Metoda 3D lokalizace volných částí v primáním okruhu JE

Sven Künkel[1]

1 Princip metody 3D lokalizace

Primární okruh JE je tvořen reaktorovou nádobou a soustavou potrubí, v níž cirkuluje voda. Při provozu se v něm může objevit volné těleso (uvolněná matka apod.), které může svojí přítomností ohrozit bezpečnost elektrárny. Přirozeným požadavkem je při provozu monitorovat eventuelní výskyt těchto volných těles.

Jedním z řešení je použití soustavy akcelerometrů upevněných na vnějším plášti reaktorové nádoby a potrubí. Těleso unášené proudem cirkulujícího média při svém pohybu naráží do vnitřních stěn, čímž do pláště zařízení budí akustické vlny. Povrch soustavy je spojitý, tudíž lze každou takovou rázovou vlnu detekovat na každém snímači. Protože se ale různí vzdálenost místa vzniku rázu k jednotlivým snímačům, bude vlna detekována na každém snímači v obecně různém čase. Každý bod soustavy má svoji specifickou kombinaci vzdáleností k jednotlivým čidlům a tedy i specifickou kombinaci příslušných časů detekce.

Algoritmus metody 3D lokalizace lze rozdělit do dvou kroků. Nejdříve je vytvořena tabulka dvojic (místo vzniku rázu; časy detekce rázu na čidlech) pro zvolenou referenční množinu bodů na povrchu zařízení. To lze provést na základě znalosti geometrického modelu zařízení a zákonů šíření vlny povrchem. Samotná lokalizace potom probíhá tak, že se naměřená kombinace časů detekce porovnává s položkami v předpočítané tabulce a jako místo rázu je stanoven bod, pro který nastává největší shoda spočítaného a změřeného času detekce.

2 Prezentace dosažených výsledků při lokalizaci rázu na reaktoru JE

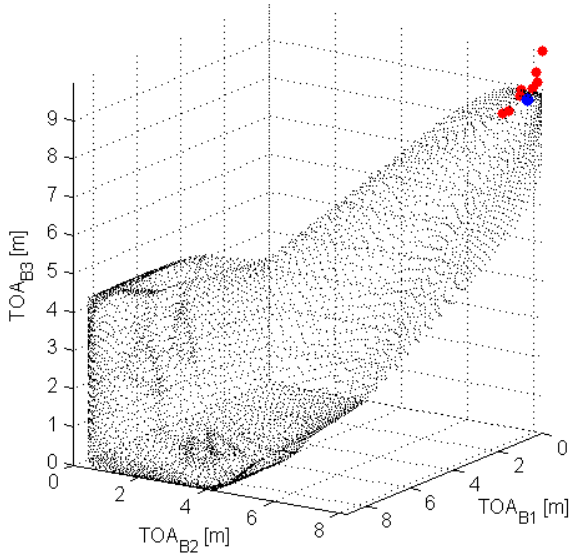
Navržená metoda 3D lokalizace byla testována na vibračních signálech změřených na reálné tlakové nádobě při experimentu provedeném firmou Areva. Nádoba byla osazena třemi akcelerometry a blízko jednoho z nich bylo kladívkem vybuzeno 9 rázů.

Geometrie nádoby a polohy čidel byly známé, stejně tak rychlost šíření vlny daným materiálem (tabulková hodnota). Díky tomu bylo možné vytvořit tabulku časů detekce pro referenční síť bodů na povrchu nádoby, kterou byla množina uzlů trojúhelníkové sítě.

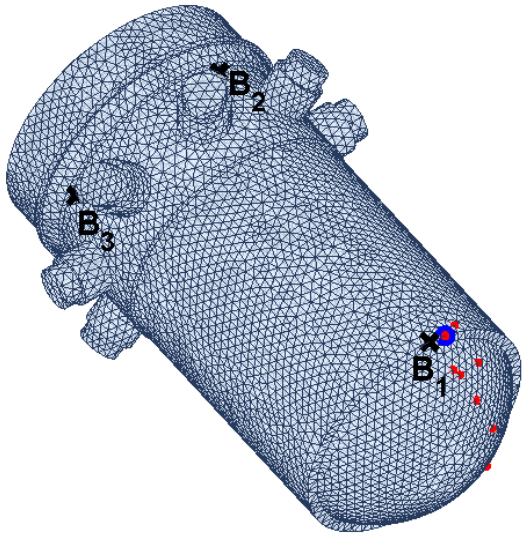
Obrázek 1 ná následující straně ukazuje změřené časy detekce (červené) a jejich vzájemnou polohu s množinou referenčních časů detekce (černá). Modrou barvou je vyznačen čas detekce, který by příslušel skutečnému místu rázu. Je vidět, že změřené časy detekce se soustředí kolem tohoto místa.

Na obrázku 2 je model tlakové nádoby s vyznačenými polohami čidel (B1 až B3), skutečná poloha vybuzení rázu (modrá) a výsledky metody 3D lokalizace pro 9 změřených rázů (červené). Místo rázu bylo určeno s relativně dobrou přesností. Z analýzy úlohy předložené v práci Künkel (2016) plyne, že úloha 3D lokalizace je nejlépe podmíněná v místech s podobnou vzdáleností ke všem čidlům, nejhůře naopak v okolí čidel, což je právě zde prezentovaný případ. S ohledem na tuto skutečnost lze výsledek považovat za relativně kvalitní a úměrný možnostem.

[1] student navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Inženýrská informatika a kybernetika, specializace Kybernetika a řídicí technika, e-mail: kunkel@students.zcu.cz



Obrázek 1: Vzájemná poloha referenční množiny časů detekce (černá), očekávaného času detekce (modrý) a naměřených časů detekce (červené).



Obrázek 2: Skutečné místo rázu (modré) a výsledky metody 3D lokalizace (červené).

V rámci citované práce byly provedeny další experimenty na geometricky zajímavých tělesech, konkrétně na cisternovém voze a na turbínové lopatce. Exerimenty ukázaly velmi dobrou přesnost výsledku metody 3D lokalizace pro místa rázu nacházející se v oblastech mezi čidly a naopak horší přesnost výsledku v oblastech daleko od čidel. V případě dostatečného počtu čidel a jejich rovnoměrného rozmístění po celém povrchu tělesa lze navrženou metodou 3D lokalizace docílit velmi přesného určení místa vzniku rázu.

Z hlediska reálného použití pro on-line monitoring volných částí je navržená metoda 3D lokalizace velice výhodná díky nízké výpočetní náročnosti té části algoritmu, která je prováděna on-line. Tato výhoda zůstává zachována i při použití většího množství čidel, což činí metodu 3D lokalizace vhodným nástrojem pro výpočetně nenáročnou a kvalitní lokalizaci volných částí.

Poděkování

Projektu SGS-2016-031 za podporu tohoto příspěvku.

Literatura

Künkel, S., 2016. *Metody detekce a lokalizace volných částí na povrchu 3D objektů.* Diplomová práce. ZČU.

Liška, J., 2008. *Časo-frekvenční metody lokalizace volných částí v diagnostice energetických zařízení*. Disertační práce. ZČU.

Chen, J., and Han, Y., 1990. *Shortest Paths on a Polyhedron*. International Journal of Computational Geometry & Applications.