

UOT 62.83

GƏMİ LÖVBƏR QURĞUSUNUN ELEKTRİK MÜHƏRRİKİNİN YARATDIĞI FIRLANMA MOMENTİNİN ARTIRILMASI

Həsənov E.A.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
Az1000 Bakı ş. Z. Əliyeva küç., 18
E-mail: hasanov.079@mail.ru

Xülasə. Məqalədə tezlik çeviricisi ilə idarə olunan gəmi lövbər qurğusunun elektrik mühərrikinin yaratdığı fırlanma momenti artırılmış və lövbərin dənizin dibindən qoparılması zamanı elektrik mühərrikinin qısaqapanma rejiminin aradan qaldırılmasının mümkünlüyü aşkar edilmişdir.

Abstract. In this article, It deals with the settle of necessity during short circuit rejime of electrical engine from the depth of the sea by means of anchor and as a result, It is analysed the increasing rolling moment of electrical engine according to the process of present by frequency tension.

Аннотация. В статье рассмотрено увеличение вращающего момента электродвигателя судового якорного устройства с частотно-преобразовательным управлением и устранение режима короткого замыкания двигателя во время травления якоря с морского дна.

Açar sözlər: gəmi, lövbər qurğusu, asinxron mühərrik, fırlanma sürəti, tənzim, tezlik çeviricisi

Key words: ship, anchor divice, asinchronoys motor, rotation speed, regulator, frequency converter

Ключевые слова: судно, якорное устройство, асинхронный двигатель, частота вращения, регулировка, преобразователь частоты

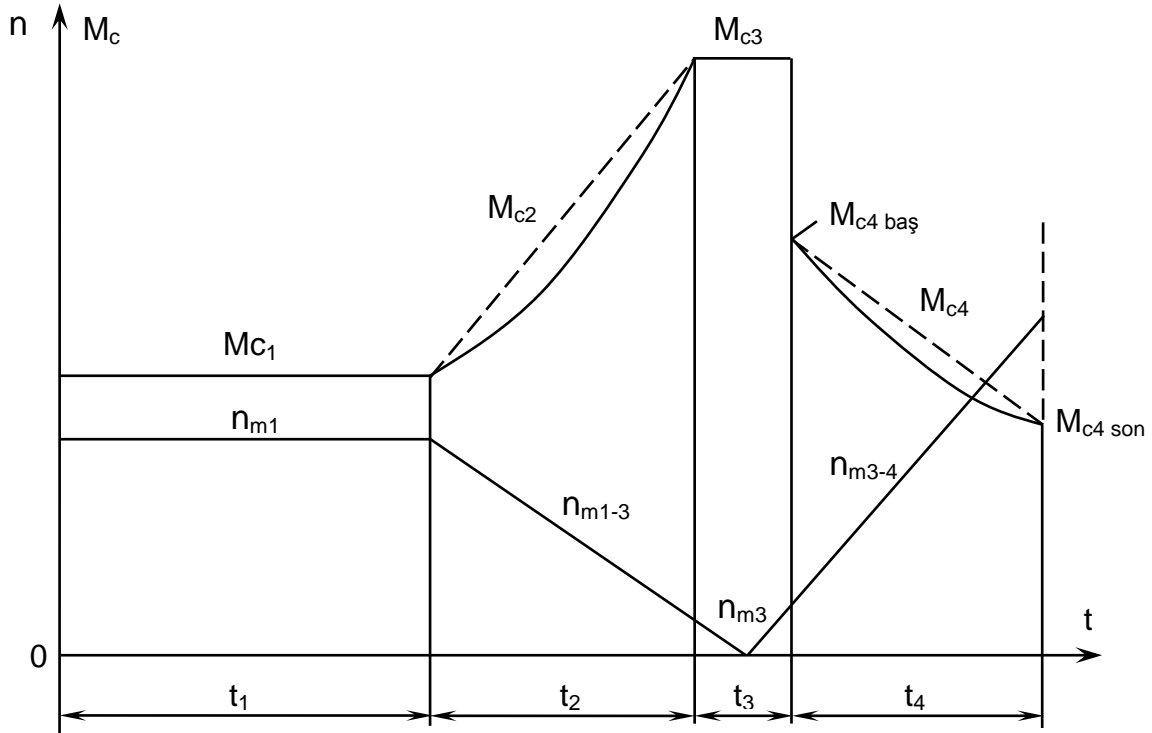
Giriş: Bildiyimiz kimi, lövbər qurğuları gəminin körpüyə yan almasını və onun lövbər salıb dayanmasını təmin edirlər [1, 2, 3].

Hal-hazırda lövbər-yanalma mexanizmlərinin çoxsürətli asinxron mühərrikləri müasir tələblərə cavab vermir. Aparılmış tədqiqatların nəticəsi göstərir ki, lövbər qurğularının elektrik mühərriklərinin tezlik çeviriciləri vasitəsilə idarə olunması bu qurğulara həm texniki, həm də iqtisadi üstünlüklər verə bilər [4].

Əsas hissə: Məqalədə tezlik çeviricisi ilə idarə olunan lövbər qurğusunun elektrik mühərrikinin gərgin iş rejiminin yaxşılaşdırılması üçün mühərrikin yaratdığı fırlandırıcı momentin artırılmasına baxılmış və lövbərin dənizin dibindən qoparılması zamanı elektrik mühərrikinin qısaqapanma rejiminin aradan qaldırılmasının mümkünlüyü aşkar edilmişdir.

Şəkil 1-də lövbər zənciri yığıldığı zaman elektrik mühərrikinin yük diaqramı göstərilmişdir. I mərhələdə zəncirin dənizin dibinə çökmüş hissəsi yığılır. t_1 zamanı ərzində zəncirin sallanan hissəsi sabit qaldığı üçün elektrik mühərrikinin valındakı M_{c1} momenti və onun fırlanma sürəti n_{m1} sabit qalır. II mərhələdə t_2 zamanı ərzində gəmi lövbərə doğru hərəkət edir və mühərrikin valında yaranan müqavimət momenti getdikcə artır (M_{c2}). Bu isə mühərrikin yükünün artmasına, sürətinin isə azalmasına səbəb olur. II mərhələnin sonunda gəminin qabaq hissəsi demək olar ki, lövbərin üstündə olur. III mərhələdə elektrik intiqalının təsirindən və gəminin aldığı ətalətdən t_3 zamanı ərzində lövbər dənizin dibindən qoparılır. Bu zaman mühərrikin valında yaranan müqavimət momenti (M_{c3}) lövbərin qıynaqlarının dənizin dibinə ilişməsinin hesabına çox böyük qiymətə malik olur və mühərrik az müddətdə qısaqapanma rejimində ($n_{m1}=0$) olur. Bu mərhələyə sərf olunan vaxt az olduğu üçün və elektrik mühərriki xüsusi quruluşda hazırlandığı üçün qısaqapanma rejiminə

davam gətirir. IV mərhələdə t_4 zamanı ərzində zəncirin suya sallanan hissəsi yığılır. Bu mərhələdə mühərrikin valında yaranan moment (M_{c4}) getdikcə azalır, mühərrikin fırlanma sürəti isə artır. Bununla da gəminin lövbərdən azad olunması prosesi başa çatır.



Şəkil 1. Lövbər zənciri yığılan zaman elektrik mühərrikinin yük diaqramı

Şəkil 1-dən aydın görünür ki, lövbər elektrik mühərrikinin iş rejimi geniş miqyasda dəyişir, hətta az müddətdə yük diaqramının t_3 hissəsində yük altında dayanır. Mühərrikin yük altında dayanması zamanı (qısaqapanma rejimində olduğundan) onun şəbəkədən aldığı cərəyan nominal qiymətə nisbətən 4-6 dəfə artır və bu rejim mühərrik üçün çox ağır rejim sayılır. Qısaqapanma rejiminin mühərrikə təsirini azaltmaq üçün lövbər qurğularının elektrik mühərrikləri 30 saniyə qısaqapanma rejiminə davam gətirən xüsusi quruluşa malik olur. Lövbər qurğusunun elektrik mühərrikində qısaqapanma rejiminin yaranmasının əsas səbəbi lövbəri dənizin dibindən qopardıqda onun qıynaqlarının dənizin dibinə ilişməsindən mühərrikin valında yaranan müqavimət momentinin bir neçə dəfə artmasıdır. Bu vaxt mühərrikin valında yaranan müqavimət momentinin qiyməti mühərrikin yaratdığı maksimal (kritik) momentdən çox olur və mühərrik yük altında dayanır.

Əgər lövbər elektrik intiqallarını idarə etmək üçün tətbiq edilməsi təklif olunan müasir tezlik çevricilərindən istifadə edilərsə mühərrikin qısaqapanma rejiminə keçməsinin (yük altında dayanmasının) qarşısını almaq olar [4].

Aydındır ki, lövbərin pəncələrinin dənizin dibinə ilişməsindən yaranan müqavimət momentini azaltmaq olmaz, ancaq bu vaxt tezlik çeviricisinin idarə qanununu dəyişməklə mühərrikin yaratdığı maksimal momenti artırmaq olar.

Qeyd olunanların mümkünlüyünü nəzərə alaraq hal-hazırda gəmilərdə geniş tətbiq edilən 3 sürətli lövbər mühərrikinin işçi sarğısının (2-ci sarğı) parametrlərindən istifadə edilmişdir.

Mühərrikin tipi: MAP 622-4/8/16. Burada 4, 8, 16 – müvafiq olaraq mühərrikin statorunda yerləşən yüksək (4), orta (8) və alçaq (16) sürət dolaqlarının qütblər sayıdır. Müvafiq olaraq həmin dolaqların gücü: $P_n=28/36/10$ kVt-dir. Nominal fırlanma sürətləri: $n_n=1445/670/315$ d/dəq.-dir. Orta sürət dolağının ($2P=8$) parametrlərini təyin edək:

Dolağın artıq yüklənmə qabiliyyəti:

$$\lambda_2 = \frac{M_{\max 2}}{M_{n2}} = 2,4; \quad (1)$$

Dolağın nominal momenti:

$$M_{2n} = 9,81 \frac{975 \cdot P_{2n}}{n_{2n}} = 9,81 \frac{975 \cdot 36}{670} = 514 \text{ Nm} \quad (2)$$

Stator dolağının iş rejimində yaranan nominal sürüşmə aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$S_{2n} = \frac{n_{02} - n_{n2}}{n_{02}} = \frac{750 - 675}{750} = 0,106 \quad (3)$$

Müvafiq olaraq kritik sürüşməni tapaq:

$$S_{2kr} = S_{2n} (\lambda_2 \pm \sqrt{\lambda_2^2 - 1}) = 0,106 \cdot (2,4 \pm \sqrt{2,4^2 - 1}) = 0,106 \cdot (2,4 + 2,18) = 0,48 \quad (4)$$

Dolaqların yaratdığı maksimal (kritik) moment aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$M_{2kr} = \lambda_2 \cdot M_{2n} = 2,4 \cdot 514 = 1233,6 \text{ Nm} \quad (5)$$

Lövbər qurğusunun mühərrikini tezlik çeviricisi ilə idarə etdikdə ancaq orta sürət dolağından (2P=8) istifadə edimişdir və onun tələb olunan iş rejimlərini yerinə yetirməsi yoxlanılacaqdır.

Misal üçün götürülmüş MAP-622 tipli asinxron mühərrikinin ancaq işçi dolağı (2-ci dolağı) gərginlik altında olduqda eninə impuls modulyasiyalı tezlik çeviricisi ilə fırlanma sürətinin tənzim olunmasına baxaq. Belə tezlik çeviriciləri asinxron mühərrikinin fırlanma sürətini 20-30 dəfə nominaldan aşağı və 1,5-2 dəfə isə nominaldan yuxarı qaldırmağa imkan verir. Burada əsas işçi dolağı (2p=8) vasitəsilə tezlik çeviricisinin köməyi ilə lövbər qurğusuna lazım olan nominaldan aşağı fırlanma sürətlərinin alınmasını və mühərrikin qısaqapanma rejiminin aradan götürülməsinin mümkün olmasını aydınlaşdırmaq.

Məlum olduğu kimi, bu tənziməmə üsulunda mühərrikin artıq yüklənmə qabiliyyətini (tənzimləmənin bütün pillələrində) sabit saxlamaq üçün mühərrikə verilən cərəyanın tezliyini dəyişdikdə, verilən gərginliyin də qiymətini dəyişmək lazımdır. Mühərrikin artıq yüklənmə qabiliyyəti o vaxt sabit olur ki, tənzim zamanı mühərrikin yaratdığı maksimal momentin ($M_{\max.i}$) nominal sürətdə yaranan maksimal momentə ($M_{\max.n}$) nisbəti mexanizmin yaradığı müqavimət momentinin nisbətində bərabər olsun:

$$\frac{M_{st.i}}{M_{st.n}} = \frac{M_{\max.i}}{M_{\max.n}} \quad (6)$$

Burada $M_{st.i}$, $M_{\max.i}$ – tənzim zamanı mexanizmin yaratdığı statik müqavimət momentinin və mühərrikin maksimal momentinin qiymətləridir.

$M_{st.n}$, $M_{\max.n}$ – statik müqavimət və mühərrikin maksimal momentinin nominal fırlanma sürətində qiymətləridir. Asinxron mühərrikin stator dolağının müqavimətini nəzərə almasaq onun maksimal (kritik) momenti bərabərdir:

$$M_{\max} = \frac{m_1 U_1^2}{2C_1 \omega_s X_q} = K \frac{U_1^2}{f_1^2} \quad (7)$$

Burada: $K = \frac{m_1 P^2}{8C_1 \pi^2 L_q}$ – sabit kəmiyyət, L_q - qısaqapanma induktivliyidir.

Elektrik intiqalının nəzəriyyəsi kursundan məlum olduğu kimi bir çox mexanizmlərin statik müqavimət momenti mexanizmə fırlanma hərəkəti verən mühərrikin bucaq sürətindən (ω) asılıdır:

$$M_{st} = M_0 + (M_n - M_0)^\alpha \quad (8)$$

Burada: M_0 – statik müqavimət momentinin bucaq sürətindən asılı olmayan hissəsi;

α - statik müqavimət momentinin bucaq sürətindən asılılığının dərəcəsini bildirən göstəricidir. Mexanizmlərin əsas hissəsi üçün $\alpha = 0 \div 2$

Əgər M_0 nəzərə almasaq (8) düsturunu aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$M_{st} = C\omega^\alpha = C_1 f_i^\alpha \quad (9)$$

Burada: C və C_1 - sabit kəmiyyətdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, lövbər qurğusunun statik müqavimət momenti bucaq sürətinin dəyişməsi zamanı sabit qalır. ($M_{st} = const$) və belə hal üçün $\alpha = 0$ olur. Yəni tənzim zamanı mühərrikə verilən gərginlik tezliklə mütənasib dəyişir. Onda yazıla bilər:

$$\frac{U_{li}}{U_n} = \frac{f_i}{f_n} \quad (10)$$

Buradan,

$$U_i = U_n \varphi_i \quad (11)$$

$\varphi_i = \frac{f_i}{f_n}$ - mühərrikə verilən cərəyanın tezliyinin dəyişməsinin nisbi qiymətidir.

Məlumdur ki, mühərrikə verilən cərəyanın tezliyi dəyişdikdə həmin mühərrikin stator dolağının yaratdığı sinxron bucaq sürəti (ω_c), mühərrikin induktiv müqaviməti X_q və bunların dəyişməsi ilə əlaqədar olaraq kritik sürüşmənin də qiyməti dəyişəcəkdir.

Satorun fırlanan maqnit seli
$$\omega_{cn} = \frac{2\pi f_n}{P}; \quad \omega_{cf} = \omega_{cn} \cdot \varphi \quad (12)$$

Mühərrikin qısa-qapanma reaktiv müqaviməti
$$X_q = X_{qn} \cdot \varphi \quad (13)$$

Kritik sürüşmənin dəyişən tezlikdə düsturu aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$S_{kr.f} = \pm \frac{C_1 r_2'}{\sqrt{r_1^2 + X_q^2 \cdot \varphi^2}} \quad (14)$$

Burada satorun müqaviməti $r_1 = 0$ qəbul edilərsə, hansı ki, tezliyin dəyişməsilə gərginliyin dəyişmə qanununun çıxarılmasında qəbul edilmişdir [4]:

$$S_{kr.f} = \pm \frac{C_1 r_2'}{\varphi X_q} = \frac{S_{kr}}{\varphi} \quad (15)$$

(15) düsturunu Kloss düsturunda (16) yerinə yazsaq, həmin düsturun yeni gərginlik və tezliyin dəyişməsi halı üçün ifadəsini alarıq:

$$M_f = \frac{2 \cdot M_{kr}}{\frac{s}{s_{kr}} + \frac{s_{kr}}{s}} \quad (16)$$

$$M_f = \frac{2 \cdot M_{kr}}{\frac{S \cdot \varphi}{s_{kr}} + \frac{s_{kr}}{S \cdot \varphi}} \quad (17)$$

Yuxarıda göstərilədiyi kimi (17) düsturundan istifadə edib MAP-622 tipli asinxron mühərrikinin işçi dolağı üçün tezliyin müxəlif qiymətlərində yaranan mexaniki xarakteristikalarını quraq. Tənzim etmə, tezliyi nominaldan başlayaraq azaltmaqla, gərginliyi isə nominal qiymətdə (380 V) saxlamaqla mühərrikin fırlanma sürətinin azaldılması istiqamətində aparılacaqdır.

Məlum olduğu kimi, asinxron mühərrikin maksimal (kritik) momenti gərginliyin kvadratı ilə düz, tezliyin kvadratı ilə tərs mütənasibdir. $M_{kr} \equiv \frac{U^2}{f^2}$. Buna görə də mexaniki xarakteristikaların qurulmasında tezliyin azaldılmış qiymətləri üçün yeni maksimal momenti hesablamaq lazım gəlir. Bu vəziyyətdə $M_{st} = const$ olduğu üçün fırlanma sürətinin azalması istiqamətindəki moment düsturundan istifadə ediləcəkdir. Həmin düsturda tezliyin müəyyən qiyməti üçün φ tapılır və φ -nin qiyməti düsturda sabit qalmaq şərtilə sürüşmənin (S) ayrı-ayrı qiymətləri (0-dan 1-ə kimi) üçün mühərrikin yaratdığı moment tapılır. φ -nin 1; 0,8; 0,7; 0,6 və 0,5 qiymətləri üçün aparılmış hesabın nəticəsi cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1

$U = U_n = 380 V$ $f = f_n = 50 \text{ Hz}$ $\varphi = \frac{f}{f_n} = 1$ $M_{\max 1} = 1233,6 \text{ Nm}$	S	0	0,05	0,1	0,3	0,4	0,48	0,6	0,7	0,8	1
	M_1 (Nm)	0	254	493	1111	1215	1293	1203	1152	1091	963
	n (d/dəq)	750	712	675	525	450	390	300	225	150	0
$U = U_n = 380 V$ $f = 0,8 \cdot f_n = 40 \text{ Hz}$ $\varphi = \frac{f}{f_n} = 0,8$ $M_{\max 2} = 1927,5 \text{ Nm}$	S	0	0,05	0,1	0,3	0,4	0,48	0,6	0,7	0,8	1
	M_2 (Nm)	0	319	625	1542	1784	1871	1927	1908	1853	1701
	n (d/dəq)	600	570	540	420	360	312	240	180	120	0
$U = U_n = 380 V$ $f = 0,7 \cdot f_n = 35 \text{ Hz}$ $\varphi = \frac{f}{f_n} = 0,7$ $M_{\max 3} = 2517,5 \text{ Nm}$	S	0	0,05	0,1	0,3	0,4	0,48	0,6	0,7	0,8	1
	M_3 (Nm)	0	363	719	1851	2237	2363	2504	2518	2488	2363
	n (d/dəq)	525	498	472	367	315	273	210	157	105	0
$U = U_n = 380 V$ $f = 0,6 \cdot f_n = 30 \text{ Hz}$ $\varphi = \frac{f}{f_n} = 0,6$ $M_{\max 4} = 3426,6 \text{ Nm}$	S	0	0,05	0,1	0,3	0,4	0,48	0,6	0,7	0,8	1
	M_4 (Nm)	0	426	843	2253	2741	2966	3294	3392	3426	3343
	n (d/dəq)	450	427	405	315	270	234	180	135	90	0

1. $U = U_n = 380 \text{ V}; f_n = 50 \text{ Hz}; \varphi = \frac{f}{f_n} = \frac{50}{50} = 1$

$$M_{kr1} = \frac{M_{kr \cdot n}}{\varphi^2} = \frac{1233,6}{1^2} = 1233,6 \text{ Nm}$$

$$M = \frac{2 \cdot M_{kr}}{\frac{S_2 \cdot \varphi}{S_{kr}} + \frac{S_{kr}}{S_2 \cdot \varphi}} = \frac{2 \cdot 1233,6}{\frac{S_2 \cdot 1}{0,48} + \frac{0,48}{S_2 \cdot 1}}$$

2. $U = U_n = 380 \text{ V}; f = 0,8 \cdot f_n = 0,8 \cdot 50 = 40 \text{ Hz}; \varphi = \frac{f}{f_n} = \frac{40}{50} = 0,8$

$$M_{kr2} = \frac{M_{kr \cdot n}}{\varphi^2} = \frac{1233,6}{0,8^2} = 1927,5 \text{ Nm}$$

$$M = \frac{2 \cdot M_{kr1}}{\frac{S_2 \cdot \varphi}{S_{kr}} + \frac{S_{kr}}{S_2 \cdot \varphi}} = \frac{2 \cdot 1927,5}{\frac{S_2 \cdot 0,8}{0,48} + \frac{0,48}{S_2 \cdot 0,8}}$$

3. $U = U_n = 380 \text{ V}; f = 0,7 \cdot f_n = 0,7 \cdot 50 = 35 \text{ Hz}; \varphi = \frac{f}{f_n} = \frac{35}{50} = 0,7$

$$M_{kr3} = \frac{M_{kr \cdot n}}{\varphi^2} = \frac{1233,6}{0,7^2} = 2517,5 \text{ Nm}$$

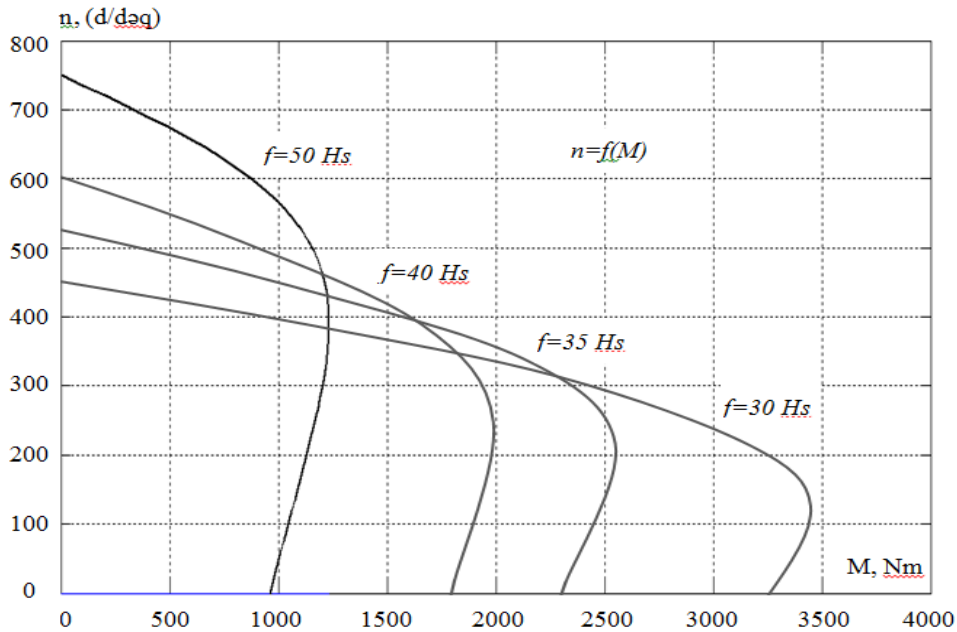
$$M = \frac{2 \cdot M_{kr1}}{\frac{S_2 \cdot \varphi}{S_{kr}} + \frac{S_{kr}}{S_2 \cdot \varphi}} = \frac{2 \cdot 2517,5}{\frac{S_2 \cdot 0,7}{0,48} + \frac{0,48}{S_2 \cdot 0,7}}$$

4. $U = U_n = 380 \text{ V}; f = 0,6 \cdot f_n = 0,6 \cdot 50 = 30 \text{ Hz}; \varphi = \frac{f}{f_n} = \frac{30}{50} = 0,6$

$$M_{kr4} = \frac{M_{kr-n}}{\varphi^2} = \frac{1233,6}{0,6^2} = 3426,6 \text{ Nm}$$

$$M = \frac{2 \cdot M_{kr1}}{\frac{S_2 \cdot \varphi}{S_{kr}} + \frac{S_{kr}}{S_2 \cdot \varphi}} = \frac{2 \cdot 3426,6}{\frac{0,48}{0,48} + \frac{0,48}{0,48}}$$

Cədvəl 1-ə əsasən MAP-4/8/16 tipli asinxron mühərrikinin orta sürət dolağının (2P=8) təbii mexaniki xarakteristikasının MATLAB proqramının Simulink bölməsində hesablanmışdır. Şəkil 2-də isə bu proqram vasitəsilə hesablanmış və $M_{st} = const$ şətinə uyğun olaraq tezliyin müxtəlif qiymətləri üçün (f=50, 40, 35 və 30 Hz) MAP 622-4/8/16 tipli asinxron mühərrikinin orta sürət dolağının mexaniki xarakteristikaları təsvir edilmişdir.



Şəkil 2. Tezliyin müxtəlif qiymətləri üçün (f=50, 40, 35 və 30 Hz) MAP 622-4/8/16 tipli asinxron mühərrikin orta sürət dolağının mexaniki xarakteristikaları

Cədvəl 1-dən və mexaniki xarakteristikadan (Şəkil 4) görüldüyü kimi, tezlik azaldıqca mühərrikin maksimal momenti artır. Məsələn, f=30 Hz oduqda $M_{max} = 3426,6 \text{ Nm}$, f=50 Hz olduğu zaman maksimal momentdən 2,77 dəfə çoxdur:

$$\frac{M_{max}(f = 30 \text{ Hz})}{M_{max}(f = 50 \text{ Hz})} = \frac{3426,6}{1233,6} = 2,77$$

Elektrik mühərrikinin dayandırılmadan lövbərin qruntdan qopması zamanı cərəyanın tezliyini müəyyən etmək üçün kiçik hesablama aparaq. Qopma qüvvəsinin qiyməti lövbərin qrunta ilişmə xarakterindən asılıdır və konkret hallarda çətin müəyyən olunur. Statistik tədqiqatlar ilə batmış Holl lövbərinin qruntdan qopma qüvvəsini onun ikiqat ağırlığına ($2G_L$) bərabər hesab etməyə imkan verir. Belə olduqda klüzdəki qopma qüvvəsini aşağıdakı kimi hesablamaq olar [1]:

$$F_{qop} = 0,87[2G_L + (G_L + qh)], \quad (23)$$

Burada: G_L – lövbərin çəkisi;

q – bir metr lövbər zəncirinin çəkisi;

h – lövbərdə dayanma yerin dərinliyi.

Misal olaraq göstərilmiş МАП 622-4/8/16 tipli elektrik mühərriki Azərbaycan Respublikasının “Gəncə” tipli tankerlərin lövbər qurğularının elektrik intiqalında quraşdırılıb.

Bu gəmilərdə lövbərin çəkisi: $G_L = 2500 \text{ kq}$.

Bir metr lövbər zəncirinin çəkisi: $q = 51,62 \text{ kq}$.

Lövbərdə dayanma yerinin dərinliyi: $h = 100 \text{ m}$ qəbul edirik.

Bu gəmilərdə klyuzda qopma qüvvəsi:

$$F_{qop} = 0,87[2G_L + (G_L + qh)] = 0,87[2 \cdot 2500 + (2500 + 51,62 \cdot 100)] = 0,87[500 + 7662] = 11016 \text{ kq} \text{ və ya } F_{qop} = 9,81 \cdot 11016 = 108067 \text{ N}$$

Lövbərin qurğusunun ulduzunda qopma qüvvəsi:

$$F_{uld} = \frac{F_{qop}}{\eta_{kl}} = \frac{108067}{0,7} = 154381 \text{ N}$$

Burada: η_{kl} – klyuzun f.i.ə.

Lövbərin qurğusunun elektrik mühərrikinin valındakı moment:

$$M_{el.müh} = \frac{F \cdot D_{ul}}{2 \cdot K \cdot \eta_{löv}}, \quad (24)$$

Burada: D_{ul} – lövbər ulduzunun diametri, $D_{ul} = 0,7 \text{ m}$.

$\eta_{löv}$ – lövbər qurğusunun reduktorla birgə f.i.ə. $\eta_{löv} = 0,65 \div 0,8$, $\eta_{löv} = 0,7$ qəbul edirik.

K – lövbər qurğusunun reduktorunun ötürücü sayı, $K = 80$.

$$M_{el.müh} = \frac{F \cdot D_{ul}}{2 \cdot K \cdot \eta_{löv}} = \frac{154381 \cdot 0,7}{2 \cdot 80 \cdot 0,7} = \frac{108067}{112} = 965 \text{ Nm}$$

Hesablamanın nəticəsindən görüldüyü kimi, lövbər qruntdan qopduğu zaman elektrik mühərrikinin nominal momentindən təqribən 2 dəfə çoxdur ($M_n = 514 \text{ Nm}$). Bundan əlavə, nəzərə alsaq lövbər qruntdan qopduğu zaman elektrik mühərrikinin qidalandıran kabeldə gərginlik itkisinin artması hesabına moment daha da azalacaq, çünki asinxron mühərrikinin momenti gərginliyin kvadratından asılıdır: $M_{A.M} \equiv U^2$.

Cədvəl 1-dən görüldüyü kimi, mühərriki dayandırmadan lövbərin qruntdan qopması cərəyanın tezliyinin 40 Hs olduğundan başlayaraq həyata keçirilə bilər. Bu zaman mühərrikin maksimal momenti 50 Hs-də olduğundan 1,56 dəfə artıqdır.

Nəticə. Aparılmış hesablamalar göstərdi ki, lövbər qurğusunun elektrik mühərrikinin idarə edilməsi üçün tezlik çeviricisindən istifadə olunanda, çeviricinin intiqala verdiyi üstünlüklərdən əlavə olaraq lövbəri dənizin dibindən qopardıqda elektrik mühərrikində yaranan qısaqapanma rejimini də aradan qaldırmaq olar.

Ədəbiyyat

1. Mehdiyev H. A, Həsənov Z. Ə, Şabanov T.H. Avtomatlaşdırılmış gəmi elektrik intiqalları. Bakı: Nurlan, 2005, 358 səh.
2. Судовые электроприводы. Справочник. Л. Судостроение. 1983, Т. II-384 с.
3. Mehdiyev H.A, Həsənov E.A. Avtomatlaşdırılmış lövbər-yanalma qurğularının sürətinin tənzim həddinin artırılması. //Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi əsərləri, Bakı.: 2003, səh. 59–63.
4. Sultanov E.F., Həsənov E.A. Gəmi lövbər qurğusunun elektrik intiqalının tezlik çeviricisi vasitəsilə idarə olunması, Energetikanın problemləri, Elm nəşriyyatı, Bakı, №3, 2014, səh. 65-77.
5. Чекунов К.А. Теория судового электропривода. Л.: Судостроение, 1982,382 с.

Təvsiyə edib: t.ü.f.d., dos. A.Ş.İsmayılov