



**República Federativa do Brasil**  
Ministério da Indústria, Comércio Exterior  
e Serviços  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0502862-0 B1**

**(22) Data do Depósito: 20/07/2005**

**(45) Data de Concessão: 06/03/2018**



---

**(54) Título:** SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE UMA REDE DE TRAÇÃO E SUBESTAÇÃO DE ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA

**(51) Int.Cl.:** B60L 11/00

**(30) Prioridade Unionista:** 21/07/2004 FR 0408083

**(73) Titular(es):** ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES

**(72) Inventor(es):** DANIEL CORNIC; PATRICE MOREAU

**“SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE UMA REDE DE TRAÇÃO E  
SUBESTAÇÃO DE ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA”**

**CAMPO DA INVENÇÃO**

[001] A presente invenção refere-se a um sistema e uma subestação de alimentação elétrica de uma rede de tração.

**ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

[002] Sistemas de alimentação elétrica conhecidos compreendem:

- diversas subestações de alimentação elétrica, cada uma delas dotada de um retificador de tensão alternada, de uma entrada própria para receber a tensão alternada que vai ser retificada, e de uma saída para a tensão alternada retificada conectada à rede de tração, subestações que estão distribuídas em diferentes locais ao longo da estrada de ferro, e

- pelo menos um posto de transformação de uma alta tensão alternada em uma baixa tensão alternada dotada de uma entrada para a alta tensão alternada e de uma saída para a baixa tensão alternada.

[003] Nos sistemas conhecidos, um posto de transformação de alta tensão / baixa tensão está integrado a cada subestação e a entrada de tensão alternada de cada subestação está diretamente conectada a uma rede de distribuição de alta tensão.

[004] Embora funcionem de modo satisfatório, esses sistemas conhecidos de alimentação são caros, espaçados e consomem muita energia para compensar as quedas de tensão.

**DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO**

[005] A presente invenção visa corrigir esses inconvenientes, propondo um sistema de alimentação de uma rede de tração de uma estrada de ferro que seja menos oneroso.

[006] A presente invenção tem, portanto, por objeto um sistema

de alimentação de uma rede de tração de uma estrada de ferro no qual o sistema compreende uma rede de distribuição da baixa tensão alternada conectada entre a saída do referido ao pelo menos um posto de transformação e as entradas de tensão alternada de várias subestações.

[007] Como no sistema de alimentação acima, a tensão alternada a ser retificada recebida por cada estação já está em baixa tensão, não é necessário utilizar um posto de transformação alta tensão / baixa tensão em cada subestação, o que diminui o custo do sistema.

[008] Os modos de realização deste sistema de alimentação podem compreender uma ou mais das seguintes características:

- os retificadores estão aptos a interromper a distribuição de energia elétrica na rede de tração em resposta a um comando de interrupção ou em resposta a uma detecção de defeito;

- cada subestação compreende um retificador controlado de carga regulável em tensão e/ou em corrente e um sensor da carga do retificador, e o sistema compreende um supervisor próprio para comandar a carga de cada retificador em função da carga medida pelos sensores;

- o supervisor é formado por módulos de controle, cada um deles apto a regular a carga de um retificador de uma subestação em função da carga medida pelo ou por cada sensor de pelo menos uma outra estação, sendo que cada módulo de controle está situado em uma subestação respectiva;

- o supervisor está apto a comandar uma modificação da tensão alternada retificada emitida por uma subestação para a rede de tração em função de uma informação sobre a distância que separa a subestação de um veículo ferroviário;

- os retificadores são retificadores controlados reversíveis com quatro quadrantes;

- os retificadores são retificadores controlados reversíveis com quatro quadrantes, que permitem fluxos de energia bidirecionais para recuperar a energia de frenagem de um veículo ferroviário;

- as subestações estão separadas entre si ao longo da estrada de ferro por uma distância de espaçamento compreendida entre 400 e 1000 metros.

[009] A presente invenção tem também por objeto uma subestação apta a ser utilizada no sistema de alimentação.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DA FIGURA**

[0010] A presente invenção será mais bem compreendida com a leitura da descrição que será feita a seguir, dada apenas a título de exemplo e feita em relação ao desenho, no qual a Figura 1 é uma ilustração esquemática da arquitetura de um sistema de alimentação de uma rede de tração de uma estrada de ferro.

#### **DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO**

[0011] A Figura 1 representa um sistema, designado pela referência geral (2) de alimentação de uma rede (4) de tração de uma estrada de ferro. A rede (4) é, por exemplo, uma catenária na qual um pantógrafo de um trem ou de um veículo ferroviário entra em atrito, ou um terceiro trilho colocado no terreno sobre o qual uma escova de um trem entra em atrito. A rede (4) pode também ser formada por pontos de alimentação, descontínuos, conhecidos pelo nome de “postos de distribuição seqüencial” com armazenamento duplo, dispostos em estações de passageiros e que permitem a recarga pontual de energia de meios de armazenamento embarcados em um trem. O trem apresenta então uma autonomia parcial sem linha aérea. Uma rede (4) que compreende postos de distribuição seqüencial com armazenamento duplo está descrita no pedido de patente FR 2 782 680. A rede (4) serve para alimentar um trem em tensão contínua.

[0012] O sistema (2) compreende subestações de alimentação da rede (4) em tensão contínua e duas redes (8) e (10) de distribuição de tensão alternada às quais estão ligadas alternadamente as subestações.

[0013] As subestações estão distribuídas ao longo da estrada de ferro e separadas entre si por distâncias de espaçamento compreendidas, por exemplo, entre 400 e 1.000 metros. O fato de escolher uma distância de espaçamento menor que as dos sistemas clássicos permite limitar as perdas por efeito joule na rede (4), bem como as quedas de tensão entre os pontos de conexão das duas subestações. Neste caso, para simplificar a Figura 1, apenas as quatro subestações (20 a 23) foram representadas. Essas subestações são, por exemplo, idênticas entre si. Conseqüentemente, apenas a subestação (20) será aqui descrita detalhadamente.

[0014] A subestação (20) compreende uma entrada (26) de baixa tensão alternada a ser retificada e uma saída (28) de tensão contínua retificada.

[0015] Por baixa tensão designa-se, neste caso, uma tensão inferior a 1.000 Vac e, mais precisamente, por baixa tensão de categoria B ou BTC, ou seja, uma tensão compreendida entre 500 e 1.000 Vac.

[0016] Neste caso, a entrada (26) está conectada à rede (8) que é uma rede de distribuição de baixa tensão alternada trifásica de categoria B, por meio de uma ligação elétrica (30). Os três traços oblíquos sobre a ligação (30) indicam que essa ligação é formada por três condutores elétricos, tal como exigido para transportar uma tensão trifásica.

[0017] Para retificar a tensão BTB, a subestação compreende um retificador controlado (32) de tensão trifásica cuja entrada está conectada à entrada (26) por meio de um conjunto (34) de três fusíveis.

[0018] Uma saída de tensão contínua retificada do retificador (32) está conectada à saída (28) por meio de um seccionador (36). A tensão

contínua retificada está compreendida entre 500 volts e 900 volts, e está, de preferência, próxima de 750 Vdc.

[0019] O seccionador (36) permite isolar eletricamente a subestação (20) da rede (4) em caso de falha de funcionamento desta última durante as operações de manutenção.

[0020] Neste caso, o retificador (32) é uma ponte retificadora comandada de potência realizada a partir de interruptores comandáveis, tais como, por exemplo, tiristores ou transistores IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor). Esse retificador comandável está apto a interromper a distribuição de energia elétrica para a rede (4) em resposta a um comando de interrupção ou em resposta à detecção de um defeito. Esse retificador (32) possui também uma carga regulável em tensão e/ou em corrente. Para esse fim, a subestação (20) compreende um conjunto (40) de sensores próprios para medir a carga do retificador (32) medindo a tensão e/ou a corrente contínua retificada emitida para a rede (4). Ela compreende ainda uma unidade (42) de pilotagem do retificador (32). Os sensores e a unidade (42) estão conectados a um supervisor (44) distante por meio de uma rede (46) de transmissão de informações. A rede (46) é, por exemplo, uma rede de fibras óticas.

[0021] Neste caso, o supervisor (44) está apto a comandar à distância a carga de cada uma das subestações em função da carga medida por seus respectivos sensores. O supervisor (44) é também próprio para comandar à distância a interrupção da distribuição de energia elétrica para a rede (4) por uma subestação.

[0022] O supervisor (44) é também capaz de comandar uma diminuição ou um aumento da tensão contínua retificada emitida para a rede (4) por uma subestação em função de uma informação sobre a distância que separa essa subestação de um trem. A informação sobre a posição dos trens bem como a informação segundo a qual um trem acelera ou freia são

adquiridas, por exemplo, por uma unidade convencional de gestão do tráfego ferroviário. Essas informações são transmitidas ao supervisor (44) a partir das informações recebidas, o supervisor (44) está apto a estabelecer a informação sobre a distância que separa um trem de uma subestação.

[0023] O retificador (32) é mais precisamente um retificador reversível com quatro quadrantes de modo a recuperar a energia de frenagem de um trem.

[0024] A subestação (20) compreende ainda equipamentos elétricos auxiliares (50) alimentados em baixa tensão alternada de categoria A. Por baixa tensão alternada de categorias A ou BTA, entende-se aqui uma tensão alternada compreendida entre 0 e 500 Vac.

[0025] Os equipamentos auxiliares (50) estão conectados a uma rede (52) de distribuição BTA por meio de uma entrada (54) de baixa tensão alternada de categoria A da subestação (20).

[0026] Para precaver-se contra falhas de uma das redes (8, 10) de distribuição BTB, as subestações do sistema (2) estão conectadas, de forma alternada, quer à rede (8), quer à rede (10). Neste caso, as subestações (20 e 22) estão conectadas à rede (8), enquanto as subestações (21 e 23) estão conectadas à rede (10).

[0027] O sistema (2) compreende igualmente dois postos de transformação (60, 62), cada um deles compreendendo uma entrada (64, 66) conectada a uma rede (68) de distribuição de alta tensão alternada de categoria A. Por alta tensão alternada de categoria A ou HTA designa-se aqui uma tensão alternada compreendida entre 1000 e 50 000 Vac.

[0028] Cada um dos postos (60, 62) compreende igualmente uma saída (70, 72) de tensão alternada trifásica BTB conectada respectivamente à rede (8) e à rede (10). Os postos (60 e 62) estão aptos a transformar a alta tensão recebida em sua entrada respectiva em uma baixa tensão de categoria

B destinada a ser distribuída às subestações por meio das redes (8 e 10).

[0029] O funcionamento do sistema (2) vai ser descrito a seguir.

[0030] Durante o funcionamento normal, a alta tensão distribuída pela rede (68) é transformada em baixa tensão BTB pelos postos (60 e 62). Essa baixa tensão BTB é então distribuída às subestações por meio das redes (8 e 10). A tensão BTB recebida por cada subestação é retificada por retificadores (32) antes de ser utilizada para alimentar a rede (4) em tensão contínua retificada. Assim, no sistema (2), uma vez que a tensão a ser retificada recebida pelas subestações (2) já está em baixa tensão, não é preciso prever em cada uma dessas subestações um transformador de alta tensão / baixa tensão. O espaço ocupado e o custo das subestações ficam, portanto reduzidos em relação às subestações conhecidas. As subestações são também mais leves.

[0031] Neste caso, o supervisor (44) comanda o conjunto das subestações de alimentação da rede (4) de modo que as cargas de cada subestação sejam sensivelmente iguais em corrente e tensão emitidas. Para esse fim, o supervisor utiliza os sensores de cada uma das subestações. Além disso, o supervisor (44) comanda uma diminuição da tensão contínua emitida para a rede (4) por certas subestações em função da informação sobre a distância que separa um trem dessas subestações. Mais precisamente, quando o trem freia, o supervisor (44) comanda as subestações de modo que a tensão contínua retificada emitida pela subestação mais próxima do trem seja inferior à das outras subestações. Por exemplo, o supervisor (44) comanda uma diminuição da tensão contínua emitida pela subestação que está mais próxima do trem. Assim, a recuperação de energia pela subestação mais próxima do trem fica favorecida. Inversamente, quando o trem consome energia, o supervisor (44) comanda as subestações para que a subestação mais próxima do trem emita uma tensão contínua retificada superior à das subestações mais

distantes do trem. Por exemplo, o supervisor (44) comanda um aumento da tensão contínua retificada emitida pela subestação que está mais próxima do trem. Graças a esse sistema, limitam-se as perdas nas linhas. Pode-se observar que essa maneira de minimizar as perdas nas linhas é independente da utilização das redes (8 e 10) para distribuir baixa tensão BTB a cada subestação. Por exemplo, esse modo de limitar as perdas na linha pode ser realizado em um sistema de alimentação em que as subestações são dotadas de um retificador, tal como o retificador (32), e de postos de transformação alta tensão / baixa tensão, de modo a poder ser conectadas diretamente à rede de distribuição de alta tensão (68).

[0032] Em caso de falha, ou durante uma operação de manutenção, o retificador (32) é pilotado de modo a interromper com muita rapidez por comutação estática a distribuição de energia para a rede (4). A seguir, por motivos de segurança, o seccionador (36) é aberto. Assim, no sistema (2), o retificador (32) desempenha a função de um disjuntor eletromecânico clássico o que torna inútil a presença desse disjuntor em cada subestação. O custo e o espaço ocupado das subestações ficam reduzidos em função disso.

[0033] O sistema (2) permite otimizar a distribuição de energia. Além disso, no caso da rede (4) ser dotada de pontos de alimentação descontínua, é possível distribuir a carga energética entre esses diferentes pontos de alimentação descontínua.

[0034] O sistema (2) foi descrito aqui no caso particular em que existe uma redundância entre as redes (8 e 10). Todavia, como variante, essa redundância é eliminada ou aumentada, ou seja, o sistema (2) compreende no máximo apenas uma das três redes de distribuição BTB para distribuir a tensão alternada para cada uma das subestações de alimentação da rede (4).

[0035] O supervisor (44) foi então descrito sob a forma de um

bloco conectado por meio da rede (46) às diferentes subestações. Como variante, o supervisor é formado por módulos de controle independentes, cada um deles apto a regular a carga de um retificador de uma subestação em função da carga medida no conjunto das subestações do sistema. Cada um desses módulos de supervisão está alojado no interior da subestação cuja carga ele regula. De modo a poder adquirir as informações sobre a carga medida pelos sensores presentes nas outras subestações, esses módulos estão conectados por uma rede de transmissão de informações aos quais estão conectados os conjuntos (40) de sensores e o módulo de controle e cada subestação. Nessa variante, de preferência, a unidade (42) e o módulo de controle estão integrados.

### REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE UMA REDE DE TRAÇÃO, de uma estrada de ferro, o qual compreende:

- diversas subestações (20 a 23) de alimentação elétrica, cada uma delas dotada de um retificador (32) de tensão alternada, de uma entrada (26) própria para receber a tensão alternada a ser retificada, e de uma saída (28) para a tensão alternada retificada conectada à rede de tração, subestações essas que estão distribuídas em diferentes locais ao longo de uma estrada de ferro; e

- pelo menos um posto (60, 62) de transformação de alta tensão alternada em baixa tensão alternada dotado de uma entrada (64, 66) para a alta tensão alternada e de uma saída (70, 72) para a baixa tensão alternada,

sendo que o sistema compreende uma rede (8 ou 10) de distribuição da baixa tensão alternada conectada entre a saída do referido pelo menos um posto de transformação e as entradas de tensão alternada das diversas subestações, cada subestação (20 a 23) compreendendo um retificador controlado de carga regulável em tensão e/ou em corrente e pelo menos um sensor (40) de carga do retificador, sendo que o sistema compreende ainda um supervisor (44) próprio para regular a carga de cada retificador em função da carga medida pelos sensores,

sendo que os retificadores (32) são retificadores controlados reversíveis com quatro quadrantes, que permitem fluxos de energia bidirecionais para recuperar a energia de frenagem de um veículo ferroviário,

caracterizado pelo fato de que o sistema inclui meios para adquirir informações sobre a distância que separa cada subestação do veículo ferroviário e informações segundo as quais um veículo ferroviário acelera ou freia e meios transmitir essas informações ao supervisor (44),

sendo que o supervisor (44) está apto a comandar uma

diminuição da tensão contínua emitida pela subestação que está mais próxima do veículo ferroviário quando o veículo ferroviário está freando e um aumento da tensão contínua retificada emitida pela subestação que está mais próxima do veículo ferroviário quando o veículo ferroviário está consumindo energia.

2. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato dos retificadores (32) estarem aptos a interromper a distribuição de energia elétrica para a rede de tração em resposta a um comando de interrupção ou em resposta à detecção de um defeito.

3. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do supervisor ser formado por módulos de controle, cada um deles apto a regular a carga de um retificador de uma subestação em função da carga medida pelo sensor ou por cada sensor de pelo menos uma outra subestação, sendo que cada módulo de controle está alojado em uma subestação respectiva.

4. SISTEMA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de compreender um supervisor (44) apto a comandar uma modificação da tensão contínua retificada emitida por uma subestação para a rede de tração em função de uma informação sobre a distância que separa a subestação de um veículo ferroviário.

5. SISTEMA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato das subestações estarem separadas entre si ao longo da estrada de ferro por uma distância de espaçamento compreendida entre 400 e 1000 metros.

