

KONFIGURIERBARE LEISTUNGSSCHALTER FÜR DIE INTEGRIERTE MODULARE AVIONIK DER NÄCHSTEN GENERATION

J. Willkens
Diehl Aerospace GmbH
88662 Überlingen
Deutschland

Zusammenfassung

Konfigurierbare Leistungsschalter werden in eine dezentrale IMA Rechnereinheit integriert, um variabel mit einem Gerätetyp auf verschiedene Lastanforderungen reagieren zu können.

1. AKTUELLER STAND IMA STRUKTUR

Im Airbus A380 wurde mit der Integrierten Modularen Avionik (IMA) eine generische Plattform zur Integration von Flugzeug-System-Funktionen Dritter verwirklicht, an der die Diehl Aerospace GmbH einen bedeutenden Anteil hatte. Zurzeit noch wesentliche Beschränkungen dieses Konzepts liegen in

- a) der eingeschränkten Skalierbarkeit in Bezug auf Erweiterungen (Funktionen, Schnittstellen)
- b) der Einschränkung auf einen definierten Einbauort (Avionik Bay)

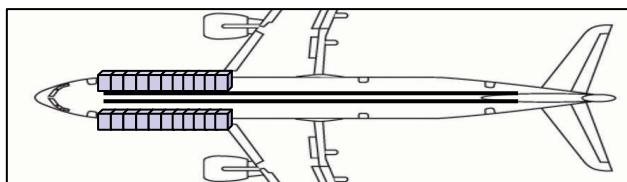


BILD 1. IMA Module in der Avionik Bay

2. ZUKÜNTIGE IMA STRUKTUR

Die integrierte Avionik entwickelt sich von einem zentralen Ansatz (LRU, Kabinett Lösung) zu einer dezentralen Lösung mit konfigurierbaren Schnittstellen (Remote Data Concentrator, RDC). Ein wesentlicher Bestandteil wird die individuell zu konfigurieren Leistungsversorgung und -Verteilung sein, die über das standardisierte Kommunikationssystem organisiert wird (Remote Power Controller, RPC).

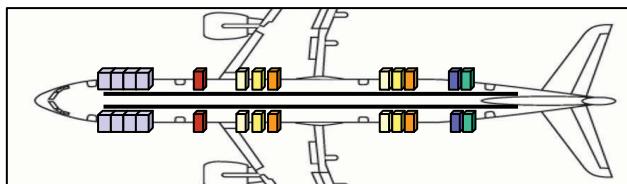


BILD 2. IMA Module und RDC in A/C

3. MOTIVATION

Derzeit ist die Steuerung der Leistungsstränge noch über eine zentrale Rechnereinheit realisiert, während typische IMA Anwendungen durch dezentrale Einheiten mit I/O- und Bus Interfacing gekennzeichnet sind.

Im Projekt Innovative Avionik Systemarchitekturen (InAS) werden erstmals IMA Konzepte mit konfigurierbaren Leistungselementen zu einem Remote Power Controller (RPC) kombiniert.

Die Integration der Leistungselektronik in Remote Controllern ermöglicht kurze Wege zwischen den Sensor Interfaces und den zu schaltenden Leistungselementen. Dadurch sind signifikante Einsparungen für Verkabelung und in der Kommunikationsauslastung der Busse erreichbar.

Die Einbindung der konfigurierbaren Leistungselemente in die IMA Welt ermöglicht ebenfalls die Umsetzung sicherheitskritischer Anwendungen im High Power Bereich.

4. ENTWICKLUNGSLEISTUNGEN

Folgende Schwerpunkte wurden für die Entwicklungsarbeiten identifiziert:

- **Passives Kühlkonzept:** Da Remote Power Controller ortsunabhängig verfügbar sein sollen, ist die passive Kühlung eine unabdingbare Eigenschaft dieser Baugruppe. Gehäuseformen werden erarbeitet, Thermalsimulationen zeigen das Leistungsvermögen bei natürlicher Konvektion.
- **Leistungsschalter:** Wesentliche Eigenschaften der Leistungsschalter sind neben der Hochstrom- und Hochspannungsfestigkeit eine isolierte Ansteuerung durch die Rechnerkarte, die gute thermische Anbindung an die Gehäusestruktur sowie ein integriertes Monitoring für ein sicheres Verhalten im Betrieb als auch im Fehlerfall.
- **Kartenlayout:** Ein optimiertes Kartenlayout dient der optimalen Entwärmung der Leistungshalbleiter
- **Schnittstellendefinition:** Die Leistungsschalter integrieren eine Prozessorschnittstelle, die die Kommunikation zur Rechnereinheit bereitstellt. Bus Typ und Protokoll werden definiert.

4.1. Workshare mit HS Elektronik Systeme GmbH

Die Firma HS Elektronik Systeme GmbH (HSG) liefert als Spezialist das nötige Wissen und die Erfahrung mit konfigurierbaren Leistungsschaltelementen in Flugzeug-Umgebungen und ist damit idealer Partner für die Umsetzung der IMA Plattform in

Leistungsverteilssystemen. So wurde in einem gemeinsamen Projekt der Firmen Diehl Aerospace (DAs) und HSG die Entwicklung eines InAS RPC mit folgender Arbeitsteilung vereinbart:

- a) HSG: Definition der Solid State Power Controller (SSPC), die Entwicklung der Software Befehlsstruktur zur Schaltersteuerung und die Implementierung der Monitorfunktionen
- b) DAs: Definition der Anzahl und Leistungsstärke der Schaltelemente, Definition des Schnittstellenprotokolls und die Anbindung an die InAS RPC Rechnerkarte
- c) DAs: Definition des passiv gekühlter Gehäuses, Definition des Leiterkartenlayouts für das passive Kühl-Konzept

4.2. SSPC Aufbautechnik

Eine Schlüsseleigenschaft der Leistungselemente ist die optimale thermische Anbindung an die Gehäusestruktur. Konventionelle Halbleiter verfügen über ein eigenes Gehäuse mit einem thermischen Widerstand zwischen Silizium und Umgebung im Bereich von ca. 2 K/W. Schwieriger gestaltet sich die Anbindung der Leistungselemente an das Kühlmedium. Übergangswiderstände von 50 K/W und mehr können für natürliche Konvektion auch bei größeren Flächen angenommen werden. Günstiger gestalten sich thermischen Übergänge, wenn die Silizium Chips direkt auf die Leiterplatte gebondet werden.

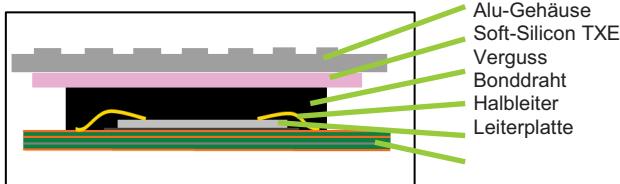


BILD 3. SSPC Aufbautechnik

Eine Thermisch leitfähige Vergussmasse ermöglicht eine großflächige Anbindung an eine Kühlfläche.

4.3. Gehäusetechnik

Ein aus 2 symmetrischen Aluminium Halbschalen bestehendes Gehäuse wird zur Vergrößerung der Oberflächen mit einer nippelartigen Struktur versehen. Da die spätere Einbaulage des Gerätes frei festgelegt werden soll, zeigen Thermalsimulationen, dass diese Nippelstruktur wesentlich günstigere Eigenschaften im thermischen Abstrahlverhalten als eine vergleichbare Rippenstruktur hat. Für den RPC wurde ein Gehäuse mit den Massen 305 x 265 x 42 mm entworfen und im Rapid Prototyping Verfahren hergestellt.

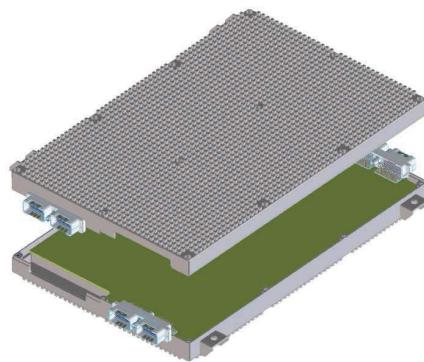
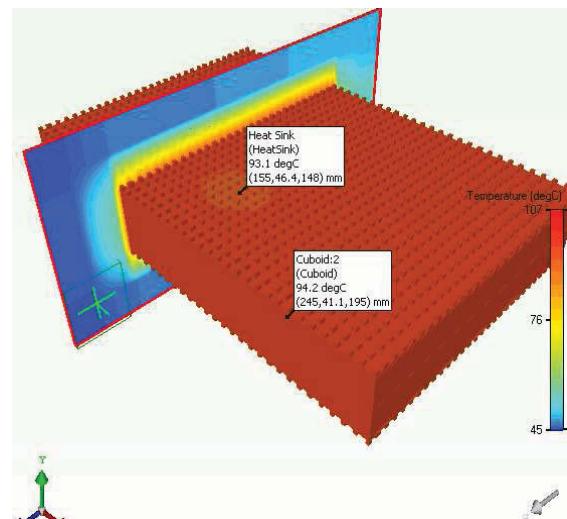


BILD 4. RPC Gehäuse Ansicht

4.4. Thermalsimulation Gehäuse

Die Thermalsimulation demonstriert die mögliche Verlustleistungsabgabe des konstruierten Gehäuses. Die folgenden Simulationsparameter sind durch praxisnahe Erfahrungswerte vorgegeben:

Umgebungstemperatur: 45°C
Abzuführende Leistung: 36 W
Thermal Flow: natürliche Konvektion



Mit diesen Parametern berechnet die Simulation eine Gehäusetemperatur von 94°C für ruhendes Medium und eine maximale Silizium Chip Temperatur von 107°C. Hinsichtlich der Anforderung, ein solches Gerät in Verbundstoffen einzugliedern, wird diese Baugruppe mit zusätzlichen Befestigungselementen versehen. Dadurch sind Kontakttemperaturen zur Flugzeugstruktur < 70°C gesichert.

5. DER RPC

Der erstellte Prototyp verfügt über 6 Leistungsschalter:

- a) 3 x 115VAC a 10A
- b) 2 x 28VDC a 15A
- c) 1 x 270VDC a 15A

Bei einem Gehäusevolumen von ca. 3.5 Litern ermöglicht der RPC eine verlustarme Leistungsverteilung von etwa 8.3 kW.

Die Steuerung und Überwachung erfolgt über eine im RPC integrierte IMA Software Applikation, die ebenfalls die Kommunikation mit einem Testrechner ermöglicht.

Die folgende Ansicht zeigt den geöffneten Prototypen. Zu erkennen sind zusätzliche Gehäusestege, die einmal der Stabilität dienen und weitergehend eine zusätzliche thermische Brücke zur SSPC Leiterplatte bilden

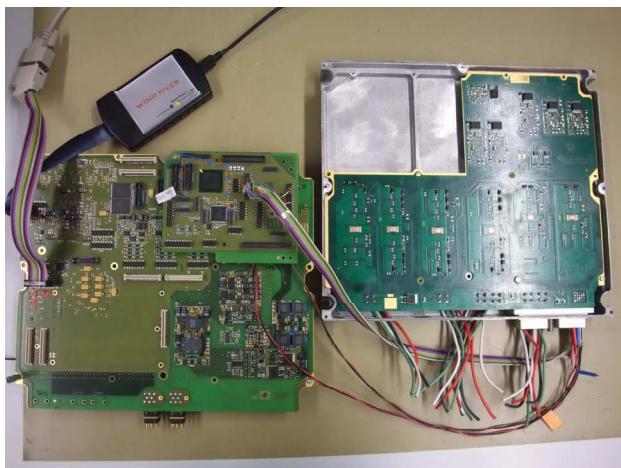


BILD 5. geöffneter RPC Prototyp

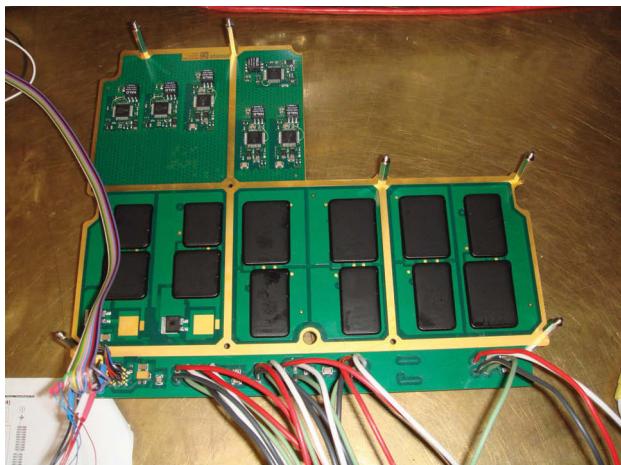


BILD 6. SSPC Leiterkarte

6. DIE TESTS

Eine Auswahl der Standardtests für die Geräte Qualifikation in Flugzeugumgebung sowie etablierte Fertigungstests zeigen die Praxistauglichkeit dieses Konzepts. Folgende Testparameter wurden verwendet:

- Temperaturbereich -70°C / +110°C
- Temperaturgradient bis 60°C/min
- Vibration 50g (zufällig verteiltes Spektrum)

6.1. Temperaturtest



BILD 7. Temperatur Test

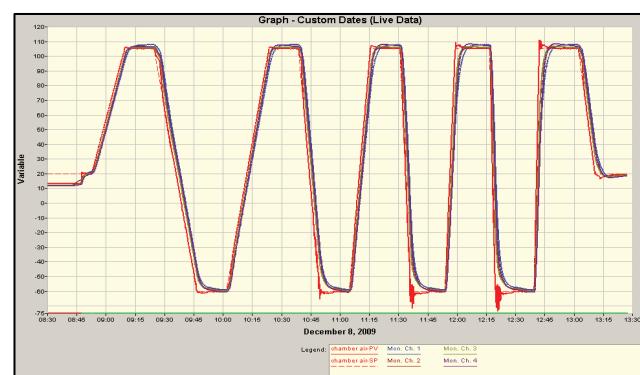


BILD 8. Temperatur Gradienten Test

Ein Puls-Pausen Verhältnis der Schalter von 55 sec leitend und 5 sec nichtleitend verschärft den Stress der Bauelemente. Der vergrößerte Ausschnitt in BILD 7 verdeutlicht die gute Anbindung der Leistungshalbleiter an die Gehäusestruktur. Dabei wurde eine maximale Temperaturdifferenz von Silizium zur Gehäuseoberfläche von ca. 7°C ermittelt.

6.2. Vibrationstest

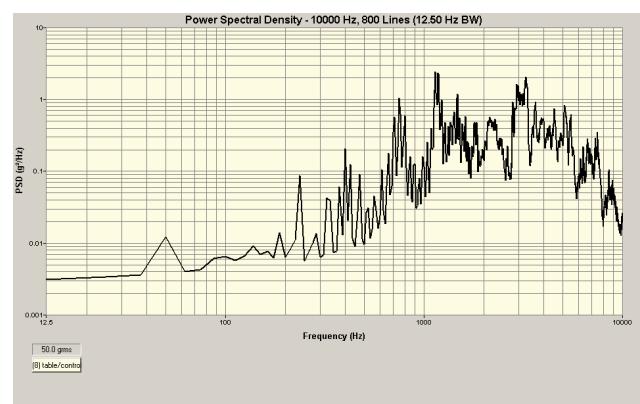


BILD 9. Vibrationsspektrum

Ein zufällig verteiltes Spektrum ermöglicht breitbandige Vibrationseinprägung. Eingeleitete Stöße bis 50 g

stressen die mechanische Struktur und die Lötverbindungen.

6.3. Kombinierter Test



BILD 10. Kombinierter Test

Die Kombination von Temperatur- und Vibrationstest stellt die höchsten Anforderungen an den Prototypen:

- Eingeleitete Stöße von 25g und 50g
- Alternierende Temperaturen zwischen +105°C und - 60°C
- Temperaturgradient: 60 °C/min
- Power Schalter Sequenz „10 sec an / 10 sec aus“

6.4. Testergebnisse

Die Tests wurden ohne feststellbare Mängel absolviert. Eine abschließende visuelle Inspektion zeigte keine Auffälligkeiten hinsichtlich struktureller Brüche oder beschädigter Lötverbindungen. Alle Tests wurden ohne feststellbare Mängel absolviert.

7. AUSBLICK

Der Prototyp demonstriert eindeutig die Verwendbarkeit für zukünftige Flugzeuggenerationen. Weitere Studien hinsichtlich Konfigurierbarkeit und Variabilität sollen die Anwendbarkeit dieses Konzeptes weiter verdeutlichen:

Konfigurierbarkeit

- Verwendbarkeit eines Schaltertyps für AC / DC Anwendungen (Wirkungsgrad/Aufwand)
- Verwendbarkeit in unterschiedlichen Leistungsklassen (Parallelisierung der Schaltelemente)
- Verwendbarkeit als gesteuerte Quellen (Analoge Out)
- Konfiguration per SW / Pin Programming

Leistungsvermögen

- Verwendbarkeit für höhere Leistungen (25A, 50A,)
- Weitere Optimierung des Thermalkonzepts

8. DER RPC IN DER IMA WELT

Das IMA System wird um ein Familienmitglied für Power Control – den Remote Power Controller (RPC) erweitert werden. Hierdurch wird es möglich sein, weitere Systeme auf der Integrierten Modularen Avionik zu installieren. Mit der Verwendbarkeit für sicherheitskritische Anwendungen ist dieser neue Gerätetyp eine interessante Entwicklung für neue Flugzeug Generationen.