

SYSTÉM DIAGNOSTIKY POHONNÉ JEDNOTKY VRTULNÍKU

www.mmspektrum.com/130331

Aura

Pro bezpečnost leteckého provozu mají klíčový význam nosné plochy a pohonná jednotka letounu. V případě vrtulníku se obě kategorie částečně propojí do jediné – ekvivalent nosné plochy vytvářejí až otáčející se listy rotoru. Mezi pohonnou jednotkou a rotorem je umístěna převodovka (v letecké terminologii „reduktor“), a tak i v případě zdvojení motorů závisí konečný efekt bezpečnosti na spolehlivosti převodů a ložisek přenášejících pohyb na rotor.

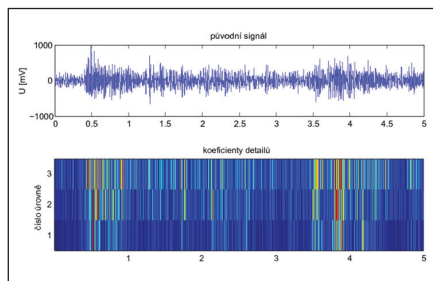
Základním přístupem v oblasti konstrukce leteckých zařízení je konzervatismus. Každá změna je předem pečlivě ověřována. Většina průmyslových oborů byla už v osmdesátých letech minulého století ekonomicky donucena měnit přístupy k opravám zaváděním tzv. údržby podle skutečného stavu stroje. Na rozdíl od této praxe letecká technika v řadě případů setrvává dodnes u metody výměny kritických dílů po uplynutí předem stanovených provozních hodin. Jen v některých oblastech je tato metoda již doplňována moderními postupy jako například sledováním rozvoje materiálových poruch u částí draku nebo tribologickými metodami opotřebenosti dílů motorových uzlů. Přesto plně nasazení techniky umožňující sledovat vznik a vývoj poruch naráží v letectví na problémy. Těmi jsou především vlastní přístrojová technika, chybějící provozní zkušenosti a nedostatečný objem dat vhodných k dalšímu zpracování a podpoře prediktivního rozhodování.

Diagnostika pohonné jednotky vrtulníků

Akciová společnost Aura dodává již od roku 1998 zařízení pro měření vibrací leteckých proudových motorů. Díky svým konstrukčním i provozním zkušenostem se mohla zapojit do projektu diagnostiky pohonné jednotky vrtulníků spolu s LOM Praha, s. p., a Ústavem termomechaniky AV ČR. Projekt je realizován za finanční podpory ze státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu. Je zaměřen na sledování převodovky motorů TV3-117, které patří ke světově nejúspěšnějším pohonům vrtulníků používaných konstrukčními kancelářemi Milja a Kamov. Podle různých údajů bylo do dnešního dne vyrobeno více než 30 tisíc těchto motorů. U nás se s nimi setkáváme na dopravních strojích Mi-17 nebo u bojových Mi-24.



Vrtulník Mi-17 Armády ČR



Ukázka výsledků waveletové analýzy (DWT)
zdroj: ÚT AV



Snímače AE a vibrací při měření na tělese reduktoru

Metoda akustické emise

Vzhledem k problematice opotřebenosti valivých ploch ložisek a ozubení převodovek bylo základní měření vibrací rozšířeno o vyšší složky spektra obvykle označované jako akustická emise (AE). Akustická emise je cit-

livější metodou při detekci ztrát mechanické integrity materiálu – emisní signály vznikají už na mikroskopické úrovni poruch jako náhlé uvolnění energie uvnitř nebo na povrchu materiálu. Aplikace AE umožňuje dříve identifikovat nerovnosti povrchů (pittingy) způsobené mechanickými vlivy, poruchami materiálu nebo korozi, problémy s mazáním, nesprávný záběr zubů převodovky, plastické deformace vyvolané třením ploch nebo zvýšené dynamické namáhání převodů.

Vyhodnocování signálu

Klíčovým problémem při nasazení AE je způsob vyhodnocování získaného signálu. Vzhledem ke složitosti a komplexnosti fyzikálních jevů probíhajících v pohonné jednotce jde o podstatně složitější události, než s jakými se běžně setkáváme při sledování rozvoje materiálových poruch. Pro sledovanou oblast tzv. spojitě akustické emise bylo proto v rámci projektu ověřováno několik metod vyhodnocení. Srovnávána byla metoda sledování počtů překmitů amplitud signálů přes stanovenou mez, resp. počet překmitů za určenou dobu 0,5 s (Count Rate – CR), časově-frekvenční analýza v podobě spektragramu a rychlejší a k provoznímu měření vhodnější diskretní waveletová analýza (DWT).

Jako vhodné pro praktické použití bylo v projektu ověřeno především prahování jednotlivých úrovní waveletového rozkladu a sledování počtu překmitů za časovou jednotku (WCR). Výsledky provedených měření umožňují korigovat hodnoty získané klasickými postupy (RMS, obálka) a doplňovat zpracování základní informace získané za letu.

Výběr měřicího místa

Nezbytnou součástí měření prováděných v rámci projektu na převodovce bylo určení míst vhodných k umístění snímačů. Při výběru měřicího místa se může paradoxně příznivě projevit obecný nedostatek metody akustické emise, kterým je omezené šíření signálů vyšších frekvencí v materiálech. Vhodným výběrem měřicího místa lze totiž získat informace z požadovaného kritického uzlu převodovky a současně omezit vliv projevů přenášených ze vzdálenějších míst.

Původně bylo na základě statistiky provozních poruch a zkušeností pracovníků LOM Praha, s. p., vytipováno celkem 12 měřicích míst. Na základě údajů z měření, posouzení frekvenčních přenosů z kritických uzlů a údajů získaných rozбором spektra vibrací a signálů akustické emise byla nakonec určena dvě měřicí místa s vysokou korelací k předpokládaným kritickým poruchám. Ve vybraných měřicích místech budou sledovány vibrace ve frekvenčním pásmu 50 až 3 000 Hz vhodné pro zjištění problémů na základních otáčkových frekvencích re-

duktoru a vyhodnocována akustická emise v pásmu 20–50 kHz, typická zejména pro materiálové defekty ložisek reduktoru, valivých ploch ložisek a pro defekty ozubení.

Diagnostický systém

V rámci projektu byl ve společnosti Aura vyvinut diagnostický systém MLM 1.2 VR, který kombinuje měření vibrací a akustické emise v pásmu 50 Hz až 50 kHz a pro toto specifické měření využívá vlastností piezoelektrických snímačů v oblasti kolem vlastní rezonance snímače. Jediným snímačem s odděleným elektronickým zpracováním signálů vibrací a akustické emise se tak získává komplexní informace z měřeného místa. V souladu s uplatněnou metodikou výběru měřicích míst je systém dvoukanálový. Systém MLM 1.2 RV vychází ze zkušeností s předchozími konstrukcemi měření vibrací na letounech, a to především svou mechanicky robustní konstrukcí a plněním všech požadavků mezinárodních normy pro leteckou přístrojovou techniku RTCA/DO 160F. Koncepte přístroje MLM 1.2.RV také umožňuje jeho bezproblémové začlenění do stávajících palubních systémů vrtulníků, a to včetně modernizovaných systémů záznamů za letu.

Nasazení diagnostiky do praxe

Poslední – nikoliv však méně důležitou – součástí aplikace diagnostiky je vždy metodika a postupy pro nasazení do běžné údržbové praxe. Důležité je zjednodušení informací poskytovaných přístroji do jednoduchých kritérií umožňujících rychlé posouzení změny stavu pohonné jednotky před startem a během letu. Zde je cílem především předcházení výskytu kritických poruch s rychlým časovým vývojem a možnost rychlé reakce pilota, pokud se takové poruchy za letu vyskytnou. Důležitá je také metoda sledování časového vývoje měřených hodnot a z toho odvozená možnost predikce vývoje jejich změn.

Provedení systému MLM 1.2 RV současně umožňuje sběr komplexních signálů při pozemní zkoušce a jejich vyhodnocení externími analytickými prostředky. Vytváří se tak předpoklad postupného zpřesňování metod zpracování a vyhodnocení signálů a podpora rozhodování pozemního personálu. Klíčové bude využití měřených údajů pro vytváření databází projevů poruch ve sledovaných kanálech a jejich zpracování vycházející z rostoucí báze dat. Teprve takové propojení zkušeností a měřených údajů dává předpoklady budoucí úspěšné predikce poruch pohonné jednotky a plánování jejich oprav podle skutečného stavu. Na základě dosavadního průběhu projektu můžeme předpokládat, že systém MLM a metody jeho aplikace mají před sebou výraznou možnost přispět ke zvýšení bezpečnosti letového provozu.

-PB-

TRENDY/MĚŘENÍ

MEZI TEPLOMĚREM A INFRAKAMEROU

www.mmspektrum.com/130357

Společnost Fluke Corporation představila nově koncipovaný vizuální infračervený teploměr Fluke VT02, který vyplňuje mezeru mezi teploměry a termokamerami.

Přístroj je určen zejména pro pracovníky v oblasti údržby, jimž pomáhá při vyhledávání problémů v provozu. Ti dosud mohli vybírat mezi jednobodovými infračervenými teploměry nebo termokamerami s vysokým rozlišením. Vizuální IR teploměr Fluke VT02 tuto mezeru zaplňuje a pomáhá tam, kde nestačí jednobodové měření teploty a zároveň není nutné termální zobrazování s vysokým rozlišením.



Způsob měření



Vizuální infračervený teploměr Fluke VT02

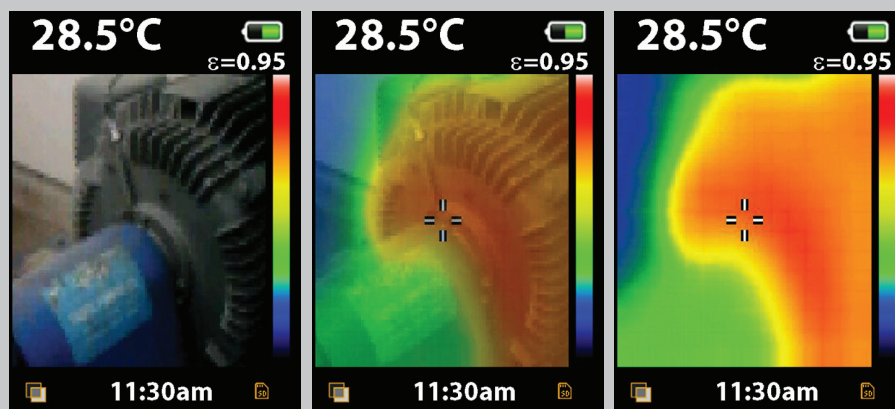
Koncepte a použití přístroje

Přístroj VT02 nabízí kombinaci vizuálního termosnímku a obrazu digitálního fotoaparátu. Při vývoji přístroje totiž dokázali inženýři pomocí ultratenkých pyroelektrických snímačů posunout limity této technologie až do takové míry, že je možné vytvářet infračervenou teplotní mapu. Díky tomu lze ihned zjistit problémy pomocí prolínaných termál-

ních a digitálních snímků. Záběry mohou být zobrazeny a uloženy jako plně vizuální, plně infračervené nebo ve třech různých režimech prolínaných obrazů (25 %, 50 % a 75 %). Naměřená teplota je zobrazena ve středu displeje, pomocí značek jsou dále zvýrazněna místa s nejvyšší a nejnižší teplotou. Snímky se ukládají na mikro SD kartu, takže měření není nutné ručně zapisovat.

Inspekce elektrických, průmyslových, údržbářských i automobilových aplikací je s přístrojem VT02 mnohem rychlejší než s pomocí infračerveného teploměru, který vyžaduje mnohočetná měření a ruční zápis výsledků. Přístroj je cenově dostupný (jeho cena v současnosti činí méně než 17 000 Kč bez DPH), intuitivní, s jednoduchou obsluhou bez ostřeň. Snímky pořízené přístrojem VT02 lze importovat do softwaru SmartView pro analýzu, který se dodává spolu s přístrojem a umožňuje vytvářet profesionální protokoly dokumentující zjištěné problémy nebo opravy.

-MK-



Digitální snímek, prolnutý obraz a infračervená mapa kontrovaného pohonu