

LVI-kompressorimoottorien eristysresistanssi- ja sähköinen mittaus

Sovellusohje



500 V:n testijännitteellä tämä eristysresistanssin lukema on >550 MΩ, mikä tarkoittaa, että resistanssi on mittausalueen ulkopuolella. Toinen eristysresistanssin mittaus tehtiin 1000 V:n jännitteellä, ja se antoi resistanssin arvoksi 1,1 GΩ (1 100 MΩ). Jos vuotovirtaa ei olisi havaittu, lukema olisi ollut >2,2 GΩ. Fluke 1587 on yhdistetty eristysvastus-/yleismittari, jossa yhdistyvät digitaalisen yleismittarin (voltage, ohmit, millivoltage, milliampeerit, taajuus, kapasitanssi, lämpötila) ja eristysvastusmittarin toiminnot, mikä tekee siitä kattavan moottorin kunnossapitoratkaisun.



LVI-asentajat käyttävät harvoin vain yhtä testiä jonkin toiminnon tai prosessin hyväksymiseen tai hylkäämiseen. Kun he kävelevät jäähdyttimen luo, he kuuntelevat tarkasti, heiluttavat kättään jäähdyttimen poistoilmavirtauksessa ja tarttuvat sen jälkeen imuletkuun, nesteletkuun ja poistoletkuun (ja toivovat, etteivät olisi tehneet niin). Ja kaiken tämän he tekevät ennen edes työkalupakin avaamista.

Seuraavaksi he liittävät järjestelmään painemittarit ja ottavat esiin lämpömittarit mahdollisen vian tarkempaa määrittystä varten. Mitä enemmän tarkistuksia ja uudelleentarkistuksia he tekevät, sitä tyytyväisempiä he ovat ja sitä lähemmäksi totuutta he pääsevät. Kompressorien tapauksessa asentajat tekevät seuraavaksi eristysresistanssintestauksen yhdessä kylmäaineen ja öljyn kosteuden sekä hapon testauksen kanssa, sillä tämä on yksi ajan mittaan toimivaksi osoitettu kompressorien lisättestaustapa.

Eristysvastusmittari syöttää järjestelmää vaurioittamattomia tasajännitteitä moottorin käämeihin ja eristyskohtiin ja mittaa siten vuotovirran suuruuden. Täydellistä eristintä ei ole olemassa, vaan kaikki eristimet vuotavat. Tärkein kysymys onkin seuraava: Miten paljon ne vuotavat ja muuttuuko eristimen vuodon suuruus ajan mittaan eristimen hajoamisen tai siihen päässeiden epäpuhtauksien vuoksi? Tämä jälkimmäinen seikka on avainasemassa ennaltaehkäisevässä kunnossapidossa.

Eristysresistanssin mittauksella voidaan tarkistaa jatkuvuus, käämien ja lämmityselementtien resistanssit, termistorin resistanssiarvot jne. Kaikki nämä mittaukset tehdään eristimissä olevien piirien läpi, paitsi tarkistettaessa, onko eristimessä maasulku.

Mikäli maasulku havaitaan, laite on vioittunut vakavasti ja kaikki ennaltaehkäisevät tai ennakoivat kunnossapitotoimet ovat jo myöhässä. Vakava moottorin vioittuminen (puoli) hermeettisessä kompressorissa, joka sisältää öljyä ja kylmäainetta, edellyttää parhaassa tapauksessa kattavaa puhdistusta ja pahimmassa tapauksessa yksittäisen komponentin sijaan koko laitteiston vaihtamista, mikä aiheuttaa tuotantokatkoksen ja siten tuottojen pienentymisen. Onkin parasta tarkistaa säännöllisesti eristysarvot ja tallentaa ne, jotta seuraavan tarkistuksen mittauksia voi verrata niihin ja jotta kaikki muutokset näkyvät helposti.

Mitä etsitään?

Eristysresistanssien arvojen tulkitsemista varten ei ole mitään yksiselitteistä ja nopeaa hyväksyntä/hylkäyssääntöä, mutta valmistajat ja alan organisaatiot vaikuttavat olevan yhtä mieltä siitä, että eristysresistanssimittausten trendipiirto voi osoittaa selvästi moottorin ennakkoidun kunnon.

Sähkömoottorien eristysresistanssin testausta koskeva IEEE 43 -standardi määrää pienimmäksi sallituksi arvoksi 1 megaohmin plus 1 megaohmi moottorin käyttöjännitteen kilovoltia kohti. 460 voltin moottorin tapauksessa hyväksyntä-hylkäystestin kynnysarvo olisi 1,46 megaohmia tai vuotovirta-arvo, joka on 500 VDC / 1460000 ohmia $\approx$ 342 mikroampeeria.

Tämä standardi on kuitenkin tarkoitettu koskemaan moottoreita, joissa öljyä ja kylmäainetta ei ole suljettu hermeettisesti. Nesteeseen upotetun moottorin on mahdollisesti käytettävä alempia arvoja valmistajan suositusten mukaan. Nesteeseen upotetulle moottorille hyväksyttävä resistanssi voi olla 600000 ohmia 500 VDC:n käyttöjännitteellä tai vuotovirta-arvo, joka on 500 voltia / 600000 ohmia $\approx$ 833 mikroampeeria.

Jotkin modernit eristimet, joita on käytetty noin vuodesta 1975 lähtien ja joilla on paremmat eristysarvot, eivät välttämättä salli vuotovirtaa, ja niiden eristysresistanssiarvo voi olla jopa 20 000 megaohmia (20 gigaohmia). Tästä syystä niitä ei saa käyttää, jos eristysresistanssin arvot alittavat 100 megaohmia huolimatta siitä, onko niiden käämeissä pinnan epäpuhtauksia vai ei.

Hermeettisen moottorin olosuhteet ja seuraukset

Eristysresistanssin mittaus hermeettisesti suljetuista kompressoreista on kompressorimoottorin käyttöympäristön vuoksi kaksivaiheinen toimenpide.

1. Ensin mitataan eristysresistanssi moottorin käämien eristyksen vaurioitumisen selvittämiseksi.
 2. Sen jälkeen tarkistetaan, onko jotain epäpuhtauksia, jotka voivat vaikuttaa eristysresistanssin mittaukseen.
- Ensimmäinen trendipiirroissa käytettävä eristysresistanssin mittaus tehdään kompressorista,

joka on ollut sammutettuna, ja toinen mittaus tehdään, kun kompressoria on käytetty viiden tai kymmenen minuutin ajan. Ensimmäisessä mittauksessa saadaan todennäköisemmin selville mahdolliset öljyssä tai kylmäaineessa olevat epäpuhtaudet.

Toinen mittaus, johon myös vaikuttavat mahdolliset epäpuhtaudet, on tarkoitettu pääasiassa moottorin todellisen eristysresistanssin mittaukseen, koska suurin osa kylmäaineesta, öljystä ja kosteudesta on saatu poistettua käämeistä.

Koska kloorifluorihilivety (HCFC) -yhdisteitä ollaan poistamassa käytöstä ja korvaamassa vähitellen fluorihilivedyillä (HFC), jotka edellyttävät POE (polyoliesteri) -voiteluaineiden käyttöä, kompressorien eristysresistanssin mittauksen tärkeys kasvaa POE-voiteluaineiden hygroskooppisuuden vuoksi. Kosteuden ilmaisevien tarkistuslasien lisäksi öljyssä olevan kosteuden voi arvioida myös öljyn ja kosteuden näytteenottoreagensseilla tai -nesteillä yhdessä eristysresistanssin mittauksen kanssa. Tämä mittaustapa on myös todella toimiva.

Eristysresistanssin mittaus

Älä koskaan mittaa eristysresistanssia tai käytä kompressoria järjestelmän ollessa alipaineistettuna.

1. Eristä kompressori poistamalla kaikki johdot kompressorin kytkentänavoista.
2. Irrota kompressorissa mahdolliset olevat kytkentäkiskot.
3. Puhdista kytkentänavat puhtaalla, kuivalla puhdistusliinalla.
4. Kytke kompressorin kytkentänavat rinnan, jos vain mahdollista.*
5. Puhdista kompressorin maadoituskohta hapettuneesta aineksestä ja pyyhi se puhtaaksi puhtaalla, kuivalla puhdistusliinalla.
6. Mittaa kompressorin kytkentänapojen lämpötila. Koska käämien lämpötilaa ei voi mitata suoraan, kompressorin

* Valtaosassa moottorin käämeistä on yhteinen liitäntä kompressorin sisällä, joten käämejä ei voi eristää. Jos moottorin käämit voidaan eristää, on suositeltavaa maadoittaa kaksi käämisarjaa kolmatta sarjaa testattaessa. Tämä toimenpide tulisi toistaa kolme kertaa, kerran jokaiselle käämisarjalle. Tällä tavoin tarkistetaan sekä maadoitusresistanssi että testattavan käämien ja kahden muun käämin välinen resistanssi, mikä auttaa selvittämään käämien välisen ekosolun mahdollisuuden kasvamisen.

Eristysresistanssiin ja kompressorin käyttöikään vaikuttavat tekijät

- Järjestelmän riittämätön kosteudenpoisto
 - Kosteuden hydrolyysi kylmäaineen kanssa voi johtaa fluorivetyhapon muodostumiseen. Fluorivetyhappo voi puolestaan syövyttää lasia. Entä mitä se voi tehdä moottorin käämien eristykselle?
 - Happo voi syövyttää kuparia putkien seinämistä. Kupari on sähköä johtava aine, joka vähentää öljyn dielektristä (sähköä johtamatonta) voimakkuutta. Kuparia voi irrota myös moottorin laakereista, mikä voi johtaa käynnistymisen vaikeutumiseen, käyttövirran kasvuun tai roottorin lukkiutumiseen.
 - Kosteus imeytyy, jos käytössä on POE-voiteluaineita.
- Jos putkien jäysteitä ei ole poistettu ennen kokoonpanoa
 - Tämä voi aiheuttaa kuparilastujen pääsyn kompressorin öljyyn. Kupari on sähköä johtavaa ja heikentää öljyn dielektristä voimakkuutta.
- Jos happea ei ole korvattu juotosprosessin aikana reagoimattomalla kaasulla, esim. tyypellä tai argonilla
 - Kuparioksidit johtavat sähköä ja heikentävät öljyn dielektristä voimakkuutta.
- Kylmäaineen vuotaminen
 - Vähäinen kylmäaineen määrä aiheuttaa moottorin käyttölämpötilan nousun ja rasittaa moottorin käämien eristystä.

kytkentänapojen lämpötilan mittaaminen (tapahtuu suora konduktio eli johtuminen käämeistä) on paras tapa lämpötilan mittaamiseen. Kompressorin napojen lämpötilan on oltava ympäröivän ilman kastepistettä korkeampi, sillä muussa tapauksessa navoissa oleva kosteus voi vaikuttaa mittaustulokseen.

7. Liitä miinusjohto kompressorin maadoituskohtaan käyttämällä sitä varten tarkoitettua hauenleukaa.
8. Käännä mittarin kiertokytkin eristysvastusmittausasentoon ja valitse 500 VDC:n testijännite.
9. Kosketa mittapäällä rinnan kytkettyjä kompressorin napoja.
10. Paina mittapään (tai mittarin) testauspainiketta koko mittauksen keston ajan (60 sekuntia).
11. Tallenna resistanssiarvo ja navan lämpötila.
12. Pura kompressorin napojen rinnankytkentä ja palauta sähköliitännät oikeanlaisiksi.
13. Käytä kompressoria 5 tai 10 minuutin ajan.
14. Toista vaiheet 1–11.

Tallennetut lukemat on kirjattava muistiin ja kompensoitava lämpötilan suhteen valitun lähtölämpötilan mukaisesti. Resistanssin arvo kaksinkertaistuu jokaista 10 °C:n lämpötilan nousua (peruslämpötilaan nähden) kohti. Resistanssin arvo puolittuu jokaista 10 °C:n lämpötilan laskua (peruslämpötilaan nähden) kohti. Jos valitsemme peruslämpötilaksi 40 °C, kaikki trendinmuodostuksen mittaukset, sekä aiemmat, nykyiset että tulevat, on oikaistava tämän arvon suhteen. Lämpötilan suhteen oikaistukseen voi käyttää seuraavaa yhtälöä:

$$K_T = (0,5)^{(T_R - T_A)/10}$$

Tässä yhtälössä K_T on T_A :n lämpötilakorjauskerroin

T_R on vertailulämpötila (°C), johon kaikki mittaukset korjataan

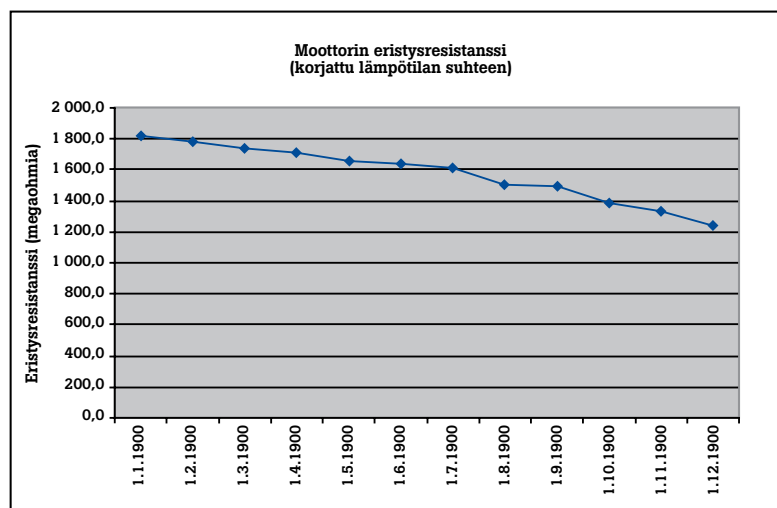
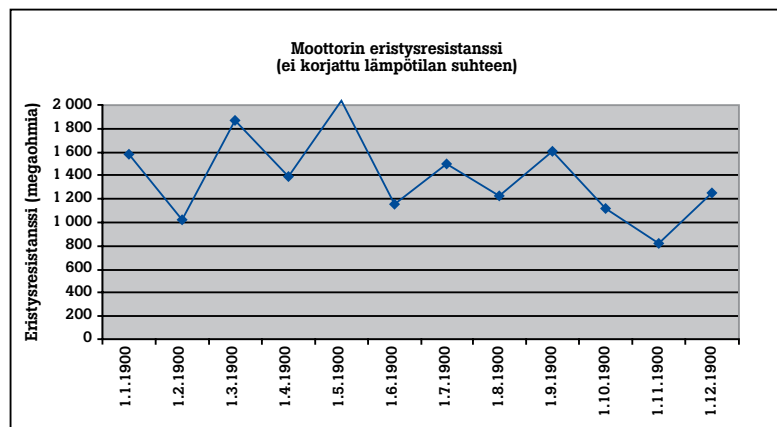
T_A on todellinen lämpötila (°C) ja

$T_R = 40$ °C.

Jos mitattu arvo ylittää eristysresistanssimittarin asteikkovalinnan mukaisen mittausalueen, sen näytössä näkyy ”suurempi kuin” (>) -merkki, joka osoittaa, että lukemaa ei käytetä trendipiirtoon, vaikka se on tallennettava ja kirjattava muistiin. Joidenkin modernien eristimien tapauksessa ei ole lainkaan kohtuutonta olettaa, että suurimman osan moottorin käyttöiästä resistanssi on asteikon ulkopuolella (eli yli 2000 MΩ), jolloin trendipiirto on mahdollista vain moottorin käyttöiän loppupuolella. Tässä tapauksessa on syytä harkita puhdistamista vaiheessa, jossa mittauksissa aletaan saada käyttökelpoisia megaohmiarvoja.

Seuraavassa esimerkissä esitetään kompensoimattomat mitatut resistanssiarvot sekä resistanssiarvot, jotka on kompensoitu 40 °C:n peruslämpötilan suhteen. Seuraavat kaksi kuvaajaa esittävät korjaamattomat trenditiedot korjattuihin tietoihin verrattuna.

Päivämäärä	Mitattu eristysresistanssi (MΩ)	Lämpötila (°C)	Lämpötilan suhteen oikaistu eristysresistanssi (MΩ)	Lämpötilan korjauskerroin K_T
5.2.1990	1 584,3	42	1 821,9	1,15
8.7.1990	1 025,3	48	1 784,0	1,74
14.2.1991	1 867,2	39	1 736,5	0,93
2.7.1991	1 388,4	43	1 707,7	1,23
10.2.1992	2 035,3	37	1 648,6	0,81
3.7.1992	1 156,4	45	1 630,5	1,41
4.2.1993	1 503,2	41	1 608,4	1,07
8.7.1993	1 224,3	43	1 505,9	1,23
12.2.1994	1 604,9	39	1 492,6	0,93
1.7.1994	1 123,6	43	1 382,0	1,23
14.2.95	821	47	1 330,0	1,62
10.7.95	1 245,7	40	1 245,7	1,00



Yhteenveto

Vaikka LVIS-asentajat arvostavat Toimii / Ei toimi -säätöjä, joita he voivat käyttää osana vianmääritystä, tekniikan perusoleukset (entropiaa koskevat) edellyttävät, että kone aloittaa lopullisen vikaantumisen sinä hetkenä, jona sitä aletaan käyttää.

Kun huolto ja yksityiskohtien huomioiminen lisääntyvät, voimme odottaa myös tuotteen käyttöiän todennäköisesti pidentyvän. Kun toimintahäiriöiden kustannukset kasvavat, säännöllisestä testauksesta ja mittausten seuraamisesta pitkällä aikavälillä saadut edut kasvavat.

Entä äärettömät lukemat mittauksessa?

Äärettömyys ei ole mittausarvo, vaan se tarkoittaa, että testaustulos on mittarin mittausalueen ulkopuolella. Käytettäessä tavallista jännite-virtamittaria ja alle 9 VDC:n syöttöjännitettä kompressorin yhteisliitännän ja maadoituksen väliseksi lukemaksi voidaan saada "ääretön". Käytettäessä eristysvastusmittaria ja 500 V dc:n antojännitettä kompressorin yhteisliitännän ja maadoituksen välinen resistanssilukema voi olla 20 megaohmia. Tarkastellaanpa vaikka yhtä kaikkein parhaista luonnollisista eristimistä...ilmakehää. Jos potentiaaliero on riittävän suuri sekä napaisuudet eroavat, ilman yli muodostuu valokaari (sähkökaari). Sama pätee mm. sytytystulppiin ja salamaniskuun.

Fluke. *Keeping your world up
and running.*

Fluke Finland Oy

Pakkalantie 30 A
01530 VANTAA

Puh.: 0800 111 862
Fax: 0800 111 858
E-mail: info@fi.fluke.nl
Web: www.fluke.fi

©Copyright 2015 Fluke Corporation. Kaikki oikeudet
pidätetään. Painettu Alankomaissa 02/2015.

Oikeudet muutoksiin ilman ennakkoilmoitusta pidätetään.

Pub_ID : 13370-fin
2524494 A-EN-N Rev A