

SLEDOVÁNÍ PROVOZNÍHO STAVU ASYNCHRONNÍCH MOTORŮ DIAGNOSTICKOU METODOU MCSA

CONDITION MONITORING OF ASYNCHRONOUS MOTORS USING THE MCSA METHOD

Oto Mareček, Miloš Kaška a Jiří Švestka

TES s.r.o., Pražská 597, 674 01 Třebíč

Abstrakt

Většina čerpadel, ventilátorů a kompresorů ve vlastní spotřebě jaderných i klasických elektráren je v současnosti poháněna asynchronními motory. Na tato zařízení jsou kladeny vysoké nároky především z hlediska spolehlivosti a bezpečnosti provozu. MCSA je spolehlivá a ekonomicky výhodná diagnostická metoda umožňující identifikaci poruchy rotoru a statoru bez nutnosti odstavení analyzovaného asynchronního motoru. Tato diagnostická metoda se využívá pro periodické sledování stavu důležitých asynchronních motorů pracujících ve vlastní spotřebě elektráren.

Abstract

Most of the pumps, fans and compressors used today in nuclear and fossil fuel power plants for house consumption are run by asynchronous motors. High safety and operational reliability standards must be ensured when operating this equipment. MCSA is a reliable and economically advantageous diagnostic method enabling detection of rotor or stator faults without need to shut down the analysed asynchronous motor. The MCSA diagnostic method is used for periodic condition monitoring of important asynchronous motors operating in the power plant house consumption.

Úvod

V energetice používané asynchronní motory jsou prakticky vždy trojfázové složené ze statoru a rotoru. Stator je tvořen magnetickým obvodem a třífázovým vinutím, které je uloženo v drážkách na vnitřní straně. Jednotlivé fáze vinutí jsou pootočené o 120° a vytváří tak magnetické pole stálého prostorového tvaru, otáčející se synchronní rychlostí. Rotor je rovněž tvořen magnetickým obvodem, na jehož vnější straně jsou drážky a v nich umístěné klecové vinutí. Rotor se otáčí asynchronními otáčkami, které závisí na velikosti zatížení. Takto konstruovaný motor se nazývá asynchronním motorem s kotvou nakrátko. Velké výkonové asynchronní motory mohou být navíc z důvodu lepšího chlazení vybaveny ventilátory na hřídeli rotoru a systémem chlazení statoru protékající chladící vodou. [1, 2]

V případě jejich výpadku nebo poruchy může dojít k velkým ekonomickým ztrátám způsobeným v případě elektráren přerušením dodávky elektrické energie do elektrizační soustavy a případně i k ohrožení bezpečnosti a zdraví osob. [3]

A právě z těchto důvodů je v současné době provozovateli zařízení kladen čím dál větší důraz na možnou diagnostiku poruch a vznikajících závad. Je samozřejmostí, že provozovatel preferuje diagnostiku aktuálního stavu asynchronního motoru prováděnou za provozu bez nutnosti odstavení oproti diagnostikám prováděným na stojícím motoru. [3]

Frekvenční analýza statorového proudu asynchronního motoru pod zatížením je právě jednou z významných diagnostických metod, která umožňuje přímo za provozu motoru detekovat možné závady a poruchy rotoru a statoru. [3]

Teoretický popis diagnostické metody MCSA

Frekvenční analýza statorového proudu asynchronního motoru, jinak též nazývána MCSA (Motor Current Signature Analysis) metoda, je spolehlivá a ekonomicky výhodná diagnostická

metoda umožňující identifikaci případné poruchy rotoru a statoru bez nutnosti odstavení analyzovaného motoru. Princip metody spožívá ve frekvenční analýze napájecího statorového proudu asynchronního motoru pod zatížením.

U ideálního asynchronního motoru napájeného harmonickým proudem o frekvenci 50 Hz se v proudovém frekvenčním spektru vyskytuje pouze dominantní první harmonická a její násobky. Výraznější jsou liché harmonické, které souvisí s rozložením vinutí v drážkách a změnou vodivosti vzduchové mezery vlivem drážkování. Vyšší harmonické mohou být obecně způsobeny drážkováním statoru a rotoru a obvykle se vyskytují harmonické jen do určitého řádu (jejich amplituda klesá s jejich řádem). [1, 2]

Případné poruchy rotoru a statoru asynchronního motoru jsou detekovány v analyzovaném frekvenčním spektru jako specifické frekvence, zpravidla rozdílné od harmonických frekvencí, v závislosti na technickém a konstrukčním uspořádání asynchronního motoru. Pro hodnocení stavu diagnostikovaného motoru se porovnávají v proudovém frekvenčním spektru amplitudy (měřené v decibelech) první harmonické s amplitudami ostatních frekvencí. Jestliže amplitudový rozdíl mezi první harmonickou a jinou specifickou frekvencí je menší než cca 40 dB, pak se zřejmě jedná o zhoršení technického stavu testovaného motoru s možnou identifikací příčiny závady. [1, 2]

MCSA metody se využívá u asynchronních motorů pro detekci statické a dynamické excentricity, poruchy rotorových tyčí, chyby ustavení motoru a poruchy vinutí statoru.

Standardní testovací proces pomocí MCSA metody spočívá v těchto čtyřech základních krocích:

Záznam okamžité hodnoty proudu statoru asynchronního motoru. Pro MCSA metodu postačuje záznam jedné fáze proudu. Pořízení kvalitního záznamu proudu statoru je velmi důležité (vhodná délka záznamu a vzorkovací frekvence, optimální měřící rozsah záznamového zařízení). [3]

Provedení analýzy frekvenčních spekter využitím diskrétní Fourierovy transformace (FFT) a Thompsonovu metodu odhadu spektrálního výkonu nad zaznamenaným průběhem okamžité hodnoty proudu statoru asynchronního motoru. [3]

Určení specifických frekvenčních spekter pro jednotlivé typy hledaných poruch a závad rotoru a statoru asynchronního motoru na základě štítkových hodnot motoru, konstrukčního uspořádání a aktuálního zatížení motoru. [3]

Identifikace specifických frekvencí a amplitudové úrovně těchto frekvencí ve frekvenčním spektru. Určení závažnosti a typu případné poruchy asynchronního motoru. [3]

U asynchronních motorů za provozu pod zatížením je zpravidla vyžadována diagnostika frekvenčních spekter statorových proudů za účelem zjištění případných poruch rotorových tyčí a zjištění excentricit rotoru. Navíc ustavení motoru se projevuje na frekvencích blízkých s frekvencemi excentricity dané mechanickou vazbou motoru a zátěže, a proto lze tato vyhodnocení spojit dohromady.

Záznam a vyhodnocení dat

Pro pořízení kvalitního záznamu okamžité hodnoty statorového proudu asynchronního motoru vhodného pro další zpracování metodou MCSA firma TES s.r.o. využívá mobilní měřící ústředny MOSAD[®]-6 v HW a SW konfiguraci přizpůsobené na přímé měření analogových veličin, tj. osazena analogovou měřící kartou.

Měřící ústředna MOSAD[®]-6 byla vyvinuta za účelem zaznamenání analogových a dvouhodnotových veličin při zkouškách elektrických zařízení elektrárenského bloku.

Pro zpracování a vyhodnocení záznamu okamžité hodnoty statorového proudu asynchronního motoru firma TES s.r.o. využívá SW produktu MCSATES. Tento SW produkt byl vyvinut firmou TES s.r.o. ve spolupráci s VUT Brno.

Analýza motoru nízkotlakého kompresoru o výkonu 315 kW

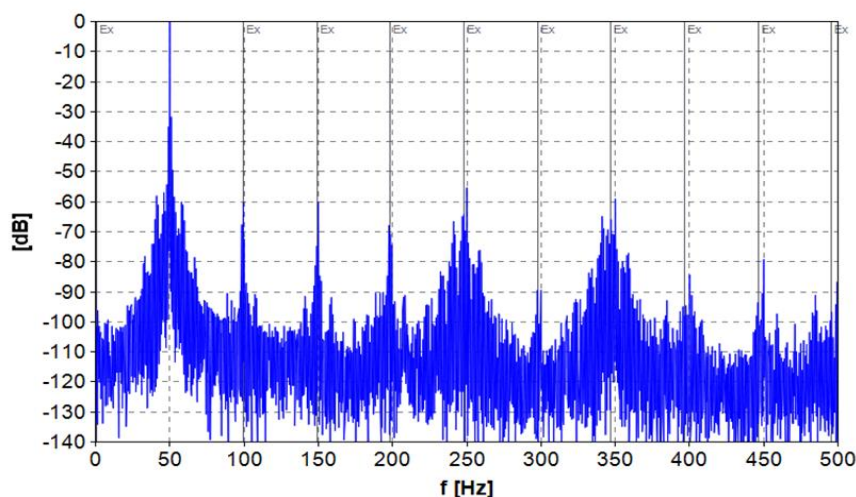
Metodou MCSA byla provedena diagnostika motoru kompresoru o jmenovitém výkonu 315 kW za účelem ověření aktuálního provozního stavu a případné identifikace poruchy rotorových tyčí, excentricity a ustavení rotoru. Tento motor vykazoval trvale za chodu vyšší oscilace a hlučnost. Motor kompresoru má štítkové hodnoty uvedené v tab. 1.

Tab. 1: Štítkové a technické hodnoty motoru

Parametr	Hodnota
Jmenovitý výkon [kW]	315
Jmenovitý proud [A]	35,2
Frekvence [Hz]	50
Jmenovité napětí [kV]	6
$\cos \varphi$ [-]	0,86
Nominální otáčky [ot/min]	2959
Synchronní otáčky [ot/min]	3000
Skluz [%]	1,37
Počet pólových dvojic [-]	1

Excentricita a ustavení motoru

U všech sledovaných pásem byly nalezeny zvýšené úrovně frekvencí odpovídající výskytu excentricity. Úrovně se pohybují do hodnoty cca -60 dB. Sledovaná frekvenční pásma jsou uvedena na obr. 1 označena černými čarami.

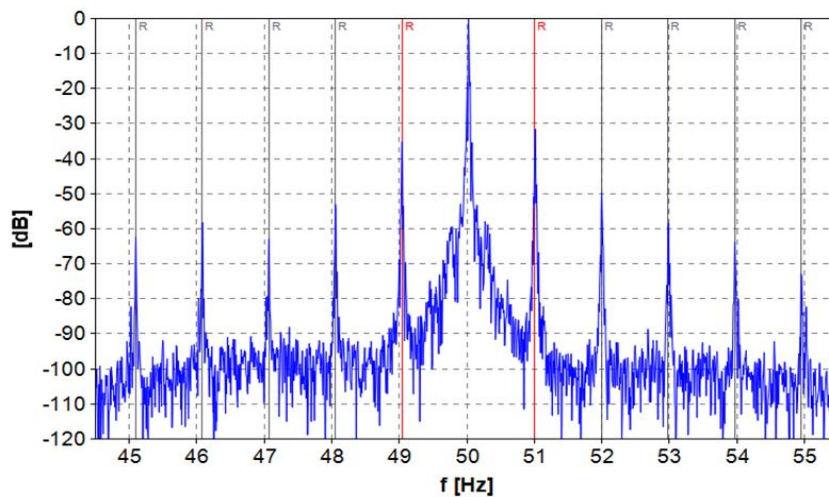


Obr. 1: Frekvenční spektrum pohonu nízkotlakého kompresoru v rozsahu 0 až 500 Hz

Poruchy rotorových tyčí

Analýza frekvenčních pásem (specifických frekvencí) detekujících poruchy rotorových tyčí ve frekvenčním spektru analyzovaného proudu statoru motoru kompresoru je zobrazena na obr. 2. Ve všech sledovaných pásmech byly nalezeny velmi vysoké úrovně frekvencí odpovídající poruchám rotorových tyčí. Nejvyšší úroveň byla ve sledovaném pásmu 49,0 Hz a 51,0 Hz a to cca -33 dB. Toto frekvenční pásmo je na obr. 2 označeno červenou barvou.

Tento stav motoru může být spojen s přerušením několika rotorových tyčí způsobující zvýšené oscilace rotoru motoru, a proto bylo dáno provozovateli tohoto zařízení doporučení na odstavení a následnou kontrolu a opravu rotorové klece motoru.



Obr. 2: Frekvenční analýza pro motor nízkotlakého kompresoru v rozsahu 44,5 až 55,5 Hz

Závěr

Možnost detekce závad nebo poruch u asynchronních motorů pod zatížením včetně identifikace místa závady je pro provozovatele těchto zařízení výhodná, jednak z důvodů cenové náročnosti vlastní diagnostiky a jednak z důvodu možnosti včasného naplánování opravy či výměny v případě zjištění zhoršujícího se technického stavu motoru. A právě využití analýzy frekvenčních spekter statorových proudů asynchronních motorů metodou MCSA je pro tento typ diagnostiky vhodný.

Na příkladu motoru kompresoru o výkonu 315 kW byla demonstrována účinnost této metody v případě reálné poruchy včetně identifikace místa poruchy, tj. rotorové klece.

Literatura

- [1] Sokanský, K. (2010): *Diagnostika vybraných poruch asynchronních motorů pomocí proudových spekter*. VŠB-TU Ostrava, Ostrava.
- [2] Bednařík, V. (2012): *Diagnostika poruch rotoru asynchronních motorů*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Brno.
- [3] Mareček, O. (2016): *Frekvenční analýza napájecích proudů motorů*. Zpráva, arch. č. TES-Z-17-035, TES s.r.o, Třebíč.