

Název veřejné zakázky:

Dodávka systému pro měření a vyhodnocování vibračních měření

Odůvodnění vymezení technických podmínek podle § 156 odst. 1 písm. c) zákona č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách

Technická podmínka:

Technické parametry měřicího systému s aplikací pro rotorovou dynamiku
Technické požadavky na hardware

- přenosný analyzátor s maximálními rozměry (včetně brašny) příručního zavazadla v letecké dopravě, minimálně 16 vstupních měřících kanálů s rozlišením převodníků 24 bitů a frekvenčním rozsahem minimálně 40 kHz, synchronní vzorkování všech signálů, antialiasingový filtr, hornopropustný filtr
- vstupní napěťový rozsah 40 Volt (+/-20V) pro minimálně 16 kanálů,
- minimálně 2 vstupní kanály pro referenční otáčkový signál vzorkovaný samostatně vyšší frekvencí min. 100 kHz
- minimálně 1 výstupní kanál pro generátor signálů
- vstupní konektory BNC pro připojení signálů
- podpora napájení pro IEPE snímače a podpora TEDS snímačů
- komunikace s PC po LAN
- možnost nahrávání surových dat na disk

Technické požadavky na software

- základní sada pro analýzu signálu: FFT analýza, CPB oktávová analýza, řádová analýza a obálková demodulační analýza pro valivá ložiska, analýzy nesmí být omezeny počtem kanálů, tj. pro všechny měřící kanály
- generátor signálu minimálně s funkcemi: sinus, rozmítaný sinus, random pro buzení při modálních zkouškách
- nahrávání surových dat a následná analýza, nebo export dat do obvyklého formátu – WAV nebo ASCII nebo UFF
- rozlišení frekvenčních spekter min. 6400 čar, min. funkce pro autospektra, crosspektra, frekvenční přenosové funkce pro modální zkoušky
- možnost ukládání měřených dat do bufferu podle časového a otáčkového kritéria současně
- spouštění měření a ukládání dat (triggerovani) minimálně dle podmínky času, otáček

Odůvodnění

Odůvodnění všech technických podmínek zakázky, které jsou uvedeny v identifikačním listem, viz příložený vzor odůvodnění.

Odůvodnění:

- Frekvenční rozsah měření 40 kHz je zvolen vzhledem k parametrům vibračních snímačů, které mají rozsah 10 kHz.

Vysvětlení frekvenčního rozsahu lze nalézt například v na základním rozsahu lidského ucha 20 Hz až 20 kHz. Vibrace obvykle způsobují i hluk, proto jsou dnešní přístroje schopny analyzovat signály z vibračních i akustických snímačů.

Zvolený frekvenční rozsah je také nutný při měření vysokootáčkových strojů, kdy násobky základní frekvence dosahují řádů kHz. Požadavky na frekvenční filtry souvisí s nutným základním zpracováním signálu před samotnou digitalizací.

- Vstupní napěťový rozsah 40Volt (+20 Volt) je nutný při použití bezdotykových snímačů dráhy, které poskytují signál se stejnosměrnou složkou do 20 Volt
- Vyšší vzorkovací frekvence pro snímání referenčního signálu je požadována pro přesné měření fáze signálů vysokootáčkových strojů. Signál otáček není harmonický signál a pro jeho kvalitní digitalizaci je nezbytná vyšší frekvence vzorkování než u signálu vibrací

Technické parametry vybavení měřicího analyzátoru k provedení a vyhodnocení jak standardních vibračních měření tak zejména měření zaměřené na rotordynamiku.

Požadované hardwarové parametry přístroje byly voleny s ohledem na dnešní měřící techniku. Samozřejmostí je 24 bitové rozlišení převodníků, vybavení pro zpracování vstupního elektrického signálu – antialiasingový filtr, hornopropustný filtr, napájení zesilovače pro snímače IEPE a čtení dat z databáze snímače TEDS. Vstupní napěťový rozsah 20 Volt je zvolen pro měření s plánovanými snímači dráhy, které měří v rozsahu 0;-20 Volt. Frekvenční rozsah 40 kHz je požadován pro zajištění kvalitního vzorkování signálů.

Požadavky na software jsou zvoleny s přihlédnutím k plánovanému použití v oblasti rotorové dynamiky. Požadovány jsou zejména grafické zobrazovací možnosti softwaru pro zobrazení specifických grafů používaných v oboru rotorové dynamiky, které v řadě softwarů chybí. Grafy s dráhou středu hřídele, amplitudo-fázové charakteristiky, trendy, spektra a full spektra, polární (Nyquist) diagramy, grafy orbity, přehledová tabulka hodnot signálů, vše s možností zobrazení datových značek přímo v grafu jsou navrženy s ohledem na nástroje v této oblasti.

Zpracování Furierovou, řádovou a oktávovou analýzou je nutný základ pro zpracování vibračních a akustických signálů rotačních strojů. Exportní formáty dat jsou standardní formáty používané k přenosu dat do dalších softwarů pro vizualizaci, výpočty apod.

- softwarový modul pro vibrační diagnostiku rotačních strojů s předdefinovanými grafy
- možnost nastavení referenčních hodnot měřených signálů pro kompenzaci RUNOUTu vektorově i v časové oblasti
- možnost nastavení referenční hodnoty stejnosměrné složky signálu – GAP reference
- možnost nastavení úhlové orientace umístění snímačů
- přehledová tabulka měřených hodnot signálů s celkovou úrovní a pro zvolené harmonické složky
- zobrazení orbity filtrované i nefiltrované
- zobrazení polárních diagramů se zobrazením otáčkových značek přímo v grafu
- zobrazení grafu trendu měřených hodnot v závislosti na čase
- zobrazení spekter a full spekter
- zobrazení kaskádových diagramů
- zobrazení amplitudo-fázových charakteristik tzv. Bode diagramů
- zobrazení grafů s dráhou středu hřídele se zobrazením otáčkových značek v grafu

Technické parametry pro kompaktní měřicí systém

Technické požadavky na hardware

- minimálně 8 vstupních kanálů
- minimálně 1 výstupní kanál jako funkční generátor signálů
- rozlišení převodníků 24 bitů s frekvenčním rozsahem minimálně 25 kHz, synchronní vzorkování všech signálů, antialiasingový filtr, hornopropustný filtr
- vstupní napěťový rozsah minimálně 10 Volt
- vstupní konektory pro připojení snímačů typ BNC
- podpora napájení pro IEPE snímače a podpora TEDS snímačů
- vzájemná komunikace s PC po LAN nebo USB
- provoz na baterie
- Provedení analyzátorů musí být robustní a odolné, aby bez problémů umožňovaly měření za ztížených podmínek (např. venkovní měření, měření v technickém provozu).

Technické požadavky na software

- minimálně FFT (Furierova), Oktávová a Řádová analýza signálů pro minimálně stejný počet kanálů jako je počet vstupních kanálů hardwaru
- minimální počet čar 6400, funkce crosspekter pro určení fáze signálu při měření provozních tvarů kmitu

Odůvodnění:

Technické parametry vybavení měřicího analyzátoru k provedení a vyhodnocení standardní měření a k provedení modálních analýz konstrukcí. Požadována je především velká mobilita systému.

Požadované vlastnosti HW jsou zvoleny pro zajištění kvalitního zpracování vstupního elektrického signálu ze snímačů. Bitové rozlišení převodníků (24 bitů), filtry, frekvenční (25 kHz) a amplitudový rozsah (10 Volt) jsou požadovány v návaznosti na vlastnosti a možnosti dnešních kvalitních snímačů vibrací a hluku a jsou tedy nutné pro jejich obsluhu.

Vlastnosti softwaru definují typy analýz pro zpracování signálů a jejich převod z časové do frekvenční oblasti. Jejich specifikace je nutná zejména kvůli rozdílné licenční politice jednotlivých výrobců, proto jsou požadovány všechny funkce pro všechny kanály.

Hodnoty frekvenčního rozsahu 25 kHz, vstupního napěťového rozsahu 10 Volt jsou voleny v návaznosti na vlastnosti vibračních a akustických snímačů, které měří v rozsahu do 10 kHz (vibrace) a 20 kHz (hluk).

Frekvenční rozsah souvisí s oborem hluku a vibrací, kdy se problematika řeší zejména v rozsahu vnímání hluku a vibrací do 20 kHz.

- záznam surových časových dat
- měření otáček stroje

Technické parametry na dodávku snímačů

Technické požadavky na snímače vč. příslušenství

- **jednoosý akcelerometr IEPE s TEDS – 10 ks**
citlivost 10 mV/g, rozsah 500 g/ do 10 kHz, materiál titan, stranový konektor 10-32UNF, možnost připevnění na závit, elektricky izolovaná báze, hermeticky těsný, váha do 10 gramů
- **jednoosý akcelerometr IEPE s TEDS – 5 ks**
citlivost 100 mV/g, rozsah 50 g/ do 10 kHz, materiál titan, stranový konektor 10-32UNF, možnost připevnění na závit, elektricky izolovaná báze, hermeticky těsný, váha do 10 gramů
- **připojovací kabely pro jednoosé akcelerometry – 15 ks**
stíněný kabel, délka 5 metrů, teplota do 90 °C, konektory 10-32UNF a BNC
- **tříosý akcelerometr IEPE s TEDS – 4 ks**
citlivost 100 mV/g, rozsah 50 g/ do 10 kHz, materiál titan, stranový konektor ¼-28UNF, možnost připevnění na závit, hermeticky těsný, váha do 10 gramů
- **tříosý akcelerometr IEPE s TEDS – 2 ks**
citlivost 10 mV/g, rozsah 500 g/ do 10 kHz, materiál titan, stranový konektor ¼-28UNF, možnost připevnění na závit, hermeticky těsný, váha do 10 gramů
- **připojovací kabely pro tříosé akcelerometry – 6 ks**
stíněný kabel, délka 5 metrů, teplota do 90 °C, konektory ¼-28UNF a 3x BNC
- **magnety pro připevnění snímačů – 5 a 5 ks**
5x magnet se závitem pro jednoosé snímače a 5x magnet se závitem pro tříosé snímače
- **vosk pro připevnění snímačů – 10 ks**
včelí vosk pro dočasné lepení snímačů
- **jednoosý akcelerometr IEPE pro měření rázů - 1 ks**
citlivost 0,1 mV/g, rozsah 50 000 g/1Hz-20 kHz, materiál titan, vrchní konektor 10-32UNF, připevnění na závit, hermeticky těsný, váha do 8 gramů

Odůvodnění:

Technické parametry specifikují typy snímačů vibrací, jejich měřicí rozsah a citlivost. Dále pak specifikují příslušenství, jako jsou propojovací kabely, otáčkové sondy, magnetické stojánky pro upnutí. Požadované vlastnosti snímačů jsou definovány jejich elektrickými a mechanickými vlastnostmi. Elektrické vlastnosti jako citlivost snímače, což je kalibrační konstanta mezi výstupním elektrickým napětím a měřenou veličinou, amplitudový a frekvenční rozsah snímače jsou nezbytně nutné k definování vlastností snímače. Požadavky na mechanické provedení, typy konektorů jsou pro zajištění vzájemné kompatibility. Rozsah, provedení a typ snímačů byly voleny tak, aby byl splněn plánovaný velký rozsah použití od měření malých konstrukcí, modálních analýz, přes střední rozsah frekvencí a amplitud po snímače na pádové zkoušky a nárazové testy. Ke snímačům je požadováno příslušenství nutné pro jejich použití, jde o kabeláž, připevňovací vybavení (magnety, vosky), propojovací kabelové spojky apod.

Pro specifikaci snímače je nutné uvést jeho základní elektrické a mechanické vlastnosti

Základním elektrickým parametrem je jeho citlivost, což je kalibrační konstanta, která uvádí převod mezi měřenou fyzikální veličinou a hodnotu výstupního elektrického napětí – volty/zrychlení konkrétně citlivost např. 10 mV/g znamená, že při měřeném zrychlení 1g (9,81 m*s⁻²) bude snímač poskytovat elektrický signál o amplitudě 10 mV (0,01 Volt).

Kalibrační konstantou je zároveň definován amplitudový limit měření – rozsah snímače např. 500 g (4 900 m*s⁻²).

Rozsah měření v oboru vibrací nelze zvládnout snímači pouze s jednou citlivostí, proto jsou požadovány citlivosti 10 mV/g a 100 mV/g a 0,1 mV/g.

Mechanické požadavky specifikují maximální váhu snímače, materiál pouzdra a hermeticky těsné provedení. Váha snímače je důležitý faktor zejména při modálních analýzách málo tlumených, subtilních konstrukcí, kdy vlivem přidané hmoty snímače dochází k ovlivnění dynamických vlastností konstrukce.

Příslušenství specifikuje doplňky pro připevnění snímačů na konstrukci pomocí lepení voskem, magnetem, nebo jsou šroubovým spojem.

- **jednoosý akcelerometr piezorezistivní s DC odezvou - 1 ks**
citlivost 4 mV/g, rozsah 500 g/0Hz-min 1500 Hz, , otvory pro uchycení šrouby, váha do 12 gramů
- **½" předpolarizovaný mikrofon se zesilovačem IEPE s TEDS – 1ks**
citlivost 31 mV/Pa, rozsah do 140 dB/10Hz-12,5 kHz, konektor BNC
- **laserová otáčková sonda s IEPE napájením - 2 ks**
rozsah měření min. 100 000 ot/min, spojitý laserový paprsek pro přesné měření, , připojovací kabely
- **bezdotykový snímač dráhy na principu vířivých proudů s integrovaným oscilátorem - 4 ks**
citlivost 8mV/μm, rozsah do 2 mm / do 10 kHz, integrovaný oscilátor ve snímači, připojovací kabely
- **piezoelektrický snímač síly s IEPE pro modální zkoušky - 1 ks**
citlivost 0,2 mV/N, rozsah 22 kN, váha snímače maximálně 50 gramů, konektor se závitem 10-32UNF
- **velké modální kladivo o váze 1,5 kg**
citlivost 0,2 mV/N, rozsah 20 kN, snímač síly s IEPE napájením, konektor BNC
- **propojovací kabely s konektory BNC/M na obou koncích, 30 ks**
kabel stíněný s odolností do 80 °C, délky 2, 5 a 10 metrů, množství 3 x 10 ks, kabely jednotlivých délek s barevným označením, BNC konektory značky Rosenberger 75 Ohm
- **propojovací kabely vícežilové s konektory BNC/M na obou koncích 4ks**
samostatné stínění pro každý vodič, barevné označení jednotlivých vodičů, délka kabelů 10 metrů, množství 4x 10 metrů, BNC konektory značky Rosenberger 75 Ohm
- **BNC spojky k propojení měřících kabelů, 10 ks**
- **magnetický stojánek s minimální upínací silou 600 N, 4 ks**
2x stojánek kloubový s centrální aretací s délkou ramen min 300 mm, 2x stojánek s plně ohebným ramenem a s centrální aretací, min. délka ramen 300 mm

Technické požadavky na software

Technické požadavky na software

- samostatný program, nezávislý na měřících systémech
 - podpora přímého měření
 - podpora formátu vstupních dat: ASCII, WAV, UFF/UNV typ 58, podpora formátu dat minimálně těchto měřících systémů: Brüel & Kjær, Data Physics, Dewetron, Oros, Polytec
 - experimentální modální analýza EMA s více referencemi – MIMO analýza
 - provozní tvary kmitů - ODS
 - tvorba 3D modelu měřené konstrukce s možností interpolace nezměřených bodů
 - provedení vizualizace jen z časových signálů nebo frekvenčních spekter s výstupem do video souboru
 - algoritmy pro zpracování naměřených dat v časové i frekvenční oblasti pro více stupňů volnosti: Z polynomial, complex exponential, AF polynomial
 - identifikace pomocí diagramu stability, CMIF a MMIF funkce
 - výpočet modálního kritéria věrohodnosti MAC
 - výpočet frekvenčních přenosových funkcí FRF z časových dat, autospekter a crosspekter
- výpočet odezvy konstrukce na simulované vynucené buzení harmonickou silou

Odůvodnění:

Specifikace parametrů softwaru k provedení a vyhodnocení modální analýzy měřené konstrukce. Software umožní určení vlastních frekvencí, tvarů a tlumení. Výsledky jsou graficky vizualizovány.

Požadovaný software je samostatný softwarový balík pro zpracování naměřených dat a jejich vyhodnocení. Je proto požadována široká podpora formátů vstupních dat z jednotlivých měřících analyzátorů. Pro vyhodnocení modální analýzy jsou požadovány funkce na zpracování vstupních dat z měření s větším počtem referenčních signálů. Požadavky jsou na minimální matematické funkce pro optimalizaci a určení vlastních frekvencí, vlastních tvarů a tlumení měřených mechanických soustav. Dále jsou požadavky na vizualizační možnosti programu, tak aby bylo možné dostatečně kvalitně a názorně provést zobrazení výsledků měření.