

# Monitorovanie technického stavu, ochrana a vibrodiagnostika významných rotačných strojov prevádzkovaných v CMEPS

Základné princípy monitorovania technického stavu a vibrodiagnostiky v CM European Power Slovakia s.r.o, (CMEPS) na území SLOVNAFT, a.s., v Bratislave spočívajú v dôslednom a správnom meraní a analýze mechanického kmitania strojov a konštrukcií v priemyselnom alebo v laboratórnom prostredí. Vibrodiagnostiku je možné stručne porovnávať s tzv. EKG vyšetrením ľudského tela v zdravotníctve, aj keď vibrodiagnostika meria a analyzuje iný fyzikálny faktor a samozrejme aplikujú sa aj iné metódy merania a analýzy. Ciele sú však spoločné, v prípade EKG je určiť zdravotný stav človeka najmä srdca ako motora ľudského tela (bez chirurgického zásahu) a v prípade vibrodiagnostiky je to určenie technického stavu strojov vrátane rôznych pohonov bez odstavenia stroja z prevádzky a bez demontáže. Exaktnější opis základov vibrodiagnostiky je v tvrdení, že vibrodiagnostika je dôsledná a algoritmovaná analýza zmien dynamických vlastností strojov resp. častí strojov.

Je dôležité však zdôrazniť podstatu a ciele vibrodiagnostiky a monitorovania technického stavu strojov. Podstata monitorovania technického stavu strojov je v meraní charakteristických hodnôt mechanického kmitania a v súčasnom porovnaní výsledkov merania s kritériálnymi - limitnými hodnotami určenými technickými normami, výrobcom stroja alebo na základe dlhodobého pozorovania technického stavu sledovaného stroja. Monitorovanie je spravidla zamerané na určenie okamžitého technického stavu, ale nie je zamerané na určenie príčin, ktoré vyvolávajú zmeny v dynamických vlastnostiach strojov resp. zmeny technického stavu. Monitorovanie technického stavu je určené najmä na ochranu a bezpečnosť strojov alebo prevádzkových prostriedkov. Prístroje a systémy určené na monitorovanie technického stavu umožňujú posudzovať technický stav stroja a v prípade havarijného stavu varovať alebo automaticky vypnúť monitorované stroje. Vzhľadom na vážnosť takého rozhodovania monitorovacie systémy majú byť vyrábané, inštalované a prevádzkované v súlade s odporúčaniami technických štandardov t.j. technických noriem. Okrem ochrany majetku resp. technických prostriedkov je dôležité si uvedomiť, že často sa jedná aj o ochranu zdravia a životov ľudí. V prípade, že havária alebo vážne poškodenie strojov spôsobí úraz s trvalým následkami alebo smrťou človeka, nedodržanie odporúčaní technických noriem môže mať aj trestno-právny aspekt. Odporúčania týkajúce sa spôsobu merania a miesta uloženia - inštalácie snímačov ako aj kritérií hodnotenia technického stavu sú zakotvené v technických normách, najmä ISO, ktoré spravidla majú dlhodobú platnosť.

Z hľadiska dôslednej ochrany rotačných strojov projektu „SN EDISON – Thermal Power Plant Re-vamp“ realizovaný investorom CMEPS boli uplatnené najmä odporúčania nasledujúcich noriem:

- Mechanické kmitanie na nerotujúcich častiach
  - STN ISO 10816: Mechanické kmitanie – Hodnotenie kmitania strojov meraním na nerotujúcich častiach
    - Časť 1 - Všeobecné pokyny

- Časť 2 - Veľké stacionárne parné turbogenerátory s výkonom nad 50 MW
- Časť 3 - Priemyselné stroje s menovitým výkonom nad 15 kW a menovitými otáčkami od 120 min<sup>-1</sup> do 15 000 min<sup>-1</sup> pri meraní v mieste trvalého uloženia
- STN ISO 2954: Mechanické kmitanie strojových zariadení s rotačným a vratným pohybom – Požiadavky na prístroje na meranie mohutnosti kmitania
- Mechanické kmitanie na rotujúcich hriadeľoch:
  - STN ISO 10816: Mechanické kmitanie strojov s nevrátnym pohybom - Meranie na rotujúcich hriadeľoch a kritéria hodnotenia
    - Časť 1 - Všeobecné pokyny
    - Časť 2 - Veľké stacionárne parné turbogenerátory
    - Časť 3 - Spojené priemyselné stroje (agregáty)

Na monitorovanie technického stavu, ochranu a vibrodiagnostiku rotačných strojov sa využil kombinovaný zabezpečovací a vibrodiagnostický systém, spriahnutý s trvalo nainštalovanými snímačmi, určený na prevádzkovanie v priemyselnom prostredí tzv. integrovaný on-line systém Compass™ (COMputerized Prediction Analysis & Safety System - Počítačom podporovaný bezpečnostný a vibrodiagnostický systém) firmy Brüel & Kjaer Vibro A/S, SRN - Dánsko. Systém má stavebnicový charakter a možno ho rozširovať vertikálne ako aj horizontálne. Je optimálnym a spoľahlivým riešením pre celozávodné monitorovanie výrobných strojov.

SLOVNAFT, a.s., už viac ako 15 rokov využíva systém Compass™ na ochranu a vibrodiagnostiku troch existujúcich turbogenerátorov prevádzkovaných v rámci teplárne. V roku 2010 bolo rozhodnuté, že existujúci systém bude rozšírený na monitorovanie technického stavu, ochranu a vibrodiagnostiku nového 60 MW turbogenerátora (výrobca ŠKODA POWER), 2 ks kondenzačných čerpadiel, 4 ks vzduchových ventilátorov



Na monitorovanie technického stavu, ochranu a vibrodiagnostiku rotačných strojov sa využil kombinovaný zabezpečovací a vibrodiagnostický systém Compass™

## B & K s. r. o., Bratislava Významná podpora výroby elektrickej a tepelnej energie

Dodávka ucelených vibrodiagnostických a bezpečnostných monitorovacích systémov „na kľúč“. Diagnostika, vyvažovanie a ustavenie rotačných strojov, servisné zmluvy.



ISO 9001  
ISO 14001



**Brüel & Kjær Vibro**

**Bezpečnostné a vibrodiagnostické systémy** pre energetiku, plynárenstvo, chémiu, petrochémiu, hutníctvo, cementárne, papierenský priemysel ako aj pre rôzne iné aplikácie.

**Bezkontaktné snímače** hriadeľového kmitania a posuvu, absolútne snímače zrýchlenia a rýchlosti ako aj bezkontaktné snímače otáčok.



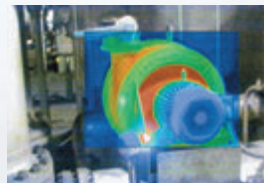
**Brüel & Kjær**

**Prístroje na meranie hluku a vibrácií** v životnom a pracovnom prostredí.

**Meracie mikrofóny a snímače vibrácií**  
**Systémy na modálnu analýzu**

**Univerzálny systém Pulse na riešenie zložitých vibrodiagnostických úloh**

**Elektrodynamické budiče** a systémy pre vibračné skúšky.



**FLUKE**

**Termokamery** pre zistenie porúch rotačných strojov, elektrických rozvodov a budov.

**Priemyselné scopmetre** (osciloskopy).

**Preносné prístroje** na diagnostiku strojov so zabudovanou bázou znalosti.



**FIXTUR LASER**

**Ďalej Vám ponúkame** široký sortiment prenosných prístrojov na pochádzkovú vibrodiagnostiku strojov, statické a dynamické vyvažovanie rotorov ako aj špičkové prístroje na nastavenie, súosovosti horizontálnych a vertikálnych rotorov (tzv. ustavenie strojov).



B & K s. r. o., Bratislava – Palisády 20, 811 06 Bratislava, tel.: 02 / 5443 0701, fax: 02 / 5443 0692, bruel@chello.sk – [www.bruel.sk](http://www.bruel.sk)

**AFPower**agency

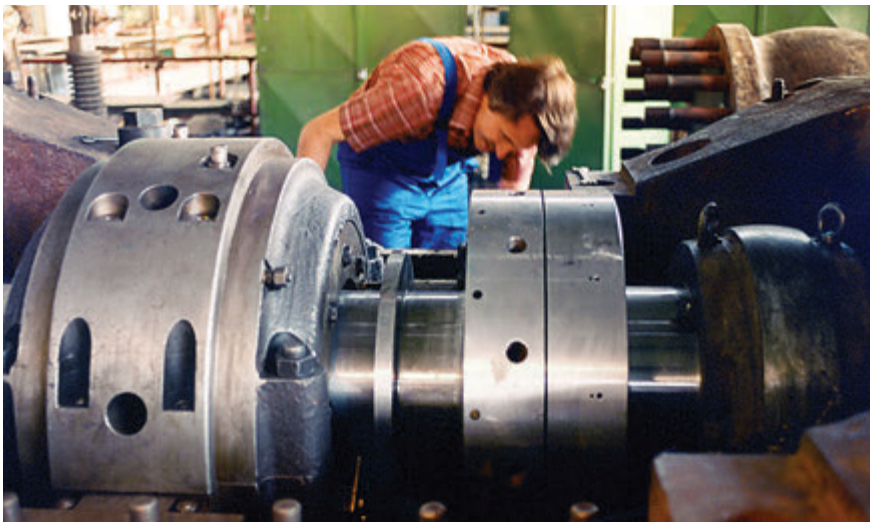
...podporujeme energetické strojírenství!



[www.afpower.cz](http://www.afpower.cz)

Kontakt: AF POWER agency, a. s., Thámová 18, 186 00 Praha 8





Montáž a nastavenie snímačov určených na meranie kmitania a posuvov na rotačných častiach turbogenerátora je súčasťou dodávky „na kľúč“

kotolní (výrobca SIROCCO) a desiatich významných strojov prevádzky odsírenia spalín (FGD, 6 ks recirkulačných čerpadiel, 2 ks centrifúg pre sadrovcové silo, 2 ks ventilátorov pre absorbér). Hlavným projektantom a dodávateľom nového turbogenerátora s podporným zariadením a dvoch kotlov K4 a K5 boli SES a.s., Tlmače. Nová prevádzka odsírenia spalín bola projektovaná firmou Andritz Energy & Environment GmbH.

Celkovú topológiu systému Compass™ možno charakterizovať tým, že na čele systému je výkonný počítač v úlohe servera, ktorý poskytuje zber a vizualizáciu nameraných údajov, archiváciu údajov a nastavenie meraní a riadiacich parametrov. Na dlhodobé ukladanie nameraných údajov slúži databázový systém Oracle. Databáza má schopnosť ukladať spoľahlivo údaje až po dobu 30 rokov použitím špeciálneho archivačného algoritmu. Svetoznámy denník Financial Times zverejnil informáciu, že 17 z 20 najväčších svetových bánk používa

aplikácie Oracle, čo je významným dôkazom o mioriadnej spoľahlivosti uvedeného databázového systému. Samotné merania údajov kmitania a polôh sú vykonané v distribuovaných vibračných monitoroch (VM), rozmiestnených v blízkosti monitorovaných strojov a pripojených prostredníctvom LAN na centrálny server (CVM - Central Vibration Monitor). Vibračný monitor je tiež modulárny a umožňuje nasledujúce merania a analýzy mechanického kmitania:

- efektívnu hodnotu - RMS (s voliteľnou pásmovou filtráciou BP, krokom 1 Hz, napr. mohutnosť kmitania podľa platnej štátnej normy v SR, alebo s dolnopásmovou priepustou LP);
- rozkmit („špička /špička“), alebo výkmit „špička“, (s voliteľnou pásmovou filtráciou BP, alebo dolnopásmovou priepustou LP krokom 1 Hz);
- vektorovú analýzu s rôznymi možnosťami zobrazovania

- orbitálnu analýzu s voliteľnými možnosťami filtrácie (synchronizovaná a nesynchronizovaná)
- frekvenčnú analýzu, (70, 23 a 6 %) s konštantnou relatívnou šírkou pásma CPB, alebo FFT do max. 40 kHz, pričom na celom frekvenčnom intervale je možné dosiahnuť frekvenčné rozlíšenie 0,025 Hz, analýzu rádo

Okrem uvedených funkcií má monitor 4 druhy reléových výstupov, ktoré môžu spínať pri zmene prevádzkového režimu, pri prekročení varovnej (žltej) resp. havarijnej (červenej) hladiny ako aj pri automatickej blokáde sledovaných strojov. Všetky vstupné analógové signály zo snímačov sú trvale k dispozícii na čelnej strane vibračného monitora (BNC konektory).

Okrem ochrany podľa odporúčania technických noriem, metódami vibračnej diagnostiky poskytovanými systémom Compass™ je možné sledovať a odhaliť široký okruh problémov spôsobených najmä:

- zmenami vyváženosťi rotačných častí,
- zmenami ustavenia,
- opotrebením alebo poškodením valivých ložísk,
- opotrebením alebo poškodením klzných ložísk,
- závadami ozubených prevodov,
- trhlinami v dôležitých komponentoch,
- prechodovými dejmi počas prevádzky,
- narušením prúdenia kvapaliny v hydraulických strojoch,
- zmenami elektromagnetických podmienok u elektrických strojov,
- zadieraním,
- mechanickým uvoľnením.

**Ing. Peter Tirinda, CSc.,  
B & K s.r.o.,  
bruel@chello.sk**

#### **Monitoring of the technical status, protection and vibrodiagnostics of key rotary machines operated in CMEPS**

Basic principles for monitoring the technical condition and vibrodiagnostics in CM European Power Slovakia s.r.o. (CMEPS) in SLOVNAFT, a.s., in Bratislava are based on consistent and correct measurement and the analysis of the mechanical oscillation of machines and constructions in an industrial or laboratory environment. Vibrodiagnostics can be briefly compared with the EKG examination of the human body even if the vibrodiagnostics measure and analyze another physical factor and, of course, other methods and analyses are applied. However, the objectives are the same: in the case of an EKG then it is to state the health condition, in particular the heart as the engine of the human body (without surgical intervention), and in the case of vibrodiagnostics, it is to state the technical conditions of the machines, including various drives without disconnecting the machine from operation and without dismantling. A more exact description of the foundations of vibrodiagnostics is the statement that vibrodiagnostics are a consistent and algorithmized analysis of the changes to the dynamic properties of machines or parts of.

#### **Контроль за техническим состоянием, защита и вибродиагностика важных узлов ротационного оборудования в CMEPS**

Основные принципы мониторинга технического состояния и диагностика в «CM European Power Slovakia s.r.o.», (CMEPS) на территории завода «SLOVNAFT, a.s.» в Bratislave, состоит в тщательной и правильной оценке и анализе механических колебаний машин и сооружений в промышленной и в лабораторной среде. Вибрационную диагностику можно сравнить с ЭКГ-обследованием человеческого организма в медицине, не смотря на то, что вибродиагностика измеряет и анализирует иные физические величины и факторы и, конечно, применяет другие методы измерений и анализа. Цели, однако, общие, в случае ЭКГ – определить состояние здоровья человека, в особенности сердца, как «мотора» человеческого организма (без хирургического вмешательства), а в случае вибродиагностики – определить техническое состояние машин, в том числе различных его узлов, без демонтажа и без вывода из эксплуатации. Более точное описание основ вибродиагностики – утверждение, что вибродиагностика – это строгий последовательный алгоритмический анализ изменений в динамических свойствах машин или в отдельных узлах этих машин.