

Výpočet radiálního házení rotorů

Radiální házení (anglicky Radial Runout, RRO) představuje jeden z významných parametrů rotorů určených pro parní turbíny. Měření radiálního házení prováděné během stabilizace rotoru umožňuje včas odhalit případné technologické chyby při výrobě rotoru a tím zamezit následným vysokým finančním nákladům spojeným s pozdějšími opravami hotových turbín.

Firma E-therm se problematikou stabilizace rotorů zabývá od roku 2006 a doposud dodala 8 řídicích systémů pro stabilizační pece, z toho 7 jako součást stabilizačních pecí vyrobených v E-therm TZ Klatovy. Vývoj řídicích systémů probíhá nepřetržitě až do současnosti na základě poznatků a požadavků zákazníků, analýzy dat z jednotlivých pecí, implementace nových stabilizačních norem.

Klíčovou vlastností řídicího systému stabilizační pece je výpočet radiálního házení. V průběhu stabilizace rotoru se periodicky provádí radiální měření a následně výpočet radiálního házení. K měření slouží radiální sondy umístěné kolmo k ose rotoru. Krajní sondy jsou vždy umístěny vně pece v místě uložení rotoru. Počet sond v peci závisí na délce a tvaru rotoru. Minimální počet sond v peci je 1, maximální počet je 5.

Základem výpočtu radiálního házení je výpočet excentricity. Excentricita je odchylka skutečné osy rotoru od jeho ideální osy, tedy vektor definovaný délkou a úhlem. Radiální házení je dvojnásobek délky vektoru excentricity.

Radiální měření je zatíženo celou řadou rušivých mechanických vlivů – patří sem mechanické vlivy okolí, vibrace zařízení, vůle v ložiscích, chyba měření měřicích převodníků, nepřesnosti vedení rotoru na rolnách, nekruhovitost rotoru. Tyto rušivé vlivy jsou často řádově vyšší než hodnoty radiální excentricity. Na základě simulací a rozboru radiálních měření ze stovek provedených stabilizací vyvinula firma E-therm pokročilé algoritmy, které spolehlivě eliminují rušivé vlivy a umožňují provést výpočet radiálního házení s přesností $\pm 3 \mu\text{m}$.

Měřicí zařízení radiální excentricity má vlastnosti, které často o několik řádů překračují požadavky stabilizačních norem. Zatímco norma ASTM A472 například požaduje 4 měřené hodnoty na otáčku rotoru a norma SEP 1950 požaduje 24 měřených hodnot na otáčku, měřicí modul E-therm provádí typicky 200 měření během jedné otáčky rotoru.

Vysoký počet naměřených hodnot je základním předpokladem pro přesný výpočet excentricity. Umožňuje totiž použít pokročilé výpočetní algoritmy. Výsledky přesnosti měření a výpočtu házení byly ověřeny nejen počítačovými simulacemi, ale zejména praktickými výsledky všech stabilizačních pecí.

Řídicí systém stabilizační pece archivuje veškerá vstupní data z radiálních měření. Tato data mohou být následně kdykoliv prezentována nebo poskytnuta zákazníkům.

Koncepce výpočtu radiální excentricity v řídicím systému E-therm je založena na tvrzení, že na krajních sondách se neměří házení, ale nepřesnost vedení rotoru na rolnách a nekruhovitost rotoru. Toto tvrzení se opírá o způsob umístění krajních sond přímo v místě uložení rotoru. Rotor se neotáčí kolem svého ideálního středu, ale vlivem mechanických vůlí a nepřesností se i na krajních sondách v radiálním směru pohybuje. Program proto umožňuje použít hodnoty z krajních sond pro kompenzaci házení sond v peci.

Stabilizační normy naproti tomu pracují i s házením na krajních sondách. Aby bylo možné oba přístupy výpočtu zkombinovat, je způsob výpočtu radiálního házení možné v programu nastavitelný (lze povolit nebo zakázat výpočet házení pro krajní sondy, povolit nebo zakázat provádění kompenzace házení pro sondy v peci). Výpočet házení je proto flexibilní a je možné ho snadno nakonfigurovat podle konkrétních požadavků zákazníka.

Výsledkem stabilizace provedené řídicím systémem E-therm je report vyhodnocení radiálního házení podle norem ASTM A472, SEP 1950 nebo podnikových norem vytvořených na jejich základě.