

Proprietățile necesare lichidelor utilizate în transmisiile hidraulice

1. Generealitati

Lichidele vehiculate în circuitele energetice și de comandă ale transmisiilor hidraulice, numite curent “hidraulice”, “de lucru” sau “funcționale” suferă ciclic variații importante de presiune, viteză și temperatură, vin în contact cu diferite materiale și pot fi expuse câmpului electromagnetic, radiațiilor nucleare, etc. Condițiile dificile de utilizare impun lichidelor funcționale următoarele cerințe: calități lubrifiante; viscozitate acceptabilă în orice condiții de funcționare ale sistemului; proprietăți fizice și chimice stabile; compatibilitate cu materialele sistemului; compresibilitate, volatilitate, tendință de spumare, densitate, coeficient de dilatare termică, preț și toxicitate reduse; calități antioxidante și dielectrice; stocare și manipulare simple.

În prezent există o gamă largă de lichide funcționale, aparținând din punct de vedere chimic mai multor clase, dar nici unul nu prezintă toate calitățile necesare unei transmisii date. Ca urmare, alegerea unui lichid constituie în general un compromis care asigură satisfacerea cerințelor esențiale, dar impune restricții structurii sistemului și condițiilor de utilizare. Datele hotărâtoare în alegerea unui lichid sunt: gama temperaturilor de utilizare și stocare, normale și accidentale; gama de presiuni și depresiuni la care este supus lichidul în regim normal și accidental; cerințele anumitor materiale sau elemente componente ale sistemului; cerințele de siguranță; condiții economice.

2. Viscozitatea

Viscozitatea este proprietatea fluidelor de a se opune deformărilor ce nu constituie variații ale volumului lor, prin dezvoltarea unor eforturi tangențiale. Forța necesară deplasării unui strat de arie A , cu viteza du față de un strat adiacent situat la distanța dn este proporțională cu aria A , cu gradientul vitezei după normala la direcția de curgere, du/dn (viteza de deformare) și cu viscozitatea dinamică a fluidului.

Viscozitatea este o caracteristică esențială a lichidelor funcționale deoarece asigură portanță lagărelor, limitează pierderile de lichid prin elementele de etanșare și generează forțe care amortizează oscilațiile parametrilor funcționali; în același timp, ea provoacă pierderi de energie în spațiile dintre piesele în mișcare relativă și în conducte, neliniarizează caracteristicile orificiilor de comandă ș.a.

Viscozitatea lichidelor scade rapid cu temperatura și crește într-o măsură mult mai mică cu presiunea. La temperaturi înalte scurgerile interne ale mașinilor hidraulice volumice și elementelor de distribuție alterează prohibitiv randamentul transmisiilor, iar scăderea capacității portante a peliculelor lubrifiante poate provoca griparea diferitelor mecanisme ale acestora. Viscozitatea excesivă care apare la temperaturi joase generează pierderi mari de sarcină care creează dificultăți de aspirație pompelor (cavitație), reduce viteza motoarelor și randamentul transmisiilor. Aceste fenomene explică interesul major pentru lichidele a căror viscozitate variază puțin cu temperatura.

3. Calitățile lubrifiante

Viscozitatea determină în mare măsură calitățile lubrifiante ale lichidelor la viteze relative mari ale suprafețelor adiacente, dar nu constituie elementul hotărâtor la viteze relativ mici și sarcini mari, când există pericolul gripei lagărelor. Pentru prevenirea sau reducerea uzurii acestora se utilizează cupluri de materiale antifricțiune și se introduc în lichidele lubrifiante “aditivi de ungere”. Acizii grași,

esterii lor și alți compuși organici cu catenă lungă, care conțin clor, plumb, sulf sau staniu aderă la suprafețele metalice, împiedicând contactul acestora. Un aditiv uzual de acest gen este tricrezilfosfatul.

La temperaturile locale ridicate generate de microgripaje, unii compuși halogenați se combină cu metalele formând halogenuri cu punct de topire scăzut care netezesc suprafețele în mișcare relativă. Din păcate acești aditivi nu au aceeași eficiență pentru toate lichidele iar stabilitatea lor chimică este redusă.

Calitățile lubrifiante ale lichidelor se estimează cu dispozitive care simulează cazuri concrete de lagăre, sau cu pompe volumice ale căror performanțe inițiale sunt garantate de producător (de exemplu pompele cu palete culisante cu dublă acțiune VICKERS). Pierderea în greutate a pieselor solicate la uzură constituie un indiciu asupra calităților lubrifiante ale lichidului testat. În țara noastră se utilizează dispozitive formate dintr-o bilă cu diametrul de 12,25 mm care este apăsată cu forță constantă și rotită față de trei bile identice plasate într-un pahar cu lubrifiant. Cuplul necesar rotirii bilei superioare este proporțional cu coeficientul de frecare, iar reducerea diametrelor bilelor inferioare este invers proporțională cu proprietățile lubrifiante ale lichidului încercat.

4.Densitatea și compresibilitatea

Densitatea unui fluid omogen este egală cu masa unității de volum:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Unitatea SI a densității este 1 kg/m^3 . În condiții normale densitatea uleiurilor minerale este cuprinsă între 830 și 940 kg/m^3 . Densitatea lichidelor sintetice depinde de compoziția lor chimică. De exemplu, pentru lichidele siliconice $\rho = 930 \dots 1030 \text{ kg/m}^3$ în timp ce unele hidrocarburi clorinate au $\rho = 1538 \text{ kg/m}^3$ (bifenilii clorinați).

Densitatea lichidelor influențează greutatea transmisiilor hidraulice (parametru important al instalațiilor mobile). În regim staționar, pierderile de sarcină prin orificii (esențiale în cazul elementelor de distribuție și reglare) sunt invers proporționale cu densitatea. Variația densității cu presiunea în regim tranzitoriu generează oscilații mecanice care pot fi neamortizate.

Densitatea lichidelor este funcție de presiune și temperatură. Spre deosebire de gaze, a căror ecuație de stare se deduce cu ajutorul teoriei cinetico- moleculare, ecuația de stare a lichidelor nu poate fi stabilită decât experimental. Lichidele sintetice se dilată mai mult la creșterea temperaturii; de exemplu, în același interval de temperatură.

Variația densității cu temperatura trebuie considerată în calculul volumului rezervoarelor. Dacă acestea sunt deschise (în legătură cu atmosfera) creșterea temperaturii poate provoca deversarea lichidului.

În calcule practice, variația densității lichidelor pure cu presiunea poate fi neglijată. La o suprapresiune de 200 bar, densitatea lichidelor funcționale crește cu numai $1 \dots 2\%$.

Compresibilitatea redusă a lichidelor permite transmiterea promptă a mișcării, conferind transmisiilor hidraulice o "rigiditate" ridicată; în același timp ea poate genera șocuri de presiune importante în sistemele de distribuție ale mașinilor hidraulice volumice, reduce debitul volumic al

pompelor de înaltă presiune și micșorează randamentul transmisiilor hidraulice, deoarece energia consumată pentru comprimarea lichidului în pompe se pierde prin destinderea acestuia în motoare, după efectuarea lucrului mecanic util.

În condiții normale modulul de elasticitate al majorității uleiurilor minerale este cuprins între 17000 și 18000 bar. Lichidele funcționale sintetice sunt în general mai elastice; de exemplu, pentru siliconi, în aceleași condiții $\kappa = 10000$ bar. Lichidele funcționale pe bază de apă au o elasticitate apropiată de cea a apei: $\kappa = 20000$ bar.

Modulul de elasticitate este influențat de presiune, temperatură și de aerul nedizolvat.

La creșterea temperaturii, modulul de elasticitate se micșorează. De exemplu, între 40°C și 200°C , κ scade în cazul uleiurilor minerale la 9000...10000 bar, iar în cazul uleiurilor siliconice - la 4200 bar.

Aerul nedizolvat micșorează considerabil modulul de elasticitate al lichidelor hidrostatice.

Proprietățile necesare lichidelor utilizate în transmisiile hidraulice**1. Inflamabilitatea**

Pericolul de incendiu sau de explozie constituie principalul dezavantaj al lichidelor funcționale pe bază de hidrocarburi, explicând efortul considerabil depus pentru crearea și ameliorarea lichidelor sintetice. Incendiile pot fi provocate de vaporii din rezervoarele deschise sau de contactul lichidelor cu suprafețele calde ale instalațiilor (metalul topit din turnătorii, tobele de eșapament ale motoarelor, discurile de frână, etc.). Aprecierea posibilităților de utilizare a lichidelor din acest punct de vedere se face pe baza a trei temperaturi caracteristice.

Punctul de inflamabilitate. Lichidul fiind încălzit într-un creuzet, se apropie periodic de suprafața sa liberă o flacără "pilot"; punctul de inflamabilitate este temperatura la care apare o flacără de scurtă durată. Această temperatură este de circa 100°C la uleiurile minerale și de 200°C la esteri și silicați. Pentru lichidele sintetice neinflamabile această caracteristică nu este definită, dar la circa 100°C ele încep să degaje din abundență vapori, uneori toxici.

Temperatura de ardere este temperatura lichidului la care vaporii săi continuă să ardă după îndepărtarea flăcării "pilot"; între această temperatură și punctul de inflamabilitate există o diferență de circa 40°C.

Temperatura de autoaprindere este temperatura la care trebuie să se încălzească o suprafață pentru ca o picătură de lichid căzută pe ea să se aprindă spontan. Această temperatură depinde de condițiile de măsurare, fiind de circa 250°C pentru uleiurile minerale și de circa 400°C pentru esteri și silicați. Practic nu există lichide funcționale neinflamabile, ci doar lichide care eliminând în condiții concrete uzuale riscul incendiilor și exploziilor se numesc în prezent "lichide rezistente la foc". Acestea nu trebuie confundate cu lichidele de înaltă temperatură care își conservă calitățile funcționale la temperaturi înalte (ceea ce nu este obligatoriu pentru lichidele neinflamabile) dar pot fi mai inflamabile decât alte lichide.

2. Compatibilitatea cu materialele sistemului

Principalele materiale afectate de lichidele funcționale sunt elastomerii folosiți pentru confecționarea elementelor de etanșare și a racordurilor elastice.

Uleiurile minerale au înlocuit uleiurile vegetale ca lichide funcționale numai după elaborarea elastomerilor de sinteză, deoarece dizolvă cauciucul natural. Lichidele neinflamabile din transmisiile hidraulice ale aeronavelor civile moderne nu au putut fi întrebuințate decât după crearea butililor și a etilenpropilenelor. Pentru lichidele de înaltă temperatură necesare îndeosebi avioanelor supersonice și rachetelor nu există încă un elastomer ideal.

Materialele de etanșare trebuie adaptate lichidului funcțional; schimbarea acestuia impune în general schimbarea tuturor etanșărilor.

Nu există în prezent un sistem universal de testare a compatibilității lichidelor cu elastomerii. Etanșările corespunzătoare lichidelor pe bază de petrol sunt încercate cu ajutorul anilinei; aceasta este practic un amestec de hidrocarburi sub acțiunea căruia elastomerii își măresc volumul. Fiecare

cuplu lichid - etanșare trebuie testat cu ajutorul unui elastomer etalon, aprovizionat de la un furnizor unic, măsurând gravimetric cantitatea de lichid absorbită. Dar deformarea etanșărilor nu este aceeași cu cea a elastomerilor etalon, chiar dacă sunt fabricate pe aceeași bază, deci testele statice sunt necesare, dar nu și suficiente. Practic, se studiază relația dintre lichid și fiecare tip de etanșare, în condiții reale de funcționare, (precomprimare, mișcări relative, cicluri de suprapresiune, cicluri de temperatură) urmărindu-se îmbătrânirea accelerată și în timp real.

Lichidele funcționale sunt compatibile cu majoritatea materialelor metalice întrebuițate curent în construcția transmisiilor hidrostatice: oțel, aluminiu, magneziu, cupru, alamă, bronz, argint, carburi metalice sintetizate etc.

Unele lichide sintetice afectează acoperirile metalice cu zinc, cadmiu și cupru, formând precipitate. Lichidele pe bază de apă pot deveni electroliti între diverse piese metalice, provocând o coroziune intensă.

Toate lichidele funcționale trebuie supuse testului de aciditate, care furnizează informații utile asupra agresivității chimice a acestora.

În exploatare este greu să se evite contactul operatorilor cu lichidele funcționale și mai ales inhalarea vaporilor acestora. Este deci necesar ca lichidele să nu fie toxice nici înainte de întrebuițare, nici după aceasta. Lichidele sintetice moderne, îndeosebi cele neinflamabile, sunt toxice în anumite concentrații. Acțiunea lor asupra mucoaselor și îndeosebi asupra ochilor impune utilizarea ecranelor protectoare la standurile de încercări ale elementelor hidraulice și ventilarea corespunzătoare a laboratoarelor.

Presiunea vaporilor saturați ai lichidelor funcționale trebuie să fie cât mai mică pentru a evita apariția cavitației, îndeosebi în cazul lichidelor care lucrează la temperaturi ridicate.

Căldura specifică și coeficientul de conductibilitate termică trebuie să fie cât mai mari pentru a evita gradientii mari de temperatură.

Este util ca lichidele funcționale să aibă proprietăți dielectrice, care permit folosirea electromotoarelor rotative, liniare și unghiulare cu înfășurări neizolate, simplificând construcția convertoarelor electrohidraulice.

Culoarea și mirosul facilitează identificarea lichidelor funcționale.

Costul este un criteriu important în alegerea lichidelor funcționale, mai ales în cazul instalațiilor industriale complexe. Lichidele sintetice sunt mai scumpe decât cele minerale. De exemplu, lichidele florurate sunt de o sută de ori mai scumpe decât cele petroliere.

