



Národní konference s mezinárodní účastí
INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2002

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

**KONCEPCE DIAGNOSTICKÉHO SYSTÉMU *RVMS*
A EXPERIMENTÁLNÍ PODPORA JEHO NASTAVENÍ**

M. Tanzer, P. Macák, J. Smolík*)

Abstract

This contribution deals with the functional description and initial setting of the Reactor Vibration Monitoring System (RVMS) that is supplied as a part of the Temelin Monitoring and Diagnostic System (TMDS). The purpose of the RVMS module for NPP Temelin is to measure the vibration characteristics of reactor pressure vessel, vessel core barrel and associated internal structures as well as fuel assemblies. The vibration characteristics of the steam generator at Unit 1 and coolant pressure fluctuations at Unit 2 are also monitored. This is accomplished by monitoring the following parameters: ex-core neutron noise, in-core neutron noise, temperature, mechanical acceleration and pressure fluctuation signals.

For setting of the initial parameters into the RVMS and for identification of individual spectra amplitude peaks, it was necessary to carry out the large-scaled experiment, which was designed for identification of the lowest natural frequencies and vibration mode shape estimations of the VVER 1000 reactor pressure vessel and internals and one of the cooling loops. Evaluation of the experiments was made both in time and in frequency domain. The identified values will be further used for updating of the existing mathematical models using the parametric identification method.

Klíčová slova: vibrační diagnostika, výkonová spektrální hustota, experimentální identifikace

Úvod

Na obou blocích jaderné elektrárny Temelín (ETE) s reaktory typu VVER 1000 byl jako součást monitorovacího a diagnostického systému TMDS (Temelin Monitoring and Diagnostic System) instalován diagnostický subsystém pro sledování vibrací *RVMS* (Reactor Vibration Diagnostic System).

Diagnostický subsystém *RVMS* (dále jen *RVMS*) je určen pro periodické sledování mechanických vibrací vybraných komponent primárního okruhu (I.O.) jaderné elektrárny a rovněž pro sledování tlakových pulzací vznikajících v proudě chladiva. Na základě změn ve výkonových spektrálních hustotách (PSD) signálů (dále jen spektrech) trvale instalovaných snímačů během provozu jaderné elektrárny a při uvážení provozního stavu bloku lze usuzovat na případné změny v technickém stavu sledovaného zařízení.

RVMS nijak nezasahuje do havarijních řetězců jaderné elektrárny, je určen zejména pro včasné zjištění začínajících, pomalu se rozvíjejících poruch technického stavu, které se mohou projevit změnou dynamických vlastností zařízení I.O.

*) Ing. Michal Tanzer, Ph.D., Ing. Pavel Macák, Ph.D., Ing. Jan Smolík,
ŠKODA JS a.s., Orlik 266, 316 06 Plzeň, tel.: 019/704 2569,
e-mail: mtanzer@jad.ln.skoda.cz, pmacak@jad.ln.skoda.cz, jsmolik@jad.ln.skoda.cz

Správné hodnocení a interpretace případných změn ve spektrech signálů systému **RVMS** vyžaduje, aby byla provedena identifikace spekter jednotlivých snímačů. To znamená přiřadit ke všem významným amplitudovým vrcholům ve spektrech signálů komponentu, jež na dané frekvenci kmitá a znát charakter jejího kmitání.

Pro tento účel bylo v rámci realizace zkoušek předkomplexního vyzkoušení provedeno na obou blocích ETE rozsáhlé měření s cílem zjistit základní dynamické vlastnosti vybraných komponent I.O. s reaktorem typu VVER 1000. Buzení vnitřních částí a tlakové nádoby reaktoru bylo provozního charakteru a využívalo hydrodynamických sil od proudícího chladiva při různých teplotních a tlakových režimech. Na 1. bloku ETE bylo navíc provedeno měření na 4. chladicí smyčce, při kterém byla smyčka postupně buzena v několika místech nenulovou počáteční výchylkou.

Diagnostický subsystém **RVMS**

Systémová úroveň TMDS

Diagnostický subsystém **RVMS** je na obou blocích ETE začleněn do monitorovacího a diagnostického systému TMDS. Součástí TMDS je tzv. systémová úroveň (TMDS–SL), která tvoří jednotnou nadstavbu všem specializovaným diagnostickým subsystémům I.O. příslušného bloku ETE.

TMDS–SL nemá žádné vlastní snímače. Zahrnuje databázový server, komunikační server, dva servery uživatelského rozhraní, síťovou tiskárnu, dva zdroje nepřerušitelného napájení a lokální počítačovou síť typu Ethernet. Smyslem TMDS–SL je shromažďování a uchování dat z jednotlivých diagnostických subsystémů v jednom místě (tzv. databáze BlackBoard). TMDS–SL dále umožňuje: číst data ze sběrnice informačního systému bloku a předávat je jednotlivým subsystémům, shromažďovat, zobrazovat a spravovat diagnostická a alarmová hlášení generovaná subsystémy, poskytovat přístup k datům a informacím, které jsou spojeny se systémy a komponentami elektrárny; předávat do informačního systému bloku vybraná alarmová hlášení; spouštět programy zpracovávající data obsažená v databázi BlackBoard a generující alarmy; ukládat data do archivu a načítat data z archivu.

Popis subsystému **RVMS**

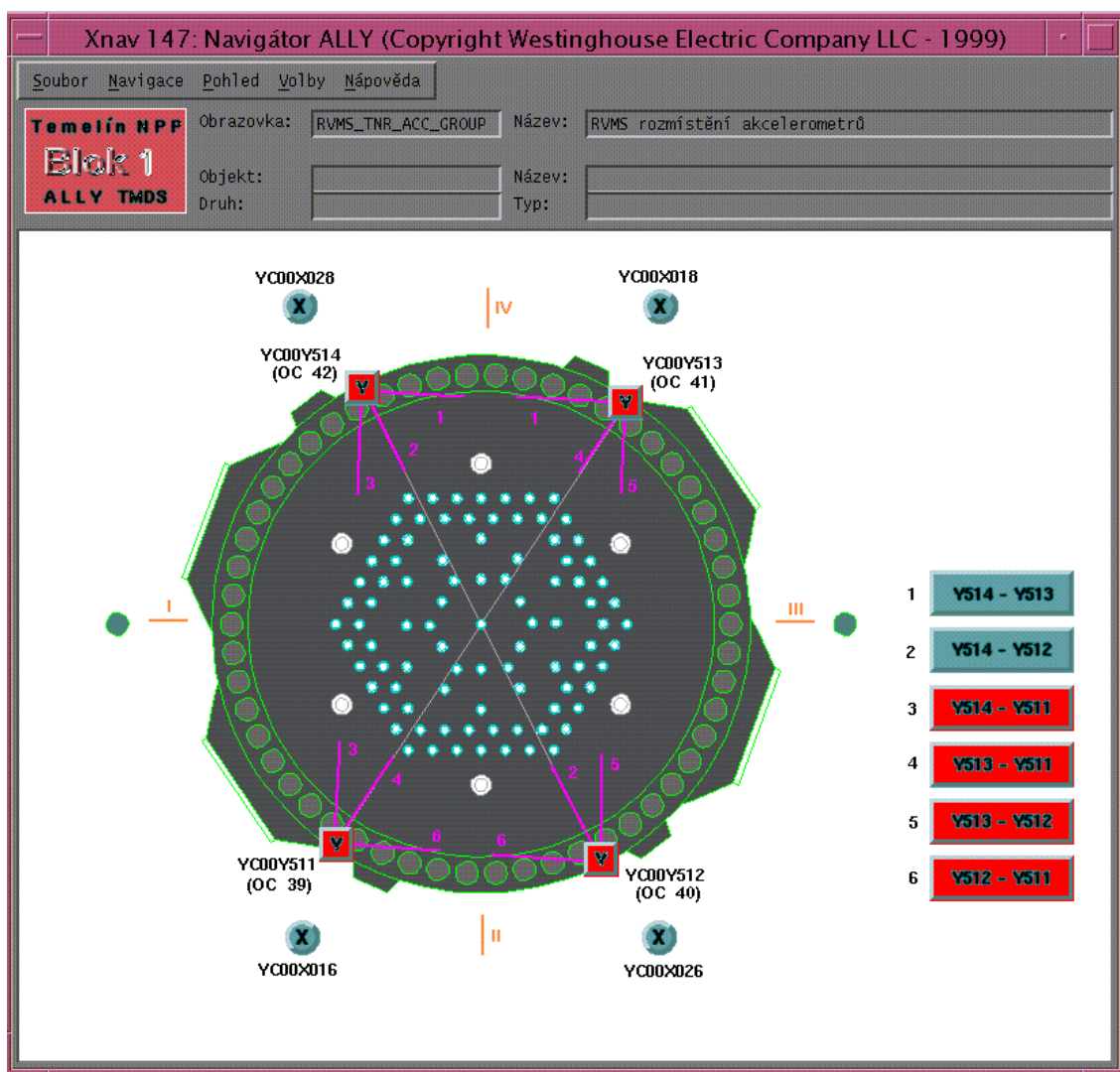
RVMS je určen pro sledování vibračního chování tlakové nádoby reaktoru (TNR), vnitřních částí reaktoru (VČR), včetně palivových souborů a řídicích tyčí a pro detekci případného lokálního varu chladiva. Dodatečně byl na 1. bloku ETE vybaven i prostředky pro sledování vibrací jednoho z parogenerátorů (PG), včetně jeho vnitřní vestavby, a na 2. bloku ETE snímači pro monitorování tlakových pulzací v chladivu.

K výše uvedeným účelům jsou využívány následující typy **signálů**:

- signály 8 vnějších ionizačních komor (signály XNN) pro sledování vibrací aktivní zóny a vnitřní vestavby reaktoru na základě neutronového šumu
- 16 předem nadefinovaných šestnácti signálů vnitroreaktorových samonapájecích detektorů neutronového toku (signály INN) pro kontrolu a analýzu vibrací palivových článků a řídicích tyčí
- signály 12 vnitroreaktorových termočlánků (signály TC) pro monitorování vlivu teploty na vibrační charakteristiky a pro indikaci vzniku lokálního varu

- signály 4 piezoelektrických akcelerometrů, umístěných na vnějším povrchu víka reaktoru s osou citlivosti ve svislém směru (signály ACC_TNR); akcelerometry jsou určeny pro sledování mechanických vibrací TNR i VČR a dále pro interpretaci výsledků analýzy signálů neutronových čidel
- signály 6 piezoelektrických akcelerometrů, umístěných na PG čtvrté hlavní cirkulační smyčky reaktoru na 1. bloku ETE (signály ACC_PG4) pro sledování vibračních charakteristik PG; lze je využít i pro hodnocení vzájemného vztahu vibrací reaktoru a chladicí smyčky
- signály 5 piezoelektrických snímačů tlakových pulzací (signály PFT) na 2. bloku ETE, umístěných v potrubí hlavních cirkulačních smyček; analýza těchto signálů umožňuje sledovat základní hydrodynamické budicí síly, působící v chladivu při výkonovém provozu bloku

Na Obr. 1 je uvedeno schéma (výpis z TMDS–SL) ilustrující rozmístění akcelerometrů na víku TNR a vnějších ionizačních komor.



Obr. 1 Rozmístění akcelerometrů na víku TNR (Y) a vnějších ionizačních komor (X)

Systém **RVMS** zahrnuje následující **hardware**:

- oddělovací a zesilovací jednotky pro signály TC a pro XNN signály, zajišťující bezpečnou komunikaci s informačními a řídicími systémy elektrárny
- maticový volič INN signálů, umožňující výběr přednastavených kombinací INN signálů a jednotky nábojových předzesilovačů pro signály ACC/PFT
- hardware pro úpravu signálů ve skříní **RVMS** (tj. bloky úpravy signálů INN a XNN, zajišťující oddělení, zesílení a frekvenční omezení střídavé a stejnosměrné složky, blok úpravy signálů TC a blok úpravy signálů ACC/PFT, který zajišťuje galvanické oddělení, proudové napájení nábojových zesilovačů a ručně nastavitelné zesílení signálů)
- hardware **RVMS** pro sběr a zpracování dat ve skříní **RVMS** (centrální počítačová jednotka; DAQ karty, adapter pro síťovou komunikaci s TMDS–SL)

Software systému **RVMS** byl napsán v jazyce Borland C++. Programy, pracující pod operačním systémem DOS 6.22 v prostředí Windows 3.1, zajišťují:

- sběr dat (procedury pro ovládání DAQ karet a externích multiplexerů a pro čtení digitalizovaných dat)
- řízení (procedury pro nastavení filtrů, zesílení a přepínačů na externích kartách)
- zpracování digitálních dat (provádění rychlé Fourierovy transformace (FFT), výpočet PSD, vzájemné PSD, koherenční funkce, spektra signálů ve fázi a spektra signálů v protifázi)
- komunikaci se systémovou úrovní TMDS
- volání uživatelských funkcí (konfigurování, řízení a monitorování činnosti **RVMS** uživatelem)

Pro analýzu signálů ve frekvenční oblasti je použit standardní algoritmus pro výpočet jednostranné výkonové spektrální hustoty podle vztahu

$$G(f) = \begin{cases} 2 \cdot S(f) & \text{pro } 0 < f < f_{NYQ} \\ S(f) & \text{pro } f = 0 \text{ nebo } f = f_{NYQ} \end{cases}, \quad (1)$$

kde f_{NYQ} je Nyquistova frekvence a $S(f)$ je oboustranná výkonová spektrální hustota určená vztahem

$$S(f) = \frac{1}{\Delta f} \cdot X(f) \cdot X^*(f), \quad \Delta f = \frac{f_{NYQ}}{N/2}, \quad (2)$$

přičemž N je počet frekvenčních čar v oboustranném spektru a $X(f)$ je výsledek algoritmu FFT diskrétně navzorkované časové řady (signálu) $x(t)$ podle známého výrazu pro diskrétní FT

$$X(f_k) = \sum_{j=0}^{N-1} x_j e^{2\pi i j k / N} \quad (3)$$

Měření jednotlivých signálů **RVMS** je možné spouštět buď automaticky, s definovanou periodou, nebo okamžitě přímým zásahem obsluhy.

Interpretace vyhodnocených dat

Základem monitorování **RVMS** jsou automatizovaně vypočtená spektra PSD periodicky měřených signálů. Frekvence špiček se automaticky vyhledají v uživatelem definovaných frekvenčních pásmech v aktuálně vypočítaném spektru (až 6 frekvenčních pásem) a jejich poloha i amplituda se porovná s hodnotami stanovenými pro příslušný signál snímače na počátku provozu bloku a s přípustnými odchylkami. Tyto charakteristiky jsou využívány pro generování varovných nebo alarmových hlášení v případě překročení zadaných dovolených odchylek.

Monitorování změny stavu komponent I.O. ETE pomocí **RVMS** se provádí přímo, sledováním polohy frekvence a amplitudy vybraných amplitudových špiček, přičemž stěžejní význam je nutno přikládat změně frekvence (mění-li se jen amplituda, jedná se patrně pouze o změnu velikosti budící síly).

Činnost **RVMS** nemusí být kontinuální neboť I.O. ETE lze považovat za pasivní konstrukci (tj. konstrukci bez pohybujících se částí), u které změna mechanických vlastností probíhá relativně pomalu, řádově týdny až měsíce. Je však velmi účelné vytvářet časové **trendy** sledovaných frekvenčních špiček. Právě z trendu lze zodpovědně posoudit, zda změna je nahodilou záležitostí anebo je důsledkem rozvíjející se poruchy.

Postup obsluhy **RVMS** by v případě alarmu generovaného překročením dovolených odchylek měl být následující:

- 1) na základě dalších informací z TMDS–SL a z provozních měření zjistit, zda se blok nachází v normálních provozních podmínkách
- 2) po opakovaných měřeních vyhodnotit, zda změna frekvence sledované amplitudové špičky vykazuje časový trend
- 3) v případě, že trend naznačí rozvíjející se poruchu, specifikovat možnou poruchu (bez možnosti ověření skutečného stavu!) a posoudit její závažnost

Pro úspěšné naplnění bodu 3) je nutné, aby k amplitudovým vrcholům sledovaným ve spektrech byla přiřazena komponenta, jež na dané frekvenci kmitá a aby byl popsán charakter jejího kmitání. Při dalším postupu je rovněž nezbytná spolupráce dalších kvalifikovaných osob (konstruktér, výpočtář, strojník I.O....).

Experimentální určení dynamických vlastností primárního okruhu

Správné hodnocení a interpretace případných změn ve spektrech signálů systému **RVMS** vyžaduje, aby byly předem identifikovány sledované vrcholy v jednotlivých spektrech. Pro tento účel bylo v průběhu spouštěcích prací na 1. a následně i na 2. bloku ETE provedeno měření základních dynamických vlastností I.O.

Experimentální program [1], jemuž předcházela dlouhodobá fáze metodické, projektové, konstrukční, montážní i obchodní přípravy, byl realizován pracovníky ŠKODA JS a.s. vždy v etapě horkých zkoušek I.O. V reaktoru příslušného bloku byly během těchto zkoušek zavedeny neaktivní imitátory palivových souborů.

Vzhledem ke specifice zařízení I.O. ETE, komplexnosti úkolu a sledovaným cílům sestával experimentální program pro 1. blok ETE ze tří odděleně realizovaných dílčích zkoušek, pro které byla použita rozdílná metodika měření i vyhodnocení. Jednalo se o následující zkoušky:

- měření na reaktoru a jeho vnitřních částech

- měření dynamických charakteristik jedné chladicí smyčky
- doplňkové měření na horním bloku reaktoru (HB)

Na 2. bloku ETE byl experimentální program již značně redukován a zahrnoval pouze měření na reaktoru a jeho vnitřních částech, rozšířené v etapě do 150°C o měření na jedné chladicí smyčce. Metodika měření a vyhodnocení byla obdobná jako metodika použitá pro 1. blok a zohledňovala poznatky získané při měření na 1. bloku.

Na obou blocích musela metodika měření vycházet z reálných možností měření na jaderném zařízení. Rozsah dočasné instrumentace byl limitován zejména konstrukčním řešením vývodů signálů, ale i časovými nároky na její instalaci během urychleného uvádění zařízení do zkušebního provozu.

Hlavním cílem provedených měření a jejich vyhodnocení bylo určení základních dynamických vlastností I.O. ETE ve frekvenční oblasti do 200 Hz, nezbytných pro nastavení provozního diagnostického systému **RVMS**. Základními dynamickými vlastnostmi rozumíme v daném případě nejnižší vlastní frekvence, jim odpovídající poměrné útlumy a odhady vlastních tvarů kmitání pro jednotlivé komponenty a konstrukční části I.O. při zachování vazeb na celý I.O.

Cílem měření bylo rovněž získání dat potřebných k verifikaci výpočtového modelu dynamických vlastností I.O. ETE. Matematický model byl vytvořen v etapě přípravy tohoto experimentálního programu a je součástí projektu. Po verifikaci bude matematický model jednak významným podpůrným nástrojem pro hodnocení a interpretaci změn ve spektrech měřených systémem **RVMS** a jednak bude představovat i základní prostředek pro věrohodné výpočtové analýzy dynamických vlastností I.O.

Metodika vyhodnocení dílčích experimentů a získané výsledky jsou shrnuty ve zprávě [2].

Měření na reaktoru a vnitřních částech

Cílem měření na tlakové nádobě (TNR) a vnitřních částech reaktoru (VČR) bylo:

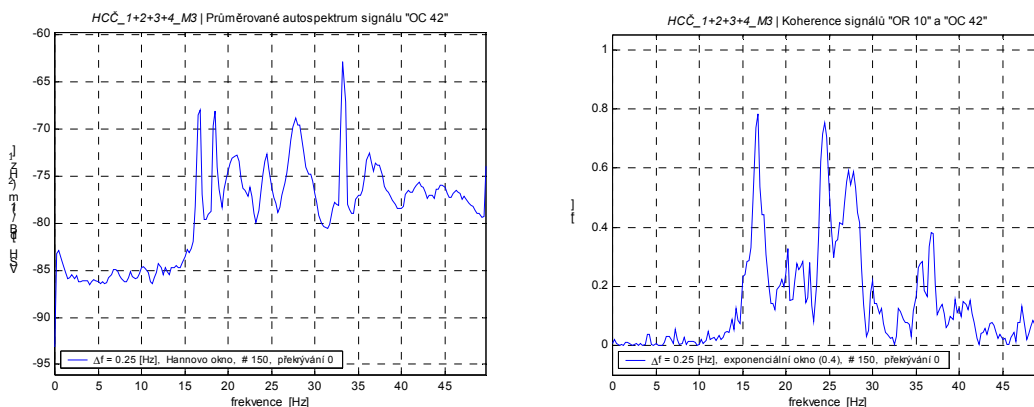
- experimentální zjištění vazby mezi signály akcelerometrů na víku TNR, jež tvoří část trvalé instrumentace **RVMS**, a signály snímačů instalovaných na VČR
- identifikace jednotlivých amplitudových vrcholů spekter snímačů zrychlení na víku TNR pro účely interpretace spekter šumových složek signálů XNN, které budou nositelem základní diagnostické informace ze systému **RVMS** při výkonném provozu reaktoru
- experimentální zjištění nejnižších vlastních frekvencí a odpovídajících tvarů kmitů základních konstrukčních částí reaktorové sestavy, tj. TNR, horního bloku (HB) a VČR, tvořených šachtou reaktoru (Š), blokem ochranných trub (BOT) a pláštěm aktivní zóny (PAZ) se zavezenými imitátory palivových souborů.

Jednotlivé konstrukční celky reaktoru byly dočasně osazeny snímači pro měření mechanických vibrací. Základ tvořily čtyři piezoelektrické akcelerometry (ACC) instalované na víku TNR, které se po skončení experimentu staly trvalou součástí **RVMS** (signály ACC_TNR). Ty byly doplněny třemi indukčními snímači relativního posuvu (ISP) pro sledování pohybu dna TNR ve všech třech souřadných osách. Horní blok byl

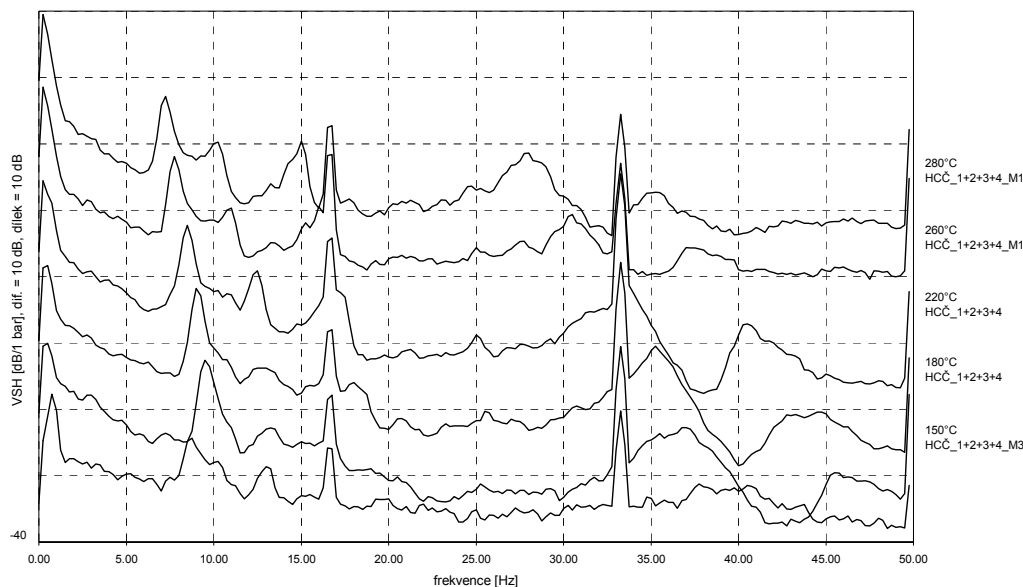
pro sledování pohybu v radiálním směru instrumentován ve dvou výškových úrovních dvojicemi ACC. Pro sledování pohybu VČR ve vertikálním směru bylo použito celkem šest ACC. Pohyb VČR v horizontálním směru byl sledován celkem dvanácti IPS. Rozmístění snímačů bylo shodné pro měření na obou blocích ETE.

Kromě signálů uvedené instrumentace byly přebírány i vybrané signály snímačů, dočasně instalovaných na VČR v rámci jiných spouštěcích programů – viz [3], [4].

Metodika měření na TNR a VČR spočívala v měření odezvy zařízení na provozní polyharmonické a náhodné buzení hydrodynamickými silami, vznikajícími v proudě chladiva při práci hlavních cirkulačních čerpadel (HCC). Měření byla opakovaně prováděna při různých úrovních teploty a tlaku chladiva a při různých počtech a kombinacích pracujících HCC jednak ve stacionárních režimech a jednak v přechodových stavech při zapnutí nebo vypnutí HCC.



Obr. 2 Ukázka vazby mezi signály snímačů na víku TNR a NV



Obr. 3 Vodopád spekter PSD signálů snímače tlakových pulzací

Vyhodnocení měření bylo provedeno ve frekvenční oblasti s využitím digitální FFT. Pro vytypované dvojice snímačů byly nalezeny oblasti s vysokou koherencí, ležící mimo evidentní oblasti vynuceného kmitání (tj. otáčková a lopatková frekvence HCC) – viz příklad na Obr. 2. V nalezených oblastech se, pro účely stanovení vazeb mezi signá-

ly snímačů zrychlení, umístěných na víku TNR a vibracemi VČR, analyzovaly vzájemné výkonové spektrální hustoty a dále, s cílem odhadnout **vlastní frekvence** a odpovídající **vlastní tvary kmitu**, byly vyšetřeny vzájemné fázové charakteristiky.

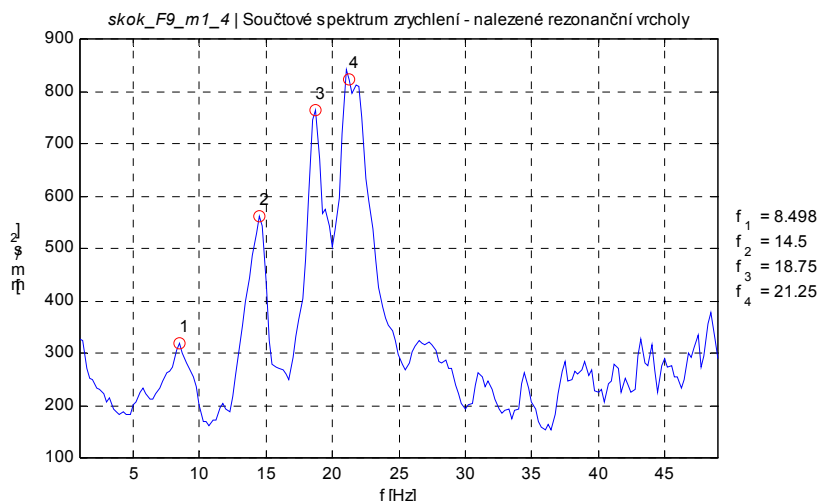
Akustické rezonance (stojaté vlnění sloupce chladiva) byly identifikovány ze sady měření signálu tlakových pulzací při různých teplotách chladiva, neboť frekvence akustické rezonance vykazují v závislosti na teplotě chladiva výrazný posun – viz Obr. 3.

Měření na chladicí smyčce

Cílem měření na jedné z chladicích smyček bylo experimentální stanovení jejich nejnižších vlastních frekvencí, poměrných útlumů a tvarů kmitu. Tyto informace slouží zejména jako vstupní data pro verifikaci výpočtového modelu dynamických vlastností smyčky.

Při měření na 1. bloku ETE byla smyčka buzena v klidovém stavu nenulovou počáteční výchylkou v různých místech a směrech na hlavním cirkulačním potrubí (HCP), a na hmotných komponentách, jako je parogenerátor (PG) nebo HCČ. Odezva byla snímána dočasně instalovanými snímači zrychlení (16 ks) a výchylky (9 ks). Vychylování smyčky bylo prováděno pomocí speciálního vychylovacího zařízení, umožňujícího vyvinout kontrolovanou sílu až 400 kN a výchylku až 10 mm. Měření bylo provedeno jednak pro projektové podmínky montáže I.O., při nichž byly ke smyčce připojeny viskózní tlumiče firmy GERB, a jednak (z metodických důvodů) i pro smyčku s odpojenými tlumiči.

Při realizaci experimentu na 2. bloku ETE byla chladicí smyčka osazena pouze akcelerometry (8 ks). Metodika měření na chladicí smyčce 2. bloku spočívala ve snímání odezvy na provozní buzení tlakovými rázy vznikajícími v proudu chladiva při rozběhu jednotlivých HCČ.



Obr. 4 Součtové spektrum

Hlavním cílem vyhodnocení měření bylo získání sady **vlastních frekvencí** chladicí smyčky. Základem vyhodnocení měření se stal výpočet komplexních Fourierových spekter z časových průběhů měřené odezvy a jejich zpracování do formy tzv. součtového spektra:

$$Sum|G_a(f)| = \sum_m |(2\pi f)^2 * G_{d,m}(f)| + \sum_n |G_{a,n}(f)|, \quad (4)$$

kde $G_d(f)$ je Fourierovo spektrum výchylky, $G_a(f)$ je Fourierovo spektrum zrychlení, m je počet měřených signálů výchylky a n signálů zrychlení.

V součtových spektrech byly nalezeny výrazné rezonanční frekvence a pro ně byl proveden odhad **vlastních tvarů kmitání** na základě určení velikosti modulu a fáze z Fourierova spektra signálů jednotlivých snímačů.

Příklad součtového spektra je uveden na Obr. 4. V tomto spektru byla například frekvence f_2 identifikována jako vlastní frekvence kmitání HCČ ve vertikálním směru.

Poměrné útlumy pro rezonanční frekvence se odhadovaly z časových průběhů signálů metodou logaritmického dekrementu.

Měření na horním bloku reaktoru

Měření na horním bloku (HB) mělo doplňkový charakter a bylo provedeno pouze na 1. bloku ETE. Bylo motivováno především skutečností, že HB je, vzhledem ke své relativní konstrukční samostatnosti kompaktnosti a dostupnosti, komponentou reaktoru ideální pro aplikaci experimentální modální analýzy (EMA). Jejím výsledkem je sada vlastních frekvencí a odpovídajících poměrných útlumů a odhadů vlastních tvarů kmitu.

Měřicí a vyhodnocovací systém

Pro experiment na obou blocích (s výjimkou experimentální modální analýzy provedené na HB) bylo použito speciálně vyvinuté měřicí zařízení na bázi PC, které umožňovalo současné vzorkování až 48 dynamických napěťových signálů a jejich archivaci v digitální formě.

Programový systém pro účely zpracování a vyhodnocení naměřených dat byl vytvořen v prostředí programovacího jazyka MATLAB 5.3.

Nastavení parametrů *RVMS* s využitím výsledků experimentu

Uživatel *RVMS* může modifikací konfiguračních souborů nadefinovat pro každé vypočtené spektrum až 6 frekvenčních pásem, ve kterých se po každém měření automaticky vyhledávají frekvence a hodnoty amplitudových špiček. V případě překročení zadaných limitů ať pro frekvenci nebo hodnotu maxima, *RVMS* generuje varovná nebo alarmová hlášení jak na úrovni *RVMS*, tak i na TMDS-SL.

Počáteční nastavení *RVMS* pro zkušební provoz 1. bloku ETE, zajišťované pracovníky ŠKODA JS a.s., není dosud (tj. březen 2002) zcela dokončeno a proto je možné pouze naznačit posloupnost prováděných kroků:

- 1) Při nominálním režimu reaktoru se, za předpokladu bezvadného technického stavu zařízení, provede na počátku provozu bloku „referenční“ měření.
- 2) Vlastní tvary kmitu komponent I.O., které jsou výsledkem experimentů zaměřených na zjištění dynamických vlastností I.O., se přiřadí amplitudovým špičkám ve spektrech PSD vypočtených při „referenčním“ měření.
- 3) V konfiguračních souborech *RVMS* se pro sledované vrcholy nastaví frekvenční pásma pro hledání frekvencí a hodnot amplitudových špiček a limity při

jejichž překročení jsou generována varovná a alarmová hlášení. Za sledované se vyberou zejména takové vrcholy, ke kterým byl přiřazen identifikovaný vlastní tvar komponent I.O.

Přijatá koncepce počátečního nastavení **RVMS** preferuje zadání, pokud možno, co největšího počtu frekvenčních pásem a zadání přísnějších limitů s tím, že teprve po vyhodnocení opakovaných měření **RVMS**, provedených v období několika týdnů, lze provést první selekci a snížení počtu zadaných frekvenčních pásem i úpravu limitů.

Závěr

Na obou blocích ETE je instalován funkční a vyzkoušený diagnostický subsystém sledování vibrací komponent primárního okruhu **RVMS**.

Na obou blocích ETE se podařilo realizovat rozsáhlý a náročný experiment zaměřený na identifikaci dynamických vlastností chladicí smyčky, reaktoru a jeho vnitřních částí. Vyhodnocením dat naměřených na 1. bloku ETE byly určeny nejnižší vlastní tvary kmitání a jim odpovídající hodnoty vlastních frekvencí a poměrných útlumů komponent primárního okruhu ETE.

V současné době (tj. březen 2002) probíhá na 1. bloku ETE nastavení parametrů **RVMS** a přiřazení identifikovaných vlastních tvarů kmitů komponent I.O. sledovaným amplitudovým vrcholům a jejich frekvencím na základě identifikovaných dynamických vlastností komponent I.O. Toto přiřazení je však nutné považovat za první přiblížení a odhad reálného stavu. Další zpřesnění, případně změny bude možné zadat až na základě výsledků provozování diagnostického subsystému **RVMS** v období až několika kampaní ETE. Teprve dlouhodobým, průběžným a kvalifikovaným hodnocením změn v trendech sledovaných parametrů a jejich konfrontací se známými změnami stavu I.O. lze získat dostatek podkladů pro konečné nastavení parametrů subsystému, odrážejících reálný stav a umožňujících jeho efektivní a účinné provozování.

Príspevok vznikl za podpory GA ČR, v rámci řešení grantového projektu číslo 101/00/0345 – "Dynamická analýza a optimalizace uložení komponent a potrubních systémů energetických soustav s vazkými tlumiči".

Literatura

- [1] Tanzer M. – Smolík J. – Macák P.: *Program P090. Měření základních dynamických charakteristik primárního okruhu*, zpráva ŠKODA JS a.s., Ae 8 672/Dok, Plzeň, červen 1998
- [2] Tanzer M. – Smolík J. – Macák P.: *Program P090. Měření základních dynamických charakteristik primárního okruhu, Závěrečná zpráva, 1., 2. a 3. část*, zpráva ŠKODA JS a.s., Ae 10 397/Dok, Plzeň, září 2001
- [3] Kuželka V. – Cigler L. – a kol.: *Program P097/VČR, DS. Závěrečná zpráva o měření dynamických namáhání, vibrací a pulzací tlaku chladiva na vnitřních částech, kazetě a držácích schránek svědečných vzorků reaktoru 1. bloku ETE*, zpráva VIDIA-C s.r.o. PRAHA, č. VDC 00–101, Praha, červen 2000
- [4] Floryán J. – Vejvoda St.: *Realizace programu P097/PG, KO, BN, Dílčí část - vyhodnocení dynamických měření*, zpráva ÚAM Brno, s.r.o., č. 2940/00, Brno, srpen 2000

- [5] *Temelín Monitoring and Diagnostic System – Reactor Vibration Monitoring System, Operations and Maintenance Manual*, TEM-TMDS-050, Revision 1, Westinghouse, February 2000