

# MELHORIA DA CONFIABILIDADE E AUMENTO DO NÚMERO DE HORAS DE VÔO DAS UNIDADES DE GERAÇÃO DE CORRENTE ELÉTRICA DE AERONAVES.

**Adriano A. Barbieri<sup>1</sup>, Profa Mestre Lizia O. Acosta Dias<sup>2</sup>, Eng<sup>o</sup> Mestre Sergio Olguin<sup>3</sup>,**

<sup>1</sup>UNIVAP/FEAU, Av. Shishima Hifumi – SJC – SP - Brasil, adriano.barbieri@vivax.com.br

<sup>2</sup>UNIVAP/FEAU, Av. Shishima Hifumi – SJC – SP – Brasil, acostal27@terra.com.br

<sup>3</sup>Hamilton Sundstrand Aerospace<sup>2</sup>, One Hamilton Road, Windsor Locks, CT 06096 USA, sergio.olguin@hs.utc.com,

**Resumo** - A baixa confiabilidade, remoções sem razão aparente e baixo número de horas voadas dos CSDs e IDGs de uma determinada empresa aérea levou a fazer uma investigação no processo de manutenção e instalação destas unidades e seus periféricos, que formam o sistema de geração de energia elétrica AC das aeronaves de grande porte. Estes periféricos são tubos, mangueiras hidráulicas, trocadores de calor e módulos de filtros. Um estudo realizado nos dados de operação, manutenção e bases desta determinada companhia aérea que opera no Brasil evidenciou os problemas de instalação e remoção destas unidades de geração de corrente AC nos motores das aeronaves, assim como a ausência de monitoramento e manutenção deficiente das mesmas. Todo este histórico ocasionava falhas a estas unidades que acabaram por ser o motivo de remoções prematuras das unidades de geração de corrente A/C dos motores (CSDs e IDGs) gerando gastos com paradas de aeronaves não programadas e atrasos nos horários de decolagem dos vôos.

**Palavras-Chave:** Elétrica, Velocidade, Contaminação, Freqüência, Hidráulico

**Área do Conhecimento:** Manutenção Aeronáutica e Sistemas de Aeronaves.

## Introdução:

A partir dos anos 50, com o aumento do tamanho das aeronaves militares e comerciais surgiu a necessidade de fornecer energia elétrica em maior quantidade e qualidade aos vários componentes elétricos e eletrônicos embarcados. Estes equipamentos foram criados para facilitar a navegação e dar maior conforto a passageiros e tripulação. Seu aparecimento surgiu a partir do grande salto tecnológico que houve naquela época, nas áreas da elétrica e eletrônica. Com o aumento do consumo de energia nas aeronaves foi necessário adotar o uso de corrente alternada AC (*Alternated Current*). A energia elétrica usada nas aeronaves antes desta época, chamada de corrente contínua DC (*Direct Current*) exigia grandes e pesados equipamentos necessários para manter a corrente direta com os mesmos valores de voltagem durante as variações de rotação do motor devido às acelerações e desacelerações decorrentes do vôo. Além disto o diâmetro dos cabos para transferir esta energia ao longo da aeronave aumentava abruptamente em função do aumento da carga elétrica que era exigida nas aeronaves. Estes fatores adicionavam peso embarcado, comprometiam o desempenho e aumentavam o consumo de combustível da aeronave.

Porém este problema não ocorreria se fosse utilizada corrente alternada, conhecida como

corrente AC, que foi adotada para suprir as cargas elétricas nos aviões modernos de mais de 50 passageiros a partir dos anos 50. A voltagem adotada foi de 115 VAC. A corrente alternada está associada a certa freqüência que deve ser constante para a alimentação dos equipamentos eletrônicos no avião. Foi escolhida a freqüência de 400hz. Para se manter essa freqüência constante é necessário que os geradores de corrente AC trabalhem a RPM constante. Como a fonte de energia disponível nos aviões é o motor, que funciona com RPM variável dependendo da posição do manete de potência que é administrado pelo piloto durante as varias fases do vôo, e o Gerador, por sua vez fica acoplado ao motor da aeronave, a freqüência da corrente gerada seria variável o qual não é satisfatório.

Este problema foi solucionado com a criação da CSD (*Constant Speed Drive*) e mais tarde sua segunda geração denominada de IDG (*Integrated Drive Generator*). Esta peça é acoplada diretamente na caixa de acessórios do motor da aeronave e corrige em questão de décimos de segundo qualquer variação de rotação recebida no seu eixo de entrada para fornecer uma rotação constante no seu eixo de saída onde o gerador AC esta instalado. Assim, não é necessária nenhuma correção nas características da energia gerada uma vez que a voltagem e ciclagem do gerador não se alteram quando a rotação do motor é variada durante o vôo.

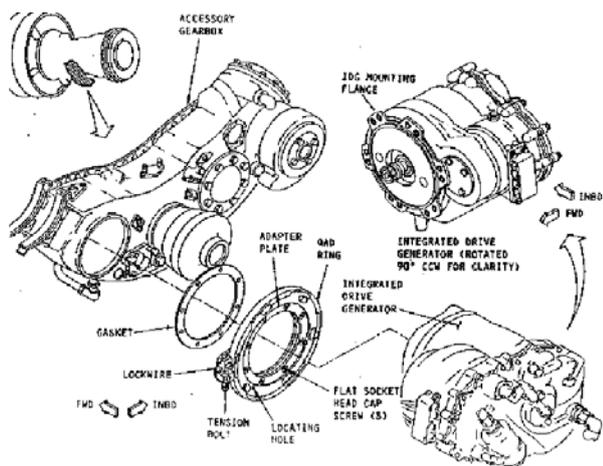


Figura 1- Esquema de montagem da CSD/IDG no motor da Aeronave.

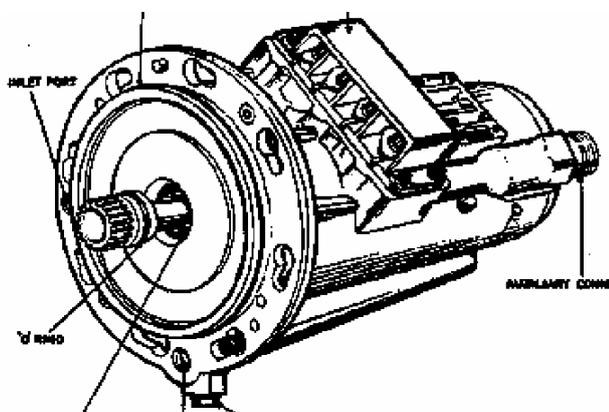


Figura 2- Gerador que vai acoplado à CSD

### Funcionamento da CSD ou IDG:

A CSD ou o IDG são unidades Hidro-Mecânicas que trabalham com um sistema fechado de arrefecimento e filtragem de óleo. Estes componentes funcionam com uma unidade hidráulica, que é responsável pela adição ou subtração de rotação ao diferencial que por sua vez transmite rotação corrigida e constante para a saída da unidade onde se encaixa o gerador. O princípio de funcionamento é da seguinte forma, o governador, unidade responsável pelo controle do funcionamento da CSD fica acoplado através de engrenagens no eixo de entrada da CSD, e sente a rotação de entrada enviada pela caixa de acessórios do motor. Através de pêndulos rotativos que abrem e fecham de acordo com a força centrífuga, este aciona um eixo que controla a passagem de óleo (sinal criado por pressão hidráulica) para o pistão de controle da unidade hidráulica, também chamada de motor-bomba. O motor-bomba soma ou subtrai rotação através de um complexo conjunto de engrenagens planetárias chamado de diferencial. O diferencial transmite a rotação já corrigida e no RPM correto

para o eixo de saída da unidade, onde fica conectado o gerador AC, o gerador AC recebe a rotação sempre constante vinda da CSD e gera energia elétrica para a aeronave nas condições previstas para o bom funcionamento do sistema elétrico que no caso é de 115 Volts com 400 Hertz de frequência.

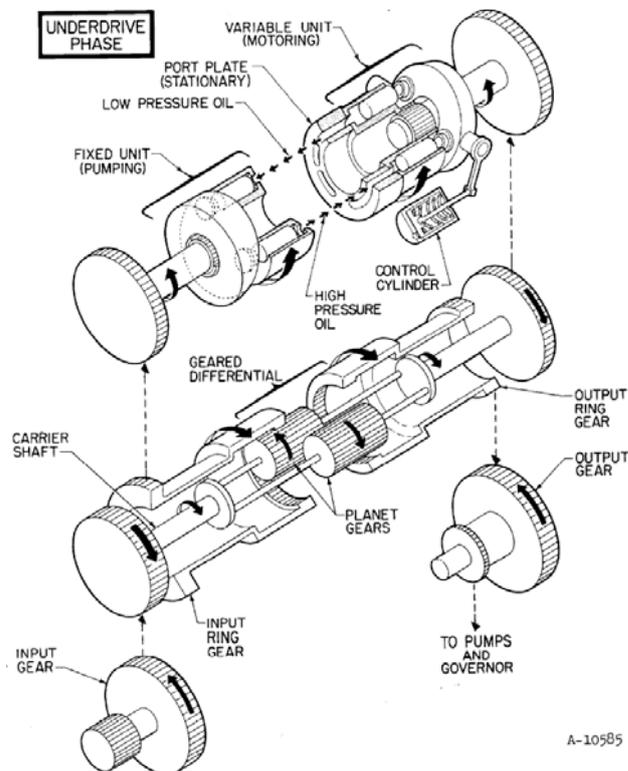


Figura 3- Esquema de funcionamento da CSD.

### Metodologia:

Para desenvolver um melhor processo de manutenção dos componentes que fazem parte do sistema de arrefecimento do óleo utilizado nas unidades de geração AC assim como desenvolver um procedimento que deverá ser usado no caso de remoção destas unidades. Isto traz um aumento da confiabilidade e redução de custos operacionais para os operadores destas aeronaves devido a remoções ou quebras prematuras dos CSDs ou IDGs ocasionadas pelo mau funcionamento dos periféricos do seu sistema de arrefecimento e filtragem de óleo, que são fundamentais a vida útil em serviço destas unidades.

### Descrição do problema:

A vida útil do CSD instalado nos motores das aeronaves de determinados operadores não estava tendo uma confiabilidade adequada, pois não estavam voando um número de horas que estaria dentro da média mundial descrita como aceitável pelo fabricante. Os números eram

surpreendentes, como por exemplo, CSDs que deveriam voar 9.000 horas até serem removidas por falha ou para revisão geral não estavam voando mais que 4.000 horas sendo que esta situação era completamente inaceitável e demandava uma profunda investigação para se determinar as causas do problema.

### **Investigação na oficina de reparos do componente:**

Durante este processo foram desmontadas na oficina do fabricante todas as unidades que chegavam para reparo com baixo número de horas e feitas análises de metalografia nas peças com falhas ou desgaste excessivo para aquela quantidade de horas de voo.

Constatou-se que todas as unidades que passaram por este detalhado processo de investigação, apresentavam em suas partes mecânicas áreas com corrosão causada por abrasão e outras por hidrólise devido a efeitos da mistura de água no óleo, além disto, as partes internas da carcaça do componente continham uma espécie de contaminação pegajosa a qual após ensaios de laboratório constatou-se que eram provenientes de óleo contaminado, com alto grau de acidez somado a partículas de magnésio, material do qual é fabricada a carcaça da CSD.

O que acontece, na prática é que com o tempo o óleo começa a ter sua acidez aumentada pelo próprio desgaste normal de trabalho somado a contaminação por umidade externa. Como as engrenagens dentro da CSD têm uma rotação muito alta, elas lançam este óleo contra as paredes da carcaça. O forte impacto deste óleo causa a remoção de partículas que se misturam com o próprio óleo criando aquela contaminação pegajosa.

### **Investigação com o operador da unidade:**

Durante a pesquisa de campo baseada em visita e acompanhamento de remoção e instalação de unidades CSD e IDG, em alguns operadores, foi notado que quando uma unidade saía por quebra ou falha do sistema, os operadores limpavam o sistema fechado de arrefecimento de óleo através de um método chamado de *Flush*, que nada mais é que injetar óleo limpo na entrada do circuito hidráulico externo do CSD até que este óleo limpo expulse o óleo sujo pela saída do sistema. Quando o óleo limpo flui pela saída do sistema indica em teoria que o mesmo esteja limpo, e uma nova unidade CSD ou IDG pode ser conectada ao sistema.

### **Fundamentação do problema baseado em resultados das investigações de oficina e de campo:**

Como o circuito de óleo da CSD ou IDG é um sistema fechado e não tem consumo ou perda de quantidade de óleo em seu interior durante o funcionamento, alguns operadores levavam tempo demais para executar trocas de óleo e filtros, o que ocasionava a contaminação do sistema com óleo velho e partículas de magnésio que se depositavam nas paredes da CSD causando uma película pegajosa ao longo de toda a parte interna das tubulações e trocadores de calor do sistema de arrefecimento de óleo da CSD/IDG.

Quando ocorre a falha de uma destas unidades a mesma libera grande quantidade de limalha no seu próprio óleo. Estas limalhas são pequenas partículas de metal geradas pelo atrito excessivo entre as peças internas do sistema mecânico da CSD/IDG durante uma falha, estas peças são dentes de engrenagem, rolamentos, pistões, etc.

Estas partículas se prendem na película pegajosa que contamina todo o sistema de arrefecimento da CSD/IDG que é formado por tubulações, módulos de filtro e trocadores de calor.

Após a remoção da unidade falhada o operador executava o *flush* em toda a linha do sistema hidráulico externo da CSD/IDG como foi explicado anteriormente, porém este processo de limpeza era ineficiente. A passagem de óleo limpo através das linhas do sistema não é suficiente para arrastar ou remover a contaminação pegajosa que existe nas paredes das tubulações do sistema, trocadores de calor, módulos de filtro, etc.

Assim, uma nova CSD ou IDG era instalada neste sistema que havia passado por um processo de *flush*, o qual aparentemente dava uma falsa sensação de segurança ao operador da aeronave que imaginava que o sistema estaria limpo.

Depois da instalação de uma nova unidade a vibração gerada pelo motor da aeronave e o óleo do CSD que trabalha aquecido a uma temperatura de uns 90 graus centígrados, ocasionam a liberação das partículas metálicas que estão presas na contaminação pegajosa da parede dos tubos e trocadores de calor, fazendo com que estas partículas metálicas contaminem a nova CSD/IDG recém revisada e instalada.

Estas partículas metálicas passam pelas partes polidas ou retificadas da unidade hidráulica do CSD/IDG causando riscos e conseqüentemente vazamentos internos no motor-bomba. Isto faz com que o conjunto do motor-bomba tenha que trabalhar a uma rotação mais elevada para compensar as variações de rotação da turbina mais os seus próprios vazamentos internos causados pelos riscos nas partes polidas. Desta forma a vida útil do conjunto motor-bomba ficará muito reduzida e conseqüentemente ocasionará a falha da CSD com um número muito inferior de horas de voo às que seriam aceitáveis para ter uma falha ocasionando uma baixa confiabilidade.

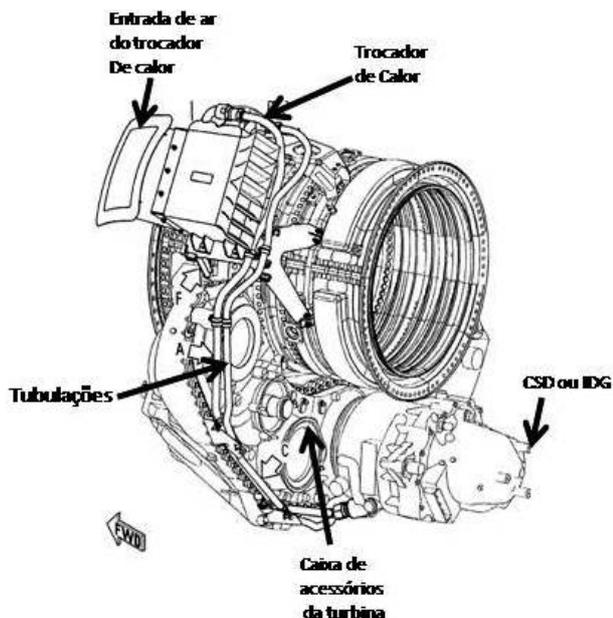


Figura 4- Sistema de óleo da CSD

#### Solução encontrada para o problema:

A solução encontrada para o problema foi que quando houvesse uma troca de uma CSD/IDG devido à falha, deveriam ser trocadas também todas as partes que compunham o sistema de arrefecimento e filtragem de óleo da CSD/IDG.

Este sistema de arrefecimento é composto por um trocador de calor, dois tubos, duas mangueiras, e um módulo dos filtros que são instalados no motor da aeronave. Estas peças removidas devem ser descontaminadas, limpas, reparadas e testadas. A partir desta iniciativa foi criado um conjunto de partes que ficavam acondicionadas em uma caixa de madeira, formando o chamado *Kit Hidráulico*; este contém todas as peças que fazem parte do sistema de arrefecimento de óleo da CSD/IDG e que foram citados acima. Várias unidades deste *Kit Hidráulico* foram produzidas e enviadas às bases estratégicas onde poderia haver uma troca de CSD ou IDG. Então quando uma CSD ou IDG falhava, não somente ela era substituída, mas também todo o seu sistema de transferência, filtragem e arrefecimento de óleo, garantindo que todo o sistema que iria ser usado com a nova unidade instalada estaria livre de qualquer contaminação, este processo levou mais de dois anos para ser totalmente aplicado na prática, todavia após este período o número de horas de voo das CSDs desta companhia aérea subiu gradativamente de 4.000 horas de voo em média, antes de uma unidade apresentar falha, para 9.000 horas de voo. O processo de revisão das peças do *Kit Hidráulico* após sua remoção também recebeu um cuidado muito grande para garantir que o mesmo

retorne ao serviço sem contaminação alguma por resíduos do óleo contaminado ou partículas metálicas. As tubulações e mangueiras são limpas usando uma pistola de ar comprimido que dispara um projétil de espuma na parte interna dos mesmos arrancando toda a contaminação pastosa da parede destas linhas hidráulicas. Estas peças têm sua limpeza finalizada com álcool isopropílico.

O trocador de calor é desmontado e nele é injetada uma solução de oxi-limoeno (desengraxante a base de sumo da casca de frutas cítricas) usado para remover as manchas e crostas criadas pelo óleo sintético. Este produto fica por 12 horas agindo dentro do trocador de calor que após este tempo é lavado com água quente e fica em um forno a 100 graus centígrados durante 12 horas para garantir que não fique nenhum vestígio de umidade. Depois o trocador passa por um ensaio não destrutivo (Raios-X) para verificação de existência de alguma partícula metálica que possa ter resistido ao processo de limpeza. Então o trocador de calor é montado e passa por um *flush* com óleo limpo a uma pressão de 40 PSI para verificar possíveis vazamentos que podem ocorrer durante o seu processo de montagem.

#### Conclusão final:

Os custos da criação deste *Kit Hidráulico* e a distribuição de unidades do mesmo às bases de manutenção mais estratégicas de operação da companhia aérea onde pode ocorrer uma troca de CSDs ou IDGs foram muito pequenos em relação ao aumento de horas de voo que a companhia aérea passou a ter. O custo de uma revisão de CSD removido por falha ou quebra prematura é aproximadamente de U\$ 40.000 (quarenta mil dólares). Considerando que após a aplicação deste processo detalhado acima o operador obteve um aumento desde 4.000 horas para 9.000 horas de operação dos CSDs antes da falha normal, podemos dizer que o ganho obtido com esta nova técnica de manutenção foi de mais de 100% em redução de custos de manutenção e aumento da confiabilidade do componente.

#### Referências bibliográficas:

- EDWARD, Charles. **Aircraft Maintenance and Repair**. Northrop I.T, EUA, McGraw-Hill, 2003
- KINNISON, Harry. A, **Aviation Maintenance Management**, EUA, McGraw-Hill, 2004.
- SUNDSTRAND, Hamilton. **Constant Speed Drive**, EUA, C.M.M and I.P.C, 1982.
- SUNDSTRAND, Hamilton. **Integrated Drive Generator**, EUA, C.M.M and I.P.C, 1996.