



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

(21) BR 102012027618-6 A2

(22) Data do Depósito: 26/10/2012

(43) Data da Publicação: 20/09/2016



(54) Título: SISTEMAS INTELIGENTES DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA PARA VEÍCULOS ELÉTRICO E ELÉTRICO-HÍBRIDO COM CONEXÃO BIDIRECIONAL, SISTEMA INTELIGENTE DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA PARA UM GERADOR DE ENERGIA, MÉTODO PARA GERENCIAR ENERGIA EM UM SISTEMA INTELIGENTE DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA E MÉTODO PARA CONTROLAR O FUNCIONAMENTO DE UM GERADOR DE ENERGIA.

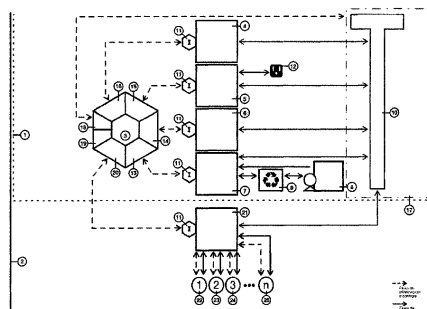
(51) Int. Cl.: B60W 20/20; B60W 20/10; G05B 19/048

(73) Titular(es): COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, TRACEL VEÍCULOS ELÉTRICOS LTDA

(72) Inventor(es): PAULO EMÍLIO VALADÃO DE MIRANDA, EDVALDO DA SILVA CARREIRA

(74) Procurador(es): DANNEMANN, SIEMSEN, BIGLER & IPANEMA MOREIRA

(57) Resumo: SISTEMAS INTELIGENTES DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA PARA VEÍCULOS ELÉTRICO E ELÉTRICO-HÍBRIDO COM CONEXÃO BIDIRECIONAL, SISTEMA INTELIGENTE DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA PARA UM GERADOR DE ENERGIA, MÉTODO PARA GERENCIAR ENERGIA EM UM SISTEMA INTELIGENTE DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA E MÉTODO PARA CONTROLAR O FUNCIONAMENTO DE UM GERADOR DE ENERGIA. A presente invenção refere-se a um sistema inteligente de gerenciamento de energia para veículos totalmente elétricos (1) ou elétrico-híbridos (2), que prioriza a regeneração de energia cinética em energia elétrica, composto por unidade de controle principal de energia (3) com controle adaptativo para melhorar eficiência com rotação subsequente em rota específica, sistema embarcado de armazenamento de energia (4), carregador bidirecional para recarregamento do veículo (5), normal ou por oportunidade, ou fornecimento de energia elétrica a consumidor externo, conversores para o sistema auxiliar (6), com possibilidade de controle de operação e manutenção remotas, uso de dispositivo com tela sensível ao toque (7) e com disponibilidade de tomadas a bordo para recarregamento de dispositivos pessoais. A (...)



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**SISTEMAS INTELIGENTES DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA PARA VEÍCULOS ELÉTRICO E ELÉTRICO-HÍBRIDO COM CONEXÃO BIDIRECIONAL, SISTEMA INTELIGENTE DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA PARA UM GERADOR DE ENERGIA, MÉTODO PARA GERENCIAR ENERGIA EM UM SISTEMA INTELIGENTE DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA E MÉTODO PARA CONTROLAR O FUNCIONAMENTO DE UM GERADOR DE ENERGIA**".

Campo Técnico

10 A presente invenção refere-se a um sistema inteligente de gerenciamento de energia para veículos totalmente elétricos ou elétrico-híbridos, doravante denominado de sistema de tração elétrica, que prioriza a regeneração de energia cinética em energia elétrica. O sistema de tração elétrica apresenta configuração de montagem com predominância no armazenamento embarcado de energia elétrica e sendo dada ênfase na regeneração de energia cinética em energia elétrica. Um sistema inteligente de gerenciamento de energia para um gerador de energia para geração de energia elétrica em modo não embarcado é também revelado na presente invenção, bem como o método utilizado para gerenciar energia nestes sistemas e o método para controlar o funcionamento de um gerador de energia.

Descrição do Estado da Técnica

Atualmente, existem diversas versões de veículos elétricos e híbridos, incluindo, por exemplo, configurações baseadas no uso de motores elétricos ou de composições com motores a combustão interna, usados para tração (como é feito convencionalmente) ou para geração de energia elétrica a bordo do veículo, tendo opcionalmente pré-conexão com a rede elétrica para recarga do sistema de armazenamento embarcado. De forma exemplificativa, pode-se destacar os seguintes modelos:

(a) Veículo híbrido com tração compartilhada entre motor a combustão interna e motor elétrico, compreendendo as seguintes configurações:

(a.i) com sistema de apoio embarcado para armazenamento de energia elétrica, não sendo suficiente para garantir o seu funcionamento au-

tônomo de longo curso;

(a.ii) com sistema de apoio embarcado para armazenamento de energia mecânica ou mecânica e elétrica, não sendo suficiente para garantir o seu funcionamento autônomo de longo curso;

5 (a.iii) com pré-conexão à rede elétrica para as configurações descritas em (a.i) e (a.ii).

(b) Veículo híbrido com tração compartilhada entre motor a combustão interna e motor elétrico, tendo conversor embarcado de energia elétrica e que utiliza motor à combustão interna para este fim, compreendendo
10 as seguintes configurações:

(b.i) com sistema embarcado de apoio para armazenamento de energia elétrica, não sendo suficiente para garantir o seu funcionamento autônomo de longo curso;

(b.ii) com sistema embarcado de apoio para armazenamento de
15 energia mecânica ou mecânica e elétrica, não sendo suficiente para garantir o seu funcionamento autônomo de longo curso;

(b.iii) com pré-conexão à rede elétrica para as configurações apresentadas em (b.i) ou (b.ii).

(c) Veículo híbrido com tração compartilhada entre motor a combustão interna e motor elétrico, com conversor de energia elétrica embarcado e que não utiliza motor a combustão interna para este fim, podendo utilizar outros tipos de conversores, tais como pilha a combustível, conversor de energia solar, dentre outros, compreendendo as seguintes configurações:

(c.i) com sistema de apoio embarcado para armazenamento de
25 energia elétrica, não sendo suficiente para garantir o seu funcionamento autônomo de longo curso;

(c.ii) com sistema de apoio embarcado para armazenamento de energia mecânica ou mecânica e elétrica, não sendo suficiente para garantir o seu funcionamento autônomo de longo curso;

30 (c.iii) com pré-conexão à rede elétrica para as configurações apresentadas em (c.i) ou (c.ii).

(d) Veículo híbrido, com tração elétrica, possuindo conversor de

energia elétrica embarcado e que utiliza motor a combustão interna para este fim, compreendendo as seguintes configurações:

5 (d.i) com sistema de apoio embarcado para armazenamento de energia elétrica, não sendo suficiente para garantir o seu funcionamento autônomo de longo curso;

(d.ii) com sistema de apoio embarcado para armazenamento de energia mecânica ou mecânica e elétrica, não sendo suficiente para garantir o seu funcionamento autônomo de longo curso;

10 (d.iii) com pré-conexão à rede elétrica para as configurações apresentadas em (d.i) ou (d.ii).

(e) Veículo híbrido, com tração elétrica, possuindo conversor de energia elétrica embarcado e que não utiliza motor a combustão interna para este fim, podendo utilizar outros tipos de conversores, tais como pilha a combustível, conversor de energia solar, dentre outros, compreendendo as
15 seguintes configurações:

(e.i) com sistema de apoio embarcado para armazenamento de energia elétrica, não sendo suficiente para garantir o seu funcionamento autônomo de longo curso;

20 (e.ii) com sistema de apoio embarcado para armazenamento de energia mecânica ou mecânica e elétrica, não sendo suficiente para garantir o seu funcionamento autônomo de longo curso;

(e.iii) com sistema embarcado de armazenamento de energia elétrica, mecânica ou mecânica e elétrica capaz de permitir a operação autônoma do veículo, com autonomia compatível com sua aplicação;

25 (e.iv) com pré-conexão à rede elétrica para as configurações apresentadas em (e.i), (e.ii) ou (e.iii).

(f) Veículo elétrico com tração elétrica, com pré-conexão à rede elétrica e que não possui sistema de geração de energia a bordo, podendo
30 opcionalmente compreender um sistema de apoio embarcado para armazenamento de energia mecânica.

O termo veículo aqui aplicado refere-se principalmente, mas não limitadamente, aos meios de transportes terrestres, existindo exemplos co-

nhecidos, já comercializados ou como protótipos de desenvolvimento.

Embora os veículos acima descritos agreguem vantagens às motorizações convencionais, principalmente no que se refere à economia de combustível e ao menor impacto ambiental, eles ainda apresentam limita-
5 ções.

A principal restrição associada normalmente aos veículos elétricos, item (f) acima, é a baixa autonomia, que frequentemente não chega a satisfazer a demanda de utilização devido ao elevado peso e custo do sistema de armazenamento embarcado de energia requerido. Os veículos hí-
10 brios convencionais, itens (a) até (c) acima, permanecem dependentes, total ou parcialmente, da utilização de motores a combustão interna para a tração do veículo. Essa característica mantém tais configurações veiculares condicionadas a um equipamento inerentemente ineficiente, uma vez que é limitado ao Ciclo de Carnot e normalmente utiliza combustíveis de origem
15 fóssil.

Os veículos descritos no item (d) agregam a vantagem de terem tração elétrica. A tração elétrica é silenciosa, não poluente e muito eficiente, mesmo considerando que utilizam um conversor embarcado de energia elétrica baseado em motores a combustão interna. Neste caso, a eficiência glo-
20 bal aumenta e o nível de emissões diminui comparado com as versões mais convencionais.

A pré-conexão à rede elétrica agrega mais valor tecnológico e economicidade, possibilitando ainda que atuem como geradores estacionários de energia elétrica para atender demandas locais de forma distribuída.

25 As configurações veiculares descritas no item (e) são portadoras de grande avanço tecnológico, apresentam menor impacto ambiental no seu ciclo de vida, mas apresentam a limitação do custo de fabricação, que é mais elevado nestes casos.

Dentre os tipos de veículos apresentados no item (e), destaca-se
30 aquele que compreende as características descritas em (e.iii) e (e.iv). Tal modalidade foi pouco explorada comercialmente e nota-se um campo aberto de opções de hibridização a serem experimentadas.

No documento norte-americano US2011/0190968 A1 é feita uma abordagem sobre o controle de operação eficiente de um automóvel híbrido com tração elétrica e pré-conexão à rede elétrica para recarga de baterias do sistema de armazenamento de energia a bordo do veículo. A unidade de controle proposta é baseada no controle do estado de carga (EdC) das baterias embarcadas, impondo condições de operação do automóvel em função do EdC. No entanto, isso é feito em condições limites específicas do EdC, caracterizadas como: EdC decrescente continuamente; manutenção do EdC em nível mínimo e aproximadamente constante; manutenção do EdC em nível variável e próximo ao máximo; manutenção do EdC em nível máximo e constante. Esta abordagem torna-se limitada ao considerar o funcionamento com o sistema de armazenamento de energia embarcado em um nível mínimo do EdC, o que contribui para o desgaste precoce, redução de vida útil e perdas de eficiência. Verifica-se ainda que se trata de um sistema de controle para tração elétrica do tipo seguidor de carga, no qual a unidade de conversão de energia embarcada funciona de modo a atender as demandas transientes de consumo de energia do veículo.

No documento US 5.924.505 é feita uma abordagem centrada no controle de dirigibilidade de um veículo elétrico-híbrido. No entanto, o documento não apresenta uma proposição que indique controle eficiente da energia a bordo. Contrariamente, considera dissipar excesso de energia de regeneração sob a forma de energia térmica em resistores de dissipação, com grande desperdício energético.

No documento US 6.708.789 B1 considera-se um sistema híbrido de tração elétrica no qual a maior porcentagem da energia requerida para a operação é proveniente em qualquer instante do conversor a bordo, sendo o sistema embarcado de armazenamento de energia elétrica utilizado como elemento de apoio para atender apenas a demanda de pico de carga. Também são utilizados resistores elétricos para dissipar o excesso de energia de regeneração sob a forma de energia térmica. Os documentos norte-americanos US 5.924.505 e US 6.708.789 B1 não exploraram a melhoria da eficiência energética de operação do veículo.

O documento norte-americano US 8.138.720 B2 revela o controle de dois sistemas simultâneos de armazenamento de energia, sendo um de absorção rápida de energia e outro para armazenamento de longa duração para aplicação em sistema de fornecimento ininterrupto de energia, em 5 veículos elétricos, em veículos elétricos híbridos e em veículos elétricos híbridos com pré-conexão à rede elétrica. Embora se considere possíveis configurações de sistemas de geração de energia a bordo, restringe-se ao controle das duas fontes de armazenamento, não considerando o gerenciamento de energia do sistema de forma eficientemente.

10 O documento norte-americano US 2006/0250902 apresenta diversas configurações em série e em paralelo para uso com motor a combustão interna ou outros equipamentos para geração de eletricidade, como pilha a combustível. Contudo, o documento não trata do gerenciamento de energia a bordo com o objetivo de aumentar a eficiência energética e a redução 15 do consumo de combustível.

O documento US 7.740.092 B2 revela o controle de veículos elétricos híbridos com mais de uma fonte de armazenamento de energia a bordo, sendo uma delas necessariamente com capacidade para absorção rápida de energia. O documento se restringe a sistemas com mais de uma fonte 20 de energia a bordo e não são consideradas a regeneração de energia cinética em energia elétrica e a maximização da eficiência no uso da energia embarcada.

Com base nos ensinamentos do documento US 2009/0229900 A1, nota-se que os veículos pessoais são normalmente utilizados para 25 transporte durante somente 4% do tempo, podendo oferecer os remanescentes 96% do tempo para outras funções.

Assim, tal documento propõe que um veículo elétrico-híbrido com pré-conexão à rede elétrica atue como fonte e como reservatório de energia, podendo ser usado de forma autônoma para geração distribuída de 30 energia elétrica, não conectado à rede, como parte de uma microrrede local, ou para conectar-se à rede elétrica geral, principalmente durante os horários de pico de consumo de energia elétrica. Em tal documento, consideram-se

especialmente os modos de conexão do veículo para fornecimento de energia e não propriamente os modos de utilização do veículo para transporte.

O documento norte-americano US 8.140.204 B2 e o documento europeu EP 1.256.476 B1 tratam de um sistema veicular híbrido com motor a combustão interna em paralelo, com pré-conexão à rede elétrica, que objetiva priorizar o uso da motorização elétrica, preservando a utilização do motor a combustão interna somente quando realmente necessário.

Deste modo, melhora-se a eficiência de utilização de combustível no veículo. Os veículos híbridos são apenas considerados em configuração paralela.

Finalmente, o documento norte-americano US 2012/0112693 A1, apresenta a configuração de integração física dos diversos componentes de um sistema elétrico-híbrido de tração veicular série, contendo diversos conversores e computador para controle com ênfase no recarregamento elétrico do sistema embarcado de armazenamento de energia. Neste documento não se considera maximizar a eficiência energética de funcionamento do veículo, concentrando o enfoque no sistema de recarregamento a partir de fontes externas de energia.

Como solução aos problemas do estado da técnica previamente mencionados, a presente invenção considera veículos elétricos com conexão bidirecional para recarga e fornecimento de energia elétrica, com baixo consumo próprio de energia para funcionamento. Enfatiza-se na regeneração de energia cinética em energia elétrica e na gestão otimizada da energia embarcada, garantindo maior autonomia. A presente invenção também se refere a veículos híbridos com predominância do sistema de armazenamento de energia embarcado. Para viabilizar tais soluções foram projetados e operacionalizados equipamentos eletroeletrônicos que intercambiam fluxos de potência e de informações como, por exemplo, uma unidade de controle principal de energia e um conjunto conversor do sistema auxiliar.

30 Breve Descrição da Invenção

A presente invenção refere-se a um sistema inteligente de gerenciamento de energia para veículo elétrico com conexão bidirecional que

compreende: um motor elétrico de tração conectado a um conversor de tração para tracionar o veículo elétrico; um conversor de tração conectado a sensores de controle de acionamento e dirigibilidade do veículo elétrico, que controla o motor elétrico de tração através de um algoritmo para regeneração de energia cinética em energia elétrica; um sistema embarcado de armazenamento de energia para armazenar a energia elétrica a bordo do veículo elétrico; um carregador bidirecional que, através de uma interface, recarrega o sistema embarcado de armazenamento de energia elétrica e supre energia elétrica para uma rede ou sistema consumidor de energia não embarcados; um conjunto conversor do sistema auxiliar que compreende uma pluralidade de conversores do sistema auxiliar do veículo elétrico; e um barramento elétrico que realiza conexões elétrico-eletrônicas com: o sistema embarcado de armazenamento de energia, o carregador bidirecional, o conjunto conversor do sistema auxiliar e o conversor de tração; em que o barramento elétrico possui um sistema de proteção e monitoramento do barramento que é responsável pela proteção do sistema elétrico do barramento, garantindo segurança de operação, e o sensoriamento de dados para controle. O sistema inteligente de gerenciamento de energia para veículo elétrico com conexão bidirecional compreende ainda uma unidade de controle principal de energia (UCPE) para controlar, monitorar, adquirir dados, efetuar comunicação e gerenciar a energia a bordo do veículo elétrico, em que a UCPE proporciona fluxo de informações e controle entre uma pluralidade de elementos do sistema e suas respectivas interfaces e em que é dada uma ênfase à regeneração de energia cinética em energia elétrica, garantindo fluxo otimizado de potência gerada pelo motor elétrico de tração e gerenciando o estado de carga do sistema de armazenamento de energia.

A presente invenção refere-se ainda a um sistema inteligente de gerenciamento de energia para veículo elétrico-híbrido com conexão bidirecional que compreende: o sistema inteligente de gerenciamento de energia para veículo elétrico com conexão bidirecional conforme definido anteriormente; pelo menos um gerador de energia elétrica embarcado para gerar energia elétrica conforme necessidades de consumo do sistema; e um con-

versor de energia para controlar a operação de pelo menos um gerador de energia elétrica embarcado em estado estacionário com base na troca de fluxo de informações e controle entre uma inteligência e uma interface para conversor de energia, em que o uso do sistema de armazenamento de energia é predominante em relação à energia total requerida para a operação do sistema para veículo elétrico-híbrido com conexão bidirecional, representando mais de 50% da energia total embarcada.

Um método para gerenciar energia em um sistema inteligente de gerenciamento de energia também é abordado na presente invenção. Este método compreende as etapas de monitorar, através da UCPE, as condições operacionais instantâneas do sistema e as informações em tempo real dos alguns de seus subsistemas; armazenar as informações em tempo real na UCPE através de controle adaptativo, realizado pela UCPE (3) através do monitoramento do estado de carga do sistema de armazenamento de energia (4), com base no histórico de consumo; e determinar, através da UCPE e a partir das informações armazenadas nela, os fluxos de potência e energia através do barramento para os diferentes subsistemas consumidores de energia e armazenadores a bordo do sistema, de modo a impedir que um gerador de energia elétrica atenda a situações de demandas diretas dos subsistemas consumidores de energia, funcionando em potência aproximadamente constante para satisfazer as condições de operação de melhor eficiência energética do gerador.

Ainda, a presente invenção refere-se a um método para controlar o funcionamento de um gerador de energia, compreendendo as etapas de: detectar, através de uma unidade de controle principal de energia (UCPE), e com base no padrão de consumo de carga de um subsistema consumidor, pelo menos um dentre o decaimento do estado de carga do sistema de armazenamento de modo contínuo seguido de estabilização cíclica desse estado de carga e o decaimento controlado; e proporcionar, através de um conversor de energia que opera em condições de melhor eficiência energética, que o gerador de energia inicie a operação em uma rampa crescente de potência para atingir e manter-se em um nível preestabelecido de potência,

em que este nível é mantido aproximadamente constante e em que a operação tem uma duração que é calculada com base no consumo de energia real médio e no estado de carga instantâneo do sistema de armazenamento de energia embarcado.

5 Breve Descrição dos Desenhos

A presente invenção será, a seguir, descrita fazendo-se referência a uma concretização preferida ilustrada nos desenhos anexos, dos quais:

Figura 1 – uma representação esquemática do sistema de tração elétrica para veículos elétrico ou híbrido com conexão bidirecional à rede elétrica e ênfase na eficiência energética da presente invenção;

Figura 2 – uma representação esquemática do sistema de tração elétrica para veículos elétricos com conexão bidirecional à rede elétrica e ênfase na eficiência energética da presente invenção;

Figura 3 – uma representação esquemática do sistema de monitoramento e controle de dispositivos de armazenamento de energia a bordo para sistema de tração elétrica para veículos elétrico e elétrico-híbrido da presente invenção;

Figura 4 – uma representação esquemática de tomadas para dispositivos pessoais em veículos elétrico e elétrico-híbrido da presente invenção;

Figura 5 – uma representação esquemática da unidade de controle principal de energia da presente invenção;

Figura 6 – uma representação esquemática do controle e monitoramento através do uso de interface com tela sensível ao toque em sistema de tração elétrica para veículos elétrico e elétrico-híbrido da presente invenção;

Figura 7 – uma representação esquemática da central de controle, monitoramento e manutenção remota em tempo real para sistema de tração elétrica para veículos elétrico e elétrico-híbrido da presente invenção;

Figura 8 – uma representação esquemática do controle para configuração de sistema de tração elétrica para veículo elétrico-híbrido com conversor de energia seguidor de eficiência da presente invenção;

Figura 9 – uma representação esquemática do sistema de tração elétrica para veículo elétrico-híbrido com pilha a combustível da presente invenção;

5 Figura 10 – uma representação esquemática detalhada do sistema de tração elétrica para veículo elétrico-híbrido com pilha a combustível da presente invenção;

10 Figura 11 – uma representação esquemática do sistema embarcado de armazenamento e distribuição de hidrogênio e disposição física de pilhas a combustível com detalhamento da alimentação de reagentes e rejeito de produtos de reação da presente invenção;

15 Figura 12 – uma representação esquemática do sistema de tração elétrica para veículo elétrico-híbrido com gerador do tipo conversor de energia seguidor de eficiência com grupo motor-gerador da presente invenção;

20 Figura 13 – uma representação esquemática do gerador do tipo conversor de energia seguidor de eficiência com grupo motor gerador para uso embarcado em sistema de tração elétrica para veículo elétrico-híbrido e para uso autônomo na geração estacionária de energia elétrica da presente invenção;

25 Figura 14 – uma representação esquemática do conversor controlador para gerador do tipo conversor de energia seguidor de eficiência com grupo motor-gerador da presente invenção;

30 Figura 15 – apresenta representação esquemática da estratégia de controle do sistema de tração elétrica para veículo elétrico-híbrido com conversor de energia seguidor de eficiência da presente invenção, exemplo típico com gerador do tipo pilha a combustível;

35 Figura 16 – apresenta representação esquemática da estratégia de controle do sistema de tração elétrica para veículo elétrico-híbrido com conversor de energia seguidor de eficiência, exemplo típico com gerador do tipo conversor de energia com grupo motor-gerador para diferentes combustíveis da presente invenção; e

Figura 17 – apresenta uma representação esquemática do sis-

tema inteligente de gerenciamento de energia para um gerador de energia não embarcado com conexão bidirecional à rede elétrica e uso de conversor de energia seguidor de eficiência da presente invenção.

Descrição Detalhada dos desenhos

- 5 A presente invenção soluciona os problemas apresentados no estado da técnica por meio de diferentes configurações de veículos com tração elétrica. É dada prioridade à eficiência no uso de energia e à consequente economicidade do sistema com reduzido impacto ambiental e aumento de autonomia.
- 10 Isso é alcançado dando-se ênfase à regeneração de energia cinética em energia elétrica e à otimização da gestão de energia embarcada.
- Para tal, é desenvolvido o conceito de veículo elétrico-híbrido com predominância do sistema de armazenamento de energia a bordo, com operação das fontes de energia em condição de melhor eficiência, como
- 15 consequência da otimização da engenharia de hibridização da energia a bordo. Essa predominância do sistema de armazenamento de energia a bordo consiste no uso de um sistema de armazenamento de energia com alta capacidade de armazenamento, superior a 50% da energia embarcada, fazendo com que a maior parte da energia utilizada para alimentar o veículo
- 20 seja proveniente desse sistema de armazenamento. Isso proporciona a utilização de geradores de energia de menor porte, em relação aos veículos híbridos existentes.
- Essa configuração veicular utiliza o conceito estabelecido previamente no item (e.iii), ou seja, um veículo híbrido, com tração elétrica tendo
- 25 um conversor de energia elétrica embarcado, que utiliza motor a combustão interna para este fim. Pode-se usar ainda outros tipos de conversores, como pilha a combustível e conversor de energia solar. Essa configuração veicular compreende ainda um sistema embarcado de armazenamento de energia elétrica, mecânica, ou elétrica e mecânica, capaz de permitir a operação au-
- 30 tônoma do veículo, com autonomia compatível com sua aplicação e tendo, preferencialmente, pré-conexão à rede elétrica.

Na presente invenção entende-se por veículo, meios de trans-

porte de pessoas ou de carga terrestres, como ônibus, caminhão, utilitário, automóvel, motocicleta, bicicleta elétrica, trator, empilhadeira, carro de apoio para atividades esportivas, trem, *trolley*, bonde e teleférico, ou aquáticos, tais como navio, barco, lancha, *ferry-boat*, balsa e submarino, ou aéreo, tais como avião, helicóptero, dirigível e veículos para uso espacial.

A figura 1 mostra uma representação esquemática preferencial do sistema de tração elétrica para veículo elétrico com conexão bidirecional (VECon) 1 e do sistema de tração elétrica para veículo elétrico-híbrido com conexão bidirecional (VEHCon) 2. Por conexão bidirecional entende-se a possibilidade de conexão do veículo à rede elétrica para o seu recarregamento ou para fornecimento de energia a um consumidor externo.

O sistema de tração elétrica para veículo elétrico com conexão bidirecional 1 é composto por uma unidade de controle principal de energia (UCPE) 3, que é responsável pelo controle, monitoramento, aquisição de dados, comunicação e gestão da energia a bordo. A UCPE 3 possui conexão física com diversos subsistemas dos sistemas de tração e auxiliar do veículo, incluindo: um sistema embarcado de armazenamento de energia 4; carregador bidirecional 5; um conjunto conversor do sistema auxiliar 6; e um conversor de tração 7, que controla um motor elétrico de tração 8, capaz de promover regeneração de energia cinética em energia elétrica através do algoritmo 9. O algoritmo 9 é integrado à inteligência 11 do conversor de tração 7 em processos de frenagem e desaceleração.

Os subsistemas 4, 5, 6 e 7 dos sistemas de tração e auxiliar do veículo são conectados fisicamente a um barramento elétrico 10. Os subsistemas 4, 5, 6 e 7 possuem fluxo de potência bidirecional com o barramento 10 e são dotados de inteligência 11, que é constituída de circuitos eletrônicos microcontrolados que possuem programas computacionais embarcados de controle e monitoramento, sendo responsável pelo controle local e comunicação com a UCPE 3.

O carregador bidirecional 5 realiza transferência de energia da rede elétrica convencional através da interface 12 para o veículo no processo de recarregamento do seu sistema de armazenamento embarcado de

energia 4 e ainda transfere energia elétrica do veículo para uma carga externa para fornecimento de energia a um consumidor externo.

A interface 12 proporciona um modo de recarregamento do sistema embarcado de armazenamento de energia elétrica 4, com conexão possuindo ou não contato elétrico físico, com características de “carga rápida”, caracterizando assim, um sistema denominado de “recarregamento por oportunidade”.

No recarregamento por oportunidade, realiza-se uma recarga elétrica parcial do sistema de armazenamento de energia elétrica 4 do veículo em locais específicos de paradas momentâneas ao longo do seu trajeto normal de operação, utilizando-se de sistemas de recarga rápida automatizada.

A UCPE 3 funciona através da implementação e controle de fluxos de informações com diversos subsistemas dos sistemas de tração e auxiliar do veículo. Trata-se de um equipamento eletroeletrônico que contém algoritmos de controle robustos e seguros para o gerenciamento da energia a bordo, seguindo condição de operação em maior eficiência no uso e armazenamento da energia embarcada e admitindo controle, operação e manutenção remotas. A UCPE 3 busca e impõe parâmetros de controle para operação em condições de melhor eficiência, determinando a magnitude da potência gerada a bordo em regime permanente, o tempo de geração e o estado de carga do sistema de armazenamento de energia 4 que deflagra ou interrompe a geração embarcada.

Além disso, a UCPE 3 possui inteligência com placa de comunicação serial rápida, garantindo comunicação robusta, resistente a ruídos eletromagnéticos. Tais características da arquitetura eletrônica possibilitam otimizar a engenharia de hibridização da energia a bordo e realizar controle adaptativo de operação do veículo, representado pelo armazenamento dinâmico de informações operacionais e seu processamento inteligente, com o objetivo de reduzir o gasto energético global do veículo em ciclos de rodagem subsequentes.

A UCPE 3 possui interfaces específicas que tem conexão para

fluxo de informações e controle com as inteligências 11.

Assim, a UCPE 3 é associada ao conversor de tração 7 através da interface para conversor de tração (UCPE-CT) 13, ao conjunto conversor do sistema auxiliar 6 através da interface para conjunto conversor do sistema auxiliar (UCPE-CCSA) 14, ao carregador bidirecional 5 através da interface para carregador bidirecional (UCPE-CBD) 15, ao sistema de armazenamento de energia 4 através da interface para sistema de armazenamento de energia (UCPE-AE) 16, ao sistema de proteção e monitoramento do barramento 17 através da interface para sistema de proteção e monitoramento do barramento (UCPE-PMB) 18 e a dispositivos associados à dirigibilidade do veículo, tais como acelerador, freio, acelerômetros, localizador dinâmico de posição, e a comunicações internas e externas ao veículo através da interface homem-máquina (UCPE-IHM) 19.

A UCPE 3 possui ainda uma interface que pode ser usada para conexão à inteligência de uma unidade de conversão de energia, caracterizada como a interface para conversor de energia (UCPE-CE) 20.

A figura 1 mostra ainda uma representação esquemática preferencial do sistema de tração elétrica para veículo elétrico-híbrido com conexão bidirecional 2 que possui uma inteligência 11, que tem fluxo de informações e controle com a interface para conversor de energia 20.

O sistema possui ainda um conversor de energia seguidor de eficiência (CESE) 21 que estabelece fluxo de potência bidirecional com o barramento 10 e admite funcionamento associado a diferentes geradores de energia embarcados 22, 23, 24 e 25, com os quais possui fluxos bidirecionais de potência, assim como de informação e controle. O conversor 21 se diferencia dos conversores convencionais pela imposição de operação em condições de melhor eficiência energética.

Conforme pode ser observado na figura 1, os geradores de energia embarcados 22 a 25 foram numerados sequencialmente até n para indicar as diversas possibilidades de tipos de geradores de energia que podem ser utilizados em veículos elétricos híbridos.

O sistema de tração elétrica para veículo elétrico com conexão

bidirecional 1 possui especificidades para a sua tração elétrica e o seu sistema auxiliar, compreendendo este último as demandas de energia do veículo não associadas diretamente à tração. Dentre estas especificidades, incluem-se:

5 (1) a topologia e a forma de comunicação dinâmica entre os equipamentos principais como, por exemplo, a UCPE 3;

(2) a UCPE 3 apresenta inteligência com placa de comunicação serial rápida, garantindo comunicação robusta, resistente a ruídos eletromagnéticos, e algoritmos de controle robustos e seguros para o gerenciamento da energia a bordo, seguindo condição de operação em maior eficiência no uso e armazenamento da energia embarcada e admitindo controle, operação e manutenção remotas.

Utilizando a interface homem-máquina 19 da UCPE 3, pode-se utilizar um dispositivo com tela sensível ao toque, tipo *tablet*, que permite acionar e desligar o veículo, reconhecer o condutor, acionar e desligar dispositivos dos sistemas de tração e auxiliar do veículo, disponibilizar informações de operação dinâmica do veículo, tais como estado de carga do sistema de armazenamento de energia 4, velocidade e posição geográfica do veículo por GPS (*Global Positioning System*), potência instantânea gasta no veículo, correntes de consumo e de regeneração de energia cinética em energia elétrica e tela para ajustes de variáveis e manutenção;

25 (3) no sistema de armazenamento de energia 4 elétrica e/ou mecânica de elevada capacidades de potência e de energia: a maximização da absorção de energia elétrica regenerada com frenagens ou desacelerações do veículo através do uso eficiente do algoritmo 9 integrado à inteligência 11 do conversor de tração 7. A maximização de absorção de energia elétrica é garantida pela UCPE (3), que permite ao barramento (10) o uso imediato de uma porção da energia elétrica regenerada para o suprimento de demandas de carga do sistema auxiliar e realiza controle adaptativo pelo monitoramento do estado de carga do sistema de armazenamento de energia 4, com base no histórico de consumo;

30 (4) no carregador bidirecional 5: a compatibilidade do equipa-

mento projetado, dotado de inteligência 11 que garante o processo de recarregamento adequado às características dinâmicas de operação do veículo, visando diminuição de perdas de energia, e que também garante o fluxo de energia em conformidade com os padrões da rede elétrica convencional, quando em processo de fornecimento de energia para um consumidor externo;

(5) no conjunto conversor do sistema auxiliar 6: a capacidade de gerenciar múltiplos conversores associados, dotados de inteligências embarcadas, garantindo o uso eficiente de energia em cada um dos subsistemas do sistema auxiliar do veículo. Isso é obtido pela interação do conversor 6 com a UCPE 3, através do uso de seu controle adaptativo. Ainda neste conversor 6, há um conversor para corrente contínua e corrente alternada com o objetivo de disponibilizar em diversos lugares da cabine do veículo tomadas de dois tipos de padrão, para conexão elétrica convencional 54 e para conexão tipo USB 55, objetivando o uso de dispositivos pessoais;

(6) no conversor de tração 7: a presença de inteligência 11, que utiliza com lógica específica a interface para conversor de tração 13 e o barramento 10 para garantir o fluxo de energia exigido pelo funcionamento do motor elétrico de tração 8 para satisfazer as exigências de torque e potência impostas pela utilização do veículo, permitindo que a UCPE 3 realize o controle adaptativo para otimizar o gasto de energia em ciclos subseqüentes de utilização da mesma rota. Ademais, esta mesma inteligência 11 utiliza-se do algoritmo 9 para gerenciar o funcionamento conjunto das interfaces para conversor de tração 13 e para sistema de armazenamento de energia 16, garantindo o rápido e eficiente armazenamento de energia elétrica no sistema de armazenamento de energia 4, a qual é proveniente da operação do motor elétrico de tração 8 como gerador de energia elétrica durante processos de frenagem ou desaceleração do veículo, que promovem a regeneração de energia cinética em energia elétrica; e

(7) na cabine do veículo: a distribuição de tomadas.

Analogamente, o sistema de tração elétrica para veículo elétrico-híbrido com conexão bidirecional 2 possui especificidades inovadoras para a

sua tração elétrica e o seu sistema auxiliar, em que o sistema auxiliar compreende as demandas de energia do veículo não associadas diretamente à tração. Dentre as especificidades, incluem-se, além de todas as características supramencionadas para o sistema de tração elétrica para veículo elétrico com conexão bidirecional 1:

5 (1) engenharia de hibridização de energia a bordo do veículo, que considera o uso de sistema de armazenamento de energia 4 com predominância no que se refere à energia total requerida para a operação do veículo, em uma configuração característica daquela apresentada nos itens
10 (e.iii), e (e.iv) referentes aos tipos possíveis de veículos híbridos; e

(2) no conversor de energia seguidor de eficiência 21: a presença da sua inteligência 11 que, pela troca de fluxo de informações e controle com a interface para conversor de energia 20, controla a operação dos geradores de energia elétrica embarcados 22 a 25. Este controle é realizado
15 conforme uma lógica preestabelecida, que impõe condição de operação de melhor eficiência energética ao conversor de energia.

Deste modo, os geradores 22 a 25 não atendem diretamente à demanda transitória do motor elétrico de tração 8, nem de outros sistemas consumidores de carga pertencentes ao sistema auxiliar do veículo. Isto é
20 feito pela troca de fluxos de informação e de potência, de modo a satisfazer a lógica de operação em condições de melhor eficiência energética, através do barramento 10 e de seu sistema de proteção e monitoramento 17, que é responsável pela proteção do sistema elétrico do barramento (10), garantindo segurança de operação, e o sensoriamento de dados para controle. O
25 sistema de proteção 17 é composto por dispositivos elétricos e circuitos eletrônicos de telemetria em tempo real, que funcionam sob controle da UCEPV 3 através da interface para sistema de proteção e monitoramento do barramento 18, a fim de possibilitar o funcionamento dos geradores 22 a 25 em estado estacionário, fornecendo potência de geração de energia elétrica de
30 modo aproximadamente constante e garantindo uma maior eficiência energética de operação, menor consumo de combustível e maior vida útil.

No caso do gerador de energia elétrica 22 a 25 ser constituído

de grupo motor-gerador utilizando motor à combustão interna, a inteligência 11 associada ao conversor de energia 21 possibilita o controle do fluxo de energia do veículo através do barramento 10 e da UCPE 3. Este controle ocorre de modo que, caso o sistema de armazenamento de energia embarcado esteja com carga completa e o veículo requerer frenagem ou desaceleração, sem utilização do sistema mecânico convencional (hidráulico ou pneumático, mantido por segurança) de frenagem do veículo, a energia gerada em regeneração pelo motor elétrico de tração pode ser direcionada pelo barramento 10 ao motor elétrico do grupo motor-gerador.

10 O grupo motor-gerador, por sua vez, estará funcionando na condição de motor elétrico convencional, a fim de proporcionar o funcionamento forçado do motor a combustão interna que o integra, dissipando o excesso de energia sob a forma de calor, conhecido como freio-motor.

15 Ao excesso de energia elétrica regenerada por conversão da energia cinética, que não pode mais ser direcionada ao sistema de armazenamento de energia 4 por este encontrar-se com a carga completa, proporcionam-se outras opções de dissipação no veículo, independentemente do tipo de gerador de energia que possua a bordo: (i) a produção e armazenamento de ar comprimido a bordo, conforme, por exemplo, descrito nos documentos PI08001587-2 ou PCT/BR2009/00319; ou (ii) a conversão de energia elétrica em energia térmica, armazenada em fonte fria, contribuindo para a operação eficiente de sistema de condicionamento de ar.

20 A figura 2 mostra o sistema de tração elétrica para veículo elétrico 1 que compreende os equipamentos mostrados na figura 1, tais como: a UCPE 3; o sistema de armazenamento de energia 4; o carregador bidirecional 5; o barramento 10; e o algoritmo de regeneração 9; sendo dado destaque para o conjunto conversor do sistema auxiliar 6.

30 O sistema auxiliar 6 inclui um conversor auxiliar para 24 V 26, que é um conversor isolado de alta para baixa tensão em corrente contínua e que alimenta sistemas auxiliares convencionais do veículo; uma fonte isolada 24-24 Vcc 27, atuando na redução de ruídos no barramento de baixa tensão em corrente contínua e limitando interferências nos sinais de controle

de conversores; um conversor para corrente alternada 28, utilizado para energizar as tomadas de alimentação de dispositivos de uso pessoal na cabine do veículo; um conversor para bomba hidráulica de direção 29, utilizado para energizar e controlar o motor da bomba do sistema hidráulico de direção do veículo; um conversor para o compressor de ar comprimido 30, utilizado para energizar e controlar o motor do compressor de ar do sistema pneumático do veículo para acionamento de freios mecânicos, portas, suspensão e armazenamento de energia; e um conversor do condicionamento de ar 31, utilizado para energizar e controlar o motor do compressor do equipamento de condicionamento de ar do veículo.

Ademais, o sistema de tração elétrica para veículo elétrico 1 compreende ainda sensores 32 e 33 para o controle de acionamento e dirigibilidade do veículo.

Em uma concretização preferencial para sistema de tração elétrica para veículo elétrico 1 ou elétrico-híbrido 2, o sistema de armazenamento de energia embarcado 4 é configurado conforme mostrado na figura 3, ou seja, com interação bidirecional de fluxo de informações e controle entre a interface para sistema de armazenamento de energia 16 e a inteligência 11 de cada um dos armazenadores de energia utilizados.

Conforme observado na figura 3, os armazenadores de energia compreendem ainda um conversor bidirecional específico para troca de fluxo de potência com o barramento 10, tal qual entre o armazenador 35 e seu conversor bidirecional 36, ou entre os armazenadores 37 e 41 e seus respectivos conversores bidirecionais 38 e 42, ou ainda na configuração em que o armazenador de energia não requer um conversor bidirecional para a troca eficiente de fluxo de potência com o barramento 10, como os armazenadores 39 e 40.

Os armazenadores de energia embarcados 35, 37, 39, 40 e 41 podem referir-se, por exemplo, e não limitadamente, a: bancos de baterias tracionárias (como, por exemplo, baterias de íon de lítio ou de outros tipos adequados a esta aplicação de uso tracionário, capaz de absorver ou de fornecer fluxos de potência ou de armazenar energia por prazos dilatados);

banco de supercapacitores, com características especiais para o armazenamento e o fornecimento rápido de picos de potência; sistema eletromecânico de armazenamento de energia, tipo *flywheel*; sistema composto por compressor de ar e tanques de armazenamento de ar comprimido, que utiliza energia elétrica para produção, compactação e armazenamento de ar; sistema composto por refrigerador e recipiente isolado termicamente para a produção e armazenamento de energia térmica (por exemplo, sob a forma de gelo); e sistema embarcado de eletrólise da água para produção, compressão e armazenamento de hidrogênio.

Os armazenadores de energia elétrica 35, 37, 39, 40 e 41 podem ainda ser configurados para operação conjunta com geradores de eletricidade embarcados de diferentes tipos, incluindo pilha a combustível, grupo motor-gerador, turbina, painel solar ou regeneração de energia cinética em energia elétrica.

O sistema embarcado de armazenamento de energia 4 requer o uso de carregador bidirecional 5 para recarga ou fornecimento de energia através da interface 12. O carregador bidirecional 5 e a interface 12 possuem em seus circuitos, dispositivos capazes de realizar ainda recarregamento elétrico por oportunidade.

O conjunto conversor do sistema auxiliar 6 é preferencialmente subdividido em dispositivos eletroeletrônicos 26 a 31. O conversor auxiliar para 24 Vcc 26 é um conversor isolado, responsável por reduzir a tensão proveniente do barramento 10 para 24 Vcc a fim de alimentar todas as cargas do sistema auxiliar que requerem esta tensão. A fonte isolada 24 Vcc 27 é uma fonte convencional, sendo utilizada para alimentar os controles do inversor de tração, visando minimizar ruídos.

O conversor para corrente alternada 28 é utilizado para energizar tomadas da cabine do veículo, conforme representado esquematicamente, de forma não limitada, na figura 4 e proporciona o recarregamento de dispositivos pessoais a bordo.

Também componentes do conjunto conversor do sistema auxiliar 6, o conversor da bomba hidráulica 29, o conversor do compressor de ar

comprimido 30 e o conversor do compressor do condicionador de ar 31 podem ser convencionais ou específicos, podendo ser instalados e utilizados como dispositivos individuais ou ser agrupados em um único equipamento.

A figura 5 apresenta a unidade de controle principal de energia (UCPE) 3 de forma detalhada. A UCPE 3 é responsável pelas atividades de controle, monitoramento e comunicação do veículo de forma integrada, sendo composta pelas interfaces para conversor de tração 13, para conjunto conversor do sistema auxiliar 14, para carregador bidirecional 15, para sistema de armazenamento de energia 16, para sistema de proteção e monitoramento do barramento 18, homem-máquina 19 e para conversor de energia 20.

A interface homem-máquina 19 possui ligação com fluxos de informações e controle com o dispositivo homem-máquina 56, que é o sistema que garante a comunicação interna e externa de informações do veículo com seres humanos. Isso inclui o uso de dispositivo com tela sensível ao toque tipo *tablet* para acionamento, controle e aquisição de dados do veículo. Tal dispositivo possibilita acesso à Internet no interior do veículo em rede sem fio, a transmissão e recepção de dados de controle e monitoramento para assessorar remotamente a operação e possibilitar ações de segurança e de manutenção preventiva e corretiva à distância, em tempo real.

Além disso, a UCPE 3 é um circuito eletrônico microprocessado de alta capacidade, dedicado, específico para uso veicular para veículos elétricos ou veículos elétrico-híbridos, tendo, por exemplo, os sistemas de tração elétrica para veículo elétrico com conexão bidirecional 1 ou para veículo elétrico-híbrido com conexão bidirecional 2, com capacidade para atender às exigências de uso veicular referentes a vibrações mecânicas e interferências eletromagnéticas.

A UCPE 3 possui capacidade de proteção a intempéries, como elevado grau de umidade, temperatura e presença de poeira, com invólucro resistente a gases, fogo e explosão.

A figura 6 mostra um detalhamento adicional da interface homem-máquina 19 que estabelece fluxos de informações e controle com o

dispositivo homem-máquina 56.

O dispositivo 56 é um subsistema da UCPE 3, responsável por garantir as comunicações sem fio, internas e externas ao veículo, incluindo dispositivo com tela sensível ao toque tipo *tablet* 57, que possui antena omnidirecional 58 e tela 59 com configuração do tipo, porém não limitada, à apresentada na figura 6.

De forma exemplificativa, a tela de operação 59 pode exibir, dentre outras possibilidades, indicadores para estado de carga do sistema de armazenamento de energia embarcado, para nível remanescente de combustíveis líquidos ou gasosos, quando utilizados, da potência instantânea fornecida ao sistema de tração e correntes no barramento elétrico de corrente contínua nas condições de fornecimento de energia ou de regeneração, assim como de marchas à frente, neutro ou ré.

O dispositivo 56 proporciona ainda a troca de sinais de controle analógicos com dispositivos convencionais do veículo, como ar condicionado, rádio, televisão, vídeo, microfone, dentre outros, através da porta de comunicação 60, e a comunicação externa ao veículo através de antena omnidirecional 61, conforme mostrado na figura 7, onde é ilustrada a comunicação com uma central de controle, monitoramento e manutenção remota e em tempo real (CCMMR) 62.

O conceito de veículo elétrico-híbrido da presente invenção pressupõe uma estratégia de controle que faz uso de um conversor de energia seguidor de eficiência 21.

O conversor 21 enfatiza a utilização de equipamentos geradores de energia elétrica em condições de melhor eficiência energética em vez de coloca-los à disposição do condutor ou do próprio veículo para atender às demandas transientes de potência e energia associadas ao modo específico de deslocamento do veículo.

A UCPE 3 determina e direciona os fluxos de potência e energia através do barramento 10 para os diferentes subsistemas consumidores e armazenadores a bordo de modo que o gerador de energia elétrica embarcado é preservado para que não atenda em nenhuma situação de demandas

diretas desses subsistemas consumidores de carga, funcionando em potência aproximadamente constante para satisfazer as condições de operação de melhor eficiência energética. Esta determinação proveniente da UCPE 3 baseia-se nas condições operacionais instantâneas do veículo e das informações em tempo real dos seguintes subsistemas do veículo: sistema embarcado de armazenamento de energia 4; conjunto conversor do sistema auxiliar 6; conversor de tração 7; motor elétrico de tração 8; algoritmo 9; barramento elétrico 10 e sistema de proteção e monitoramento do barramento 17. Essas informações em tempo real são armazenadas na própria UCPE 3 através de controle adaptativo.

O controle é realizado através da comunicação com o conversor de energia seguidor de eficiência 21, que estabelece o modo de funcionamento dos geradores existentes a bordo 22 a 25, no que se refere à potência gerada a bordo, ao estado de carga do sistema de armazenamento de energia e em relação à carga demandada, conforme descrito esquematicamente na figura 8.

Tomando como exemplo o padrão esquemático de consumo de carga do veículo 63, o decaimento do estado de carga do sistema de armazenamento admite decaimento contínuo 64 seguido de estabilização cíclica desse estado de carga 65 ou decaimento controlado 66. Isso é realizado sob controle da UCPE 3 que, com base no estado de carga do sistema de armazenamento de energia embarcado 4, deflagra a geração de energia embarcada em potência constante, pela duração requerida, calculada com base no consumo de energia real médio e no estado de carga instantâneo do sistema de armazenamento de energia embarcado 4.

O comportamento do decaimento do estado de carga do sistema de armazenamento de energia embarcado conforme descrito é garantido por um padrão de funcionamento do gerador de energia embarcado conforme a figura 8, que mostra início de operação em rampa crescente de potência 67 para atingir e manter-se em nível preestabelecido de potência 68.

Este nível de potência é selecionado em função de condições limites de operação e de melhor eficiência energética fornecidas pelo fabri-

cante do gerador de energia, assim como pela engenharia de hibridização de energia embarcada, sendo mantido aproximadamente constante durante a operação conforme controle do conversor 21, sob gerenciamento por controle adaptativo da UCPE 3.

5 O modo de operação do sistema de tração elétrica para veículo elétrico-híbrido com conexão bidirecional 2 possibilita diferentes configurações veiculares com a utilização de pilhas a combustível como gerador de energia elétrica embarcado, conforme mostrado na figura 9.

10 O gerador embarcado do tipo pilha a combustível 69 é composto, como exemplificado de forma não limitada, por: empilhamento 70; balanço de planta 71, que é composto pelo menos por unidades de controle de fornecimento de combustível 72 e de ar ou oxigênio 73; unidade de controle de descarte e/ou reciclagem de produtos de reação e calor gerado 74; e sistema de adequação da energia elétrica gerada 75. Tais componentes espe-
15 cíficos e suas funções são definidas por cada fornecedor ou fabricante de pilhas a combustível.

A figura 10 mostra o uso dos equipamentos que fazem parte do sistema 2, incluindo o conversor de energia seguidor de eficiência específico para pilhas a combustível 76.

20 Os subsistemas referentes a esses equipamentos são idênticos àqueles previamente descritos para a figura 2 e incluem: os equipamentos previamente mencionados na figura 1, tais como a UCPE 3; o sistema de armazenamento de energia 4; o carregador bidirecional 5; o barramento 10; o algoritmo de regeneração 9; sendo dado destaque para o conjunto conver-
25 sor do sistema auxiliar 6, o qual inclui os seguintes dispositivos: conversor auxiliar para 24 V 26, que é um conversor isolado de alta para baixa tensão em corrente contínua e que alimenta sistemas auxiliares convencionais do veículo; fonte isolada 24-24 Vcc 27, atuando na redução de ruídos no barramento de baixa tensão em corrente contínua e limitando interferências nos
30 sinais de controle de conversores; conversor para corrente alternada 28, utilizado para energizar as tomadas de alimentação de dispositivos de uso pessoal na cabine do veículo; conversor para bomba hidráulica de direção

29, utilizado para energizar e controlar o motor da bomba do sistema hidráulico de direção do veículo; conversor para o compressor de ar comprimido 30, utilizado para energizar e controlar o motor do compressor de ar do sistema pneumático do veículo para acionamento de freios mecânicos, portas, 5 suspensão e armazenamento de energia; e conversor do condicionamento de ar 31, utilizado para energizar e controlar o motor do compressor do equipamento de condicionamento de ar do veículo. Por fim, compreende ainda sensores 32 e 33 para o controle de acionamento e dirigibilidade do veículo.

10 Em uma configuração híbrida com gerador do tipo conversor de energia seguidor de eficiência com pilha a combustível (CESE-PaC) 69, utiliza-se pilha a combustível alimentada com hidrogênio ou outros combustíveis, armazenado a bordo e oxigênio do ar como conversor de energia embarcado.

15 O empilhamento 70 possui seu próprio balanço de planta 71, que controla e monitora sua operação, administrando combustível 72 e ar 73, com descarte dos produtos de reação 74 e coleta de corrente elétrica, que alimenta a carga 75 e possui fluxo de potência com o conversor de energia para gerador com pilha a combustível 76. A inteligência 11 embarcada no gerador 69 possui fluxo de informações com o conversor 76.

20 O arranjo físico dos subsistemas embarcados de armazenamento, distribuição e utilização energética de hidrogênio ou outros combustíveis para sistema para veículo elétrico-híbrido com conexão bidirecional 2, na configuração em que o gerador embarcado de energia elétrica é pilha a 25 combustível, está representado esquematicamente de forma não limitada na figura 11. Tais subsistemas são constituídos por tanques de armazenamento de hidrogênio 81, sistema de distribuição de hidrogênio 82 em alta e baixa pressões e uso energético do hidrogênio 83 na pilha a combustível.

30 Em uma modalidade preferencial, utilizam-se dois tanques de armazenamento de hidrogênio diretamente conectados a um sistema de distribuição de hidrogênio em alta e baixa pressões.

Conforme mostrado na figura 11, o sistema de distribuição de

hidrogênio compreende válvulas, reguladores de pressão, conectores, manômetros, transdutores de pressão, tubulação, incluindo a tubulação de distribuição de dutos individuais para cada pilha a combustível. O uso do hidrogênio como combustível em uma pilha a combustível é exemplificativo. O sistema possui ainda outras configurações específicas que fazem uso de outros combustíveis, com ou sem reforma prévia, tais como: etanol, metanol, gás natural, biogases, gases ricos em metano e outros hidrocarbonetos, diesel, gasolina, entre outros.

A figura 12 mostra uma concretização do sistema para veículo elétrico-híbrido com conexão bidirecional 2 que faz uso de gerador do tipo conversor de energia seguidor de eficiência com grupo motor-gerador (CE-SE-GMG) 84.

O gerador 84 compreende um motor a combustão interna 85 alimentado por combustível 86 para acionar o motor-gerador elétrico 87. Esse sistema é controlado pelo conversor de energia para gerador com grupo motor-gerador 88 o qual é comandado pela interface para conversor de energia 20.

A estratégia de funcionamento do gerador 84, mostrada na figura 13, é tal que, apesar do motor a combustão interna 85 poder operar ao longo da sua curva de potência máxima 90, ele é controlado de modo a operar ao longo de sua curva de melhor eficiência energética 91.

A curva 91 é composta por curvas adicionais de isoeffiência 92, que definem uma região de operação em termos de potência gerada com torque específico, estabelecendo a região de melhor eficiência energética 93. Essa região de melhor eficiência energética 93 é estabelecida pela condição de menor consumo específico de combustível do motor a combustão interna 85 medida, por exemplo, em g/kWh em análise prévia de funcionamento desta máquina térmica em potência constante. Uma região específica de melhor eficiência energética é característica para cada tipo de combustível utilizado.

A região 93 é utilizada para impor as condições de funcionamento, como a rotação nominal, do motor-gerador elétrico 87 de modo que ele

opere na região plana da sua curva de torque 94, na potência predeterminada 95, seguindo a curva de melhor eficiência 96 do motor-gerador elétrico 87, sob comando da UCPE (3), que implementa lógica de operação preestabelecida.

5 A figura 14 mostra de forma esquemática a inteligência de controle 89 do gerador 84, que é a unidade responsável pelo fluxo de informações e controle entre o módulo de controle do motor a combustão interna 97 da unidade de combustão interna 98 e o módulo de controle 99 do conversor do motor-gerador trifásico 100 da unidade elétrica 101. A inteligência de controle do gerador 89 realiza a comunicação entre a unidade de combustão interna 98 e a unidade elétrica 101, garantindo a estratégia de controle estabelecida na figura 13.

10 O sistema para veículo elétrico-híbrido com conexão bidirecional 2 que utiliza gerador do tipo conversor de energia seguidor de eficiência 84 pode apresentar uma pluralidade de configurações no que diz respeito ao combustível que alimenta o motor a combustão interna 85 do gerador 84.

15 O combustível pode ser qualquer combustível que possa ser utilizado para alimentar um motor a combustão interna como, por exemplo, etanol, gás natural, diesel, biodiesel gasolina e metanol. O motor a combustão interna pode ainda ser do tipo flex, ou seja, ser alimentado por mais de um combustível.

20 De forma particular, a figura 15 apresenta a estratégia de controle para o uso de um conversor de energia seguidor de eficiência com pilha a combustível como gerador elétrico embarcado 69, que determina a operação da pilha a combustível em nível de eficiência constante 123 em uma faixa de operação em potência constante 124, que é determinada pela UCPE 3, entre as potências mínima 125 e máxima 126 da pilha a combustível. Esta estratégia de controle é implementada pela UCPE 3 que, com base no estado de carga do sistema de armazenamento de energia embarcado 4, deflagra a geração de energia embarcada em potência constante, pela duração requerida, calculada com base no consumo de energia real médio e no estado de carga instantâneo do sistema de armazenamento de energia embarcado 4.

Os níveis de potência mínima 125 e máxima 126 são determinados em função de condições limites de operação e de melhor eficiência energética fornecidas pelo fabricante do gerador de energia, assim como pela engenharia de hibridização de energia embarcada, sendo mantidos aproximadamente constantes durante a operação conforme controle do conversor 21, sob gerenciamento por controle adaptativo da UCPE 3.

A estratégia de controle proporciona a operação da pilha a combustível de modo a consumir menos combustível e garantir maior tempo de vida útil. Isso é conseguido estabelecendo lógica de controle de modo que seja diminuído, para um período de trabalho, o número de vezes em que a pilha a combustível é ligada e desligada, e também impondo a sua operação para geração de eletricidade em potência constante, a qual é determinada com base nas características fornecidas pelo fabricante em relação às potências mínima e máxima de operação eficiente do equipamento.

A figura 16 mostra a estratégia de controle para uso de gerador do tipo conversor de energia seguidor de eficiência com grupo motor-gerador 84 que determina a operação do grupo motor-gerador sempre em condição de melhor eficiência energética em potência aproximadamente constante, de forma a garantir menor consumo de combustível, menores emissões e maior vida útil do gerador 84. Analogamente ao descrito em relação à figura 15, esta estratégia de controle é realizada pela UCPE 3 que, com base no estado de carga do sistema de armazenamento de energia embarcado 4, deflagra a geração de energia embarcada em potência constante, pela duração requerida, calculada com base no consumo de energia real médio e no estado de carga instantâneo do sistema de armazenamento de energia embarcado 4.

Em uma concretização preferencial, a máquina elétrica utilizada no grupo motor-gerador 84 refere-se a uma máquina assíncrona do tipo motor de indução convencional, operando como gerador.

Assim, a UCPE 3, através da sua interface para conversor de energia 20, determina à inteligência de controle do conversor 89 a potência requerida para a operação do veículo. Esta inteligência de controle do con-

versor 89 estabelece os parâmetros de operação da máquina térmica – motor a combustão interna 85 – para que opere em condição de melhor eficiência energética 91.

Além disso, controla ainda o modo de operação da máquina elétrica – motor assíncrono 87 – para que funcione em condições de tensão e de frequência que garantam operação no quadrante de geração de energia elétrica para a rotação de eixo imposta.

Assim sendo, a inteligência de controle do conversor 89 utiliza-se de um motor elétrico convencional, assíncrono, para funcionar como gerador de energia elétrica. Em toda a faixa de potência permitida pelo gerador elétrico 87, a inteligência de controle do conversor 89 opera o motor a combustão interna 85, fazendo com que este siga a sua curva de melhor eficiência de funcionamento 91.

Um sistema inteligente de gerenciamento de energia para gerador de energia 34 com conexão bidirecional à rede elétrica e uso de um conversor de energia seguidor de eficiência 21 é mostrado na figura 17. O sistema 34 é para geração de energia elétrica em modo não embarcado e compreende os seguintes componentes: unidade de controle principal de energia (UCPE) 3, sistema de armazenamento de energia 4, carregador bidirecional 5, conjunto conversor do sistema auxiliar 6, barramento elétrico 10, sistema de proteção e monitoramento do barramento 17, conversor de energia seguidor de eficiência 21 e geradores 22, 23, 24, 25.

Como se observa, o sistema inteligente de gerenciamento de energia para gerador de energia 34 corresponde ao sistema de tração elétrica para veículo elétrico-híbrido com conexão bidirecional 2 com os dispositivos relacionados à tração do veículo – conversor de tração 7, motor elétrico de tração 8, algoritmo 9 e interface para conversor de tração 13 – sendo suprimidos.

Além disso, alguns dos subsistemas do conjunto conversor do sistema auxiliar 6 também não fazem parte do sistema 34. São eles: conversor da bomba hidráulica 29, conversor do compressor de ar 30 e conversor do condicionamento de ar 31. Todos os demais componentes do sistema 34

operam de modo análogo aos componentes correspondentes do sistema de tração elétrica para veículo elétrico-híbrido com conexão bidirecional 2, descrito anteriormente.

- 5 Tendo sido descrito exemplos de concretizações preferidos, deve ser entendido que o escopo da presente invenção abrange outras possíveis variações, sendo limitado tão somente pelo teor das reivindicações apensas, aí incluídos os possíveis equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema inteligente de gerenciamento de energia para veículo elétrico com conexão bidirecional (1) que compreende:

- 5 um motor elétrico de tração (8) conectado a um conversor de tração (7) para tracionar o veículo elétrico;
- um conversor de tração (7) conectado a sensores (32, 33) de controle de acionamento e dirigibilidade do veículo elétrico, que controla o motor elétrico de tração (8) através de um algoritmo (9) para regeneração de energia cinética em energia elétrica;
- 10 um sistema embarcado de armazenamento de energia (4) para armazenar a energia elétrica a bordo do veículo elétrico;
- um carregador bidirecional (5) que, através de uma interface (12), recarrega o sistema embarcado de armazenamento de energia elétrica (4) e supre energia elétrica para uma rede ou sistema consumidor de energia não embarcados;
- 15 um conjunto conversor do sistema auxiliar (6) que compreende uma pluralidade de conversores do sistema auxiliar do veículo elétrico; e
- um barramento elétrico (10) que realiza conexões elétrico-eletrônicas com: o sistema embarcado de armazenamento de energia (4), o
- 20 carregador bidirecional (5), o conjunto conversor do sistema auxiliar (6) e o conversor de tração (7);
- em que o barramento elétrico (10) possui um sistema de proteção e monitoramento do barramento (17) que é responsável pela proteção do sistema elétrico do barramento (10), garantindo segurança de operação,
- 25 e o sensoriamento de dados para controle;
- caracterizado pelo fato de que compreende ainda:
- uma unidade de controle principal de energia (UCPE) (3) para controlar, monitorar, adquirir dados, efetuar comunicação e gerenciar a energia a bordo do veículo elétrico, em que:
- 30 a UCPE (3) proporciona fluxo de informações e controle entre:
- (a) o conversor de tração (7) e uma interface (13) para o conversor de tração (7);

(b) o conjunto conversor do sistema auxiliar (6) e uma interface (14) para o conjunto conversor do sistema auxiliar (6);

(c) o carregador bidirecional (5) e uma interface (15) para o carregador bidirecional (5);

5 (d) o sistema de armazenamento de energia (4) e uma interface (16) para o sistema de armazenamento de energia (4);

(e) um sistema de proteção e monitoramento do barramento (17) e uma interface (18) para o sistema de proteção e monitoramento do barramento (17); e

10 (f) dispositivos para dirigibilidade do veículo elétrico e comunicações internas e externas ao veículo elétrico e uma interface homem-máquina (19); e

em que a interface (13), uma inteligência (11) do conversor de tração (7) e um algoritmo (9) proporcionam ênfase à regeneração de energia cinética em energia elétrica, garantindo fluxo otimizado de potência gerada pelo motor elétrico de tração (8) e gerenciando o estado de carga do sistema de armazenamento de energia (4), através da interface (16).

20 2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a UCPE (3) proporciona o fluxo de informações e controle através de inteligências (11), embarcadas no sistema de armazenamento de energia (4), no carregador bidirecional (5), no conjunto conversor do sistema auxiliar (6), no conversor de tração (7), e em um dispositivo homem-máquina (56).

25 3. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a UCPE (3) é um circuito eletrônico microprocessado de alta capacidade para uso veicular, com capacidade para resistir a vibrações mecânicas, interferências eletromagnéticas e intempéries.

30 4. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a UCPE (3) compreende algoritmos de controle para gerenciar a energia embarcada, em que determina a magnitude da potência gerada a bordo em regime permanente, o tempo de geração e o estado de carga do sistema de armazenamento de energia (4), de modo a controlar a geração

de energia embarcada.

5. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sistema embarcado de armazenamento de energia (4), o carregador bidirecional (5), o conjunto conversor do sistema auxiliar (6), e o
5 conversor de tração (7) possuem fluxo de potência bidirecional com o barramento elétrico (10).

6. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sistema embarcado de armazenamento de energia (4) compreende pelo menos um armazenador de energia embarcado (35, 37, 39, 40,
10 41) que incorpora um conversor bidirecional específico (36, 38, 42) para troca de fluxo de potência com o barramento (10).

7. Sistema, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que pelo menos um armazenador de energia embarcado (35, 37, 39, 40, 41) é selecionado a partir do grupo que compreende: banco de baterias
15 tracionárias, banco de supercapacitores, sistema eletromecânico de armazenamento de energia, tipo "flywheel", sistema composto por compressor de ar e tanques de armazenamento de ar comprimido, sistema composto por refrigerador e recipiente isolado termicamente, e sistema embarcado de eletrólise da água para produção, compressão e armazenamento de hidrogênio.

8. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o conversor de tração (7), com o auxílio dos sensores (32, 33) e do algoritmo (9), proporciona a operação do motor elétrico de tração (8) como gerador de energia elétrica durante processos de frenagem ou desaceleração do veículo, de modo a regenerar energia cinética em energia elétrica.

9. Sistema, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a energia elétrica gerada no processo de regeneração é utilizada para carregar pelo menos um armazenador de energia embarcado (35, 37,
25 39, 40, 41).

10. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a inteligência (11) utiliza a interface para conversor de tração (13) e o barramento (10) para garantir o fluxo de energia requerido pelo motor elétrico de tração (8) de modo a satisfazer as exigências de torque e po-
30

tência impostas pela utilização do veículo, a UCPE (3) realizando um controle adaptativo para otimizar o gasto de energia em futuras utilizações da mesma rota pelo veículo.

5 11. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a inteligência (11), através do algoritmo (9) gerencia o funcionamento conjunto das interfaces para conversor de tração (13) e para sistema de armazenamento de energia (16) para maximizar a absorção de energia elétrica no sistema de armazenamento de energia (4), em que:

10 a energia é proveniente da regeneração de energia cinética em energia elétrica realizada pelo motor elétrico de tração (8) operando como gerador de energia elétrica; e

15 a maximização de absorção de energia elétrica é garantida pela UCPE (3), permitindo ao barramento (10) o uso imediato de uma porção da energia elétrica regenerada para o suprimento de demandas de carga do sistema auxiliar e realizando o controle adaptativo através de monitoramento do estado de carga do sistema de armazenamento de energia (4), com base no histórico de consumo.

20 12. Sistema, de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a interface homem-máquina (19) estabelece fluxos de informações e controle com um dispositivo homem-máquina (56) para realizar comunicações sem fio, internas e externas ao veículo.

25 13. Sistema, de acordo com reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que a interface homem-máquina (19), através do dispositivo homem-máquina (56), conecta-se a um dispositivo exibidor (57) que proporciona as seguintes tarefas:

acionar e desligar o veículo;

reconhecer o condutor;

acionar e desligar dispositivos dos sistemas de tração e auxiliar do veículo;

30 disponibilizar informações de operação dinâmica do veículo, (como estado de carga do sistema de armazenamento de energia (4), velocidade e posição geográfica do veículo por GPS, potência instantânea gasta

no veículo, correntes de consumo e de regeneração de energia cinética em energia elétrica e tela para ajustes de variáveis e manutenção; acessar à internet no interior do veículo; e

5 transmitir e receber dados de controle e monitoramento para uma central de controle, monitoramento e manutenção remota (62) que assessora remotamente a operação e possibilita ações de segurança e de manutenção preventiva e corretiva à distância, em tempo real.

10 14. Sistema, de acordo com reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o dispositivo exibidor (57) é um dispositivo com tela sensível ao toque.

15 15. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o carregador bidirecional (5):

transfere energia da rede elétrica convencional através da interface (12) para o veículo, recarregando o sistema embarcado de armazenamento de energia (4); e

transfere energia elétrica do veículo para uma carga externa, proporcionando energia a um consumidor externo não embarcado.

20 16. Sistema, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que a interface (12) proporciona um sistema de recarregamento de "carga rápida", em que o sistema embarcado de armazenamento de energia elétrica (4) é recarregado parcialmente através de conexão com ou sem contato elétrico físico, em locais específicos de paradas momentâneas ao longo do trajeto do veículo.

25 17. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o conjunto conversor do sistema auxiliar (6) compreende:

um conversor auxiliar para 24 V (26), que é um conversor isolado de alta para baixa tensão em corrente contínua e que alimenta sistemas auxiliares convencionais do veículo;

30 uma fonte isolada 24-24 Vcc (27) que atua na redução de ruídos no barramento (10) de baixa tensão em corrente contínua e limita interferências nos sinais de controle dos conversores (26, 28, 29, 30, 31);

um conversor para corrente alternada (28) que energiza as to-

madras de alimentação de dispositivos de uso pessoal na cabine do veículo;
um conversor para bomba hidráulica de direção (29) que energiza e controla o motor da bomba do sistema hidráulico de direção do veículo;
um conversor para o compressor de ar comprimido (30) que energiza e controla o motor do compressor de ar do sistema pneumático do veículo para acionamento de freios mecânicos, portas e suspensão; e
um conversor do condicionamento de ar (31) que energiza e controla o motor do compressor do equipamento de condicionamento de ar do veículo;

em que a fonte (27) e os conversores (26, 28, 29, 30, 31) possuem inteligências embarcadas (11), garantindo o uso eficiente de energia.

18. Sistema inteligente de gerenciamento de energia para veículo elétrico-híbrido com conexão bidirecional (2) que compreende:

o sistema inteligente de gerenciamento de energia para veículo elétrico com conexão bidirecional (1) como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 17;

pelo menos um gerador de energia elétrica embarcado (22, 23, 24, 25) para gerar energia elétrica conforme necessidades de consumo do sistema (2);

caracterizado pelo fato de que compreende ainda:

um conversor de energia (21) para controlar a operação de pelo menos um gerador de energia elétrica embarcado (22, 23, 24, 25) em estado estacionário com base na troca de fluxo de informações e controle entre uma inteligência (11) e uma interface para conversor de energia (20), em que o uso do sistema de armazenamento de energia (4) é predominante em relação à energia total requerida para a operação do sistema para veículo elétrico-híbrido com conexão bidirecional (2), representando mais de 50% da energia total embarcada.

19. Sistema, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que pelo menos um armazenador de energia embarcado (35, 37, 39, 40, 41) é configurado para operar em conjunto com pelo menos um gerador embarcado de energia elétrica (22, 23, 24, 25), em que pelo menos

um gerador embarcado de energia elétrica (22, 23) é selecionado a partir do grupo que compreende uma pilha a combustível, um grupo motor-gerador; uma turbina e um painel solar, além de regeneração de energia cinética em energia elétrica.

5 20. Sistema, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que a UCPE (3), com base nas condições operacionais instantâneas do veículo e das informações em tempo real dos subsistemas (4, 6, 7, 8, 9, 10, 17) do veículo, proporciona a utilização dos equipamentos geradores de energia embarcados (22, 23, 24, 25) em potência aproximadamente constante.

10 21. Sistema, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que as condições operacionais instantâneas do veículo e das informações em tempo real dos subsistemas (4, 6, 7, 8, 9, 10, 17) do veículo são armazenadas na UCPE (3) através de um controle adaptativo.

15 22. Sistema, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que o controle adaptativo é realizado através da comunicação da UCPE (3) com o conversor (21), que estabelece o modo de funcionamento dos geradores de energia (22, 23, 24, 25) no que se refere à potência gerada a bordo, ao estado de carga do sistema de armazenamento de energia (4) e à carga demandada.

20 23. Sistema, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que, quando o sistema de armazenamento de energia (4) está com carga completa, a energia gerada através do processo de regeneração pelo motor elétrico de tração (8) é direcionada através do barramento (10) para:

25 alimentar demandas de carga do sistema auxiliar;
 alimentar o motor elétrico (87) do grupo motor-gerador;
 produzir e armazenar ar comprimido a bordo; e
 converter energia elétrica em energia térmica, que é armazenada em fonte fria e contribui para a operação eficiente do sistema de condicionamento de ar do veículo.

30 24. Sistema, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado

pelo fato de que:

pelo menos um gerador embarcado de energia elétrica (22, 23, 24, 25) é um gerador (69) que compreende uma pilha a combustível; e

o conversor de energia é um conversor específico para gerador com pilhas a combustível (76), comandado pela UCPE (3) através da interface (20) para gerenciar o gerador (69) através das inteligências (11), mantendo uma pilha a combustível operando em uma faixa de operação em potência constante (124), em que uma faixa (124) está em um nível de eficiência constante (123) e é determinada pela UCPE (3) entre as potências mínima (125) e máxima (126) da pilha a combustível; e

em que a pilha a combustível (69) é alimentada com um combustível armazenado a bordo, dentre: hidrogênio (72), etanol, metanol, gás natural, biogases, gases ricos em metano e outros hidrocarbonetos, diesel e gasolina.

25. Sistema, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que:

pelo menos um gerador embarcado de energia elétrica (22, 23, 24, 25) é um gerador (84) que compreende um motor a combustão interna (85), alimentado por combustível (86) para acionar o motor-gerador elétrico (87);

o conversor de energia é um conversor específico para gerador com grupo motor-gerador (88), comandado pela UCPE (3) através da interface (20) para gerenciar o gerador (84) através das inteligências (11, 89), mantendo um motor a combustão interna (85) operando ao longo de sua curva de melhor eficiência energética (91), que tem curvas de isoeffiência (92), que definem uma região de melhor eficiência energética (93) do motor a combustão interna (85); em que:

o conhecimento da região de melhor eficiência energética (93) é utilizado para determinar a rotação nominal do motor-gerador elétrico (87) para que opere na região plana da sua curva de torque (94), com uma potência predeterminada (95), seguindo a curva de melhor eficiência (96) do motor-gerador elétrico (87), sob comando da UCPE (3), que implementa ló-

gica de operação preestabelecida; e

em que o combustível (86) que alimenta o motor a combustão interna (85) é selecionado do grupo que compreende: etanol, gás natural, biogás, diesel, biodiesel, gasolina e metanol e suas combinações.

5 26. Sistema, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que o motor-gerador elétrico (87) é um motor assíncrono do tipo motor de indução convencional que opera como gerador.

27. Sistema inteligente de gerenciamento de energia para um gerador de energia (34) que compreende:

10 um sistema embarcado de armazenamento de energia (4) para armazenar a energia elétrica a bordo do sistema (34);

 um carregador bidirecional (5) que, através de uma interface (12), recarrega o sistema embarcado de armazenamento de energia elétrica (4) e supre energia elétrica para pelo menos um dentre uma rede e um sistema consumidor de energia;

15 um conjunto conversor do sistema auxiliar (6) que compreende uma pluralidade de conversores do sistema auxiliar do sistema (34); e

 um barramento elétrico (10) que realiza conexões elétrico-eletrônicas com: o sistema embarcado de armazenamento de energia (4), o carregador bidirecional (5), o conjunto conversor do sistema auxiliar (6) e um conversor de energia (21, 76, 88);

 em que o barramento elétrico (10) possui um sistema de proteção e monitoramento do barramento (17), que é responsável pela proteção do sistema elétrico do barramento (10), garantindo segurança de operação, e o sensoriamento de dados para controle;

25 caracterizado pelo fato de que compreende ainda:

 uma unidade de controle principal de energia (UCPE) (3) para controlar, monitorar, adquirir dados, efetuar comunicação e gerenciar a energia a bordo do sistema (34), em que:

30 a UCPE (3) proporciona fluxo de informações e controle entre:

 (a) o conjunto conversor do sistema auxiliar (6) e uma interface (14) para o conjunto conversor do sistema auxiliar (6);

(b) o carregador bidirecional (5) e uma interface (15) para o carregador bidirecional (5);

(c) o sistema de armazenamento de energia (4) e uma interface (16) para o sistema de armazenamento de energia (4);

5 (d) um sistema de proteção e monitoramento do barramento (17) e uma interface (18) para o sistema de proteção e monitoramento do barramento (17); e

(e) dispositivos para comunicações internas e externas ao sistema (34) e uma interface homem-máquina (19).

10 28. Método para gerenciar energia em um sistema inteligente de gerenciamento de energia (2, 34), que compreende as etapas de:

monitorar, através da UCPE (3), as condições operacionais instantâneas do sistema (2, 34) e as informações em tempo real dos seguintes subsistemas: sistema embarcado de armazenamento de energia (4), conjunto conversor do sistema auxiliar (6), barramento elétrico (10), sistema de proteção e monitoramento do barramento (17), e conversor de energia (21, 76, 88);

armazenar as informações em tempo real na UCPE (3) através de controle adaptativo, realizado pela UCPE (3) através do monitoramento do estado de carga do sistema de armazenamento de energia (4), com base no histórico de consumo;

caracterizado pelo fato de que compreende ainda a etapa de:

25 determinar, através da UCPE (3) e a partir das informações armazenadas nela, os fluxos de potência e energia através do barramento (10) para os diferentes subsistemas consumidores de energia e armazenadores a bordo do sistema (2, 34), de modo a impedir que um gerador de energia elétrica (22, 23, 24, 25, 69, 84) atenda a situações de demandas diretas dos subsistemas consumidores de energia, funcionando em potência aproximadamente constante para satisfazer as condições de operação de melhor eficiência energética do gerador (22, 23, 24, 25, 69, 84).

30 29. Método, de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que a etapa de monitorar compreende ainda monitorar as condi-

ções operacionais instantâneas do sistema (2) e as informações em tempo real do conversor de tração (7), do motor elétrico de tração (8) e do algoritmo (9).

5 30. Método para controlar o funcionamento de um gerador de energia (22, 23, 24, 25, 69, 84) que compreende as etapas de:

detectar, através de uma unidade de controle principal de energia (UCPE) (3), e com base no padrão de consumo de carga (63) de um subsistema consumidor, pelo menos um dentre o decaimento do estado de carga do sistema de armazenamento (4) de modo contínuo (64) seguido de
10 estabilização cíclica desse estado de carga (65) e o decaimento controlado (66); e

caracterizado pelo fato de que compreende ainda a etapa de:

proporcionar, através de um conversor de energia que opera em condições de melhor eficiência energética (21, 76, 88), que o gerador de energia (22, 23, 24, 25, 69, 84) inicie a operação em uma rampa crescente de
15 potência (67) para atingir e manter-se em um nível preestabelecido de potência (68), em que este nível é mantido aproximadamente constante e em que a operação tem uma duração que é calculada com base no consumo de energia real médio e no estado de carga instantâneo do sistema de armaze-
20 namento de energia embarcado (4).

31. Método, de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que o gerador de energia (22, 23, 24, 25, 69, 84) é um gerador (69) que compreende uma pilha a combustível.

32. Método, de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que a etapa de proporcionar compreende ainda determinar que a
25 pilha a combustível opere em um nível de eficiência constante (123) dentro de uma faixa de operação em potência constante (124), que é determinada pela UCPE (3) entre as potências mínima (125) e máxima (126) da pilha a combustível.

30 33. Método, de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que o gerador de energia (22, 23, 24, 25, 69, 84) compreende um motor a combustão interna (85).

34. Método, de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que a etapa de proporcionar compreende ainda:

determinar que o motor a combustão interna (85) opere em sua curva de melhor eficiência energética (91);

5 definir, através da UCPE (3), que implementa lógica de operação preestabelecida, a partir das curvas de isoeeficiência (92), a curva de melhor eficiência energética (91) do motor a combustão interna (85), e uma região de melhor eficiência energética (93) do motor a combustão interna (85),

10 determinar, a partir da região (93), que o motor-gerador elétrico (87) opere na região plana da sua curva de torque (94), com uma potência predeterminada (95), seguindo a curva de melhor eficiência (96) do motor-gerador elétrico (87).

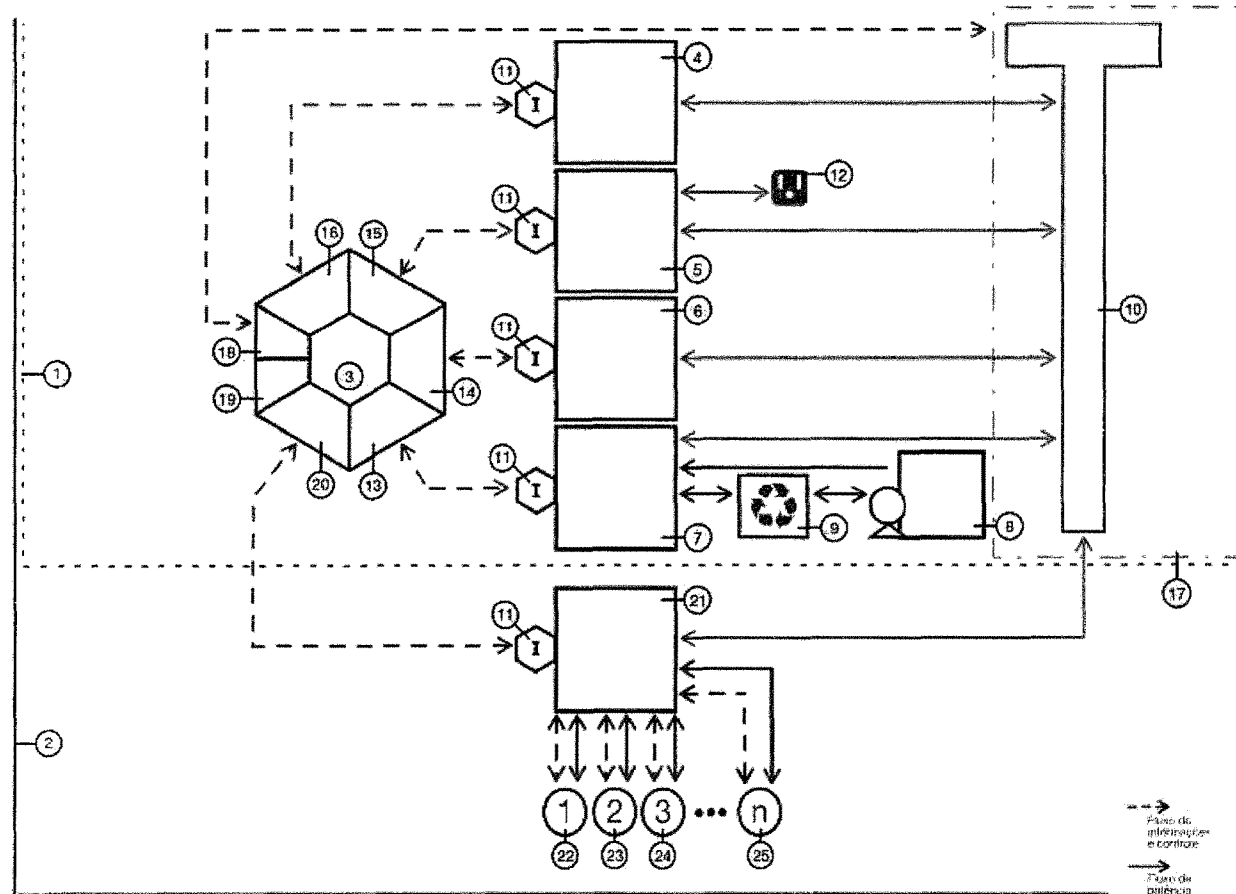


FIG. 1

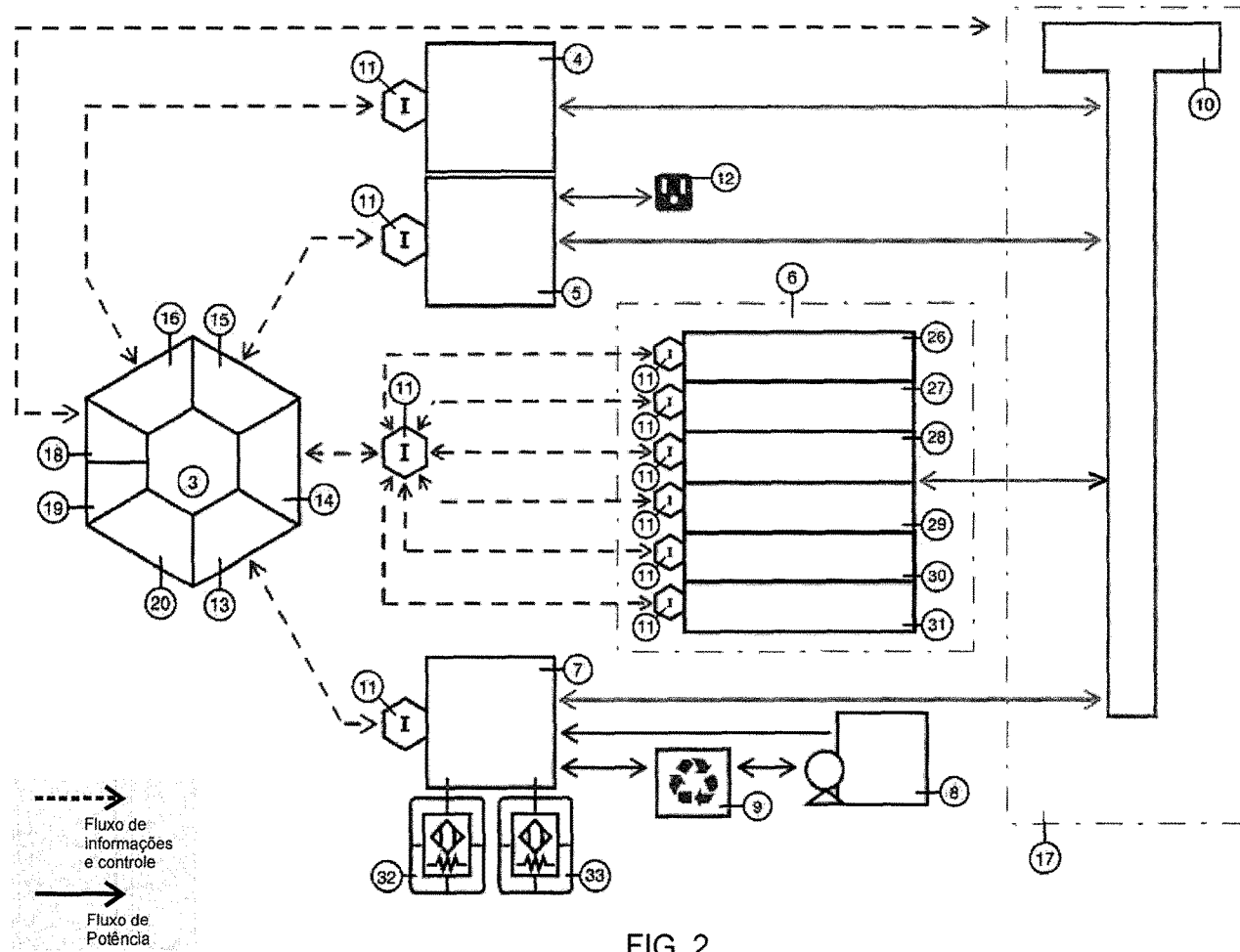


FIG. 2

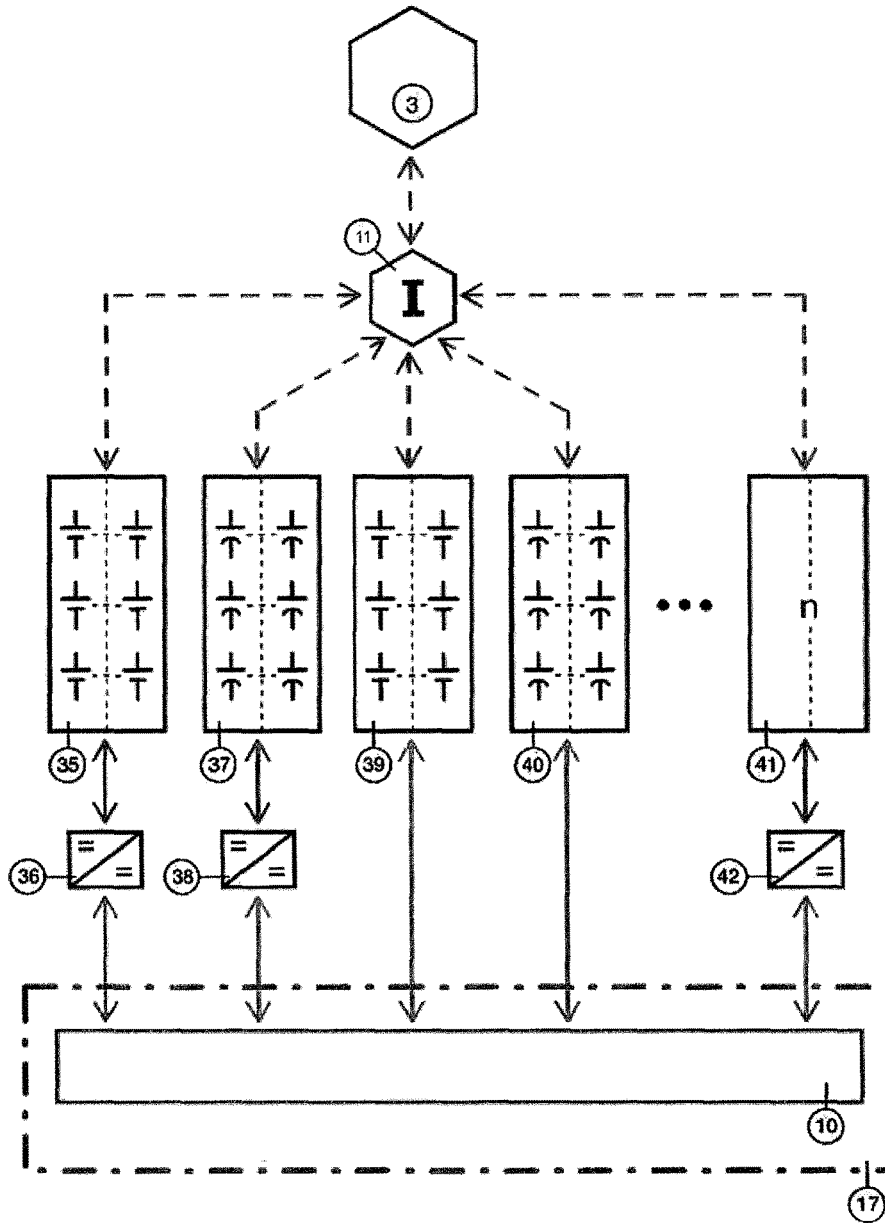


FIG. 3

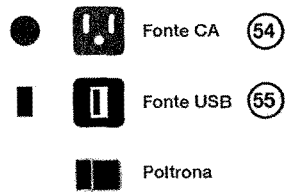
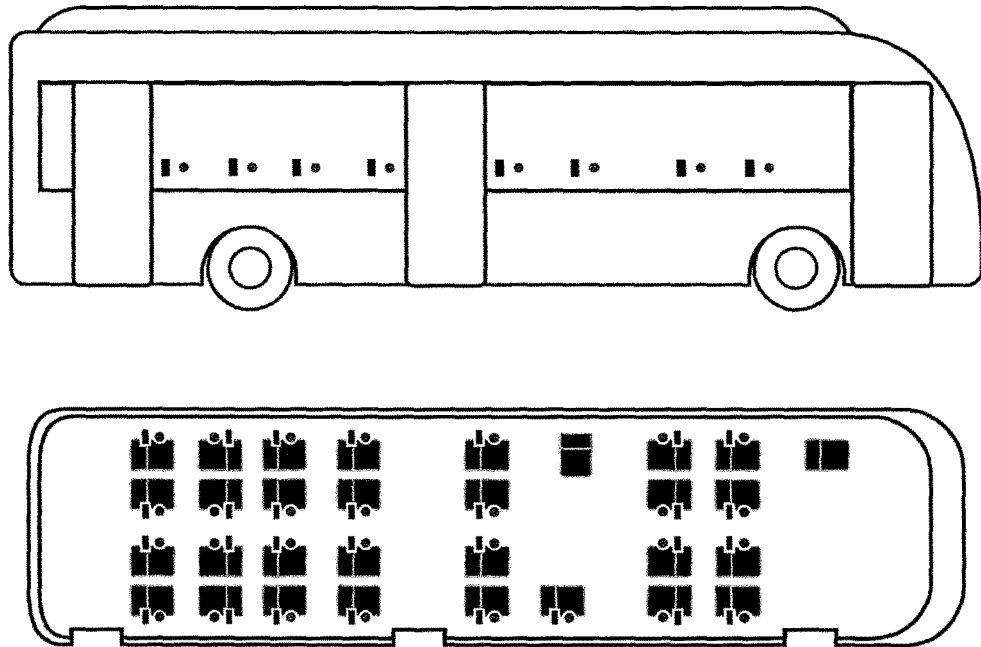


FIG. 4

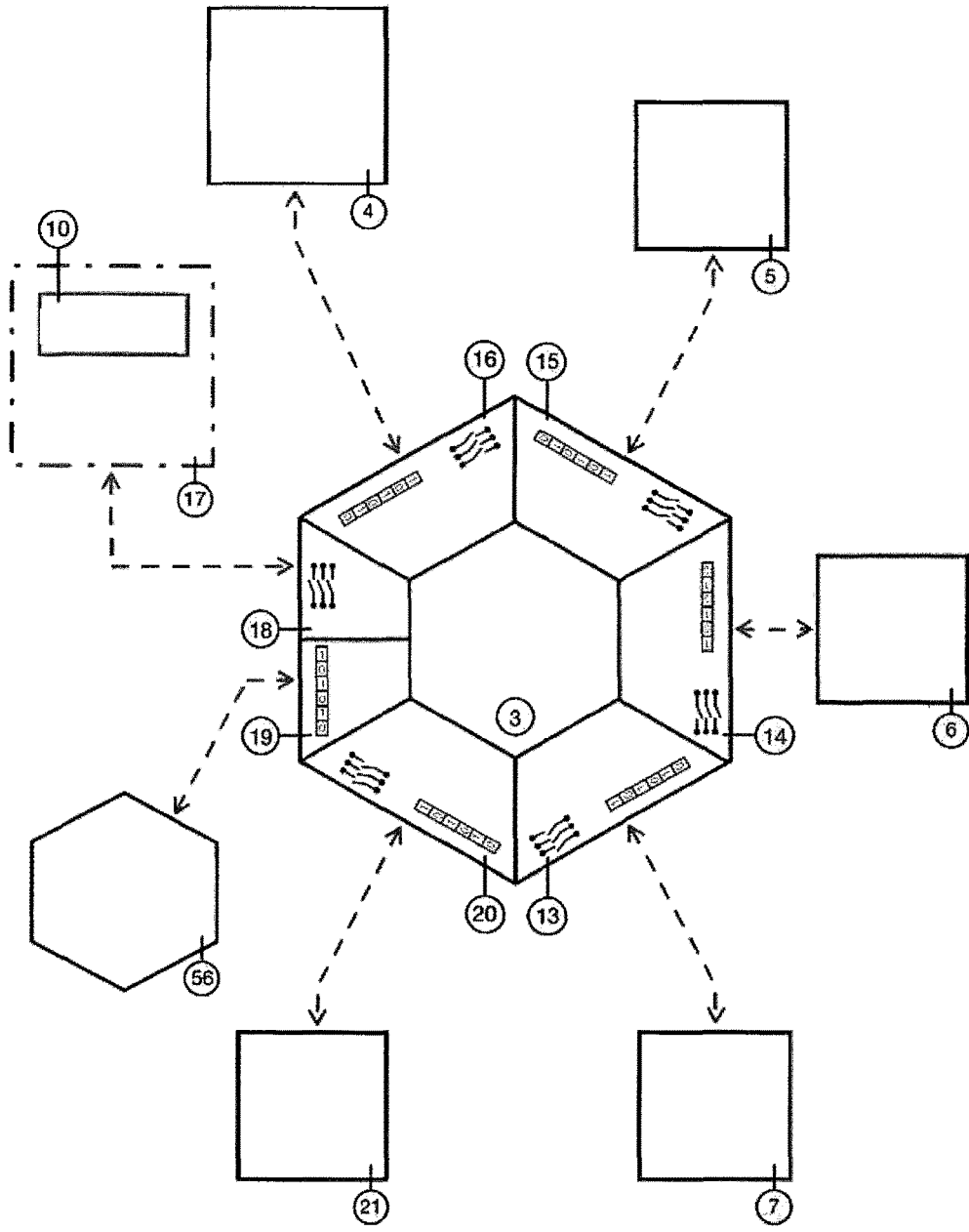


FIG. 5

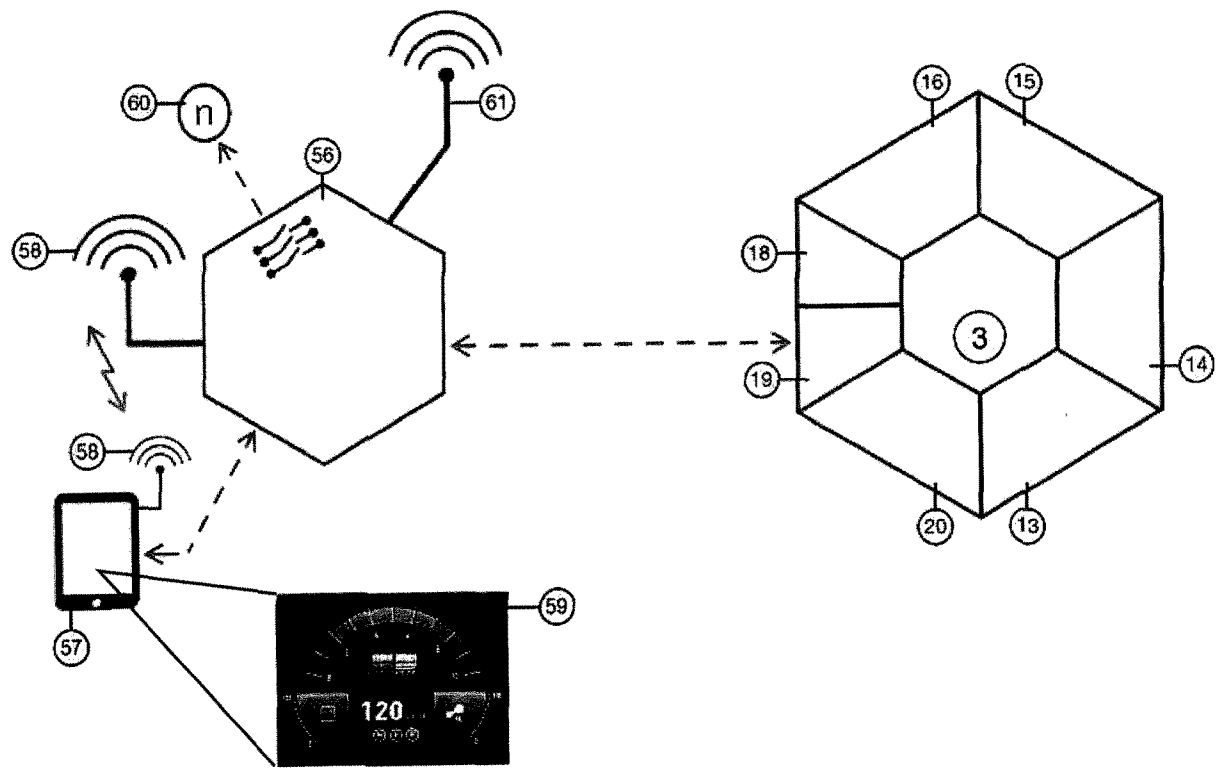


FIG. 6

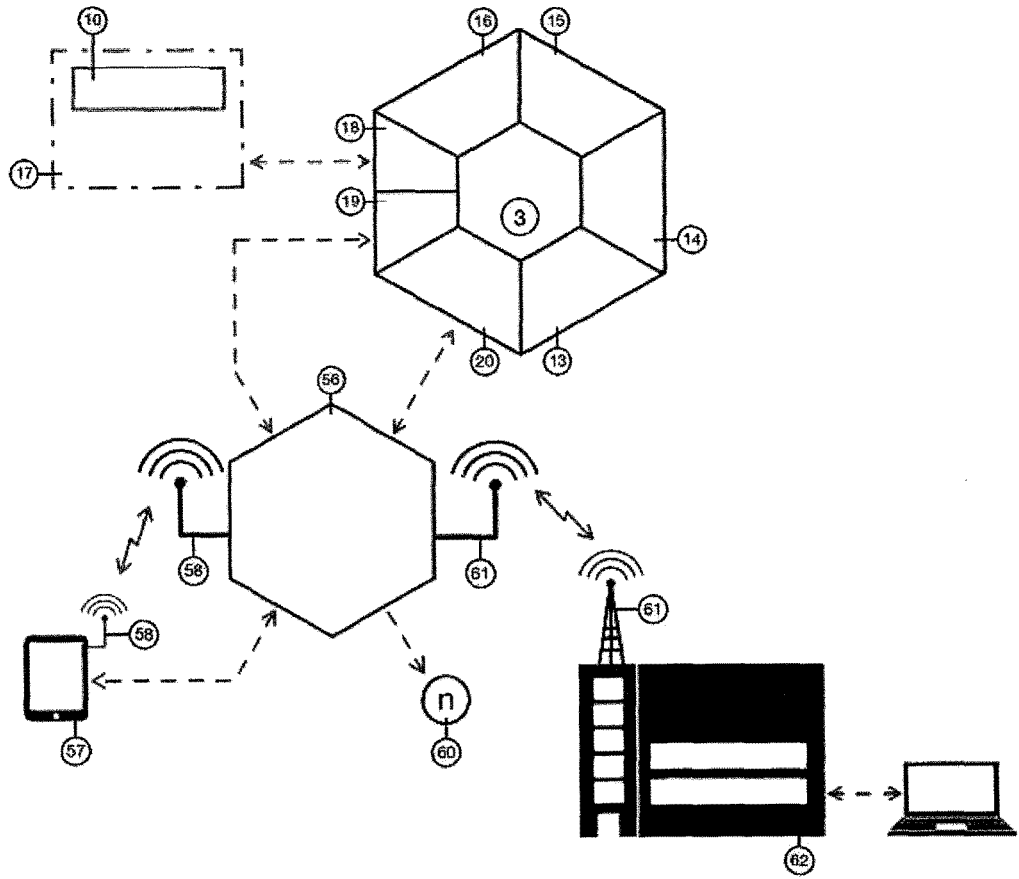


FIG. 7

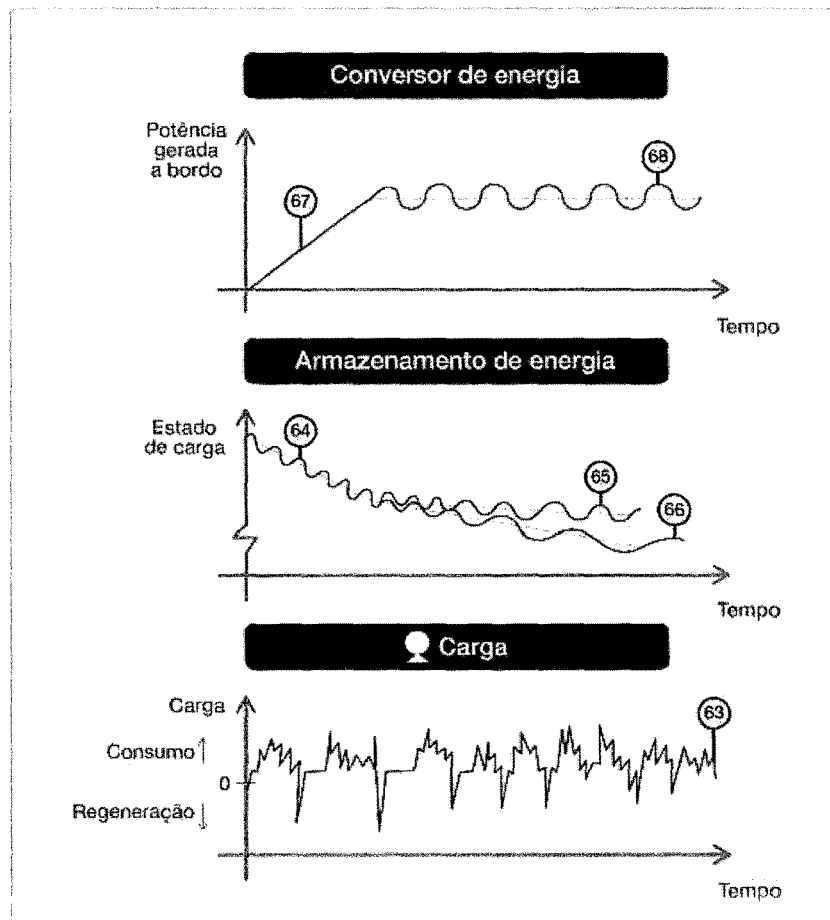
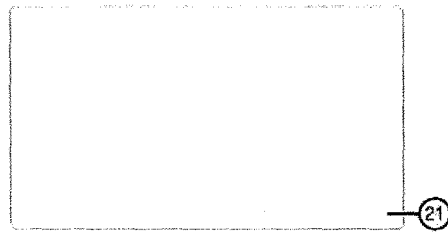


FIG. 8

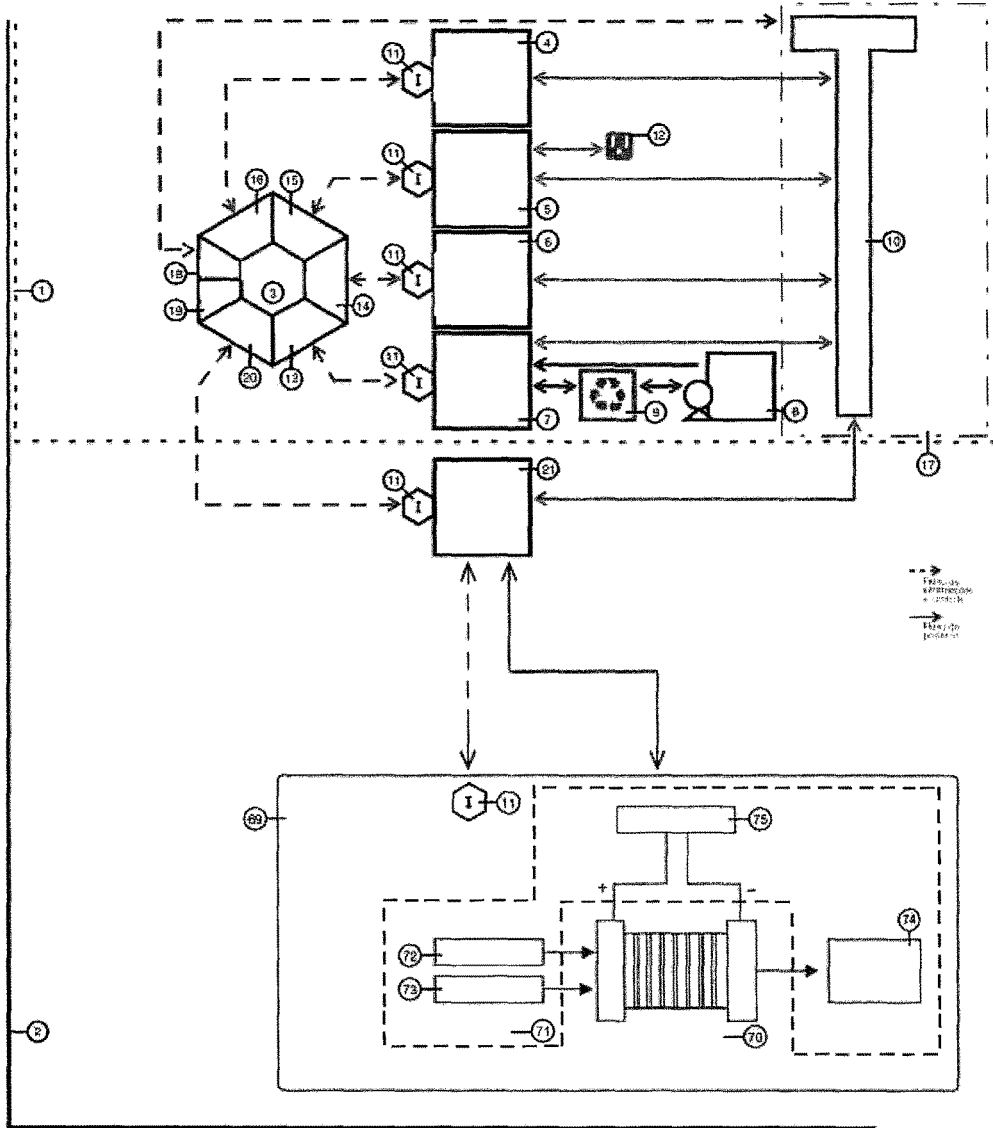


FIG. 9

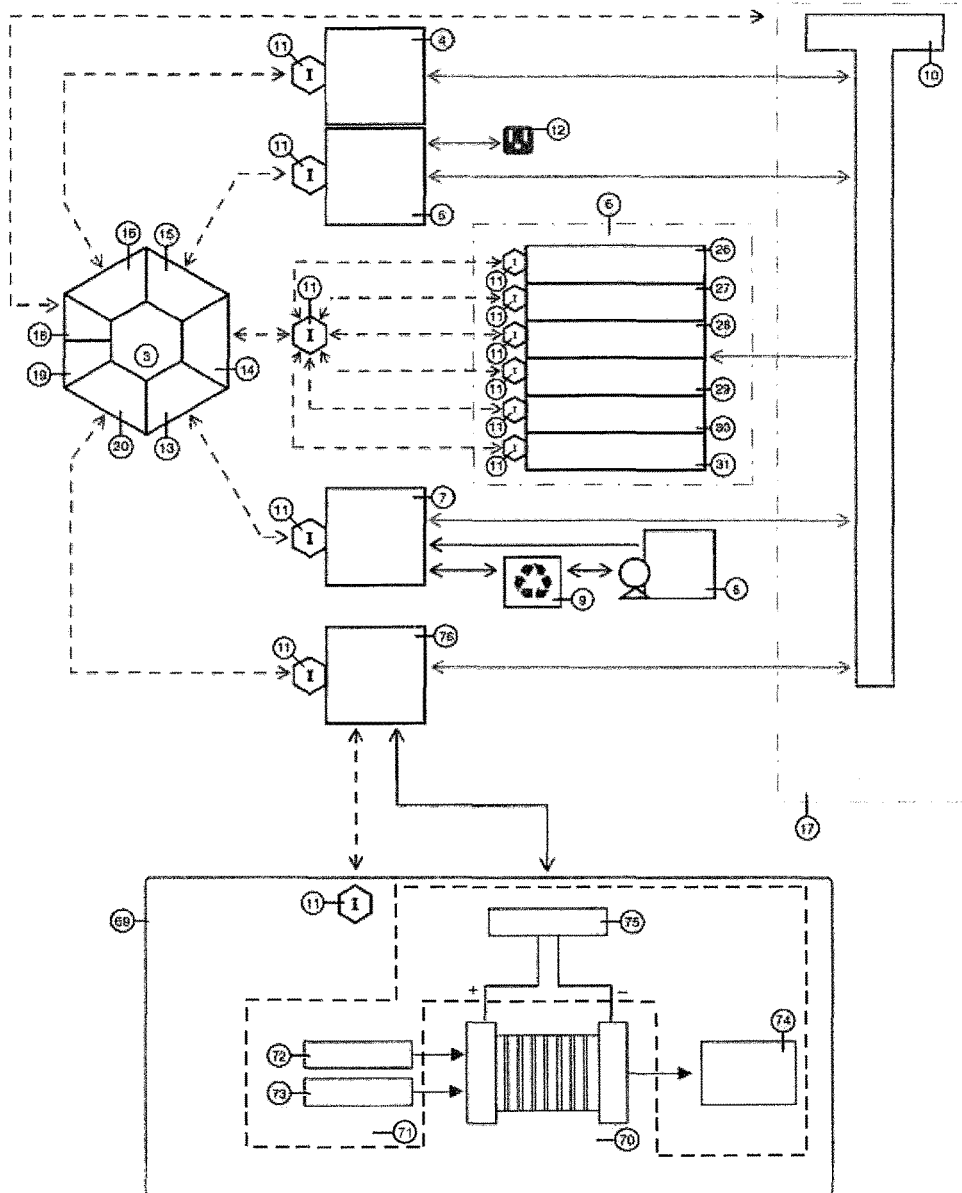
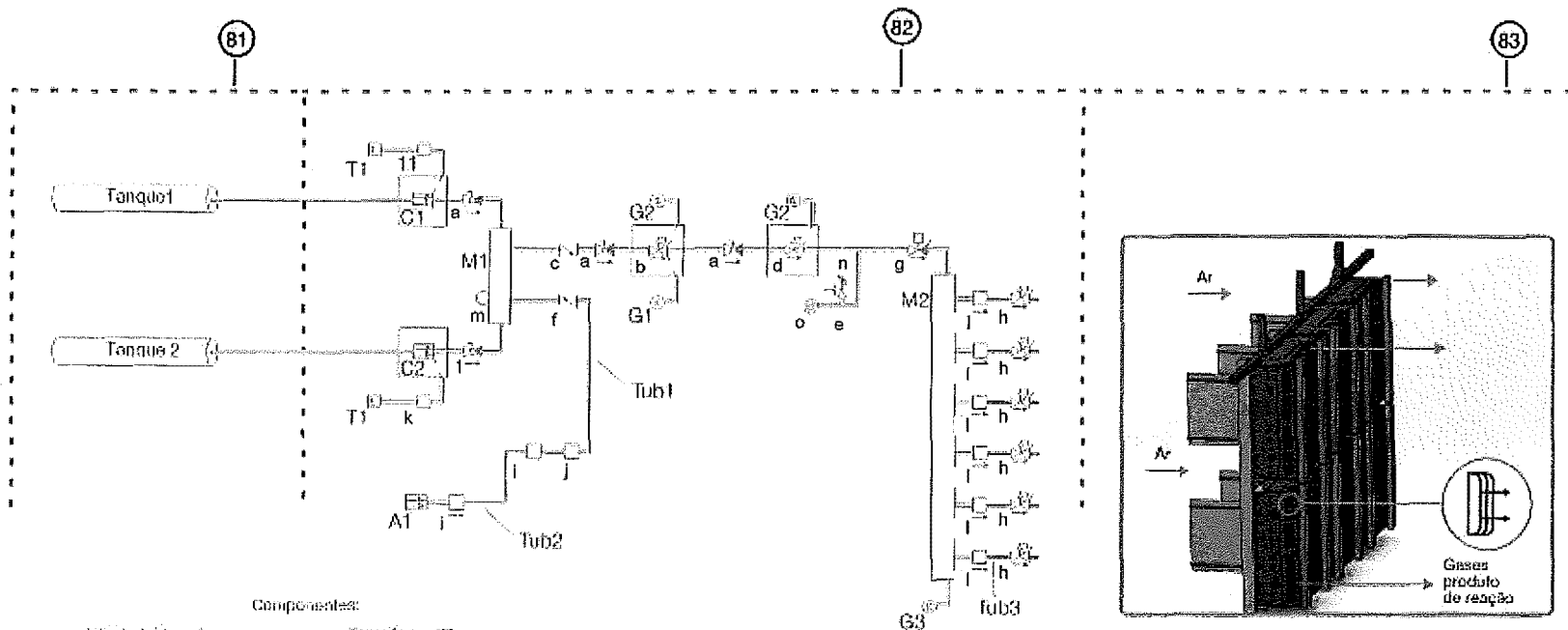
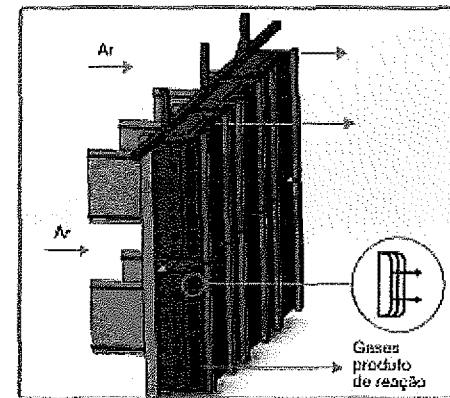


FIG. 10



Componentes:

- | | | | |
|---|---------------------------------|----|-----------------------------|
| a | Válvula de bloqueio | n | Conexão em T |
| b | Regulador de pressão | o | Vareta |
| c | Válvula de retenção | p | Conexão Macho dupla anilha |
| d | Regulador de Pressão do retorno | A1 | Abastecedor |
| e | Válvula de arizão | C1 | Válvula Cilíndrica 1 |
| f | Válvula de retenção | C2 | Válvula Cilíndrica 2 |
| g | Válvula Solenóide | G1 | Manômetro alta pressão |
| h | Regulador de Pressão | G2 | Manômetro baixa pressão |
| i | Conexão Macho dupla anilha | G3 | Manômetro baixa pressão |
| j | Conexão Macho dupla anilha | M1 | Manifold 5 saídas |
| k | Abastecedor | M2 | Manifold 1 entrada 5 saídas |
| l | Conexão Macho dupla anilha | T1 | Transdutor de pressão |
| m | Elétron | | |



11/17

FIG. 11

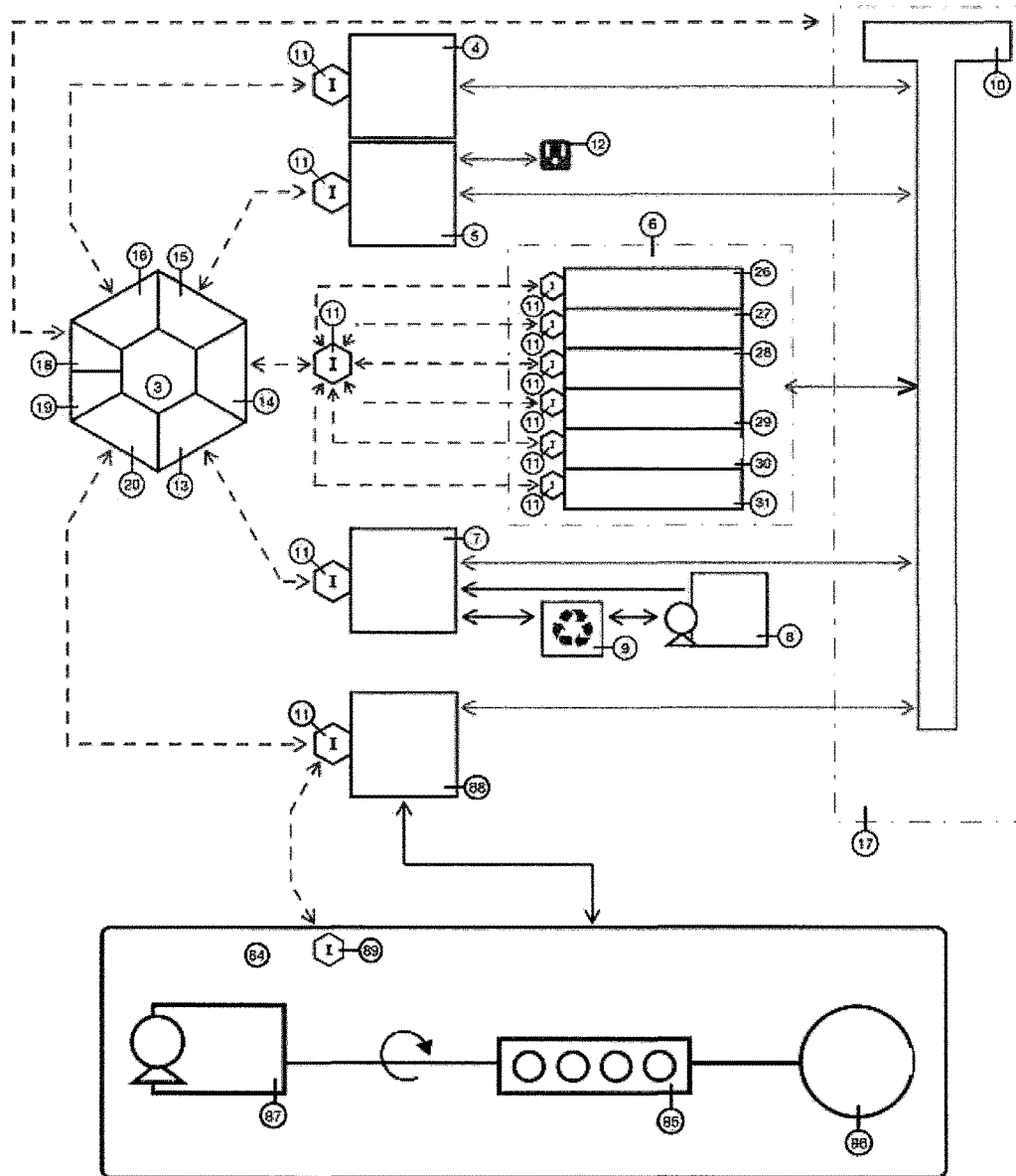


FIG. 12

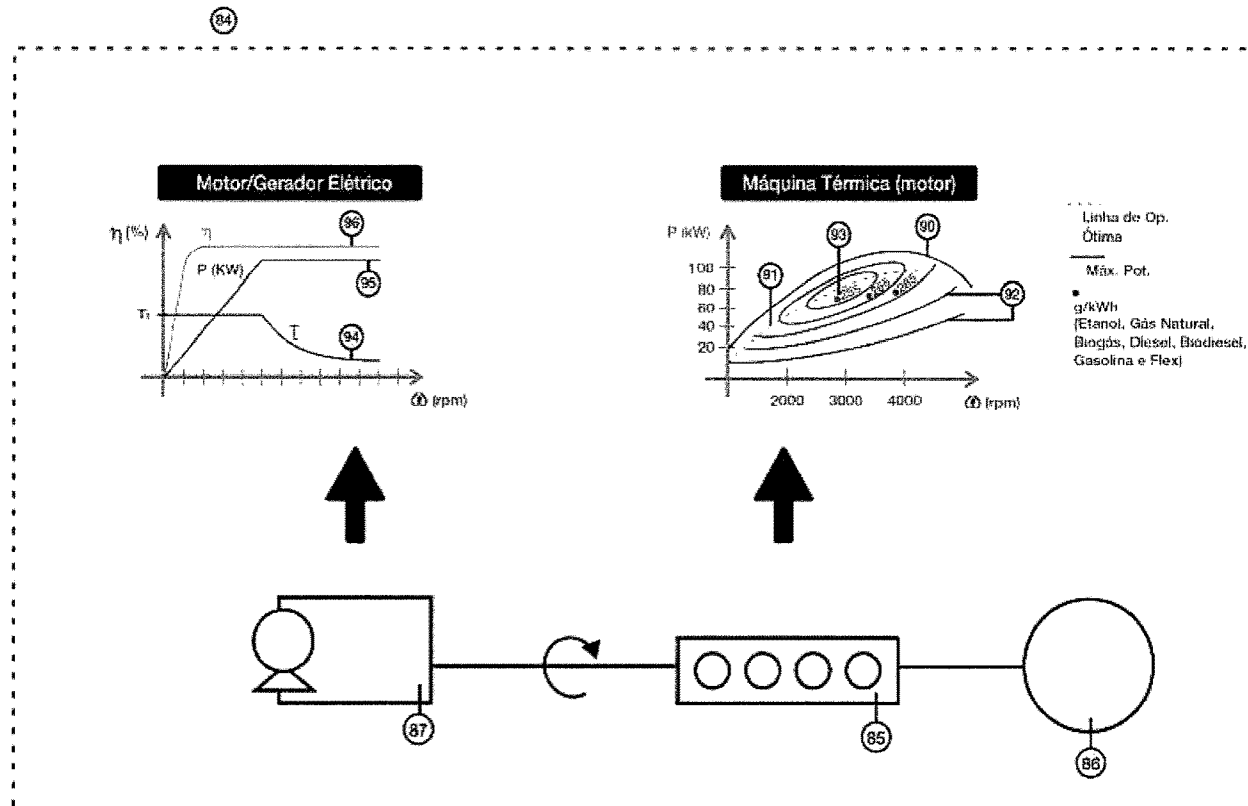


FIG. 13

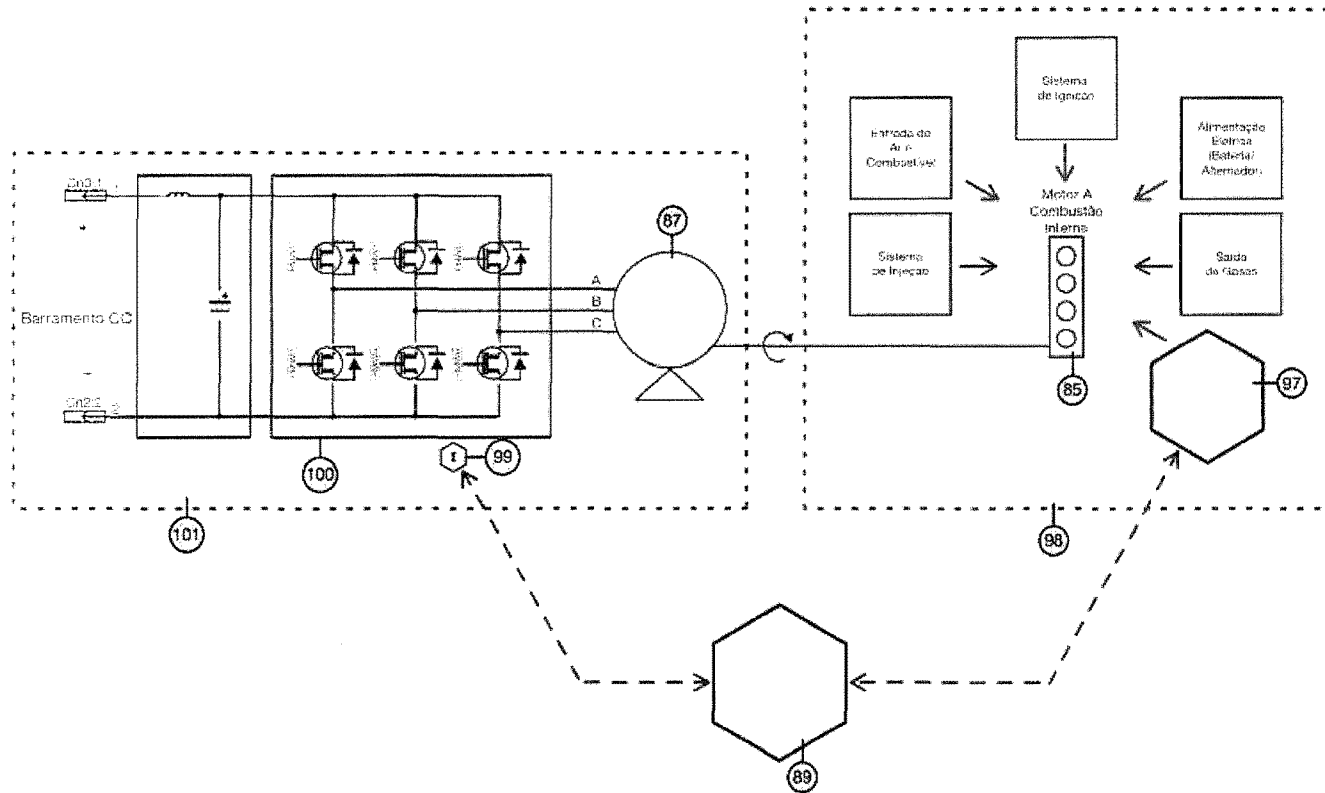


FIG. 14

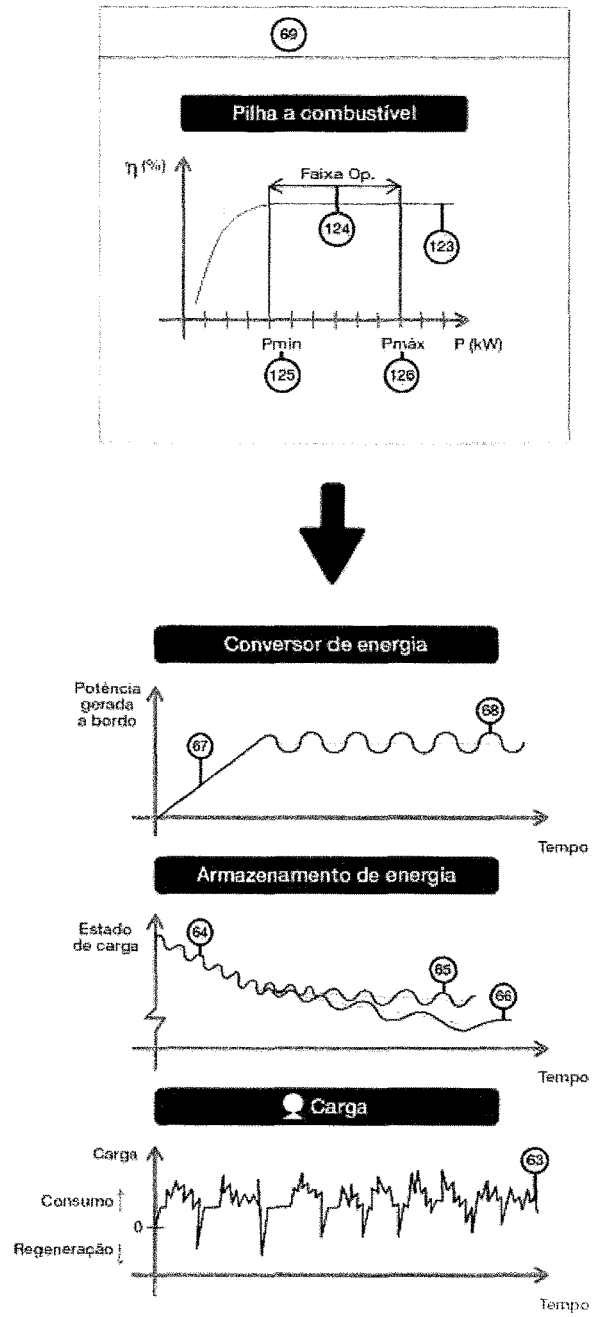


FIG. 15

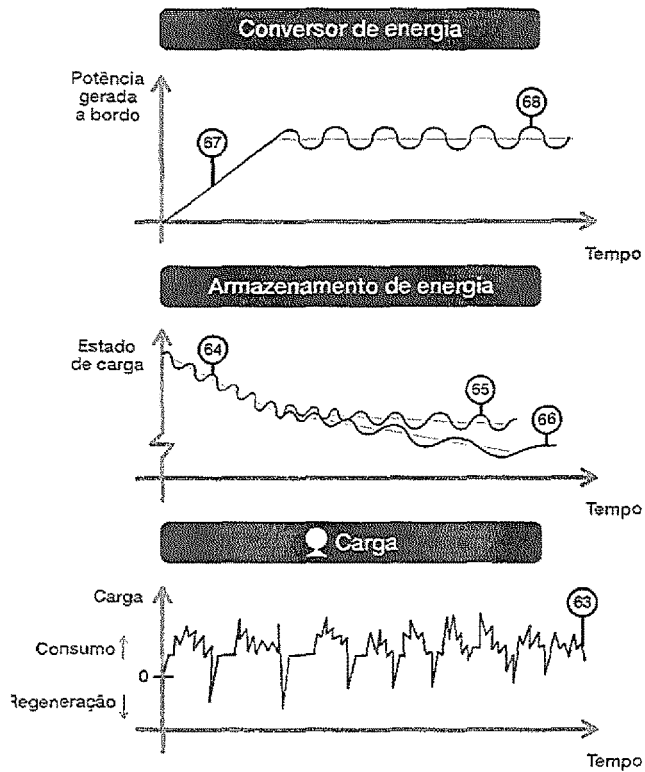
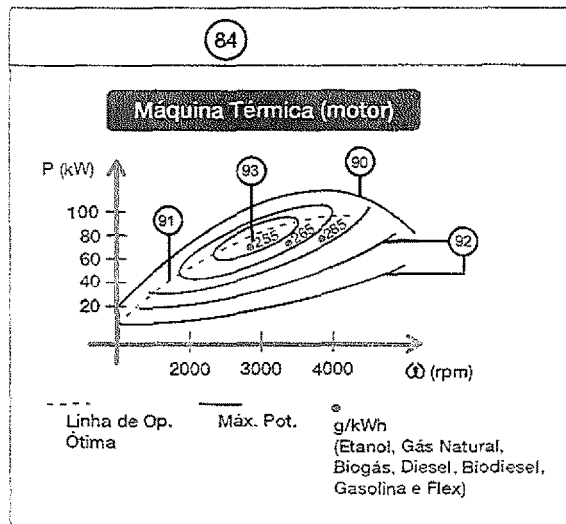


FIG. 16

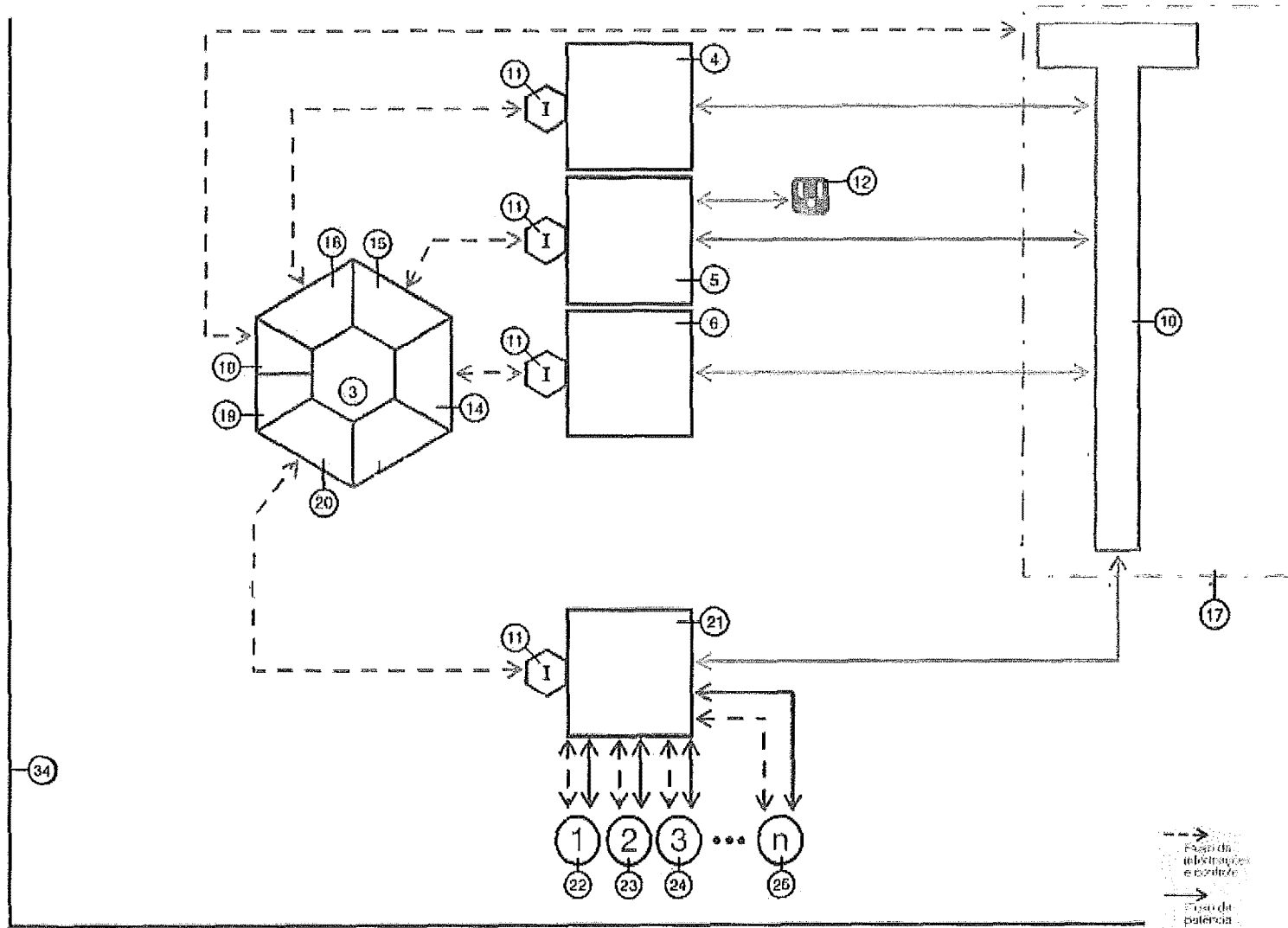


FIG. 17

RESUMO

Patente de Invenção: **"SISTEMAS INTELIGENTES DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA PARA VEÍCULOS ELÉTRICO E ELÉTRICO-HÍBRIDO COM CONEXÃO BIDIRECIONAL, SISTEMA INTELIGENTE DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA PARA UM GERADOR DE ENERGIA, MÉTODO PARA GERENCIAR ENERGIA EM UM SISTEMA INTELIGENTE DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA E MÉTODO PARA CONTROLAR O FUNCIONAMENTO DE UM GERADOR DE ENERGIA"**.

A presente invenção refere-se a um sistema inteligente de gerenciamento de energia para veículos totalmente elétricos (1) ou elétrico-híbridos (2), que prioriza a regeneração de energia cinética em energia elétrica, composto por unidade de controle principal de energia (3) com controle adaptativo para melhorar eficiência com rodagem subsequente em rota específica, sistema embarcado de armazenamento de energia (4), carregador bidirecional para recarregamento do veículo (5), normal ou por oportunidade, ou fornecimento de energia elétrica a consumidor externo, conversores para o sistema auxiliar (6), com possibilidade de controle de operação e manutenção remotas, uso de dispositivo com tela sensível ao toque (57) e com disponibilidade de tomadas a bordo para recarregamento de dispositivos pessoais. A presente invenção refere-se ainda a um sistema inteligente de gerenciamento de energia para gerador de energia (22, 23, 24, 25, 69, 84) para geração distribuída de energia elétrica em modo não embarcado, bem como um método utilizado para gerenciar energia nestes sistemas e um método para controlar o funcionamento de um gerador de energia (22, 23, 24, 25, 69, 84).