

5. METODE MODERNE DE MENTENANȚĂ PREDICTIVĂ CARE AJUTĂ LA MENȚINEREA EFICIENȚEI ENERGETICE A SISTEMELOR HIDRAULICE

5.1. Metode moderne de mentenanță predictivă care se aplică la echipamente și componente hidraulice

5.1.1. Cauzele generale ale defecțiunilor

Definiții:

a. **Fiabilitatea** sau siguranța în funcționare a unui sistem (echipament) hidraulic este capacitatea acestuia de a funcționa în parametri proiectați, fără defecțiuni, într-o anumită perioadă de timp.

b. **Disponibilitatea**, (conform SR EN 62308/2007), este oportunitatea sistemului, sub aspecte de fiabilitate, mentenanță și de organizare a acțiunilor de mentenanță, de a-și îndeplini funcțiile specifice la un moment dat sau într-un interval de timp impus.

c. **Defecțiunea sau căderea** este pierderea totală sau parțială a capacității sau performanțelor de funcționare ale unui echipament sau sistem hidraulic și poate apărea accidental sau în timp, din cauza modificării parametrilor de lucru sub nivelul admisibil, [2].

Cauzele defecțiunilor:

Defecțiunilor sunt cauzate de proiectare, de execuție, de utilizare sau de alegerea greșită a materialelor și tehnologiilor.

Defecțiunile sunt legate de procese care se desfășoară în timp, cum este uzura, sau care apar accidental, brusc și de multe ori catastrofic pentru utilaj sau sistem. De obicei, defecțiunile care sunt cauzate de uzură sunt de natura celor determinate de depășirea parametrilor de lucru peste limita de acceptabilitate. Există situații când fenomene desfășurate în timp dau naștere la defecțiuni accidentale (catastrofice, bruște), așa cum este cazul îmbătrânirii elementelor de etanșare, care la un moment dat se distrug total, [2].

Defecțiunile accidentale sunt produse de viciile de proiectare, de folosirea sistemelor la parametri superiori celor luați în considerare la proiectare, de utilizarea în fabricație a unor materiale de proastă calitate sau de accidente mecanice care apar în utilajul complex și care au efecte catastrofale inclusiv asupra instalației hidraulice. Acest tip de defecțiuni (accidentale, bruște) nu pot fi prevăzute și nu pot fi luate în calcul direct atunci când se fac planurile de mentenanță preventivă, ci numai prin calcul statistic (fiabilistic), în timp ce uzurile și chiar îmbătrânirile au un termen de apariție bine determinat, teoretic și operațional (practic), [2].

Dintre procesele care influențează puternic apariția defecțiunilor echipamentelor și sistemelor hidraulice sunt de reținut și vibrațiile, autovibrațiile și șocurile determinate de pulsațiile pompelor, supapelor de presiune și ale distribuitorilor, mai ales împreună cu neliniaritățile din regimul dinamic, precum și temperaturile și calitatea uleiurilor utilizate ca fluide de lucru. Un alt element important al producerii defecțiunilor este legat de alegerea elementelor de etanșare, care, pe lângă calitatea materialului și compatibilitatea acestuia cu fluidul de lucru, trebuie să aibă și o formă corespunzătoare.

Cu toate acestea, cea mai întâlnită cauză a defectărilor din sistemele de acționare hidrostatică, este în legătură cu cantitatea și mărimea impurităților din sistem care, pe lângă uzura obișnuită, produc blocări care scot din lucru unele aparate sau chiar toată instalația, [2].

5.1.2. Simptomele și cauzele primare ale defecțiunilor

Mentenanța proactivă subliniază ideea detectării de rutină și a corectării cauzelor primare care conduc la defectările echipamentelor și care, în general, sunt următoarele: **zgomotul anormal, temperatura ridicată** a fluidului de lucru și **operarea prea lentă** a sistemului, [2].

Zgomotul anormal

Zgomotul anormal este generat de cavitație sau de pătrunderea aerului în ulei. Zgomotul aerului din instalație este dat de comprimarea și decomprimarea aerului, în timpul deplasării în sistem, odată cu fluidul de lucru. Aceste aerări în cele mai multe cazuri duc la spumări ale uleiului hidraulic, care îl distrug, împreună cu lubrifierea și etanșările iar în final, echipamentele și sistemele hidraulice. Uneori, aerul pătrunde în sistem prin linia de aspirație a

pompei, care poate fi cu defecțiuni mecanice, sau când nivelul uleiului în rezervor este sub nivelul normal. Aerul mai poate pătrunde și pe lângă arborele pompei, atunci când etanșarea sa prezintă probleme, [2].

Cavitația apare când volumul de ulei necesar circuitului hidraulic depășește volumul primit de la pompă. Acest lucru conduce la micșorarea presiunii în acea zonă a circuitului sub presiunea de vaporizare a fluidului hidraulic și deci, la formarea unor bule (cavități), care la comprimare se sparg, generând un zgomot caracteristic. Urmările în sistem pot fi de natura eroziunilor metalice, care contaminează fluidul și defectează componentele hidraulice. În cele mai multe cazuri, defecțiunile cauzate de cavitație se localizează la pompe. Trebuie avută mare grijă la linia de aspirație, care trebuie să fie liberă, fără nimic între bazin și aspirația pompei. Introducerea unor filtre de aspirație sau robineti se va face numai sub supravegherea și la indicațiile specialiștilor sau proiectanților, [2].

Zgomotul în instalațiile hidraulice:

În mașinile și utilajele care au piese în mișcare, așa cum sunt echipamentele hidraulice, apar șocuri și vibrații, care fie se transmit direct întregului sistem, fie generează oscilații ale aerului, care înseamnă zgomote și care, în oricare situație, au un efect negativ asupra întregului utilaj. Aceste efecte, uneori capitale, pot fi în multe situații preîntâmpinate, dacă specialiștii pot stabili relații clare între tipul de zgomot și starea funcțională a echipamentelor, [2].

Frecvența sunetului pe care o poate percepe urechea umană este cuprinsă între 20Hz și 16000Hz. Zgomotele cu frecvență sub 20Hz se numesc infrasunete, iar cele peste 16000Hz se numesc supersonice și pot fi detectate cu echipamente speciale, care pot intra pe lista dotărilor speciale ale lucrătorilor din domeniul mentenanței.

Iată câteva exemple interesante de sunete:

- sunetele emise de o trompetă se situează în intervalul 220Hz și 1046Hz;
- sunetele flautului se situează în intervalul 260Hz și 2200Hz;
- sunetele contrabasului se situează în intervalul 41Hz și 400Hz;
- vocea umană este cuprinsă între valorile 60Hz (bas - note joase) și 1300Hz (soprană).

Unitatea de măsură a intensității sunetului (presiunea acustică) este decibelul dB.

De regulă, nu toate zgomotele indică o funcționare defectuoasă și, ca atare, pentru protecția oamenilor, se indică un anumit nivel care trebuie respectat. Astfel, pentru locuințe, hoteluri, case de oaspeți limita permisă de lege este de max. 50 dB, pentru școli 55 dB, iar pentru spații industriale 85 dB. Aceste limite admise permit ca abaterile care stabilesc defecțiunile să fie imediat depistate și, după o analiză specializată, să se poată interveni în conformitate cu procedurile (metodologiile) existente la nivelul firmei. În foarte multe cazuri instalația hidraulică este elementul care generează zgomotele peste nivelul admis într-o hală și, deci, trebuie intervenit imediat, [2].

Cauzele apariției zgomotelor în instalațiile hidraulice:

a. Zgomotul provocat de variația de presiune, pulsațiile de presiune a fluidului de lucru, care apare în primul rând la nivelul pompei, dar și la nivelul aparaturii de distribuție și reglare. Deoarece prin reproiectarea pompei acest zgomot nu poate fi exclus, ci eventual micșorat, este recomandat să se aplice soluția folosirii amortizoarelor de zgomot, în zone prestabilite, încă din faza de proiectare a sistemului, [2].

b. Zgomotul creat de unitatea de pompare, care adaugă zgomotul motorului de antrenare, termic sau electric, la zgomotul pompei.

Dacă motorul de antrenare este termic, se încearcă prin toate metodele să se reducă zgomotele prin izolarea și prin limitarea transmiterii.

Dacă motorul este electric, în linii mari nu se pot face prea multe lucruri, dar nivelul de zgomot este de numai 15-20 dB în sistem. Problemele la aceste motoare sunt cauzate de încălzirea și răcirea acestora.

Cel mai "zgomotos" echipament din sistem este pompa. Cele mai bune sunt cele cu șurub și cele cu roți, dar din păcate, cele mai folosite sunt cele cu pistoane axiale sau radiale. În general, pompele volumice care închid și deschid cu mare viteză camerele de lucru generează pulsații, care produc zgomote și care pot fi reduse numai în faza de proiectare, [2].

Cea mai mare reducere a zgomotului se face încă din faza de proiectare, deoarece atunci se vor putea include legături prin tuburi flexibile între unitatea de pompare și bazin, pe de o parte, și între unitatea de pompare și subsansamblul de aparate de control și reglare, pe de altă parte, [2].

O metodă simplă, însă nu suficient de eficientă este cea prin care se introduc în sistem amortizoare de zgomot care se bazează pe ideea de limitator prin reflecție (Fig. 1.), și nu prin absorbție, [2].

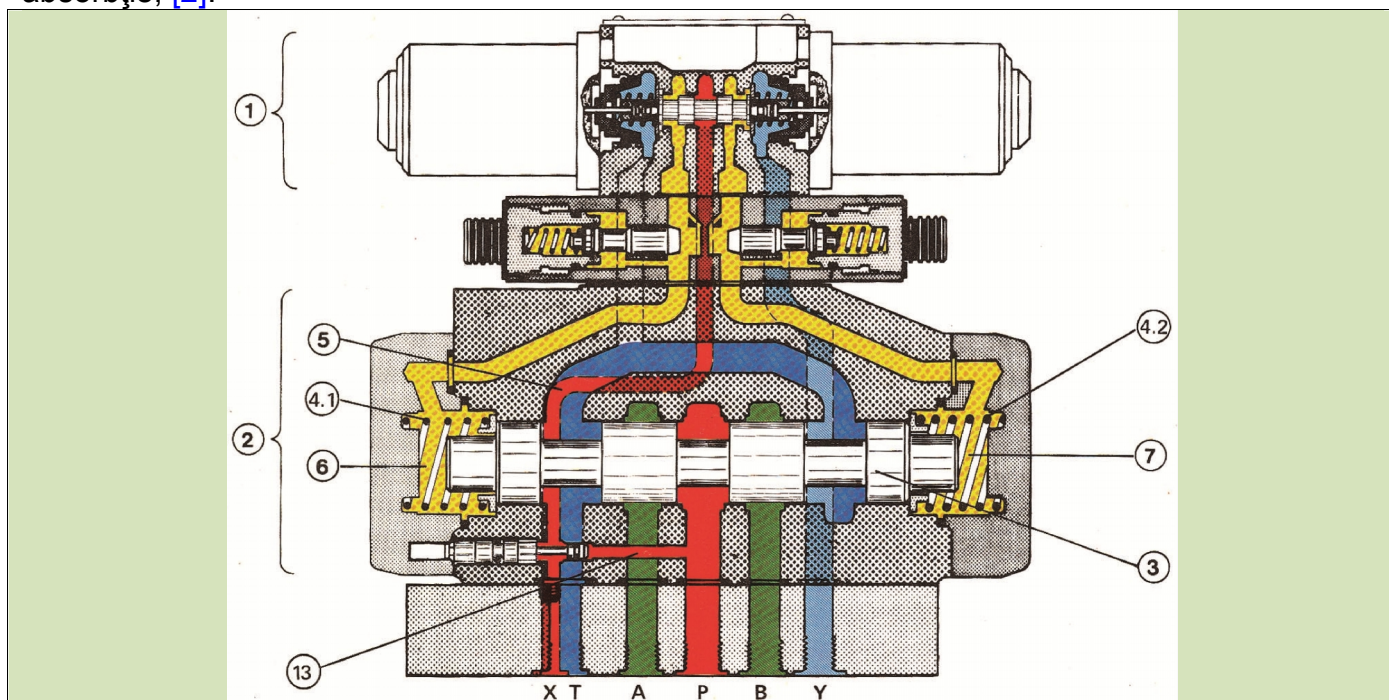


Figura 1- Amortizarea la capetele de cursă a sertarului unui distribuitor hidraulic pilotat.[2]

c. Zgomotul cauzat de furnizarea fluidului de la acumulator, spre sistem. Energia acumulată, dacă este furnizată brusc, determină debite mari, dar mai ales presiune, care produce zgomote destul de cunoscute.

d. Lovitura de ciocan, care apare de regulă la închiderea sau la deschiderea bruscă a unor distribuitoare hidraulice, este un alt motiv de producere a zgomotului. Soluția preferată de specialiști este legată de introducerea la nivelul conductei implicate a unui acumulator pneumohidraulic. Deoarece această soluție este insuficientă, în ultimii ani se folosesc aparate hidraulice care pot varia viteza fluidului în fazele de închidere și deschidere a conductei

e. Nivelul de zgomot emis de un obiect este direct proporțional cu aria radiantă și invers proporțional cu masa acestuia. Dacă asupra masei subsansamblelor sistemelor hidraulice se poate interveni încă din faza de proiectare, prin creșterea masei bazinului sau prin întărirea suportului electropompei, asupra suprafeței se poate interveni destul de puțin, practic nesemnificativ. În practică, se va îndepărta electropompa de bazin (cam la 0,5m) sau se va folosi o electropompă imersată în bazin,[2]

f. Un alt motiv de apariție a zgomotului este legat de **performanța la comprimare a fluidului de lucru**, exprimată prin modulul lui Bulk. La comprimare, dar mai ales la decomprimare, schimbările de volum ale fluidului creează șocuri și zgomote, care pot fi previzionate încă din faza de proiectare și care, de obicei, se rezolvă prin introducerea de conducte flexibile, prin utilizarea unor acumuloare plasate în zonele critice sau, pur și simplu, prin crearea unor orificii de decompresie,[2]

Zgomotul generat de aparatura hidraulică:

Zgomotul produs de aparatură este, de obicei, mai mic decât cel produs de unitățile de pompare,[2].

Este de notat faptul că, în cazul aparaturii hidraulice, iau naștere niște șuierături generate de cavitație,[2].

Specialiștii ASSOFLUID au clasificat principalele cauze ale apariției zgomotului și soluțiile de reducere a zgomotului în Tab.1,[2].

Sursele de zgomot provenite din construcția pompelor nu pot fi eliminate sau limitate de mentenanță, ci doar menținute sub control. Este foarte important ca motorul și pompa să fie izolate cu elemente elastice în zona cuplajului.

O soluție optimă este și cea prin care electropompa este montată vertical, cu motorul în exterior și pompa imersată.

Soluționarea modernă a defecțiunilor care generează zgomote deosebite este legată de utilizarea aparatului proporțional și a servovalvelor, care pot fi controlate ca mișcare și debit cu o mare precizie, după o curbă de mărire sau micșorare a debitului, prestabilită teoretic sau experimental.

Tabelul 1 - Cauzele apariției zgomotelor în instalațiile hidraulice și soluțiile de reducere.[2]

Cauza generării	Motivul concret al apariției zgomotului	Soluția de reducere a zgomotului
Cavitatia pompei	Colmatarea sau secțiunea de aspirație la filtru prea mică	Curățarea sau înlocuirea
	Diametrul conductor de aspirație prea mic	Lărgirea diametrului
	Linia de aspirație are prea multe curbe sau e prea largă; diametrul conductei este prea mare	Se modifică conductele
	Restricție în linia de aspirație; aparatura semiînchisă, arcuri prea tari pe supapele de sens non-retur. Conducte deteriorate, distrugerea tuburilor flexibile	Se modifică sau se deschid complet aparatele, se repară sau se înlocuiesc conductele și furtunile
	Fluidul este prea rece	Se încălzește fluidul
	Fluid necorespunzător	Se înlocuiește fluidul
	Prezența vaporilor	Se scade temperatura; se completează sau înlocuiește fluidul
	Scurgeri în boosterul pompei	Se repară sau se înlocuiește boosterul
	Turația pompei prea mare	Se reduce viteza (turația)
	Filtrul de aerisire colmatat sau prea mic. Filtrul va ieși greu din bazin.	Se înlocuiește elementul de filtrare
Pătrunderea aerului în fluid	Nivelul scăzut al fluidului în bazin	Se reumple bazinul
	Bazinul prea mic	Se modifică proiectul
	Linia de retur este deasupra nivelului	Se aranjează returul
	Fluid necorespunzător	Se înlocuiește fluidul
	Intrarea aerului pe lângă arborele pompei	Se înlocuiește etanșarea
	Defectarea tuburilor flexibile de aspirație	Înlocuirea furtunelor
	Curățenia necorespunzătoare a fluidului și a sistemului	Se curăță din nou sistemul și fluidul
Vibrații mecanice	Conexiuni făcute prost	Se refac
	Vibrațiile conductelor	Se înlocuiesc conexiunile (fixările)
Pompă	Uzură sau defecte	Se repară sau se înlocuiește
	Pompă necorespunzătoare	Se înlocuiește
Motor	Uzură sau defecte	Se repară sau se înlocuiește
	Motor necorespunzător	Se înlocuiește
Supape	Instabile	Se înlocuiesc
	Viteza fluidului prea mare	Se înlocuiește cu o conductă și o supapă cu Dn mai mare
	Linie de aerisire prea lungă	Se adaugă un restrictor

Temperatura prea mare:

Temperatura peste 80 grade poate produce defecțiuni la nivelul etanșărilor și la nivelul fluidului de lucru. Această temperatură ridicată apare atunci când sistemul nu poate disipa caldura și acest lucru se întâmplă mai ales atunci când cantitatea de ulei este sub nivelul obligatoriu. În același timp, trebuie verificată și integritatea schimbătorului de căldură, atât la circuitul fluidului de lucru cât și la cel al fluidului de răcire (aer sau apă) ,[2].

O altă cauză a încălzirii o constituie și mărirea drenajului la echipamente, aceasta însemnând că în mod anormal se mărește cantitatea de fluid care trece de la presiunea mare la presiunea de bazin, cu producerea de căldură. Deoarece prin comprimarea aerului se produce

caldură, orice aerare (mărirea cantității de aer din ulei) duce aproape în mod automat la o încălzire neprevăzută în faza de proiectare,[2].

Chiar și cavitația, prin producerea bulelor de aer, duce la creșterea încălzirii uleiului. Căldura în exces poate conduce și la distrugerea filmului de lubrifianț și, astfel la distrugerea unor componente mecano-hidraulice,[2].

Operarea prea lentă:

Reducerea performanțelor mașinii este un semn că sistemul are probleme și că este nevoie de intervenția specialiștilor. Știind că viteza motorului hidraulic este legată de debit, înseamnă că scăderea acesteia este o consecință a unor pierderi externe (în cele mai multe cazuri se produce spargerea unor furtune) sau interne, determinate de regulă de uzuri prea mari. Pornind de la ideea prezentată mai sus, că dacă există pierderi interne apar creșteri de temperatură, înseamnă că putem detecta defecțiunea cu un termometru cu infraroșu obișnuit.

La final, putem considera că printr-o monitorizare proactivă a zgomotului, a variației temperaturii și a duratei unui ciclu se pot determina din timp defecțiunile cele mai importante,[2].

Îmbătrânirea garniturilor de cauciuc:

În sistemele hidraulice de acționare, din cauza utilizării unui fluid de lucru agresiv, dar și a timpului mare de funcționare, se produc în structura elastomerului modificări cunoscute sub numele de îmbătrânire, care, mai devreme sau mai târziu, produc distrugerea garniturilor. Îmbătrânirea este un fenomen normal, dar ea poate fi influențată pozitiv prin alegerea corectă a materialului garniturii, în funcție de mediul fluid de lucru, iar în perioada depozitării sunt foarte importante condițiile de tipul căldurii, luminii, umidității pe care utilizatorul este obligat să le asigure. Există două tipuri principale de modificări chimice, care modifică elastomerii: sciziunea și formarea de noi legături între catene.

Acest lucru este cunoscut în tehnică sub numele de depolimerizare. Ozonul, lumina ultravioletă și radiația nucleară au tendința de a produce sciziunea moleculară.

Legăturile între catene sunt noile legături care apar între molecule, modificând, de asemenea, proprietățile elastice ale materialelor de etanșare, în sensul durificării garniturii de etanșare și al fragilizării acesteia.

Legăturile între catene reprezintă un proces de oxidare; acesta este accelerat de căldură și oxigen sau de prezența luminii (în special lumina soarelui), care are un conținut însemnat de ultraviolete și un spectru de radiații larg,[2].

Efectele negative ale suprapresiunii produse asupra componentelor hidraulice:

Transmisia hidrostatică reprezintă un produs al debitului și presiunii. Întrebarea care se pune automat este ce se întâmplă când se depășește limita presiunii de catalog a echipamentului. Printre defecțiunile care pot apărea putem enumera:

- Pierderea lubrifierii;
- Separarea blocului cilindrilor de placa de distribuție;
- Avarii mecanice,[2].

a) Pierderea lubrifierii:

Un film de lubrifianț rezistă la o anumită forță (Forța = presiunea x aria). Dacă presiunea crește peste anumite limite, forța cu care se apasă asupra filmului depășește valoarea admisă și deci, apar ruperile de film care produc abraziune,[2].

b) Separarea blocului cilindrilor de placa de distribuție:

La pompele cu pistoane axiale și bloc înclinat, blocul cilindrilor este împins hidrostatic împotriva plăcii de distribuție. Filmul de lubrifianț (de ordinul a 30 micrometri) se poate distruge dacă spațiul crește peste anumite limite, ca o consecință a creșterii presiunii (vezi Fig.2.)

Din proiect este exclusă o aliniere perfectă a forțelor hidrostactice aflate în opoziție, ceea ce duce la o răsucire (crearea unui cuplu) la nivelul blocului cilindrilor. În operare, acest cuplu este suportat de axul (arborele) pompei sau pinul de centrare la pompele cu bloc înclinat. Dacă presiunea de lucru este depășită, se ajunge rapid la depărtarea plăcii de distribuție de blocul cilindrilor, la dispariția filmului de lubrifianț și deci vor apărea abraziuni la nivelul celor două componente mecanice,[2].

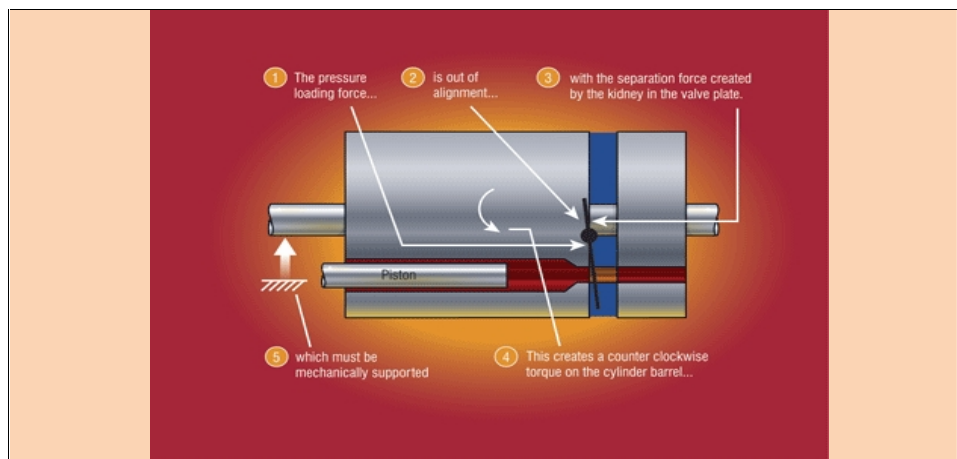


Figura 2 - Separarea blocului cilindrilor de placa de distribuție ca urmare a suprapresiunii (Bosch-Rexroth) ,[2]

c) Avarii mecanice:

Suprapresiunea poate duce la defectarea etanșărilor sau furtunelor, dar și a unor componente ale diferitelor echipamente hidraulice, precum pompele, motoarele, distribuitorii sau cilindrii. Suprapresiunea pe pompe are același efect ca și excesul de vacuum pe aspirație. În ambele cazuri apar tensiuni care au drept consecință defecte catastrofice,[2].

c.1 Simptome:

Suprapresiunea poate să apară fără simptome detectabile. În orice caz, depărtarea (separarea) plăcii de distribuție se caracterizează, de obicei, prin vibrații și/sau pulsații în linia de presiune a pompei sau motorului, care apar oricum chiar la funcționarea normală a mașinilor,[2].

c.2 Cauze:

Una din cauzele apariției suprapresiunii este legată de reglarea greșită a supapelor.

O altă cauză poate fi răspunsul prea lent al părților mecanice din supapele de presiune sau cele de sens, mai ales în perioada de comprimării, expansiunii termice sau undelor hidraulice reflectate de distribuitorii sau de supape,[2].

c.3 Prevenirea:

Cel mai ușor este să se verifice periodic reglajul supapelor.

O altă soluție este ca drenajul să fie conectat direct la tanc și să nu se conecteze la filtrarea pe tanc (retur) ,[2].

Efectele negative ale filtrelor pe aspirație:

Funcția filtrelor într-o instalație hidraulică este să păstreze fluidul curat pentru a măări durata de viață a sistemului și a fiecărui echipament. Din punctul de vedere al filtrării, cel mai potrivit loc este aspirația, acolo unde viteza și presiunea sunt mai mici și nu sunt periculoase pentru cartușele filtrante. Această poziționare este însă periculoasă pentru pompe, pentru că se produce o cădere de presiune care duce la cavitație, eroziune sau la alte defecte mecanice. În mod normal, se pot pune pe aspirațiile unor pompe filtre de tip sorb de 150 microni. Cele mai grave defecte care pot fi produse de poziționarea filtrelor pe aspirație sunt:

- Eroziunea cauzată de cavitație, care, pe lângă deteriorarea pieselor mecanice, contaminează și fluidul cu particule mecanice abrazive;
- Apariția defecțiunilor mecanice, având drept consecință desprinderea pistoanelor din patine.

Ar fi de notat că ideea utilității filtrului pe aspirație pentru evitarea unor bucăți metalice sau piuluțe, șuruburi etc. nu este sustenabilă, după cum și ideea că lipsa acestei filtrări scutește pe producător de garanție este greșită ,[2].

5.1.3. Diagnosticarea defectelor

Diagnosticarea sau constatarea defectelor depinde de nivelul cunoștințelor generale privind acționările hidraulice, precum și al cunoașterii și înțelegerii schemei de funcționare a instalației defecte, deoarece numai astfel se poate asigura remedierea rapidă și cu un efort minim a defecțiunii. Este obligatoriu ca la constatarea defectului să se pornească de la efectul constatat, care scoate echipamentul sau sistemul din starea de bună funcționare. Defecțiunea poate fi provocată de una sau mai multe cauze, care acționează independent sau simultan și în general, pornim la detectarea ei de la simptomele care ne semnalează faptul că există o ieșire din parametrii acceptați,[2].

În practica curentă se confundă, de multe ori, cauza cu efectul, ceea ce face dificilă analiza defectului și stabilirea unor măsuri eficiente de remediere. În procesul de diagnosticare, se pleacă de la efectul constatat și apoi trecând prin definirea unui șir de efecte asociate, se ajunge la cauza primară căutată,[2].

Analiza superficială a defecțiunilor observate și stabilirea greșită sau incompletă a cauzelor care le-au generat sunt lucruri de natură să conducă la amplificarea acestora și la crearea unor efecte negative asociate,[2].

La diagnosticarea defectelor este nevoie să se facă o analiză a surselor de zgomot și de temperatură anormale, pentru că, în general, defectele instalațiilor hidraulice sunt însoțite de aceste două fenomene. De îndată ce defectul a fost localizat, stabilirea cauzei lui se poate face prin măsurători de presiune și debit. Pentru acest scop, încă din faza de proiectare a instalației este nevoie să se prevadă racordurile pentru manometre și debitmetre,[2].

Localizarea defecțiunii se realizează prin verificări succesive ale elementelor componente. Totuși, o ordine de verificare, aplicabilă în toate cazurile nu este posibilă. În prima etapă verificările se fac numai cu ajutorul manometrelor, cu care se pot obține informații calitative în ce privește defecțiunea constatată. Pentru obținerea unor informații cantitative, este nevoie să se facă și măsurători de debit care implică o aparatură mai complexă,[2].

Analizarea defectelor este ușurată dacă traseele de retur și de drenare sunt făcute din tuburi transparente din material plastic. Astfel se vizualizează scurgerile și se poate stabili cu ușurință corectitudinea funcționării elementelor de distribuție dar și pierderile la drenare. Este bine, de asemenea să se culeagă informații despre modul de funcționare, despre volumul lucrărilor de întreținere, și despre defectele și reparațiile privitoare la perioada anterioară apariției defecțiunii. Pentru determinarea exactă a defectelor legate de uzură trebuie ca echipamentele (aparatele) să fie verificate funcțional pentru a se putea aprecia cât de mult au scăzut performanțele. Doar după cunoașterea exactă a situației se trece la demontarea aparatului. Reperetele vor fi inspectate vizual și apoi vor fi măsurate cu precizia stabilită de producător. De obicei, ar trebui ca aceste operațiuni legate de determinarea și apoi remedierea defectelor aparatelor să se efectueze numai de firmele specializate, deoarece este obligatorie probarea pe stand a aparatului după reparație sau remediere,[2].

Defecte caracteristice ale instalațiilor hidraulice:

Se deosebesc două categorii de defecte: defecte constatate la verificările periodice ale instalației și care, în momentul constatării, nu au ieșit în evidență și nu au dus la distrugerea vreunui agregat, și defecte constatate ca o consecință a deteriorării unui agregat. În prima categorie de defecte se observă: lipsa de etanșare exterioară; încălzirea excesivă a lichidului de lucru sau a unor componente; zgomotul anormal.

Neetanșeitățile exterioare pe circuitele de presiune se remarcă ușor, prin apariția pierderilor de lichid de lucru în exterior. Lipsa de etanșare pe circuitul de admisie a pompei, în cazul depresiei, nu se poate observa direct, ci efectele acestei defecțiuni, și anume: neuniformitatea regimului de funcționare a pompei; încălzirea pompei; spumarea lichidului de lucru; zgomot. Această defecțiune se constată prin măsurarea depresiei la intrarea în pompă. Scăderea acesteia față de valoarea determinată în condiții de funcționare corectă indică aspirarea "aerului fals". Pentru localizarea defectului se pot face două recomandări: fie se face verificarea la presiune a conductei de admisie asamblate, operație ce se execută prin cufundarea într-un vas cu apă a conductei presurizate cu aer la 2 – 3 bar, fie se face acoperirea succesivă cu unsoare consistentă a îmbinărilor racordurilor și a furtunurilor, până dispăre efectul de spumare. Localizarea precisă a neetanșeității permite adoptarea unor măsuri

foarte bune de remediere. Este, recomandabilă, de asemenea verificarea periodică a gradului de colmatare a sorburilor,[2]. O defecțiune frecvent întâlnită la instalațiile hidrostactice o constituie lipsa de etanșare a racordurilor. Ea este cauzată fie de o strângere insuficientă, fie de unele defecțiuni ale suprafețelor de etanșare. Dacă prin strângerea la cuplul prescris este înlăturată scurgerea, trebuie avute în vedere două cauze posibile ale defectului: strângerea inițială insuficientă sau slăbirea strângerii din cauza vibrațiilor. Această ultimă posibilitate impune verificarea corectitudinii fixării țevilor. Dacă strângerea racordului nu a dus la înlăturarea neetanșeității, este nevoie să se studieze piesele care ar putea provoca acest defect, [2]. În Tab. 2. sunt arătate defecțiunile care conduc la lipsa de etanșare la tipurile de racorduri utilizate curent. Lipsa de etanșare, atât exterioară cât și interioară, poată să își aibă originea de la defecțiuni ale elementelor de etanșare. În Tab.3 sunt arătate defecțiunile caracteristice ale acestora,[2].

Tab. 2 Tipuri de defecțiuni ale racordurilor hidraulice,[2]

Tipul racordului	Cauza lipsei de etanșare	Mod de remediere
Inel tăietor	Inel tăietor cu documentația	Înlocuirea inelului tăietor
	Utilizarea unei țevi necorespunzătoare	Utilizarea țevilor traseu la rece de înaltă precizie
	Nerespectarea unghiului de strunjire a niplului	Înlocuirea niplului
Sferă de con	Nerespectarea documentației la sferă sau con	Înlocuirea pieselor defecte
Flanșă cu bridă și 4 șuruburi	Inel "O" necorespunzător	Înlocuire
	Locașul inelului "O" executat neconform cu documentația	Remediere sau înlocuire
Niplu cu inel de etanșare din cuplu	Inel de etanșare nedecălit	Decălirea inelului din cupru
	Lipsa de perpendicularitate dintre filet și gulerul de strunjire a inelului de etanșare	Înlocuire

Tab. 3 - Tipuri de defecțiuni ale elementelor de etanșare,[2]

Element de etanșare	Cauza	Mod de remediere
Extrudat	Presiune excesivă	Introducerea inelului de sprijin
	Joc excesiv între piesele metalice din spatele garniturii	Reducerea jocului
	Forma canalului necorespunzător	Modificare canal
Crăpături	Încălzire excesivă sau temperatură joasă	Se va asigura funcționarea la temperatura prescrisă sau se va înlocui materialul garniturii
	Îmbătrânire	Înlocuire
Răsucirea în locaș (inel "O")	Defect de montaj	Montaj corect
	Locaș prea larg	Introducerea inelului de sprijin
Uzura abrazivă	Lichid contaminat	Înlocuirea
	Pătrunderea impurităților din exterior	Introducerea inelelor de rodare
	Suprafețe de lucru prea rugoase	Finisarea suprafețelor de lucru, inclusiv canale
Tăieturi	Muchii ascuțiți	Se vor ajusta
	Lovituri pe piston	Se va înlocui
Gonflare	Materialul garniturii nu corespunde pentru lichidul de lucru utilizat	Înlocuirea materialului garniturii
Rupere	Diametrul locașului prea mare – garnitura lucrează la întindere	Remediere locaș

Al doilea defect care se produce frecvent în instalațiile hidraulice este reprezentat de **încălzirea excesivă** a lichidului de lucru sau al unui element din componența instalației,[2]. Constatarea se face cu termometrul amplasat în rezervorul pentru lichidul de lucru și prin atingerea manuală. Mâna suportă temperaturi de până la 50°C, iar la un contact forțat de apăsare, se ajunge la temperaturi de până la 70°C. Dincolo de această valoare, în general, mâna nu mai poate fi apăsată pe piesa încălzită. Verificarea zilnică a instalației permite formarea unor observații în legătură cu temperatura normală de funcționare. Depășirea acesteia este un semn că ceva s-a deteriorat în buna funcționare a instalației și este nevoie de o analiză amănunțită,[2]. Încălzirea excesivă poate să își aibă originea în: alimentarea incorectă a pompei; uzura pompei; tranzitarea pe o perioadă lungă de timp a lichidului de lucru printr-o ștrangulare; funcționarea neconformă a instalației de răcire. În Tab. 4, sunt prezentate cauzele alimentării incorecte a pompei, modul de constatare și modul de remediere,[2]. O altă sursă de încălzire e dată de uzura pompei. Aceasta poate fi rezultatul unui fenomen normal de uzură, după o funcționare lungă de timp, sau este cauzată de funcționarea pompei cu un lichid de lucru contaminat cu impurități sau într-un regim de admisie necorespunzător, (vezi mai sus), și care au produs uzura ei prematură. Încălzirea excesivă poate fi cauzată și de funcționarea necorespunzătoare a instalației de răcire a lichidului de lucru,[2].

Tab. 4 - Cauzele alimentării incorecte a pompei,[2]

Cauze	Mod de constatare	Mod de remediere
Etanșarea necorespunzătoare a circuitului de admisie	Neetanșeități exterioare	
Sorb îmbâcsit	Depresiune la admisie pentru limitele admisibile	Curățare
Lichid de lucru vâscos (rece)	Idem – se verifică vâscozitatea lichidului de lucru	Se înlocuiește lichidul de lucru sau se preîncălzește
Filtru de aerisire a rezervorului îmbâcsit	Idem – se verifică dacă depresiunea este influențată de scoaterea filtrului de aerisire	Se curăță sau se înlocuiește
Lichid de lucru insuficient în rezervor	Verificare nivel lichid de lucru	Completare cu lichid de lucru de aceeași calitate
Furtunul de admisie de ștrangulează	Vizual	Se înlocuiește cu furtun cu învelișul interior de cauciuc întărit cu spirală de sârmă
Aerisire insuficientă a instalației	Încălzirea este însoțită de spumarea lichidului de lucru	Aerisirea instalației
Degradarea elementelor de etanșare de pe arborele de antrenare a pompei	Încălzirea prin demontare	Înlocuirea elementului de etanșare.

Un alt defect care se produce frecvent este **creșterea nivelului de zgomot** al instalației sau al elementelor componente. În Tab. 5 sunt prezentate principalele surse de zgomot, modul de constatare și remediere.

Tab. 5 - Principalele surse de zgomot în sistemele hidraulice ,[2]

Sursa	Mod de constatare	Mod de remediere
Alimentare greșită pompă	-	-
Vibrații cuplaje defecte ale organelor în mișcare	Verificarea cuplaje, pompă, motoare, cilindri	Remediere sau înlocuire
Supapa de presiune	Ascultare-control arc supapă	Înlocuire
Conductele instalației	Verificarea fixare conducte care dau vibrații	Fixarea cu coliere la distante de 50 – 60 ori diametrul conductei

Remedierea defectelor instalațiilor hidraulice, [2] :

Diagnosticarea corectă a defectelor și a cauzelor care le-au provocat, dar și realizarea unor remedieri de bună calitate, asigură continuitatea în funcționare a instalației în condițiile inițiale, previne repetarea defectului sau a unor defecte adiacente iar în cazul înlocuirii unui agregat, îi dă acestuia o durabilitate egală cu cea a celui înlocuit,[2].

O regulă generală în ceea ce privește intervenția la instalațiile hidraulice este dată de respectarea regulilor de acuratețe. Acțiunea contrarie, de nerespectarea a lor, duce la impurificarea instalației și, implicit, la apariția unor noi defecte,[2].

La apariția unui defect, se verifică obligatoriu conținutul de impurități din lichidul de lucru. Verificarea se execută la un laborator de specialitate sau se observă aspectul lichidului de lucru în conformitate cu normativele. La depășirea cantității de impurități admise sau la apariția unor impurități vizibile, se impune curățarea completă a instalației,[2].

Operațiile de curățare sunt următoarele:

Golirea rezervorului și instalației de lichidul de lucru contaminat. Pentru a goli uleiul din motoare (cilindri sau motoare rotative), se face o cursă completă a acestora, iar dacă este necesar se face decuplarea lor de la organul de lucru. Atunci când acționarea cilindrilor este greoaie, se va încerca măcar să se retragă tijele cu ajutorul aerului comprimat sau cu o pompă auxiliară, [2].

Spălarea circuitelor cu ajutorul unei instalații de spălare și ulterior, suflarea circuitelor pentru eliminarea lichidului de spălare. Curățirea rezervorului prin spălare la aceeași instalație iar apoi, ștergerea cu o pânză curată. Totuși, aceasta ștergere nu este de dorit întotdeauna din cauza firelor textile care pot rămâne în bazin,[2].

Înlocuirea sau spălarea filtrelor. După această operație se înlocuiesc elementele uzate care nu mai pot fi reparate și se trece la pregătirea instalației pentru pornire,[2].

Pornirea se face respectând procedurile privind prima pornire, cu următoarele observații: după alimentarea instalației și pornirea pompei, conductele de retur ale motoarelor rămân desfăcute, deci trebuie să fie evacuate eventualele impurități care au mai rămas în ele; pentru cilindri, aceasta sunt legate de efectuarea unei curse de destindere, iar pentru motoarele rotative efectuarea a două-trei rotații complete. Lichidul de lucru respectiv este strâns în tăvi speciale, fiind clasificat lichid de lucru contaminat,[2].

Dacă din analiza lichidului de lucru rezultă o contaminare puternică a sa (se dovedește existența unor particule metalice care provin de la defectarea unui agregat), este de dorit să se treacă la curățarea prin demontare a tuturor agregatelor,[2].

Demontarea agregatelor de pe instalație se efectuează în următoarea ordine:

- Obturarea circuitelor care ar putea să fie alimentate prin curgere liberă sau prin sifonare;
- Demontarea conductelor de legătură (lichidul de lucru care se scurge din acestea se va strânge în vase speciale).
- Obturarea capetelor deschise ale conductelor și ale agregatelor cu dopuri de protecție. În lipsa lor, se vor obtura cu folii din P.V.C.
- Dezasamblarea mecanică a agregatului de pe instalație,[2].

Remedierea scurgerilor cauzate de strângerea insuficientă a suprafețelor de etanșare se realizează prin strângerea la cuplul prescris. Dacă astfel nu s-a asigurat etanșarea corectă, atunci cauza neetanșării trebuie căutată în calitatea pieselor care ar trebui să asigure etanșarea. [2].

Remedierea componentelor se face în următoarele etape: **demontare – curățare – diagnosticare – remediere – curățare – remontare – încercare**, [2].

La demontarea agregatelor trebuie ținut seama de poziția diferitelor piese în ansamblu și de legătura lor reciprocă, în primul rând la piesele simetrice. Pentru asigurarea remontării lor în aceeași poziție, ele vor trebui marcate la demontare. Demontarea se efectuează cu dispozitive de extragere. Dacă însă nu există posibilități de extragere, atunci se vor folosi ciocane din cauciuc sau dornuri realizate din metale moi,[2].

Remedierea pompelor și motoarelor cu roți dințate se poate face prin înlocuirea pieselor defecte.

Recondiționarea unor pompe este posibilă în cazul unor uzuri frontale ale danturii și ale plăcilor de compensare. Recondiționarea pinioanelor se face prin rectificare, după care se face

o curățare atentă a gratului, fără șanfrenare. Plăcile de compensare se recondiționează prin strunjire fină. Înainte de recondiționare și după recondiționare se va măsura cu precizie de 0,01 mm înălțimea pinionului în pachet cu grosimea plăcilor de compensare, iar înălțimea corpului se va reduce prin strunjire cu diferența totală. După remediere, pompele sau motoarele vor trebui verificate pe un stand, pe care să se poată nota lipsa zgomotelor anormale și a încălzirii excesive a pieselor la funcționarea în gol și în sarcină, dar și randamentul volumic,[2].

Remedierea unităților cu pistoane axiale se face de obicei prin înlocuirea pieselor defecte cu piese de schimb noi, puse la dispoziție de către firma producătoare. După remediere, se încearcă în același fel ca și pompele și motoarele cu roți dințate, [2].

Remedierea cilindrilor înseamnă înlocuirea elementelor de etanșare și, dacă este nevoie, și a elementelor de ghidare. În situația uzurii pronunțate a tijelor se permite rectificarea cu 0,2 mm sub cota nominală și apoi cromarea (dacă a fost cromată înainte) fără a înlocui elementul de etanșare standard. Jocul dintre bucșa de ghidare și tijă se va respecta în conformitate cu documentația. În cazul unor gripaje sau lovituri care nu pot fi curățate prin îndepărtarea unui strat de 0,1 mm, se efectuează metalizarea sau cromarea tijelor. La operațiile de prelucrare a tijeii, se va da o atenție deosebită rugozității suprafeței, pentru a se evita uzura prematură a elementului de ghidare. Se recomandă finisarea tijeii cu hârtie abrazivă cu o granulație de 400. După remediere, se verifică în gol deplasarea lină și fără șocuri, a pistonului cilindrului precum și etanșarea la cap de cursă,[2].

Remedierea corpurilor și a sertarelor distribuitoarelor. Corpurile se alezează iar apoi se finisează prin honuire la un diametru mărit cu 0,2 mm. Sunt acceptate două trepte de reparații. Recondiționarea sertarelor se face prin metalizare și prelucrare sau se execută sertare noi. La rectificarea finală a sertarului, se va respecta jocul cu alezajul din corp așa cum este prevăzut în documentație. O atenție mărită trebuie acordată respectării condițiilor tehnice privind abaterile de formă și poziție ale sertarului și alezajului din corp. Nu este recomandată rodarea corpurilor cu sertarele, pentru că îndepărtarea pastei abrazive după rodare este greoaie și poate duce la uzura prematură a distribuitorului, și chiar la defectarea altor elemente ale instalației. După realizarea remediilor, distribuitorul va fi supus unei verificări de funcționare și de etanșare, respectiv se verifică distribuirea corectă a lichidului de lucru corespunzător comenzii date. Proba de presiune se face prin obturarea pe rând a circuitelor de ieșire și prin ridicarea presiunii de încercare la $1,25 \pm 1,5$ față de presiunea nominală. Pentru fiecare poziție se stabilește debitul de pierderi la drenare și dintr-un circuit de lucru la altul,[2].

Defecte caracteristice ale componentelor hidraulice:

Durata de viață a componentelor hidraulice este de minimum **5 000 de ore** funcționare, în situația respectării cu strictețe a condițiilor de acuratețe la montare și în exploatare, precum și a unei exploatare raționale, realizând reviziile și întreținerile planificate la timp, în condiții de bună calitate. Valoarea durabilității așează componentele hidraulice la nivelul celor mecanice; ea este însă în mod serios afectată de nerespectarea condițiilor arătate în continuare. Mai înainte au fost studiate defectele primare care pot apărea la funcționarea instalațiilor hidraulice. Detectarea lor cu întârziere duce la defectarea componentelor instalațiilor. Observarea atentă a componentelor defecte, pe baza analizării aspectului pieselor deteriorate, permite stabilirea cauzei defectului, dar și modul de remediere,[2].

Defecțiunile, cauzele și remedierea (mentenanța) distribuitoarelor hidraulice cu sertar:

Ca urmare a uzurii echipamentelor mobile ale distribuitoarelor, a impurităților uleiului sau din cauze accidentale pe timpul duratei de viață a aparatului, s-au remarcat următoarele defecțiuni (Tab 6.).Întotdeauna particulele de materiale de 2-6 micrometri ajunse în jocul dintre elementele cu mișcare relativă, așa cum ar fi relația sertar-corp, sau mai ales tijă-electromagnet-bucșă de etanșare, provoacă mari probleme de funcționare, ducând la blocare [2].Deseori, în cazul electromagneților, până la blocare mai există și faze intermediare de micșorare a vitezei de deplasare, care, de asemenea, se încadrează la defecțiuni. Fenomenul, cunoscut ca "silt lock" (blocare înămolită), apare destul de des, el poate fi detectat din timp și, ca atare, se pot lua măsurile necesare imediat, deoarece arderea se produce foarte repede la electromagneți,[2].

La electromagneții de curent continuu se observă o creștere anormală a curentului, în timp ce la electromagneții de curent alternativ, etapa rapidă este arderea. O metodă de diminuare a fenomenului de "silt lock" este filtrarea la un nivel destul de mare, care trebuie practică în cazurile când orice oprire are efecte economice grave,[2].

Tabelul 6 - Principalele defecțiuni ale distribuitorilor hidraulice,[2]

Nr. crt	Defecțiunea	Cauza	Modul de remediere
1	Distribuitorul cu comandă electrică nu comută	-electromagnet defect	-se verifică funcționarea deplasării sertarului prin apăsarea butonului de acționare a miezului magnetic; -se verifică tensiunea bobinei -se înlocuiește bobina sau tot electromagnetul, de la caz la caz - se înlocuiește tija împingătoare dacă aceasta este tasată
		- sertarul este blocat	- se scoate sertarul din corp, se spală ambele repere cu petrol, se suflă cu aer, se ung suprafețele în contact și se remontează, apoi se probează.
		- arcul nu readuce în poziția inițială la încetarea comenzii	- se înlocuiește arcul rupt sau tasat
2	Distribuitorul sau pilotul au pierderi interne de ulei mari	- uzura obișnuită mare, ca urmare a depășirii duratei de viață	-se înlocuiește distribuitorul
		- uzura accidentală, ca urmare a pătrunderii unor particule abrazive în distribuitor, cauzată de filtrarea necorespunzătoare	- se schimbă uleiul, se curăță instalația, se montează cartușe noi filtrante și apoi se înlocuiește distribuitorul hidraulic
3	Șocuri (lovituri de berbec) instalație	- placă de droselizare (temporizare) defectă	- se demontează placa de droselizare, se verifică cursa supapei de sens și calitățile arcului - se înlocuiește arcul sau toată placa de droselizare
4	Pierderi externe de ulei	- inele O, manșete de etanșare defecte	- se demontează distribuitorul, piesele componente și se înlocuiesc etanșările statice și dinamice
5	Comenzile manuale nu se mențin pe poziția indexată	- arcurile nu au forță suficientă, canalele circulare de indexare au muchiile rotunjite	- se demontează capacul comenzii manuale, se face constatarea aspectului arcului, se mărește forța de prestrângere sau se înlocuiește și se execută o piesă nouă cu canale de indexare

Defecțiunile, cauzele și remedierea defectelor supapelor de presiune

Tablul 7 - Principalele defecțiuni ale supapelor de presiune,[2]

Nr. crt.	Defecțiunea	Cauza	Modul de remediere
1	Supapa vibrează	- aer în corpul supapei	- se va efectua purjarea
		- ghidajul arcului pilotului este deteriorat	- se înlocuiesc elementele componente ale ghidajului
2	Nu se poate regla presiunea necesară în instalație	- ventilul pilot sau supapa principală nu închid perfect din cauza impurităților	- se demontează și se spală piesele cu petrol, apoi se suflă cu aer comprimat
		- scaunul pilotului este uzat sau deteriorat	- se înlocuiește pilotul
		- arcul pilotului este tasat sau rupt la oboseală	- se înlocuiește arcul
3	Se depășește presiunea reglată	- supapa principală se blochează din cauza impurităților și a gripării	- se demontează și se spală cu petrol, iar în cazul gripării avansate se înlocuiește supapa
		- duzele sunt înfundate	- se demontează, se spală cu petrol și se suflă duzele cu aer
5	Circuitul de pe intrare și supapa se încălzesc excesiv la supapele de decuplare comandate electric	- distribuitorul hidraulic este defect	- se demontează și se verifică funcționarea electromagnetului și a sertarului, dacă acesta este gripat sau uzat. Se înlocuiește electromagnetul sau distribuitorul pilot
6	Supapa prezintă pierderi de ulei în exterior	- șuruburile și dopurile strânse insuficient sau elemente de etanșare deteriorate.	- se strâng șuruburile și dopurile și / sau se înlocuiesc inelele O

În procesul de montare și întreținere a instalațiilor hidraulice este nevoie să se controleze permanent starea fizică și funcțională a supapelor de presiune, care în dese rânduri reprezintă pionul de bază în siguranța generală a sistemului.

Din acest motiv, trebuie ca traductoarele de presiune și manometrele să fie periodic verificate și atestate de către entități specializate. În [Tab 7](#). sunt prezentate câteva defecțiuni cu probabilitate mai mare de apariție, cauzele defecțiunilor și unele recomandări făcute pentru remediere.

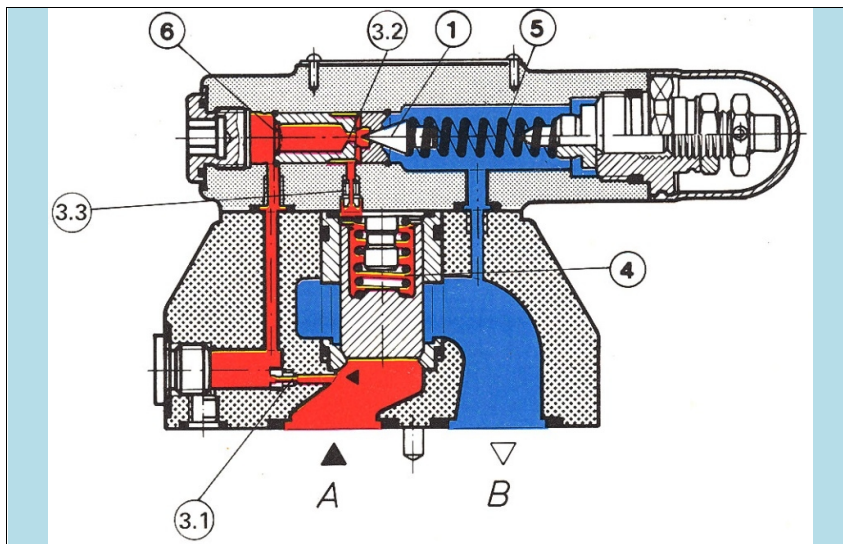


Figura 3 - Secțiune prin supapa pilotată de limitare a presiunii tip DB (BOSCH REXROTH) ,[2]

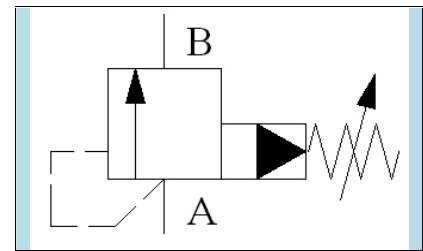


Figura 4 - Supapa pilotată de limitare a presiunii - simbol grafic, [2]

Este de dorit ca la fiecare demontare a aparatului (Fig 3., Fig. 4.) să fie înlocuite inelele "O". Demontarea reperelor se va face cu multă atenție pentru a nu le lovi, zgâria sau deteriora. Este interzisă ștergerea pieselor cu țesături textile, [2].

5.2. Metode moderne de mentenanță predictivă aplicate la sisteme (instalații) hidraulice

5.2.1. Măsurile de îmbunătățire a mentenanței în faza de proiectare

Mentenanța echipamentelor și sistemelor hidraulice este asigurată prin măsuri precise care se iau pe toată durata de existență și de funcționare a acestora. Astfel, este nevoie ca specialiștii să se gândească, încă din fazele de proiectare, la modalitățile de ameliorare a performanțelor funcționale ale instalațiilor hidraulice și, mai mult, la menținerea lor într-un interval de timp perioadă cât mai lung, [2].

În faza de proiectare se efectuează o analiză a indicatorilor de fiabilitate iar apoi se extind rezultatele analizei la definitivarea unor elemente concrete de concepție, știind că legătura dintre fiabilitate și mentenanță este dată de defecțiune. În ambele situații se caută ca aceasta să se producă cât mai tarziu și, eventual, cât mai previzibil[2].

Proiectantul unei mașini nu poate controla unii parametri, așa cum ar fi de exemplu, temperatura aerului ambiental, cu toate că este nevoie să cunoască valoarea acestui parametru. Totuși, proiectantul trebuie (sau cel puțin ar trebui) să stabilească alte trei variabile: Eficiența Proiectului, Capacitatea de Răcire Instalată și Vâscozitatea Uleiului. Nici unul dintre acești parametri nu poate fi tratat individual, [2].

Din perspectiva celui care folosește mașina, este important să se stabilească, chiar și după ce mașina a fost proiectată, construită și umplută cu ulei, că parametrii următori: **Eficiența Proiectului, Capacitatea de Răcire Instalată și Temperatura aerului ambiental** sunt mărimi în mișcare care influențează vâscozitatea uleiului și deci consumul la sursa de energie (electricitate sau combustibil lichid) [2].

Posibilitatea modificării temperaturii ambientale a aerului din mediul de lucru, în special dacă mașina este mutată între locuri cu condiții climatice diferite, este mai mult decât evidentă.

Chiar dacă Eficiența Proiectului nu se schimbă, eficiența de operare se micșorează inevitabil în timp din cauza uzurii. La fel, în timp ce Capacitatea de Răcire Instalată, ca procent din puterea de intrare, nu se schimbă în timp, eficiența ei se poate reduce din cauza uzurii în timp a componentelor circuitului de răcire iar în cazul răcirii cu aer, a schimbărilor temperaturii mediului ambiant și ale altitudinii, [2].

Menținerea unei mașini hidraulice în „zona optimă” de eficiență impune o proiectare foarte bine documentată. Menținerea în acea zonă ar însemna ca schimbarea variabilelor care intervin să fie minimă, [2].

În practică, sunt luate măsuri generale de îmbunătățire a mentenanței precum și măsuri specifice. Astfel, în perioada de proiectare de interes sunt următoarele tipuri de măsuri pentru îmbunătățirea mentenanței:

- Măsuri generale în legătură cu îmbunătățirea indicatorilor de fiabilitate;
- Măsuri privind îmbunătățirea filtrării;
- Măsuri de reducere a zgomotului;
- Măsuri pentru prevenția și predicția defectării echipamentului sau sistemului;
- Măsuri generale în ceea ce privește fluidul hidraulic, [2].

Măsuri generale aplicare pentru îmbunătățirea indicatorilor de fiabilitate:

Îmbunătățirea indicatorilor de fiabilitate constituie o direcție importantă pentru asigurarea în perspectivă a mentenanței echipamentelor și sistemelor hidraulice, în special, în ultimii ani când, prin creșterea complexității utilajelor, orice întrerupere a funcționării duce la pierderi economice foarte mari. Marirea gradului de complexitate a activităților de mentenanță poate duce la rezultate bune în funcționare, însă trebuie ținut cont în permanență de creșterea prețului și transformarea sistemului într- unul neeconomic,[2].

Prima măsură pe care o ia proiectantul este să creeze scheme simple, cu puține echipamente care se influențează reciproc. Orice aparat care este inclus inutil în schemă va face ca probabilitatea de defectare să crească, fiabilitatea să scadă, iar mentenanța să devină complicată, și mai ales să se scumpească. Schemele care introduc ambiguități sau care complică sistemul de automatizare trebuie să fie eliminate, [2].

A doua măsură pe care o ia proiectantul este să folosească în realizarea utilajului componente cu fiabilitate ridicată, pentru ca, în final, tot sistemul să se bucure de indicatori de fiabilitate buni, astfel încât timpul de bună funcționare între defectări să crească, iar mentenanța să fie ușor predictibilă și economică, [2].

A treia măsură pe care o ia proiectantul este ca, încă de la început, elementele cu fiabilitate mică să fie incluse în utilaj în zone ușor accesibile și cu posibilitatea înlocuirii lor fără ca întregul ansamblu să fie demontat, [2].

A patra măsură se referă la adoptarea unor soluții prin care să fie redus zgomotul, să fie menținută calitatea necesară funcționării fluidului de lucru și să se evite scurgerile spre exterior determinate de garnituri de proastă calitate sau nepotrivite pentru tipul de etanșare ales,[2].

A cincea măsură recomandată este ca, în situația în care pierderile energetice și încălzirile creează probleme funcționale și produc creșterea costurilor de întreținere, să se mărească diametrul nominal al aparatelor și al țevilor (conductelor), [2].

A șasea măsură ce trebuie luată încă din faza de proiectare este adoptarea metodei modulare sau cu subansamble cât mai independente în caz de defectare, adică să nu se poată trece ușor la blocarea întregului sistem din cauza unei probleme locale de mică importanță, cum ar fi, de exemplu, deteriorarea unei etanșări, [2].

A șaptea măsură care ar trebui adoptată este de a se folosi în special blocurile cu aparate, și se facă mai puțin legarea plăcilor aparatelor prin intermediul țevilor,[2].

A opta măsură necesară în faza de proiectare este legată de stabilirea unui program precis de mentenanță preventivă, cu posibilitatea preluării de elemente din mentenanța predictivă sau proactivă.

A noua măsură este de a se asigura încă din faza de proiectare puncte de măsură a debitului, presiunii și temperaturii, unde se vor insera în timpul exploatării aparatele de măsurare și control [2].

Măsuri pentru îmbunătățirea calității filtrării:

Alegerea nivelului de filtrare pentru un sistem se face ținând seama de toleranța echipamentelor la contaminanți, de nivelul presiunii de lucru, de severitatea ciclului de lucru, de tipul fluidului și de siguranța pe care trebuie să o asigure sistemul, [2].

Unele dintre cele mai importante măsuri legate de alegerea sistemului de filtrare sunt:

- Corelarea gradului de filtrare cu tipul de aparate din schema hidraulică și cu nivelul presiunii de lucru. Cu cât nivelul presiunii devine mai ridicat, va crește și gradul de filtrare. Introducerea aparatelor hidraulice proporționale sau a servovalvelor electrohidraulice în instalație înseamnă introducerea imediată a unor filtre cu un grad de filtrare mai mare.

- Utilizarea poziționării filtrelor în instalație ținând seama de nevoile fiecărui segment funcțional. Astfel, vor fi evitate filtrele pe aspirație, vor fi utilizate în special filtrele pe retur și filtrele pe presiune mai ales în situația existenței unor ramuri extrem de importante care au nevoie de o protecție specială, cum ar fi secțiunile cu servovalve, [2].

Măsuri privind reducerea zgomotului:

Câteva dintre măsurile care se iau încă din perioada de proiectare privind reducerea zgomotului sunt prezentate în cele ce urmează:

- se izolează grupul de pompare prin conducte flexibile față de restul instalației;
- se izolează mecanismele funcționale ale utilajului prin conducte flexibile față de instalația hidraulică;
- se introduc intercalat unele furtune în lanțul de țevi pentru a rupe legătura metalică și pentru a se reduce nivelul de zgomot;
- se izolează echipamente și grupurile de echipamente generatoare de zgomote puternice cu materiale fonoabsorbante;
- se grupează aparatele pentru reducerea suprafețelor metalice libere;
- se grupează aparatele într-un singur bloc;
- se utilizează aparatura de tip sandwich pentru montajul pe panou;
- se introduc unele acumulate pneumohidraulice pe liniile care prin închidere și deschidere bruscă pot produce lovitură de berbec. În afară de acumulate, este de dorit ca sistemele de distribuție, sau chiar și cele de reglare, să se bazeze pe o deschidere de tip rampă a secțiunilor de curgere;
- deoarece nivelul de zgomot emis de un obiect compact este direct proporțional cu aria radiantă și invers proporțional cu masa acestuia, este recomandat ca, încă din faza de proiectare, să se acționeze prin creșterea masei bazinului sau prin întărirea suportului electropompei, pentru că asupra suprafeței se poate interveni destul de puțin, chiar nesemnificativ. În activitatea practică, trebuie îndepărtată electropompa de bazin (la 0,5m, circa) sau se va folosi o electropompă introdusă în bazin, [2].

Măsuri de prevenție și de predicție a defectării echipamentului sau sistemului:

- Se inscripționează circuitele și racordurile pentru ușurarea activității de mentenanță;
- Se elaborarează lista echipamentelor, componentelor și a materialelor. Ea se stabilește concret, pentru fiecare instalație, încă din faza de proiectare și nu trebuie să lipsească de pe listă uleiul, filtrele, elementele de etanșare. Trebuie aflat cât timp și în ce condiții au stat în stoc.
- Se includ în instalație dopurile de aerisire;
- Se introduc în proiect unele racorduri care asigură o bună etanșare, specifice tipului de instalație (industrială, mobilă, de înaltă presiune etc.);
- Se proiectează soluții cu cât mai puține racorduri, pentru reducerea punctelor de risc, [2].

Măsuri generale legate de fluidul hidraulic:

Alegerea corectă a fluidului hidraulic:

Sistemele hidraulice folosesc mai multe tipuri de fluide. Dintre acestea pot fi amintite uleiul de motor multigrad, fluidul pentru transmisii automate și uleiul hidraulic aditivat. Se pune întrebarea care tip de ulei este cel mai indicat pentru o anumită aplicație? Pentru că nu este posibil să se facă o recomandare generală, care să cuprindă toate tipurile de echipamente hidraulice în toate aplicațiile, mai jos sunt prezentați câțiva factori de care e bine să ținem seama la alegerea fluidului hidraulic, [2].

Uleiuri multigrad sau monograd:

Vâscozitatea reprezintă cel mai important factor luat în discuție la alegerea unui fluid hidraulic. Nu e important cât de bune sunt celelalte proprietăți ale uleiului dacă indicele de vâscozitate nu este ales în conformitate cu domeniul temperaturilor de lucru ale sistemului. În acest caz, durata maximă de viață a sistemului nu va fi atinsă. Definirea corectă a indicelui de vâscozitate pentru un sistem hidraulic particular implică luarea în considerare a câtorva variabile interdependente. Acestea includ:

- Vâscozitatea la temperatura ambientală minimă;

- Temperatura maximă de operare, care depinde de temperatura maximă din mediul ambiant;
- Domeniul de vâscozitate admisibilă și optimă pentru componentele sistemului.
Valorile vâscozității minime admise și ale vâscozității optime, pentru diferite tipuri de componente hidraulice, sunt arătate în Tab. 8, [2].

Tab. 8 - Domenii de vâscozitate pentru pompele volumice, [2]

Componenta	Vâscozitatea minim admisibilă (cSt)	Vâscozitatea optimă minimă (cSt)
Pompă cu palete	25	25
Pompă cu roți dințate angrenare exterioară	10	25
Pompă cu roți dințate angrenare interioară	20	25
Pompă cu pistoane radiale	18	30
Pompă cu pistoane axiale	10	16

Dacă sistemul hidraulic va funcționa la temperaturi sub 0°C iarna și în condiții tropicale vara, este clar că se va utiliza un ulei multigrad. Dacă vâscozitatea poate fi păstrată în domeniul optim (de regulă 25...36 cSt), eficiența totală a sistemului hidraulic este maximă (minimum de energie de intrare va fi transformată în căldură). Deci, în anumite condiții, folosirea unui ulei multigrad poate diminua consumul de energie al sistemului; pentru echipamentele hidraulice mobile, aceasta lucru este echivalent cu reducerea consumului de carburant, [2].

Folosirea uleiurilor multigrad în sistemele hidraulice implică unele probleme specifice. Aditivii pentru îmbunătățirea indicelui de vâscozitate (VI) pot avea un efect negativ în privința proprietăților uleiului de separare a aerului. Acesta este un lucru nedorit, mai ales în sistemele mobile, care au un rezervor relativ mic, cu performanțe mici de aerare. Ratele înalte de forfecare și condițiile de curgere turbulentă, care sunt de multe ori prezente în sistemele hidraulice, distrug legăturile moleculare ale aditivilor în temperatură, ducând la pierderea vâscozității. Când se alege un indice VI ridicat sau un ulei multigrad, se recomandă ca valorile minime admisibile ale vâscozității să fie majorate cu 30% față de cele de bază (vezi Tab.8), pentru a compensa scăderea indicelui VI prin forfecare. Această ajustare micșorează temperatura de funcționare maximă admisibilă, care altfel ar fi admisă pentru uleiul selectat și, deci, oferă o marjă de siguranță pentru reducerea vâscozității ca o consecință a fenomenului de forfecare.

Dacă sistemul hidraulic are o gamă de temperatură de funcționare redusă și este posibilă păstrarea vâscozității optime folosind un ulei monograd, se recomandă utilizarea acestuia, [2].

Cu sau fără aditivi detergenți:

Fluidele HLP-D reprezintă o clasă de fluide hidraulice antiuzură care au în compoziție detergenți și agenți de dispersie. Folosirea acestor fluide este recomandată de către majoritatea producătorilor importanți de componente hidraulice. Uleiurile cu detergenți au capacitatea de a emulsiona apa; ele dispersează și suspendă alți contaminanți, precum lacurile și nămolul. Acest lucru împiedică depunerea și face posibilă filtrarea contaminanților. Aceste proprietăți sunt recomandate mai ales în sistemele hidraulice mobile, care spre deosebire de sistemele industriale, au posibilități reduse pentru depunerea și precipitarea contaminanților la rezervor, din cauza volumului relativ mic al acestuia, [2].

Preocuparea de bază legată de aceste fluide este faptul că ele au o capacitate excelentă de emulsionare a apei, ceea ce înseamnă că dacă este prezentă, apa nu rămâne separată din fluid. Apa micșorează timpul de îmbătrânire a uleiului, reduce capacitatea de lubrifiere și filtrabilitate, micșorează durata de viață a elementelor de etanșare și duce la coroziune și cavitație. Apa emulsionată se poate transforma în abur la contactul cu piesele fierbinți ale sistemului. Totuși, aceste probleme pot fi evitate prin menținerea conținutului de apă sub punctul de saturație a uleiului la temperatura de funcționare, [2].

Cu sau fără aditivi anti-uzură:

Rolul aditivilor anti-uzură este de a păstra lubrifierea în condiții la limită. Cel mai frecvent aditiv anti-uzură utilizat la uleiul de motor și uleiul hidraulic este ditiofosfatul dialchil de zinc (ZDDP). Prezența ZDDP nu este întotdeauna apreciată ca un element pozitiv, din cauza faptului că se poate rupe chimic și poate ataca unele metale, și pentru că poate reduce filtrabilitatea. Prin stabilizarea chimică a ZDDP s-au depășit în mare parte aceste inconveniente, ceea ce face din acesta un aditiv esențial folosit în sistemele de înaltă presiune, la sistemele hidraulice de înaltă performanță, cum ar fi cele echipate cu pompe și motoare cu pistoane. O concentrație ZDDP de cel puțin 900 părți la un million poate fi utilă în aplicații mobile, [2].

În privința recomandărilor de ulei hidraulic, din motive comerciale referitoare la garanție, este bine să se urmeze recomandările producătorului echipamentului. Totuși, în unele aplicații, folosirea unui alt tip de fluid decât cel specificat mai întâi de către producătorul de echipamente poate mări performanța sistemului hidraulic dar și fiabilitatea. Întotdeauna trebuie analizată aplicația cu un specialist tehnic de la furnizorul de ulei și producătorul echipamentului înainte de a trece la un alt tip de fluid, [2].

Se va lua în considerare controlul contaminării înainte de a cumpăra echipamentul hidraulic!

În prezent, adoptarea celor mai bune practici pentru controlul contaminării este mai mult decât o condiție înainte-acceptată pentru fiabilitate. Luând în considerare progresele contemporane în tehnologia pentru eliminarea și îndepărtarea contaminanților, putem spune că eșecul în controlul contaminării este mai degrabă un eșec de proiectare a mașinii decât unul legat de întreținere, [2].

5.2.2. Mentenanța instalațiilor hidraulice. Montaj și PIF

În rândurile de mai jos, vor fi luate în considerare numai câteva dintre cele mai importante echipamente care se află în componența instalațiilor hidraulice. O primă și importantă verificare este cea a integrității fiecărei componente a instalației, pentru eliminarea unor incidente chiar de la începutul funcționării. Se pune un mare accent pe existența elementelor de etanșare adecvate, [2].

Întreținerea și exploatarea rezervoarelor de ulei:

Rezervoarele de ulei sunt de cele mai multe ori o bază a instalației și o sursă de alimentare cu fluid de lucru și deci, trebuie să fie permanent supravegheat de echipa de întreținere a unității care administrează utilajul cu instalația hidraulică.

- Zilnic trebuie verificat nivelul de ulei din rezervor.
- La punerea inițială în funcțiune a instalației hidraulice se va verifica, după 2, 8 și 24 ore de funcționare efectivă, dacă filtrele nu sunt pline cu impurități.
- După 100 ore de funcționare, trebuie să se golească uleiul din instalație, deci și din rezervor, și să fie reumplut numai după ce uleiul a fost filtrat și verificat.
- În cazul instalațiilor care lucrează în aer liber sau a celor prevăzute cu schimbător de căldură apă – ulei, la fiecare 500 ore de funcționare apa de condens va fi purjată pe la bușonul de golire din fundul rezervorului.
- După fiecare 2500 ore de funcționare, va fi golit uleiul și se va curăța rezervorul, după care se va alimenta cu ulei nou, curat.
- Periodic, la cel mult 1000 ore de funcționare, se vor lua din bazin eșantioane de ulei și se va face analiza stării uleiului, pentru a se aprecia măsura în care el este uzat.
- Curățarea bazinului după golirea uleiului sau înainte de prima umplere va fi făcută în conformitate cu recomandările specifice.
- Suprafețele interioare trebuie protejate împotriva oxidării pricinuite de condensarea vaporilor de apă din atmosferă. Protecția se va face pe cale chimică (fosfatare) sau prin ungere cu vaselină pe porțiunile aflate în contact cu aerul. Acoperirea cu vopsea a interiorului bazinului este de evitat, dacă nu se poate asigura o aderență adecvată a peliculei acesteia. Exfolierea vopselei va duce la impurificarea lichidului de lucru din instalație și implicit la îmbâcsirea filtrului, [2].

Electropompe:

În instalațiile hidraulice fixe, pompele care livrează lichidul sub presiune pentru acționări și comenzi, dar și în alte scopuri cum ar fi alimentarea forțată a pompelor de presiune sau pentru filtrarea și răcirea fluidului de lucru etc., sunt acționate de motoare electrice. Cele două componente, **motorul electric** și **pompa**, formează o unitate separată, denumită **electropompă**, [2].

Formele sub care se prezintă electropompele sunt variate și sunt dictate de mărimea lor, de locul de amplasare față de rezervorul de fluid de lucru și de numărul de pompe care sunt acționate în același timp.

Prioritatea echipei de supraveghere și mentenanță este de a controla integritatea electropompei și echiparea corectă, în conformitate cu documentația acesteia, [2].

Montarea, punerea în funcțiune (PIF), exploatarea și întreținerea pompelor hidraulice

La **montarea și punerea în funcțiune** a pompelor hidraulice se va ține seama de următoarele lucruri:

- Se umple pompa cu ulei hidraulic înainte de montarea în instalație.
- Țevile de legătură trebuie curățate înainte de montaj, iar țevile trebuie decapate.
- Simeringul trebuie protejat împotriva stropirii cu vopsea în situația vopsirii instalației.
- Excentricitatea arborelui de antrenare trebuie controlată în raport cu centrajul realizat. (Bătaia să nu depășească 0, 2 mm).
- Cuplajul folosit (cuplaj compensator, ghiară sau manșon canelat) nu are voie să introducă niciun efort axial sau radial asupra arborelui pompei.
- Pentru antrenarea cu curele trapezoidale, cu pinioane dințate sau cu arbori cardanici vor trebui prevăzute lagăre suplimentare.
- Conducta de aspirație este nevoie să fie cât mai scurtă și prevăzută cu cât mai puține coturi, cu diametrul interior egal sau mai mare decât orificiul de aspirație al pompei. Conducta de aspirație trebuie să fie perfect etanșă.
- Orificiul de drenaj trebuie poziționat așa încât carcasa pompei să fie tot timpul plină cu ulei:
- Sensul de rotație trebuie să fie controlat.
- După prima pornire a pompei se recomandă purjarea aerului din pompă deșurubând puțin racordul de refulare.

Înainte de pornirea pompei se va controla:

- Dacă cuplajul dintre pompă și motorul de antrenare a fost montat și centrat corespunzător;
- Dacă motorul electric a fost corect legat din punct de vedere electric (legătură în stea sau triunghi);
- Dacă filtrul are finețea de filtrare prescrisă și dacă filtrul a fost montat corespunzător față de direcția de refulare a debitului de ulei;
- Dacă rezervorul este umplut până la nivelul prescris;
- Dacă sensul de rotație al electropompei este corespunzător, prin porniri scurte cu desfăcând la maximum supapa de siguranță a instalației.

Pornirea pompei se va face în următoarele condiții:

- Doar la presiunea de recirculare;
- Se scoate aerul din instalație simultan cu recircularea până la aducerea temperaturii uleiului la temperatura prescrisă de lucru;
- Se reglează supapa de siguranță a instalației după crearea sarcinii;
- Se face controlul etanșeității legăturilor și se ascultă zgomotul produs de pompă.

În timpul **exploatării** pompelor, se va ține seama de următoarele aspecte:

- Mediul hidraulic. Ca mediu hidraulic se poate folosi ulei H 32 EP, H 46 EP STAS 12023 – 82 sau alte uleiuri hidraulice, care în funcție de temperatura de lucru, să se încadreze în zona stabilită de fabricant.
- Filtrarea uleiului. Pentru o întreținere bună a sistemului hidraulic, filtrarea uleiului are un rol important. Un ulei cu impurități duce la uzuri premature, la defectarea pompelor și la micșorarea randamentului. Pentru evitarea acestor probleme instalația hidraulică va fi prevăzută

cu un filtru cu finețea de filtrare de maxim 25 μm , poziționat pe conducta de retur în rezervor. Periodic, filtrul trebuie curățat sau înlocuit pentru păstrarea capacității de filtrare.

- Pentru a se asigura o filtrare corespunzătoare la pompele cu roți dințate se poate monta pe conducta de aspirație un filtru din plasă de sârmă cu finețea de filtrare de 100 μm .
- Trebuie respectate caracteristicile pompei privitor la turația de antrenare, presiunea și înălțimea de aspirație.
- Uleiul de retur trebuie să curgă în rezervor sub nivelul uleiului iar nu în apropierea orificiului de aspirație, [2].

Principii de montaj:

Motorul electric acționează pompa hidraulică prin intermediul unui cuplaj elastic, care preia eventualele neacoaxialități dintre cele două componente și amortizează șocurile apărute la pornire. În Fig. 5. se poate observa un cuplaj elastic cu rozetă. Se mai pot utiliza:

- cuplaje dințate cu manșon dințat realizat din poliamidă (Fig. 6), mai puțin elastice, dar care preiau și ele șocurile de la pornire;
- cuplaje neelastice, cu disc intermediar cu locaș în cruce. Ele se folosesc în special la cuplarea pompelor cu roți dințate.

Este indicat ca pornirea motoarelor electrice să nu se facă în sarcină, sau sarcina să fie cât mai mică, pentru a nu se suprasolicita motorul electric și pompa.

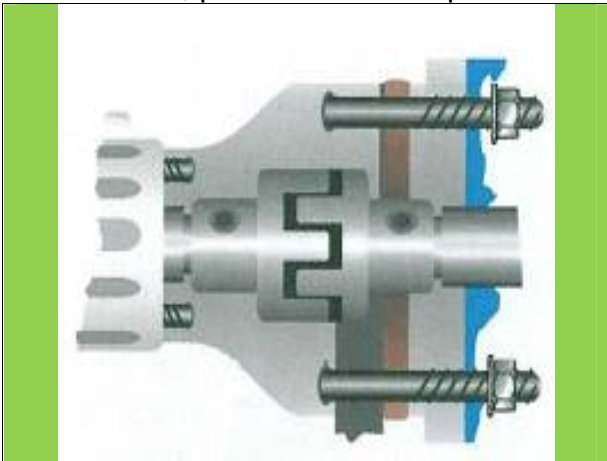


Figura 5 - Cuplaj elastic cu rozetă, [2]

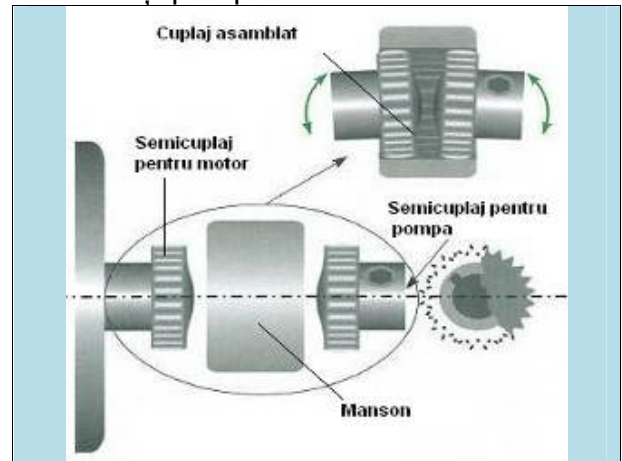


Figura 6 - Cuplaj dințat cu manșon, [2]

Cel mai uzual mod de montare a pompei față de motorul electric este cel cu ajutorul unei carcase – clopot, de tipul celei din Fig.7. Aceasta are la un capăt o flanșă cu aceleași orificii de prindere ca ale flanșei motorului electric (motor tip B5 sau B3 – B5), iar la celălalt capăt o flanșă asemănătoare cu flanșa pompei.



Figura 7- Carcase clopot și suporturi cu talpă de fixare a pompei față de motorul electric, [2]



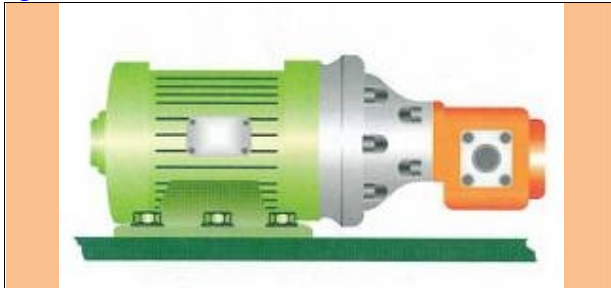
Figura 8 - Electropompă cu motor electric și pompă montate separat pe un cadru, [2]

Aceste carcase, denumite și lunete, sunt tipizate, însă nu pot fi acoperite toate combinațiile de pompe și motoare electrice folosite. Din această cauză întâlnim carcase – clopot prevăzute numai cu flanșa de montare pe motorul electric și cu posibilitatea de adaptare a unei flanșe intermediare pentru montarea pompei (vezi Fig. 7).

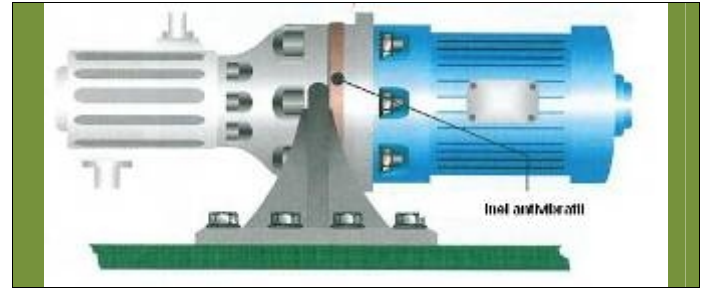
Dacă nici această soluție se poate aplica, există soluția de montare separată a pompei pe un suport cu talpă, amplasat la rândul lui pe același cadru cu motorul electric (motor cu talpă – varianta B3) (vezi Fig. 8).

O ultimă soluție de asamblare a unei electropompe este cea a electropompei duble, în care motorul electric are două capete de antrenare, astfel că pot fi antrenate două pompe simultan. Montarea pompelor față de motor se poate face la un capăt cu ajutorul carcusei tip clopot și la celălalt cu ajutorul unui suport cu talpă, sau la ambele capete cu ajutorul unor suporturi cu talpă.

Poziția de lucru a electropompei poate fi cu axul orizontal, ca în Fig. 9, sau vertical, ca în Fig. 10.

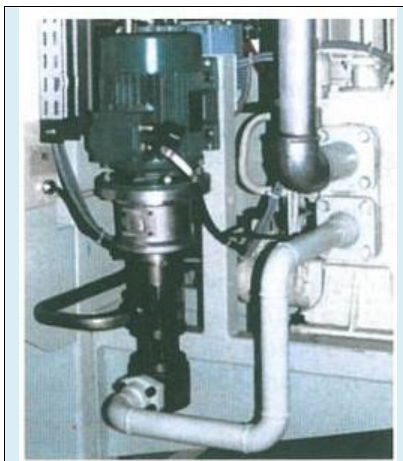


a) fixare pe suport cu talpă, [2]

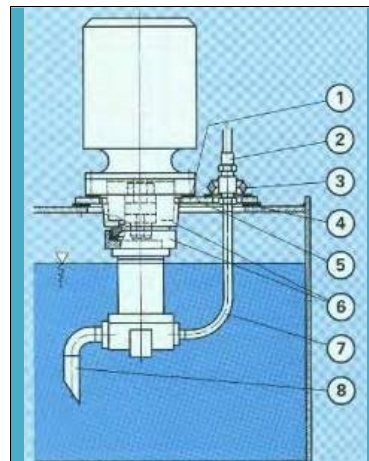


b) fixare pe talpa motorului electric, [2]

Figura 9 - Electropompe cu ax orizontal, [2]



a) Cu pompă înecată



b) Cu pompă imersată

Figura 10 - Electropompe cu ax vertical, [3]

Legendă	
1	Inel de etanșare
2	Furtun
3	Element de amortizare
4	Garnitură de etanșare
5	Placă de fixare
6	Carcasă clopot cu inel de amortizare
7	Țeavă sau furtun cu rază mare de curbare
8	Ștuț de aspirație scurt

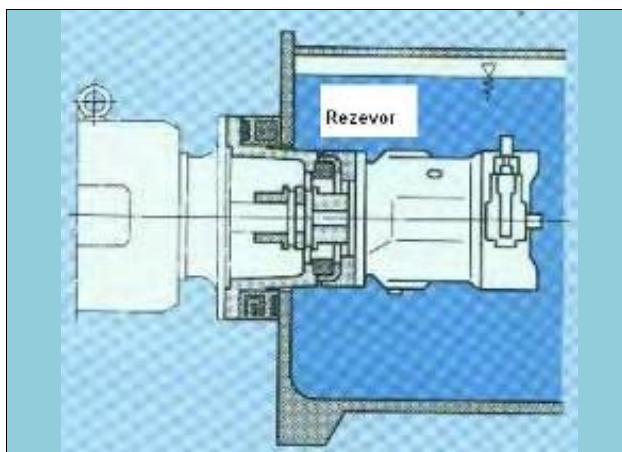


Figura 11 - Electropompă cu ax orizontal cu pompă imersată, [2]

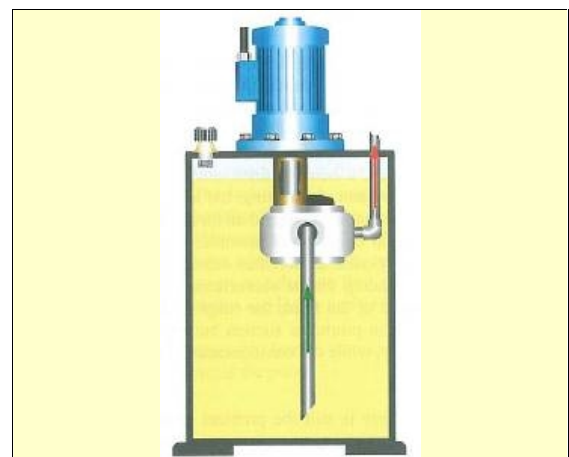


Figura 12 - Electropompă ax vertical cu pompă imersată [2]

Electropompele cu ax orizontal, ca și cele cu ax vertical, pot avea pompele imersate în bazin (Vezi Fig. 11 și Fig.12). Nivelul minim al uleiului pentru pompe cu pistonăse axiale imersate trebuie să fie situat cu cel puțin 1 metru deasupra orificiului de aspirație, pentru că prin pâlniile de aspirație care se formează, pompa poate trage aer. Acest fenomen este detectat prin zgomotul specific de cavitație care apare atunci când uleiul la aspirație lipsește, [2].

Electropompele care au pompe cu pistonăse axiale nu pot fi montate pe rezervorul de ulei, pentru că pompele produc vibrații, iar rezervorul de ulei mărește zgomotele produse de ele la fel ca o cutie de rezonanță,[2]

Electropompele montate pe rezervorul de ulei (vezi Fig. 13) sunt dotate cu tampoane de cauciuc pentru amortizarea vibrațiilor, cu carcase clopot (lunete) antifonate sau cu ambele sisteme de amortizare a zgomotelor (vezi Fig. 14). Amplasarea cea mai bună a electropompelor pe bazin este în acele zone în care există o concentrare de mase mai mare și unde rezervorul are o rigiditate mare (vezi Fig. 15).

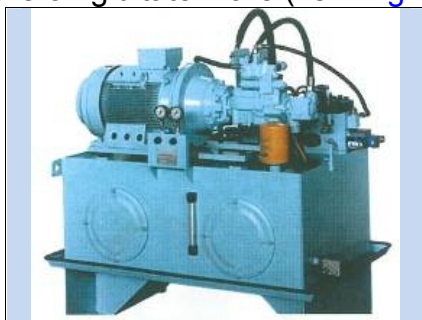


Figura 13 - Electropompă montată pe capacul rezervorului de ulei, [2]

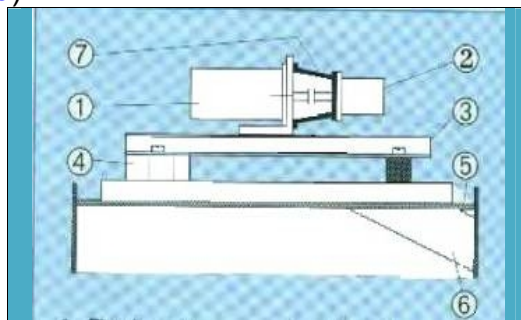


Figura 15 - Montarea electropompelor pe locuri rigide, cu mase mari, [2]

Legendă	
1	Motor electric
2	Pompă
3	Cadru
4	Element cu masă mare
5	Rezervor de ulei
6	Loc cu rigiditate mare

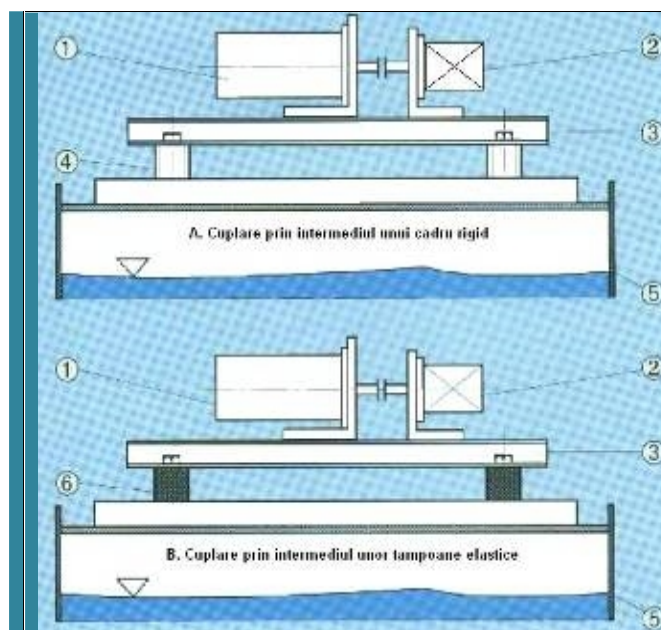
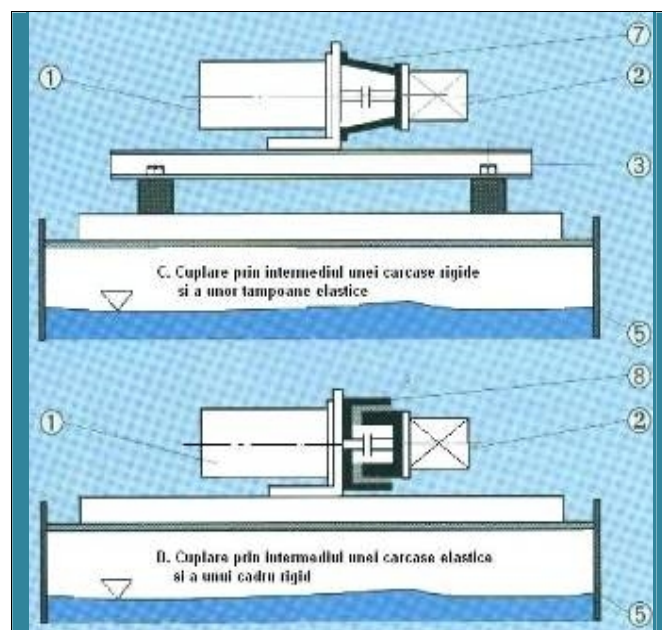


Figura 14 - Sisteme de amortizare a zgomotului la montarea electropompelor pe bazinul de ulei, [2]



5.2.3. Mentenanța în sistemele hidraulice

Mentenanța reprezintă o activitate foarte importantă pentru viața instalațiilor hidraulice și pneumatice. Ea trebuie făcută în mod științific, planificat și sub un foarte riguros control. Este nevoie ca echipa de mentenanță să-și creeze un program clar pentru prevenție și pentru mentenanța curentă. În cadrul mentenanței curente trebuie introduse și măsurile de verificare periodică. Este nevoie ca, periodic, să fie verificate manometrele, racordurile, furtunele, indicatoarele de colmatare, situația scurgerilor, culoarea și temperatura uleiului, [2].

În activitatea de mentenanță trebuie să existe o ordine deosebită, datorită importanței pentru utilaj a funcționării permanente și corecte. Este clar că funcționarea corectă se referă la

satisfacerea parametrilor funcționali proiectați, care să permită obținerea tehnologiei în condiții de siguranță și de precizie. Este evident că orice ieșire din parametrii proiectați este tratată ca defecțiune și că trebuie să se ia măsurile de reparații prevăzute în cartea tehnică a mașinii. Pentru aceasta este necesar ca echipa de mentenanță să completeze câteva jurnale de urmărire și să urmărească niște prescripții de întreținere:

- să mențină la zi listele cu protecțiile și cu riscurile posibile. Aceste liste trebuie să includă și acțiunile care trebuie întreprinse imediat;
- să mențină la zi și să asigure existența punctelor de verificare a presiunilor și a temperaturilor de control;
- să emită rapoarte de neconformitate după fiecare defecțiune, în care să fie arătate măsurile luate și situația rezolvării solicitărilor de la alte investigații;
- să completeze jurnalul de mentenanță, atât cu măsurile de prevenire, cât și cu cele rezultate la controalele curente, aici intrând și verificarea fluidului de lucru;
- să întocmească rapoartele de mentenanță atât pentru verificările periodice, cât și pentru intervențiile cauzate de apariția unor defecțiuni întâmplătoare, [3].

5.3. **Aprecierea uzurii/funcționalității componentelor/sistemelor de acționare hidraulică prin termografiere în infraroșu**

5.3.1. **Termografierea în infraroșu a sistemelor hidraulice de acționare, un subdomeniu nou de specializare inteligentă**

În domeniul cunoașterii calității produselor și sistemelor tehnice examinările nedistructive se află pe o poziție de frunte. Dintre acestea, **termografia în infraroșu** a cunoscut o aplicabilitate în domenii dintre cele mai diverse: industriile alimentară, metalurgică, energetică; sistemele mecanice; studiul organismelor biologice; curățarea mediului înconjurător; detectarea materialelor explozibile, [1]

În domeniul sistemelor de acționări hidraulice (SAH) s-au făcut în țară numai studii de aplicare a termografiei în infraroșu. În consecință, promovarea pe scară largă în industrie a unei metode de apreciere a gradului de uzură și de funcționalitate la componente și instalații hidraulice, prin termografiere în infraroșu, bazată pe analiză termografică comparatorie, constituie o direcție nouă și utilă de specializare.

Radiația infraroșie, sau energia termică radiantă invizibilă, este similară cu lumina vizibilă, cu undele radio și cu radiația ultravioletă, de care diferă doar prin lungimea de undă. Agregatele energetice/mecanice, ca și componentele, echipamentele/SAH, au schimbări compornamentale termo-energetice, care pot fi vizualizate cu metode/echipamente termografice, [1]

În domeniul SAH unul dintre cei mai importanți pași în privința mentenanței proactive este definirea domeniului de temperatură în care funcționează bine echipamentele hidraulice și asigurarea acestui domeniu: când crește temperatura, scade vâscozitatea și apare ruperea filmului de ulei de lubrifiere, când scade temperatura, crește vâscozitatea și apar condițiile de cavitație. Păstrarea unui domeniu bun de temperatură/vâscozitate, va conduce la creșterea productivității și scăderea pierderilor energetice. Din aceste motive, metoda termografierii în infraroșu a SAH poate fi încadrată cu succes subdomeniului de cercetare **Energie**, [1]

Metoda termografierii în infraroșu SAH vine în sprijinul programului „20-20-20” care prevede reducerea cu 20% a emisiilor de gaze cu efect de seră (echivalent CO₂) față de 1990; reducerea cu 20% a consumului final de energie față de anul 2005, prin creșterea eficienței energetice și creșterea ponderii surselor regenerabile în totalul mixului energetic la minim 20% până în anul 2020. (<http://arpee.org.ro/strategia-europa-2020-programul-20-20-20/>). Mentenanța predictivă prin termografiere în infraroșu este o metodă ce corespunde cerințelor actuale de reducere a amprentei de CO₂ și de protejare a mediului ambiant, este nepoluantă și are un consum redus de energie. Aplicată în mentenanța predictivă a SAH, ea poate fi încadrată domeniului de specializare inteligentă: **Energie, mediu și schimbări climatice**, [1].

În domeniul SAH, termografierea în infraroșu a fost utilizată pentru prima dată pe plan național la INOE 2000-IHP București, care a realizat în septembrie 2016 primele analize termografice pe aparatură hidraulică, [1].

Pe standul din Fig.16., în timpul testării unei pompe cu pistoane axiale și disc înclinat (Fig.16.), de tip Brueninghaus (Germania), au fost ridicate termogramele standului și pompei, prezentate în Fig.17 și Fig.18. Termogramele, realizate cu camera de termoviziune tip FLIR (Fig.19 și Fig. 20), pun în evidență gradul de uzură și de funcționalitate a pompei testate. În acest caz, diferența de temperatură dintre zona cu rulmenți (capăt stânga) și zona blocului de distribuție (capăt dreapta) fiind mai mică de 10°C, s-a constatat că pompa nu a avut uzuri pronunțate și a funcționat în parametrii de catalog, [1].



Pe plan internațional, analiza defecțiunilor prin termografieră în infraroșu, pentru utilajele acționate hidraulic, este larg răspândită; un exemplu este oferit de firma americană SIMCO. Astfel, cei doi cilindri hidraulici de înclinare a încărcătorului frontal (Fig. 21) au fost analizați prin termografieră în infraroșu, iar termograma acestora (Fig.22.) evidențiază o încărcare egală a cilindrilor, [1].

5.3.2. Descrierea utilității metodei și a necesității utilizării ei în țară

Metoda inspecției tehnice, periodice sau continue, a componentelor hidraulice, fără demontarea lor din instalațiile de acționare, ci direct pe utilajele acționate hidraulic, este foarte utilă, rapidă și economică. Ea se adresează diferiților beneficiari, care au în exploatare astfel de utilaje.

Metoda se înscrie în practicile de mentenanță predictivă și preventivă, putând fi aplicată cu succes **în agricultură**, la mașinile acționate hidraulic, care sunt pregătite pentru campaniile de primăvară și toamnă; **în transportul feroviar**, la verificarea amortizoarelor vagoanelor de marfă și de călători; **în construcții**, la verificarea parcului de utilaje acționate hidraulic (macarale, buldozere, excavatoare, încărcătoare frontale) ale diferitelor firme etc, [1].

Beneficiarul metodei, trebuie instruit de către un **Furnizor** de servicii specializat să lucreze cu camera de termoviziune și să interpreteze termogramele realizate pe utilajele acționate hidraulic. După termografieră componentelor hidraulice, Beneficiarul metodei va identifica componentele hidraulice, care se vor defecta într-un viitor mai scurt sau mai lung și care vor fi trimise la reparații. În timp, pe baza experienței acumulate în termografieră și interpretarea termogramelor componentelor SAH, Beneficiarul va putea promova, la rîndul său, această metodă în țară firmelor cu același profil de activitate, [1].

5.3.3. Obiectivele metodei termografierii în infraroșu a componentelor și SAH

Mentenanța componentelor și SAH prin termografieră în infraroșu poate genera un adevărat „Transfer tehnologic național” printre firmele cu preocupări în domeniu.

Obiectivele specifice ale acestui tip de mentenanță constau în realizarea a **trei baze de date**, realizate în **trei faze**, pentru:

- **F1**-pompe, aparatură și SAH reale/funcționale **fără uzură**;
- **F2**-cilindri, motoare, aparatură și SAH reale/funcționale **fără uzură**;
- **F3**-pompe, cilindri, motoare, aparatură și SAH reale/funcționale **cu diferite grade de uzură**, [1].

Metoda este inovativă pentru toate firmele care au ca obiect de activitate exploatarea, întreținerea și reparația componentelor și SAH.

Ea promovează o metodă de mentenanță predictivă, a pompelor, cilindrilor, aparaturii hidraulice și SAH aparținătoare, care combină avantajele termografierii în infraroșu, a unor sisteme aflate în funcțiune, cu experiența Furnizorului de servicii, în testarea experimentală, pe standuri specializate, și aprecierea gradului de uzură/funcționalitate a componentelor/sistemelor de acționare hidraulice.

Metoda promovează o metodologie deschisă, originală în țară, bazată pe cunoașterea și interpretarea corectă a rezultatelor experimentale, perfectibilă în mod continuu de către practica exploatării SAH. Bazele de date vor fi permanent reactualizate și adaptate evoluției pieței de pompe, cilindri hidraulici și aparatură hidraulică, [1].

Metoda realizează un salt calitativ în domeniul mentenanței predictive a SAH; de la informațiile tehnico-științifice referitoare la aprecierea gradului de uzură / funcționalitate prin teste experimentale asupra pompelor și cilindrilor hidraulici la analiză termografică comparativă, fără demontarea lor de pe utilaj.

Metoda prezintă un **risc tehnologic minimal**; dacă o termogramă reală, ridicată pe o pompă sau cilindru în funcțiune, nu oferă imediat indicii asupra gradului de uzură/funcționalitate, după testarea completă pe stand a pompei / cilindrului hidraulic acea termogramă reală se transformă în termogramă de referință pentru alte pompe sau cilindri din aceeași familie cu cea/cel probat, [1].

Beneficiarul poate valorifica această metodă, a termografierii în infraroșu, furnizând metodologia de apreciere a gradului de uzură/funcționalitate a pompelor, cilindrilor și aparaturii hidraulice și altor firme care dețin în exploatare sau repară instalații de acționare hidraulice. Metoda se poate valorifica imediat prin monitorizarea permanentă a instalațiilor de acționare hidraulică din componența mașinilor și utilajelor, fixe sau mobile. Datorită acestei monitorizări, realizate prin termografiere comparativă în infraroșu, va crește numărul de clienți ai beneficiarului pentru activitatea de reparații mașini hidraulice și mentenanță predictivă instalații hidraulice.

Noutatea produsului pentru IMM-uri și în România.

În domeniul termografiei sistemelor de acționare hidraulice s-au realizat numai cercetări teoretice, fără crearea/validarea unei metodologii practice de aplicare. Metoda pleacă de la aplicarea termografierii în infraroșu a sistemelor aflate în funcțiune, la pompele cilindrii și aparatura hidraulică aparținătoare sistemelor de acționare, și adaugă aprecieri asupra gradului de uzură/funcționalitate asupra acestora, [1].

5.3.4. Impactul socio – economic. Rezultate estimate

Beneficiarul metodei poate fi din categoria celor care au ca obiect de activitate vânzarea componentelor hidraulice, proiectarea, reparațiile și modernizarea sistemelor de acționare hidraulică și service-ul pentru utilajele fixe și mobile acționate hidraulic.

Se estimează că în urma implementării proiectului Beneficiarul își va dezvolta activitatea de reparații a pompelor, cilindrilor și componentelor hidraulice prin pătrunderea sa pe piețe noi, formate din firme care au în exploatare instalații de acționare hidraulică, pentru echipamente fixe sau mobile. Acestea vor fi interesate de mentenanța mașinilor și componentelor hidraulice, precum și a sistemelor de acționare aparținătoare pe care le au în exploatare, datorită faptului ca operațiunea se poate realiza preventiv și la costuri minime, [1].

În consecință, **mentenanța sistemelor de acționare hidraulice (SAH) va putea deveni o nouă direcție de activitate** a Beneficiarului, care va completa pe cea existentă de reparații componente specifice SAH, [1].

Beneficiarul metodei va putea încheia contracte de mentenanță cu firmele menționate, prin care, periodic se va deplasa la sediul acestora, pentru evaluarea pe baza de analiza termografică comparatorie a gradului de uzură/funcționalitate la pompe, cilindri, și componente hidraulice aflate în funcțiune. Depistarea timpurie și continuă a eventualelor uzuri și

disfuncționalități la mașinile și componentele hidraulice aflate în funcțiune va fi rentabilă atât pentru Beneficiarul metodei cât și pentru clienții săi; Beneficiarul își va putea asigura în mod continuu activitatea de reparații mașini și componente hidraulice, prin creșterea numărului de contracte de reparații, asigurat de mentenanța termografică predictivă, iar clienții acestuia vor înregistra mai puține ore de întrerupere în fluxul propriu de activitate productivă, [1].

Crearea de noi locuri de muncă

Beneficiarul metodei va angaja, funcție de volumul activității sale, minim **doi tineri ingineri**, pe care îi va instrui în cunoașterea metodologiei de apreciere a gradului de uzură/funcționalitate a mașinilor și componentelor hidraulice prin analiză termografică comparatorie. Aceste două noi locuri de muncă impun persoane cu un nivel ridicat de cunoștințe în domeniul sistemelor de acționare hidraulice și cu capacitate de înțelegere și asimilare a noii metodologii de mentenanță predictivă [1]. Beneficiarul metodei va prelua, pe bază de contract, mentenanța instalațiilor de acționare hidraulică a mașinilor și utilajelor și, evident, a componentelor acestora. El își va putea dezvolta obiectul propriu de activitate, caruia îi va adăuga activitatea de mentenanță predictivă a mașinilor și componentelor hidraulice, aflate în funcțiune (suplimentar față de activitatea de reparații, realizată până la momentul achiziției acestei metodologii de termografiere în infraroșu) și activitatea de service utilaje fixe sau mobile acționate hidraulic, [1].

Alte beneficii ale metodei termografierii în infraroșu a SAH

Prin depistarea din timp a eventualelor uzuri și disfuncționalități la mașinile volumice aflate în exploatare se estimează o creștere a duratei lor de funcționare cu minim 40%. Nivelul de siguranță în exploatare a instalațiilor de acționare hidraulică, care conțin mașini și componente hidraulice testate periodic cu camera de termoviziune, se estimează să crească cu 30%. Este posibilă o creștere cu 100% a nivelului de siguranță în exploatare dacă toate elementele sistemelor de acționare hidraulică (mașini volumice plus aparatură și accesorii) sunt testate predictiv, [1]. Mentenanța predictivă, bazată pe analiză termografică comparatorie a mașinilor și componentelor hidraulice aflate în funcțiune, fără demontarea lor de pe utilaj, va determina creșterea productivității muncii la utilajele fixe și mobile acționate hidraulic cu cel puțin 15%, [1]. **Competitivitatea firmei beneficiare** a metodei va crește prin: volumul, calitatea și nivelul tehnic al reparațiilor efectuate la mașinile volumice, aparaturii hidraulice și instalațiilor de acționare aparținătoare, aflate în exploatare; lărgirea accesului la piața firmelor care exploatează instalații hidraulice de acționare; creșterea nivelului profesional al angajaților. Firma beneficiară a metodei va deveni mai competitivă prin creșterea eficienței activității de reparații mașini, aparatură și instalații de acționare hidraulică, pe care o poate desfășura ca efect al mentenanței predictive bazata pe analiză termografică comparatorie, [1].

Alte elemente de eficientizare a activității proprii a Beneficiarului sunt:

- **creșterea productivității muncii**, ca efect al depistării mai rapide a eventualelor uzuri și disfuncționalități la mașinile volumice aflate în funcțiune, datorita utilizării metodei termografice de evaluare. Metoda clasică de evaluare a uzurii/perforanțelor tehnice este de durată și scumpă din cauza faptului că presupune testarea pe standuri de probare specializate.
- **reducerea prețului de cost al reparațiilor**, datorită simplificării procedurii de testare a mașinii volumice, înainte/după reparație și readucere în parametri funcționali, prin înlocuirea verificărilor și încercărilor de pe stand cu analiză termografică comparatorie. Practic, pe stand se vor testa numai componente, nu și instalații hidraulice, iar componentele se vor testa pe stand numai dacă nu există termogramă etalon comparatorie, [1].

Metodologia de determinare a gradului de uzură/funcționalitate pentru mașini și componente hidraulice, promovată prin termografierea în infraroșu a SAH, cuprinde **trei faze**, din care primele două au câte trei activități fiecare, iar cea de-a treia are patru activități, respectiv:

- **F1-** Realizarea unei baze de date cu termograme martor pentru pompe, aparate și sisteme hidraulice reale și funcționale, **fără uzură**, cu:
 - **A1.1.** Teste experimentale pentru un număr reprezentativ de pompe și aparate hidraulice;
 - A1.2.** Termografierea în funcționare a pompelor și aparatelor testate, precum și a sistemelor hidraulice aparținătoare;

- **A1.3.** Realizare bază de date cu termograme martor pentru pompe, aparate și sisteme hidraulice reale și funcționale, **fără uzură**;
- **F2-** Realizarea unei baze de date cu termograme martor pentru cilindri, motoare, aparate și sisteme hidraulice reale și funcționale, **fără uzură**, cu:
 - **A2.1.** Teste experimentale pentru un număr reprezentativ de cilindri, motoare și aparate;
 - **A2.2.** Termografiera în funcționare a cilindrilor, motoarelor și aparatelor testate, precum și a sistemelor hidraulice aparținătoare;
 - **A2.3.** Realizare bază de date cu termograme martor pentru cilindri, motoare, aparate și sisteme hidraulice funcționale, **fără uzură**;
- **F3-** Metodologie de apreciere a gradului de uzură și funcționalitate, la pompe, cilindri, motoare, aparate și sisteme hidraulice aparținătoare, **cu diverse grade de uzură**, bazată pe analiză termografică comparativă, cu:
 - **A3.1.** Termografiera unui număr reprezentativ de pompe, aparate și sisteme hidraulice aparținătoare, **cu diverse grade de uzură**, aflate în funcționare, pe stand sau pe utilaj;
 - **A3.2.** Termografiera unui număr reprezentativ de cilindri, motoare, aparate și sisteme hidraulice aparținătoare, **cu diverse grade de uzură**, aflate în funcționare, pe stand sau pe utilaj;
 - **A3.3.** Stabilirea gradului de uzură și funcționalitate, a pompelor, cilindrilor, motoarelor, aparatelor hidraulice, prin analiză termografică comparativă;
 - **A3.4.** Validare metodologie de stabilire a gradului de uzură și funcționalitate, prin analiză termografică comparativă, la pompe, cilindri, motoare și aparate hidraulice, [1].

5.3.5. Evaluarea stării de uzură și funcționalitate la pompele hidrostactice cu ajutorul termografiei în infraroșu.

Standul și metoda de lucru

Pentru realizarea **obiectivului cercetării**, la INOE 2000-IHP București, a fost conceput, proiectat și realizat fizic un **stand de testare**, care să permită demonstrarea utilității și eficiența utilizării metodei **termografiei în infraroșu**, în predicția comportamentală a sistemelor de acționare hidrostactice. Schema hidraulică a standului este prezentată în **Fig. 23 bis**. Standul este utilizat pentru testarea unei pompe hidrostactice cu roți dințate (PRD) folosită curent în sistemele hidraulice de acționare. Testarea constă în simularea diferitelor regimuri de lucru, respectiv funcționarea la diferite trepte de presiune, precum și în modificarea graduală a condițiilor de aspirație a pompei, după o procedură adecvată.

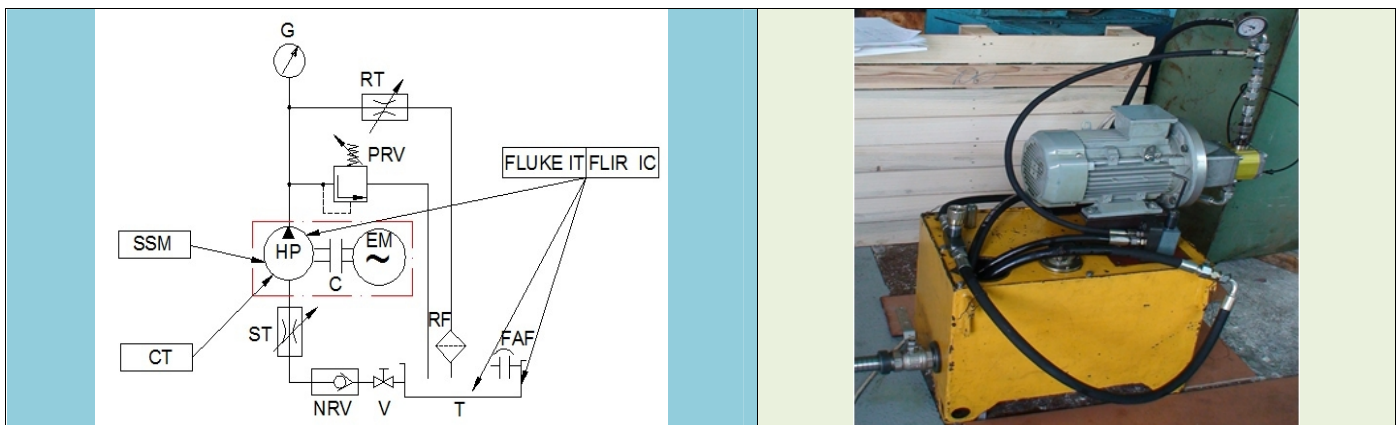


Figura 23 bis - Schemă hidraulică stand testare PRD

Figura 24 - Stand de testare PRD

Standul se compune dintr-un rezervor cu ulei hidraulic (T), prevăzut cu un filtru de umplere și aerisire (FAF) și un filtru de retur (RF). Pe capacul tancului de ulei este montat un motor electric trifazat (EM), care prin intermediul unui cuplaj (C), antrenează pompa hidrostatică (HP), supusă testării. Pompa (HP) aspiră uleiul din rezervor, pe conducta de aspirație fiind montate un robinet (V), o supapă de sens (NRV), pentru a menține circuitul de aspirație plin cu ulei, precum și un drosel (ST), prin care se poate modifica/strangula/droseliza circuitul de aspirație al pompei, în scopul modificării condițiilor de aspirație. Droselizarea secțiunii conductei de aspirație va conduce la creșterea temperaturii de funcționare, fenomen care va fi sesizat, măsurat și înregistrat de o cameră de termoviziune în infraroșu tip FLIR. Pompa hidrostatică

(HP) refulează uleiul sub presiunea indicată de manometrul (G) și este reglată la supapa de limitare a presiunii (PRV) prin intermediul unui drosel (RT), montat pe refularea pompei, care permite realizarea treptelor de presiune dorite, uleiul fiind returnat la rezervor printr-un filtru de retur (RF). Realizarea fizică a standului de testare a pompelor hidrostatice, în condiții dificile de lucru, este prezentată în Fig. 24.

Parametrii de interes, urmăriți și măsurați în timpul testărilor, au fost: temperatura mediului ambiant, temperatura uleiului, presiunea de lucru citită la manometrul (G), zgomotul în instalație citit cu Smart-Sensor (SSM) **dar în mod deosebit, temperatura pompei**, măsurată cu **3 dispozitive** și anume: cu un termometru de contact (CT), așezat direct pe pompă, cu un termometru cu infraroșu FLUKE IT, precum și cu o cameră de termoviziune în infraroșu FLIR IC. Pentru măsurarea temperaturii în punctele de interes (**pompă, rezervor, ulei**), standul a fost echipat cu următoarea aparatură:

- termometru de contact (CT), tip Checktemp 4 by Hanna, pentru măsurarea temperaturii direct pe carcasa pompei (vezi Fig. 25)
- termometru cu infraroșu (FLUKE IT), pentru măsurarea temperaturii fără contact, în cele trei puncte de interes (vezi Fig. 26);
- cameră de termoviziune în infraroșu (FLIR IC), necesară pentru măsurarea și înregistrarea temperaturii, în punctele de interes (vezi Fig. 27) ;
- sonometru (SSM) pentru măsurarea zgomotului , tip Smart Sensor AR 814 (vezi Fig. 28)



Figura 25 - Termometru de contact Checktemp 4 by Hanna



Figura 26- Termometru cu infraroșu FLUKE



Figura 27- Cameră de termoviziune în infraroșu FLIR



Figura 28 - Sonometru Smart Sensor AR 814

Pentru a pune în evidență posibilitatea utilizării metodei termografiei în infraroșu, la predicția comportamentală a sistemelor de acționare hidrostatice, au fost imaginate niște **scenarii de lucru**.

Astfel, **se simulează în condiții de laborator**, diferite **regimuri dificile de solicitare** a pompei, **care produc o creștere a temperaturii** acesteia. Acest lucru este similar cu situația de funcționare a pompei având defecțiuni majore, care conduc la creșterea temperaturii, sesizată prin măsurători periodice, care permit depistarea din vreme a unor posibile defecțiuni. Astfel, se preîntâmpină defecțiunile majore în funcționarea pompelor care pot avea consecințe economice foarte importante în sistemele de fabricație.

Principiul de realizare a experimentărilor constă în solicitarea pompei hidrostatice în diferite regimuri/trepte de presiune, iar pentru fiecare treaptă de presiune, se compară situația evoluției/creșterii temperaturii, în paralel cu modificarea condițiilor de aspirație, cu situația normală, fără modificarea “ condițiilor de aspirație.

Dacă prin măsurarea temperaturii cu o cameră de termoviziune, se pune în evidență creșterea substanțială a temperaturii, atunci acest aparat poate deveni un instrument de bază în elaborarea unei metode/metodologii de **mentenanță predictivă** pentru sistemele hidrostatice de acționare.

Procedura de experimentare (metoda de lucru) pentru fiecare treaptă de presiune și pentru fiecare situație de testare, a constat în parcurgerea mai multor faze, după finalizarea realizării ansamblului standului. Principalele faze ale testării au fost următoarele:

- stabilirea intervalului / pasului de timp pentru măsurătorii, respectiv pentru citirea valorilor de interes ;
- citirea temperaturii mediului;
- citirea zgomotului de fond;
- pornirea motorului electric de antrenare a pompei;

- reglarea treptei de presiune dorite, prin acționarea droselului de pe circuitul de presiune;
- modificarea condițiilor de aspirație a pompei, prin acționarea droselului montat pe circuitul de aspirație, pentru situația de testare în aceste condiții;
- urmărirea funcționării pompei pentru fiecare interval de timp stabilit/setat și: citirea temperaturii la termometrul de contact, citirea temperaturilor cu termometrul cu infraroșu în punctele de interes (pompa, tanc, ulei), citirea și înregistrarea temperaturilor cu camera de termoviziune în infraroșu în punctele de interes (pompa, tanc, ulei);
- oprirea pompei la atingerea temperaturii de circa 80°C;
- reluarea ciclului de măsurători pentru altă treaptă de presiune și pentru altă situație din cele menționate.

S-a procedat apoi la înregistrarea și prelucrarea datelor pe calculator, în vederea obținerii unor evoluții grafice, care să permită compararea celor două situații de lucru, cu și fără modificarea condițiilor de aspirație.

Rezultate obținute

Urmând cercetările experimentale, s-au obținut o serie de seturi de măsurători, fiecare incluzând toți parametrii mai sus menționați pentru fiecare treaptă de presiune setată/stabilită și pentru fiecare situație. În cele ce urmează, se prezintă un exemplu de date experimentale, obținute pentru treapta de presiune de **50 bar**, atât pentru situația cu drosel pe aspirație (CD) cât și pentru situația fără drosel pe aspirație (FD). Datele obținute sunt redată în **Tab.9**, unde sunt trecute valorile temperaturilor măsurate **pe carcasa pompei** cu camera de termoviziune **FLIR** și în **Tab. 11**, unde sunt trecute valorile temperaturilor măsurate **pe carcasa pompei** cu termometrul cu infraroșu **FLUKE**.

Tabelul 9 - Temperaturi măsurate cu camera FLIR [°C]

Timp [min]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Situația I, cu drosel [°C]	27,7	53,4	60,2	66,9	71,4	76,5	80,1	83,6	87,9
Situația II, fără drosel [°C]	29,2	45,6	51,7	58,1	62,9	67,8	71,8	75,1	79,2
Creșteri procentuale [%]	-	17,1	16,5	15,1	13,5	12,8	11,5	11,3	11

În **Tab. 10**, sunt trecute temperaturile relative față de cea a mediului. Pentru aceasta, s-au folosit datele din **Tab.9** (temperaturi măsurate cu camera **FLIR**). Temperaturile măsurate efectiv la momentul 0 ($T^{\circ}\text{măs}$) coincid cu temperatura mediului ambiant, ($T^{\circ}\text{med}$), adică 27,7°C, respectiv 29,2°C. Temperaturile calculate, diferențiale sau relative față de cea a mediului, reprezintă diferența dintre temperaturile măsurate ($T^{\circ}\text{măs}$) și temperatura mediului ($T^{\circ}\text{med}$) și au fost calculate cu relația $\Delta T^{\circ} = T^{\circ}\text{mas} - T^{\circ}\text{med}$.

Tabelul 10 - Temperaturi relative calculate [°C] (date FLIR)

Timp [min]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Situația I, cu drosel [°C]	0	25,7	32,5	39,2	43,7	48,8	52,4	55,9	60,2
Situația II, fără drosel [°C]	0	16,4	22,5	28,9	33,7	38,6	42,6	45,9	50
Creșteri procentuale [%]	-	56,7	44,4	35,6	29,6	26,4	23	21,7	20,4

Tabelul 11- Temperaturi măsurate cu termometrul FLUKE [°C]

Timp [min]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Situația I, cu drosel [°C]	27,8	53,6	61,7	65,3	70,6	74,7	79,2	82,6	86,9
Situația II, fără drosel [°C]	28,9	44,2	51,4	56,6	61,5	65,9	70,7	74,1	77,3
Creșteri procentuale [%]	3,9	21,2	20,0	15,3	14,7	13,3	12,0	11,4	12,4

Mai jos, se prezintă un exemplu de date experimentale, obținute pentru treapta de presiune de **75 bar**, atât pentru situația cu drosel pe aspirație (CD) cât și pentru situația fără drosel pe aspirație (FD). Datele obținute sunt redate în [Tab.12](#), unde sunt trecute valorile temperaturilor măsurate **pe carcasa pompei** cu camera de termoviziune **FLIR** și în [Tab. 14](#), unde sunt trecute valorile temperaturilor măsurate **pe carcasa pompei** cu termometrul cu infraroșu **FLUKE**.

Tabelul 12- Temperaturi măsurate cu camera FLIR [°C]

Timp [min]	0	10	20	30	40	50	60
Situația I, cu drosel [°C]	25	57,2	78,4	84,1	86,3	88,3	-
Situația II, fără drosel [°C]	29	48,2	58,5	69,3	78	86,3	93,7
Creșteri procentuale [%]	16	18,6	34	21,3	10,6	2,3	-

În [Tab.13](#), sunt trecute temperaturile relative față de cea a mediului. Pentru aceasta, s-au folosit datele din [Tab.12](#) (temperaturi măsurate cu camera **FLIR**). Temperaturile măsurate efectiv la momentul 0 ($T^{\circ}\text{măs}$) coincid cu temperatura mediului ambiant, ($T^{\circ}\text{med}$), adică 25°C, respectiv 29°C. Temperaturile calculate, diferențiale sau relative față de cea a mediului, reprezintă diferența dintre temperaturile măsurate ($T^{\circ}\text{măs}$) și temperatura mediului ($T^{\circ}\text{med}$) și au fost calculate cu relația $\Delta T^{\circ} = T^{\circ}\text{mas} - T^{\circ}\text{med}$.

Tabelul 13 - Temperaturi relative calculate [°C] (date FLIR)

Timp [min]	0	10	20	30	40	50	60
Situația I, cu drosel [°C]	0	32,2	53,4	59,5	61,4	63,3	-
Situația II, fără drosel [°C]	0	19,2	29,5	40,3	49	57,3	64,7
Creșteri procentuale [%]	-	67,7	81	47,6	25,3	10,4	-

Tabelul 14- Temperaturi măsurate cu termometrul FLUKE [°C]

Timp [min]	0	10	20	30	40	50	60
Situația I, cu drosel [°C]	25	51	72	77	83	90	-
Situația II, fără drosel [°C]	29	47,2	58,2	70,1	78,6	86,1	92,8
Creșteri procentuale [%]	16	8	23,7	9,8	5,5	4,5	-

Mai jos, se prezintă un exemplu de date experimentale, obținute pentru treapta de presiune de **100 bar**, atât pentru situația cu drosel pe aspirație (CD) cât și pentru situația fără drosel pe aspirație (FD). Datele obținute sunt redate în [Tab.15](#), unde sunt trecute valorile temperaturilor măsurate **pe carcasa pompei** cu camera de termoviziune **FLIR** și în [Tab. 17](#), unde sunt trecute valorile temperaturilor măsurate **pe carcasa pompei** cu termometrul cu infraroșu **FLUKE**.

Tabelul 15 - Temperaturi măsurate cu camera FLIR [°C]

Timp [min]	0	10	20	30	40	50	60	70
Situația I, cu drosel [°C]	29,6	57,7	70,6	79,4	85,6	92,7	-	-
Situația II, fără drosel [°C]	29,9	52,6	64,7	75,1	81,6	89,2	97,7	102
Creșteri procentuale [%]	-	9,6	9,1	5,7	4,9	3,9	-	-

În **Tab.16**, sunt trecute temperaturile relative față de cea a mediului. Pentru aceasta, s-au folosit datele din **Tab.15** (temperaturi măsurate cu camera **FLIR**). Temperaturile măsurate efectiv la momentul 0 ($T^{\circ}\text{măs}$) coincid cu temperatura mediului ambiant, ($T^{\circ}\text{med}$), adică $29,6^{\circ}\text{C}$, respectiv $29,9^{\circ}\text{C}$. Temperaturile calculate, diferențiale sau relative față de cea a mediului, reprezintă diferența dintre temperaturile măsurate ($T^{\circ}\text{măs}$) și temperatura mediului ($T^{\circ}\text{med}$) și au fost calculate cu relația $\Delta T^{\circ} = T^{\circ}\text{mas} - T^{\circ}\text{med}$.

Tabelul 16 - Temperaturi relative calculate [$^{\circ}\text{C}$] (date FLIR)

Timp [min]	0	10	20	30	40	50	60	70
Situația I, cu drosel [$^{\circ}\text{C}$]	0	28,1	41	49,8	56	63,1	-	-
Situația II, fără drosel [$^{\circ}\text{C}$]	0	22,7	34,8	45,2	51,7	59,3	67,8	72,1
Creșteri procentuale [%]	-	23,7	17,8	10,1	8,3	6,4	-	-

Tabelul 17- Temperaturi măsurate cu termometrul FLUKE [$^{\circ}\text{C}$]

Timp [min]	0	10	20	30	40	50	60	70
Situația I, cu drosel [$^{\circ}\text{C}$]	29,2	56,4	65,7	75,2	84,3	92,2	-	-
Situația II, fără drosel [$^{\circ}\text{C}$]	30,1	51,9	64,2	72,3	80,8	88,8	96,5	102
Creșteri procentuale [%]	3	8,6	2,3	4	4,3	3,8	-	-

În **Fig. 29**, se prezintă unele imagini termografice, obținute la treapta de presiune de **75 bar** prin măsurarea cu camera de termoviziune tip FLIR, după 20 și respectiv 40 de minute, pentru: a) conductă aspirație pompă cu droselizare (**CD**) și b) conductă aspirație pompă fără droselizare (**FD**). (Vezi date măsurători în **Tab. 12**)

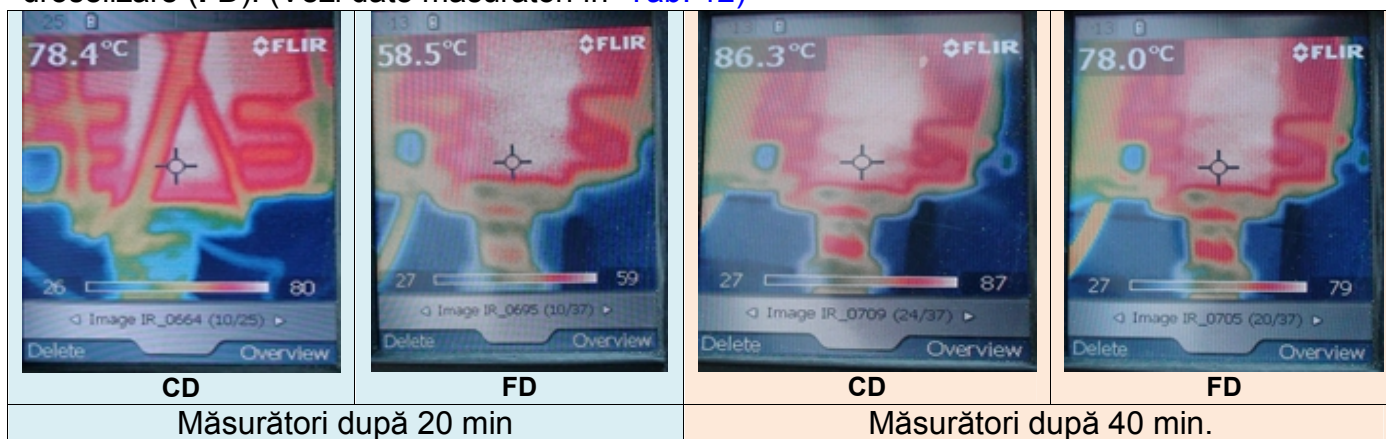


Figura 29 - Termografiile preluate cu camera FLIR

Diagrame obținute

Pe baza valorilor temperaturilor relative calculate din Tab.10, ($p=50$ bar) s-a trasat o diagramă de variație a temperaturilor măsurate cu camera de termoviziune în infraroșu tip FLIR, prezentată în Fig. 30.

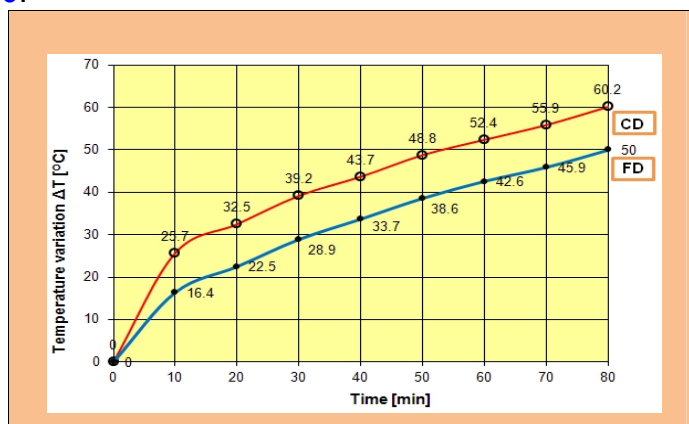


Figura 30 - Variația temperaturilor relative, pentru $p=50$ bar, cu droselizare (CD) și fără droselizare (FD)

Pe baza valorilor temperaturilor relative calculate din Tab.13, ($p=75$ bar) s-a trasat o diagramă de variație a temperaturilor măsurate cu camera de termoviziune în infraroșu tip FLIR, prezentată în Fig. 31

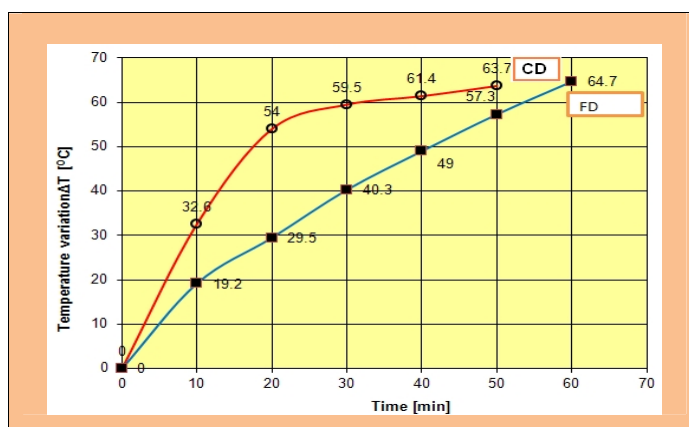


Figura 31 - Variația temperaturilor relative, pentru $p=75$ bar, cu droselizare (CD) și fără droselizare (FD)

Pe baza valorilor temperaturilor relative calculate din Tab.16, ($p=100$ bar) s-a trasat o diagramă de variație a temperaturilor măsurate cu camera de termoviziune în infraroșu tip FLIR, prezentată în Fig. 32

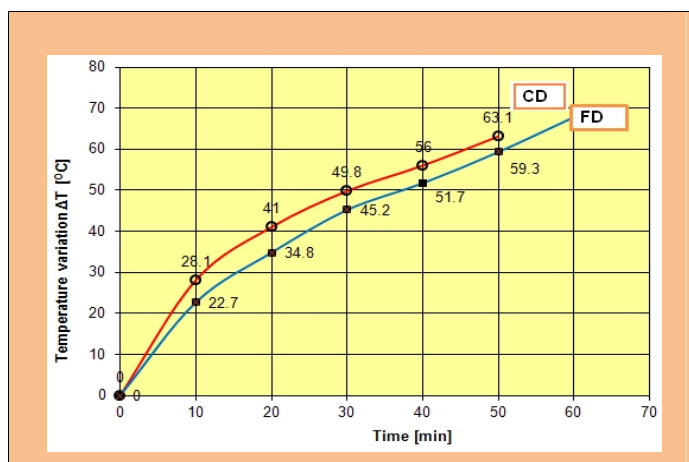


Figura 32 - Variația temperaturilor relative, pentru $p=100$ bar, cu droselizare (CD) și fără droselizare (FD)

Analiza rezultatelor experimentale

În urma derulării cercetării experimentale, prezentate mai sus, privind demonstrarea posibilității de utilizare a termografiei în infraroșu pentru predicția comportării sistemelor hidrostatice, respectiv pentru evaluarea stării de uzură și funcționalitate a pompelor hidrostatice, au rezultat o serie de seturi de rezultate numerice și grafice, care conduc la aprecieri favorabile în direcția atingerii obiectivului lucrării.

Se observă o concordanță între temperatura de măsurare a pompei cu termometrul de contact și temperatura măsurată fără contact, cu camera de termoviziune FLIR.

Experimentările s-au desfășurat pe trei trepte de presiune și anume pentru: 50 bar, 75 bar și 100 bar. **Pentru fiecare treaptă de presiune s-au făcut măsurători atât pentru situația când conducta de aspirație este modificată prin droselizare, situație care constituie un regim mai dur de lucru, având ca efect creșterea temperaturii pompei, cât și pentru situația normală, fără modificarea condițiilor de aspirație.**

În desfășurarea experimentărilor, **s-au măsurat mai mulți parametri de interes**, cu mai multe mijloace de măsurare, **dar exemplele prezentate mai sus au redat doar măsurătorile efectuate cu camera de termoviziune în infraroșu FLIR pentru treptele de presiune de 50bar, 75 bar, 100 bar.**

Pe baza datelor prezentate în [Tab. 10, 13, 16](#), s-au realizat grafice de variație a temperaturilor corpului pompei hidraulice, în funcționarea acestuia în cele două situații menționate.

Din graficele prezentate în [Fig. 30, 31, 32](#), se observă diferența de comportament termic, chiar și procentuală, dintre cele două situații, cea cu modificarea/droselizarea circuitului de aspirație simulând un defect posibil. Faptul că pentru treapta de presiune de 100 bar, cele două grafice sunt mai apropiate, evidențiază caracterul prioritar al căldurii disipate ca urmare a sarcinii ridicate la pompă (100 bar), iar pe de altă parte s-a utilizat o treaptă de droselizare a circuitului de aspirație de 40% (adică 4 rotații la drosel, din 10 posibile).

Problema care s-a urmărit a fost aceea dacă, prin măsurarea temperaturii cu o cameră de termoviziune, acest defect sau regim anormal de lucru ar putea fi depistat în timp util, putându-se lua măsuri de remediere înainte să fie prea târziu. În urma acestor experimentări, se poate afirma că s-a confirmat posibilitatea de a se detecta defecte sau regimuri anormale de lucru, inclusiv stări de uzură accentuată a pompelor hidrostatice.

Concluzii

Această cercetarea experimentală, realizată de INOE 2000-IHP, demonstrează posibilitatea de utilizare a termografiei în infraroșu, pentru evaluarea stării de uzură și funcționalitate a pompelor hidrostatice utilizate în acționările hidraulice.

Cercetările experimentale au fost dezvoltate pentru trei trepte de presiune și pentru două situații de funcționare: una normală, iar cealaltă când este strangulată conducta de aspirație, în scopul simulării în laborator, a unui asemenea defect.

Din analiza măsurătorilor realizate, rezultă că **stările anormale de funcționare a pompelor hidrostatice**, rezultate fie prin creșterea uzurii, fie prin apariția stării de cavitație, sau orice alte defecte **care au drept consecință creșterea temperaturii pompelor, pot fi detectate în timp util prin măsurarea temperaturii cu camere de termoviziune în infraroșu, fapt ce permite luarea unor măsuri de remediere a cauzelor, înainte de distrugerea totală a pompelor.**

Prin urmare, se poate conchide că utilizarea camerelor de termoviziune în infraroșu poate constitui instrumentul de bază al elaborării / dezvoltării unor proceduri / metode / metodologii de mentenanță preventivă și/sau predictivă privind comportarea pompelor hidrostatice, în scopul evaluării stării de uzură și funcționalitate a acestora.

5.4. Bibliografie

- [1] Metoda de apreciere a gradului de uzura și de funcționalitate la pompe și cilindri hidraulici, prin termografiere în infraroșu, MAGUFTER, Propunere Cec de Inovare Nr. CI-2017-0154, PN-III-P2-2.1-CI-2017-0196.
- [2] Curs Acționări Hidraulice și Pneumatice – Capitolul 9 Mentenanța în Hidraulică, Prelucrare după Hydraulics in Industrial and Mobile Applications, Assofluid Italian Association of Manufacturing and Trading Companies in Fluid Power Equipment and Components Grafiche Parole Nuove s.r.l., Brugherio (Milano), September 2007
- [3] Mentenanța sistemelor hidraulice, o etapă necesară T&T online, 13.10. 2014 Automatizări – Articol Dr. Ing. Cătălin Ionaș Dumitrescu, Dr. Ing. Gabriela Matache
www.ttonline.ro/sectiuni/automatizari/articole/12419-mentenanta-sistemelor-hidraulice-o-etapa-necesara