

Abstract

Developments of the last decades, latest investigations, implementations and trend analysis show: the further increase in bypass ratios of jet engines is one key to persisting efficiency improvements. Most likely this is accompanied by increase in fan diameter and concatenated decrease of the rotational frequency, stability and level of fan efficiency. This challenge can be replied by introducing a variable area fan nozzle (VAFN). Such a system requires an actuation system. VAFN Systems are typically integrated into the nacelle of an aero engine. Analogous to a VAFN, a modern thrust reverser unit (TRU) is also integrated to the nacelle and also requires an actuation system.

The thesis arouse, that reducing the number of actuation systems by combining two similar systems leads to a decrease of complexity, weight and required design space while at least maintaining the same level of safety.

Starting with the idea to this research project up to the latest results, technical solutions and the process of creating the solutions are documented in this dissertation. One of the most important objectives was to work scientifically and footloose while creating a feasible concept. As a consequence, system safety assessments and type certification investigations were important parts along with the technical design.

A comprehensive outline of potential benefits of a VAFN System, of airborne equipment development and safety analysis methods as well as selection of appropriate methods are part of the documentation. A type certificate programme enhances the technical requirements and is the foundation of the creative concept development. An innovative concept has been identified, preliminary designed and is actually part of a patenting process. The actuation systems complies with the safety and design space requirements. Although a system with an additional function is always more complex, it is less complex than two systems with one function each. The presented actuation system concept with enhanced functionality has only insignificantly more mass than a comparable TRU actuation system, and has less mass than a concept with separate actuation systems for TRU and VAFN, besides further benefits of a coupled system.

Keywords:

Actuation System, variable Nozzle, Thrust Reverser, Feasibility Study, Safety Assessments, Type Certification, Systems Engineering

Zusammenfassung

Die Entwicklungen in den vergangenen Jahrzehnten, jüngste Untersuchungen und Trendanalysen zeigen, dass die Erhöhung des Nebenstromverhältnisses weiterhin einen elementaren Einfluss auf Effizienzsteigerungen von Strahltriebwerken hat. Einher geht zumeist die Erhöhung des Fandurchmessers, gleichermaßen jedoch auch das Absenken der Drehzahl, des Wirkungsgrad und der Stabilität des Fanmoduls. Entgegnet werden kann dieser Herausforderung mit einem variable Düse System für den Nebenstrom (VAFN). Dieses benötigt ein Antriebssystem. Eine VAFN ist typischerweise in der Triebwerksgondel verbaut. Analog befindet sich das Antriebssystem des Schubumkehrers (TRU) ebenfalls in der Triebwerksgondel.

Es ergibt sich die These, dass die Reduzierung auf lediglich ein Aktorsystem eine Verringerung von Komplexität, Gewicht und Bauraum herbeiführen kann, wobei das Sicherheitsniveau mindestens konstant gehalten werden muss.

Ausgehend von der Entstehung der Idee zu dieser Forschungsarbeit bis zu den zuletzt verfügbaren Ergebnissen werden technische Lösungen dokumentiert und wird eine Vorgehensweise dargestellt, wie sie zu diesen Zwecken angewendet wurde. Dabei war ein wichtiges Ziel, die wissenschaftlich fundierte und ungebundene Erarbeitung eines realisierbaren Konzeptes, mit der Konsequenz, neben der technischen Erarbeitung auch eingehende Sicherheits- und Zulassungsuntersuchungen durchzuführen.

Teil des Ergebnisses ist eine umfassende Darlegung potentieller positiver Einflüsse eines VAFN-Systems, der Methoden der Produktentwicklung sowie Sicherheitsanalyse und Selektion geeigneter Methoden. Ein Musterzulassungsprogramm erweitert den technischen Forderungskatalog und bildet die Grundlage der kreativen Konzeptentwicklung. Ein völlig neuartiges Konzept wurde entworfen, vorausgelegt und unterliegt aktuell einem Patentierungsverfahren. Das Aktorsystemkonzept erfüllt die Sicherheitsanforderungen und ist in den vorgesehenen Bauraum integrierbar. Eine Variante des Konzeptes ist, bei gesteigerter Funktionalität, nur unwesentlich schwerer als vergleichbare Aktorsysteme für Schubumkehrer und leichter als ein Konzept mit separaten Aktoren für TRU und VAFN.

Schlagwörter:

Aktorsystem, variable Düse, Schubumkehrer, Machbarkeitsstudie, Sicherheitsanalyse, Musterzulassung, Systems Engineering