

UOT 66-8

## PYEZOELEKTRİK ADDIM MÜHƏRRİKİNİN GÜC XARAKTERİSTİKALARININ YAXŞILAŞDIRILMASI

ABDULOVA AYTƏN GÜLAĞA qızı

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, dissertant

[aytenabdulovago@gmail.com](mailto:aytenabdulovago@gmail.com)

*Açar sözlər:* pyezoelektrik mühərrik, addım mühərriki, mexaniki güc, elektromexaniki güc

Elm və texnikada miniaturlaşdırma tendensiyası daha çox submikron dəqiqliklə manipulyasiyalar üçün imkanları tələb edir. Mikro və nano manipulyasiya üçün, kiçik ölçülü və ultra yüksək dəqiqlikli yerləşdirmə və manipulyasiya cihazlarına olan tələbat zamanla artmaqdadır. [1]

Pyezoelektrik addım mühərrikləri son onilliklər ərzində tibbi alətlər və elektronika, məişət texnikası kimi sahələrdə geniş şəkildə istifadə edilir və uğurla tətbiq olunur. Buna əsas yüksək sürət, sürətli cavab, səssiz işləmə, kompakt ölçüsü və s. üstün xüsusiyyətlərə malik olmasıdır. [2] Pyezoelektrik mühərriklər məhz pyezoelektrik effektinin kiçik ölçüsünə görə yüksək dəqiq yerləşdirməni təmin edir. Ətalətli pyezoelektrik mühərrikləri ilk olaraq 1980-ci illərin ortalarında laboratoriyada yerləşdirmə tətbiqləri üçün hazırlanmış, son illərdə isə miniatur texnikada geniş tətbiq olunmağa başlamışdır. Ətalətli pyezoelektrik mühərriklərin arasında xüsusi olaraq addım mühərriklərinin tədqiqatının aparılması nanoyerdəyişmələr (mikroaddım rejiminin istifadəsi) tətbiq olunan mühərriklərdə, yüksək dəqiq nəticələrin alınması, minimal xətalərin olması və asan istifadəyə malik olmasıdır.

Ətalətli pyezoelektrik addım mühərriklərinin sadələşdirilməsinə əsas verən səbəb vahid bir signal tərəfindən idarə olunmaya malik olmasıdır. Bu mühərriklərdə qəfəs manipulyasiyası və mikro və ya nanoyerdəyişmələr zamanı aşağı güc tətbiq olunur. [3, 4, 5] Zhang et al. tərəfindən 2012-ci ildə ətalətli pyezoelektrik mühərrikləri haqqında ilk olaraq ədəbiyyatda təsvir olunan mühərriklərin geniş təfərrüatları verilmiş, müxtəlif mühərriklərin strukturu və funksional prinsipləri ətraflı izah olunmuş və bəzi performans məlumatları konspektləşdirilmişdir. Lakin yüksək tezliklərdə fəaliyyət göstərən ətalətli pyezoelektrik mühərriklər haqqında tam araşdırmalar aparılmaması bu mühərriklərin müxtəlif aspektləri daha geniş tədqiqatına əsas vermişdir. [5] Belə ki, mövcud pyezoelektrik addım mühərriklərinin işləməsi zamanı - mühərrikin ani yüklənmədən sonra sürət yığılmasına zaman sərf olunması, işləmə rejimi dayananda işçi vəziyyətini tam bərpa edə bilməməsi, eyni ölçü və parametrlərə malik müxtəlif növ addım mühərrikləri ilə müqayisədə verilən gücün aşağı olması, onların məhz güc xarakteristikalarının yaxşılaşdırılmasına zəmin yaratmışdır. Belə ki, mühərriki həddindən artıq yüklənmə olmadan, parametrlərinə uyğun olaraq işləməsi üçün gücün qiymətini bilmək vacib amillərdəndir.

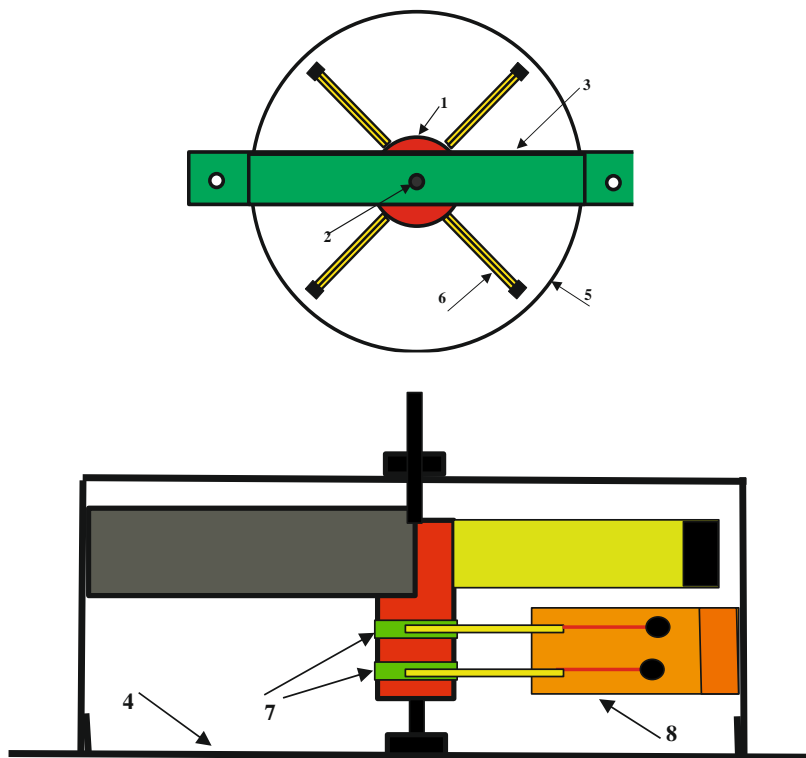
**Həll üsulları.** Ətalətli pyezoelektrik addım mühərriki (ƏPAM) öz konstruksiyasında sürtünmə yaradan hissələrə malik olmayan, etibarlılığı və istismar müddəti olduqca yüksək olan bir mühərrikdir. ƏPAM konstruksiyası aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir (Şəkil).

Ətalətli pyezoelektrik addım mühərriki üçün ümumi güc aşağıdakı ifadədən tapılır:

$$P_E = P_{E1} + P_{E2} \quad (1)$$

Mühərrikin valındakı mexaniki güc iki üsulla qiymətləndirilə bilər

1. Elektromexaniki əlaqə əmsalı ilə  $K_{EM}$
2. Pyezoelektrik hərəkətvericinin işçi vəziyyətinin moment və qüvvəsi ilə



**Şəkil.** Ətalətli pyzeoelektrik addım mühərriki.

Burada : 1 - rotorun gövdəsi; 2 – çıxış valı; 3 – baza armaturası; 4 – podşipnik; 5 – mühafizə üzüyü (baza armaturasının hissəsi); 6 - pyzokeramik nakladkalar; 7 – kollektor; 8 – kollektorun fırçasının quruluşu [6,7,8,9].

Mexaniki güc ( $P_M$ ) birinci üsul ilə aşağıdakı ifadə ilə müəyyən olunur [6,7,8]:

$$P_M = P_E * (K_{EM})^2 \quad (2)$$

$$K_{EM} = \sqrt{\frac{W_M}{W_E}} \quad (3)$$

Burada  $W_E$  – sərf olunan elektrik enerjisi;  $W_M$  – mexaniki enerji.

İTC -19 materialı üçün bu əmsal  $K_{EM} = 0,31$ ; o halda  $P_M = 0,096 * P_E$ .

Ani mexaniki enerji iki hissədən ibarətdir:

$$W_M(t) = W_1(t) + W_2(t) \quad (4)$$

$W_1(t)$  – hərəkət rejiminin enerjisinin ani qiyməti,  $W_2(t)$  – BL (hərəkətverici) sərbəst hərəkət enerjisinin ani qiyməti. Bu halda:

$$W_1(t) = F_E(t) * \Delta_{MR}(t) = K_1 * K_{N1} * t * K_2 * K_{N1} * t = K_1 * K_2 * (K_{N1})^2 * t^2 \quad (5)$$

$$W_2(t) = F_E(t) * \Delta_{ST}(t) = K_1 * K_{N1} * \Delta_{max} * e^{-\frac{t}{(2*\tau)}} * \sin\left(\frac{\sqrt{3}*t}{(2*\tau)}\right) * t \quad (6)$$

Burada: BL zamandan asılı olaraq sərbəst yerdəyişmələrini müəyyən etmək üçün:

$$\Delta(t) = \Delta_{MR}(t) + \Delta_{SR}(t) \quad (7)$$

burada:  $\Delta_{MR}$  – məcburi rejimin yerdəyişməsinin toplananı;  $\Delta_{ST}$  – sərbəst rəqslərin yerdəyişməsinin toplananı. Buradan  $\Delta_{MR}$  və  $\Delta_{SR}$  aşağıdakı ifadələrdən tapılır [7,8]:

$$\Delta_{MR}(t) = \frac{F_E(t)}{K_J} \quad (8)$$

$$\Delta_{ST}(t) = \Delta_{max} * e^{-\frac{t}{(2*\tau)}} * \sin\left(\frac{\sqrt{3}*t}{(2*\tau)}\right), \quad (9)$$

Burada,  $F_E$  – BL elektrik sahəsinin qüvvəsi,  $\tau = T_M$  – BL mexaniki hissəsinin sabit vaxtı.

$$\Delta_{MR}(t) = \frac{3,3 \cdot 10^{-12} \cdot \varepsilon^2 \cdot E_p \cdot U(t)}{(l_3^2 \cdot E_Y)} = K \cdot U(t), \quad (10)$$

$E_Y$  - yunq modulu,  $K$  – mütənasiblik əmsalı;  $l_3$  – bimorf lövhənin birinin qalınlığı, (m);  $\varepsilon$  – pyezokeramikanın nisbi dielektrik keçiciliyi;  $E_p$  – pyezokeramikanın polyarlaşmasının elektrik sahəsinin gərginliyi, (v/m) [10].

Əgər  $U(t) = K_{N1} \cdot t$  olarsa, onda:

$$\Delta_{MR}(t) = K_2 \cdot K_{N1} \cdot t \quad (11)$$

İşçi və qayıtma zamanında mexaniki güc müvafiq olaraq:  $P_{M1} = \frac{W1}{t_p}$ ,  $P_{M2} = \frac{W2}{t_o}$

ƏPAM valı üçün ümumi mexaniki güc:

$$P_M = P_{M1} + P_{M2} \quad (12)$$

ƏPAM üçün faydalı iş əmsalı aşağıdakı ifadədən tapılır:

$$\eta = \frac{P_M}{P_E} \quad (13)$$

**Nəticə.** Düsturlardan göründüyü kimi, ətalətli pyzelektrik addım mühərriklərin gücünün yaxşılaşdırılması üçün kifayət qədər resurs var. Onlardan istifadə etməklə ƏPAM yüksək effektivli, işləmə sürəti və mövcud qabarit ölçüləri saxlamaqla, gücünü artırmaq olar.

### ƏDƏBİYYAT

1. Weiting L., Maoying Zh., Xiaodong R., Xin Fua. Non-smooth model and numerical analysis of a friction driven structure for piezoelectric motors // Preprint submitted to International Journal of Non-Linear Mechanics. October 21, 2018.
2. Worn H., Schmoedel F., Buerkle, A., Samitier J., Puig-Vidal, M., Johansson S., Simu U., Meyer J.U., Biehl M. From Decimeter- to Centimeter-Sized Mobile Microrobots–The Development of the MINIMAN System. Proc. SPIE. 4568,2001, pp.175–186
3. Eglin M., Eriksson M.A., Carpick R.W. Microparticle Manipulation Using Inertial Forces. Appl. Phys. Lett. 2006, p.88
4. Matthias Hunstig Piezoelectric Inertia Motors: A Critical Review of History, Concepts, Design, Applications, and Perspectives. Actuators 2017, 6, 7; 35 p.
5. Zhang, Z.M.; An, Q.; Li, J.W.; Zhang, W.J. Piezoelectric Friction–Inertia Actuator// A Critical Review and Future Perspective. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2012, 62, pp.669–685
6. МамедовР.К., ЯкубовР.А. Пьезоэлектрические шаговые двигатели. Баку: АГНА, 2014.
7. ДжагуповР.Г., ЕрофееваА.А. Пьезоэлектрические элементы в приборостроении и автоматике. Л.: Машиностроение, 1988, 252 с.
8. Лавриненко В.В., Карташов И.А., Вишневский В.С.: Пьезоэлектрические двигатели, М.: Энергия, 1980, 112 с.
9. Abdulova A.G. Ətalətli pyzelektrik addım mühərriki üçün güc xarakteristikalarının tədqiqi / Gənc tədqiqatçıların II Respublika elmi konfransı. Bakı, 2019.
10. Петренко С.Ф. Пьезоэлектрический двигатель в приборостроении. Киев: Корнейчук, 2002, 100 с.

### РЕЗЮМЕ

#### УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МОЩНОСТИ ИНЕРЦИОННОГО ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

*Абдулова А.Г.*

**Ключевые слова:** *пьезоэлектрический двигатель, шаговый двигатель, механическая мощность, электромеханическая мощность*

Характеристики определяются путем расчета электромеханических и механических мощностей двигателя. Изучением мгновенных значений энергии свободного движения ВЛ (движущихся) при мгновенном значении электрической и механической энергии, используемой во время работы

двигателей, и мгновенной энергии режима движения, была найдена мощность ИПШД и КПД двигателя. Как видно из формул, так называемый пьезоэлектрический шаг имеет достаточно ресурсов для улучшения мощности двигателей. Используя их, инерционный пьезоэлектрический шаговый двигатель может увеличить мощность, сохраняя высокую эффективность, скорость обработки и доступные габаритные размеры

**SUMMARY**  
**IMPROVEMENT OF POWER CHARACTERISTICS OF THE INERTIAL**  
**PIEZOELECTRIC STEPPING MOTOR**

*Abdulova A.G.*

**Key words:** *piezoelectric engine, step engine, mechanical power, electromechanical power*

The power characteristics are determined by calculating the electromechanical and mechanical powers of the motor. The study of the instantaneous values of the BL (moving) free movement energy at the instantaneous price of the electrical and mechanical energy, as well as the energy of the motion mode, were found power of IPSM and efficiency of the motor. As can be seen from the formulas, the so-called piezoelectric step has enough resources to improve the power of the engines. Using them, an inertial piezoelectric stepper motor can increase power while maintaining high efficiency, processing speed, and available overall dimensions.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	07.05.2019
	Son variant	27.01.2020