{C})$ və $X_{\text{11}}^i(\text{C})$ tədqiq olunmuşdur. Əsas parametrlərin ümumiləşdirilmiş asılılıqlarının, , və qrafikləri alınmışdır. Həmin qrafiklərdən qabarit ölçülərin nisbətlərinə A/B, H/A və H/B qoyulmuş məhdudiyətləri yerinə yetirmək üçün istifadə edilmişdir. Qabarit ölçülərin nisbətlərinə qoyulan məhdudiyətləri yuva əmsalının n_{c} , qüvvə əmsalının n_{p} və temperatur artımlarının t_{1} , t_{z} optimal qiymətlərinin seçilməsi ilə təmin etmək mümkündür. Müəyyən olunmuşdur ki, aktiv güc itkilərini P_2 azaltmaq üçün $n_{\text{c}} = \frac{c'}{c}$ nisbətini azaltmaq, və $k_{12} = \frac{h_1}{h_2}$ nisbətərini isə artırmaq lazımdır.

Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıda dərc olunmuş məqalələrdə öz əksini tapmışdır:

1. Abdullayev Y.R., Piriyeva N.M. Pilləvari induksion levitatorun təsirlənmə dolağının hesabı. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri №1, ADNA Bakı, 2013, s.49-55.
2. Abdullayev Y.R., Piriyeva N.M. Pilləvari induksion levitatorun aktiv güc itkilərinin azaldılması metodları. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri №6, ADNA Bakı, 2013, s.49-54.
3. Abdullayev Y.R., Piriyeva N.M. Pilləvari induksion levitatorun həndəsi faktorlarının təyini. Energetikanın problemləri №2, Bakı, 2013, s.75-81.
4. Abdullayev Y.R., Piriyeva N.M. Elektrik aparatlarının levitasiya elementlərinin hesabı və optimizasiyası. Energetikanın problemləri №3, Bakı, 2013, s.73-84.
5. Abdullayev Y.R., Piriyeva N.M. Pilləvari induksion levitatorun əsas parametrlərinin funksional asılılıqlarının təyini. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri № 6, ADNA Bakı, 2014, s.55-60.
6. Abdullayev Y.R., Kerimzada O.O, Piriyeva N.M. Reduction methods of stepped induction levitators active power losses. The Ninth International Conference on Technical and Physical Problems of Electrical Engineering. Istanbul, Turkey, 2013

7. Абдуллаев Я.Р., Керимзаде Г.С., Мамедова Г.В., Пириева Н.М.

Проектирование электрических аппаратов с индукционными левитационными элементами. Электротехника, № 4, 2015.

8. Абдуллаев Я.Р., Пириева Н.М. Расчет и проектирование управляемой индукционной опоры с левитационной обмоткой. Электромеханика № 5 Москва, 2015
9. Abdullayev Y.R., Hüseyinov Q.Ə., İsmayılov Z.N.Piriyeva N.M. Rotoru levitasiya vəziyyətində saxlayan qurğunun dayanıqlığının tədqiqi. Energetikanın müasir elmi – texniki və tətbiqi problemləri beynəlxalq elmi konfransının materialları, Sumqayıt 2015
10. Abdullayev Y.R., Kerimzada O.O, Piriyeva N.M. The 11 th International Conference on Technical and Physical Problems of Electrical Engineering. Bucharest, Romania, 2015
11. Piriyeva N.M. Pilləvari induksion levitatorun əsas ölçülərinin təyini. Energetikanın problemləri №1, Bakı, 2013, s.99-105.
12. Piriyeva N.M. İnduksion levitatorun layihə göstəricilərinin təyini və təhlili. Energetikanın problemləri №4, Bakı, 2013, s.97-102.
13. Piriyeva N.M. İnduksion levitatorun ölçüsüz kəmiyyətlərinin təyini və optimizasiya məsələlərinin həlli. Doktorantların və gənc tədqiqatçıların konfransının materialları, ADNA, Bakı, 2013, s.130-133.
14. Piriyeva N.M. İnduksion levitatorun işçi hava aralığının dəyişmə diapazonunun təyini. Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVIII Respublika elmi konfransının materialları. Bakı, 2013, s.284-286.
15. Абдуллаев Я.Р., Пириева Н.М. Определение безразмерных величин обмоток индукционного левитатора со ступенчатым магнитопроводом. АГНА, Известия Высших Технических Учебных Заведений Азербайджана, №5, 2013, с. 48-54.
16. Абдуллаев Я.Р., Пириева Н.М., Керимзаде О.О. Оптимизация параметров индукционного левитатора на минимум веса активных материалов. Фундаментальные и прикладные проблемы науки. Материалы VIII Международного симпозиума Москва, 2013, том 2.с 11-19
17. Пириева Н.М., Керимзаде О.О. Способы повышения электромагнитной эффективности в индукционном левитаторе. Фундаментальные и прикладные проблемы науки. Материалы VIII Международного симпозиума Москва, 2013, том 2. С.3-10
18. Abdullayev Y.R., Piriyeva N.M., Kerimzada O.O. Reduction methods of stepped induction levitators active power losses. The Ninth International

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЕВИТАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОДНОФАЗНЫХ ЛЕВИТАТОРОВ

РЕЗЮМЕ

Диссертационная работа посвящена решению вопросов расчета, оптимизации и задач проектирования однофазных индукционных левитаторов, применяемые в автоматизации технологических процессов. К настоящему времени разработан ряд высокоточных электрических аппаратов, построенные на базе этих подвесов. Они многофункциональные и используются для автоматического контроля, измерений и стабилизации различных неэлектрических и электрических величин.

На основе теории электрических, магнитных, тепловых и механических цепей составлены математические модели индукционных левитаторов, работающих в режимах тока и усилий. Из совместных решений уравнений математических моделей получены аналитические выражения для параметров, необходимые для разработки методики расчета, оптимизации и проектирования индукционных левитаторов. В отличие от традиционных критериев оптимизации, применяемые в электрических аппаратах, здесь разработаны методы минимизации потерь активных мощностей и рабочего хода, так как для обеспечения стабильности характеристик это очень важно.

С целью упрощения решений поставленных задач, основные параметры представлены через безразмерные величины, в том числе через постоянную индукционной левитации μ_{s2} и коэффициента ступенчатости магнитопровода μ_{σ} .

Разработаны методы выполнения условий на ограничения отношений габаритных размеров, указанные в техническом задании на проектирования.

Установлено, что выбором оптимальных значений коэффициентов μ_{σ}

μ_{σ} , $\mu_{\sigma 2}$, μ_{s2} , μ_{σ} , и температур перегрева левитационных элементов T_2 и обмотки возбуждения T_1 , а также минимальное

значение рабочего хода $X_{\text{р}}$ можно выполнить условие ограничения на габаритные размеры. Потери в стали уменьшаются с уменьшением коэффициентов $\eta_{\text{с2}}$ и $\eta_{\text{с}}$. Найдены оптимальные значения указанных коэффициентов.

Разработанные методы расчета и проектирования индукционных левитаторов позволяют ускорить разработки электрических аппаратов различного назначения и внедрения их в промышленности.

PIRIYEVA NADJIBA MELIK

OPTIMIZATION LEVITATIONS OF ELEMENTS SINGLE-PHASE LEVITATORS

SUMMARY

The thesis is devoted to the issues of calculation, optimization and design problems of single-phase induction levitator used in process automation. To date, a number of high-precision developed electric apparatus constructed on the basis of these suspensions. They are multifunctional and used for automatic control, measurement and stabilization of various nonelectric and electrical quantities.

Based on the theory of electrical, magnetic, thermal and mechanical chains composed mathematical model of induction levitator, Rabo melting in current mode and effort. Out of joint solutions to equations of mathematical models, analytical expressions for the parameters needed to develop methods of calculation, optimization and induction projection levitator. Unlike traditional optimization criterion used in electrical devices, here developed methods to minimize active power losses and stroke, as to ensure the stability characteristics is very important.

In order to simplify the tasks assigned, the main parameters are presented in terms of dimensionless quantities, including through regular induction levitation $\eta_{\text{с2}}$ and coefficient aliasing magnetic circuit $\eta_{\text{с}}$.

Methods have been developed to meet the conditions of limited relevance dimensions specified in the specification for the design.

It is found that the choice of the optimal values of the coefficients η_c , η_{e2}

η_e , η_{e2} , η_c , temperatures and overheating levitation elements T_2, T_1 and excitation winding and the minimum value of the stroke X_F can perform a restriction condition on the dimensions. Iron loss decreases with decreasing coefficients η_{e2} and η_e . Found optimum values of these coefficients.

The developed methods of calculation and design of induction levitator help accelerate the development of electric vehicles once-personal purpose and their implementation in the industry.

ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«АЗЕРБАЙДЖАН ХАВА ЙОЛЛАРЫ»
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ АВИАЦИИ

На правах рукописи

ПИРИЕВА НАДЖИБА МЕЛИК кызы
ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЕВИТАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ОДНОФАЗНЫХ ЛЕВИТАТОРОВ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени

доктора философии по технике

по специальности:3340.01 – Электротехнические
системы и комплексы

БАКУ-2017