



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

(11) PI 0920085-1 B1



(22) Data do Depósito: 06/10/2009

(45) Data de Concessão: 26/03/2019

(54) Título: SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA, ESPECIALMENTE PARA A REDE CONSUMIDORA EM UMA AERONAVE.

(51) Int.Cl.: H02J 1/10; H02J 7/34.

(30) Prioridade Unionista: 20/01/2009 DE 10 2009 005 270.4; 29/10/2008 DE 10 2008 053 745.4.

(73) Titular(es): DIEHL AEROSPACE GMBH.

(72) Inventor(es): RONNY KNEPPLE; BERND SPETH.

(86) Pedido PCT: PCT EP2009007150 de 06/10/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/049053 de 06/05/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 28/04/2011

(57) Resumo: SISTEMA DE ABASTECIMENTO ELÉTRICO ESPECIALMENTE EM UMA AERONAVE A presente invenção refere-se a um sistema de abastecimento de energia (11) elétrico à prova de falhas, especialmente em uma aeronave, poderá operar sem trabalho extenso com aparelhos na área da técnica de comando, bem como instalações de cabos, para um abastecimento emergencial de corrente que ainda precisa ser ativado em caso de necessidade, quando o abastecimento regular apresentar, do lado da saída, módulos de abastecimento (13), ligados em paralelo, como acumuladores ou, especialmente, células de combustível, cada qual solicitada com ponto de trabalho, ou grau de eficácia, ótimo melhor possível, porém, de qualquer modo, abaixo de sua aplicabilidade de carga máxima. No caso de um número suficiente de módulos (13), segundo determinação deste diferencial de potencial, a reserva de potencial e de energia assim constituída, será suficiente para atender sempre às necessidades de potencial das unidades consumidoras acopladas, desde que apenas um módulo (13) continue apresentando capacidade funcional. Um módulo (131) não falho será, então, operado com o grau de eficácia menos vantajoso, porém ainda sempre na faixa de admissível, e para as unidades consumidoras permanece assegurado o abastecimento operacional sem interrupções.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA, ESPECIALMENTE PARA A REDE CONSUMIDORA EM UMA AERONAVE".

[001] A presente invenção se refere a um sistema de abastecimento elétrico, especialmente em uma aeronave.

[002] Um sistema desta espécie passou a ser conhecido do documento DE 10 2007 017 280 A1. Para que a bordo de uma aeronave seja possível dispensar o convencional sistema de turbina-gerador e com um aparelho bastante complexa que é empregada apenas em casos especiais de uma situação de emergência de abastecimento e, por isso, praticamente, nunca chega a ser, realmente, empregada, porém, mesmo assim, precisa receber manutenção para que esteja sempre pronta para serviço, está ali prevista a sua substituição por uma célula de combustível para o abastecimento de corrente emergencial. Mas, como também em caso de emergência precisa ficar assegurado um abastecimento de corrente sem interrupções, adicionalmente será empregado um acumulador de energia, com idêntica potência de corrente emergencial, o qual é constantemente carregado a partir do abastecimento de corrente regular, a fim de que, em caso de falha do abastecimento de corrente regular, possa cobrir a fase da partida da célula de combustível.

[003] Mas isto implica, novamente, em esforço funcional e de aparelho, cuja capacidade funcional permanente terá de ser assegurada, embora nunca deva ser empregada. Permanece sempre a incerteza se o sistema de corrente emergencial, basicamente não usado, realmente operará de maneira confiável em caso de emergência. Porque uma falha (dormente) desta natureza, que não se apresenta em um sistema inoperante, contém o risco final da falha de abastecimento emergencial de corrente.

[004] Embora nem todos os aparelhos também tivessem que ser

abastecidos pela unidade de corrente emergencial, especialmente para numerosas funções de cozinha e conforto dos passageiros, está disponível o abastecimento regular de corrente. Porém, os custos e o volume de montagem do abastecimento de corrente emergencial crescem, inevitavelmente, com a necessidade acentuadamente crescente de abastecimento regular de corrente, e isto de maneira até mesmo acima das proporções, visto que, principalmente em aeronaves de passageiros, os sistemas de comando essenciais para as funções, e tradicionalmente fluido. Atualmente, são progressivamente substituídos por comandos elétricos. A necessidade geralmente crescente da potência elétrica quase não mais pode ser oferecida pelos grupos geradores que estão assim ficando cada vez mais pesados; no caso da aeronave B787, em cada grupo gerador precisam já ser integrados dois geradores elétricos, o que aumenta, em caráter adicional, a complexidade e o trabalho de manutenção.

[005] Em reconhecimento destas circunstâncias, a invenção tem por base a problemática técnica no sentido de conformar um abastecimento de energia elétrica, especialmente para emprego em uma aeronave, com tal grau de confiabilidade que pode ser dispensado o esforço de prover, adicionalmente, um abastecimento de corrente emergencial a ser mantido em estado de prontidão operacional.

[006] De acordo com a invenção, esta tarefa é solucionada pelas características essenciais segundo as quais o número dos módulos interacoplados em paralelo no lado de saída é ao menos tão grande como o quociente, arredondado para um número inteiro, dos potenciais oriundos da carga máxima e ótima dos módulos. Assim sendo, para o abastecimento regular de corrente está previsto um circuito paralelo do lado da saída, abrangendo várias fontes modulares de energia elétrica, como acumuladores passivos ou células ativas, todas solicitadas abaixo de sua carga máxima admissível somente na operação

especialmente econômica. Caso se produza uma falha de um módulo deste sistema de abastecimento de energia, os módulos operacionais remanescentes forçosamente serão solicitados com maior intensidade. A sua operação apresentará, então, um menor grau de eficácia, mas para esta função substitutiva ou de alívio não existe nenhuma gestão de corrente emergencial; na falha de ao menos um dos módulos, os demais não precisarão ser ativados e alcançar marcha alta, porque já estão operando no regime de serviço controlado e, em seguida, somente serão solicitados com intensidade um pouco maior, com a distribuição da contribuição até então fornecida do módulo em falha para todos os demais módulos. Esta operação constantemente disponível de módulos testados na operação regular, ao invés da mera prontidão operacional de um sistema de abastecimento separado e redundante, pode ser designada em seu equivalente alemão - como "redundância quente".

[007] Os módulos, assim sempre solicitados em paralelo e de modo Idêntico, não precisam estar necessariamente instalados lado a lado, mas podem, também, estar distribuídos nas áreas específicas de necessidade, como, eventualmente, na cabine de uma aeronave comercial. De preferência, este abastecimento de energia consiste em grupos de módulos (fontes de energia) operando em paralelo. Quando os grupos não estiverem alocados aos consumidores em pontos essenciais, isto resultará no tocante à necessidade de espaço e peso, em uma diminuição perceptível do esforço em cabos de abastecimento a serem instalados.

[008] Portanto, é essencial, neste abastecimento modularizado de energia, que cada módulo integrante guarde, na operação normal, uma reserva perceptível de energia. O quociente arredondado em números inteiros, resultante da potência máxima disponível de um módulo e de sua solicitação otimizada, em nível inferior, é designado no

contexto da presente invenção como grau de modulação m deste sistema modular. Nos módulos convencionais e ativos de abastecimento de energia, este grau se situa tipicamente na ordem de grandeza de $m = 3$. Este é, ao mesmo tempo, o número mínimo de módulos a serem operados paralelamente no sistema de abastecimento de energia. O abastecimento de energia estará, então, assegurado até a falha de $m-1$ módulos, porque naquele ponto o único módulo restante, ainda com capacidade funcional, continua podendo prover também a potência para os $m-1$ módulos falhos – mas agora, naturalmente, de modo correspondentemente mais intenso, até mesmo com carga máxima, e, portanto, com grau de eficácia correspondentemente mais deficiente, porém mesmo na operação contínua ainda não sobrecarregado a um ponto funcional crítico. A necessidade de energia das unidades consumidoras alimentadas deste grupo modular e acopladas na rede permanece, portanto, ainda continuamente coberta. Também em uma situação emergencial extrema da falha de todos os módulos até apenas uma unidade não requer uma recomutação de unidades consumidoras selecionadas para uma rede de corrente emergencial ainda no momento a ser ativada a plena carga.

[009] De acordo com a confiabilidade funcional típica da forma de construção do respectivo módulo e da confiabilidade global do sistema enfocado, o número dos módulos na rede, ou seja, em um grupo de módulos, na prática está situado mais ou menos muito além do quociente calculado. Igualmente, no interesse da confiabilidade global, nem todos os grupos deveriam ser conformados totalmente idênticos no tocante aos módulos respectivos com eles acoplados e tendo em vista o provimento da energia funcional para os módulos e das unidades consumidoras acopladas na rede. Sucede que nos sistemas parciais dissimilares, viabilizados pela modularização, a probabilidade de falha (comparado com sistemas reciprocamente idênticos) é nitidamente

reduzida, de maneira que será tanto menos provável que ocorram, simultaneamente, duas falhas idênticas em dois grupos de módulos diferentes.

[0010] No caso dos módulos passivos, pode se tratar, especialmente, de acumuladores que talvez durante a operação são recarregadas ao menos por um gerador de pequeno porte, eventualmente acionado por uma turbina de contrapressão. De modo alternativo, esses acumuladores podem ser recarregados no chão (carga rápida) ou podem ser substituídos. O grau de modulação dos acumuladores é determinado por sua carga máxima admissível em relação à carga ótima; sendo que esta última representa um compromisso entre grau de eficácia (de descarga) elevado, com elevada tensão de saída, em consequência de reduzida solicitação de corrente de descarga e reduzido grau de eficácia (de descarga) com reduzida tensão de saída, em virtude de dimensões reduzidas (reduzido número de células, ou seja, tamanho de células).

[0011] Preferencialmente, contudo, são empregados módulos ativos, como baterias, e, especialmente, na forma de sistemas de células de combustível que são operados com propelentes regenerativos disponíveis, como hidrogênio, metanol ou etanol. Precisamente a conexão físico-técnica entre a potência otimizada e a potência máxima de uma célula de combustível, viabiliza que através da modularização, de acordo com a presente invenção, seja alcançado um abastecimento de energia com alto grau de disponibilização que em virtude da adicional dissimilaridade das conformações modulares ainda apresenta uma redundância majorada, em virtude da improbabilidade de ocorrências de falhas graves, incidentes simultaneamente, e, de qualquer modo, dispensa o esforço para um abastecimento emergencial de corrente próprio.

[0012] Os exemplos de concretização, esboçados nos desenhos,

abrangem módulos de células de combustível, a partir de cuja explicitação ainda resultarão outras características e vantagens, em aditamento às ampliações e alternativas da presente invenção, indicados nas concretizações. As figuras mostram:

figura 1 as grandezas de influência sobre o grau de modulação de uma célula de combustível como módulo abastecedor,

figura 2 um grupo composto de três módulos,

figura 3 grupos aglomerados de acordo com a figura 2

figura 4 um grupo com unidade modular para a função dos módulos,

figura 5 um simplificação da arquitetura, comparado com a figura 4, recorrendo a uma unidade central robusta e

figura 6 um sistema sobreposto, constituído de vários grupos de acordo com a figura 5.

[0013] Na operação de uma pilha de células de combustível deve-se visar um ponto de trabalho, o qual, por um lado, oferece menor consumo de propelente (reduzida solicitação, ou seja, elevada tensão de célula) e que, por outro lado, viabilize que se possa operar com reduzido tamanho de pilhas (a chamada pilha de células, formada de células individuais, ligadas em série elétrica). A tensão celular decresce com o aumento da corrente de carga. Por isso, com uma determinada corrente e na tensão celular ótima de 0,8 volts que ocorre tipicamente nesta construção, a operação, por um lado, ainda oferece um grau de eficácia mais vantajoso e, por outro lado, um tamanho de pilha ainda admissível, conforme mostrado na figura 1. A carga máxima de uma célula de combustível com um campo de linhas características de acordo com a figura 1 está situado ao redor de 0,44 Watt/cm², mas a sua potência operacional ótima se situa ao redor de 0,15 Watt/cm². Desta diferença resulta um grau de modulação de $m = 3$ como seu quociente de potência concentrado para esta célula.

[0014] Por isso, conforme mostra a figura 2 (ao menos) três dessas células devem ser ligadas em paralelo como módulos 13 do abastecimento modular de uma rede de unidades consumidoras 16. Quando falhar um ou até mesmo dois de seus módulos 13, o último módulo 131 restante será correspondentemente solicitado com maior intensidade, o que implica em aumento do consumo relativo de combustível e, com isto, implica na queda do grau de eficácia - mas o abastecimento de corrente das unidades consumidoras, acopladas na saída de tal grupo 12, permanece contínuo, sem interrupções, e sem sobrecarga funcional crítica da célula remanescente. Desta forma, a energia requisitada pelas unidades consumidoras continua sendo disponibilizada pela rede de abastecimento com este grupo de módulo 12, que não precisa ainda ser ativado e que, de qualquer modo, já se encontra em regime de operação controlada. De acordo com as exigências na área da segurança, na conformação do aparelho, o grau da modulação também poderá ser aumentado, mas no mínimo deverá ser de $m = 3$.

[0015] O sistema de abastecimento de energia 11, esboçado na figura 2 à semelhança de um diagrama de bloco monopolar, é constituído de um grupo 12 de três pilhas de células de combustível como módulos que fornecem a tensão contínua para a rede 16 de unidades consumidoras (não esboçado), com o grau de modulação 3. Estes módulos 13 estão ligados em paralelo, na saída, através de circuitos de desacoplamento 14, aqui funcionalmente indicados por diodos. Servem para a proteção dos módulos 13 contra tensões inversas, prejudiciais ao funcionamento. Na prática, são aqui empregadas chaves de semicondutores de forte potência e reduzida potência de perda. No emprego de células de combustível resistentes a tensões inversas, por sua vez, como no caso das assim chamadas células de combustível reversíveis, tal medida de cuidados também poderá ser dispensada, Ver figura 4.

[0016] É indicado na figura 3 que os grupos 12, por sua vez, podem ser reunidos com um sistema de nível superior, o que aumenta correspondentemente a confiabilidade operacional de tal sistema global. Ocorre que a falha de um de seus módulos, com grau de modulação $m = 3$, reduz, na arquitetura representada, a potência do sistema (não regulado) apenas em $1/9$, respectivamente aumenta com constante potência de sistema (regulado) a potência dos demais 8 módulos apenas em $9/8 = 12,5\%$. Por isso, para os diferentes componentes dos grupos 12 será suficiente uma segurança funcional simples e um esforço especial na área de segurança não precisa ser aplicado para os seus componentes.

[0017] De acordo com a figura 4, convenientemente cada um dos módulos 13 será abastecido sobre uma unidade 15 da instalação ou funcional própria. Neste sentido, no caso de acumuladores se trata, eventualmente, de geradores de recarga, no caso de células de combustíveis se trata do provimento (reabastecimento, armazenagem e suprimento) de seus gases funcionais (substâncias propulsoras e oxidantes para a função celular), bem como de seus conjuntos auxiliares, necessários ao serviço, como para umectar e secar e para o resfriamento.

[0018] Na presença de unidade 15 de funcionamento especialmente robusto, como no caso de um gerador de recarga para acumuladores que não requer conjuntos auxiliares operacionais especiais, será simplificada, para ao menos alguns dos grupos 12', a geometria, pelo emprego de uma unidade 15 conjunta consoante a figura 5.

[0019] Com grupos 12' desta configuração, de acordo com a figura 6 é viável constituir um sistema mais compacto de nível superior.

[0020] Um sistema de abastecimento de energia elétrica 11 à prova de falhas, especialmente em uma aeronave, de acordo com a invenção, poderá operar totalmente ou sem o esforço de aparelho e de

técnicas de comando, bem como de aplicação de cabos para um abastecimento de corrente emergencial específico, que somente em caso de necessidade será ativado, quando, do lado da saída, estiverem previstos módulos de abastecimentos 13 similares funcionalmente, ligados em paralelo, como sejam, acumuladores ou especialmente células de combustível para o abastecimento regular da rede consumidora 16, sendo que cada módulo 13, com ponto de trabalho ou de eficácia, sendo, todavia, nitidamente solicitado abaixo da aplicabilidade de carga máxima. No caso de um número de módulos 13 correspondentes a estas reservas de energia, as necessidades de potência das unidades consumidoras, acopladas na rede 16, poderão sempre ser atendidas, desde que, após eventual falha de módulos 13, ao menos um dos módulos 13 permaneça com capacidade funcional. Um módulo 13 que não apresentou falha, continuará, então, a ser operado com grau de eficácia menos vantajoso, porém sempre na faixa de carga admissível e, desta forma, fica assegurado às unidades consumidoras o abastecimento para o serviço sem interrupções.

Relação numérica de componentes:

- | | |
|-----|---|
| 11 | sistema de abastecimento de energia (para 16) |
| 12 | grupo (de 13) |
| 13' | módulo (em 16) |
| 14 | circuitos desacopladores (entre 13 e 16) |
| 15 | unidade de funcionamento (para 113) |
| 16 | rede de unidades consumidoras. |

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de abastecimento de energia elétrica (11), especialmente para a rede consumidora (16) em uma aeronave, sendo que estão ligados na rede consumidora (16) vários módulos de abastecimento de energia (13), operados em paralelo abaixo de sua capacidade máxima de carga e comutados em paralelo no lado de saída, sendo que os módulos (13) são conformados para carga no ponto de trabalho ou grau de eficácia ótimo, caracterizado pelo fato de que o número dos módulos (13) interacoplados em paralelo no lado de saída é ao menos tão grande como o quociente de potência definido como o quociente, arredondado para um número inteiro, das potências oriundas da carga máxima e ótima dos módulos (13).

2. Sistema de abastecimento de energia, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os módulos (13) estão acoplados na rede consumidora (16) em forma distribuída.

3. Sistema de abastecimento de energia, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o número, que excede o quociente de potência, de módulos (13) é reunido em grupos (12), sendo acoplados à rede consumidora (16).

4. Sistema de abastecimento de energia, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que os grupos (12) estão ligados na rede consumidora (16) em forma distribuída.

5. Sistema de abastecimento de energia, de acordo com a reivindicação 3 ou 4, caracterizado pelo fato de que os grupos (12) são agrupados em um sistema de nível superior e o sistema de nível superior está ligado com a rede consumidora (16).

6. Sistema de abastecimento de energia, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 5, caracterizado pelo fato de que os grupos (12) são conformados diferentemente com respeito aos módulos (13) interacoplados, com respeito ao fornecimento de energia

funcional para o módulo (13) e com respeito ao consumidor conectado à rede consumidora (16).

7. Sistema de abastecimento de energia, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que cada módulo (13) está acoplado ao seu fornecimento em uma unidade própria (15).

8. Sistema de abastecimento de energia, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que módulos (13), reunidos em grupos (12'), estão acoplados ao seu fornecimento em uma unidade (15) comum.

9. Sistema de abastecimento de energia, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que como módulos passivos (13), estão previstos acumuladores carregados ou substituídos por um gerador ou no solo.

10. Sistema de abastecimento de energia, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que, como módulos ativos (13), estão previstas células de combustível.

11. Sistema de abastecimento de energia, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que entre os módulos (13) e a rede consumidora (16), estão previstos circuitos de desacoplamento (14).



