

POSITION-PICK-OFF UNIT NEUER GENERATION MIT MR-SENSOR

P. Hastrich
Harmonic Drive AG
Hoenbergstr. 14
65555 Limburg/ Lahn
Deutschland

Zusammenfassung

Die derzeit in den single-aisle und wide-body Programmen verwendete PPU (position pick-off unit) basiert auf einem Entwurf aus den 1970er Jahren. Auch bei den außereuropäischen Produkten wurde die grundsätzliche Architektur der PPU nicht verändert.

Durch den Einsatz neuer Getriebetechnologien und die Verwendung eines magnetoresistiven Sensors (MR-Sensor) ist ein konzeptionell verbessertes Funktionsmuster einer PPU entwickelt, gebaut und getestet worden. Diese MR-PPU liefert über eine digitale Schnittstelle sowohl Winkel- als auch Drehzahlsignale und erlaubt durch Verlagerung von Logik aus dem SFCC (Slat Flap Control Computer) in den Sensor völlig neue Systemarchitekturen.

Diese neue PPU wurde unter relevanten Umgebungsbedingungen (Temperatur, Schock, Vibration) getestet. Dabei wurde das wichtigste Funktionskriterium nachgewiesen, nämlich die Einhaltung der Messgenauigkeit bei geringerem Gewicht und Volumen.

Das vorgestellte Thema wurde im Verbundprojekte HIGHER-TE bearbeitet, welches von Airbus geführt wird und im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogrammes (LuFo IV-2) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wurde. Die Anforderungen an eine MR-PPU wurden bereits zum Projektstart beim DGLR-Kongress 2011 vorgestellt. Zum Projektende soll nun das entwickelte Konzept und die erzielten Ergebnisse vorgestellt werden.

Abgeschlossen wird der Vortrag mit einer Darstellung der weiteren Entwicklungsmöglichkeiten.

1. ANWENDUNG / PROJEKTHINTERGRUND

Die zuverlässige Erkennung des aktuellen Flugzustandes und der korrekten Funktion aller Systeme ist ein wesentliches Element zur Gewährleistung des hohen Sicherheitsstandards in der Luftfahrt. Hier sind gerade die Start- und Landephase von höchster Bedeutung, da hier auch statistisch gesehen die meisten Zwischenfälle zu erwarten sind.

Für den sicheren Start und die sichere Landung werden bei allen Verkehrsflugzeugen entsprechende Hochauftriebssysteme verwendet, d. h. Vorflügel und Landeklappen. Diese werden über einen zentralen Antrieb im Flugzeugrumpf verstellt, der seine Energie über Torsionswellen über die Flügelspannweite zu den einzelnen Klappenelementen transportiert.

Die aktuelle Position dieser Auftriebshilfen muss dabei zuverlässig und schnell erkannt werden. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der sicheren Erkennung von Asymmetrien oder Fehlfunktionen, da diese ein Eingreifen des Piloten erforderlich machen.

Diese Position wird über sogenannte „position pick-off units“ (PPU) erfasst. Dabei handelt es sich um Geräte, die sowohl am Antrieb im Rumpf als auch an den äußeren Enden der Torsionswelle installiert sind und die entsprechenden Positionen erfassen. Hierzu werden die Drehungen der Torsionswelle mittels

Untersetzungsgetriebe in eine Winkelinformation im Bereich 0 ... 360° umgesetzt, welche dann mittels Synchros erfasst und an den Slat and Flap Control Computer (SFCC) als analoges Signal übermittelt wird. In einer PPU sind zwei elektrisch voneinander unabhängige Synchros als Winkelmeßsysteme integriert um die redundant vorhandenen SFCC bedienen zu können.

Der Aufbau und die grundsätzliche Architektur der PPU ist seit dem ersten Einsatz in den single aisle Programmen nicht verändert worden. Es ist also naheliegend zu untersuchen, wie die Fortschritte in der Sensortechnologie, Datenübertragung und Getriebetechnik Verbesserungen der PPU ermöglichen können.

2. DEFINITION DER FUNKTIONALEN ANFORDERUNGEN

Basierend auf den Spezifikationen für Synchro-PPU wurden die funktionale Anforderungen an die MR-PPU zum Projektstart zusammengestellt und um Aspekte ergänzt, die auf die Verwendung aktiver elektronische Komponenten sowie digitale Signalübertragung zielen. Zusätzlich wurden die Anforderungen an die Drehzahlerfassung definiert. Die Drehzahlauswertung wird in den aktuellen Architekturen durch den SFCC geleistet, basierend auf dem Positionssignal welches die PPU liefert. Im Rahmen des Projektes wurde diese Auswertung in die PPU „outsourct“.

3. KONZEPTION DER MR-PPU

Die MR-PPU besteht im Wesentlichen aus drei Funktionseinheiten, die in BILD 1 kenntlich gemacht und nachfolgend beschrieben sind.

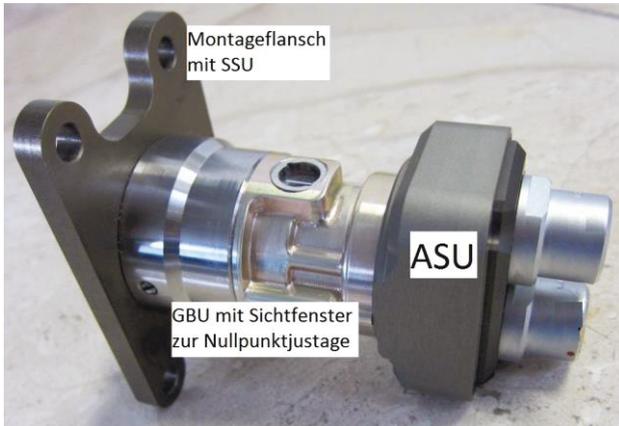


BILD 1 Funktionsmuster einer MR-PPU

Gearbox-Unit (GBU)

Dies ist ein Harmonic Drive ® Getriebe mit Planetenvorstufe und Montageflansch als zentrales Element der MR-PPU. Die GBU ist an ihrer schnelldrehenden Eingangsseite direkt mit dem Klappenantriebssystem verbunden. Die langsam drehende Ausgangsseite der GBU ist ein freies Wellenende, in dem ein zweipoliger Magnet als Maßverkörperung für die Winkellage implementiert ist. An der Eingangsseite der GBU ist ein hochpoliger Ringmagnet als Maßverkörperung für die Drehzahlmessung integriert.

Speed Sensor Unit (SSU)

Dies ist ein MR-Sensor in redundanter Ausführung, da zwei separate Absteinheiten - von außen nicht sichtbar - im Montageflansch der GBU integriert sind. Die SSU tastet einen Ringmagneten als Basis für die Drehzahlberechnung ab (differenzierende Positionsmessung).

Angular Sensor Unit (ASU)

Dies ist ein MR-Sensor mit Auswerteelektronik in redundanter Ausführung und Anschlusssteckern für die Messsignale. Die ASU ist an die Ausgangsseite der GBU montiert und erfasst die Winkellage des Magneten im Wellenende der GBU und die Signale der SSU.

4. ERGEBNISSE

Im Rahmen des Projektes wurden letztlich fünf Funktionsmuster einer MR-PPU konzipiert, gefertigt und unter relevanten Umgebungsbedingungen getestet. Eine vollständige Qualifikation wurde nicht durchgeführt, da dies im gegebenen Rahmen nicht möglich war.

Folgende Ergebnisse wurden damit nachweislich erzielt.

Positionsgenauigkeit

Die Tests bei HDAG (Harmonic Drive AG) zeigen, dass die Anforderungen an die Positionsgenauigkeit bei Raumtemperatur als auch bei Tieftemperatur klar eingehalten werden. Bei erhöhten Temperaturen von 85°C wird die Positionsgenauigkeit im Nullpunkt knapp eingehalten, außerhalb wird sie in einem kleinen Bereich von 310° bis 325° knapp nicht eingehalten ($0,61^\circ \pm 0,03^\circ > 0,56^\circ$).

Die Auswertung der umfangreichen Rohmessdaten, die im Rahmen von Test bei Airbus generiert worden sind, bestätigt dies.

Die Tests wurden zunächst bei HDAG, dann Airbus und als abschließende Vergleichsmessung mit demselben Funktionsmuster wieder bei HDAG durchgeführt. Die jeweiligen Testergebnisse bei HDAG zeigten keine relevanten Abweichungen.

Drehzahlgenauigkeit

Die Drehzahlgenauigkeit konnte durch den ungeeigneten Testaufbau bei HDAG nicht nachgewiesen werden, wurde aber durch die Tests bei Airbus bestätigt.

Gewicht/Bauraum

Das Gesamtgewicht der MR-PPU beträgt 415 g. Das ASU-Gewicht (105 g) hat das Zielgewicht von 70 g leicht überschritten, wobei zu berücksichtigen ist, dass allein die Steckverbinder ca. 50 g wiegen. Die GBU/SSU wiegt 310 g und liegt damit im Bereich des Zielgewichtes von 300 g. Eine GBU ohne SSU würde voraussichtlich eine Gewichtseinsparung von 30-40 g erzielen. Auch der Montageflansch kann prinzipiell verkleinert werden, was Gewicht reduzieren würde.

Ohne die Stecker an der ASU ist die MR-PPU 80 mm lang.

Der Durchmesser der GBU beträgt 40 mm. Sofern keine SSU benötigt wird, könnte er auf etwa 35 mm reduziert werden.

Die ASU-Abmessungen sind 50 mm * 35 mm * 23 mm

Sonstige Kenndatendaten

Die Gesamtübersetzung der GBU beträgt $i = 400$. (Harmonic Drive ® Getriebe $i = 100$, Planetenvorstufe $i = 4$)

Als Signalschnittstelle wurde statt eines analogen Signals eine digitale Schnittstelle gewählt. Zunächst wurde eine AFDX-Schnittstelle vorgesehen. Die um 2011 verfügbaren Komponenten wurden aber als ungeeignet beurteilt, um Sensoren anzubinden. Schließlich wurde eine RS232-Schnittstelle implementiert, die für eine reale (Flugzeug-)Umgebung zwar ebenfalls irrelevant ist, sich aber zu Testzwecken einfach an verschiedenste Messdatenerfassungssysteme innerhalb von Testanlagen anbinden lässt.

5. PERSPEKTIVE

Die oben genannten guten technischen Ergebnisse bieten eine gute Perspektive. Die funktionalen Anforderungen hinsichtlich Positioniergenauigkeit und Robustheit werden durch die Tests bestätigt. Das Potential zur Bauraumreduzierung wurde nachgewiesen, das Potential zur Reduzierung des Gewichts wurde teilweise nachgewiesen, konnte aber nicht vollumfänglich aufgezeigt werden, da dies einer Änderung der mechanischen Schnittstelle bedurft und somit die mechanische Integration in existierende Testeinrichtung erschwert hätte.

Je nach Art einer zukünftigen digitalen Schnittstelle könnte sich eine weitere Gewichts-ersparnis durch ein vereinfachte Verkabelung ergeben, sei es, dass weniger Adern je Sensor erforderlich oder dass durch Anwendung einer Busstruktur weniger und in Summe kürzere Kabel erforderlich sind.

Nachdem die grundsätzliche Machbarkeit auf Komponentenebene nun nachgewiesen ist, müsste eine Serienüberführung des Konzepts im nächsten Schritt durch systemische Betrachtungen flankiert werden. Dies betrifft insbesondere die digitale Signalschnittstelle, sowohl bzgl. der Hardware als auch im Hinblick auf das Datenmodell und die Anbindung an den SFCC.

Zusätzlich zur Winkelmessung wurde eine Drehzahlmessung an der schnelllaufenden Eingangsseite der MR-PPU implementiert, ohne dass die PPU wesentlich größer gestaltet werden musste. Dieses Anwendungsprinzip ist auch für wesentlich größere Wellendurchmesser denkbar, bei denen das unter Anwendung der Synchrotechnologie nicht möglich wäre.

6. DANKSAGUNG

Das dargestellte Vorhaben wurde im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms (LuFo IV-2) durch das Bundesministerium für Wirtschaft gefördert.

Über den gesamten Projektverlauf wurde ein intensiver Austausch mit Airbus Deutschland gepflegt, ohne den die erreichten Ergebnisse nicht möglich gewesen wären.