

TRASAREA CURBELOR CARACTERISTICE ALE POMPELOR CENTRIFUGE

8.1 Considerații teoretice

Pompele sînt mașini hidraulice care transformă energia mecanică în energie hidraulică, făcînd parte din categoria generatoarelor hidraulice.

Pompele pot fi clasificate după cum urmează:

- Pompe volumice (exemplu: pompe cu pistonase, cu palete culisante sau cu roți dîntate) - destinate în special sistemelor de acționare hidraulice, funcționînd în cele mai multe cazuri cu ulei. În cazul acestor pompe transferul energetic de la pompa la lichid se realizează prin deplasarea periodică a unor volume de lichid variabile în timp, între racordul de aspirație și cel de refulare al pompei.
- Pompe centrifuge - utilizate în special în rețelele de alimentare cu apă dar și pentru vehicularea lichidelor în industria chimică, cea minieră sau metalurgică. Transferul energetic se realizează prin interacțiunea dintre un rotor prevăzut cu palete profilate și lichidul în care acesta este complet imersat.

Figura 8.1 oferă o prezentare a construcției unei pompe centrifuge, notațiile au următoarele semnificații: A – Element de etansare; B – Flansa cuplare motor; C – Arbore antrenare; D – Manson; E – Paleta; G – Orificiul de admisie; H – Rotor; I – Bucsa lagar; J – Rotor; K – Orificiu de refulare

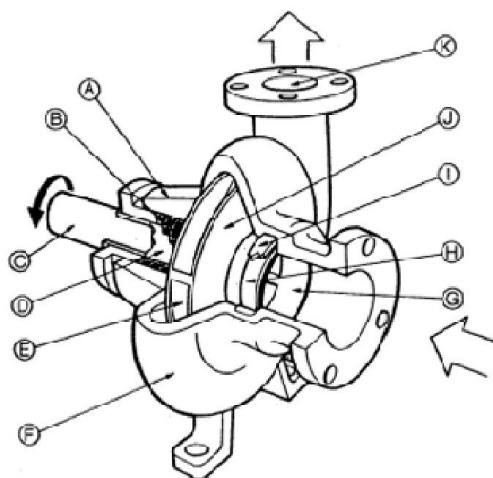


Figura 8.1 Reprezentare schematică a construcției unei pompe centrifuge

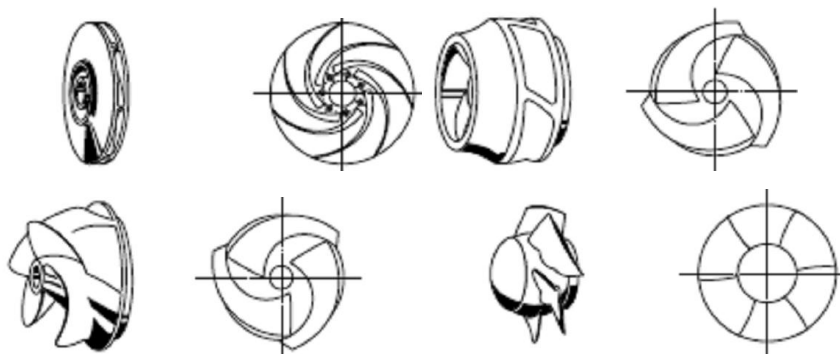


Figura 8.2 Tipuri de rotoare utilizabile la pompe centrifuge

Asa cum se poate observa, lichidul intra in pompa prin racordul de aspiratie si apoi, prin orificiul central de admisie, in rotorul constituit din doua discuri profilate intre care sint dispuse paletele. Discul cu orificiul central se numeste inel iar cel prin care rotorul este fixat pe arborele prin care primeste miscarea de la motor se numeste coroana. Atunci cind rotorul se invirte, lichidul continut in spatiile interpaletare este accelerat, sub actiunea fortelor centrifuge si impins catre periferie, fiind expulzat in camera colectoare. Rolul acestei camere nu este doar acela de a colecta lichidul si de a-l conduce catre racordul de refulare ci si de a transforma o parte din energia cinetica de care lichidul dispune la iesirea din rotor in energie potentiala de presiune. In vederea realizarii acestei transformari dintr-o forma de energie hidraulica in alta si pentru a putea colecta intreg debitul de lichid vehiculat, sectiunea transversala a acestei camere creste continuu pina la iesirea din pompa prin racordul de refulare.

In vederea caracterizarii functionarii pompelor centrifuge este necesara introducerea unor marimi care sa cuantifice cantitatea de lichid care trece prin pompa, schimbul energetic care are loc in pompa precum si eficienta acestuia. In cazul tuturor masinilor hidraulice care intra in categoria generatoare aceste marimi, numite si **parametri functionali**, sint: debitul, inaltimea de pompare, puterea absorbita, puterea utila, randamentul si turatia. Ele se definesc dupa cum urmeaza:

Debitul Q – reprezinta cantitatea de lichid care trece prin sectiunea de iesire (racordul de refulare) in unitatea de timp. In cazul pompelor centrifuge, in ipoteza incompresibilitatii lichidelor vehiculate, se utilizeaza debitul volumic, exprimat in unitati SI in $[m^3/s]$:

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (8.1)$$

unde: ΔV reprezinta volumul de lichid care trece prin racordul de refulare in intervalul de timp Δt .

Inaltimea de pompare H – reprezinta energia specifica totala primita de lichid la trecerea prin pompa si, prin urmare, poate fi determinata ca diferenta intre energia specifica totala a lichidului de la intrarea si iesirea in pompa. Energia specifica totala poate fi exprimata atit ca

energia unitatii de greutate de lichid, notata cu H si exprimata in SI in unitati de lungime [m] sau ca energia ce revine unitatii de masa, exprimata in SI in [J/Kg].

Pentru stabilirea expresiei inaltimei de pompare se porneste de la principiul I al termodinamicii, aplicat unitatii de masa de lichid care trece printr-un volum de control aproximat a coincide cu interiorul pompei:

$$W_s = d\left(\frac{v^2}{2}\right) + g \cdot dz + \int vol \cdot dp + F \quad (8.2)$$

unde: - W_s reprezinta lucrul mecanic aplicat la arborele motor

- $d\left(\frac{v^2}{2}\right)$ reprezinta variatia energiei cinetice;

- $g \cdot dz$ reprezinta variatia energiei potentiale de pozitie;

- $\int vol \cdot dp$ reprezinta variatia energiei potentiale de presiune (in conditiile in care $vol =$ volumul specific sau volumul unitatii de masa). Daca se noteaza cu p_1 si p_2 presiunile la intrare (racordul de aspiratie) respectiv la iesire (racordul de refulare) din pompa si se admite ipoteza incompresibilitatii lichidelor, se poate scrie:

$$\int vol \cdot dp = \int \frac{dp}{\rho} = \frac{p_2 - p_1}{\rho} \quad (8.3)$$

- F reprezinta energia disipata prin frecare si transformata ireversibil in caldura

Tinind cont de relatia (8.3) si considerind ca, in cele ce urmeaza, indicii 1 si 2 se refera la valorile marimilor inregistrate la intrarea respectiv iesirea din pompa, relatia (8.2) se poate scrie:

$$W_s = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho} + F \quad (8.4)$$

Primii trei termeni din membrul drept al relatiei (8.4) reprezinta lucrul mecanic util, adica lucrul mecanic care serveste cresterii energiei unitatii de masa a lichidului la trecerea acestuia prin pompa:

$$W_0 = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho} \quad (8.5)$$

Impartind relatia (8.5) cu acceleratia gravitacionala g se obtine o relatie de forma:

$$H = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + z_2 - z_1 + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} \quad (8.6)$$

Termenii din membrul drept reprezinta diferenta dintre energia specifica totala (suma a energiilor specifice potentiale de pozitie, de presiune si a energiei specifice cinetice) a lichidului de la iesirea din pompa si cea de la intrarea in pompa.

Prin urmare H este înălțimea de pompare sau lucrul mecanic transferat lichidului pentru creșterea energiei sale specifice exprimat în unități de lungime, în SI [J/Kg] adică în m.

Dacă diametrul la racordul de refulare este același cu cel de la racordul de aspirație, cum este cazul pompei testate în lucrarea de față, vitezele v_1 și v_2 sunt egale, înălțimea de pompare fiind:

$$H = z_2 - z_1 + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} \quad (8.7)$$

Tinând cont că presiunile p_2 și p_1 indicate de manometrele amplasate la ieșirea respectiv intrarea din pompa pot fi exprimate prin înălțimile coloanelor de lichid h_2 și h_1 care creează prin greutatea lor, presiunile p_2 și p_1 în punctele situate la cotele z_2 respectiv z_1 față de planul de referință arbitrar ales, relația (8.7) devine:

$$H = Z_2 - Z_1 + h_2 - h_1 \quad (8.8)$$

Ușual, planul de referință se ia în planul orizontal care trece prin axa rotorului, în această situație poziția relativă, pe verticală, a racordurilor de refulare și aspirație exprimată în relația (8.8) prin termenul $z_2 - z_1$, va putea fi exprimată, cu notația din Figura 8.3, după cum urmează:

$$H_d = Z_2 - Z_1 = h_d(\text{iesire}) - h_d(\text{intrare}) \quad (8.9)$$

Înlocuind relația (8.9) în relația (8.8) se obține pentru înălțimea de pompare expresia:

$$H = H_d + h_2 - h_1 \quad (8.10)$$

Puterea utilă P_u reprezintă puterea transferată lichidului la trecerea prin pompa:

$$P_u = \rho g Q H \quad (8.11)$$

Puterea absorbită P_0 reprezintă puterea aplicată la axul motor pentru a realiza pomparea lichidului:

$$P_0 = U \cdot I \quad (8.12)$$

Randamentul η :

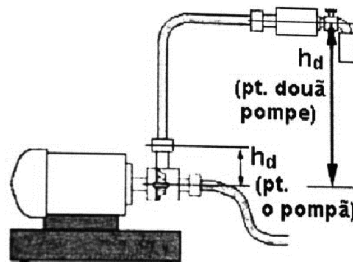
$$\eta = \frac{P_u}{P_0} \quad (8.13)$$


Figura 8.3 Alegerea planului de referinta si stabilirea pozitiei h_d a sectiunilor de intrare/iesire din pompa

Functionarea pompei centrifuge in retea de conducte pe care o deserveste, depinde de relatia existenta intre parametrii functionali prezentati mai sus si care poate fi materializata printr-o functionala de forma: $f(Q, H, P_o, \eta, n) = 0$.

Datorita complexitatii acestei functionale si a dificultatii reprezentarii grafice a suprafetelor caracterizate de o astfel de ecuatie, se recurge la mentinerea constanta a unui parametru si reprezentarea in plan a unei dependente de doua variabile, numita **curba caracteristica**.

Din punct de vedere al exploatarei pompelor, curbele cele mai utile sint:

- Familia de curbe $H=f(Q)$ pentru $n = \text{constant}$, numite curbe de sarcina sau curbe caracteristice ale inaltimii de pompare.
- Familia de curbe $P=f(Q)$ pentru $n = \text{constant}$ care exprima variatia puterii absorbite (puterea consumata) cu debitul la turatie constanta.
- Familia de curbe $\eta=f(Q)$ pentru $n=\text{constant}$. Curbele $\eta=f(Q)$ sunt deosebit de importante pentru cunoaterea comportarii pompei la diferite debite.

Din suprapunerea acestor curbe rezulta caracteristica universala a pompei (vezi Figura 8.4) care caracterizeaza complet functionarea pompei la o anumita turatie.

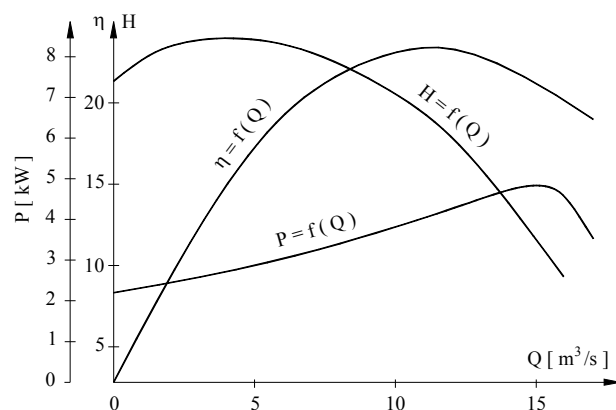


Figura 8.4 Caracteristica universala a pompei centrifuge

8.2 Obiectivul lucrării

Determinarea pe cale experimentală a curbelor caracteristice de funcționare ale unei pompe centrifuge cu turatie variabilă.

8.3 Metoda utilizată

Măsurarea înălțimii de pompare, a debitului volumic și a puterii absorbite de motorul electric de acționare a pompei, pentru diferite turatii.

8.4 Descrierea aparaturii

Echipamentul furnizat de catre firma Armfield, consta din: unitatea hidraulica de baza (UHB), care va fi utilizata impreuna cu o pompa centrifuga cu turatie variabila care va fi testata si cu un subansamblu de refulare fixat printr-o placa de aluminiu in slotul din canalul prevazut in partea superioara a UHB.

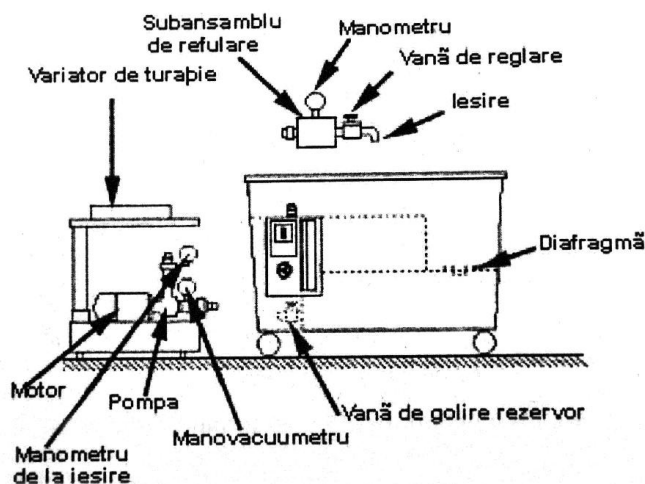


Figura 8.5 Componentele standului ARMFIELD utilizat pentru determinarea experimentală a curbelor caracteristice

Pompa centrifuga suplimentara este montata impreuna cu motorul electric de actionare pe un cadru suport cu picioare cu inaltime ajustabila si este asezata pe sol, langa UHB. Prin aceasta pozitionare si prin conectarea, prin intermediul unui tub transparent, a racordului de intrare (aspiratie) al pompei la vana de golire a rezervorului UHB (aflata la partea inferioara a acestuia) se asigura conditiile pentru amorsarea pompei sub efectul greutatii lichidului din rezervor. Tot un tub transparent face legatura intre racordul de iesire (de refulare) al pompei si subansamblul de refulare constind dintr-un manometru, o vana de reglare a debitului si un tronson de conducta al carui capat liber se introduce in rezervorul etalonat al UHB.

La intrarea si la iesirea din pompa sint montate un manovacuumetru si respectiv un manometru pentru determinarea presiunilor de intrare si iesire direct in metri coloana de apa.

Pompa este antrenata cu un motor electric de curent alternativ alimentat printr-un convertizor static de frecventa. Modificarea turatiei se face pe baza variatiei frecventei tensiunii electrice de alimentare, variatorul putind asigura frecvente intre 5 si 60Hz. Sistemul electronic care genereaza tensiunea de alimentare a motorului electric cu frecventa variabila are incorporat si un voltmetru si un ampermetru. Astfel, pe displayul LCD al convertizorului pot fi afisate, pe rind, functie de butoanele care sint tastate nu doar turatia pompei ci si intensitatea curentului si a tensiunii de alimentare, date care sint necesare pentru determinarea puterii absorbite de pompa.

8.5 Modul de desfasurare a lucrării

Dupa asezarea cadrului suport pe care este montata pompa centrifuga care urmeaza a fi testata linga UHB si eventuala ajustare a inaltimii acestuia se efectueaza urmatoorii pasi:

1. Se face legatura, prin intermediul a doua tuburi flexibile, intre racordul de aspiratie al pompei si vana de golire a UHB pe de o parte precum si intre racordul de refulare al pompei si subansamblul de refulare.
2. Se deschide vana de golire a UHB, asigurand astfel amorsarea pompei si se inchide vana de reglare a debitului din subansamblul de refulare.
3. Se activeaza variatorul de turatie apasind butonul START situat in partea laterala a blocului de comanda.
4. Se apasa butonul RUN pentru pornirea pompei.
5. Se utilizeaza butoanele \wedge si \vee pentru a regla o frecventa de alimentare la 50Hz, citibila pe displayul blocului electronic.
6. Se deschide complet vana de reglare a debitului din subansamblul de refulare.
7. Se inchide valva cu bila a rezervorului etalonat al UHB si se cronometreaza timpul Δt in care se acumuleaza un anumit volum de apa.
8. Se citesc valorile presiunilor de la intrarea si iesirea din pompa indicate de manovacuumetru si manometru, care exprimate in mH_2O reprezinta inaltimile h_2 si h_1 .
9. Se citesc urmatoarele marimi afisabile pe displayul blocului electronic: turatia n in rot/min, intensitatea curentului I in Amperi si tensiunea U in Volti. Butonul FUNC/DATA se utilizeaza pentru comutarea intre diferitele marimi pe care dorim sa le afisam:
 - a. Se apasa FUNC/DATA o data pentru a afisa frecventa
 - b. Se apasa FUNC/DATA inca o data pentru a afisa intensitate curentului de iesire i
 - c. Se apasa FUNC/DATA inca o data pentru a afisa tensiunea la iesire .
10. Se regleaza 10-15 regimuri de lucru, dind diferite deschideri vanei de reglare a debitului si pentru fiecare se repeta pasii 7-9
11. Se repeta pasii 5-10 dupa reglarea unor frecvente de 40Hz si 30Hz.

8.6 Prelucrarea rezultatelor

Pentru fiecare regim de lucru, se calculeaza urmatoarele marimi:

1. Debitul Q cu ajutorul relatiei (8.1).
2. Inaltimea de pompare H , cu ajutorul relatiilor (8.9) si (8.10), in care h_1 si h_2 reprezinta indicatiile manovacuumetrului si manometrului de la intrarea respectiv iesirea din pompa iar $h_d(\text{iesire}) = 0.170 \text{ m}$ si $h_d(\text{intrare}) = 0.020 \text{ m}$.

