

# Testování izolačního odporu a elektrická měření na motorech klimatizačních kompresorů

## Tip pro použití



Při aplikovaném napětí 500 V je odečet IRT >550 MΩ; hodnota odporu je tedy mimo rozsah. Druhý test IR byl proveden při napětí 1000 V a bylo naměřeno 1,1 GΩ (1100 MΩ). Pokud by nebyl zjištěn žádný unikající proud, odečet by byl >2,2 GΩ. Multimetr izolačního stavu Fluke 1587 kombinuje vlastnosti DMM (měření voltů, ohmů, milivoltů, miliampérů, frekvence, kapacity, teploty) a megaohmmetru pro potřeby komplexní údržby motoru.



Servisní mechanici klimatizací HVAC/R se jen zřídka spoléhají na jediný test, zda funkce nebo proces vyhovuje nebo nevyhovuje. Když přicházejí ke kondenzační jednotce, poslouchají, mávají rukou nad výstupem vzduchu z kondenzátoru a sahají si na sací potrubí, vedení kapaliny a vypouštěcí potrubí (a přejí si, aby to byli nedělali). A to vše ještě než otevřou svůj kufr s nářadím.

Potom připojí tlakoměry a teploměry pro přesnější diagnostiku. Čím více zkoušek a kontrol provedou, tím lepší mají pocit a tím více se blíží pravdě. Pokud jde o kompresory, jsou testy izolačního odporu (IRT), společně se zkouškami obsahu vody a kyselin v chladivu a oleji dalšími dlouhodobě osvědčenými testy, které mohou přidat do své zásoby triků.

Tester izolačního odporu přivádí na vinutí a izolační body motoru „nedestruktivní“ stejnosměrné napětí pro měření unikajícího proudu. Perfektní izolátor neexistuje; k úniku proudu dochází u všech. Ale otázka zní: Jak moc proud uniká, a mění se velikost unikajícího proudu v průběhu času z důvodu porušení nebo znečištění izolace? Poslední zmíněný bod je klíčem k prediktivní údržbě.

Testy IRT mohou změnit spojitost, odpory cívky nebo vinutí, odpory topných těles, hodnoty odporu termistoru apod. Všechna tato měření probíhají v obvodech izolátorů, s výjimkou kontroly zkratu na uzemnění.

Zjištěný zkrat na uzemnění znamená pro zařízení katastrofický scénář, kdy je již pozdě na preventivní údržbu nebo proaktivní opravy. Katastrofální selhání motoru v (semi-) hermetickém kompresoru, který obsahuje olej a chladivo, znamená v nejlepším případě rozsáhlé čištění. V nejhorším případě pak výměnu celého zařízení namísto výměny jedné součásti, přerušení výroby a ztrátu zisku. Proto je lepší hodnoty izolačního odporu pravidelně kontrolovat a zaznamenávat je pro účely srovnání při další kontrole, takže případné změny budou patrné.

## Po čem pátrat?

Neexistují pevná pravidla ani rychlé testy, podle kterých by bylo možné hodnoty izolačního odporu jednoznačně interpretovat, avšak výrobci a organizace se shodují, že projekce vývoje výsledků IRT může být zřetelným indikátorem stavu motoru.

Norma IEEE 43 pro testování IR elektromotorů udává minimální akceptovatelnou hodnotu 1 megaohm plus 1 megaohm na každý kilovolt provozního napětí motoru. U motoru 460 V by tak prahová hodnota testu vyhovuje/nevyhovuje měla být 1,46 megaohmu, neboli unikající proud při 500 V DC / 1 460 000 ohmů  $\approx$  342 mikroampérů.

Tato norma však platí pro motory, které nejsou hermeticky uzavřené olejem nebo chladivem. U motoru ponořeného do kapaliny může být nutné počítat s nižšími hodnotami, doporučenými výrobcem. Motor ponořený do kapaliny může být akceptovatelný při 600 000 ohmech a napětí 500 V DC, tj. s unikajícím proudem při 500 V / 600 000 Ohm  $\approx$  833 mikroampérů.

Některé moderní izolace používané přibližně od roku 1975 mají zlepšené izolační vlastnosti a neumožňují tak snadné unikání proudu. Jejich odpor může dosahovat hodnot blízkých 20 000 megaohmů (20 gigaohmů), a proto mohou být neakceptovatelné pro použití, pokud jsou výsledky IRT nižší než 100 megaohmů, bez ohledu na to, zda je povrch vinutí znečištěn nebo ne.

## Hermetické prostředí motoru a jeho vliv

Díky povaze provozního prostředí motoru kompresoru se postup IRT u hermetických kompresorů skládá ze dvou kroků.

1. Testování izolačního odporu jako kontrola degradace izolace vinutí motoru

2. Kontrola přítomnosti nečistot, které ovlivňují výsledky testování IR.

První test IR se provádí na kompresoru, který byl vypnutý, druhý test po pěti nebo deseti minutách chodu kompresoru. První test s vyšší pravděpodobností odhalí znečištění v oleji nebo chladivu.

Druhý test, stále ještě ovlivněný nečistotami, je více přizpůsobený samotnému testu IR motoru, kdy rozpohybováním dojde k odstranění převážné části chladiva, oleje a vlhkosti z vinutí.

Protože chladiva HCFC jsou stahována z oběhu a začínají převažovat náhradní chladiva HFC, která vyžadují použití maziv POE (polyolester), důležitost IRT pro kompresory roste z důvodu hygroskopické povahy POE maziv. Kromě inspekčních okének pro kontrolu vlhkosti a činidel pro kontrolu vzorků oleje se tak IRT stává další metodou pro odhad množství vlhkosti v oleji. A to je dobré.

## Postup IRT

Nikdy neprovádějte testování izolačního odporu ani nezapínejte kompresor, když je v systému podtlak.

1. Odpojte všechny kabely od svorek kompresoru, aby byl izolovaný.
2. Demontujte svorkové lišty, pokud jsou použity.
3. Očistěte svorky čistým, suchým hadříkem.
4. Pokud je to možné, zkratujte mezi sebou svorky kompresoru.\*
5. Odstraňte stopy oxidace na zemnicí přípojce kompresoru a očistěte čistým, suchým hadříkem.

\* Vinutí motorů kompresorů má většinou společné připojení s kompresorem, takže vinutí nelze izolovat. Pokud je možné vinutí motoru izolovat, je doporučeno dvě vinutí uzemnit a testovat třetí vinutí. Tento krok opakujte třikrát, jednou pro každé vinutí. Tím zkontrolujete nejen odpor uzemnění, ale také odpor mezi testovaným vinutím a ostatními dvěma vinutími, a tedy případnou zvýšenou pravděpodobnost zkratu mezi vinutími.

## Faktory, které ovlivňují izolační odpor a životnost kompresoru

- Neprovedení správného vysušení systému
  - Při hydrolýze v chladicím médiu se může vytvořit kyselina fluorovodíková. Kyselina fluorovodíková leptá sklo. Co dokáže provést s izolací vinutí motoru?
  - Kyselina naleptává měděné stěny trubek. Tato měď je vodivá a snižuje izolační pevnost (nevodivost) oleje. Může také docházet k ukládání mědi v ložiskách motoru s následkem ztížení rozběhů motoru, zvyšování proudového odběru nebo dokonce zablokování rotoru.
  - V případě maziv POE bude vlhkost absorbována.
- Nevystužení trubek před sestavením
  - Může dojít k seškrábnutí měděných hoblinek do kompresorového oleje. Měď je vodivá a snižuje izolační pevnost oleje.
- Nenahrazení kyslíku inertním plynem, například dusíkem nebo argonem, během tvrdého pájení
  - Oxidy mědi jsou vodivé a snižují izolační pevnost oleje.
- Úniky chladiva
  - Nedostatek chladiva vede k vyšším provozním teplotám motoru a vyššímu namáhání izolace vinutí motoru.

6. Změřte teplotu svorek kompresoru. Protože teplotu vinutí nelze změřit přímo, je měření teploty svorek kompresoru, přímo spojených s vinutím, nejlepší další možností. Teplota svorek kompresoru by měla být vyšší než teplota rosného bodu okolního vzduchu, jinak vlhkost na svorkách ovlivní výsledky měření.
7. Přiloženou krokosvorkou připojte ke kompresoru zemnicí kabel.
8. Přepněte přístroj do polohy pro test izolace a nastavte testovací napětí 500 VDC.
9. Dotkněte se měřicí sondou zkratovaných svorek kompresoru.
10. Stiskněte testovací tlačítko na měřicí sondě (nebo na přístroji) po dobu trvání testu (60 s).
11. Zaznamenejte hodnotu odporu a teplotu svorek.
12. Sejměte zkratovací propojky ze svorek kompresoru a ke svorkám opět připojte původní kabeláž.
13. Uveďte kompresor do chodu na 5 nebo 10 minut.
14. Opakujte kroky 1-11.

Odečty je třeba zaznamenat a použít teplotní kompenzaci podle zvolené základní teploty. Na každých 10 °C odchylky nad základní teplotou se hodnota odporu zdvojnásobuje. Na každých 10 °C odchylky pod základní teplotou se hodnota odporu dělí dvěma. Pokud například stanovíme jako základní teplotu 40 °C, musíme všechny záznamy měření, minulé, současné i budoucí, kompenzovat na tuto hodnotu.

Pro výpočet teplotní kompenzace použijte rovnici:

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

Kde  $K_T$  je teplotní kompenzační koeficient při  $T_A$

$T_R$  je referenční teplota (°C), na kterou se všechna měření kompenzují

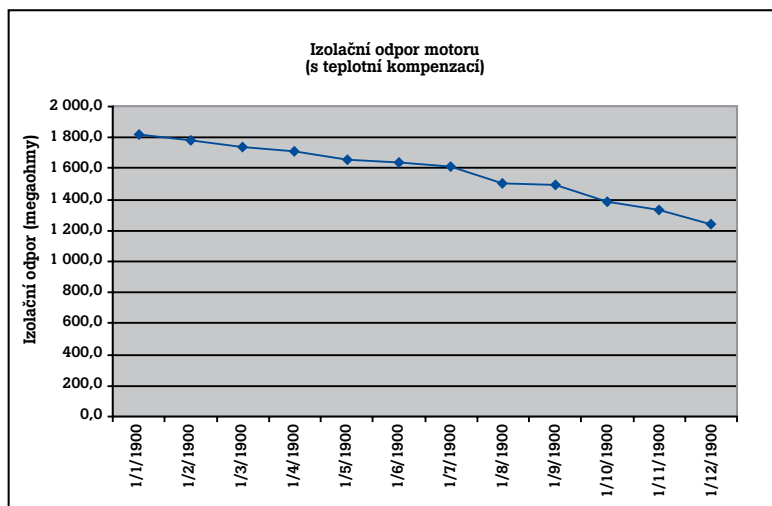
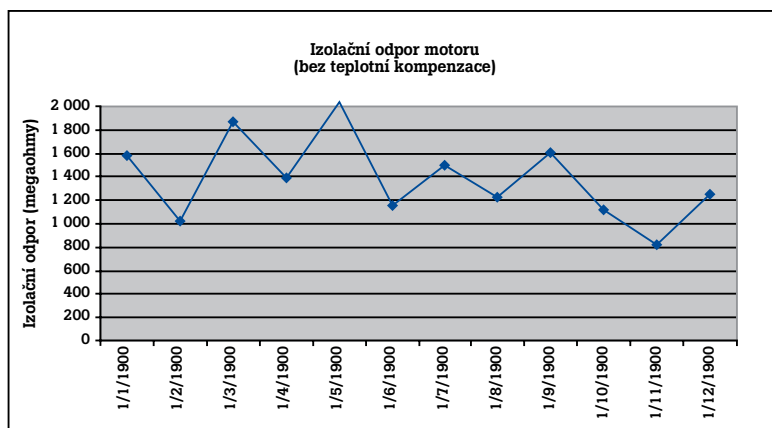
$T_A$  je aktuální teplota testu (°C)

$$T_R = 40 \text{ °C}$$

Pokud je odečet větší než zvolený rozsah hodnot IRT, bude symbol „větší než“ (>) indikovat, že odečet, který by se měl zaznamenat pro potřeby budoucího srovnávání, nemá význam pro účely sledování projekce vývoje. V případě některých moderních izolací není bezdůvodné očekávat, že po většinu doby životnosti motoru bude měření mimo rozsah (> 2000 MΩ) a sledování projekce vývoje bude možné pouze ke konci provozní životnosti motoru. V takovém případě je vhodné začít uvažovat o provedení vyčištění v okamžiku, kdy budou naměřeny již použitelné hodnoty v megaohmech.

Dále uvedený příklad uvádí nekompenzované hodnoty odporu při testu a kompenzované hodnoty odporu pro odhadovanou teplotu vinutí kompenzovanou na základní hodnotu 40 °C. Dva následující grafy zobrazují srovnání nekompenzovaných údajů o trendech s kompenzovanými údaji.

Datum	Naměřený izolační odpor (MΩ)	Teplota (°C)	Teplotně kompenzovaný izolační odpor (MΩ)	Teplotní kompenzační koeficient $K_T$
5. února 90	1584,3	42	1821,9	1,15
8. července 90	1025,3	48	1784,0	1,74
14. února 91	1867,2	39	1736,5	0,93
2. července 91	1388,4	43	1707,7	1,23
10. února 92	2035,3	37	1648,6	0,81
3. července 92	1156,4	45	1630,5	1,41
4. února 93	1503,2	41	1608,4	1,07
8. července 93	1224,3	43	1505,9	1,23
12. února 94	1604,9	39	1492,6	0,93
1. července 94	1123,6	43	1382,0	1,23
14. února 95	821	47	1330,0	1,62
10. července 95	1245,7	40	1245,7	1,00



## Závěr

Přestože mechanici systémů HVACR při běžném provádění diagnostiky ocení pravidla „vyhovuje/ nevyhovuje“, technologické axiomy (kontemplativní entropie) říkají, že konečný stav selhání stroje má svůj počátek už v okamžiku, kdy začíná jeho výroba.

S rozvojem procesů údržby a vzrůstající pozorností k detailům také můžeme očekávat pravděpodobnost prodloužení životnosti výrobků. Protože náklady vzniklé selháním se neustále zvyšují, budou výhody pravidelného testování a monitorování stále výraznější.

### A co „nekonečná“ hodnota?

Nekonečno není odečet. Nekonečná hodnota znamená, že výsledky testu leží mimo rozsah přístroje. Při použití standardního volt-ohm metru s výstupním stejnosměrným napětím menším než 9 V může být naměřená hodnota mezi společným vstupem kompresoru a uzemněním „nekonečná“. Při použití testeru izolačního odporu s výstupním stejnosměrným napětím 500 V může mít odpor mezi společným vstupem kompresoru a uzemněním hodnotu 20 megaohmů. Vezměme si například jeden z nejlepších přírodních izolátorů – atmosféru. Pokud existuje dostatečně velký potenciál, vznikne mezi opačnými polaritami elektrický oblouk. Stejně jako v zapalovacích svíčkách anebo při úderu blesku.

**Fluke.** *Keeping your world up and running*

#### **Fluke Europe B.V.**

P.O. Box 1186  
5602 BD Eindhoven  
The Netherlands  
Web: [www.fluke.cz](http://www.fluke.cz)

Pro další informace volejte:

Evropa +31 (0)40 2 675 100  
nebo Fax +31 (0)40 2 675 222

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

Navštivte nás na webových stránkách:

Web: [www.fluke.cz](http://www.fluke.cz)

©2015, Fluke Corporation. Všechna práva vyhrazena.  
Vytisknuto v Netherland 02/2015.

Případné změny jsou vyhrazeny bez předchozího upozornění.

Pub\_ID: 13370-cze

2524494 A-EN-N Rev A