

CUPLAREA POMPELOR CENTRIFUGE ÎN SERIE ȘI PARALEL

9.1 Considerații teoretice

A. Cuplarea pompelor centrifuge în paralel

În lucrarea 8 sunt definiți parametrii de funcționare ai pompelor centrifuge și modul experimental de trasare a curbelor caracteristice specifice acestora. Aceste curbe permit stabilirea domeniului optim de funcționare, și constituie criteriu de alegere a unei pompe, pentru utilizare într-o rețea dată. Dacă, caracteristica rețelei nu dă posibilitatea alegerii unei tipodimensiuni de pompă, care să se încadreze în domeniul optim de funcționare din punct de vedere energetic, se poate recurge la cuplarea, a două sau mai multe pompe în paralel, sau serie.

În cazul în care debitul, Q , livrat de o pompă, este insuficient pentru alimentarea consumatorilor din rețea, se pot cupla în paralel două sau mai multe pompe. Obișnuit, aspirația este independentă pentru fiecare pompă, refularea făcându-se într-o conductă comună.

O astfel de soluție este exemplificată în Figura 9.1, în care notațiile au următoarele semnificații (soluția presupune legarea în paralel a două pompe identice):

- H_1 este înălțimea de pompare (caracteristica interioară), corespunzătoare unei singure pompe;
- H_{1+2} - înălțimea de pompare corespunzătoare pompelor cuplate în paralel;
- F_1 - punctul de funcționare al unei singure pompe în rețea;
- F_{1+2} - punctul de funcționare al pompelor cuplate în rețea;
- $H = f(Q)$ - curba caracteristică interioară (caracteristica pompei, sau a pompelor cuplate);
- $H_c = f(Q)$ - curba caracteristică exterioară (caracteristica rețelei);
- η_1, η_{1+2} - curbe de randament.

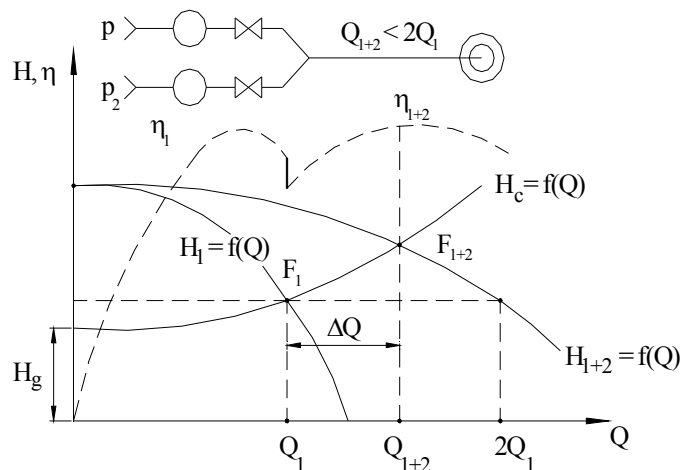


Figura 9.1 Cuplarea în paralel a doua pompe având caracteristici identice.

Pentru a găsi curba caracteristică interioară a pompelor cuplate, se dublează abscisele, Q_1 , corespunzătoare ordonatei, H . În cazul a trei sau patru pompe, abscisele se vor tripla, sau cadrupla.

Punctul de funcționare, se va găsi la intersecția curbei caracteristice exterioare, cu caracteristica interioară a celor două pompe (punctul F_{1+2}).

Dacă în rețea funcționează o singură pompă, aceasta va livra debitul Q_1 . După cum se remarcă din Figura 9.1:

$$Q_1 + \Delta Q = Q_{1+2}, \quad (9.1)$$

adică, se obține o creștere de debit $\Delta Q < Q_1$. Această creștere va fi, cu atât mai mare, cu cât panta curbei caracteristice exterioară, este mai puțin abruptă, iar panta curbei caracteristice interioară, mai plată.

Observație. Se pot conecta în paralel și pompe având curbe caracteristice diferite, însă cu condiția ca în punctul M , de întâlnire al conductelor separate, (Figura 9.2) să se stabilească un regim de presiuni egale. Curba comună H_{1+2} , se poate obține însumând abscisele Q_x , corespunzătoare aceluiași înălțimi H_x .

La intersecția caracteristicii exterioare cu curba comună H_{1+2} , se obține punctul de funcționare F_{1+2} , având debitul Q și înălțimea de pompare H_F , pompa 1, funcționând în punctul B_1 , deci cu debitul Q_{B1} , iar pompa 2, funcționând în punctul B_2 , cu debitul Q_{B2} . Dacă pe aceeași rețea, fiecare pompă ar funcționa separat, s-ar realiza punctele de funcționare F_1 , respectiv F_2 , adică debitele Q_{F1} , respectiv Q_{F2} .

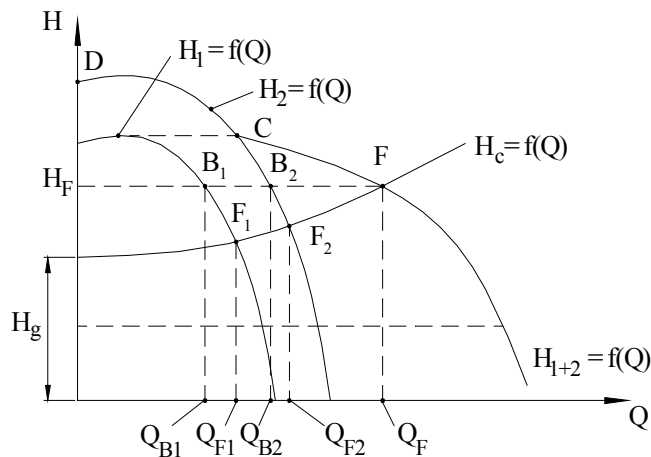


Figura 9.2 Cuplarea în paralel a doua pompe avind caracteristici diferite

Din Figura 9.2, rezultă:

$$Q_F = Q_{F1} + Q_{F2}. \quad (9.2)$$

Diferența:

$$\Delta Q = (Q_{F1} + Q_{F2}) - Q_F, \quad (9.3)$$

numită și debit redus datorită funcționării în paralel, se produce din cauza creșterii pierderilor hidraulice ca urmare a sporirii debitului pompat. Dacă punctul de funcționare al pompei 2, se află între C și D, în punctul M, de întâlnire al conductelor separate, nu se poate stabili un regim de presiuni egale (Figura 9.2); numai o parte din debitul livrat de pompa 2, va trece către consumatori, restul trecând prin pompa 1, care în această situație funcționează ca frână hidraulică. Caracteristica pompei pentru debite negative este dată de porțiunea de curbă KL. Curba de funcționare comună H_{1+2} , se poate obține scăzând abscisele negative ale ramurii KL, din ramura CD. În general se evită legarea în paralel a pompelor cu curbe caracteristice diferite

B. Cuplarea pompelor centrifuge în serie

În practică, cuplarea în serie a pompelor centrifuge se face cu scopul de a mări înălțimea de pompare a fluidului debitat în rețea. Pompele sunt montate una după alta (refularea primei se leagă la aspirația celei de-a doua), ceea ce înseamnă că debitul care le străbate este același ($Q_{1+2} = Q_1 = Q_2$), iar înălțimea de pompare este dată de suma înălțimilor produse de fiecare ($H_{1+2} = H_1 + H_2$). Și în acest caz se pot realiza montaje cu pompe identice sau diferite.

În Figura 9.3 este reprezentată schema determinării curbei caracteristice interioară a două pompe identice cuplate în serie. Principiul de construcție a caracteristicii este același ca mai sus, cu observația că la acest gen de cuplare se însumează ordonatele aferente fiecărui debit în parte.

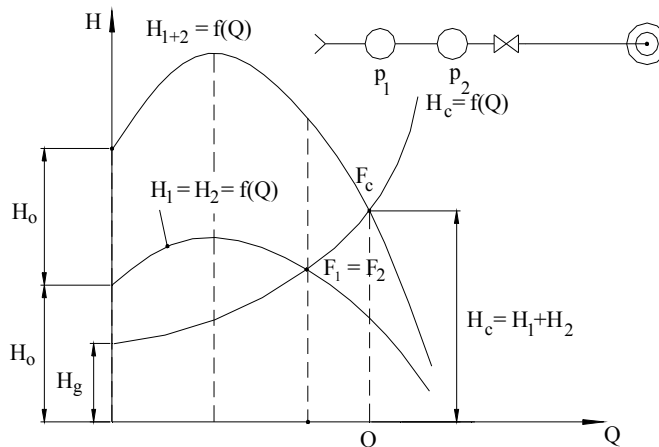


Figura 9.3 Cuplarea in serie a pompelor avind caracteristici identice

Din caracteristica interioară a cuplării rezultă și aici că eficiența montajului depinde de forma cubei caracteristicilor exterioare (a rețelei), ea fiind recomandată pentru rețele cu pantă cât mai abruptă.

Cuplarea în serie a două pompe cu caracteristici diferite este reprezentată în Figura 9.4, construcția caracteristicii ansamblului se face după aceleași principii, adică însumarea sarcinilor corespunzătoare la diferite debite. De asemenea și aici un punct de funcționare critic P, determinat de un debit Q , care marchează începutul unei zone, unde rezultatul cuplării este nerațional, deoarece înălțimea de pompare obținută este mai mică decât cea furnizată de o singură pompă care ar lucra independent în rețea. În această zonă, o parte din sarcina dată de pompa mai puternică 2, este folosită pentru a compensa funcționarea pompei 1, pe ramura negativă a curbei de sarcină.

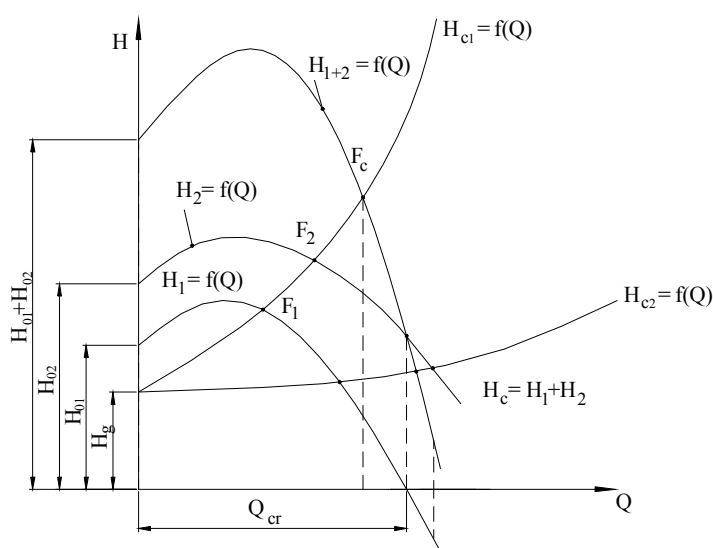


Figura 9.4 Cuplarea in serie a pompelor avind caracteristici diferite

9.2 Obiectivul lucrării

Determinarea pe cale experimentală a curbelor caracteristice de funcționare a două pompe centrifuge cuplate în serie și în paralel.

9.3 Metoda utilizată

Măsurarea presiunilor de la racordul de aspirație și de refulare, a debitului volumic și a puterii absorbite de motorul electric de acționare a uneia dintre pompe.

9.4 Descrierea aparaturii

Echipamentul furnizat de către firma Armfield, constă din:

- unitatea hidraulică de bază (UHB), a cărei pompă va fi utilizată în conexiune cu o pompă exterioară care poate fi sau pompa centrifugă cu turată variabilă F1-27 sau o pompă centrifugă cu turată fixă notată F1-26
- subansamblu de refulare fixat printr-o placă de aluminiu în slotul din canalul de deversare prevăzut în partea superioară a UHB.

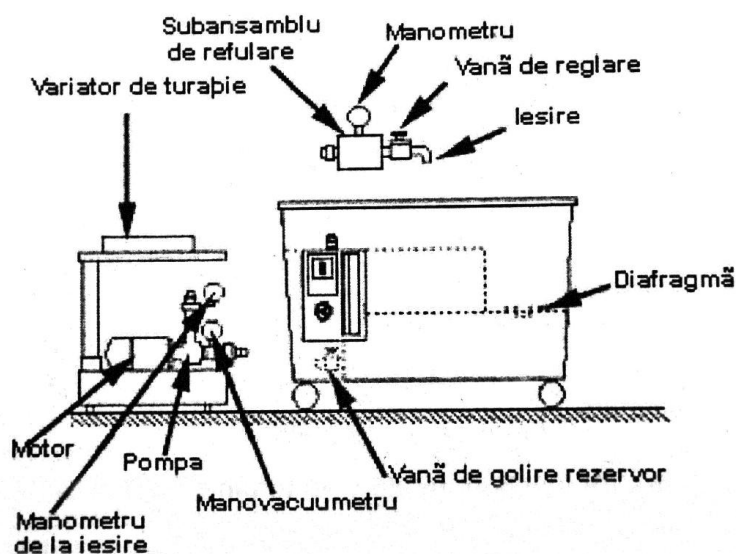


Figura 9.5 Componentele echipamentului utilizat

Utilizarea pompei F1-27 permite determinarea tuturor caracteristicilor în timp ce utilizarea pompei F1-26 doar a celei $H=f(Q)$.

Asa cum se cunoaște deja, pompa F1-27 este prevăzută cu un sistem electronic care generează tensiunea de alimentare a motorului electric cu frecvență variabilă. Dacă se reglează o frecvență de 50 Hz atunci caracteristicile acestei pompe sunt identice cu cele ale pompei F1-26 și

ale pompei din interiorul UHB. In acest caz, cuplarea serie/paralel a pompei F1-27 cu cea a UHB va corespunde cazului cuplarii serie/paralel a pompelor avind caracteristici identice.

In cazul in care se regleaza frecvente diferite de 50Hz, caracteristicile pompei F1-27 se vor modifica, cuplarea ei in serie si in paralel cu pompa UHB corespunzind cazurilor de cuplare in serie/paralel a pompelor avind caracteristici diferite.

Pompa centrifuga suplimentara (F1-26 sau F1-27) este montata impreuna cu motorul electric de actionare pe un cadru suport cu picioare cu inaltime ajustabila si este asezata pe sol, linga UHB.

Cuplarea in serie a pompelor impune realizarea circuitului deschis prezentat in Figura 9.6. Circuitul porneste de la pompa UHB, care aspira direct din rezervorul UHB si refuleaza in canalul deversor situat in partea superioara a UHB, in care exista un racord cu filet. Un furtun de plastic semitransparent avind lungimea de 1.5 m face conexiunea intre acest racord si racordul de aspiratie al pompei suplimentare. Un al doilea furtun, de acelasi tip, este utilizat pentru a conecta racordul de refulare al pompei exterioare si racordul subansamblului de refulare.

Manovacuumetrul de la racordul de aspiratie al pompei exterioare va indica presiunea de refulare a primei pompe, mai putin pierderile de pe furtunul de legatura. Manometrul din subansamblul de refulare va indica presiunea de refulare a grupului format din cele doua pompe cuplate in serie, mai putin pierderile de pe tronsoanele de furtun.

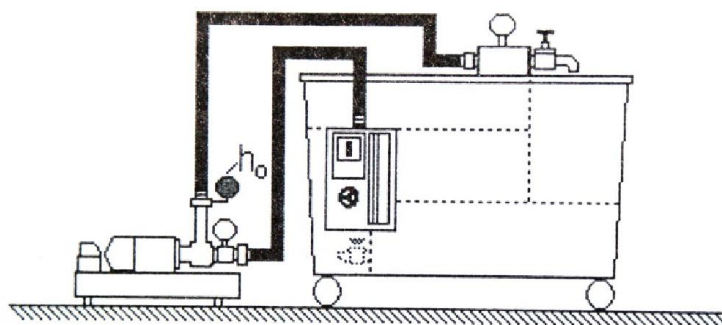


Figura 9.6 Standul experimental pentru testarea pompelor legate in serie

Cuplarea in paralel a celor doua pompe impune realizarea circuitului prezentat in Figura 9.7. In acest caz ambele pompe aspira din rezervorul UHB, racordul de aspiratie al pompei exterioare fiind legat prin intermediul unui tronson de furtun flexibil la vana de golire a UHB. Un furtun semitransparent lung (~1.5 m) avind un capat legat la racordul de refulare al pompei exterioare si un furtun scurt (~15 cm) avind un capat legat la racordul din canalul deversor al UHB si o ramificatie T sint utilizate pentru a conecta refularea fiecărei pompe cu subansamblul de refulare.

Presupunind ca presiunile la racordul de aspiratie sint iaceleasi, ele vor fi determinate prin citirea indicatiei h_i a manovacuumetrului de la aspiratia pompei exterioare. Presiunea de refulare, identica pentru ambele pompe se va determina citind indicatia h_m a manometrului din subansamblul de refulare.

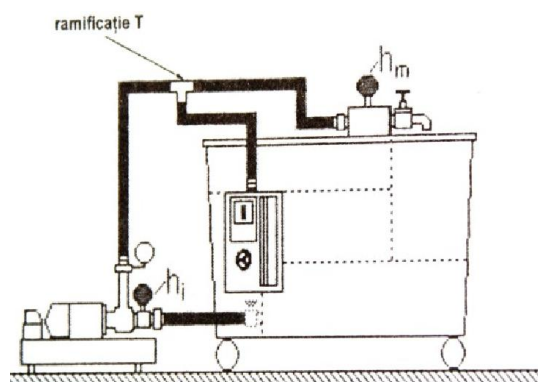


Figura 9.7 Aranjamentul experimental pentru testarea pompelor legate in paralel

9.5 Modul de desfasurare a lucrarii

Testarea pompelor cuplate in serie

Dupa efectuarea conexiunilor prezentate mai sus si punerea sub tensiune a pompei exterioare (daca se utilizeaza pompa F1-27 se regleaza frecventa curentului la 50 Hz) se trece la urmatoarele operatii:

1. Se porneste pompa UHB. Pentru a nu aparea socuri hidraulice datorita comprimarii aerului din furtunile de legatura, se va deschide foarte putin si foarte incet robinetul subansamblului de refulare.
2. Se porneste si pompa exterioara, dupa ce ne-am asigurat ca aerul din sistem a fost evacuat. Manometrul subansamblului de refulare va indica o dublare a presiunii de refulare.
3. Se deschide complet vana de reglare a subansamblului de refulare, obtinindu-se debitul maxim
4. Pentru acest debit reglat se vor face citirile necesare determinarii marimilor caracteristice dupa cum urmeaza: ► indicatiile manovacuumetrului h_0 la aspiratia pompei exterioare si a manometrului h_m din subansamblul de refulare; ► valoarea intensitatii I si a tensiunii U citibile pe displayul blocului electronic (numai in cazul utilizarii F1-27) si se va cronometra timpul Δt in care se colecteaza un volum ΔV in rezervorul UHB, dupa inchiderea supapei cu bila.
5. Se repeta determinarile de mai sus, pentru diferite inaltimi de pompare reglate prin manevrarea vanei de reglare a subsistemului de refulare, inclusiv pentru pozitia complet inchisa a vanei.

6. Prin manevrarea robinetului de control a UHB se poate varia presiunea statica in sistem. Pentru studiul influentei acestei variatii asupra marimilor caracteristice ale cuplajului pompelor in serie.

Testarea pompelor cuplate in paralel

Dupa efectuarea conexiunilor prezentate in Figura 9.7 se efectueaza urmatoarele operatii:

1. Se deschide vana de golire a UHB, pentru a asigura amorsarea pompei exterioare. Pompa UHB este amorsata daca rezervorul interior al unitatii este plin cu apa.
2. Se inchide vana de reglare a subansamblului de refulare si robinetul de control a UHB.
3. Se reinchide vana de golire a UHB pentru a impiedica curgerea inversa a apei prin pompa exterioara.
4. Se porneste pompa UHB, apa refulata comprimind aerul de pe tuburile de legatura.
5. Se porneste pompa exterioara si se deschide robinetul de evacuare al UHB pentru a deschide aspiratia pompei exterioare.
6. Se deschide incet vana de reglare a subansamblului de refulare, asigurandu-se evacuarea aerului comprimat si se va asigura uniformitatea functionarii pompelor.
7. In cazul deschiderii maxime a vanei de pe refularea comuna, debitul refulat de cele doua pompe cuplate va fi dublul celui refulat de o singura pompa. Pentru cazul in care acest debit depaseste limita de 1.4 l/s, firma Armfield propune determinarea debitului prin metoda orificiului calibrat. Pentru aceasta se indeparteaza bila de cauciuc a supapei cu bila a rezervorului si se utilizeaza orificiul calibrat. Se asteapta citeva minute pina la stabilizarea nivelului apei in rezervor. Acest nivel corespunde sarcinii la care debitul dat de cele doua pompe cuplate in paralel este egal cu debitul scurs prin orificiul calibrat. Sarcina este data de indicatia citita pe sticla de nivel aflata pe peretele frontal al UHB, corespondenta intre aceasta indicatie si debit fiind data in documentatia pusa la dispozitie de firma producatoare.
8. Se efectueaza citirile aparatelor de masura conform pasilor 4, 5, 6 de la testarea pompelor legate in serie.

9.6 Prelucrarea rezultatelor

Pentru fiecare tip de cuplaj si fiecare regim de lucru, dupa efectuarea masuratorilor se calculeaza urmatoarele marimi:

1. Debitul Q cu ajutorul relatiei $Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$.
2. Inaltimea de pompare H , cu ajutorul relatiilor:

$$H = H_d + h_2 - h_1$$

$$H_d = h_d(\text{iesire}) - h_d(\text{intrare})$$

in care h_1 si h_2 reprezinta indicatiile manovacuumetrului respectiv manometrului din subansamblul de refulare iar $h_d(\text{iesire})$ respectiv $h_{d(\text{iesire})}$ se stabilesc ca și la lucrarea 8 (vezi si Figura 9.8)

h_d manometru subansamblu refulare = 0.960 m

h_d manometru iesire pompa exterioara = 0.170 m

h_d manometru vacuumetru intrare pompa exterioara = 0.020 m

h_d intrare pompa UHB = 0.240 m

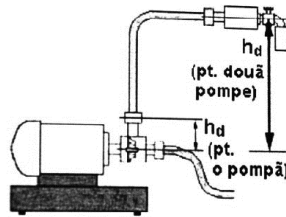


Figura 9.8 Alegerea planului de referinta si stabilirea pozitiei h_d a sectiunilor de intrare/ iesire din pompa

3. Puterea utila P_u se calculeaza cu relatia $P_u = \rho g Q H$
4. Puterea absorbita de pompe se calculeaza cu relatia: $P_0 = 2U \cdot l$,
5. Randamentul η se calculeaza cu relatia $\eta = \frac{P_u}{P_0}$

Randamentul obtinut este un randament de grup in care intra si pierderile de pe tuburile de legatura. Dupa calculul tuturor acestor marimi se reprezinta grafic $H=f(Q)$, $P_0=f(Q)$ si $\eta=f(Q)$.

