

POMPE SOLARE CU ACȚIONARE ELECTROMAGNETICĂ

Ismail Abdel Wahhab

Universitatea Tehnică a Moldovei, doctorand, Facultatea Energetică

INTRODUCERE

Noțiunea de **pompă solară**, în franceză - **pompe solaire** sau **pompe au fil du soleil**, în engleză – **solar pump**, a apărut la mijlocul anilor '80 ai veacului trecut odată cu începutul aplicațiilor terestre a electricității fotovoltaice (PV) și se referă la pompele electrice ca parte componentă a unui sistem PV de pompare. Prin adăugarea adjectivului "solar" se pune accentul pe unele caracteristici tehnice pe care trebuie să le asigure pompa, indiferent de tipul acesteia. Din acest punct de vedere, pompele solare trebuie să aibă un randament mai mare și o pornire facilă. O pompă solară cu astfel de caracteristici tehnice va conduce la micșorarea puterii instalate a modului PV și micșorarea investițiilor inițiale.

Pompele centrifuge au cuplul de pornire mic și invers, pompele volumetrice sau cu piston – mare. Totuși, randamentul pompei cu piston este mai mare în comparație cu pompa centrifugă și nu variază cu viteza. Acest aspect este un handicap pentru sistemele PV de pompare pentru că viteza motorului variază pe parcursul zilei și pompa centrifugă foarte rar va funcționa la randament optimal. Deci, randamentul și cuplul de pornire pentru pompele solare uzuale – centrifugă sau cu piston – sunt în contradicție: randament mai mic și cuplu de pornire mic (pornire facilă) pentru pompa centrifugă; randament mai mare și cuplu de pornire mare (pornire dificilă) pentru pompa cu piston.

Există o variantă alternativă de pompă solară – pompa cu organ de lucru elastic și acționare electromagnetica - și care îmbină avantajul pompei centrifuge (pornire facilă) și avantajul pompei cu piston (randament mare). Aceste pompe asigură debite între 0,5 – 1,5 m³/h și înălțimi manometrice totale (Î.M.T.) de până la 100 m. Anume în acest segment, avantajele pompei cu acționare electromagnetica sunt mai evidențiate. În condițiile climaterice ale Moldovei o astfel de pompă poate pompa într-o zi solară până la 15 m³ de apă de la adâncimea de 25 m.

În literatura de specialitate problema utilizării pompei cu acționare electromagnetica în calitate de

pompă solară este puțin reflectată. În prezenta lucrare se analizează două construcții noi de pompe cu acționare electromagnetica. Prima are în comparație cu cea tradițională un randament mai mare, a doua - dezvoltă o presiune de circa două ori mai mare, o compensare aproape totală a vibrațiilor corpului și o diminuare semnificativă a zgomotului produs.

1. POMPĂ CU ACȚIONARE ELECTROMAGNETICĂ DE TIP U-I

Toate pompele de construcție tradițională au circuit magnetic de tip U – I. O astfel de pompă este prezentată în figura 1.

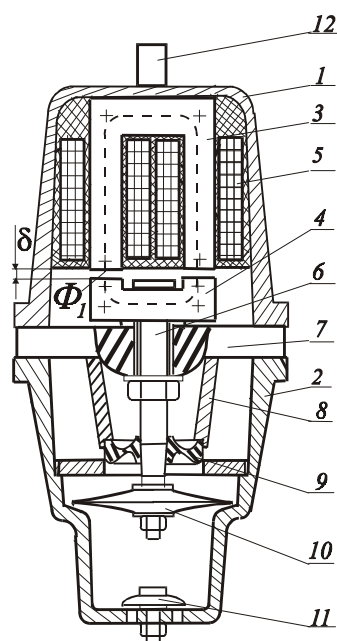


Figura 1. Pompă cu acționare electromagnetica de tip U - I. 1 – corpul electromagnetului; 2 – corpul pompei; 3 – armătură fixă; 4 – armătură mobilă; 5 – înfășurarea electromagnetului; 6 – tijă; 7 – suspensie; 8 – corpul camerei intermediare; 9 – membrană; 10 – organ de lucru elastic; 11 – supapa de admisie; 12 – conducta de refulare.

Dezavantajul principal al acestei construcții constă în folosirea nerațională a circuitului magnetic de forma U-I al electromagnetului de acționare.

Pentru debitul Q și Î.M.T. H specificate în caietul de sarcină, pompa se proiectează astfel ca diametrul exterior să fie mai mic decât diametrul standardizat al țevii utilizate în construcția fântânei

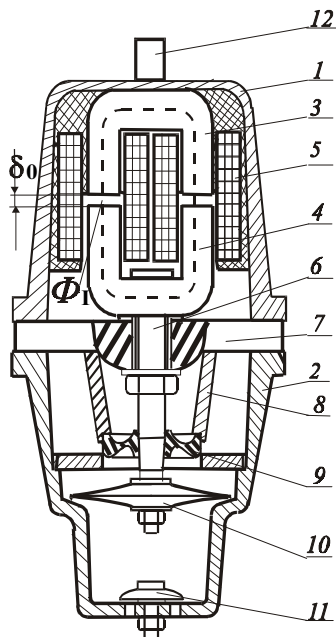


Figura 2. Pompă cu acționare electromagnetică de tip U – U. Cifrele au aceeași semnificație ca și în figura 1.

arteziene. Aceasta impune constructorul să proiecteze armătura fixă 3 a electromagnetului cu o distanță relativ mică între coloane, ceea ce conduce la o dispersare mare a câmpului magnetic între ele.

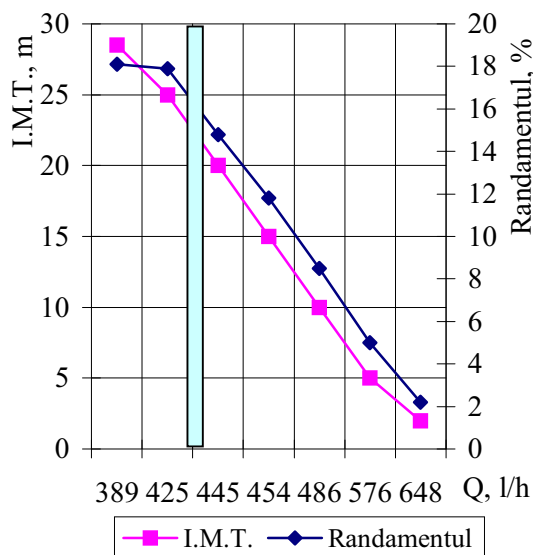


Figura 3. Caracteristicile pompei cu acționare electromagnetică tip U – I.

Studiile teoretice și experimentale efectuate în [1,2] au demonstrat că pentru lungimea uzuală a întrefierului δ_0 (vezi figura 1) de 5 – 6 mm

raportul dintre fluxul magnetic în jugul electromagnetului și fluxul magnetic util din întrefier este 2 și deci circa 50 % din flux se dispersează între coloane. În consecință, se micșorează randamentul electromagnetului, deci și a pompei, cresc cheltuielile de materiale active: oțel electrotehnic și cupru.

2. POMPĂ CU ACȚIONARE ELECTROMAGNETICĂ DE TIP U-U

În [3] a fost propusă o nouă construcție a pompei în care circuitul magnetic este de tip U – U, figura 2. În construcția pompei s-a schimbat numai forma circuitului magnetic. Aceasta a condus la micșorarea lungimii coloanelor armăturii fixe 3 și mobile 4 și la micșorarea fluxului de dispersie de circa două ori. Fluxul util din întrefier Φ_I crește și va crește forța electromagnetică care este proporțională cu pătratul fluxului în întrefier. În condiția păstrării debitului și Î.M.T. constante pot fi micșorate cheltuielile de oțel și cupru. Pentru o pompă solară este rațional să menținem cheltuielile de oțel și cupru la același nivel, în schimb, va crește randamentul.

În figura 3 sunt prezentate caracteristicile principale ale pompei cu acționare electromagnetică tip U – I, în figura 4 - cu acționare electromagnetică tip U – U, alimentată de la un modul PV cu puterea 150 W_c. Constatăm

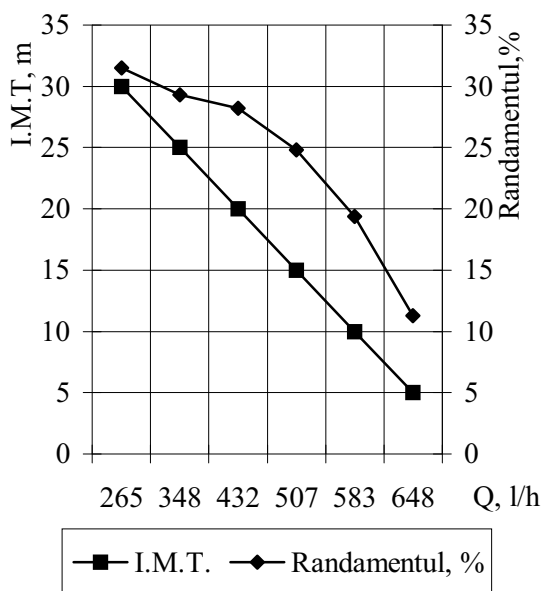


Figura 4. Caracteristicile pompei cu acționare electromagnetică tip U – U.

că în zona nominală de funcționare, Î.M.T. = 20 – 25 m, $Q = 425-450$ l/h, randamentul pompei

solare (tip U-U) este 29 %, iar a pompei de construcție tradițională (tip U-I) nu depășește 16 %. Pompa tip U-I absoarbe din rețea 165 W, respectiv 84 W – pompa tip U-U. Deci, în cazul utilizării pompei U-U va fi nevoie de un modul solar cu o putere de 150 W_c , iar în cazul pompei U-I puterea necesară a modului va fi de circa 300 W_c . În consecință, investițiile în cazul folosirii pompei tip U –I într-un sistem solar de pompare vor fi de circa două ori mai mari.

3. MICȘĂRAREA VIBRAȚIILOR, ZGOMOTULUI ȘI MAJORAREA Î.M.T. A POMPEI CU ACȚIONARE ELECTROMAGNETICĂ

Dezavantajele pompei cu acționare electromagnetică sunt vibrația corpului și presiunea mică dezvoltată în camera de lucru ceea ce conduce la micșorarea fiabilității și a înălțimii de pompare care nu depășește 60 m. Vibrația corpului apare ca o reacție la vibrația armăturii mobile și deplasării centrului de greutate a pompei, provoacă zgomot, contribuie la ruperea cablului de alimentare și a conductei care unește pompa cu rezervorul de apă. Totodată, în zonele aride, inclusiv în Iordania sunt necesare pompe solare de mic debit care asigură Î.M.T. de circa o 100 m.

Aceste dezavantaje ale pompei cu vibrator electromagnetic au fost semnificativ diminuate în construcția cu două trepte la realizarea căreia a participat și autorul prezentei lucrări (figura 4).

Pompa funcționează în felul următor. În condiția că pompa este scufundată într-un lichid oarecare, ultimul pătrunde prin supapa 24, canalul 8 și supapa 11 în camerele de lucru 2 și 10 (vezi liniile cu săgeți). Dacă bobinele 3, 7, 16 și 19 se alimentează cu curent alternativ, se creează fluxul magnetic 25 care se înlanțuie prin armătura mobilă 15, întrefierul 17 și miezul feromagnetic 5 și fluxul magnetic 26 care se înlanțuie prin armătura mobilă 20, întrefierul 18 și miezul feromagnetic 4. Sub acțiunea forțelor electromagnetice armăturile mobile 15 și 20 oscilează concomitent cu frecvență dublă față de cea de alimentare. La deplasează armăturilor mobile 15 și 20 de la miezurile feromagnetice 4 și 5 supapele de admisie 11 și 24 se închid, lichidul din camera 2 este răspsins de organul de lucru 23 spre camera de lucru 10, iar organul de lucru 23 răspsinge lichidul spre ștuțul de acuarie 12. La deplasează armăturilor mobile 15 și 20 spre miezurile feromagnetice 4 și 5 supapele admisie 11 și 24 se deschid, lichidul din mediul

înconjurător pătrunde în camera de lucru 2 și ciclul se repetă. Deoarece lichidul nu se comprimă,

mișcarea armăturilor mobile 15 și 20, tijelor 14 și

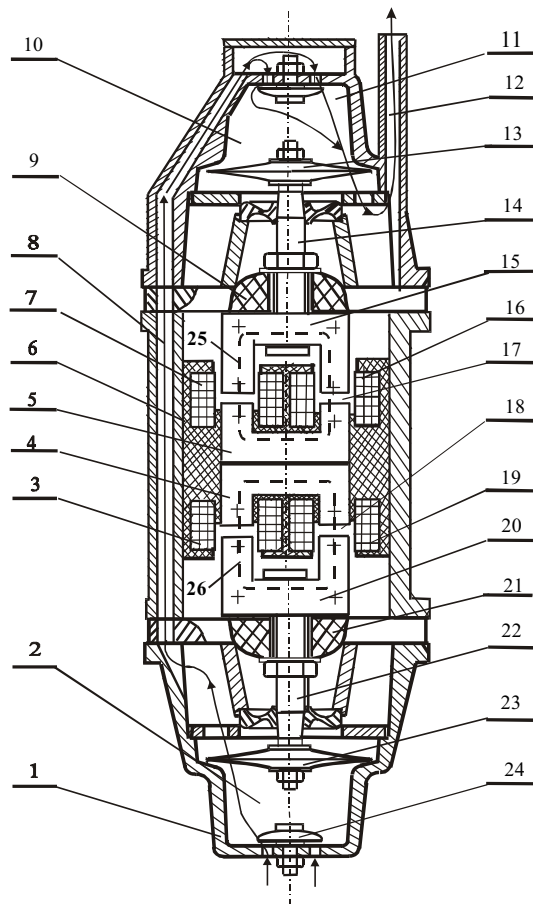


Figura 4. Pompă cu acționare electromagnetică și două trepte. 1 – corp; 2,10 – camere de lucru; 3,7,16,19 – bobinele electromagnetului; 4,5 - miezuri feromagnetice; 6 – rășină pentru impregnare; 8 – canal ;9,21 – suspensii; 11, 24 – supape de admisie; 12 – ștuț de evacuare; 13,23 – organe de lucru; 14,22 – tije; 15,20 armături mobile; 17,18 – întrefieruri;

22, organelor de lucru 13 și 23 este concomitentă și în direcții opuse și deci nu se schimbă centrul de greutate a pompei, oscilațiile nu se vor transmite corpului 1 ceea ce și duce la micșorarea vibrațiilor. Camera de lucru 2 este unită consecutiv cu camera de lucru 10 prin intermediul canalului 8 și supapei 11 și astfel presiunea din camera 2 se adună cu presiunea din camera 10. Ca rezultat se obține o creștere a înălțimii de pompare aproximativ de două ori.

Caracteristicile experimentale $H-Q$ a trei pompe sunt prezentate în figura 5. Pompa cu două trepte a fost realizată la catedra de electromecanică a UTM și are acționare electromagnetică U-U. Pompele

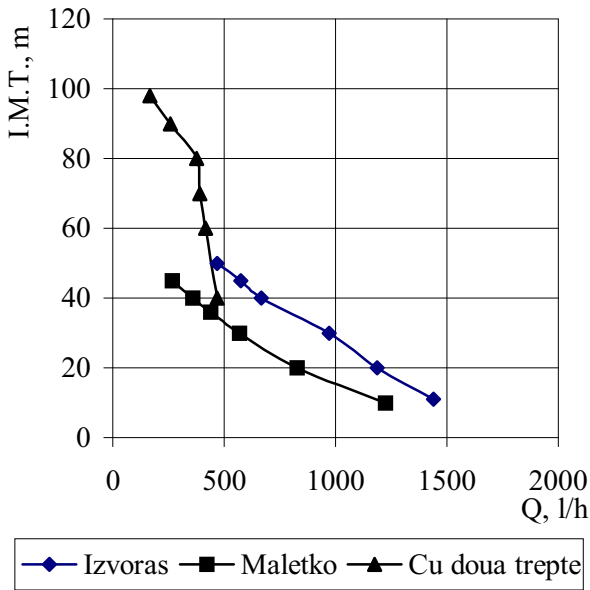


Figura 5. Caracteristicile experimentale H-Q a pompelor.

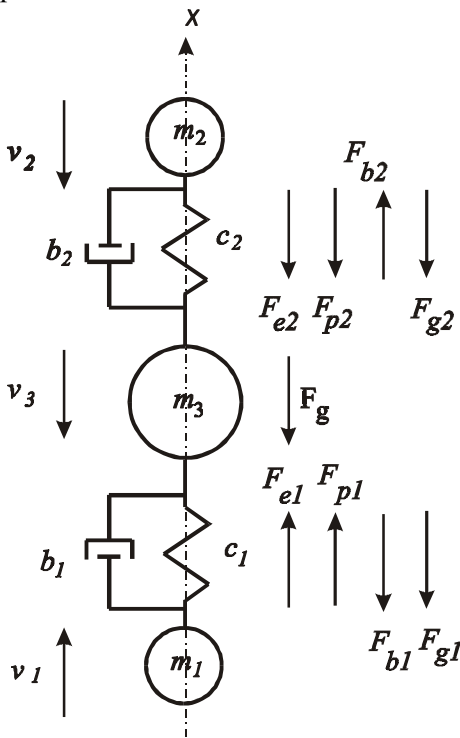


Figura 6. Schema de calcul a pompei cu două trepte. v_1, v_2, v_3 – vitezele armăturii mobile de jos, de sus și a corpului; m_1, m_2, m_3 – masele ansamblurilor mobile de jos, de sus și a corpului; c_1, c_2 – elasticitățile suspensiilor; b_1, b_2 – factorii de atenuare a oscilațiilor în mediu lichid; F_{e1}, F_{e2} – forțe electromagnetice; F_{p1}, F_{p2} – forțe de presiune; F_{b1}, F_{b2} – forțe de rezistență hidraulică; F_{g1}, F_{g2}, F_g – forțe de greutate.

zvoraș și Maletko sunt pompe produse în serie și au acționare electromagnetică tiu U-I. Pompa Izvoras are debitul nominal $Q_n = 720$ l/h, $H_n = 40$ m, pompa Maletko - respectiv 432 l/h și 40 m. Constatăm, că pentru debite până la 300 l/h pompa cu două trepte asigură o presiune de circa două ori mai mare.

În figura 6 este prezentată schema de calcul a părții mecanice a pompei cu două trepte. Pe baza ecuațiilor Lagrange [4] s-au scris ecuațiile de mișcare a părții mecanice:

$$m_1 \frac{dv_1}{dt} + c_1(x_1 - x_3) = F_{e1} + F_{p1} - b_1 v_1 - m_1 g; \quad (1)$$

$$m_2 \frac{dv_2}{dt} - c_2(x_3 - x_2) = b_2 v_2 - F_{e2} - F_{p2} - m_2 g; \quad (2)$$

$$m_3 \frac{dv_3}{dt} - c_1(x_1 - x_3) + c_2(x_3 - x_2) = -m_3 g; \quad (3)$$

Din (1) și (2) determinăm $c_1(x_1 - x_3)$, $c_2(x_3 - x_2)$ și le substituim în (3):

$$m_3 \frac{dv_3}{dt} - F_{e1} - F_{p1} + b_1 v_1 + m_1 g + m_1 \frac{dv_1}{dt} + F_{e2} + F_{p2} - b_2 v_2 + m_2 g + m_2 \frac{dv_2}{dt} = -m_3 g; \quad (4)$$

Pentru un sistem ideal simetric: $F_{e1} = F_{e2}$; $F_{p1} = F_{p2}$; $b_1 v_1 = b_2 v_2$; $m_1 = m_2$; $dv_1/dt = -dv_2/dt$. În condiția neglijerii forțelor de greutate, care sunt cu mult mai mici decât forțele electromagnetice și de elasticitate din (4) obținem:

$$m_3 \frac{dv_3}{dt} = 0, \quad (5)$$

ceea ce înseamnă că corpul pompei nu oscilează.

Bibliografie

1. Sobor I., Nucă I., Ambrosii S. Calculation of magnetic circuit for electromagnetic drives.// Buletinul Institutului Politehnic din Iași, tomul XLI (XLV), pag. 123-127, 1995.
2. Sobor I., Kobîleațkii N. Contribuții la îmbunătățirea performanțelor vibratorului electromagnetic.// Conferința de Sisteme Electromecanice SIEMEN 99, 8-9 octombrie, Chișinău, volumul II, pag. 207 – 210.
3. Sobor I., Kobîleațkii N. Brevet de invenție nr. 1073 MD. BOPI nr. 10, 1998.
4. Stocker H., Jundt F., Guillaume G. Toute la physique. Dunod, Paris, 1999.