

SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM ESTADO SÓLIDO APLICADO EM AERONAVES.

Diana K. C. de Araújo¹, José de Alencastro de Oliveira², Landulfo Silveira Jr.³

¹UNIVAP/FEAU, Av. Shishima Hifumi Nº 2911Urbanova, dianakaraujo@yahoo.com.br

²UNIVAP/FEAU, Av. Shishima Hifumi Nº 2911Urbanova, josealencastro@ig.com.br

³UNIVAP/FEAU, Av. Shishima Hifumi Nº 2911Urbanova, landulfo@univap.br

Resumo - Este trabalho apresenta um estudo para o desenvolvimento de um sistema de distribuição de energia de uma nova aeronave utilizando tecnologia de componentes em estado sólido. Para avaliação de vantagens e desvantagens na utilização da nova tecnologia, teremos como referência uma aeronave já desenvolvida, com características bem próximas ao novo produto, e que utiliza a tecnologia de componentes eletromecânicos. A princípio será feito um levantamento de quantidade de cargas, distribuição física dos componentes na aeronave, custo, entre outros parâmetros. Em seguida será sugerida uma distribuição de energia através de componentes em estado sólido. O resultado final será uma comparação entre as duas tecnologias. O objetivo final é levar Engenheiros e Projetistas a tomar uma decisão acertada sobre qual será a melhor opção de distribuição de energia para o novo produto.

Palavras-chave: Relês, Disjuntores em estado sólido, sistemas de distribuição.

Área do Conhecimento: III – Engenharias

Introdução

Sistemas de distribuição de energia controlados estão tornando cada vez mais confiáveis os sistemas integrados de aeronaves, possibilitando, através de sofisticados circuitos eletrônicos, não só proteger aeronaves, mas também quem as opera (DEPMA). As primeiras aplicações em aeronaves comerciais foram: Airbus A-380, Dassault F-7 e Bombardier Global Express Light Jet. O emprego de tecnologias em estado sólido em substituição aos aparelhos eletromecânicos constitui uma solução de elevado custo. Entretanto, a precisão e a confiabilidade no acionamento, facilidade de incorporação e, principalmente ausência de arcos elétricos na comutação de cargas de característica indutiva e capacitiva, torna essa solução atrativa.

Apesar de grandes vantagens, a opção pela utilização desta nova tendência é objeto de intensos estudos. A implantação de um sistema inteligente depende, principalmente, da aeronave em questão. Fatores como auto custo do *hardware*, dependência do fornecedor para implementação de atualização de *software*, integração do sistema, capacidade de processamento e quantidade de cargas devem ser avaliados para cada caso (EDP).

1-Métodos e Processos

Para confrontarmos as duas tecnologias, iniciamos por um levantamento de dados do sistema elétrico da aeronave de referência.

1-1-Aeronave de Referência

1-1-1- Características e Dimensões

A aeronave de referência, é um jato de asa baixa, cauda em T, dois motores a jato e com cabine pressurizada, projetado para operações de média ou curta distância.



Figura 1 - Dimensões

1-1-2- Sistema de Geração

O sistema de energia elétrica fornece 28 VDC e 115 VAC/400 Hz, sendo 28 VDC a energia elétrica primária do avião. A figura 2 apresenta a distribuição das fontes de energia da aeronave.

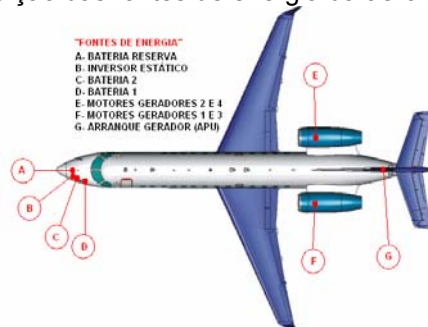


Figura 2 – Distribuição das Fontes de Energia

1-1-3- Distribuição de Cargas

As cargas estão assim distribuídas na aeronave:

- 60% Fuselagem Dianteira
- 10% Fuselagem Central
- 30% Fuselagem Traseira

1-2-Tecnologia Eletromecânica

1-2-1-Distribuição de Caixas e Painéis

O sistema de distribuição é responsável pela distribuição de energia dos geradores às cargas. O sistema é dividido em duas distribuições denominadas “Primária” e “Secundária”. A Distribuição Primária distribui e controla energia do gerador aos barramentos elétricos e a Distribuição Secundária distribui e controla energia dos barramentos às cargas. Para a proposta de atualização tecnológica, será optado por não alterar a tecnologia eletromecânica utilizada no sistema primário devido ao fato da Distribuição Primária alimentar e controlar cargas de alta corrente (acima de 30 A) e os fatores segurança e confiabilidade para a distribuição primária ainda estão em fase de maturidade. Na Figura 3, componentes da distribuição primária e secundária (MANUAL DE TREINAMENTO).

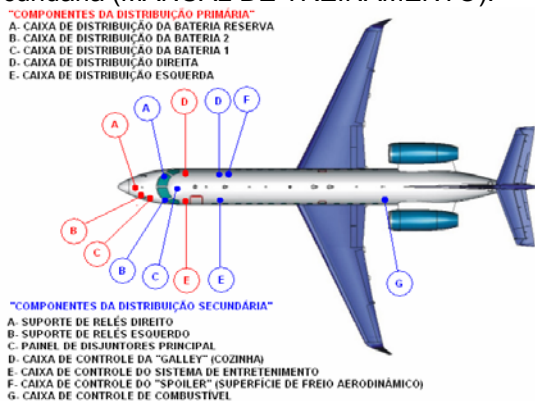


Figura 3 – Distribuição Primária e Secundária

1-2-2-Diagrama em Bloco

Na Figura 4, diagrama em bloco da atual distribuição.

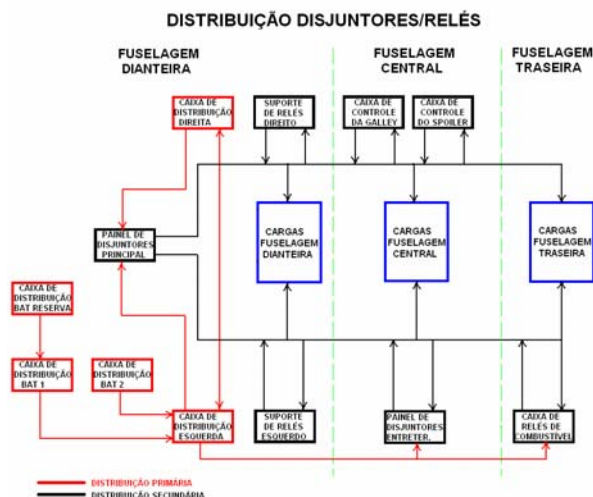


Figura 4 – Diagrama em bloco da Distribuição Eletromecânica

1-2-3- Características dos Componentes

As unidades possuem basicamente relés e disjuntores. Fatores como peso, área ocupada,

custo e quantidade de componentes são imprescindíveis para o estudo (SDE).

Cálculo aproximado do custo por unidade:

$$\text{Custo} = \frac{(N^{\circ} \text{Disj.} * 8\text{US\$})}{A} + \frac{(N^{\circ} \text{Relés} * 60\text{US\$})}{B} + \frac{(Comp. * 60\text{US\$})}{C} + \frac{(Comp. * 60\text{US\$})}{D}$$

Onde:

A= disjuntores por unidade x valor médio

B= Relés e soquetes por unidade x valor médio

C= Componentes x custo HH de fabricação peças

D= Componentes x custo HH de montagem

Tabela 1 – Peso, Área e Custo

Unidade	Peso (Kg)	Área (m²)	Custo (US\$)	Comp.	
				Disj.	Relé
SUPORTE DE RELÉ ESQUERDO	11	2,97	19.440,00	0	108
SUPORTE DE RELÉ DIREITO	12	2,97	21.600,00	0	120
PAINEL DE DISJUNTORES PRINCIPAL	11	3	30.720,00	240	0
CONTROLE DA "GALLEY"	1	1,99	1.260,00	0	7
CONTROLE DO "SPOILER"	2	1,04	5.040,00	0	28
CONTROLE DO SISTEMA DE ENTRET.	4	0,88	8.484,00	48	13
CONTROLE DO SISTEMA DE COMBUTÍVEL	6	3,94	13.596,00	12	67
TOTAL	47	16,79	100.140,00	300	343

1-2-4-Peso de Fios

Para distribuição de cargas são utilizados fios isolados com as seguintes características e porcentuais utilizados (SDE):

Tabela 2 – Dados dos fios

AWG	Kg/M	% UTILIZADA
16	0,0136	5
20	0,007	20
22	0,0047	45
24	0,0035	30

A seguir, cálculo aproximado do peso dos fios entre as unidades e as cargas.

A - Média de peso/metro de 0,005 Kg/M conforme cálculo:

$$\text{Média peso/metro} = (0,0136 * 0,05) + (0,007 * 0,2) + (0,0047 * 0,45) + (0,0035 * 0,3)$$

B - As saída das unidades Suporte de Relés Direito, Suporte de Relés Esquerdo e Painel de Disjuntores alimentam e controlam 60% das cargas na Fuselagem Dianteira (considerar 4 metros da unidade à carga), 10% das cargas na Fuselagem Central (considerar 8 metros da

unidade à carga) e 30% das cargas na Fuselagem Traseira (considerar 12 metros da unidade à carga)

C - As saídas das unidades de Controle da Galley, Controle do Spoiler e Controle do Sistema de Entretenimento alimentam e controlam 100% das cargas na Fuselagem Central (considerar 8 metros da unidade à carga)

D - As saídas das unidades de Controle de Combustível alimentam e controlam 100% das cargas na Fuselagem Traseira (considerar 4 metros da unidade à carga)

Tabela 3 – Peso de fios

UNIDADES	FIOS	DIANTEIRA	CENTRAL	TRASEIRA	PESO
SUPOORTE DE RELÉ ESQUERDO	930	11,16	3,72	16,74	31,62
SUPOORTE DE RELÉ DIREITO	848	10,176	3,392	15,264	28,832
PAINEL DE DISJUNTORES PRINCIPAL	262	3,144	1,048	4,716	8,908
CONTROLE DA "GALLEY"	50	0	2	0	2
CONTROLE DO "SPOILER"	69	0	2,76	0	2,76
CONTROLE DO SISTEMA DE ENTRET.	120	0	4,8	0	4,8
CONTROLE DO SISTEMA DE COMBUTÍVEL	245	0	0	4,9	4,9
PESO TOTAL (Kg)					83,82

1-3-Tecnologia SSPC (Solid State Power Controller)

Os componentes SSPC integram as funções de relés e disjuntores. Por se tratar de um componente em estado sólido, não possuem contatos eletromecânicos móveis como relés e disjuntores. Executam a proteção ou chaveamento, através de uma unidade de controle via barramento de comunicação (TCC UNIVAP, 2004).

1-3-1-Diagrama em Bloco

Proposta de distribuição em estado sólido.

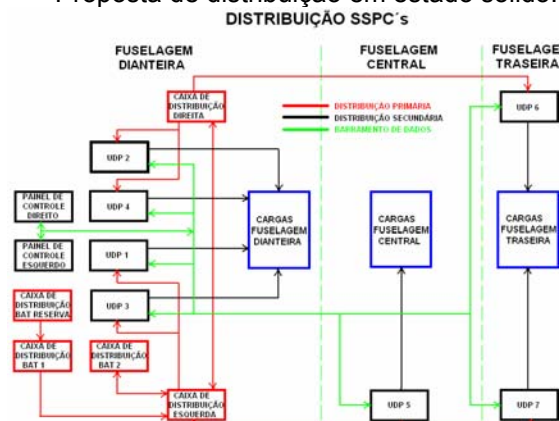


Figura 5 – Diagrama em bloco da Distribuição em Estado Sólido

1-3-2- Características dos Componentes

Para proposta de atualização tecnológica, as caixas e painéis do atual sistema de distribuição serão substituídas por UDP's (Unidade de Distribuição de Potência) e PC's (Painel de Controle). As UDP's permitem uma distribuição mais eficiente de energia sendo controlada e monitorada através de barramento de dados interligados aos PC's. Cada UDP consiste em uma placa de circuito impresso montado em uma caixa de dimensões pequenas, desenvolvidas para fixação na fuselagem, proporcionando flexibilidade de instalação em qualquer parte do avião e facilitando mudanças de configuração. As UDP's possuem ajuste de correntes máximas para cada carga. O status das cargas pode ser comunicado ao Computador de Manutenção Central (CMC). Há também proteção contra arco-voltáico, que detecta e salta no caso de arco intermitente na carga ou na fiação. Os valores abaixo são de unidades hipotéticas, com dados fornecidos pela AMETEK para um suposto desenvolvimento (AMETEK).

Tabela 4 – Peso, Área, Custo e Componentes em Estado Sólido por unidade

PESO (Kg)	ÁREA (mm)	CUSTO (US\$)	COMPONENTES (unidades)
			SSPC (saída)
4	334 X 286 X 60	20.000,00	50
2	178X142X163	9.000,00	0

1-3-3-Peso de Fios

Serão adotados os mesmos critérios da tecnologia eletromecânica:

A - Média de peso/metro de 0,005 Kg/M para fio simples conforme cálculo:

$$\text{Média peso/metro} = (0,0136 * 0,05) + (0,007 * 0,2) + (0,0047 * 0,45) + (0,0035 * 0,3)$$

B - As saída das unidades UDP 1, UDP 2, UDP 3 e UDP 4 alimentam e controlam cargas distribuídas na fuselagem dianteira e foram considerados 4 metros da unidade à carga.

C - As saída da unidade UDP 5 alimentam e controlam cargas distribuídas na fuselagem central e foram considerados 8 metros da unidade à carga.

D - As saída das unidades UDP 6 e UDP 7 alimentam e controlam cargas distribuídas na fuselagem traseira e foram considerados 4 metros da unidade à carga.

E - As saída das unidades PAINEL DE CONTROLE ESQUERDO e PAINEL DE CONTROLE DIREITO controlam e monitoram as UDP's via barramento através de fio blindado duplo de peso 0,016 Kg/M. Necessitam de 2 vias de comunicação devido às características do barramento. Foram consideradas as seguintes medidas dos painéis às UDP's:

- UDP1, UDP2, UDP3 e UDP4 – 4 metros
- UDP5 – 8 metros
- UDP6 e UDP7 – 12 metros

Tabela 5 – Peso de fios

UNIDADES	FIOS	DIANTEIRA	CENTRAL	TRASEIRA	PESO
UDP 1 *	50	1	0	0	1
UDP 2 *	50	1	0	0	1
UDP 3 *	50	1	0	0	1
UDP 4 *	50	1	0	0	1
UDP 5 *	50	0	2	0	2
UDP 6 *	50	0	0	1	1
UDP 7 *	50	0	0	1	1
PAINEL DE CONTROLE ESQUERDO **	14	0,5	0,3	0,8	1,6
PAINEL DE DONTROLE DIREITO **	14	0,5	0,3	0,8	1,6
PESO TOTAL (Kg)					11,2

* *Peso fios UDPI carga = (Quantidade de fios* 0.005*medida UDPI carga).*

** *Peso fios Painel I UDP carga = (Quantidade de fios * 0.016*medida Painel I UDP).*

2-Resultado

A seguir, uma tabela comparativa baseada em dados obtidos no estudo:

Tabela 6 – Comparação Tecnológica

ITEM	PARÂMETRO	TECNOLOGIA ELETROMECHANICA	TECNOLOGIA ESTADO SÓLIDO
1	Componentes	Disjuntores e Relé	SSPC
2	Operação	Comando e indicação integrados no Painel de Disjuntores	Comando e indicação via Display
3	Peso total das unidades	47 Kg	32 Kg
4	Peso total de fios externos às unidades	84 Kg	12 Kg
5	Custo total das unidades	US\$ 100.000,00	US\$ 160.000,00
6	Área ocupada	16 m ²	5 m ²
7	Performance	I ² T	I ² T + ARC FAULT + BIT
8	Riscos na certificação	Baixo	Baixo-Médio
9	Potência Consumida	Alta	Baixa
10	MTBF (tempo médio entre falhas)	2000 horas	4000 horas
11	Ruído	Alto	Nenhum
12	Resistência à vibrações	Médio	Muito alta

3-Discussão

A energia elétrica sempre foi necessária na aviação. A preocupação com a qualidade, quantidade e confiabilidade da energia são fatores determinantes no desenvolvimento de tecnologias para distribuição elétrica em

aeronaves. A arquitetura do sistema em estado sólido nos trás vantagens como: simplificação do sistema, consumo de energia, peso, volume, ruído, HH de projeto, HH de instalação, intervenção da tripulação no sistema e melhoria na proteção dos cabos. Apesar de grandes vantagens, temos desvantagens em itens importantes como custo, confiabilidade, robustez e dependência de fornecedores para atualização de software.

3-Conclusão

Para a aeronave em questão, devida às grandes vantagens, seria uma opção mais acertada a utilização da distribuição em estado sólido ou um misto das duas tecnologias. Os dados levantados proporcionarão aos Engenheiros e Projetistas a analisar as vantagens e desvantagens de cada tecnologia e, visando o produto como um todo, escolher a melhor opção.

Referências

- AMETEK Aerospace & Defence, www.ametekaerospace.com
- DEPMA, Distributed Electrical Power Management Architecture. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org>. Acesso em: fev. 2007.
- EPD, Electrical Protection Device – Disponível em www.content.airbusworld.com/sites/customer. Acesso em: fev. 2007.
- SDE, Sistema de Diagramas Elétrico (Software). Banco de Dados da seção de projetos elétricos. Empresa Brasileira de Aeronáutica, 2007.
- MANUAL DE TREINAMENTO- SISTEMA ELÉTRICO. Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. Acesso em: jan. 2007.
- TCC UNIVAP, 2004- Sistemas Inteligentes de Distribuição de Energia em Aeronaves. Macio Augusto Soares da Costa e Paulo Henrique Scarense.