



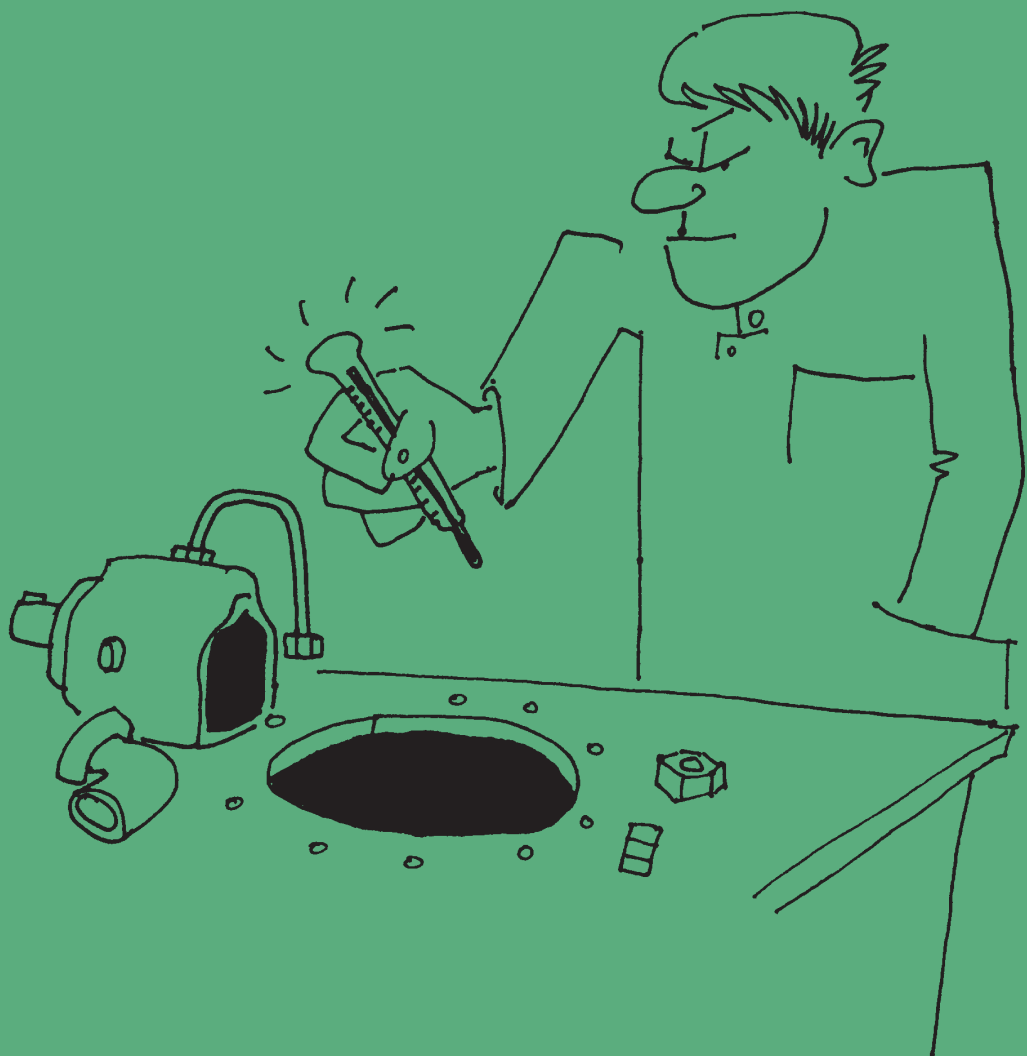
Hydrauliikan mittauksia

Paineen ja tilavuusvirran
mittaus

Visidon arkisto 1994

No 7

FLUID
Finland
1-2004



Hydrauliikan mittauksia

Mitä hydrauliikasta mitataan?

Käynnissä oleva hydraulijärjestelmä viestittää monin eri tavoin olemassaolostaan. Lähes kaikki viestit ovat mitattavissa ja niistä on helppo muodostaa johtopäätöksiä hydraulisen järjestelmän tilasta.

Käsite

Hydrauliikan mittaukset sisältää lukuisia erilaisia mittauksia. Eniten hydrauliikasta mitataan painetta, tilavuusvirtaa, vuotoja ja öljyn lämpöä. Servo- ja propertinaaliventtiilien käytön lisääntyessä ovat myös sähköiset mittaukset vastavasti lisääntyneet. Tyypillisimpiä sähköisiä mittauksia ovat magneettiventtiilien kelojen mittaukset, sähkömoottoreiden mittaukset ja erilaisten antureiden mittaukset. Edellisten lisäksi hydrauliikasta mitataan öljyn puhtausastetta, viskosi-teettia, tärinää, melua, voimaa, sylinterin iskunopeutta tai moottorin akselin pyörimisnopeutta, sekä suoritetaan erilaisia testejä. Sähköiset mittaukset hydrauliikassa muodostavat oman täydellisen, laajan kokonaisuuden, joten ne kä-

sitetäneen omana kokonaisuutenaan. Samoin paineen, voiman ja nopeuden mittauksen yhteydessä on sähköisten antureiden- ja lähettimien sekä niihin liittyvien tietokonejärjestelmien lähempi tarkastelu jätetty pois. Nyt paneudutaan paineen mittauksiin ja mittausjärjestelyihin, sekä pyritään antamaan tietoa siitä, miten mittaukset voidaan suorittaa mahdollisimman taloudellisesti välttämättä kalliita investointeja.

Mihin mittauksilla pyritään?

Mittauksilla on kolme tavoitetta:

1. Paikallistaa vika nopeasti.
2. Ehkäistä ennalta hydraulisen vian aiheuttamat tuotantokatkokset.
3. Suorittaa komponenttien korjaukset ja testaukset oikein ja asianmukaisesti.

Hydraulinen järjestelmä on joko varustettu riittävästi mittauspisteillä, tai sitten ei. Etenkin uudet järjestelmät sisältävät riittävästi mittauspisteitä ja antureita vianetsintää ja kunnonvalvontaa varten. Ongelmana on kuitenkin se, että niitä ei joko haluta tai sitten ei osata käyttää hyväksi.

PAINE

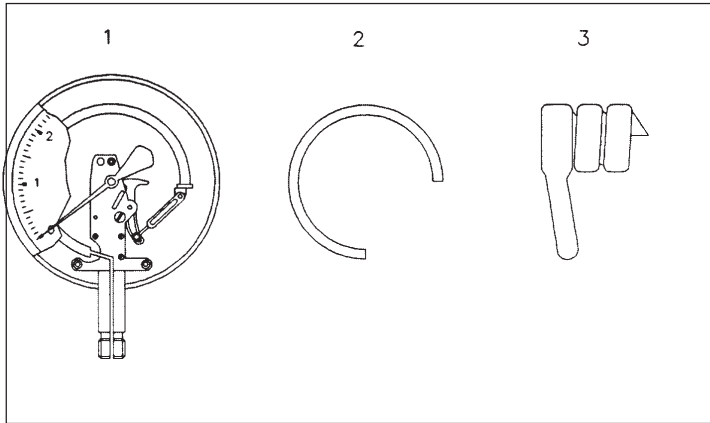
Paine on hydrauliikan mitattavista suureista kaikkein yleisin. Jos hydrauliikkajärjestelmä on varustettu oikealla tavalla paineen mittauspistein, voidaan vian paikallistamista nopeuttaa huomattavasti. Valtaosa vikatapauksista olisi selvitetty lähes välittömästi painemittausten avulla.

Mistä paine muodostuu?

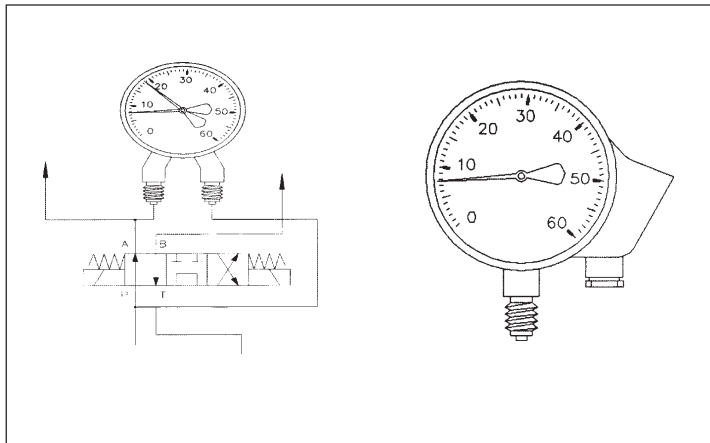
Painetta hydrauliseen järjestelmään muodostuu silloin, kun pumpun kehittämää tilavuusvirtaa vastustetaan. Sylinterin männänvarrella tai hydraulimoottorin akselilla oleva kuorma vastustaa tilavuusvirtaa, jolloin järjestelmään muodostuu kuormaan verrannollinen paine. Toinen tapa saada aikaan järjestelmään paine on kuristaa öljyn virtausta erilaisilla virtauksensäätöventtiileillä. Kolmas tapa, joskin kovin arveluttava tapa, on nostattaa öljyn painetta käyttämällä liian ahtaita putkia, liittimiä, putkikäyriä tai tarpeetonta häviösäätöä.

Millä painetta mitataan?

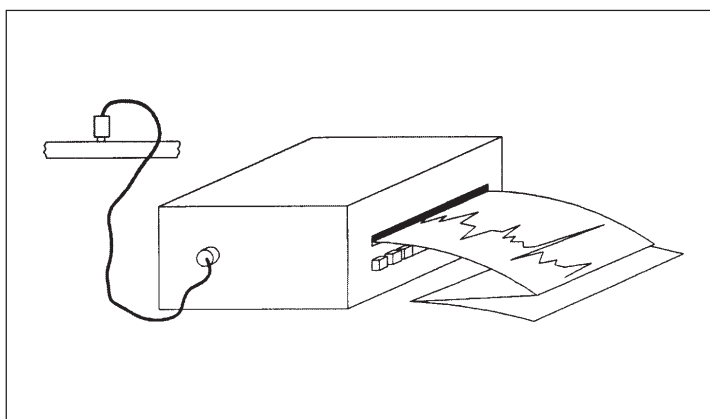
Yleisin ja riittävän tarkka mittausväline on putkijousityyppinen nestevakautuksella varustettu painemittari. Paineen muodostuessa putkijouseen pyrkii se paineen vaikutuksesta oikeenmaan, ja tämä oikeenemisliike välitetään paineenäyttämäksi. Vakiopainealueita on saatavissa 0...0,6 barista ja 0...4000 bariin asti. Liitäntä on joko alhaalta tai takaa. Mittauseliminä tämän tyyppisissä mittareissa käytetään vedettyjä profiileja. Jousen muoto riippuu mitta-alueesta - 0...60 barin mittareissa käytetään yleensä ympyränmuotoisia putkia ja sitä suuremmissa kierrejousia. Riittävä tarkkuusluokka hydraulisen järjestelmän mittauksissa on 1,6, joka tarkoittaa +/-1,6 prosentin virhettä päätearvosta. Tarkkuuspainemittareiden tarkkuusluokat ovat 0,1...0,6 välillä. Tarkkuuspainemittareita käytetään esimerkiksi servoventtiilien säätösuuttimien asetuksissa.



Kuva 1. Kuvassa putkijousella varustettu painemittari. Putkijousen muoto riippuu mittaalueesta. 0...60 barin alueella käytetään yleensä ympyrän muotoisia (2) putkijousia, ja suuremmilla alueilla ovat kierrejousef (3) yleisempiä.



Kuva 2.



Kuva 3. Paineenlähettimellä saadaan tarkasti mitattua järjestelmän paineenvaihtelut, jotka tarvittaessa voidaan tulostaa piirturille

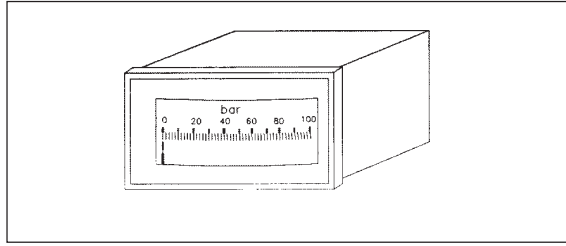
Myös paine-eromittareita käytetään jossain määrin hydraulikassa, vaikkakaan ne eivät ole kovin yleisiä. Mittareissa on kaksi mittaajajärjestelmää, joissa kummassakin on oma koneistonsa. Toimintaperiaate on sama, kuin edellä kuvatuissa vakioittareissa. Paine-eromittareiden etuna on se, että yhdellä mittarilla saadaan mitattua esimerkiksi venttiilin paine-ero. Harvinaisemmiksi mekaanisista mittareista ovat tänä päivänä käyneet niin sanotut Schardermittarit, joissa öljynpaine painaa mittarissa olevaa mäntää alaspäin joustavasta vasten. Mäntän liike sitten välitetään paineen näyttämäksi.

Uudenaikaisissa järjestelmissä, joissa mittaus- ja valvontatehtävät on keskitetty määrättyihin valvomoihin, ovat painelähtimet ja -anturit yleistyneet. Paine-eromittareissa muunnetaan mitatut paineet sähköviesteiksi. Paine-eromittareita on kolme perustyyppiä:

- potentiometriset
- kapasitiiviset
- induktiiviset

Sähköiset kaukolähetinyksiköt sijoitetaan painemittariin, tai sen taakse. Potentiometrisissä mittareissa mittarin osoitin on kytketty potentiometrin liukuun. Tällöin osoittimen liikkuminen aiheuttaa potentiometrisessä vastuksen muutoksen, joka kalibroidaan paineen näyttämäksi ohjaamossa. Kapasitiivinen painelähtin toimii kosketusvapaa. Mittauksen välitys tapahtuu kapasitiivisesti osoitinakseliin yhdistetyn differentiaalikonkondensaattorin avulla. Induktiivinen painelähtin on myös kosketusvapaa. Osoittimen liikuttama metalliläppä liikkuu kahden käämin välissä ja tästä aiheutuva magneettikentän muutos välitetään sähköisesti vahvistimen kautta painetiedoksi. Digitaaliset painemittarit, jotka ovat yleistyneet 80-luvulla, ovat kevyitä ja käteviä käyttää. Yleensä näillä mittareilla voidaan mitata myös lämpöä ja tilavuusvirtaa riittävä tarkasti.

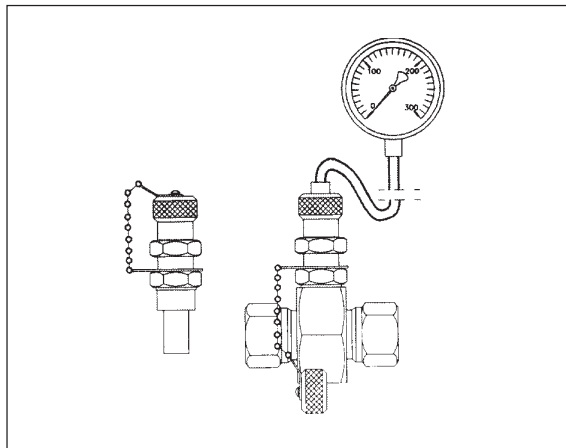
Kun järjestelmästä etsitään vikaa, riittää mittarin tarkkuudeksi yleensä tieto siitä, onko mittarilukema normaali. Jos lukema ei ole normaali, niin siitä voidaan tehdäkin sitten omat johtopäätöksensä. Millaisia johtopäätöksiä sitten olisi tehtävä, niin siitä hieman tuonempana. Se millä painetta mitataan, riippuu siitä halutaanko jatkuvaa paineennäyttöä järjestelmän eri kohteista



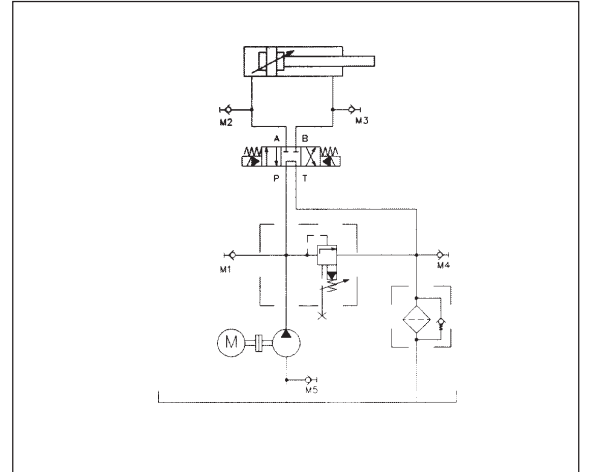
Kuva 4. Tauluun upotettava profiilipainemittari. Näyttö voi olla joko analoginen tai digitaalinen

vai luetaanko mittaria vain tarvittaessa? Pääsääntöisesti mittaria tulee lukea vain tarvittaessa, koska on aina olemassa vaara, että mittari vaurioituu kovissa paineiskuissa, etenkin, jos mittarin suojaukseen ei ole kiinnitetty riittävä huomiota. Isoissa ja kalliissa järjestelmissä voidaan jatkuvissa paineen näytöissä käyttää paineantureita, jotka ovat luotu kestävämmän raskaita olosuhteita. Sähköisistä paineantureista on myös se hyöty, että niiden antama tieto voidaan ajaa tietokoneen muistiin riittävällä taajuudella, jolloin saatua painespektriä voidaan jälkikäteen analysoida.

Edullisin ratkaisu tällä hetkellä on se, että hydraulinen järjestelmä varustetaan painemittauspistokkeilla, joihin tarvittaessa voidaan kiinnittää joko digitaalinen, tai putkijousityyppinen painemittari. Mittauspistokkeet ovat halpoja, mutta järjestelmän suunnittelu- ja asennusvaiheessa tulisi sijoitteluun kiinnittää erityistä huomiota. Usean kohteen mittaria käytetään myös usein. Tyypillisessä usean kohteen mittarissa on kahdeksan mittauskohdetta, ja jokaisen mittauskohteen välissä olevassa neutraaliasennossa paine purkautuu mittarilta säiliöön.



Kuva 5. Paineenmittauspistoke, joka voidaan liittää joko venttiiliin runkoon tai putkistoon on ratkaisuna halpa ja sitä voidaan käyttää muihinkin mittauskohteisiin.



Kuva 6.

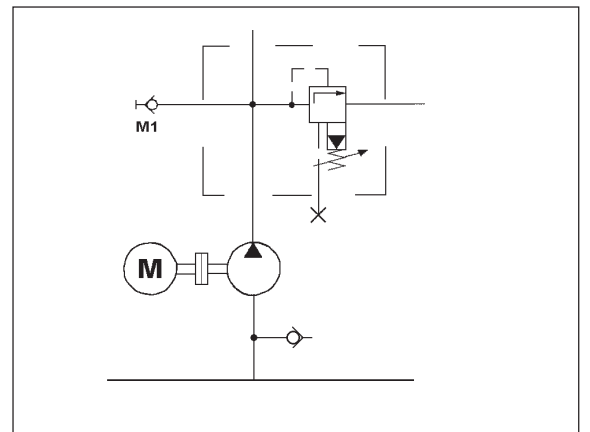
Mistä painetta on mitattava?

Painetta mitataan:

1. Järjestelmästä toiminnan tai vianetsinnän aikana.
2. Yksittäisistä komponenteista, esimerkiksi mitattaessa painehäviötä, kotelopaineita, koeponnistuksia tai suoritettaessa muita testauksia.
3. Asetettaessa paineentiliteitä. Mittausjärjestelyt riippuvat luonnollisesti siitä, mikä edellämainituista kolmesta vaihtoehdosta on kyseessä.

Paineenmittaus hydraulisesta järjestelmästä

Tässä tapauksessa jaetaan järjestelmä neljään osaan, joista kukin varustetaan painemittausmahdollisuudella. Riippumatta siitä käytetäänkö säätyvä- vai vakiotuottoista pumppua, asennetaan painemittauspistokkeet.



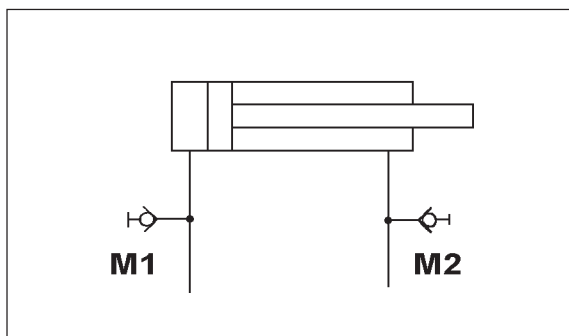
Kuva 7.

Pumpun ja paineenrajoitusventtiilin yhteyteen

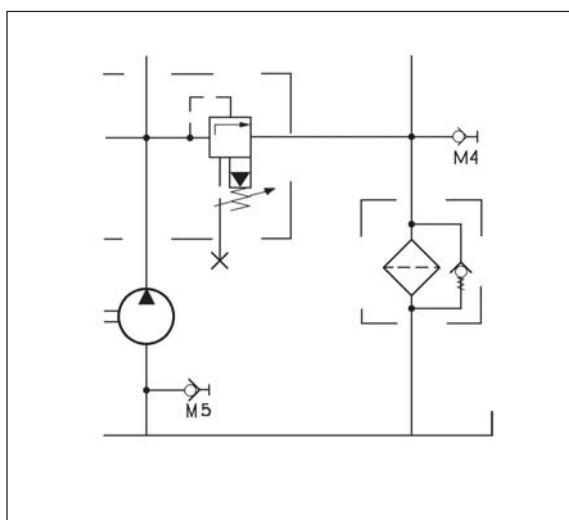
Mittari asennetaan mahdollisimman lähelle paineenrajoitusventtiiliä. Tämä järjestely on välttämätön, jotta saisimme selville ns. pumpun paineen ja voisimme asettaa järjestelmän maksimipaineen. Tyytyminen pelkästään tähän ratkaisuun ilman muita painemittareita on kaikkein yleisin ja halvin, mutta myös puutteellisin.

Molemmille puolille toimilaitetta (sylinteriä tai moottoria)

Mittarit asennetaan mahdollisimman lähelle toimilaitetta. Ainakin ne tulisi asentaa siten, että mittarin ja toimilaitteen väliin ei jää mahdollisia virtauksensäätöventtiilejä. Tällä järjestelyllä saadaan tarkasti mitattua kuorman vaatima paine, ja välitön vastapaine toimilaitteen paluupuolelta. Yhdessä tämän ja edellisen järjestelyn kanssa voimme painetta mittaamalla rajata mahdollisen vikakohteen tarkasti.



Kuva 8.



Kuva 9.

Paluuputkiston suuntaventtiin tai venttiilien jälkeen

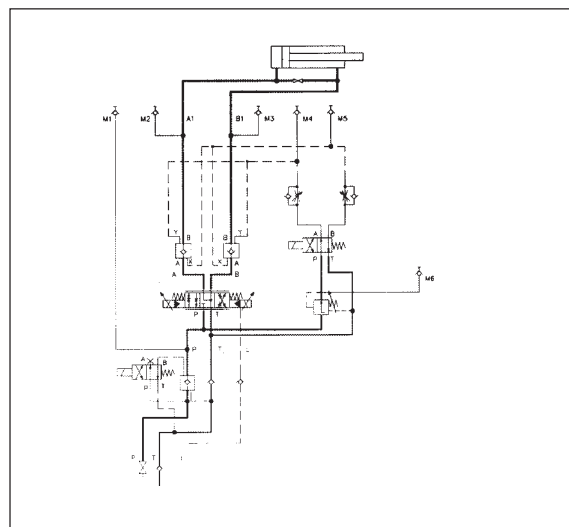
Tavoitteena on mitata tällöin paluusuodattimen, jäähdyttimen tai muiden paluuputkistossa olevien komponenttien aikaansaamaa painetta. Paluuputkiston paineenmittauksella voidaan tarkistaa mahdollinen vika edellämaituista komponenteista.

Ohjauspaineputkistoon tai -kanaviin

Tässä tapauksessa on tärkeää asentaa mittari mahdollisten vastusvastaventtiilien jälkeen. Jos ohjauspainetta joudutaan alentamaan paineenalennusventtiilillä, asennetaan mittauspistoke luonnollisesti mahdollisimman lähelle venttiiliä, tai käytetään venttiin omaa mittariliitäntää. Teollisuushydrauliikassa edellämaitut mittauspikat ovat varsin riittäviä tehokkaaseen kunnonvalvontaan ja vianetsintään. Edellisten lisäksi voidaan pumpun imupuoli varustaa alipainemittarilla, jolloin esimerkiksi pumppuhäiriön yhteydessä voidaan joko todeta kavitaatio, tai sulkea sen olemassaolo pois. Alipainemittarin sijasta käytetään paljon alipainekytkimiä, joiden tehtävänä on liian suuren alipaineen muodostuessa joko pysäyttää pumppu, tai hälyttää ohjauksessa.

Paineenmittaus yksittäisistä komponenteista

Paineenmittaukset yksittäisistä komponenteista ovat koeponnistuksia, painehäviömittauksia tai erilaisten kotelopaineiden mittauksia. Koeponnistukset ovat harvinaisia ja niitä tehdään pääasiassa komponenttitoimittajien ja -valmistajien tiloissa. Sen sijaan muut painemittaukset voi ja on suositeltavaakin tehdä käyttäjän itse.



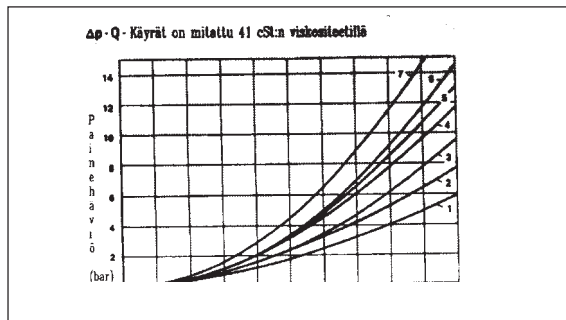
Kuva 10.

Suuntaventtiilien painehäviöt

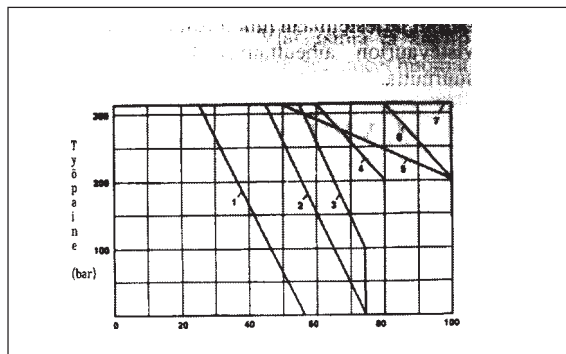
Painehäviöt ilmoitetaan komponenttivalmistajien luetteloissa painehäviökäyrinä, jotka ilmaisevat painehäviön luistin eri ohjausasennoissa. Nyrkisääntönä voidaan pitää sitä, että venttiilin painehäviö on kahdeksan baria luistin ohjaussärmää kohden, eli kokonaispainehäviö on 16 baria. Kuvassa 12 on esitetty suunta-venttiilin painehäviö eri virtausmäärillä. Kuvasta nähdään, että painehäviö alkaa kasvaa voimakkaasti tilavuusvirran kasvaessa.

Painehäviömittauksessa mitataan P- ja A-aukon välinen, sekä P- ja B-aukon välinen paineero. Luonnollisesti on myös mitattava paine-ero A:n ja T:n, sekä B:n ja T:n välillä. Painehäviö suuntaventtiileistä kannattaa mitata laboratorio-penkissä. Toki sen voi mitata myös järjestelmästä, jos järjestelyt sen sallivat. Painehäviömittauksella voidaan todeta vastaako paine-ero valmistajan antamia tietoja ja näin todeta, antaako mittaus aihetta venttiilin korjaamiseen. Myös huollosta tulleesta venttiilistä kannattaa mitata painehäviö koeajon yhteydessä.

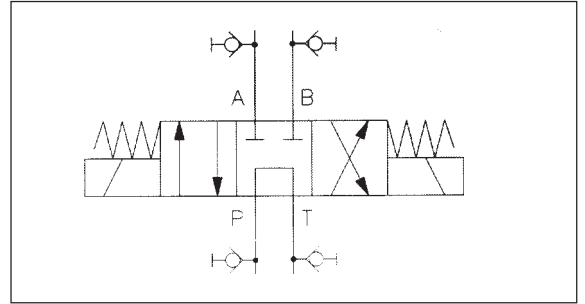
Painehäviöt ovat mitattavissa myös muistakin, kuin suuntaventtiileistä, esim. virtavastusventtiileistä, virranjakomootoreista, hydraulimootoreista, paineventtiileistä, putkistoista ja liittimistä. Mittaus suoritetaan samaan tapaan kuin suuntaventtiileistä eli paine-eromittauksena.



Kuva 12.



Kuva 13.



Kuva 14.

Kotelopaineiden mittaus

Pumppujen ja moottoreiden kotelopaineet mitataan vuotoliitännöistä. Suurimmat sallitut kotelopaineet vaihtelevat eri valmistajien pumppuissa ja moottoreissa. Vaihtelua esiintyy myös pumppu- tai moottorityypeissä. Esimerkiksi mäntäpumppujen kotelopaineet vaihtelevat 0,35 ... 0,5 barin välillä. On kuitenkin muistettava, että komponenttivalmistajat antavat tarkat kotelopaineiden arvot, joita on noudatettava.

Paineakkujen mittaukset

Mittaukset ja näiden tarpeellisuus riippuu akun rakenteesta ja käyttötarkoituksesta. Tyypillisimmät akut tällä hetkellä ovat hydraulispneumaattisia akkuja, joiden öljy- ja kaasupuolen erottaa kumirakko. Rakossa käytettävää typen painetta voidaan mitata, joko kaasuventtiilin puolelta tai, kuten suositeltavaa öljypuolelta. Tämä siitä syystä, että kaasuventtiili on osoittautunut tiivistyksen kannalta hieman ongelmalliseksi ja näin vältettäisiin koskemasta siihen sen jälkeen, kun se kerran on saatu pitämään. Mittaus suoritetaan siten, että ensin ladataan akku täyteen, minkä jälkeen voidaan pumppu pysäyttää. Tämän jälkeen puretaan akunpainetta hitaasti säiliöön ja seurataan painemittaria. Painemittari laskee paineen purkautuessa ensin hitaasti. Kohdassa, jossa painemittarin neula heilahtaa nopeasti nolleen, on niin sanottu esitäyttöpaine eli se paine, joka tyypellä on, kun akku on öljypuolelta tyhjä. Esitäyttöpaineen mittausta suositellaan tehtäväksi vähintään kaksi kertaa vuodessa, useimminkin, jos akkujen tiiviys on tuottanut ongelmia.

Paineen mittaus paineventtiileiden yhteydessä

Kuten edellä mainittiin asennetaan mittari tai mittauspistoke mahdollisimman lähelle paineventtiiliä. Tämä on hyvinkin mahdollista siitä syystä, että paineventtiilien rungossa on valmis mittariliitäntä. Mittauskohdissa paine näyttää kyseessä olevan venttiilin asetuspainetta.

Paine on asetettava aina kuormaa vasten. Paine voidaan asettaa joko avautumis- tai sulkeutumispisteeseen. Esimerkiksi, jos tehtävänä on asettaa paineenrajoitusventtiili 100 bariin, nostetaan paine minimistä 100 bariin, jonka jälkeen asetus lukitaan. Toinen tapa on se, että paine nostetaan minimistä reilusti yli esimerkissämme mainitun 100 barin, minkä jälkeen painetta lasketaan alas ja lukitaan 100 bariin. Ensimmäisenä mainitulla tavalla venttiili asetettiin avautumispaineeseen ja jälkimmäisellä tavalla sulkeutumispisteeseen. Käytännössä edellä kerrotuilla tavoilla ei ole suurta merkitystä.

Mittaustulosten tulkinta

Ehdottoman tärkeää on se, että järjestelmän toimiessa on kaikkien painemittareiden lukemat muistissa järjestelmän eri kuormitustilanteissa. Häiriötilanteessa voidaan sitten suorittaa vertailu ja päätyä näin vikakohteeseen. Mitä enemmän meillä on tietoa paineesta järjestelmän eri kohdista, sitä nopeampaa vikakohteen paikallistaminen on.

Jos paine laskee, syy on jokin allaluetelluista:

1. Järjestelmässä ei ole kuormaa.
2. Sisäinen vuoto, joka palauttaa öljyä takaisin säiliöön.
3. Virheellinen paineventtiilin asetus.
4. Ulkoinen vuoto.
5. Väärin asetettu säätöpumppu.
6. Negatiivinen kuorma.

Kuormittamaton järjestelmä

Kuten edellä mainittiin, niin paineen suuruuden määrää aina kuorma. Kuorma voi olla sylinterin männänvarrella oleva taakka, virtausta vastustava virtavastusventtiili tai vastaventtiili, jonka avautumispaine-ero on merkityksellinen. Kahta viimeksi mainittua komponenttia käytetään järjestelmässä muunmuassa takaamaan tietty ohjauspaine. Syynä esimerkiksi ohjauspaineen laskuun voi olla edellämainittujen venttiilien muutunut asetusarvo tai mekaaninen vaurio.

Sisäinen vuoto

Jos paine laskee, niin järjestelmässä voi olla suuri sisäinen vuoto. Vuoto saattaa sijaita seuraavissa kohteissa:

Paineenrajoitusventtiilissä, jolloin öljy virtaa pumpulta paineenrajoitusventtiiliin kautta säiliöön. Usein onkin suositeltavaa varmistaa paineenrajoitusventtiiliin ja siihen liittyvän mahdollisen vapaakiertojärjestelmän toiminta. Tällöin saattaa paineenrajoitusventtiiliin pääistukka olla jumiutuneena auki asentoon tai vapaakiertojärjestelmä olla päällä.

Sisäinen vuoto pumpuissa palauttaa öljyä takaisin imupuolelle tai vuotoliitännän kautta säiliöön. Tällöin järjestelmä ei saa riittävästi öljyä.

Suuntaventtiileissä öljyä vuotaa aina välyksen kautta säiliöön. Vuoto on hallittua ja se tiedetään, mutta esimerkiksi likainen öljy aiheuttaa voimakasta kulumista, jolloin välisvuoto kasvaa. Tällöin oireena on voimakas lämpötilan nousu ja painehäviön kasvaminen. Valuhuokosten puhkeaminen venttiilissä saa aikaan sen, että öljy painepuolelta virtaakin takaisin säiliöön. On syytä varmistua myös suuntaventtiilien ohjauspaineista - otetaanko ohjauspaine paineenalusventtiiliin kautta, vai käytetäänkö vastaventtiilejä tai kuristuksia varmistamaan tietty ohjauspaine jne. Häiriöt näissä edellämainituissa kohteissa saavat aikaan esimerkiksi sen, että suuntaventtiilin pääluisti pysyttelee vapaakiertoasennossaan tai kesken prosessin ajautuu siihen.

Vastaventtiilin sisältävissä komponenteissa saattaa vastaventtiiliä pitää auki jokin roska tai vastaventtiili on leikkautunut aukiasentoon.

Tiivistevauriot sylintereissä aiheuttavat öljyn ohivirtauksen. Paine, joka tällöin järjestelmään muodostuu, vastaa tiivistevaurion aiheuttamaa kuristusaukon suuruutta.

Virheellinen paineventtiilin asetus

Kaikki painetta säätävät, ohjaavat ja rajoittavat venttiilit asetetaan kuormaa vasten ja niiden toiminta on kuormasta riippuvainen. Asetuksen voi tehdä joko väärin tai oikein. Oletetaan, että asetus on tehty oikein ja paine järjestelmässä laskee, vaikka järjestelmä muuten on asianmukaisesti kuormitettu. Syy tähän on usein säätimen lukituksen pettäminen, jolloin asetus muuttuu värähtelyjen ja tärinöiden vaikutuksesta.

Ulkoinen vuoto

Tässä tapauksessa vuoto on silmin nähtävää esimerkiksi liitin pettää, letku vaurioituu jne.

Väärin asetettu säätöpumppu

Säätötilavuuspumput säätävät tuottoa portaattomasti nolasta maksimiin. Tuottoa voidaan muuttaa käsin tai tuotto muuttuu säätimestä riippuen joko paineesta, kierroksista, tehosta, tai näiden yhdistelmistä. Kun pumppu alkaa odottamattomasta syystä muuttaa tuottoa kohti nolaa, ei järjestelmän paine enää nouse.

Negatiivinen kuorma

Alipainetta ei hydraulisessa järjestelmässä imutapahtumaa lukuunottamatta juuri toivota. Kuitenkin toimilaitteella saattaa syntyä alipainetta negatiivisen kuorman yhteydessä. Tällöin esimerkiksi kuormanlaskun yhteydessä tulee maan vetovoima "kuvioihin" mukaan, jolloin "yhteys"

pumppuun katoaa ja sylinterin nopeudesta vastaakin kuorma ja maan vetovoima. Tällöin muodostuu voimakas alipaine, joka vaurioittaa toimilaitetta ja sen käsittelemää kuormaa.

Alipainetta muodostuu myös äkillisissä kuristuskohdissa ja kohdissa, jossa öljyn virtaukselle tulee äkillinen suunnanmuutos. Virtausnopeuden kasvaessa pienenee paine. Hydraulimootoreissa alipainetta muodostuu samaan tapaan kuin sylinterien negatiivisissa kuormituksissa. Tällöin puhutaan negatiivisesta vääntömomentista. Alipainetta pyrkii muodostumaan myös aina silloin, kun hydraulimootori jää pyörimään vapaalle eli silloin kun moottori muuttuu pumpuksi. Tästä syystä moottorin syöttöön tulisi kiinnittää erityistä huomiota, etenkin jos moottori on varustettu vuotoliitännällä.

Liian suuri paine

Tyypillisin tapaus, jossa paine järjestelmän tietyssä osassa nousee, on virtavastusventtiilin säädön ryömiminen. Tällöin virtauspoikkipinta-ala pienenee ja paine nousee. Toisin sanoen, mitä suurempi paine-ero on kiinteän kuristuksen yli, sitä suurempi virtausnopeus. Tilavuusvirta järjestelmästä alkaa laskea vasta sen jälkeen, kun muuttuneen kuristuksen aiheuttama paine alkaa avata paineenrajoitusventtiiliä, tai säätää säätöpumppua pienemmälle tuotolle.

Sylinterien pinta-alaerot saavat aikaan muutoksia paine-eroissa. Esimerkiksi, jos pinta-ala-ero on 2:1 ja männänvarren puolelta poistuvaa öljyä kuristetaan, muodostuu männänvarren puolelle kaksinkertainen paine pumpunpaineeseen nähden. Mikäli sylinteri on kuormitettu, vähennetään tietysti kuormanpaine pumpunpaineesta ja kerrotaan erotus pinta-alaosuudella.

Säiliöön yhteydessä olevissa kanavissa ja putkistoissa paineen nousun aiheuttavat mahdolliset vastaventtiilit, paluusuodattimet, virtavastusventtiilit tai jäähdyttimet. Yksistään paluusuodattimet saattavat aiheuttaa jopa neljän barin painehäviön. Paineiskut, jotka voidaan rekisteröidä sähköisillä paineantureilla, ovat tyypillisiä paluuputkistoissa. Paineiskut saavat alkunsa kuormanpaineen äkillisistä muutoksista, suuntaventtiilien luistien äärettömästä liikenopeudesta, paluuputkistoihin muodostuvista "öljytyynyistä" tai suurista virtausmääristä, jolloin miinusliikkeen aikana saattaa paluuputkiin ahtautua jopa nelinkertaisia tuottoja pumpun tuottoon nähden. Luonnollisesti nämä vaihtelut tulisi jo suunnitelluvaiheessa ottaa huomioon.

Paineanalyysi

Vianetsintää voidaan tehokkaasti toteuttaa painetta mittaamalla. Jos kyseessä on iso järjestel-

mä, voidaan vikakohteet paikallistaa jo ennenkuin vika ehtii aiheuttamaan vakavia vaurioita. Tähän päästään käyttämällä niinsanottua paine-analyysimenetelmää. Menetelmä edellyttää, että järjestelmään on asennettu riittävästi, ja ehdottomasti oikeisiin paikkoihin painemittauspistokkeita tai -antureita. Paineanalyysimenetelmän rakentelu jakautuu kolmeen vaiheeseen:

Vaihe 1. Kirjataan kaikki painemittauskohdat järjestelmästä.

Vaihe 2. Jokaisen painemittauskohdan kohdalle merkitään, mitä painetta mittarin tulisi eri kuormitustilanteissa näyttää.

Vaihe 3. Jokaisen painemittauskohdan yhteyteen merkitään kaikki ne järjestelmässä olevat komponentit, joilla on mahdollinen yhteys mittauspoikkeaman muodostumiseen.

Viimeinen vaihe (Vaihe 3) onkin sitten kaikkein hankalin ja mitään yleisohjetta on vaikea antaa, koska, kärjistettynä sanottuna, kahta samanlaista järjestelmää ei rakenneta. Toisaalta tämä viimeinen vaihe on myös siksi hankala, että se vaatii hyvää komponenttietoutta. Toisaalta ei liene ylivoimaista ottaa ennakkoon selvää yrityksessä olevasta hydraulikkajärjestelmän komponenteista ja kerrata hieman kytkentäkaaviota, ja siinä esiintyviä symboleja. Komponenttien rakenteisiin tutustuminen on tärkeää sen vuoksi, että samaan tarkoitukseen tarkoitetut eri valmistajien komponentit saattavat vikaantua eri tavoin ja aiheuttavat näinollen erilaisen vaikutuksen mittaustulokseen. Esimerkiksi erään valmistajan vastusvastaventtiilin vastaventtiili osa jumittuu kiinniasentoon, kun taas toisen valmistajan vastaavan venttiilin vastaava osa jumittuu aukiasentoon.

Paineanalyysimenetelmää käytetään sängen vähän johtuen ehkä mittausjärjestelyjen kirjavuudesta. Hydraulikassa on kuitenkin tehty näitä paineanalyysijä ja saadut tulokset ovat olleet rohkaisevia. Vianetsintä ja käyttösaatöjen suoritus ovat nopeutuneet huomattavasti.

Yhteenveto paineen mittauksesta

1. Järjestelmän toimiessa moitteettomasti merkitse muistiin kaikkien painemittareiden lukemat eri kuormitustilanteissa ja vertaa niitä häiriötilanteissa esiintyviin lukemiin.
2. Kiinnitä huomio siihen, mistä paine kannattaa mitata.
3. Yhdenmukaista mittauspistokkeet.
4. Onko paineen jatkuva näyttö aina tarpeellista?
5. Tutustu järjestelmän komponentteihin ja mieti millaisen painevaikutuksen ne saavat aikaan vikaantuessaan.

TILAVUUSVIRTA

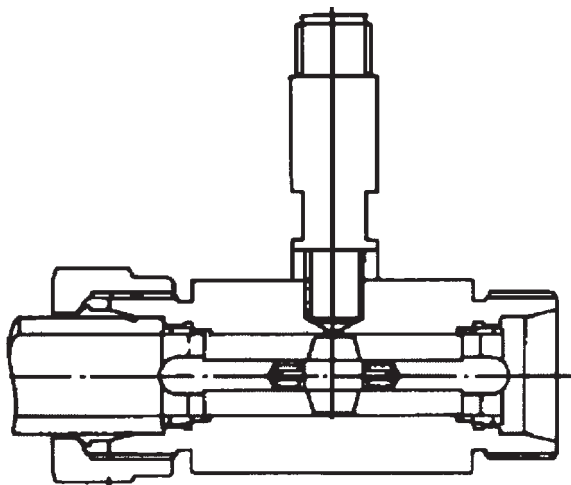
Järjestelmässä ei tapahdu mitään, jos öljy ei virtaa, ja mitä tapahtuu, riippuu siitä, kuinka paljon öljyä virtaa ja missä. Tilavuusvirran yksikkönä käytetään l/min, eli mitataan, kuinka monta litraa öljyä virtaa minuutissa. Kierrostilavuudesta käytetään yksikköä kuutiosenttimetri per kierros (cm^3/r). Pumppujen ja moottoreiden tuotot ilmoitetaan usein kierrostilavuuksina.

Mihin tilavuusvirran mittauksilla pyritään?

1. Tilavuusvirtojen mittauksilla voidaan todeta tuotto järjestelmän eri kohdista oikean tai väärän toiminnan toteamiseksi.
2. Mittausten avulla voidaan asettaa toimintalaitteiden nopeudet.
3. Järjestelmän ja komponenttien vuotojen suuruus määritellään tilavuusvirtamittausten avulla.

Mistä tilavuusvirta muodostuu?

Tilavuusvirran lähde on järjestelmän pumppu tai pumpput. Toisaalta toimilaitteet saavat tilavuusvirtaa myös paineakuista ja niisanotuista regeneroivista kytkennöistä, joissa esimerkiksi sylinterin männänvarren puolelta poistuva öljy johdetaan pumpun avuksi. Viimeksi mainittua tilavuusvirran lähdeä käytetään pikaliikkeissä tai liikkeissä, joissa halutaan sylinterin edestakainen liike yhtä nopeaksi kumpaankin suuntaan.



Kuva 15.

Mihin tilavuusvirta vaikuttaa?

Tilavuusvirta vaikuttaa toimilaitteen liikenopeuteen. Painetta nostamalla ei saada suorassa suhteessa nopeutta lisättyä, vaan nopeus riippuu ainoastaan siitä, kuinka monta litraa öljyä aikayksikköä kohti toimilaitteelle virtaa.

Mistä tilavuusvirtaa mitataan?

Kun kyseessä on hydraulijärjestelmä, ei tilavuusvirtaa mitata siinä laajuudessa, kuin painetta. Käytännössä järjestelmät eivät ole lainkaan varustettu tilavuusvirtamittarein, ja niissä järjestelmissä, joissa käytetään tilavuusvirran mittausta, yleisin ratkaisu on tilavuusvirran mittaus paine- ja paluupuolelta.

Komponenttien testauksissa tilavuusvirran mittauksilla onkin sitten keskeinen merkitys. Nämä mittaukset paljastavat armottomasti komponenttien vuodot, virheelliset asetukset jne.

Millä tilavuusvirtaa mitataan?

Yleisimmät mittausvälineet ovat:

- turbiinianturit
- hammaspyöräanturit
- rotametrit
- mittalasi ja -kello

Turbiinianturi

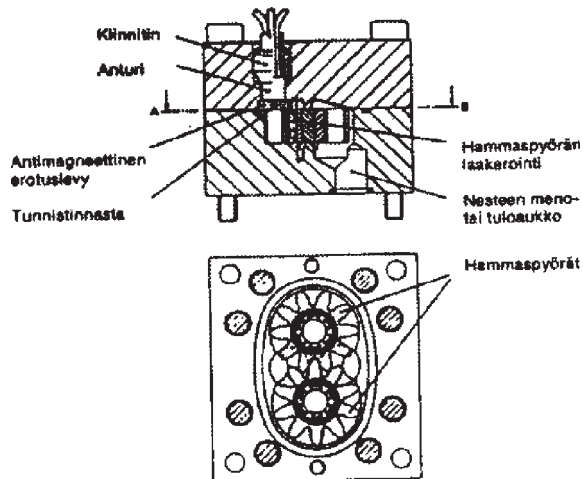
Turbiinianturissa on putkeen sijoitettu kitkattomasti laakeroitu moottori, jonka pyörimisnopeus on verrannollinen läpivirtaavan öljyn keskimääräiseen virtausmäärään. Roottorin pyörimisnopeutta mitataan sähköisellä anturilla. Mitä suurempi pyörimisnopeus, sitä suurempi sähköisen viestin taajuus, ja näin sähköisen viestin taajuus on verrannollinen öljyn tilavuusvirtaan.

Turbiiniantureita valmistetaan laajalle mitta-alueelle (0,03...60000 l/min), ja kun työskentelypaine voi olla jopa 3000 bar, kattavat turbiinianturit käytännöllisesti katsoen kaikki hydraulikka-sovellutukset.

Hammaspyöräanturi

Hammaspyöräanturi muodostuu hammaspyöräparista ja hammaspyörän aseman tunnistavasta anturista. Virtaava öljy pyörittää hammaspyörää, joiden pyörimisnopeus riippuu niiden läpi virtaavasta öljymäärästä. Mittaus tapahtuu tyypillisimmillään siten, että käytetään induktiivista anturia, jolloin yhden hammasvälin tilavuuden suuruinen nestemäärän siirtyminen antaa yhden ulostulopulssin.

Hammaspyöräantureilla voidaan mitata 0,95...1000 litran minuuttituottoja. Maksimi käyttöpain vaihtelee rakenteesta riippuen 315...600

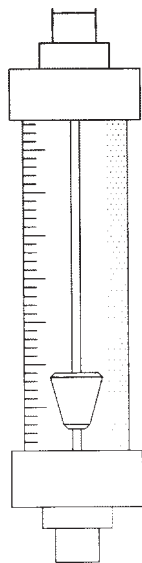


Kuva 16. Hammaspyöräanturi

barin välillä. Tilavuusvirran suunta voi olla mielivaltainen, joten hammaspyöräanturilla voidaan mitata esimerkiksi männänvarren puolelle menevää ja sieltä palaavaa öljymäärää ilman, että anturi pitäisi välillä kääntää toiseen asentoon.

Hammaspyöräanturit soveltuvat hydraulikassa erityisesti:

- nopeille ja vaihtvasuuntaisille tilavuusvirroille
- tilavuusvirran suunnan toteamiseen
- erityisten käyttöturvallisuutta vaativien laitteiden kontrollointiin
- toimilaitteiden nopeuden asetukseen
- sylintereiden tahdistuksiin.



Kuva 17. Rotametri

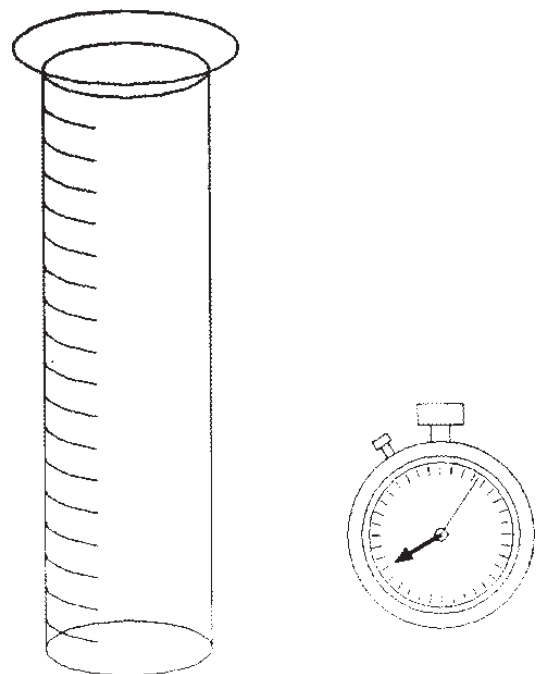
Rotametri

Hydraulisten järjestelmien tilavuusvirran mittaauksissa ovat rotametrit yleisimpiä ja halvimpia. Rotametrin sisään rakennettu kartiokuula nousee virtausvoiman vaikutuksesta ylöspäin. Tämä liike kalibroidaan tilavuusvirran näyttämäksi. Kovin tarkkoihin mittauksiin ei rotametrit välttämättä sovellu, jolloin kysymykseen tulevat edellä kerrotut anturit. Kaikkein parhaiten rotametrit soveltuvat:

- tilavuusvirran toteamiseen
- toimilaitteiden nopeuksien karkeaan asetukseen
- ohjausvirtojen ja vuotojen toteamiseen.

Mittalasi ja -kello

Tämä yhdistelmä lienee kaikkein halvin ratkaisu nestevirtojen mittauksissa, mutta isojen tilavuusvirtojen kohdalla yhdistelmä on ylivoimaisesti kömpelöin. Esimerkiksi komponenttien kotelovuotojen tutkimiseen mittalasi ja kello soveltuvat erinomaisesti ja niillä saa tarkan tuloksen. Mitattaessa esimerkiksi pumppujen kotelovuotoja voidaan mittalasiin laskea kymmenen sekunnin aikana öljyä, jolloin kotelovuoto minuuttia kohden saadaan selville.



Kuva 18. Mittalasi ja kello

Tilavuusvirran mittausjärjestelmästä

Mittaukset voidaan suorittaa rotametreillä tai an-tureilla. Mittauksilla ei ole samaa keskeistä mer-kitystä, kuin vastaavilla paineenmittauksilla. Mit-taukset keskittyvät lähinnä tilavuusvirran suuruu-den tai suunnan toteamiseen. Järjestelmän toi-milaitteiden nopeuksien asettamisessa tilavuus-virran mittauksilla on enemmän merkitystä. Toi-saalta toimilaitteiden nopeus saadaan halutun suuruiseksi myös mittaamalla toimilaitteen no-peutta (m/s tai r/min) Jatkuva tilavuusvirran näyt-töä on käytetty sellaisissa hydraulisissa jär-jestelmissä, jotka sisältävät kaksi tai useampia itsenäisiä piirejä, ja joiden takana on yhteinen pumppupiiri. Tällöin käytön valvonnan ja vianet-sinnän kannalta on helppo todeta, missä piirissä öljyä virtaa ja kuinka paljon.

Vuotojen mittaus

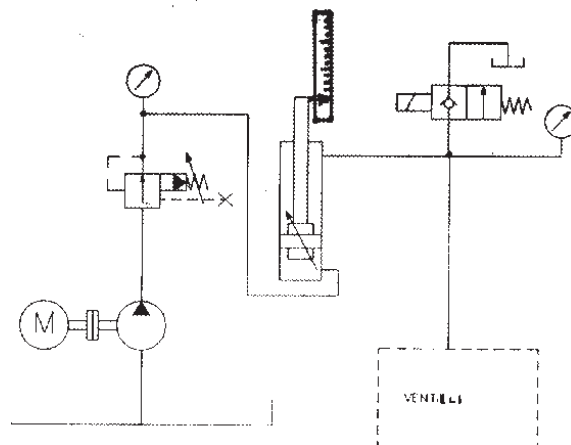
Vuotoja voidaan mitata kaikilla edellämainituilla mittausvälineillä, joista tarkimpia ovat hammas-pyörä- tai turbiinianturit. Pieniin vuotoihin sovel-tuu mittalasi ja kello vallan mainiosti.

Tilavuusvirtaa mittaamalla voidaan todeta

- suuntaventtiilien välisvuodot
- pumppujen ja mootoreiden volymetriset hyötysuhteet
- paineventtiileiden vuodot

Suuntaventtiilien välisvuodoissa virtaa osa pumpun tuotosta venttiin säiliökanavaan. Vä-lisvuodon suuruus riippuu välyksestä ja pai-neesta. Välisvuotoa pahentaa lian ja huolimattoman asennuksen aiheuttama venttiin kuluminen tai järjestelmän käydessä pitkään kuumalla öljyllä. Kaikki ylimääräinen vuoto saa aikaan no-peushäviötä ja ennenkaikkea tarpeetonta öljyn ylikuumentumista, joka pitemmällä aikavälillä joh-taa muihin vakaviin vaurioihin hydraulisessa jär-jestelmässä. Komponenttien valmistajat antavat luetteloissaan sallitut välisvuodot tietyillä paine-eroilla ja välyksillä.

Välisvuodot kannattaa mitata laboratorio-penkissä ajamalla suuntaventtiin läpi öljyä tul-paa vasten, ja mitata vuotoa tankkiliitännästä. Se, mikä hyväksytään hylkyrajaksi, riippuu käyt-täjästä, järjestelmän suuruudesta ja käyttöas-teesta. Tietyvästi kukaan hydrauliiikan käyttäjä Suomessa ei ole ottanut käyttöön mitään tark-kaa hylkyrajaa välisvuodolle, mutta se voidaan ottaa käyttöön, mikäli pyritään mahdollisimman hyvään järjestelmän hyötysuhteeseen. Tällöin olisi syytä neuvotella venttiin myyneen yrityk-sen kanssa.



Kuva 19. Booster-periaate

Toinen tapa mitata venttiin välisvuotoa, on käyttää niinsanottua Booster-periaatetta. Booster-periaatteella ei mitata tilavuusvirtaa, vaan venttiin tiiviyyttä kuvan 19. mukaisesti. Kuvassa sylinterinä käytetään differentiaalisylinteriä, jonka pinta-alasuhteet on 2:1. Paineenalennusventtiili säättää sylinterin männänpuoleisen paineen vakioksi, jolloin männänvarren puolella on kak-sinkertainen paine, joka myös pysyy testin aika-na vakiona. Öljy johdetaan männänvarren puolelta testattavalle venttiilille ja istukkatyyppiselle magneettiventtiilille, jonka kautta männänvarren puoleinen paine testin lopussa puretaan säili-öön. Jos testattava venttiili on sataprosenttisen tiivis ei sylinterin männänvarsi liiku lainkaan. Mitä enemmän venttiili vuotaa, sen nopeammin sylin-teri liikkuu. Vuodon suuruus eli venttiin tiiviy-s on siis verrannollinen männänvarren liikenopeu-teen. Liike voidaan välittää halutulle asteikolle, kuten kuvassa on esitetty. Tällöin voidaan mita-ta esimerkiksi, kuinka pitkälle männänvarsi on minuutin aikana liikkunut. Testiin vaikuttaa luon-nollisesti sylinterin ja istukkatyyppisen venttiin tiiviy-s, sekä öljyn viskositeetti.

Pumppujen kotelotilojen vuotomit-taukset

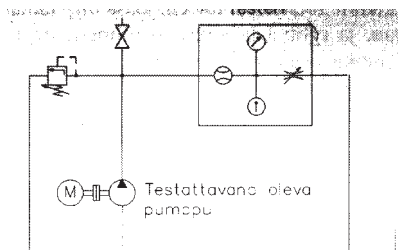
Kotelotilojen vuodot ovat mitattavissa vuotoliitännöistä, joista voidaan myös mitata kotelopai-ne. Mittausvälineeksi soveltuu esimerkiksi mit-talasi ja kello. Kaikissa vuotomittauksissa tulisi pumppua kuormittaa maksimipaineella ja läm-mittää öljy järjestelmän normaaliin käyttölämpö-tilaan. Muutoin testisarjat eivät ole vertailukel-poisia. Kotelotilojen vuotomittauksilla pystytään määrittämään volymetrinen hyötysuhde, ja tä-män lisäksi voidaan tarkkailla silmämääräisesti vuodon laatua, eli onko se tasaista, puhdasta jne. Pumpuissa, joiden vuotojen odotetaan ole-

van useita litroja/ minuutti, saattavat mittalasilla ja kellolla suoritettavat mittaukset olla hankalia suorittaa. Esimerkiksi, jos pumppu tuottaa yli 100 litraa/ minuutti, voi vuodon osuus olla yli 10 litraa/ minuutti.

Testeri

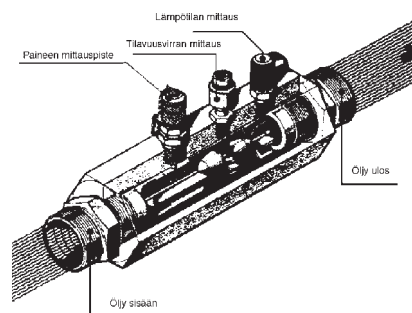
Pumpun volymetrinen hyötysuhde kertoo pumpun kunnosta paljon. Volymetriseen hyötysuhteeseen vaikuttavat ennenkaikkea pumpun sisäiset vuodot. Erilaisilla testereillä voidaan nopeasti mitata pumpun kunto. Testeri pitää sisällään, joko turbiini- tai hammaspyöräanturilla varustetun tilavuusmittarin, paineenmittaus- ja lämpötilamittauspistokkeen. Yleisimmin käytetään turbiinanturia, jonka yhteydestä saadaan mitattua myös paine ja lämpötila. Testaus suoritetaan siten, että annetaan öljyn virrata ensin testerin läpi nollan barin paineella, jonka jälkeen aletaan kuormittaa järjestelmää esimerkiksi 50 barin välein. Jokaisen paineennoston jälkeen kirjoitetaan vastaava pumpun tuotto ylös. Testisarja päättyy järjestelmän maksimityöpaineeseen.

Näin saaduista mittaustuloksista voidaan piirtää niin sanottu volymetrinen käyrä kuvan 21 mukaisesti. Mikäli käyrä on lähes suora tai erittäin loivasti laskeva, on kysymyksessä hyötysuhteeltaan kelvollinen pumppu, nopeasti laskeva käyrä kielii voimakkaasti kuluneesta pumpusta. Jokaisella yrityksellä, joka testereiden avulla mittaa pumppujensa kunnon, on omat hylkyrajansa. Kuvan 22 taulukossa on esitetty nyrkissäntö eri pumpputyypin hylkyrajoista. Jotta saataisiin vertailukelpoisia testituloksia, on testaukset suoritettava aina järjestelmän käyttölämpötilassa. Jos öljyn lämpö testauksen aikana on huomattavasti alle normaalin käyttölämpötilan, antaa testi paremman tuloksen, kuin mitä pumpun kunto todellisuudessa on.

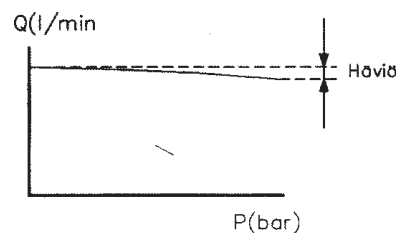


PUMPPUTYYPPI	HYLKYRAJA %
Hammaspyöräpumput	20
Siipipyöräpumput	15
Mäntäpumput	10...12

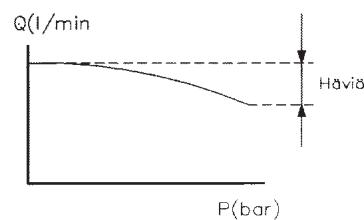
Kuva 22. Pumppujen hylkyrajoja



Kuva 20. Testeri



Uuden pumpun volymetrinen käyrä. Häviöprosentti pieni



Vanhan, kuluneen pumpun volymetrinen käyrä. Suuri häviöprosentti.

Kuva 21. Volymetrinen käyrä

Öljyn puhtauden mittaus

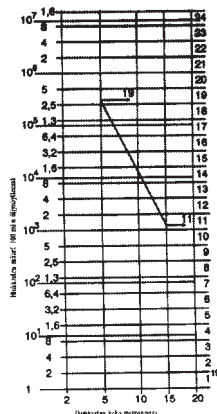
On sanottu, että noin 80 prosenttia hydrauliiikan vioista aiheutuu öljyn epäpuhtauksista. Tätä edellämainittua lausetta on käytetty lähes jokaisessa tilaisuudessa, jossa hydraulikkaa käsitellään - niin että se alkaa kuulostaa jo kuluneelta fraasilta. Kuitenkin se pitää paikkansa, eikä sen merkitystä voi väheksyä. Eri asia on se, että onko puhtauden merkitys otettu tarpeeksi vahvasti huomioon. Ei ole!

Öljystä voidaan mitata viskositeetti, kemialliset muutokset ja mekaaniset epäpuhtaudet. Kiinnostavin edellä mainituista kohteista lienee mekaanisten epäpuhtauksien määrä, koska niillä on välitön vaikutus järjestelmän toimivuuteen. Vasta parinkymmenen vuoden aikana on kehitelty luotettavia mittaamenetelmiä, jotka ovat niin edullisia, että paljon hydraulikka käyttävällä yrityksellä on varaa investoida sellaisiin.

Kuinka likaista öljy saa olla?

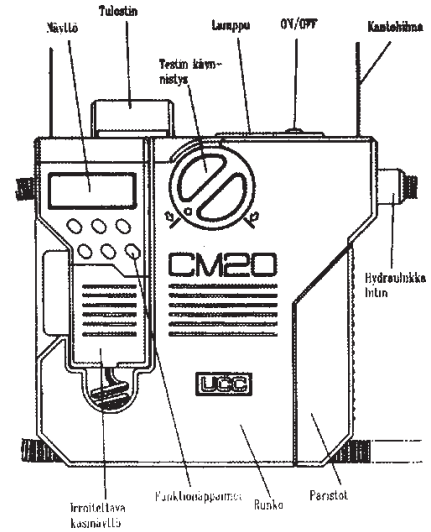
Yhdysvaltain armeija otti käyttöön ensimmäisenä öljyn puhtausluokan. Tätä heidän määrittelemäänsä puhtausluokitusta käytetään yleisesti NATO:n hydraulikkaa sisältävissä sotakoneissa, ja tähän puhtausluokitukseen perustuu pohjois-amerikkalainen NAS:n standardi, joka on myös Euroopassa ja Suomessa edelleen yleisessä käytössä. Hiljattain ISO uudisti puhtausluokitusjärjestelmän, mutta sen saaminen käyttöön kestää aikansa. Molemmat luokitukset perustuvat siihen, että öljystä otetaan 100 ml:n näyte, josta tutkitaan, miten eri kokoiset liahiukkaset ovat siinä jakautuneet. Näyte otetaan dynaamisena näytteenä siten, että steriilipulloon lasketaan 200 ml öljyä, josta sitten tutkitaan 100 ml.

Dynaamisella näytteenotolla tarkoitetaan sitä, että järjestelmä on toiminnassa näytteenoton aikana. Tällöin saadaan luotettava kuva siitä, millaista öljyä järjestelmässä virtaa. Näytteen voi periaatteessa ottaa mistä tahansa, paluu- tai paineputkesta, kotelovuodosta, ohjauspaineliitännästä jne. Ottamalla näyte useasta eri kohteesta voidaan pidemmällä aikavälillä rajata se



NAS 1638

Hiukkasetin halkaisema µm	Puhdistusluokat (luokitte 100 ml:n näytteenä)													
	00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5 - 15	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	32000	64000	128000	256000	512000	1024000
15 - 25	22	44	88	176	352	712	1425	2850	5700	11400	22800	45600	91200	182400
25 - 50	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768
50 - 100	1	2	3	6	11	22	45	90	180	360	720	1440	2880	5760
yl. 100	0	0	1	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024



alue järjestelmästä, joka sitä eniten likaa. Esimerkiksi ottamalla näyte paluuputkesta ennen paluusuodatinta ja sen jälkeen, voidaan todeta, kuinka likaisena öljy suodattimelle saapuu ja kuinka tehokkaasti se ennen säiliöön menoa puhdistuu. Ottamalla näyte painepuolelta voimem koko ajan tarkkailla minkä laatuista öljyä järjestelmä saa. Tutkimalla vielä säiliössä olevaa öljyä voimmekin hyvin pitkälle rajata sen alueen, jossa öljy likaantuu ja ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin. Kuinka usein näyte on otettava, perustuu kokemukseen ja itse hydraulisen järjestelmän tärkeyteen.

Kun näyte on otettu, imetään 100 ml näytteenä ohuen kalvon läpi. Kalvolle jää kaikki 1,26 mikronia suuremmat hiukkaset, joiden määrä on luettavissa mikroskoopilla. Mikroskoopilla tutkittu näyte on luotettava sen vuoksi, että mikroskoopilla voidaan nähdä mm. öljyn seassa oleva vesi ja ilma. Lähes kaikki suodatukseen erikoistuneet yritykset Suomessa myyvät näytteen tutkimiseen tarvittavia laitteita ja opastavat niiden käytössä.

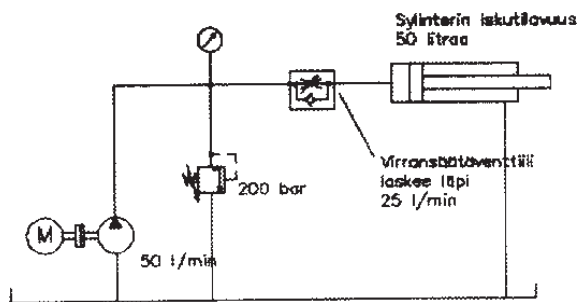
Hiukkaslaskimilla voidaan myös todeta öljyn epäpuhtaudet. Hiukkaslaskimista on sanottu, että niiden huonona puolena on se, että ne eivät pysty erottamaan ilmakehää ja vettä, jolloin tulos ei olisi todellinen. Näin tietysti on, mutta on otettava huomioon myös se, että jos öljy sisältää ilmaa tai vettä siinä määrin, että se vaikuttaa puhtausluokan laskuun, on sekin selvä osoitus öljyn huonosta laadusta. Nykyään on saatavana varsin edullisesti hiukkaslaskimia, jotka muutamassa minuutissa antavat puhtausluokan, joko NAS:n tai ISO:n mukaan, ja ilmoittavat miten erikokoiset hiukkaset ovat jakautuneet.

Lämpötilan mittaus

Hydraulijärjestelmän häviöt muuttuvat aina lämmöksi, mikä saa aikaan lämpötilan nousun öljyssä. Näitä häviöitä ovat paine-, nopeus-, vuoto- ja mekaaniset häviöt. Mekaanisia häviöitä syntyy erilaisissa hankauspinnoissa, tiivisteissä ja laakereissa. Paine- ja nopeushäviöt syntyvät öljyn virtauksessa kitkahäviöinä. Kitkahäviöllä tarkoitetaan öljyn sisäistä kitkaa eli viskositeettia. Vastustettaessa öljyn virtausta, joutuu pumpu tekemään työtä vastuksen voittamiseksi, jolloin lämpötila alkaa öljyssä nousta. Mitä suurempi putken halkaisija, sen pienemmät kitkahäviöt ja mitä suurempi pumpun tuotto, sen suuremmat kitkahäviöt.

Nopeushäviöt syntyvät silloin, kun virtausta kuristetaan. Tällöin kuristuskohdassa öljyn virtausnopeus kasvaa ja paine pienenee. Virtausnopeuden kasvaessa äkillisesti muuttuu osa virtausenergiasta lämmöksi. Vuotohäviöllä tarkoitetaan joko järjestelmän sisäisiä vuotoja, tai ulkoisia vuotoja, kuten vuotavat liittimet. Sisäisiä vuotoja ovat tiivistevauriot, pumppujen, moottoreiden ja venttiilien välisvuodot.

Edellämainittujen lisäksi lämpöä hydrauliseen järjestelmään muodostuu häviösäätöjen yhteydessä. Häviösäädöllä tarkoitetaan sellaista nopeuden säätöä, jossa vakiotuottoisen pumpun tilavuusvirrasta tietty osa johdetaan virransäätöventtiiliin kautta toimilaitteelle käyttämättömän osan virratessa paineenrajoitusventtiiliin kautta säiliöön. Tällöin muuttuu sähkömoottorin tehosta osa lämmöksi, joka alkaa lämmittää öljyä. Teoriassa lämmöksi muuttuva teho voidaan laskea hydraulisen tehon kaavasta $P = p \times Q$, jossa p = paine ja Q = tilavuusvirta. Se kuinka paljon lämpöä tällöin muodostuu riippuu siitä, kuinka korkealle paineenrajoitusventtiili on asetettu, ja kuinka suuri tilavuusvirta paineenrajoitusventtiilin läpi virtaa.



Kuva 27. Häviösäädössä osa pumpun tuotosta virtaa paineenrajoitusventtiiliin kautta säiliöön. Kuvassa lämmöksi muuttuvan tehon suuruus riippuu paineenrajoitusventtiilin asetusarvosta.

Öljyä lämmittää myös likakerrokset, joita muodostuu komponenttien ja säiliön päälle. Säiliön yhtenä tehtävänä hydraulikassa on öljyn jäähtyminen. Jos tiedämme säiliön teräslevyjen säteilypintojen pinta-alan, voimme laskea säiliön jäähdystehon. Pöly- ja likakerrokset estävät teräslevyjen lämmönsiirron, jolloin seurauksena on öljyn kuumeneminen.

Öljyä lämmittävät siis kaikki seuraavat tekijät:

- liian ahtaat putket
- välisvuodot pumpeissa, moottoreissa ja venttiileissä
- häviösäädöt
- likainen öljy, joka sitoo lämpöä
- järjestelmässä oleva ilmavuoto
- väärin valitut liittimet
- väärin mitoitettu hydraulinen järjestelmä
- eristävät likakerrokset säiliössä
- ylikuormitus
- tiivistevauriot
- järjestelmään päässyt ilma
- väärä öljyalaatu
- vaurioitunut jäähdytin
- liian pieni öljysäiliö
- viallinen lämmitysjärjestelmä
- liian pieni öljymäärä säiliössä

Kuinka lämmintä öljy saa olla?

Öljyn ihannelämpö riippuu käytettävästä nesteestä. Mineraaliöljyjen ihannelämpötila vaihtelee 55...65 celsiusasteen välillä ja on sanottu, että jokainen kymmenen asteen nousu tästä ylöspäin puolittaa öljyn käyttöiän. Emulsioiden ehdoton yläraja on noin 40 celsiusastetta, koska tässä lämpötilassa alkaa vesi haihtua pois. Teollisuudessa ongelmana on useimmin ylikuumentuminen, kuin kylmä öljy. Vaikka tiivisteet tänä päivänä kestävätkin suuria lämpötiloja, ne eivät välttämättä kestä öljyn kemiallisia muutoksia, jotka lisääntyvät lämpötilan noustessa. Syitä on alettava etsiä heti, kun lämpötila alkaa nousta yli ihannerajojen.

Säiliöön asennettavilla lämpömittareilla saadaan öljystä jatkuva lämpötilan seuranta. Ylikuumentumisesta varoittaa lämpöhälytys, jonka hälytysraja on asennettu 70 celsiusasteeseen. Pumpun pysäytysrajana on yleisimmin käytetty 80 celsiusastetta.

Lämpötilaa on syytä tarkkailla myös muualta, kuin säiliöstä. Pienillä, digitaalisilla pintalämpömittareilla voidaan ja myös pitäisi mitata säännöllisesti lämpötila useasta paikasta järjestelmästä. Tyypillisimmät lämmön mittauskohteet ovat sylinterit, joista lämmönmittauksilla voidaan etsiä mahdolliset tiivistevauriot. Kasvavat välisvuodot moottoreissa ja pumpeissa ilmenevät voimakkaana kuumenemisena. Paineenrajoitusventtiiliin joutuessa tekemään työtä esimerkiksi ylikuormituksen yhteydessä, tuntuu venttiili erit-

täin kuumalta jo käsin kosketeltaessa. Samoin kuumenee suuntaventtiilin runko, jos välisvuoto kasvaa. Kohonnut lämpötila on siis merkki jostain vauriosta tai väärästä käytöstä.

Lämpömittausten tulkinta on kokemusperäistä, mutta helppoa. Ehkä tästä syystä lämmön mittausta eri puolilta järjestelmää säännöllisin väliajoin on eniten käytetty ennakoivan huollon toimipide yrityksissä. Tärkeintä on tietää, mitkä tekijät öljyä lämmittävät, ja mitkä ovat ihanneolosuhteet.

Melun mittaus

Melu hydraulikassa aiheutuu hyvin monista eri tekijästä. Karkeasti ottaen valtaosa hydraulikan äänestä muodostuu pumppuyksiköstä, johon kuuluu pumppu, sähkömoottori ja kytkin. Jokaisella pumpulla on oma tyypillinen ominaisääni ja värähtelyn ominaistaajuus, kuten myös muilla hydraulikan komponenteilla. Toisaalta laakerointi aiheuttaa oman metelinsä. Loput hydraulikan äänestä aiheuttaa nesteen virtaus, paineiskut sekä toimilaitteiden ja niiden kuormien väliset kytkennät.

Oleellista on kuitenkin havaita muutos tavanomaisesta tilanteesta ja tehdä niistä oikeita johtopäätöksiä. Poikkeuksen tavanomaiseen äänen saa aikaan:

- kavitoiminen
- ilmavuoto
- laakerivauriot
- voimakkaat kulumiset
- istukoiden värähtelyt
- putkien huono tuenta
- liian nopeat suunnanmuutokset virtauksessa
- liian suuri paine
- voimakas sisäinen vuoto

Ääntä voi kuunnella esimerkiksi stetoskoopeilla, joiden avulla pystytään toteamaan muun muassa laakereiden kunto pumpeissa ja moottoreissa. Myös virtausäänet saadaan hyvin esille stetoskoopeilla. Näin voidaan paikallistaa esimerkiksi järjestelmässä olevat sisäiset vuodot. Mikäli tarvitaan tarkkoja mittaustuloksia muutosten havaitsemiseksi, tarvitaan jo desibelimittareita.

Lopputiivistelmä

Kuten alussa mainittiin ilmoittaa hydraulijärjestelmä olemassaolostaan monin eri tavoin. Tärkeintä ei ole saada aikaan ehdottomia mittaustuloksia, vaan eroja, joita vertaamalla voidaan päätellä hydraulikan tila. Ehtona onkin se, että mittaukset tehdään aina samoilla menetelmillä ja mittauksista pidetään tarkkaa pöytäkirjaa. Mittausmenetelmät- ja välineet ovat jo nyt lähes kaiken kattavia ja toimintavarmoja. Tietotekni-

kan kehittyessä ei liene myöskään vaikeaa käyttää tietokoneohjelmia mittausten analysointiin. Tällöin tietokone hälyttää ja tekee tarvittavat päätökset.

Poikkeamat paineen mittauksessa:

Liian suuri paine:

- järjestelmä saa liikaa tuottoa
- jossain kohdin järjestelmää on muodostunut liikaa kuristusta
- paineventtiileiden asetukset ovat muuttuneet
- ylikuormitus

Liian pieni paine:

- jossain on suuri sisäinen vuoto
- paineventtiileiden asetukset ovat muuttuneet
- pumppu tuottaa liian vähän öljyä
- kuormitus tilanne on muuttunut
- virtausventtiileiden asetukset ovat muuttuneet
- tilavuusvirtaa säättävät venttiilit ovat jumittuneet

Liian suuri tilavuusvirta:

- virtauksen säätöventtiilien asetukset eivät ole kohdallaan
- säätöpumppujen säätimien asetukset ovat muuttuneet

Liian pieni tilavuusvirta:

- virtauksensäätöventtiilien asetukset ovat muuttuneet
- öljyä virtaa johonkin toiseen osaan järjestelmää
- pumpeissa suuri sisäinen vuoto
- järjestelmässä suuri sisäinen vuoto
- paineenrajoitusventtiilin asetus on muuttunut
- säätöpumpun asetus on muuttunut

Kohonnut lämpötila:

- suuri sisäinen vuoto
- ylikuormitus
- virheelliset paine- ja virtausventtiileiden asetukset
- jäädytyn tai lämmitin vaurioitunut
- likainen öljy
- väärä öljy
- lämmön siirtymistä eristävät likakerrokset
- liian suuri tuotto putkistoon nähden

Melu:

- pumppuvauriot
- kavitointi
- ilmavuoto
- värähtelevät istukat (ohjauspainesuhteet muuttuneet)
- mekaaniset vauriot toimilaitteissa