

Testowanie rezystancji izolacji oraz obwodów elektrycznych silników sprężarek systemów HVAC.

Opis zastosowań



Przy zastosowaniu napięcia 500 V pomiar rezystancji izolacji wyniósł $>550 \text{ M}\Omega$, co wskazuje na wykroczenie poza zakres wskaźnika. Przy 1000 V wykonano drugi test rezystancji, który podał wartość $1,1 \text{ G}\Omega$ ($1100 \text{ M}\Omega$). Gdyby nie został wykryty prąd upływu, pomiar wynosiłby $>2,2 \text{ G}\Omega$. Fluke 1587 to multimetr izolacji, który łączy w sobie funkcje tradycyjnego multimetru cyfrowego (wolt, omy, miliwolt, częstotliwość, pojemność, temperatura) z megomierzem – razem gwarantują kompleksową konserwację silników.



Mechanicy zajmujący się systemami HVACR rzadko oceniają procesy i funkcje, korzystając tylko z jednego testu. Podchodzą do skraplacza i nasłuchują, potem przesuwają rękę nad wylotem powietrza, a następnie łapią za przewód ssawny, przewód z cieczą oraz przewód wylotowy (choć potem tego żałują). Robią to wszystko zanim w ogóle otworzą skrzynkę z narzędziami.

Dopiero potem podłączają przyrządy pomiarowe i wyciągają termometry, aby zabrać się za dokładniejszą diagnostykę. Im więcej kontroli przeprowadzą, tym pewniej się czują i tym bliżej są odkrycia rzeczywistego stanu urządzenia. W przypadku sprężarek testowanie rezystancji izolacji jest jednym ze sprawdzonych trików, które mają w zanadrzu – wraz z testami wilgotności i kwasowości chłodziwa oraz oleju.

Tester rezystancji izolacji przesyła prąd stały o nieniszczącym napięciu do uzwojenia i punktów izolacyjnych silnika w celu zmierzenia prądu upływu. Żaden izolator nie jest idealny, każdy cechuje się jakimś upływem. Jednak kluczowe pytania to: jak duży jest ten upływ i czy zmienia się on w czasie z powodu uszkodzenia lub zanieczyszczenia izolacji? Ta druga możliwość jest bardzo ważna w przypadku konserwacji zapobiegawczej.

Testowanie rezystancji izolacji pozwala sprawdzić jej ciągłość, rezystancję cewki lub uzwojenia, a także rezystancję elementu grzewczego, termistora itp. Wszystkie te pomiary wykonywane są poprzez obwody biegnące pod izolatorami, nie licząc sprawdzania zwarcia do masy.

Wykrycie zwarcia do masy oznacza bardzo poważną awarię. Oznacza to, że jest za późno na konserwację zapobiegawczą czy też inne proaktywne środki zaradcze. Poważna awaria silnika hermetycznej (lub półhermetycznej) sprężarki zawierającej olej oraz chłodziwo w najlepszym przypadku wiąże się z czasochłonnym sprzątaniem, a w najgorszym może oznaczać wymianę sprzętu, nie tylko zepsutego elementu, oraz przestój i utratę zysków. Lepiej regularnie sprawdzać wartości rezystancji izolacji i zapisywać je w celu porównania w trakcie następnej kontroli, tak aby widoczne były wszelkie zmiany.

Na co zwracać uwagę?

Nie ma żadnych sztywnych i szybkich kryteriów interpretacji wartości rezystancji izolacji, lecz producenci zgadzają się co do tego, że taki test wyraźnie wskazuje przewidywany stan silnika.

W zakresie testowania rezystancji silników elektrycznych standard IEEE 43 podaje minimalną dopuszczalną wartość 1 megaoma plus 1 megaom na kilowolt napięcia roboczego silnika. W przypadku silnika 460 V próg pozytywnej/negatywnej oceny wynosiłby 1,46 megaoma lub prąd upływu o wartości 500 V DC/1 460 000 omów $\approx$ 342 mikroamperów.

Ten standard nie dotyczy jednak silników, które nie są hermetycznie izolowane za pomocą oleju i chłodziwa. W przypadku silnika zanurzonego w cieczy konieczne może być zastosowanie wartości niższych niż te zalecane przez producenta. Dopuszczalne wartości dla silnika zanurzonego w cieczy mogą wynosić 600 000 omów przy 500 V prądu stałego lub prąd upływu o wartości 500 V/600 000 omów $\approx$ 833 mikroamperów.

Niektóre izolatory będące w użyciu od około 1975 roku mogą mieć lepsze właściwości izolacyjne, które mogą uniemożliwiać szybki upływ prądu, a wartość rezystancji ich izolacji może wynosić 20 000 megaomów (20 gigaomów). Ich użytkowanie może być niedopuszczalne, jeśli wartość rezystancji spada poniżej 100 megaomów, niezależnie od tego, czy powierzchnia uzwojenia jest zanieczyszczona.

Hermetyczne środowisko silnika i jego konsekwencje

Testowanie rezystancji izolacji hermetycznych sprężarek to procedura dwuetapowa, co wynika z charakteru środowiska, w którym pracuje silnik sprężarki.

1. Testowanie rezystancji izolacji w celu sprawdzenia degradacji izolacji uzwojenia silnika.
2. Sprawdzenie obecności zanieczyszczeń, które mogą

mieć wpływ na wynik testu rezystancji izolacji.

Pierwszy test rezystancji izolacji, którego celem jest sprawdzenie tendencji, należy wykonać na wyłączonej sprężarce, a następny po tym, kiedy pracowała ona od 5 do 10 minut. Pierwszy test daje większe szanse na wykrycie zanieczyszczeń oleju lub chłodziwa.

Pomimo tego, że zanieczyszczenia mają wpływ na drugi test, skupia się on bardziej na sprawdzeniu rzeczywistej rezystancji silnika po tym, jak większość chłodziwa, oleju i wilgoci przejdzie przez uzwojenie.

Jako że wodorofluorowęglowodory są wypierane przez chlorofluorowodory, które wymagają stosowania smarów POE (estrów poliolowych), istotność testowania rezystancji izolacji sprężarek wzrasta z powodu higroskopowej natury tych smarów. Testy rezystancji izolacji to kolejna, po wzmiankach wilgoci, a także odczynnikach i płynach do próbkowania wilgoci oraz oleju, metoda oceny wilgoci w oleju. To dobrze.

Procedura testowania rezystancji izolacji

Nigdy nie należy testować rezystancji izolacji ani korzystać ze sprężarki, gdy system pracuje w próżni.

1. Usunąć całe okablowanie z zacisków sprężarki, aby ją wyizolować.
2. Usunąć listwy zaciskowe (jeśli są).
3. Oczyszczyć zaciski za pomocą czystego, suchego ręcznika.
4. Zbocznikować zaciski sprężarki, o ile to możliwe.*
5. Oczyszczyć miejsce uziemienia sprężarki ze śladów utlenienia oraz wytrzeć za pomocą czystego, suchego ręcznika.

* Większość uzwojeń silnika posiada wspólne, wewnętrzne połączenie, które uniemożliwia izolowanie uzwojenia. Jeśli uzwojenie silników można wyizolować, podczas testów trzeciego zestawu należy uziemić dwa pozostałe zestawy. Ten krok należy powtórzyć trzy razy – raz na każdy zestaw uzwojeń. Pozwoli to sprawdzić nie tylko rezystancję do uziemienia, ale także rezystancję pomiędzy testowanym uzwojeniem a dwoma pozostałymi, co pozwala wykryć zwiększone ryzyko spięcia pomiędzy uzwojeniami.

Czynniki mające wpływ na rezystancję izolacji oraz żywotność sprężarki

- Nieodpowiednie usunięcie wody z systemu
 - Hydroliza wilgoci z chłodziwem może doprowadzić do powstania kwasu fluorowodorowego. Kwas ten może uszkodzić szkło. A jak może on wpłynąć na izolację uzwojeń silnika?
 - Kwas może prowadzić do erozji miedzi ze ścianek przewodów. Miedź jest przewodząca, w związku z czym będzie ona redukowała właściwości dielektryczne (czyli nieprzewodzące) oleju. Osadzanie się miedzi może również zachodzić w łożyskach silnika, co z czasem może prowadzić do utrudnionych ruchów, większego natężenia prądu podczas pracy czy też blokowania wirnika.
 - Wilgoć jest absorbowana w obecności smarów POE.
- Nieodpowiednie rozwiercenie przewodów przed złożeniem
 - Może to prowadzić do gromadzenia się opiłków miedzi w oleju sprężarki. Miedź przewodzi i redukuje dielektryczność oleju.
- Niepozbawienie tlenu poprzez zastosowanie gazu, takiego jak azot lub argon, w trakcie spawania
 - Tlenki miedzi przewodzą i redukują dielektryczność oleju.
- Wycieki chłodziwa
 - Słabe zasilanie w chłodziwo może prowadzić do zwiększenia temperatury pracy silnika i nadwyręza izolację jego uzwojeń.

6. Zmierzyć temperaturę zacisków sprężarki. Ponieważ temperatury uzwojenia nie można mierzyć bezpośrednio, najlepszą metodą zastępczą jest pomiar zacisków (z powodu bezpośredniego przewodzenia z uzwojenia). Zaciski sprężarki powinny przekraczać punkt rosy otoczenia, gdyż w przeciwnym razie wilgoć może mieć wpływ na pomiary.
7. Podłączyć główny przewód uziemiający do uziemienia sprężarki za pomocą dołączonego zacisku krokodylkowego.
8. Przełączyć miernik w tryb testu izolacji i wybrać napięcie testowe 500 VDC.
9. Przyłożyć sondę testową do zbocznikowanych zacisków sprężarki.
10. Wcisnąć przycisk testowy sondy testowej (lub miernika) na czas trwania testu (60 sekund).
11. Zapisać wartość rezystancji oraz temperaturę zacisku.
12. Usunąć bocznik z zacisków sprężarki i przywrócić poprawne połączenia elektryczne.
13. Włączyć sprężarkę na około 5 do 10 minut.
14. Powtórzyć kroki od 1 do 11.

Zarejestrowane odczyty należy zapisać w rejestrze oraz dokonać kompensacji temperatury zgodnie z wybraną temperaturą bazową. Każde 10°C odchylenia powyżej temperatury bazowej oznacza podwojenie wartości rezystancji. Każde 10°C odchylenia poniżej temperatury bazowej oznacza zmniejszenie wartości rezystancji o połowę. Jeśli ustalimy, że wartość bazowa wynosi 40°C, wszystkie pomiary tendencji (przeszłe, aktualne i przyszłe) trzeba będzie kompensować o tę wartość. Kompensacji należy dokonać za pomocą poniższego wzoru:

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

Gdzie K_T to współczynnik korekty temperatury przy T_A

T_R to temperatura referencyjna (°C), względem której dokonywana jest korekta wszystkich pomiarów.

T_A to faktycznie zmierzona temperatura (°C)

$T_R = 40^\circ\text{C}$

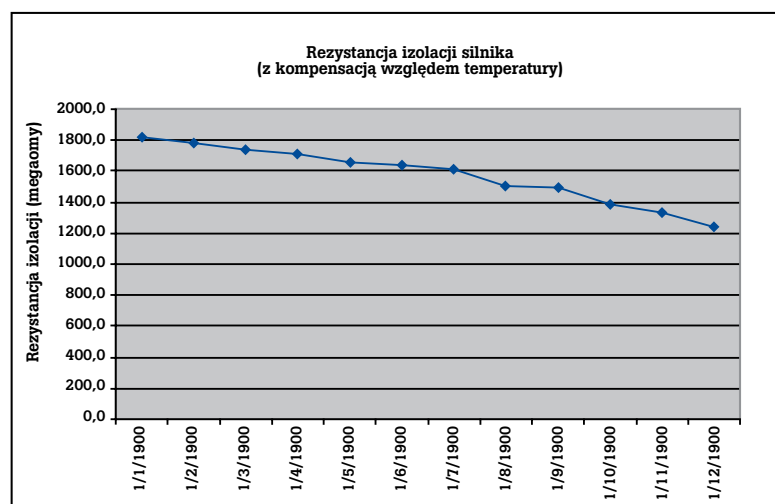
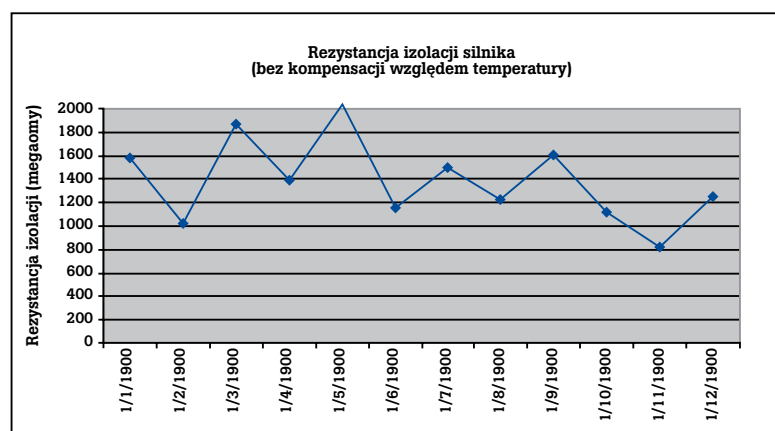
Jeśli odczyt wykracza poza zakres wybranej skali pomiaru rezystancji izolacji, wyświetlony zostanie znak „większe niż” (>), który oznacza brak przydatności pomiaru z punktu widzenia śledzenia tendencji (choć i tak należy go zapisać oraz wpisać do rejestru w celu śledzenia przyszłych zmian). W przypadku niektórych nowoczesnych izolacji można bezpiecznie założyć, że odczyty będą wykraczały poza skalę (> 2000 MΩ) przez większość okresu eksploatacji, a badanie trendów będzie możliwe jedynie pod koniec tego okresu. W takim przypadku, kiedy zostaną zauważone wartości skuteczne w megaomach, należy rozważyć zastosowanie procedur czyszczenia.

Poniższy przypadek pokazuje nieskompensowane wartości testu rezystancji oraz wartości rezystancji

skompensowane do szacowanej temperatury uzwojenia względem wartości bazowej wynoszącej 40°C.

Dwa poniższe wykresy ukazują dane nieskompensowane względem skompensowanych.

Data	Zmierzona rezystancja izolacji (MΩ)	Temperatura (°C)	Rezystancja izolacji po korekcie względem temperatury (MΩ)	Współczynnik kompensacji temperatury K_T
5 lutego 1999 r.	1584,3	42	1821,9	1,15
8 lipca 1990 r.	1025,3	48	1784,0	1,74
19 lutego 1991 r.	1867,2	39	1736,5	0,93
2 lipca 1991 r.	1388,4	43	1707,7	1,23
10 lutego 1992 r.	2035,3	37	1648,6	0,81
3 lipca 1992 r.	1156,4	45	1630,5	1,41
4 lutego 1993 r.	1503,2	41	1608,4	1,07
8 lipca 1993 r.	1224,3	43	1505,9	1,23
12 lutego 1994 r.	1604,9	39	1492,6	0,93
1 lipca 1994 r.	1123,6	43	1382,0	1,23
14 lutego 95	821	47	1330,0	1,62
10 lipca 95	1245,7	40	1245,7	1,00



Podsumowanie

Choć mechanicy HVACR doceniają proste zasady oceny produktu jako wadliwego i wdrażają je do swoich praktyk, fundamentalne zasady techniki (np. entropia) zakładają, że urządzenie wchodzi w stan awaryjny już w momencie produkcji.

Większa częstotliwość konserwacji oraz dbałość o szczegóły zwiększają prawdopodobieństwo przedłużenia okresu eksploatacji produktu. Z czasem rośnie ryzyko awarii, a wraz z nim zwiększają się korzyści płynące z regularnego testowania i śledzenia tych pomiarów.

Co jeśli pojawi się odczyt wskazujący nieskończoność (ang. infinity)?

Nieskończoność to nie odczyt. Nieskończoność oznacza wynik testu, który wykracza poza możliwości pomiarowe miernika. Gdy korzysta się ze standardowego woltomierzo-omomierza o napięciu wyjściowym nieprzekraczającym 9V DC, odczyt pomiędzy masą a uziemieniem może dać wynik „nieskończoność”. Gdy korzysta się z testera rezystancji izolacji o napięciu wyjściowym 500 V DC, odczyt pomiędzy masą a uziemieniem może wynieść 20 megaomów. Pomyśl o najlepszym naturalnym izolatorze, o atmosferze ziemskiej. Jeśli pojawi się odpowiednio wysoki potencjał o przeciwnej polaryzacji, powstanie łuk elektryczny. Pomyśl o świecach zapłonowych. Pomyśl o piorunach.

Fluke. *Keeping your world up and running.*

Fluke Europe B.V

P.O. Box 1186
5602 BD Eindhoven
The Netherlands
Web: www.fluke.pl

For more information call:

In the U.S.A. (800) 443-5853
or Fax (425) 446 -5116
In Europe/M-East/Africa +31 (0)40 2 675 100
or Fax +31 (0)40 2 675 222
In Canada (905) 890-7600
or Fax (905) 890-6866
From other countries +1 (425) 446 -5500
or Fax +1 (425) 446 -5116

Web: www.fluke.pl

© Copyright 2015 Fluke Corporation. Wszelkie prawa zastrzeżone. Wydrukowano w Holandii, 02/2015.
Dane mogą ulec zmianie bez uprzedzenia.

Pub_ID: 13371-pol

2524494 A-EN-N Rev A