

VYSOKORYCHLOSTNÍ TERMOGRAFICKÁ DIAGNOSTIKA ROTAČNÍCH DÍLŮ ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ

HIGH SPEED THERMOGRAPHIC DIAGNOSTICS OF ROTATING PARTS OF POWER EQUIPMENT

Michal Švantner ^{a)}, Jiří Tesař ^{a)} a Martin Buršík ^{b)}

^{a)} Západočeská univerzita v Plzni

^{b)} ČEZ, a. s.

Abstrakt

Rotační díly patří mezi kritické komponenty energetických zařízení. Termografická diagnostika může včas odhalit jejich poškození a zabránit vážným škodám. Taková diagnostika je zpravidla možná pouze při běhu zařízení. Komplikací bývá také špatná přístupnost a vysoké rychlosti rotace, které znemožňují použití standardních termografických kamer s bolometrickým detektorem. Příspěvek je zaměřen na vysokorychlostní termografickou diagnostiku rotoru generátoru elektrárny. Je ukázán způsob použití vysokorychlostní termografické kamery na bázi kvantových detektorů s rychlostí vzorkování 1 kHz. Výstupy termografického měření jsou porovnány s výstupy měření kvantových infračervených detektorů o rychlosti vzorkování až 30 kHz. Jsou prezentovány výsledky diagnostiky rotoru a ukázány možnosti odhalení indikací poškození. Výsledky jsou porovnány s použitím bolometrické kamery s HD rozlišením a je prezentován význam integrační doby pro vysokorychlostní termografická měření.

Abstract

Rotating parts belong to critical components of power devices. Thermographic diagnostics can predict their faults and prevent major failures. The diagnostics can be mostly performed only during an operation of the devices. A poor accessibility of the parts and their high speed of a rotation, which limits usability of standard bolometric infrared cameras, make such a diagnostics complicated. The contribution is focused on a thermographic diagnostics of a rotor of a power plant generator. A usage of a high-speed infrared camera, which is based on quantum detectors, with a frame-rate 1 kHz is presented. The thermographic measurements outputs are compared with high-speed infrared quantum detectors measurement results made with the sampling frequency 30 kHz. Results of the rotor diagnostics and possibilities of a detection of possible faults indications are introduced. The results are compared with a bolometric infrared camera with HD resolution results and a significance of an integration time for high-speed thermographic measurements is presented.

Úvod

Rotační zařízení v elektrárnách patří k velmi namáhaným dílům a případné poruchy spojené s poškozením rychle rotujících částí při běhu zařízení mohou vést ke značným škodám. Kritická závada se může iniciovat i z mikroskopického poškození, které je běžnými metodami složité odhalit. Termografická diagnostika je metoda inspekce, která využívá infračervené termografie [1]. Lze s ní detekovat skryté problémy, pokud dochází k jejich tepelnému projevu. Ten je přitom častou indikací rozvinutého ale i počínajícího poškození. Termografická diagnostika tak může významně přispět k prediktivnímu odhalování problémů ještě před závažnými poruchami v průběhu provozu zařízení. Nové přístupy (např. [2]) a technický vývoj v oblasti měřicích zařízení umožňuje její využití v širším spektru aplikací. V tomto příspěvku je představen postup termografické diagnostiky rotoru generátoru elektrárny. Je demonstrován zejména význam využití vysokorychlostního záznamu. Jsou představeny postupy a metody měření a příklad výsledků s indikacemi možných problémů.

Termografické měření rotoru generátoru

Cílem měření bylo zejména zhodnocení možností využití vysokorychlostní infra-červené (IR) kamery pro stanovení ohřevu rotoru během náběhu, kdy dochází k jeho největší zátěži. Byla použita chlazená vysokorychlostní kamera FLIR SC7650 se záznamem až 1 kHz. Pro porovnání bylo měření provedeno standardní termografickou kamerou InfraTec VarioCam HD.

Objektem měření byl rotor generátoru o průměru cca 10 m, jehož maximální rychlost otáčení byla 140 otáček za minutu. V oblasti měření byl povrch opatřen vysoko-emisivní barvou. Měření probíhalo při náběhu, který trval cca 40 s a kdy dochází k jeho největšímu elektrickému a mechanickému zatěžování. Měření probíhalo s frekvencí 1000 Hz, bylo zaznamenáno cca 120 000 vzorků.

Standardní teplota rotoru v měřeném místě se zvýšila z cca 40 °C na 60-80 °C. Při měření byly zjištěny anomálie teploty na 3 pólech, kde maximální teploty byly v rozmezí 118 až 180 °C. Maximální teplota odchylek je patrná v počátečních fázích rozběhu, tj. několik sekund po startu. Následně teplota již nestoupá, ale rozvádí se do okolí a tím i maximální teplota klesá. Diagnostiku je tedy nutné provádět pouze při rozběhu rotoru, při standardním chodu se indikace již nemusí objevit.

Shrnutí a závěr

Standardním termografickým měřením pomocí bolometrické kamery lze znamenat pouze „průměrnou“ teplotu oblasti po obvodu, protože záběr s dlouhou integrační dobou je rozmazaný. Hodnoty teplot jsou pak značně zkreslené a pro účely diagnostiky zařízení nepoužitelné. Měření je tedy nutné provést s krátkou integrační dobou cca desítky až stovky us a frekvencí snímkování alespoň 1 kHz. To umožňuje plnohodnotný kontinuální záznam pro detailní analýzu. Provedené experimenty ukázaly, že termografickým měřením lze zjistit anomálie teploty, které mohou indikovat problém v diagnostikovaném rotoru. V rámci provedených experimentů není možné vyhodnotit kritéria závažnosti indikací. Není tedy ani možné stanovit skutečnou příčinu výskytu indikací. Lze však stanovit potenciálně riziková místa pro analýzy dalšími metodami.

V místě anomálií byla sledována maximální teplota od 120 do cca 180 °C, tj. o více než 60 °C vyšší než v místech bez anomálií. Z důvodu nehomogenity povrchu se objevují další teplotní nehomogenity, anomálie v okolí šroubů jsou však při nastavení vhodného zobrazení kamery vzhledem k jejich velikosti zřetelně patrné. Před vlastním měřením byly provedeny kalibrační testy měřicího zařízení. Byla ověřena přesnost v rozsahu +/- 1 °C nebo +/- 1 %, která je uváděna výrobcem zařízení. Přesnost měření v provozních podmínkách ovlivňují další parametry (např. homogenita emisivity), nicméně lze předpokládat dostatečnou přesnost (cca ± 2 °C) pro hodnocení teplotních odchylek rotoru.

Poděkování

Práce vznikla za podpory projektu „LABIR-PAV / Předaplikační výzkum infračervených technologií“, reg. č.: CZ.02.1.01/0.0/0.0/18_069/0010018 financovaného z EFRR.

Literatura

- [1] Meola, C., ed. (2018): *Infrared Thermography Recent Advances and Future Trends*. Bentham Science Publishers. ISBN 978-1-60805-521-0
- [2] Švantner, M., Skála, J., Muzika, L., Čížek, P. (2018): Thermographic detection of damage initiation of cyclically loaded parts. *Presentation on the 14th Quantitative InfraRed Thermography Conference QIRT 2018*, QIRT Council, Berlin.