

FRI-1.202-1-MR-01

STUDY OF THE WORK OF CONED ELECTRIC HOIST MOTOR BY NUMERICAL EXPERIMENT⁷

Assoc. Prof. Toni Uzunov, PhD

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies

University of Ruse "Angel Kanchev", Bulgaria

Phone: +359 82 888 239

E-mail: tuzunov@uni-ruse.bg

Assist. Prof. Iliia Todorov, PhD

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies

University of Ruse "Angel Kanchev", Bulgaria

Phone: +359 82 888 239

E-mail: itodorov@uni-ruse.bg

Abstract: *A program product for describing and examining dynamic processes, when a cone shaped electric hoist motor is switching on, is created by using definite mechanic- mathematical models. A juxtaposition of the numerical experiment results from the simulation in different backlashes in the brake and the results received by experiments, is made in the present work, to be proved the authenticity of the created mechanic- mathematical models.*

Keywords: *hoist electric motor, dynamic processes, modelling, numerical experiment.*

ВЪВЕДЕНИЕ

В световната практика електродвигателите, които се вграждат в телферите са с цилиндричен или конусен ротор. Използването на електродвигатели с конусен ротор и статор, въпреки по-скъпото им производство, е свързана с конструктивни удобства осигуряващи добра надеждност, компактност на възела двигател-спирачка, лесно обслужване и универсалност. При конусните електродвигатели съществено предимство е това, че спирачният момент на тяхната конусна спирачка при една и съща повърхнина на триене, еднакви средни радиуси и осева затваряща сила, е до 3 пъти по-голям в сравнение с този на дискова спирачка, вградена в електродвигатели с цилиндричен ротор.

Включването на телферен електродвигател с конусен ротор и статор е съпроводено с преместване на системата вал ротор-подвижен спирачен конус в осово направление, което е необходимо за изключване на спирачката. Движението на системата завършва след изминаване на път равен на хлабината в спирачката x_c с допирание в аксиална лагерна опора, като е съпроводено с удар. За изследване на динамичните процеси при включване на телферния двигател е определен закона на движение на системата в осово направление до удара (Uzunov, T. 2021^a), от който могат да бъдат определени началните условия на процеса на удара.

За описване динамичните процеси на системата по време на удара и след него са създадени механо-математични модели. На базата на определените модели, с помощта на програмен продукт *Matlab* е създадена програма за изследване на динамичните процеси, възникващи при включване на двигателя (Uzunov, T. 2021^{b,c}, 2022), (Uzunov, T., & I. Todorov. 2021).

⁷ Докладът е представен на Научната сесия на Секция „Ремонт и надеждност“ на 25 Октомври 2024 г. с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАБОТАТА НА ТЕЛФЕРЕН ЕЛЕКТРОДВИГАТЕЛ С КОНУСЕН РОТОР ЧРЕЗ ЧИСЛЕН ЕКСПЕРИМЕНТ.

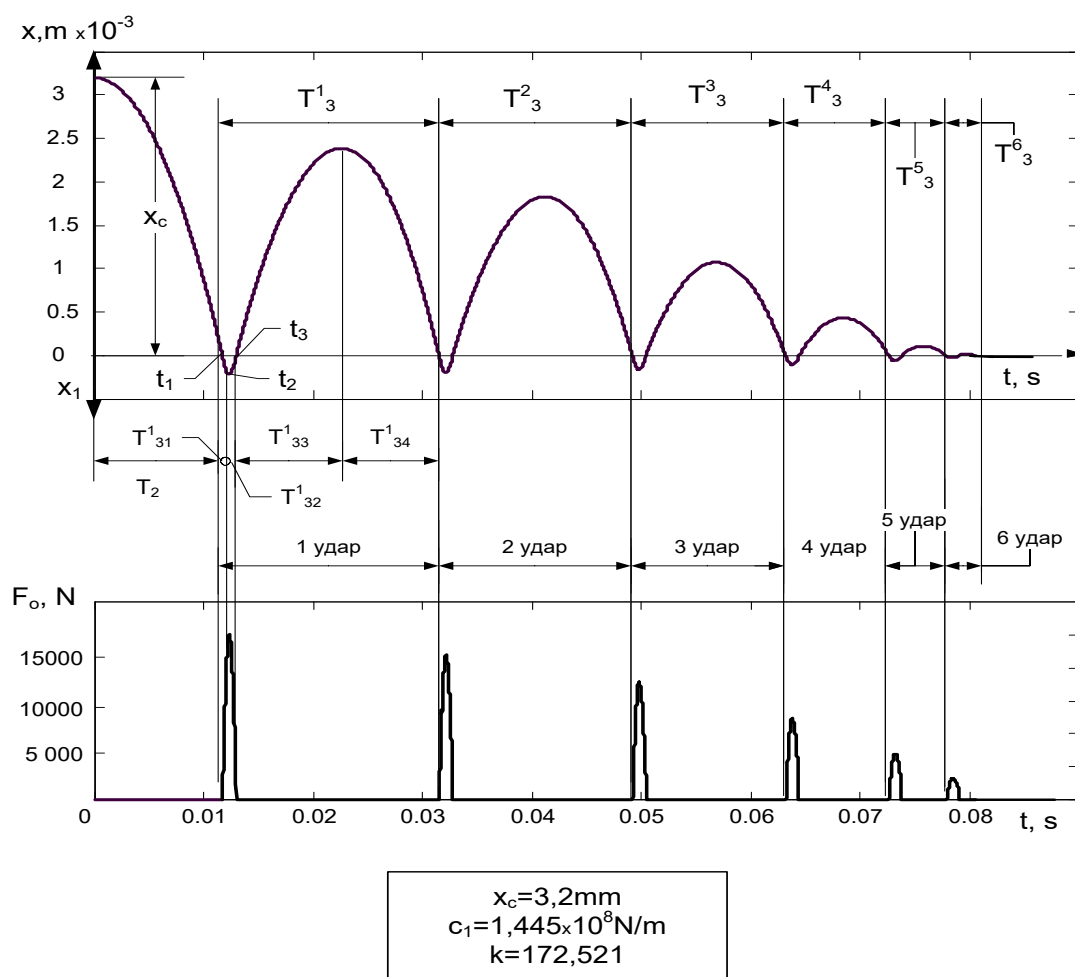
Целта на настоящата работа е да се извърши сравнителен анализ на характеристики на динамичните процеси, при включване на електродвигателя, с помощта на резултатите от числения експеримент от моделирането при различни хлабини в спирачката, с тези получени по опитен път, за да се докаже достоверността на създадените механо-математични модели.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Създадена е програма с възможност да се изобразяват графично осовото движение на подвижната система вал-ротор-подвижен спирачен конус, при включване на двигателя, и възникващите аксиални сили, в резултат на удар на подвижната система в аксиалната опора.

На фиг. 1 е показано получено чрез моделите графично изображение на осовото движение на подвижната система и осовите сили за съответните удари при хлабина в спирачката $x_c = 3,2 \text{ mm}$. В координатната система xOt е изобразено движението на системата в интервала $I_\tau = [0, T_2]$ при включване на двигателя, до допиране на вала до аксиалната опора, където движението е предизвикано под действие на разликата на силите $F_A - F_{\text{ПР}}$, където F_A е възникналата аксиална електромагнитна сила при включване на двигателя, а $F_{\text{ПР}}$ – силата на свитата пружина. В координатната система x_1Ot е показана деформацията в осово направление на еластичната система в процеса на първия ($n=1$) и следващите го удари в интервалите $I_\tau = [0, T_{31}^n]$ и $I_\tau = [0, T_{32}^n]$, $n=1, 2, 3 \dots 6$. Отново в координатна система xOt е изобразено движението на „отскочилата“ система вал-ротор-подвижен конус в интервалите $I_\tau = [0, T_{33}^n]$ и $I_\tau = [0, T_{34}^n]$.

В координатната система F_0t са показани аксиалните сили на системата вал-ротор-конус. В момента t_1 на допиране на вала до аксиалната опора възниква инерционна подвижна сила, която достига максимума си в момента t_2 и изчезва в момента t_3 , в който системата е

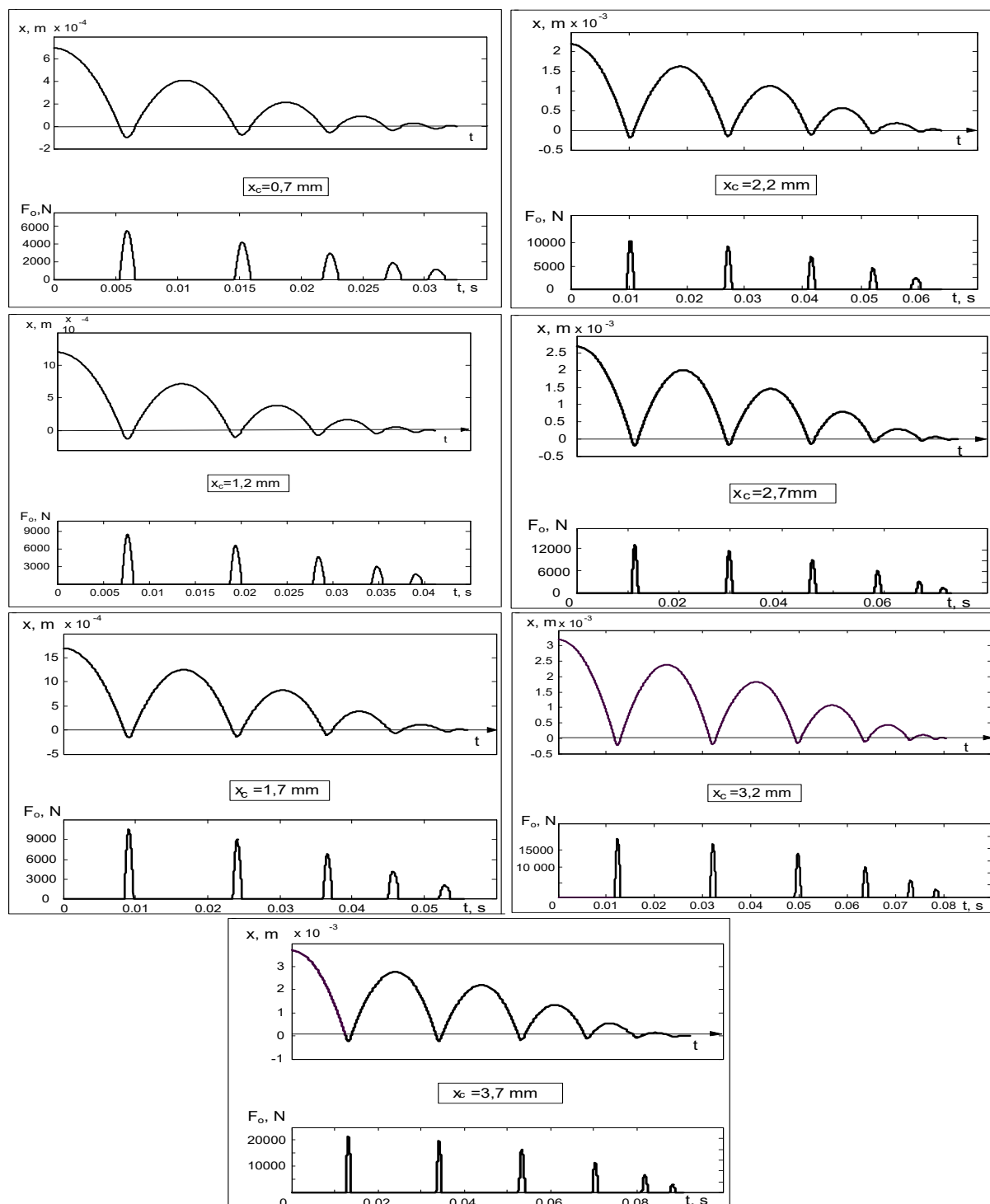


Фиг. 1. Динамични процеси при включване на двигателя

„отскочи“ от лагерната опора. Максимумът на възникващите сили е изчислен с помощта на зависимостта

$$F_{H \max} = x_{l \max} \cdot c_l, \quad (1)$$

където $x_{l \max}$ е максималната деформация на еластичната система, m , а c_l - коефициентът на коравина на еластичната система, N/m .



Фиг. 2. Графични изображения на осовото движение на системата вал-ротор-подвижен спирачен конус и осовите удари при различни експлоатационни хлабини в спирачката.

Достоверността на определените модели се проверява чрез сравняване на изчислените $F_{I\max}$ с опитните резултати $F_{o\max}$ за максималната амплитуда на осовата сила и броя удари.

Освен това се сравняват опитно получените псевдопериоди T_3 с изчислените T_3^l , на първия удар за различните хлабини в спирачката, тъй като тяхната продължителност е най-голяма в сравнение с останалите псевдопериоди на следващите удари. Сравняват се стойностите на изчисленото и опитно определеното време за възникване на първия удар T_2 , а също и продължителността на времето за затихване на ударите T_{Π} , определено опитно с изчисленото $T_{\Pi u}$, което се намира по зависимостта

$$T_{\Pi u} = T_2 + \sum_{q=1}^n T_3^q, \quad (2)$$

където T_3^q е продължителността на q -тия псевдопериод на ударите.

На фиг. 2 са дадени графични изображения на осовото движение и осовите удари на системата за целия диапазон от експлоатационни хлабини в спирачката.

Съпоставянето на резултатите от моделните и опитните изследвания и процентната разлика е дадено в табл. 1.

Таблица 1. Резултати от моделните и опитните изследвания

x_c <i>mm</i>	$F_{o\max}$ <i>N</i>	$F_{I\max}$ <i>N</i>	Раз- лика %	T_2, ms		Разли- ка %	T_3 <i>ms</i>	T_3^l <i>ms</i>	Раз- лика %	T_{Π} <i>ms</i>	$T_{\Pi u}$ <i>ms</i>	Раз- лика %	Брой удари	
				Опитно опреде- лено	Изчис- лено								Опитно полу- чени	Изчис- лени
0,7	6804	5946	-1,44	5,4	5,22	-3,46	9,58	10,08	+4,96	31,61	33,34	+5,21	4	5
1,2	8442	8064	-4,68	7,1	6,84	-3,81	13,17	13,82	+4,71	40,54	42,98	+5,68	4	5
1,7	10747	10253	-4,82	8,2	8,19	-0,12	15,14	15,91	+4,84	51,06	53,84	+5,16	5	5
2,2	13042	12582	-3,65	9,5	9,23	-2,92	16,69	17,54	+4,86	60,67	62,51	+2,93	5	5
2,7	14350	14987	+4,25	10,5	10,18	-3,14	18,39	18,96	+3,00	75,25	73,96	-1,74	6	6
3,2	16744	17531	+4,49	11,2	11,16	-0,36	19,55	20,22	+3,31	84,07	82,64	-1,73	6	6
3,7	19560	20112	+2,74	12,5	11,95	-4,78	21,16	21,38	+1,03	94,31	89,88	-4,93	6	6

При сравняване на максималните стойности на амплитудите на осовата сила, времето до първия удар и времетраенето на първия псевдопериод е констатирано, че относителните разлики варират в границите на $\pm 5 \%$, което означава, че създадените механо-математични модели достатъчно точно описват съответните процеси. Освен това малката относителна разлика е критерий и за достатъчна точност при определяне на механичните параметри на елементите на системата вал-подвижни-неподвижни опори.

При сравняване на времената на затихване на ударите се наблюдават по-съществени разлики между изчислените и опитните стойности при хлабини в спирачката до $1,7 \text{ mm}$. Това се дължи на сложността на разкриване на всички източници на диипативни сили, на неточността при определянето им и на тяхното непостоянство, както и на наличието на сложни електромеханични процеси, протичащи при включване на електродвигателя, които не са напълно обхванати от създадените механо-математични модели.

Несъответствие се наблюдава и при броя удари, които извършва системата. Това е резултат на сложността на описване на процесите по време на деформиране и възстановяване на еластичната система, които не са отчетени напълно в уравненията, описващи движението на системата по време на ударите съответно в интервалите $[0, T_{31}^n]$ и $[0, T_{32}^n]$. В резултат, скоростта на отделяне на подвижната от еластичната система е по-голяма и следователно

времето $[T_{33}^n + T_{34}^n]$ през което системата е „отскочила” е по-голямо. Оттук началната скорост на следващия удар, ще бъде по-голяма, с което се предизвикват и повече на брой удари.

По-големият брой удари, които извършва отскачилата система, изчислени чрез моделите, не оказват съществено влияние върху силовото натоварване на елементите на двигателя, тъй като амплитудата на последните удари е няколко пъти по-малка в сравнение с максималната.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Моделите, които описват осовото движение на системата вал-ротор-подвижен спирачен конус до и след удара при включването на двигателя са достатъчно достоверни и могат да се използват за изчисляване на максималните осови сили.

2. Получените резултати от числените експерименти с предложените модели могат да се използват за изследване влиянието на коравината и коефициентът на затихване на еластичната система върху динамичните процеси и да послужат за динамично усъвършенстване и оптимизация на телферните електродвигатели.

3. Елементите на двигателя се натоварват с големи аксиални сили, които ще повлияят на тяхната якост основно, през първия псевдопериод.

REFERENCES

Uzunov, T. (2022). *Modeling of dynamic processes when a cone shaped electric hoist motor is established to wor.* Paper presented at the XIX International Scientific Congress Machines. Technologies. Materials, Bulgaria, Vol. 1, pp. 32-34.

Uzunov, T. (2021)^a. *Investigation of the axial movement of the rotor when switching on a conical hoist electric motor.* Paper presented at the IX International Scientific Conference Technics. Technologies. Education. Safety. 07-10.06.2021, vol. 1, pp.11-13, Borovets, Bulgaria.

Uzunov, T. (2021)^b. *Investigation of the influence of the gap between the rotor and the stator of a conical telfer motor on the axial electromagnetic force.* Paper presented at the IX International Scientific Conference Technics. Technologies. Education. Safety. 07-10.06.2021, vol. 1, pp.25-27, Borovets, Bulgaria.

Uzunov, T. (2021)^c. *Modeling of dynamic processes when starting a electric hoist motor.* Paper presented at the Proceedings of University of Ruse - 2021, volume 60, book 1.1., pp. 69-74.

Uzunov, T., & I. Todorov. (2021). *Theoretical investigation of the dynamic loading of a lifting mechanism.* Paper presented at the AIP Conference Proceedings Transport, Ecology - Sustainable Development EKO Varna, Vol. 2439, s. 1, pp. 020025-1–020025-6.

БЛАГОДАРНОСТИ

Докладът отразява резултати от работата по проект № 24-ФАИ-02, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.