



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 102015010076-0 B1



(22) Data do Depósito: 04/05/2015

(45) Data de Concessão: 10/05/2022

(54) Título: SISTEMA DE CONDICIONAMENTO AMBIENTAL DE AERONAVE, E, MÉTODO PARA OPERAR UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO AMBIENTAL DE AERONAVE

(51) Int.Cl.: B64D 13/06; B64D 13/02; B64D 45/00.

(30) Prioridade Unionista: 02/05/2014 US 61/988031; 06/02/2015 US 14/616129.

(73) Titular(es): HAMILTON SUNDSTRAND CORPORATION.

(72) Inventor(es): WILLIAM H. LUKENS; LYNN M. ROG; PAUL M. D'ORLANDO; FRANCESCO A. DEVITA; JOHN T. GATZURAS; WILLIAM D. HOYT.

(57) Resumo: SISTEMA DE CONDICIONAMENTO AMBIENTAL DE AERONAVE, E, MÉTODO PARA OPERAR UM TAL SISTEMA. Um sistema de condicionamento ambiental de aeronave é divulgado tendo uma máquina de ciclo de ar para condicionar um fluxo de ar compreendendo ar comprimido quente reduzindo sua temperatura e pressão. A máquina de ciclo de ar está disposta num alojamento numa área não pressurizada da aeronave e produz ar pressurizado condicionado para distribuição para uma área pressurizada da aeronave. O sistema também inclui um sensor de vibração disposto dentro do alojamento e um controlador em comunicação com o sensor de vibração que está configurado para responder à vibração detectada pelo sensor de vibração.

“SISTEMA DE CONDICIONAMENTO AMBIENTAL DE AERONAVE, E, MÉTODO PARA OPERAR UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO AMBIENTAL DE AERONAVE”

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS RELACIONADOS

[0001] Este pedido de patente reivindica prioridade do Pedido de Patente Provisório US N° de Série 61/988031, depositado em 2 de maio de 2014, que é aqui incorporado por referência na sua totalidade.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[0002] Esta invenção se refere a sistemas de condicionamento de ar ambiental (ECS) e, mais especificamente, a sistemas de condicionamento de ar ambiental de ciclo de ar, tal como utilizados numa aeronave.

[0003] Aviões que voam em altitudes acima daquela na qual o ar ambiente é adequado para tripulação, passageiros, carga ou equipamentos muitas vezes são equipados com sistemas de condicionamento de ar ambiental de ciclo de ar para fornecer ar condicionado pressurizado. Estes sistemas de condicionamento de ar utilizam tipicamente uma sangria de ar pressurizado de um motor de ventilador de turbina ou uma unidade de potência auxiliar (APU), ou em alguns casos de um compressor alimentado eletricamente como uma fonte de ar comprimido que flui ao longo de um caminho de fluxo de ar através do sistema de condicionamento de ar ambiental de ciclo de ar para produzir ar condicionado para o cockpit e a cabine de passageiros ou de outras áreas pressurizadas da aeronave. O ar comprimido que é alimentado para estes sistemas está tipicamente a uma temperatura e pressão muito acima da temperatura e pressão normais para ar condicionado ser fornecido ao cockpit e a cabine de passageiros, por isso ele deve ser expandido e resfriado pelo sistema de condicionamento de ar antes que ele possa ser descarregado como ar condicionado. Sistemas de condicionamento ambiental de ciclo de ar de aviação tipicamente processam o ar de sangria através de múltiplos ciclos de resfriamento/redução de pressão e compressão/aquecimento. Resfriamento

e redução de pressão são realizados com trocadores de calor (incluindo condensadores) e com turbinas (que também extraem trabalho do ar de sangria), enquanto compressão/aquecimento é realizado com compressores e reaquecedores. Muitos sistemas incluem, pelo menos, um trocador de calor que utiliza ar externo para resfriar o ar de sangria, com um ventilador de trocador de calor normalmente incluído para aumentar o fluxo externo em condições quando o fluxo de entrada pressão dinâmica do ar não está disponível.

[0004] Sistemas ECS de aviação à base de ciclo de ar são solicitados a operar numa variedade de condições. Algumas destas condições podem envolver exposição a particulados transportados pelo ar, o que pode resultar na acumulação de detritos particulados no e em torno do lado de absorção de calor de trocadores de calor que utilizam ar externo para absorver calor do ar de sangria. Acúmulo contínuo de tais detritos pode finalmente levar a parcial a completo ou quase completo bloqueio do fluxo de ar no lado de absorção de calor do trocador de calor, o que pode resultar em desempenho de resfriamento reduzido, problemas no ventilador do trocador de calor, tal como surgência do ventilador, pás do ventilador quebradas e falha do sistema. Quebra de pá de ventilador também pode envolver mancais de encosto danificados, atritos do rotor da turbina e eventos de fumaça na cabine. Outros componentes de ECS incluindo, mas não limitados a turbinas e compressores e seus componentes associados, também estão sujeitos a desgaste e quebra de componente, o que também pode resultar em eventos de fumaça na cabine. Eventos de fumaça na cabine são bastante perturbadores para operações de voo e podem resultar numa perturbação para passageiros, implantação de equipamentos de emergência e potencial re-encaminhamento de voos.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0005] De acordo com alguns aspectos da invenção, um sistema de condicionamento ambiental de aeronave compreende uma máquina de ciclo

de ar para condicionar um fluxo de ar compreendendo ar comprimido quente reduzindo sua temperatura e pressão. A máquina de ciclo de ar está disposta num alojamento numa área não pressurizada da aeronave e produz ar pressurizado condicionado para distribuição para uma área pressurizada da aeronave. O sistema também inclui um sensor de vibração disposto dentro do alojamento e um controlador em comunicação com o sensor de vibração que está configurado para responder à vibração detectada pelo sensor de vibração.

[0006] De acordo com alguns aspectos da invenção, um método para operar um sistema de condicionamento ambiental de aeronave compreende operar uma máquina de ciclo de ar disposta num alojamento numa área não pressurizada da aeronave para condicionar ar comprimido quente reduzindo sua temperatura e pressão para produzir ar condicionado ar para distribuição para uma área pressurizada da aeronave. O método também inclui monitorar a saída de um sensor de vibração disposto dentro da máquina de ciclo de ar. De acordo com o método, é gerado um alerta em resposta à vibração detectada pelo sensor de vibração.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0007] O assunto que é considerado como a invenção é particularmente salientado e distintamente reivindicado nas reivindicações no final do relatório descritivo. O anterior e outras características e vantagens da invenção são evidentes a partir da seguinte descrição detalhada tomada em conjunto com a Figura em anexo, que é uma representação esquemática de um sistema de condicionamento ambiental de aeronave.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0008] Com referência à Figura, a Figura representa esquematicamente um sistema de condicionamento de ar ambiental exemplificativo 100 para uma aeronave. O sistema de condicionamento de ar ambiental 100 está dentro do alojamento 105 (apenas uma porção do alojamento 105 é mostrada) disposto numa área não pressurizada de uma

aeronave separada de uma área pressurizada pela antepara 110. Como mostrado na Figura, o ar comprimido 112 de uma fonte de ar comprimido (não mostrada), tal como uma sangria de motor de turbina, uma sangria APU, ou um compressor acionado eletricamente, é fornecido através da válvula de controle 114 e conduto 116 para o trocador de calor 115 (também denominado na técnica como um trocador de calor primário) onde ele rejeita calor para o ar ambiente que flui através ou por um lado de absorção de calor do trocador de calor 115. Ar comprimido resfriado é descarregado do trocador de calor 115 para o compressor 120. Uma porção do ar indo para o trocador de calor 115 pode ser controladamente desviada através do conduto 117 e da válvula de controle/expansão 119 para misturar com a saída da turbina 144 e controlar a temperatura do ar condicionado 148. O compressor 120 comprime sua porção do ar do trocador de calor 115, o que também resulta em aquecimento do ar. O ar comprimido adicional é descarregado do compressor 120 através do conduto 124 para o trocador de calor 126 (também denominado na arte como um trocador de calor secundário) onde ele rejeita calor para o ar ambiente que flui através ou pelo lado de absorção de calor do trocador de calor 126.

[0009] O ar ambiente 113 que flui através ou pelos lados de absorção de calor dos trocadores de calor 115 e 126 pode ser um fluxo de ar de pressão dinâmica do ar de uma superfície virada para frente da aeronave. Em condições nas quais fluxo de ar insuficiente é gerado pelo movimento direto da aeronave para operação dos trocadores de calor 115, 126, o fluxo de ar pode ser assistido pela operação do ventilador 128. A válvula de retenção/desvio 129 permite desvio do ventilador 128 quando o fluxo de ar pressão dinâmica do ar é suficiente para as necessidades dos trocadores de calor 115 e 126. Os trocadores de calor 115, 126 podem compartilhar um caminho de fluxo para o ar de resfriamento ambiente e podem ser integrados numa única unidade com o trocador de calor 115, por vezes denominado

como um trocador de calor primário, e o trocador de calor 126, por vezes denominado como um trocador de calor secundário. Ar resfriado descarregado do trocador de calor 126 é distribuído através do conduto 132 para um lado de rejeição de calor do trocador de calor 130. No lado de rejeição de calor do trocador de calor 130, o ar é ainda resfriado até uma temperatura igual ou abaixo do ponto de orvalho do ar e flui para a unidade de remoção de água 135 onde água líquida 136 condensada do ar é removida. O ar desumidificado flui através de um lado da absorção de calor do trocador de calor 130, onde ele é reaquecido antes de ser distribuído através do conduto 138 para a turbina 140, onde trabalho é extraído quando o ar é expandido e resfriado pela turbina 140. Uma porção do ar indo para a turbina 140 pode ser desviada pela válvula 141, se necessário para permitir que a temperatura do ar na entrada para o lado de absorção de calor do trocador de calor 130 esteja acima do congelamento. O ar expandido resfriado descarregado da turbina 140 é distribuído através do conduto 142 para um lado de absorção de calor do trocador de calor 130 onde, juntamente com o ar desumidificado descarregado da unidade de coleta de água 135, ele proporciona resfriamento necessário para condensar vapor de água do ar no lado de rejeição de calor do trocador de calor 130. As correntes de ar no lado de absorção de calor do trocador de calor 130 são, assim, reaquecidas. O trocador de calor 130 é também por vezes denominado como um condensador/reaquecedor e pode ser integrado com a unidade de remoção de água 135 numa única unidade. O ar reaquecido do conduto 142 que sai do lado de absorção de calor do trocador de calor 130 flui através do conduto 143 para a turbina 144, onde ele é expandido e resfriado e, em seguida, descarregado do sistema 100 através do conduto 145 como ar condicionado 148 para fornecer ar condicionado para uma carga de resfriamento, por exemplo, a cabine da aeronave. Uma válvula de retenção 146 na antepara 110 impede fluxo de saída da área pressurizada da aeronave através do sistema de condicionamento de ar ambiental 100

durante o voo quando o sistema 100 não está sendo operado.

[0010] O sistema de condicionamento de ar ambiente 100 também inclui um caminho de transferência de potência 147, tal como um eixo rotativo que transfere potência para o compressor 120 e o ventilador 128 de trabalho extraído pelas turbinas de 140 e 144. As partes móveis associadas com o caminho de transferência de potência 147, bem como as partes móveis e quaisquer partes que contatam partes móveis (por exemplo, mancais, buchas, suportes, alojamentos, palhetas, pás, etc.) de qualquer um ou todos do compressor 120, ventilador 128 ou turbinas 140 e 144, podem ser uma fonte ou fator de contribuição para falha catastrófica de sistema que pode resultar num evento de fumaça da cabine. Por exemplo, ao longo do tempo o lado de absorção de calor dos trocadores de calor 115 e 126 pode ficar obstruído com detritos aerotransportados da entrada de ar 113. Quando isto acontece, as pás de ventilador do ventilador 128 são submetidas a tensão inesperada porque ar suficiente não é fornecido através dos trocadores de calor 115, 126 para operação aerodinâmica suave das pás do ventilador. Se o bloqueio não for detectado, uma ou mais pás do ventilador podem quebrar, resultando numa falha de mancal que gera fumaça que é soprada pela máquina de ciclo de ar para a cabine da aeronave.

[0011] Como mostrado na Figura, o sistema de condicionamento ambiental 100 pode ser equipado com um ou mais sensores de vibração, tal como qualquer um ou mais dos sensores de vibração exemplificativos 152, 154, 156 ou 158. Monitorando a vibração ou outro movimento de componentes em movimento na máquina de ciclo de ar e componentes não em movimento na proximidade de tais componentes em movimento, vibração ou outros movimentos inesperados ou anormais podem ser detectados que são indicativos de uma falha de equipamento iminente ou real. Um controlador 160 é mostrado na Figura, o qual está em comunicação (por exemplo, comunicação sem fios, comunicação com fios ou ambas as comunicações

com ou sem fios) com o(s) sensor(es) 152, 154, 156, 158 e pode também estar em comunicação com vários outros componentes de sistema (por exemplo, comutadores elétricos, sensores de pressão, sensores de temperatura, sensores de fluxo, válvulas de controle, etc.). O controlador pode estar localizado dentro ou fora do alojamento 105 e pode ser um controlador local em rede com outros controladores ou um controlador de sistemas de aeronave, ou pode ser integrado com o controlador de nível de sistema. Como mostrado na Figura, cada um dos sensores de vibração 152, 154, 156 e 158 é posicionado em contato com ou próximo a cada um dos dispositivos rotativos, ventilador 128, compressor 120, turbina 140 ou turbina 144, respectivamente e podem, portanto, fornecer informação para o controlador 160 que é específica para identificar o dispositivo que apresenta problemas. Os sensores de vibração podem ser qualquer um de uma variedade de tipos conhecidos de sensores incluindo, mas não se limitando a, sensores de velocidade ou sensores de proximidade. Em algumas modalidades, os sensores de vibração são acelerômetros. Como um acelerômetro fornece um fluxo de dados das forças g agindo sobre ele, a leitura do acelerômetro pode ser usada para detectar não apenas intensidade de vibração, mas também padrões de vibração ou movimento de componentes tais como um padrão de cavitação para o ventilador 128 indicativo de fluxo de ar insuficiente através do lado de absorção de calor de trocadores de calor 115, 126. A leitura de força g de acelerômetros também pode ser utilizada para determinar a velocidade rotacional (ou seja, rotações por minuto) da turbina 140, turbina 144, compressor 120, ventilador 128 ou o caminho de transferência de potência 147. Velocidades de rotação fora de uma faixa normal (por exemplo, 10.000-50.000 rpm) podem ser indicativas de falha iminente ou real do equipamento.

[0012] Em operação, os critérios específicos utilizados pelo controlador 160 para identificar operação de dispositivo anormal variarão com base nas especificações do equipamento e no projeto do sistema, mas

podem ser determinados por experimentação com falhas simuladas. Por exemplo, a saída do sensor de vibração 152 associado com o ventilador 128 pode ser observada em condições em que o lado de absorção de calor dos trocadores de calor 115, 126 é propositalmente bloqueado até graus variados e os dados observados podem ser usados para estabelecer condições para o controlador 160 para identificar dados anômalos durante a operação do sistema. Alguns modos de falha de equipamento podem fornecer assinaturas vibracionais ou de movimento detectáveis antes da falha real (ou seja, falha iminente) ou no início da falha (ou seja, falha real), permitindo o fornecimento de um alerta para tripulação de voo ou pessoal de manutenção com antecedência a qualquer falha de equipamento. Por exemplo, um trocador de calor bloqueado 115, 126 pode causar cavitação, cuja assinatura de vibração ou movimento do qual pode ser detectada por um acelerômetro. Cavitação pode levar à quebra da pá do ventilador, o que rapidamente pode levar a uma falha de mancal produtoras de fumaça ou superaquecimento do equipamento. Quebra da pá do ventilador pode ser detectada também com base nas características de saída do sensor de vibração 152 como um início de falha de equipamento. Outro modo de falha detectável por sensores de vibração é uma falha de mancal. Um sensor de vibração fixado ou próximo de um alojamento de mancal pode detectar falha de mancal iminente por meio de vibração. No início de falha catastrófica de equipamento produtora de fumaça, um sensor de vibração fixado ou próximo de um alojamento de mancal pode detectar uma assinatura de vibração falsa.

[0013] Em algumas modalidades, um primeiro tipo de alerta de falha de equipamento iminente é feito com base num primeiro conjunto de critérios de saída do(s) sensor(es) de vibração e um segundo tipo de alerta é feito no início da falha do equipamento com base em um segundo conjunto de critérios de saída do(s) sensor(es) de vibração. Naturalmente, múltiplos conjuntos de critérios podem ser utilizados para gerar múltiplos tipos de

alertas. Em algumas modalidades exemplares, o controlador 160 pode ser configurado para fornecer um alerta para a tripulação de voo iniciar uma transição para uma máquina de ciclo de ar a bordo paralela ou descer para uma altitude onde a pressurização da cabine não é necessária, assim limitando ou evitando danos ao equipamento. Em alternativa, o controlador pode iniciar automaticamente uma transição para uma máquina de ciclo de ar paralela. Um alerta também pode ser feito para o pessoal de manutenção em solo para inspecionar e reparar o conjunto de fluxo de ar do trocador de calor, substituindo quaisquer componentes que mostrem sinais de danos ou que dados coletados pelo controlador 160 indicam tenha sido submetidos a condições que poderiam causar danos a componentes indetectáveis (por exemplo, fadiga de metal em pás de ventilador). As mesmas opções de controle existem no estágio de início de falha (por exemplo, alertar a tripulação de voo, desligar automaticamente o equipamento e partir uma máquina de ciclo de ar a bordo paralela ou deixar um alerta ou rastro de dados para o pessoal de manutenção baseado em solo), obviamente com maior urgência para desligar o equipamento. Mesmo no início da falha do equipamento, detecção pró-ativa na origem da falha do equipamento pode proporcionar um início valioso para quaisquer medidas tomadas para evitar a fumaça de entrar na cabine da aeronave, em comparação com a abordagem anterior de esperar até a fumaça ser cheirada ou já observada na cabine.

[0014] Embora a invenção tenha sido descrita em detalhes em ligação com apenas um número limitado de modalidades, deve ser prontamente entendido que a invenção não está limitada a tais modalidades divulgadas. Em vez disso, a invenção pode ser modificada para incorporar qualquer número de variações, alterações, substituições ou disposições equivalentes, até agora não descritas, mas que são comensuráveis com o espírito e escopo da invenção. Adicionalmente, embora várias modalidades da invenção tenham sido descritas, é para ser entendido que os aspectos da invenção podem incluir

apenas algumas das modalidades descritas. Conseqüentemente, a invenção não é para ser vista como limitada pela descrição anterior, mas é limitada apenas pelo escopo das reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de condicionamento ambiental de aeronave, caracterizado pelo fato de que compreende:

uma aeronave compreendendo uma área pressurizada, uma área não pressurizada e um alojamento na área não pressurizada da aeronave;

uma máquina de ciclo de ar disposta em um alojamento para condicionar um fluxo de ar compreendendo ar comprimido quente reduzindo sua temperatura e pressão para produzir ar condicionado ar pressurizado para distribuição para a área pressurizada da aeronave, a máquina de ciclo de ar compreendendo pelo menos um de um ventilador de trocador de calor, uma turbina ou um compressor;

um acelerômetro disposto dentro do alojamento e posicionado e configurado para detectar vibração e velocidade de rotação do um ou mais do ventilador trocador de calor, do compressor ou da turbina; e

um controlador em comunicação com o acelerômetro configurado para responder à vibração detectada pelo acelerômetro.

2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a máquina de ciclo de ar compreende um ventilador de trocador de calor, uma turbina e um compressor e compreende um acelerômetro separado associado com cada um do ventilador de trocador de calor, da turbina e do compressor.

3. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a máquina de ciclo de ar compreende uma turbina e um compressor ao longo de um caminho de fluxo de ar que produz o ar pressurizado condicionado e um ventilador de trocador de calor, em que a turbina fornece energia para o compressor ou o ventilador de trocador de calor ao longo de um eixo rotativo.

4. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o controlador é configurado para gerar um

alerta em resposta à detecção de vibração pelo acelerômetro.

5. Sistema de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o controlador ainda é configurado para desligar a máquina de ciclo de ar em resposta à detecção de vibração pelo acelerômetro.

6. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 ou 5, caracterizado pelo fato de que o controlador ainda é configurado para iniciar a operação de uma segunda máquina de ciclo de ar.

7. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que o controlador é configurado para fornecer um alerta de falha iminente de equipamento baseado em um primeiro conjunto de critérios de saída do acelerômetro e para fornecer um segundo alerta do início de falha de equipamento ou desligamento da máquina de ciclo de ar com base em um segundo conjunto de critérios de saída do acelerômetro.

8. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que o controlador é configurado para fornecer um alerta para manutenção em terra da máquina de ciclo de ar.

9. Método para operar um sistema de condicionamento ambiental de aeronave, para uma aeronave compreendendo uma área pressurizada e uma área não pressurizada, o método caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

operar uma máquina de ciclo de ar disposta num alojamento na área não pressurizada da aeronave, a máquina de ciclo de ar compreendendo pelo menos um de um ventilador trocador de calor, uma turbina ou um compressor, para condicionar ar comprimido quente reduzindo sua temperatura e pressão para produzir ar condicionado ar pressurizado para distribuição para a área pressurizada da aeronave;

monitorar a saída de um acelerômetro posicionado e configurado para detectar vibração e uma velocidade rotacional de um ou

mais do ventilador trocador de calor, da turbina ou do compressor; e

fornecer um alerta aeronave em resposta à vibração detectada pelo acelerômetro.

10. Método de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que compreende ainda desligar a máquina de ciclo de ar em resposta à vibração detectada pelo acelerômetro.

11. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 ou 10, caracterizado pelo fato de que compreende ainda iniciar a operação de uma segunda máquina de ciclo de ar.

12. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 11, caracterizado pelo fato de que compreende ainda proporcionar um alerta de falha iminente de equipamento baseado em um primeiro conjunto de critérios de saída do acelerômetro e fornecer um segundo alerta do início de falha de equipamento ou desligamento da máquina de ciclo de ar com base em um segundo conjunto de critérios de saída do acelerômetro.

