



PIER FRANCESCO ARENA
DESIGNER

Flugerprobung eines Ultraleicht-Helikopters

Testlösung für Datenerfassung & -analyse bei CURTI Costruzioni Meccaniche Spa

imc Test & Measurement
Application Note

Einleitung

Der doppelsitzige Ultraleicht-Helikopter von CURTI wird am italienischen Firmensitz in Castel Bolognese hergestellt. Die Sicherheits- und Rettungssysteme sowie die Validierungs- und Produktstartphase dieses Projekts wurden im Rahmen eines EU-Förderprogramms mitfinanziert. Der innovative Helikopter gehört weltweit zu den wenigen Hubschraubern, die einen Turbinenantrieb besitzen – und ist somit leichter, zuverlässiger und vibrationsärmer als Hubschrauber mit herkömmlichem Kolbenmotor. Das Projekt wurde in enger Kooperation mit Hypertec, einem Partneringenieurbüro der CURTI-Gruppe, durchgeführt. Hypertec ist in der Luft- und Raumfahrtindustrie tätig sowie in den Bereichen Motorsport, Öl, Gas, Energie und Automation. Das Unternehmen verfügt über fundierte Erfahrungen in der Herstellung von Flugkomponenten und deren Prüfung. Durch die verwendeten Materialien wie Leichtmetalllegierungen, Titan und Verbundwerkstoffen ließ sich ein Startgewicht des Helikopters von nur 450 kg realisieren.

Für die Messlösung, die bei der Flugerprobung des Ultraleicht-Helikopters von CURTI Costruzioni Meccaniche Spa zum Einsatz kam, stellt die Firma Hypertec Solution Sr technische Unterstützung beim Testdesign und bei der Testdurchführung zur Verfügung.

Das italienische imc-Partnerunternehmen Instrumentation Devices Srl lieferte die imc-Messlösung an den Kunden.

Testen des Hubschraubers

Das Ziel der CURTI-Techniker bei der Durchführung der Flugerprobung war es, verschiedene Arten von Messungen mit analogen Sensoren durchzuführen: z. B. Druck, Temperatur, Vibrationen ...

Einige Sensoren wurden in bewegte Baugruppen integriert. Neben den Daten der analogen Sensoren galt es auch digitale Signale zu erfassen; wie z.B. spezifische Parameter, die von elektronischen Steuergeräten (ECUs) und anderen in das Flugzeug integrierten Systemen stammten (Verbrennungsmotoren, Avionik usw.).



ABB. 1, 2.

Der CURTI Zephyr im Test
© Photos: CURTI

Anforderungen an das DAQ-System

Neben der Sensorik war ein leistungsstarkes Messsystem mit umfangreicher Funktionalität gefragt:

- Konditionierung und Erfassung analoger Sensorsignale.
- Synchrones Erfassen der telemetrischen Sensorik.
- Schnittstelle zu seriellen Standard-Protokollen zur Erfassung von digitalen Signalen; wie Parametern von elektronischen Steuergeräten (ECUs).
- Durchführung von mathematischen Verrechnungen der Messdaten in Echtzeit.
- Datenprotokollierung und Speicherung für erfasste und berechnete Kanäle.

- Überwachung aller Testphasen in Echtzeit.

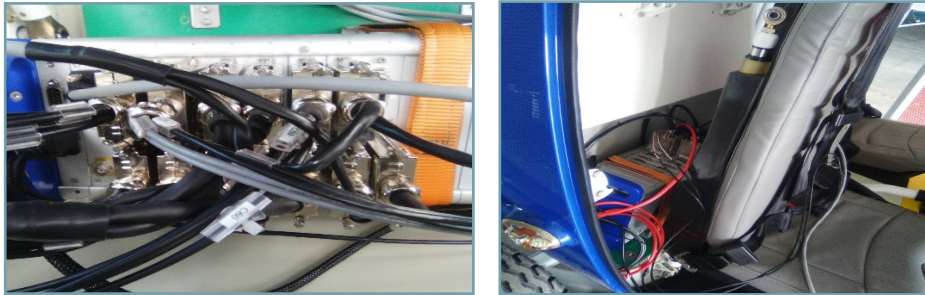


ABB. 3,4.
Instrumentiertes
DAQ System
© Photos: CURTI

DAQ-System

Das Herzstück der Flugtests war das High-Speed-Messsystem imc CRONOScompact 400-11. Es erfasste sämtliche Signale der im Hubschrauber verbauten Sensoren sowie der Bordsysteme. Die mit dem Messgerät kombinierte imc-Softwarelösung ermöglichte auch die mathematischen Echtzeit-Analysen und die Online-Anzeige der erfassten Daten zusätzlich zum normalen Post Processing.

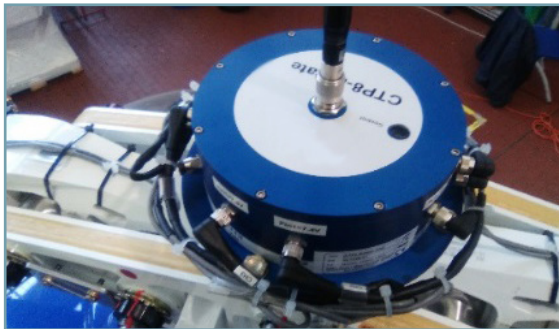


ABB. 5.
Instrumentierter
imc CTP8-Rotate
Telemetry-Sensor
© Photos: CURTI

Telemetrie-System

Die Rotorblätter des Hubschraubers wurden mit Dehnungsmessstreifen (DMS) in Wheatstone-Brückenkonfiguration instrumentiert. Da der Rotor sich in Relation zum Rest des Hubschraubers bewegt, werden diese Signale mit dem Telemetriesystem CTP8-Rotate erfasst, das ebenfalls von imc Test & Measurement stammt.

Echtzeit-Datenanzeige

Die Installation eines Grafikdisplays von imc direkt im Cockpit ermöglichte die Echtzeit-Visualisierung von Messdaten. So konnten die Testergebnisse und Parameter während der Testflüge direkt überwacht werden.



ABB. 6.

Display im Cockpit für die Datenanzeige

© Photos: CURTI

Schwingungsmessungen

Die Schwingungen in bestimmten Teilen der Hubschrauberstruktur wurden mittels Beschleunigungssensoren aufgezeichnet (Sensoren des Herstellers Silicon Designs Inc.: Modell SDI 2476-50 MYS-Triaxial).



ABB. 7.

MEMS Schwingungssensor

© Photos: CURTI

Details zur Instrumentierung

imc CRONOScompact ist ein modulares Datenerfassungssystem, das mit 4 bis 128 analogen Kanälen für verschiedene physikalische Sensoren konfigurierbar ist. Es ermöglicht Systemabtastraten von bis zu 400kS/s mit 100 kHz pro Kanal und A/D-Wandlung mit 24/16-bit.

Es unterstützt auch die synchrone Erfassung von Digitalsignalen (Ereignis- und Impulzzählung, Ein-/Aus-Signale, Tachometriesignale und Inkrementalgeber), Parameter aus digitalen Busprotokollen (CAN, ARINC, IENA, AFDX usw.) und GPS-Position. imc CRONOScompact arbeitet im Stand-Alone-Modus mit autarker Echtzeitverarbeitung von erfassten Daten. imc CRONOScompact lässt sich auch über eine direkte Verbindung zu einzelnen oder mehreren PCs über Ethernet (oder WLAN) verbinden – z.B. für grafische und numerische Visualisierung der Messdaten und für die Speicherung von Daten auf einem PC oder Server.

Dank der DSP-Prozessoren, die in die Messsysteme integriert sind, ermöglicht die in das DAQ-System integrierte Echtzeitanalyseplattform imc Online FAMOS eine Echtzeit-Analyse der Messdaten bereits direkt im Gerät – auch ohne PC. Mehr als 150 Analysefunktionen auch komplexeren Typs stehen zur Verfügung (incl. FFT, digitaler Filter und Klassierung), die beliebig kombiniert werden können, um anspruchsvolle und kundenspezifische Auswertalgorithmen zu implementieren. Synchronisierte mathematische Berechnungen an Hunderten von „Live“-Datenkanälen sind somit durchführbar – imc Online FAMOS liefert sofort verfügbare Ergebnisparameter.

Im Stand-Alone-Modus kann das Messsystem mit einem Grafikdisplay kombiniert werden, das eine Echtzeit-Visualisierung der erfassten und berechneten Daten ermöglicht. Die sichere Speicherung von Roh- und Ergebnisdaten wird auf internem Wechseldatenträger (CF-Karte) gewährleistet.



ABB. 8.
imc CRONOScompact
DAQ System

Messtechnik-Software für die Messdatenerfassung

imc STUDIO ist eine integrierte und flexible modulare Softwareumgebung, die zusammen mit jedem Messgerät von imc verwendet werden kann. Die Software ermöglicht die Erfassung, Verarbeitung und Echtzeit-Anzeige von beliebigen Kombination analoger und digitaler Signale.

Test- und Messverfahren können entweder als geführter Prozess, in direkter Interaktion mit einem Bediener durchgeführt, oder auch voll automatisiert werden. Die Datenvisualisierung und selbst individuelle GUI-Designs werden durch Anzeige-Panels unterstützt.

In Kombination mit der imc FAMOS Signalanalyse-Software ist es möglich, Datenauswertung und Post-Processing zu automatisieren, sowie Prüfberichte zu erstellen.

Signalanalyse mit imc FAMOS

imc FAMOS ist eine leistungsstarke Software für die Analyse von Messdaten und für die Visualisierung und Dokumentation der Ergebnisse. Es bietet Hunderte von analytischen und mathematischen Funktionen und eine umfassende Auswahl an grafischen und numerischen Präsentationstools. Eine Operation an einem kompletten Datensatz, wie beispielsweise Zeitreihen, lässt sich durchzuführen, durch die einfache Formulierung eines entsprechenden mathematischen Befehls, wie zum Beispiel „Neuer Parameter = Kanal A + Kanal B“.

Das Ergebnis ist ein neuer Parameter bzw. Zeitreihen-Kanal, der direkt visualisiert oder weiterverarbeitet werden kann.

Komplexe analytische Algorithmen lassen sich in automatischen Sequenzen organisieren – bis hin zu formatierten, fertigen Berichtseiten, einschließlich Charts, Grafiken und Texten.

CTP8-Rotate Telemetry-Sensor

CTP8-Rotate ist ein Telemetriesystem, das sich sehr gut für rotierende Baugruppen, Radsätze und Hubschrauberrotoren eignet.

Bis zu 8 Messkanäle können für Dehnungssensoren (DMS) in Viertel-, Halb- oder Vollbrücken-Konfiguration eingesetzt werden, sowie für potentiometrische und ICP/IEPE-Wandler, Thermoelemente und Spannungssignale.

Es bietet eine Bandbreite von 12 kHz pro Kanal mit A/D-Wandler Auflösung von 16-Bit. Es sind Versionen mit bis zu 32 Kanälen sind verfügbar.



ABB. 9.
imc CTP8 Rotate
Telemetrie-Sensor

Beschleunigungssensor (MEMS)

SDI 2476 ist ein robuster, kapazitiver mikromechanischer Beschleunigungssensor (MEMS) in triaxialer Ausführung, der in einem kleinen Aluminiumgehäuse komplett mit zugehöriger Elektronik eingekapselt ist. Der Sensor benötigt lediglich eine einfache, unregelmäßige Spannungsversorgung zwischen 8 und 32 VDC und liefert einen rauscharmen analogen Spannungsausgang proportional zur gemessenen Beschleunigung.

SDI 2476 ist in folgenden Messbereichen (Full Scale) erhältlich:

$\pm 2, 5, 10, 25, 50, 100$ und 200 g.

Er besitzt einen Frequenzgang von DC bis 2 kHz und eignet sich für den Betrieb bei Temperaturen von -55°C bis $+125^{\circ}\text{C}$.



ABB. 10.
SDI 2476
Beschleunigungssensor
(MEMS)