

Isolatiweerstandtests en elektrische metingen bij motoren van HVAC-compressoren

Toepassingsadvies



Bij een aangelegde spanning van 500 V, toont deze uitlezing een isolatiweerstandswaarde van $>550 \text{ M}\Omega$, wat aangeeft dat de weerstand buiten het bereik ligt. Bij een tweede isolatiweerstandstest met 1000 V was de uitlezing $1,1 \text{ G}\Omega$ ($1100 \text{ M}\Omega$). Als er geen lekstroom zou zijn geconstateerd, zou er een uitlezing van $>2,2 \text{ G}\Omega$ zijn geweest. De Fluke 1587 isolatiemultimeter combineert de functies van een DMM (spanning, ohm, millivolt, milliampère, frequentie, capaciteit, temperatuur) met een megaohmmeter, voor uitgebreid motoronderhoud.



HVACR-monteurs (monteurs die werken aan verwarmings-, ventilatie-, airconditioning- en koelsystemen) vertrouwen zelden op één enkele test om te bepalen of een functie of proces al dan niet in orde is. Als ze naar een koelmachine lopen, luisteren ze, wuiven ze met hun hand boven de afgevoerde lucht van de condensor en pakken ze de aanzuigleiding, de vloeistofleiding en de afvoerleiding vast (en zouden wensen dat ze dat niet hadden gedaan). Dit alles voordat zij hun gereedschapskist ook maar hebben geopend.

Vervolgens bevestigen zij meters en halen zij thermometers tevoorschijn voor een preciezere diagnose. Hoe meer controles en dubbele controles zij moeten uitvoeren, hoe beter ze zich voelen en hoe dichtter ze bij de waarheid komen. Wanneer het compressoren betreft, is het testen van de isolatiweerstand, naast het testen van het vocht- en zuurgehalte van het koelmiddel en de olie, nóg een langdurig bewezen test die zij nu aan hun trukendoos toevoegen.

Een isolatiweerstandstester levert 'niet-destructieve' DC-spanningen aan de wikkelingen en isolatiepunten van een motor om het lekken van stroom te meten. Er is geen perfecte isolator, ze lekken allemaal. Maar de vraag is: hoeveel stroom lekken ze en is de leksnelheid van de isolatie in de loop van de tijd veranderd als gevolg van beschadigde isolatie of verontreiniging? Dit laatste punt is de sleutel tot preventief onderhoud.

Isolatiweerstandstesters kunnen de doorgang, de weerstand van spoelen of wikkelingen, de weerstand van verwarmingselementen, de weerstandswaarden van thermistors enzovoort controleren. Al deze metingen vinden plaats via stroomkringen in de isolatoren, behalve bij het controleren op een kortsluiting naar massa.

Als er eenmaal een massasluiting wordt vastgesteld, is er reeds een catastrofale storing van het apparaat opgetreden en is het te laat voor preventief onderhoud of proactieve oplossingen. Een catastrofale motorstoring in een (semi-) hermetisch afgesloten compressor met olie en koelmiddel, vereist in het meest gunstige geval een uitgebreide reinigingsbeurt en in het ergste geval vervanging van apparatuur in plaats van componenten, gepaard met verloren productietijd en inkomsten. Het is verstandiger om regelmatig de isolatiewaarden te controleren en te registreren voor vergelijking bij het volgende bezoek, zodat eventuele veranderingen onmiddellijk zichtbaar zijn.

Waarnaar moet u zoeken?

Er is geen definitieve en snelle pass/fail-regel voor het interpreteren van isolatieweerstandswaarden, maar fabrikanten en organisaties lijken het erover eens te zijn dat trendregistratie door middel van isolatieweerstandstests een duidelijke indicatie kan leveren van de verwachte toestand van een motor.

De norm IEEE 43 voor isolatieweerstandstests aan elektromotoren geeft een minimaal aanvaardbare waarde van 1 megaohm plus 1 megaohm per kilovolt bedrijfsspanning van de motor. Bij een motor van 460 volt zou de pass/fail-drempelwaarde 1,46 megaohm zijn, of een leknelheid van 500 V DC / 1.460.000 ohm $\approx$ 342 microampère.

Maar deze norm is van toepassing op motoren die niet hermetisch zijn afgesloten door middel van olie en koelmiddel. Voor een in vloeistof ondergedompelde motor kunnen lagere waarden nodig zijn dan de door de fabrikant aanbevolen waarden. Bij een in vloeistof ondergedompelde motor kan 600.000 ohm met een aangelegde spanning van 500 V DC aanvaardbaar zijn, of een leknelheid van 500 volt / 600.000 ohm $\approx$ 833 microampère.

Sommige moderne isolatiematerialen die sinds ongeveer 1975 in gebruik zijn, hebben verbeterde isolatiewaarden die niet gemakkelijk lekstroom zullen toelaten en die isolatieweerstandswaarden rond 20.000 megaohm (20 gigaohm) kunnen hebben en die wellicht niet mogen worden toegepast wanneer de isolatieweerstandswaarden lager zijn dan 100 megaohm, ongeacht of de wikkelingen al dan niet oppervlakteverontreinigingen vertonen.

Omgeving van hermetisch afgesloten motoren en de gevolgen daarvan

De procedure voor isolatieweerstandstests aan hermetisch afgesloten compressoren bestaat vanwege de aard van de werkomgeving van de compressormotor uit twee stappen.

1. Isolatieveerstandstest om te controleren op verslechtering van de isolatie van de

motorwikkelingen

2. Controle op de aanwezigheid van verontreinigingen die de resultaten van isolatieweerstandstests beïnvloeden.

De eerste isolatieweerstandstest voor trendregistratie vindt plaats met de compressor uitgeschakeld, de tweede test vindt plaats nadat de compressor vijf à tien minuten heeft gewerkt. Bij de eerste test zullen waarschijnlijk eerder verontreinigingen in de olie of het koelmiddel aan het licht komen.

De tweede test, die nog steeds te kampen heeft met verontreinigingen, komt meer overeen met de werkelijke isolatieweerstandstest aan de motor, nadat het grootste deel van het koelmiddel, de olie en het vocht van de wikkelingen is verdwenen.

Omdat HCFK's (hydrochloorfluorkoolwaterstoffen) worden uitgefaseerd en de vervangende HFK's (fluorkoolwaterstoffen) - waarbij smeermiddelen op basis van polyolester (POE) moeten worden gebruikt - steeds meer worden toegepast, neemt het belang van isolatieweerstandstests bij compressoren toe vanwege de hygroscopische eigenschappen van de POE-smeermiddelen. Naast kijkglazen die de aanwezigheid van vocht aantonen en naast reagentia of vloeistoffen voor monsternamen van olie en vocht, beschikken we met isolatieweerstandstests over een verdere methode om het vochtgehalte van de olie in te schatten. Dat is een goede zaak.

Procedure voor isolatieweerstandstests

Voer nooit isolatieweerstandstests uit en schakel nooit een compressor in als er een onderdruk in het systeem heerst.

1. Verwijder alle bedrading uit de aansluitklemmen van de compressor om de compressor te isoleren.
2. Verwijder de eventueel aanwezige klemmenstroken van de compressor.
3. Reinig de aansluitingen met een schone, droge doek.
4. Shunt de compressoraansluitingen indien mogelijk.*

* De meeste compressormotorwikkelingen hebben een gemeenschappelijke verbinding binnen in de compressor zodat de wikkelingen niet kunnen worden geïsoleerd. Als de motorwikkelingen kunnen worden geïsoleerd, is het het beste om twee sets wikkelingen te aarden en de derde set te testen. Deze stap zou drie keer moeten worden herhaald, telkens eenmaal voor elke set wikkelingen. Hierdoor wordt niet alleen de weerstand naar aarde gecontroleerd, maar ook de weerstand tussen de te testen wikkeling en de overige twee wikkelingen, zodat er wordt gecontroleerd op een verhoogde kans op kortsluiting tussen de wikkelingen.

Factoren die van invloed zijn op de isolatieweerstand en de levensduur van compressoren

- Het niet goed drogen van een systeem
 - De hydrolyse van vocht met koelmiddel kan leiden tot fluorwaterstofzuur. Fluorwaterstofzuur kan in glas invreten. Wat kunnen de gevolgen zijn voor de isolatie van de motorwikkelingen?
 - Zuur kan het koper van leidingwanden wegvreten. Dit koper is geleidend en vermindert de diëlektrische sterkte (het niet-geleidend zijn) van de olie. Verkopering kan ook optreden op de motorlagers en uiteindelijk bijdragen tot moeilijk starten van de motor, hogere bedrijfsstroomsterktes of een geblokkeerde rotor.
 - Vocht wordt in aanwezigheid van POE-smeermiddelen geabsorbeerd.
- Het niet ruimen van de leidingen voorafgaand aan de montage
 - Dit kan leiden tot koperkrullen in de compressorolie. Koper is geleidend en vermindert de diëlektrische (niet-geleidende) eigenschappen van de olie.
- Het niet vervangen van zuurstof door een inert gas zoals stikstof of argon tijdens het hardsolderen
 - Koperoxiden zijn geleidend en verminderen de diëlektrische (niet-geleidende) eigenschappen van de olie.
- Koelmiddellekkages
 - Te weinig koelmiddel leidt tot verhoogde bedrijfstemperaturen van de motor en belast de isolatie van de motorwikkelingen.

5. Reinig de plaats waar de compressor geaard is, verwijder de eventueel aanwezige oxidatie en veeg de locatie schoon met een schone, droge doek.
6. Meet de temperatuur van de compressor-aansluitingen. Omdat de temperatuur van de wikkelingen niet rechtstreeks kan worden gemeten, is het meten van de temperatuur van de compressoraansluitingen vanwege de rechtstreekse doorgeleiding vanaf de wikkelingen de beste methode. De temperatuur van de compressoraansluitingen dient boven het dauwpunt van de lucht te liggen, anders zal vocht op de aansluitingen de uitlezing beïnvloeden.
7. Verbind het aardsnoer door middel van de meegeleverde krokodillenklemmen met de aarding van de compressor.
8. Zet de meter in de stand voor isolatietests en selecteer de testspanning 500 V DC.
9. Raak met de meetprobe de geshunte compressoraansluitingen aan.
10. Houd de testknop op de meetprobe (of op de meter) gedurende de duur van de test (60 seconden) ingedrukt.
11. Registreer de weerstandswaarde en temperatuur van de aansluitingen.
12. Verwijder de shunt over de compressor-aansluitingen en herstel de juiste elektrische aansluitingen.
13. Laat de compressor 5 à 10 minuten werken.
14. Herhaal de stappen 1-11.

De geregistreerde meetwaarden moeten worden gelogd en er moet een temperatuurcorrectie als functie van de geselecteerde basistemperatuur (referentietemperatuur) plaatsvinden. Voor elke afwijking van 10 °C (18 °F) boven de basistemperatuur, wordt de weerstandswaarde verdubbeld. Voor elke afwijking van 10 °C (18 °F) onder de basistemperatuur, wordt de weerstandswaarde gehalveerd. Als we nu 40 °C (104 °F) als onze basiswaarde kiezen, moeten alle trendmetingen - in het verleden, heden en de toekomst - worden gecompenseerd ten opzichte van deze waarde. Gebruik voor de temperatuurcompensatie de volgende vergelijking:

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

Hierin is K_T de temperatuurcorrectiefactor bij T_A

T_R is de referentietemperatuur (°C) als functie waarvan alle meetwaarden worden gecorrigeerd

T_A is de werkelijke testtemperatuur (°C)

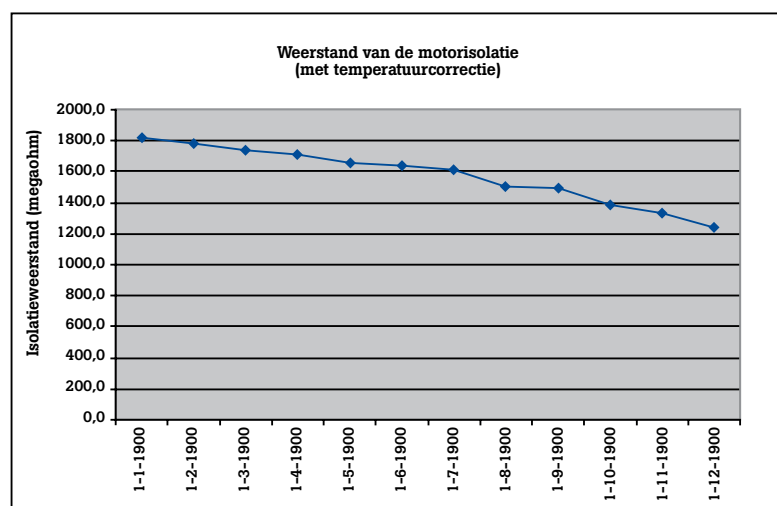
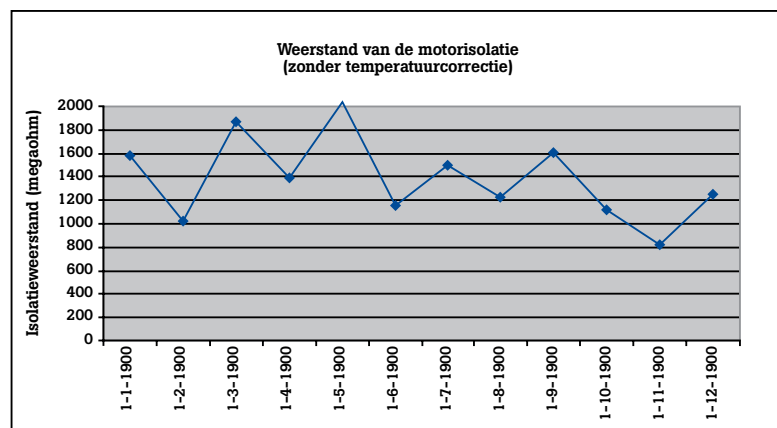
$T_R = 40\text{ °C}$

Als de waarde buiten het bereik van de schaalselectie van de isolatieweerstandstester ligt, wordt er een 'groter-dan'-teken (>) weergegeven om aan te geven dat de uitlezing - ook al moet deze worden geregistreerd en gelogd voor het volgen van toekomstige veranderingen - geen waarde heeft voor trendregistratie. Bij een aantal moderne isolatiematerialen is het niet onredelijk te verwachten dat gedurende het grootste gedeelte van de levensduur van een motor de meetwaarden buiten de schaal zullen vallen (> 2000 MΩ) en dat trendregistratie

slechts mogelijk zal zijn tegen het einde van de levensduur van de motor. In dit geval dient op het moment dat effectieve megaohmwwaarden te zien zijn, het in gang zetten van reinigingsprocedures te worden overwogen.

Het volgende voorbeeld toont niet-gecompenseerde weerstandstestwaarden en de weerstandswaarden met temperatuurcorrectie als functie van de basiswaarde 40 °C. De twee grafieken eronder tonen de niet-gecompenseerde trendgegevens in vergelijking met gecompenseerde gegevens.

Datum	Gemeten isolatieweerstand (MΩ)	Temperatuur (°C)	Temperatuur-gecompenseerde isolatieweerstand (MΩ)	Temperatuur-compensatiefactor K_T
5 feb. 90	1584,3	42	1821,9	1,15
8 jul. 90	1025,3	48	1784,0	1,74
14 feb. 91	1867,2	39	1736,5	0,93
2 jul. 91	1388,4	43	1707,7	1,23
10 feb. 92	2035,3	37	1648,6	0,81
3 jul. 92	1156,4	45	1630,5	1,41
4 feb. 93	1503,2	41	1608,4	1,07
8 jul. 93	1224,3	43	1505,9	1,23
12 feb. 94	1604,9	39	1492,6	0,93
1 jul. 94	1123,6	43	1382,0	1,23
14 feb. 95	821	47	1330,0	1,62
10 jul. 95	1245,7	40	1245,7	1,00



Conclusie

Terwijl HVACR-monteurs graag 'go/no-go'-regels in hun diagnoseroutines toepassen, moet er op grond van de technologische grondbeginselen (denk hierbij aan entropie) van worden uitgegaan dat een machine reeds wanneer deze in gebruik wordt genomen aan de eindfase van haar leven begint.

Naarmate het onderhoud en de aandacht voor detail toenemen, mogen we verwachten dat de levensduur van een product toeneemt. Naarmate de kosten van storingen toenemen, nemen de voordelen toe van regelmatige tests en het volgen van de betreffende metingen in de loop van de tijd.

Wat te denken van een 'oneindige' uitlezing?

Oneindigheid is geen uitlezing. Oneindigheid betekent dat de testresultaten buiten het bereik van de meter vallen. Bij een standaard volt-ohmmeter met een uitgangsspanning van minder dan 9 V DC, kan een meetwaarde tussen de gemeenschappelijke en de aarde van de compressor een 'oneindige' uitlezing opleveren. Bij een isolatieweerstandstester met een uitgangsspanning van 500 V DC kan de meetwaarde tussen de gemeenschappelijke en de aarde van de compressor een uitlezing van 20 megaohm opleveren. Denk eens aan een van de beste natuurlijke isolatoren....: de atmosfeer. Bij een potentiaal dat hoog genoeg is en bij een verschil in polariteit, zal elektriciteit de afstand door vonkoverslag overbruggen. Denk aan bougies. Denk aan bliksem.

Fluke. *Keeping your world up and running.*

Fluke Nederland B.V.

Postbus 1337
5602 BH Eindhoven
Tel: (040) 267 51 00
Fax: (040) 267 51 11
E-mail: info@fluke.nl
Web: www.fluke.nl

Fluke Belgium N.V.

Kortrijksesteenweg 1095
B9051 Gent
Belgium
Tel: +32 2402 2100
Fax: +32 2402 2101
E-mail: info@fluke.be
Web: www.fluke.be

©2015 Fluke Corporation. Alle rechten voorbehouden.
Gedrukt in Nederland 02/2015. Wijzigingen zonder
voorafgaande kennisgeving voorbehouden.

Pub_ID: 13370-dut

2524494 A-EN-N Rev A