



Národní konference s mezinárodní účastí
INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2002

13. – 16. 5. 2002, Svratka, Česká republika

MAGNETOKINETICKÁ APARATURA MKA-UT3

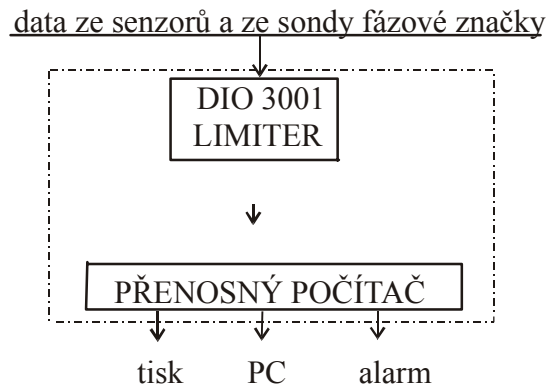
O. Daněk, Fr. Vaněk, J. Kozánek, L. Pešek, P. Procházka*

***Abstrakt:** Článek přináší základní informace o aparatuře k získání dat o torzních i ohybových kmitěch dlouhých štíhlých skořepinových lopatek NT- části parních turbin z měření za provozu. Tato data jsou nutná k věrohodnému odhadu stupně poškození resp. zbytkové životnosti lopatkování. Zvolený způsob měření umožňuje navíc poznat i orbity ohybově kmitajícího hřídele v místě měřených olopatkovaných kol, proti Bentleyho metodě v ložiskách a statické rozkroucení lopatek, vyvolané za rotace odstředivou silou. V příspěvku je naznačeno řešení a vysvětlena metoda identifikačního vyhodnocení, doplněná ukázkami záznamů z provozních měření.*

Klíčová slova: Kmitání lopatek za rotace, přechodový režim, bezkontaktní měření.

Jistou výhodou při vývoji funkčního vzorku výše uvedené aparatury je, že postupně vyvíjené části aparatury lze testovat za provozu na turbogenerátoru o výkonu 210 MW v elektrárně Pruněšov II (EPRUII). V současnosti je na tomto stroji testován „mozek“ aparatury, tj. systém pro sběr a zpracování dat – SSZD. Jeho blokové schéma je na obr.1. Tvoří jej jednotka DIO 3001 s limitrem a přenosný počítač. Analogové a z nich odvozené digitální výstupy ze dvou senzorů, časové funkce elektrického napětí $u_1(t), u_2(t)$ a ze sondy fázové značky $u_F(t)$ se zavádějí do SSZD. V jednotce DIA 3001 se vstupující data podle vložených programů převedou na časové funkce výchylek, radiální $z(t)$ a obvodovou $y(t)$. Ty se pak promítají na předem zvolený interval amplitud. Data spadající dovnitř intervalu se jako nevýznamná nepočítají. Zajímají nás jen ta, která zvolený interval přesahují. Ta se pak zavádějí dále do přenosného počítače, v němž se buď vyhodnocují okamžitě nebo později v libovolné době. Z přenosného počítače se inkriminovaná data zavádějí dále do tiskárny a hlavně do alarmu, který pak akustickým i optickým signálem upozorňuje na anomálie provozovaného režimu, nepříznivého pro životnost lopatkování případně i pro bezpečnost stroje.

^{*)} Doc. Ing. Otakar Daněk, DrSc, Ing. František Vaněk, CSc, Ing. Jan Kozánek, CSc, Ing. Luděk Pešek, CSc, Ing. Pavel Procházka, CSc, Ústav termomechaniky AV ČR, 108 00 Praha 8, Dolejškova 5.



Obr. 1

Zvoleným postupem je zaručeno, že počítač není přepřehován nadměrným množstvím nevýznamných dat. Protože přísun dat ze senzorů a ze sondy fázové značky je kontinuální, je zaručeno, že budou získána data i z obou nepředvídatelných přechodových provozních režimů, tj. ze zkratu a z náhlého odlehčení stroje.

Problémem je volit účelně meze intervalu přípustných hodnot. Proto byla tato část aparatury vyřešena jako programovatelná resp. přeprogramovatelná v libovolné době a v podstatě i libovolným způsobem. To umožňuje doladit konečné nastavení mezí až po získání dostatečných zkušeností a kvantifikovaných informací z provozu. To je právě současných provozních testů SSZD, instalovaného na stroji TG 23 v elektrárně Pruněřov II.

K získání věrohodných informací měření byly navrženy a vyrobeny vhodné senzory, které se již 4 roky testují za provozu na stroji TG 23 v EPRUII [1],[2]. Tyto senzory udávají elektrické napětí $u_{ijk}(\xi, \eta, \zeta, t)$ jako funkci tří výchylek, naměřené z průchodů k-té lopatky v j-té otáčce kolem i-tého senzoru resp. kolem sondy fázové značky. Senzory jsou konstruovány a na statoru situovány tak, aby bylo možno odečíst a vyhodnotit vliv každé ze tří veličin nezávisle, tj. $x(t) \leftarrow u_{\xi}(t)$, $y(t) \leftarrow u_{\eta}(t)$, $z(t) \leftarrow u_{\zeta}(t)$. Problémem je nepřesná znalost dilatačního posuvu rotoru, kterou lze jen odhadovat a kompenzovat senzory pro axiální výchylky zbytečně velkého průměru. Úloha se podstatně zjednoduší a průměr senzorů zmenší, zjistí-li se poměr axiální/radiální výchylka odhadovým výpočtem nebo dodatečnou montáží až po proměření dilatace.

Z naměřených dat se parametry kmitů přechodových režimů jednotlivých lopatek vyhodnocují z příslušných, účelně volených funkcí. Např. pro dominantní složky zkratu z funkce :

$$v(t) = v e^{(-\alpha + i\omega)t}, \quad (1)$$

kde pravá strana je volena, levá vyhodnocena z měření. První hodnoty se získávají – pokud to jde - FFT. Ty jsou pak vstupními daty pro vyhodnocení nelineárních vztahů (1) metodou nelineární regrese [3],[4]. V ní jsou hledané parametry kmitů souřadnicemi vektoru x :

$${}^T x = [v, \alpha, \omega]. \quad (2)$$

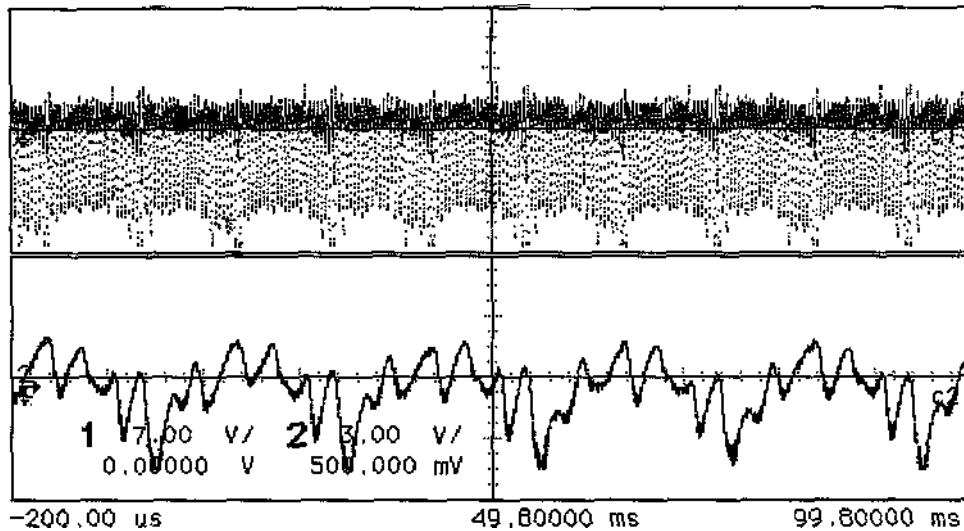
Po zavedení funkce $g(t) = v e^{(-\alpha + i\omega)t} - v(t) \rightarrow 0$ a po linearizaci Newtonovou metodou se úloha řeší iteračně, v $i+1$. kroku podle vzorce :

$$x_{i+1} = x_i - \Phi_i^+ g_i, \quad (3)$$

kde $\Phi_i = [\delta g / \delta x] = [\delta g / \delta v; \delta g / \delta \alpha; \delta g / \delta \omega]_{x=x_i}$.

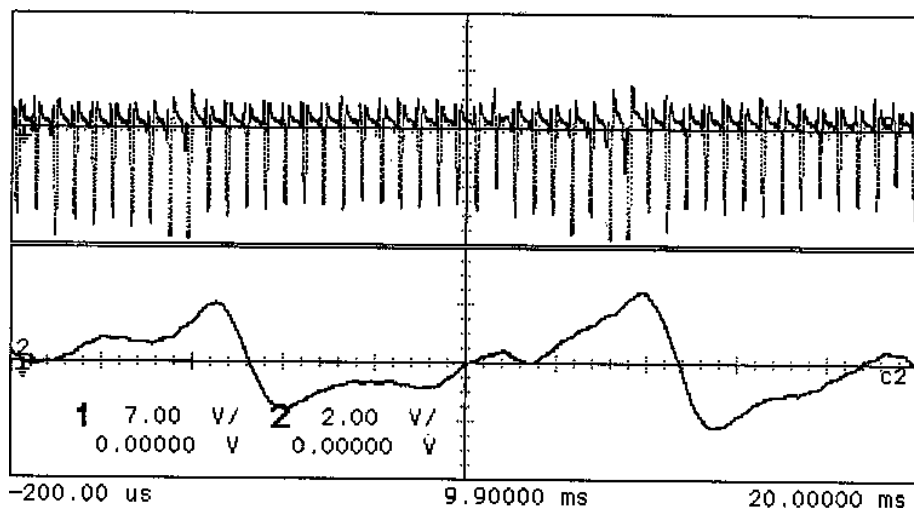
Úloha je řešena pseudoinverzí, která minimalizuje normu vektoru rezidua $\varepsilon = g_{i+1}$, $\|\varepsilon\| \rightarrow \min$. Tím se získá řešení nejen optimální s ohledem na vliv nahodilých chyb měření, ale zvýšením počtu řádků v rovnicích typu (3) i detailnější informace o tvarech kmitů. Funkci $v(t)$ v (1) lze pochopitelně volit součtově, tj. pro více harmonických složek za předpokladu, že jsou věrohodně měřitelné.

Nakonec na závěr alespoň tři ukázky grafů získaných měření. Na obr. 2 je v horním řádku záznam snímané časové funkce elektrického napětí $u_\zeta(t)$, v dolním pak vyhodnocená časová funkce radiálních výchylek lopatek $z(t)$. Tyto funkce, získané ze dvou senzorů ve vhodné obvodové rozteči umožňují na číslicovém osciloskopu přímo zobrazit výsledný orbit kmitajícího rotoru v místě měřeného olopatkovaného kola. Firma Bentley to realizuje jen v ložiskách,

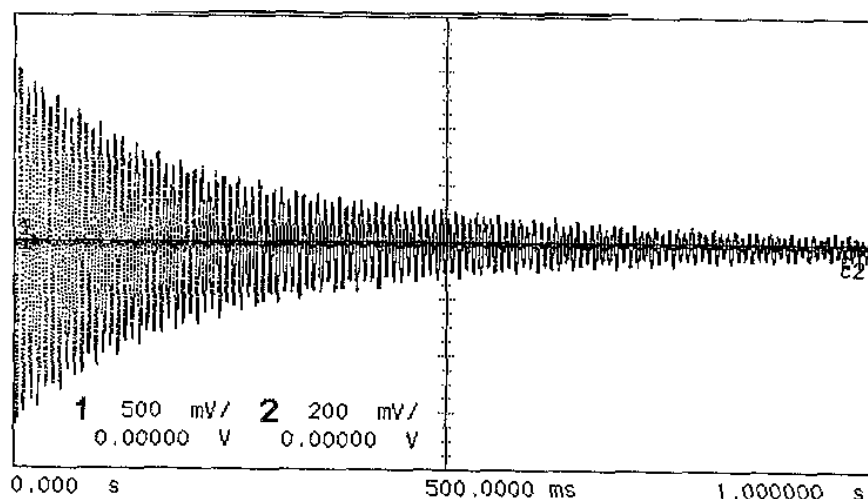


Obr. 2

Podobně na obr.3 je v horním řádku funkce $u_\eta(t)$, v dolním pak vyhodnocená časová funkce obvodových výchylek $y(t)$. Konečně na obr.4 je záznam ze statického měření lopatky za klidu na „standu“ při dokmitávání. Z exponenciálního průběhu amplitud výchylek lze určit kromě frekvence i logaritmický dekrement resp. součinitel tlumení. Tyto informace jsou vítané pro odhad souřadnic výchozího vektoru x_0 v nultém kroku iteračního identifikačního procesu.



Obr. 3



Obr. 4

Literatura

[1] Vaněk F., Vaněk P., Cibulka J.: Senzory pro aparaturu MKA.UT3 Colloquium Dynamics of Machines 2001, ÚT AV ČR Praha 2001, 4 str.

[2] Vaněk F., Cibulka J., Vaněk P.: Using Magnetostrictive Sensors in Dynamics of Machines. Kolokvium Diagnostika a aktivní řízení 2000, Třešť, 2 str.

[3] Daněk O.: Identifikace parametrů vynucených kmitů olopatkovaných rotorů turbogenerátorů. Strojnícky časopis 52, 2001, č. 3, 9 stran.

[4] Daněk O., Kozánek J., Pešek L., Procházka P., Vaněk F.: The Development of Identification Methods of Dynamic Parameters of Rotating Machinery Parts. Sborník mezinár. konf. – International Conference on Structural System Identification, Universita Kassel, 2001, 7 stran.

Autoři článku děkují GA ČR za souhlas k řešení výše uvedeného obtížného, ale zajímavého problému v grantu č. 101/00/0898 a vedení elektrárny PRUNĚŘOV II za souhlas k provozním testům.