



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

(11) BR 112015030159-2 B1



(22) Data do Depósito: 23/05/2014

(45) Data de Concessão: 08/02/2022

(54) Título: SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA SEM FIO; TRANSMISSOR DE POTÊNCIA; RECEPTOR DE POTÊNCIA; MÉTODO PARA OPERAÇÃO DE UM SISTEMA; MÉTODO DE OPERAÇÃO PARA UM TRANSMISSOR E MÉTODO PARA OPERAÇÃO DE UM RECEPTOR DE POTÊNCIA PARA UM SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA SEM FIO

(51) Int.Cl.: H02J 5/00; H02J 7/02.

(30) Prioridade Unionista: 04/06/2013 EP 13170338.1.

(73) Titular(es): KONINKLIJKE PHILIPS N.V..

(72) Inventor(es): ANDRIES VAN WAGENINGEN; KLAAS JACOB LULOFS.

(86) Pedido PCT: PCT EP2014060593 de 23/05/2014

(87) Publicação PCT: WO 2014/195143 de 11/12/2014

(85) Data do Início da Fase Nacional: 01/12/2015

(57) Resumo: SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA SEM FIO; TRANSMISSOR DE POTÊNCIA E RECEPTOR DE POTÊNCIA PARA UM SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA SEM FIO; E MÉTODO PARA OPERAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA SEM FIO A presente invenção apresenta um transmissor de potência (101) que está disposto de modo a transferir potência a um receptor de potência (105) por meio de um sinal de transferência indutiva de potência sem fio transmitido de uma bobina transmissora (103) para um receptor de potência (105). Uma primeira unidade de comunicação (305) comunica uma mensagem ao receptor de potência (105) em um primeiro link de comunicação. Uma segunda unidade de comunicação (307) recebe dados do receptor de potência (105) em um segundo link de comunicação separado, que tem um alcance mais longo. O receptor de potência (105) comprehende uma terceira unidade de comunicação (405), a qual recebe a primeira mensagem. Um gerador de resposta (407) gera uma mensagem de resposta à mensagem, e uma quarta unidade de comunicação (409) transmite a mensagem de resposta ao transmissor de potência (103) pelo segundo link de comunicação. O transmissor de potência (103) determina uma mensagem de resposta esperada à mensagem, e um controlador de potência (303) controla o nível de potência do sinal de transferência de potência, dependendo de uma (...).

SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA SEM FIO; TRANSMISSOR DE POTÊNCIA; RECEPTOR DE POTÊNCIA; MÉTODO PARA OPERAÇÃO DE UM SISTEMA; MÉTODO DE OPERAÇÃO PARA UM TRANSMISSOR E MÉTODO PARA OPERAÇÃO DE UM RECEPTOR DE POTÊNCIA PARA UM SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA SEM FIO

Campo da invenção

[001] A invenção se refere à transferência indutiva de potência e, em particular, mas não exclusivamente, a um sistema de transferência indutiva de potência de acordo com o padrão de transferência de potência sem fio Qi.

Antecedentes da invenção

[002] Muitos sistemas exigem uma fiação e/ou contatos elétricos para fornecer potência elétrica a dispositivos. A omissão desses fios e contatos oferece uma experiência aprimorada ao usuário. Tradicionalmente, isso tem sido obtido mediante o uso de baterias situadas nos dispositivos, mas essa abordagem tem várias desvantagens, inclusive peso e volume extras e a necessidade de se frequentemente substituir ou recarregar as baterias. Recentemente, a abordagem de usar transferência indutiva de potência sem fio tem recebido interesse crescente.

[003] Parte desse interesse maior se deve ao número e à variedade de dispositivos portáteis e móveis que passaram por uma explosão na última década. Por exemplo, o uso de telefones celulares, computadores do tipo tablet, tocadores de mídia etc. se tornou generalizado. Tais dispositivos são, de modo geral, alimentados por baterias internas e o cenário de uso típico frequentemente exige a recarga de baterias ou a alimentação direta do dispositivo com um cabo a partir de uma fonte de alimentação externa.

[004] Conforme mencionado, a maioria dos sistemas atuais exige uma fiação e/ou contatos elétricos explícitos a serem alimentados a partir de uma fonte de alimentação externa. Entretanto, isto tende a não ser prático e exige que o usuário insira conectores fisicamente ou, de outro modo, estabeleça um contato elétrico físico. Isso tende, também, a ser inconveniente para o usuário devido à introdução de comprimentos de fio metálico. Tipicamente, os requisitos de potência também diferem de modo significativo e, atualmente, a maioria dos dispositivos são dotados de sua própria fonte de alimentação dedicada, o que faz com que um usuário típico tenha um grande número de diferentes fontes de alimentação, sendo que cada fonte de alimentação é dedicada a um dispositivo específico. Embora baterias internas possam evitar a necessidade de uma conexão com fio a uma fonte de alimentação externa, essa abordagem só oferece uma solução parcial, pois as baterias precisarão ser recarregadas (ou substituídas, o que é dispendioso). O uso de baterias pode, também, adicionar substancialmente peso e aumentar potencialmente o custo e o tamanho dos dispositivos.

[005] Para fornecer ao usuário uma experiência significativamente aprimorada, foi proposto o uso de uma fonte de alimentação sem fio, sendo que a potência é indutivamente transferida de uma bobina transmissora em um dispositivo transmissor de potência para uma bobina receptora nos dispositivos individuais.

[006] A transmissão de potência por meio de indução magnética é um conceito bem conhecido, aplicado, na maior parte, a transformadores que têm um acoplamento justo entre a bobina transmissora primária e a bobina receptora

secundária. Quando se separa a bobina transmissora primária e a bobina receptora secundária entre dois dispositivos, a transferência de potência sem fio entre os dispositivos se torna possível, com base no princípio de um transformador acoplado de forma mais solta.

[007] Tal disposição permite uma transferência de potência sem fio para o dispositivo, sem a necessidade de quaisquer fios ou de conexões elétricas físicas. De fato, isto pode simplesmente permitir que um dispositivo seja colocado adjacente à, ou sobre a, bobina transmissora para que seja recarregado ou alimentado externamente. Por exemplo, os dispositivos transmissores de potência podem ser dispostos com uma superfície horizontal sobre a qual um dispositivo pode simplesmente ser colocado para ser alimentado.

[008] Além disso, tais disposições para transferência de potência sem fio podem ser vantajosamente projetadas de modo que o dispositivo transmissor de potência possa ser usado com uma gama de dispositivos receptores de potência. Em particular, foi definido um padrão de transferência de potência sem fio, conhecido como padrão Qi, que está atualmente sob desenvolvimento adicional. Esse padrão permite que os dispositivos transmissores de potência, que satisfazem o padrão Qi, sejam usados com dispositivos receptores de potência que também satisfazem o padrão Qi, sem que precisem ser oriundos do mesmo fabricante ou ser dedicados um ao outro. O padrão Qi inclui, adicionalmente, algumas funcionalidades para permitir que a operação seja adaptada ao dispositivo receptor de potência específico (por exemplo, de acordo com a drenagem de potência específica).

[009] O padrão Qi é desenvolvido pelo Wireless Power Consortium (Transmissão de Consórcio de Potência sem fio) e mais informações podem ser encontradas, por exemplo, no site da web: <http://www.wirelesspowerconsortium.com/index.html>, onde podem ser encontrados, particularmente, os documentos dos padrões definidos.

[010] Para dar suporte ao interfuncionamento e à interoperabilidade dos transmissores de potência e receptores de potência, é preferencial que esses dispositivos possam se comunicar uns com os outros, ou seja, é desejável que a comunicação entre o transmissor de potência e o receptor de potência seja suportada e, de preferência, que a comunicação seja suportada em ambas as direções.

[011] O padrão Qi suporta a comunicação a partir do receptor de potência para o transmissor de potência, o que habilita, assim, o receptor de potência a fornecer informações que possam permitir que o transmissor de potência se adapte ao receptor de potência específico. No padrão atual, foi definida uma ligação de comunicação unidirecional do receptor de potência ao transmissor de potência, e a abordagem tem por base uma filosofia em que o receptor de potência é o elemento controlador. Para preparar e controlar a transferência de potência entre o transmissor de potência e o receptor de potência, o receptor de potência passa informações especificamente ao transmissor de potência.

[012] A comunicação unidirecional é obtida quando o receptor de potência faz a modulação da carga, sendo que uma carga aplicada à bobina receptora secundária pelo receptor de potência é variada para fornecer uma modulação do sinal de

potência. As alterações resultantes nas características elétricas (por exemplo, variações na drenagem de corrente) podem ser detectadas e decodificadas (demoduladas) pelo transmissor de potência. Nesta abordagem, o sinal de transferência de potência é essencialmente usado como uma portadora que é modulada pelo receptor de potência; sendo assim, uma carga é modulada na bobina receptora de potência, por exemplo, ao se ligar e desligar a impedância que está conectada à bobina receptora de potência.

[013] Entretanto, uma limitação do sistema Qi reside em que o mesmo não suporta a comunicação do transmissor de potência ao receptor de potência. Para resolver isso, foram propostas várias abordagens de comunicação. Por exemplo, foi proposto comunicar dados do transmissor de potência ao receptor de potência mediante a modulação do sinal de transferência de potência, com um sinal adequado que representa os dados a serem transmitidos. Por exemplo, pequenas variações de frequência que representam os dados podem ser sobrepostas ao sinal de transferência de potência.

[014] Em geral, a comunicação entre o receptor de potência e o transmissor de potência enfrenta múltiplos desafios e dificuldades. Em particular, há tipicamente um conflito entre os requisitos e as características para o sinal de potência na transferência de potência, e os requisitos e preferências para a comunicação. Tipicamente, o sistema requer uma interação próxima entre as funções de transferência de potência e comunicação. Por exemplo, o sistema é projetado com base no conceito de apenas um sinal ser indutivamente acoplado entre o transmissor e o receptor de potência, especificamente o próprio sinal de potência. Entretanto, o uso do próprio

sinal de potência, não só para realizar uma transferência de potência como também para transportar informações, resulta em dificuldades devido às diferentes características de operação.

[015] Como exemplo específico, o uso de uma abordagem de modulação de carga, em que o receptor de potência comunica dados mediante a modulação da carga do sinal de potência (como no sistema Qi), exige que a carga normal seja relativamente constante. Entretanto, isso não pode ser garantido em muitas aplicações.

[016] Por exemplo, se a transferência de potência sem fio se destina a ser usada para alimentar um eletrodoméstico acionado por motor (como, por exemplo, um liquidificador), a corrente do motor tende a ser bastante instável e descontínua. De fato, quando um eletrodoméstico acionado por motor drena corrente, a amplitude da corrente está fortemente relacionada à carga do motor. Se a carga do motor alterar, a corrente do motor também será alterada. Isso faz com que a amplitude da corrente no transmissor também se altere com a carga. Essa variação de carga interferirá com a modulação de carga, resultando em comunicação degradada. De fato, na prática, é tipicamente muito difícil detectar a modulação de carga para cargas que incluem um motor como parte da carga. Nesses cenários, portanto, o número de erros de comunicação é relativamente alto, ou a comunicação pode usar uma potência com símbolos de dados muito altos, o que reduz, assim, muito substancialmente a possível taxa de dados.

[017] Para se resolver os problemas com modulação de carga, foi proposto o uso de um link de comunicação separado e independente, do receptor de potência ao transmissor de potência. Esse tipo de link de comunicação independente pode

oferecer um caminho de dados do receptor de potência ao transmissor de potência, que é substancialmente independente da operação de transferência de potência e das variações dinâmicas. Isso pode, também, oferecer uma largura de banda mais alta e, muitas vezes, uma comunicação mais robusta.

[018] Entretanto, há também desvantagens associadas ao uso de um link de comunicação independente. Por exemplo, o uso de canais de comunicação separados poderia resultar em interferência entre as operações de diferentes transferências de potência, o que poderia resultar em uma situação potencialmente perigosa com altos níveis de potência. Por exemplo, as operações de controle podem interferir uma com a outra, por exemplo, no caso em que os dados de controle oriundos do receptor de potência de uma operação de transferência de potência são usados para controlar a transferência de potência para outro receptor de potência nas proximidades. A separação entre sinais de comunicação e de transferência de potência pode resultar em funcionamento menos robusto e menos resistente a falhas.

[019] Por isso, seria vantajoso um sistema de transferência de potência aprimorado e, em particular, um sistema que pudesse proporcionar uma experiência aprimorada ao usuário, maior confiabilidade, maior flexibilidade, implementação facilitada, maior segurança e/ou melhor desempenho.

[020] Sumário da invenção

[021] Consequentemente, a invenção busca, de preferência, mitigar, aliviar ou eliminar uma ou mais das desvantagens mencionadas acima, individualmente ou em qualquer combinação.

[022] De acordo com um aspecto da invenção, é apresentado um sistema de transferência de potência sem fio que compreende: um transmissor de potência que compreende: uma bobina transmissora para transferência de potência, destinada a transferir potência a um receptor de potência por meio de um sinal de transferência de potência, uma primeira unidade de comunicação, destinada a comunicar mensagens ao receptor de potência em um primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma primeira bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a bobina transmissora de transferência de potência e uma bobina transmissora de comunicação próxima à bobina transmissora de transferência de potência, sendo que a primeira unidade de comunicação está disposta de modo a transmitir uma primeira mensagem ao receptor de potência, e que o primeiro link de comunicação tem um alcance correspondente a um alcance de transferência de potência para o sinal de transferência de potência; uma segunda unidade de comunicação disposta de modo a receber dados do receptor de potência em um segundo link de comunicação, sendo que o segundo link de comunicação não usa a primeira bobina de comunicação e tem um alcance que excede o alcance do primeiro link de comunicação, e um receptor de potência que compreende: uma bobina receptora para transferência de potência, destinada a receber o sinal de transferência de potência, um acoplador de carga de potência, destinado a fornecer potência a uma carga, a partir do sinal de transferência de potência, uma terceira unidade de comunicação, destinada a receber mensagens do transmissor de potência no primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma segunda bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a

bobina receptora de transferência de potência e uma bobina receptora de comunicação próxima à bobina receptora de transferência de potência, sendo que a terceira unidade de comunicação está disposta de modo a receber a primeira mensagem do transmissor de potência, um gerador de resposta, destinado a gerar uma mensagem de resposta em resposta à primeira mensagem, sendo que a mensagem de resposta é uma mensagem de controle de potência que compreende uma primeira indicação de propriedade de uma propriedade da primeira mensagem; uma quarta unidade de comunicação, destinada a transmitir a mensagem de resposta ao transmissor de potência pelo segundo link de comunicação, sem usar a segunda bobina de comunicação; sendo que o transmissor de potência compreende, adicionalmente: um processador de resposta, destinado a determinar uma mensagem de resposta esperada à primeira mensagem, sendo que a mensagem de resposta esperada é uma mensagem de controle de potência que compreende uma indicação de propriedade esperada para a propriedade da primeira mensagem; um verificador de validade, destinado a gerar uma indicação de confirmação que indica se uma mensagem de controle de potência foi recebida no segundo link de comunicação correspondente à mensagem de resposta esperada, sendo que a indicação de confirmação indica se a indicação de propriedade coincide com a indicação de propriedade esperada; um controlador de potência para controlar um nível de potência do sinal de transferência de potência, em resposta à indicação de confirmação.

[023]A invenção pode proporcionar funcionamento otimizado em muitas modalidades e cenários e pode, em particular, reduzir os riscos de interferência entre

diferentes operações de transferência de potência. Por exemplo, ela pode reduzir o risco de que uma dada operação de transferência de potência possa ser afetada ou controlada por uma comunicação de dados relacionada a uma outra operação proximal de transferência de potência. A abordagem pode permitir uma associação confiável entre um link de comunicação separado e uma operação de transferência de potência. A associação pode ser obtida sem exigir que o segundo link de comunicação tenha restrições geométricas como, por exemplo, restrições quanto a posições dos meios de comunicação em relação às bobinas de transferência de potência.

[024]A invenção pode permitir que um sistema de transferência de potência use, de maneira eficaz, comunicação assimétrica para comunicações de ida (do transmissor de potência ao receptor de potência) e reversas (do receptor de potência ao transmissor de potência). Em particular, a invenção pode, em muitas modalidades, permitir que um link de comunicação reversa seja implementado sem exigir que este seja um link de comunicação de curto alcance e, especificamente, sem exigir que tenha um alcance similar ao alcance para transferência de potência e/ou comunicação de ida. Por exemplo, uma tecnologia de comunicação padrão que tem um alcance de comunicação de, por exemplo, vários metros, ou dezenas de metros, pode ser usada para comunicação reversa. Além disso, essa abordagem de comunicação pode ser usada, enquanto ainda evita ou reduz substancialmente o risco de que mensagens de outros receptores de potência sejam usadas pelo transmissor de potência para controlar a transferência de potência. Efetivamente a invenção pode, em muitas modalidades,

conseguir que o alcance utilizável para mensagens dos receptores de potência fique restrito ao alcance de comunicação do (primeiro) link de comunicação de ida (e, assim, a um alcance de transferência de potência), apesar do real alcance de comunicação para o (segundo) link de comunicação reversa ser potencialmente muito mais alto. Consequentemente, a abordagem pode assegurar que apenas mensagens oriundas de receptores de potência suficientemente próximos à bobina transmissora para serem alimentados pela mesma sejam usados para controlar o nível de potência do sinal de transferência de potência.

[025]Os inventores descobriram que, embora a proposta atual para usar um link de comunicação separado para comunicação do receptor de potência ao transmissor de potência possa oferecer vantagens, também está associada a riscos potenciais e poderia, no pior caso, causar níveis de potência incorretos. Por exemplo, se um dispositivo que compreende um receptor de potência é movido de uma bobina transmissora de transferência de potência para uma bobina de transferência de potência adjacente, o link de comunicação separado poderia permanecer não afetado, e isso poderia potencialmente fazer com que a bobina de transferência de potência anterior, em vez da nova bobina de transferência de potência, fosse controlada pelos dados transmitidos no link de comunicação separado. Isso poderia fazer com que níveis de potência incorretos fossem fornecidos tanto ao receptor de potência na nova bobina de transferência de potência, assim como a quaisquer dispositivos receptores de potência que estivessem posicionados nas bobinas de transferência de potência originais. A abordagem atual pode ser usada para reduzir os riscos de ocorrência dessas

situações, e pode ser usada para assegurar que o controle da transferência de potência para o receptor de potência seja de fato controlado pelas comunicações oriundas daquele receptor de potência (e que essas comunicações não afetem quaisquer outras transferências de potência).

[026] A abordagem pode, dessa forma, permitir que seja usado um link de comunicação separado, o que permite, assim, que as desvantagens da modulação de carga e, em particular, a sensibilidade a variações de carga, sejam mitigadas ou evitadas.

[027] A abordagem pode reduzir ainda mais a necessidade de temporizações das mensagens oriundas do receptor de potência. Especificamente, a consideração quanto ao caso da mensagem de resposta compreender uma propriedade da primeira mensagem pode permitir que o verificador de validade determine se a mensagem de resposta é oriunda de uma fonte esperada, sem necessariamente exigir que isso seja transmitido com qualquer relação de tempo específica com a primeira mensagem. Por exemplo, em muitas modalidades pode não ser necessário que a mensagem de resposta seja recebida dentro de uma dada duração da primeira mensagem.

[028] O sinal de transferência de potência pode ser um sinal indutivo de potência sem fio, e pode ser especificamente representado pelo fluxo eletromagnético entre a bobina transmissora de transferência de potência e a bobina receptora de transferência de potência. A bobina transmissora de transferência de potência, a bobina receptora de transferência de potência, a bobina transmissora de comunicação e/ou a bobina receptora de

comunicação podem consistir em quaisquer indutores adequados e podem, em particular, consistir em bobinas planas.

[029] Como exemplo específico, a bobina receptora de transferência de potência pode ser uma entidade receptora de transferência de potência para aquecimento indutivo como, especificamente, um elemento elétrico contínuo de uma plaina. Em algumas modalidades, a bobina receptora de transferência de potência pode assim, por exemplo, ser um elemento eletricamente condutivo, que é aquecido por correntes parasitas induzidas ou, adicionalmente, por perdas de histerese devidas a comportamento ferromagnético. Em algumas modalidades, a própria bobina receptora pode, também, consequentemente, proporcionar (e ser) a carga, bem como o acoplador de carga de potência.

[030] A entidade receptora de transferência de potência pode ser construída a partir de qualquer material adequado que converta o sinal eletromagnético em calor e pode, em particular, ser uma placa.

[031] Em muitas modalidades, a bobina receptora de transferência de potência e a bobina receptora de comunicação podem estar dispostas concentricamente (sendo que uma das bobinas é a bobina interna) e, possivelmente, até mesmo sobrepostas. Em muitas modalidades, a bobina transmissora de transferência de potência e a bobina transmissora de comunicação podem estar dispostas concentricamente (sendo que uma das bobinas é a bobina interna) e, possivelmente, até mesmo sobrepostas.

[032] Em muitas modalidades, um menor volume retangular (ou, para bobinas planas, a menor área retangular), que comprehende tanto a bobina receptora de

transferência de potência como a bobina receptora de comunicação, não excederá quatro vezes (ou, em muitas modalidades, duas vezes, ou 1,5 vez) aquele de um menor volume retangular que compreende a bobina receptora de transferência de potência.

[033] Em muitas modalidades, um menor volume retangular (ou, para bobinas planas, a menor área retangular), que compreende tanto a bobina transmissora de transferência de potência como a bobina transmissora de comunicação, não excederá quatro vezes (ou, em muitas modalidades, duas vezes) aquele de um menor volume retangular que compreende a bobina transmissora de transferência de potência.

[034] O segundo link de comunicação pode usar indutores diferentes daqueles da bobina transmissora de transferência de potência, da bobina receptora de transferência de potência, da bobina transmissora de comunicação e da bobina receptora de comunicação. Em muitas modalidades, o segundo link de comunicação pode não ser baseado na formação de um transformador (frouxamente acoplado) entre o receptor de potência e o transmissor de potência. Por exemplo, em muitas modalidades uma comunicação sem fio pode ser formada com o uso de antenas adequadas. O segundo link de comunicação pode, por exemplo, ser implementado mediante o uso de comunicação de campo próximo (NFC - "Near Field Communication"), comunicação Wi-Fi, comunicação Bluetooth™ ou similar.

[035] O segundo link de comunicação será, tipicamente, independente da transferência de potência e, de fato, de qualquer comunicação do transmissor de potência

para o receptor de potência. O segundo link de comunicação será, tipicamente, substancialmente desacoplado do sinal de transferência de potência, por exemplo espacialmente ou por frequência. O segundo link de comunicação será, consequentemente, tipicamente independente de variações de carga e, de fato, das características específicas da operação de transferência de potência.

[036] Além disso, o segundo link de comunicação pode ser usado para transmitir outros dados do receptor de potência ao transmissor de potência, como dados de controle e, especificamente, dados de controle de potência. Dessa forma, o sistema permite uma comunicação aprimorada, ao mesmo tempo em que mantém ou aprimora a operação segura e confiável de transferência de potência.

[037] O alcance do primeiro link de comunicação corresponde ao alcance da transferência de potência. Em muitas modalidades, o primeiro link de comunicação tem um alcance de comunicação que não excede 200%, 150%, 120% ou mesmo 100% do alcance da transferência de potência. Em muitas modalidades, o primeiro link de comunicação é formado por uma modulação do sinal de transferência de potência. Nesse tipo de cenário, o alcance de comunicação do primeiro link de comunicação e o alcance de transferência de potência inherentemente serão substancialmente iguais. Em muitas modalidades, a implementação do link de comunicação de ida por modulação do sinal de transferência de potência significa, inerente e diretamente, que o alcance de comunicação do primeiro link de comunicação corresponde ao alcance de transferência de potência.

[038] Em algumas modalidades, o alcance efetivo do primeiro link de comunicação pode ser mais baixo que o alcance no qual a potência poderia teoricamente ser fornecida. Entretanto, nessas modalidades, a transferência de potência será tipicamente permitida apenas se o primeiro link de comunicação puder ser estabelecido. Dessa forma, no caso do alcance de comunicação ser menor que 100% do alcance possível para transferência de potência, o alcance real para transferência de potência suportado será, tipicamente, limitado pelo alcance de comunicação do primeiro link de comunicação. Isso tende a oferecer intrinsecamente uma operação segura, já que a transferência de potência só é permitida se a comunicação for possível.

[039] Em muitas modalidades, o alcance de transferência de potência é de não mais que 50 cm ou 20 cm. o alcance de comunicação corresponde ao alcance de transferência de potência quando se tem um alcance de comunicação de não mais que 50 cm ou 20 cm. Em muitas modalidades, o alcance de comunicação do segundo link de comunicação pode ser de não menos que 30 cm, 60 cm ou 100 cm.

[040] Em muitos cenários, uma pluralidade de transmissores de potência pode, por exemplo, estar posicionada dentro de uma área limitada. Tipicamente, pode ser possível a esses transmissores de potência suportar simultaneamente a transferência de potência para uma pluralidade de receptores de potência. A abordagem pode ser particularmente vantajosa para essas situações, e pode proporcionar confiabilidade aprimorada e maior certeza de que os dados corretos oriundos dos receptores de potência sejam usados para a transferência de potência correta. Por exemplo,

a abordagem pode reduzir o risco de um receptor de potência que usa um transmissor ser controlado por dados fornecidos por um outro receptor de potência que usa uma outra bobina.

[041] Em muitas modalidades, o transmissor de potência pode incluir uma pluralidade de bobinas transmissoras de potência como, por exemplo, uma matriz de bobinas. A bobina transmissora de transferência de potência pode, dessa forma, ser uma dentre uma pluralidade de bobinas que pode, possivelmente, suportar a transferência de potência para o receptor de potência. Pode tipicamente ser possível, para o transmissor de potência, suportar simultaneamente a transferência de potência para uma pluralidade de receptores de potência que usa diferentes bobinas. A abordagem pode ser particularmente vantajosa para tais modalidades, e pode proporcionar maior confiabilidade e certeza de que os dados corretos oriundos dos receptores de potência sejam usados para a transferência de potência correta. Por exemplo, a abordagem pode reduzir o risco de um receptor de potência que usa uma bobina ser controlado por dados fornecidos por um outro receptor de potência que usa uma outra bobina.

[042] A mensagem de resposta pode ser qualquer mensagem que leve a primeira mensagem em consideração (de qualquer forma), de modo a gerar uma indicação da propriedade da primeira mensagem. Deste modo, a mesma pode incluir mensagens que são geradas como um resultado do recebimento da primeira mensagem pelo receptor de potência. A mesma pode incluir, também, mensagens que não são geradas como resultado do recebimento da primeira mensagem, mas que incluem uma indicação do recebimento da primeira mensagem,

como indicação de dados compreendidos na primeira mensagem. Especificamente, o termo mensagem de resposta pode incluir qualquer mensagem gerada em resposta à primeira mensagem, e inclusive uma propriedade dessa primeira mensagem e, em particular, qualquer mensagem derivada de dados da primeira mensagem. A mensagem de resposta pode, por exemplo, ser uma mensagem que precisa ser transmitida de qualquer modo pelo sistema, mas que é modificada com base na primeira mensagem como, por exemplo, mediante a inclusão de dados derivados da primeira mensagem (ou dados da mesma). Especificamente, a mensagem de resposta pode ser uma mensagem de controle de potência, que é modificada para incluir dados derivados da primeira mensagem (mesmo se a transmissão de mensagens de controle de potência não for causada ou acionada pelo recebimento da primeira mensagem). Deve-se entender, também, que uma pluralidade de mensagens de resposta pode ser gerada para a primeira mensagem. Por exemplo, pode ser gerada uma sequência de mensagens de controle de potência, que inclui tanto mensagens de controle de potência como dados derivados da primeira mensagem. Cada uma dessas mensagens de controle de potência pode ser considerada uma mensagem de resposta à primeira mensagem.

[043]A indicação da propriedade pode ser qualquer indicação que reflita um parâmetro determinado a partir de uma propriedade da primeira mensagem. A propriedade pode ser qualquer propriedade de um sinal de primeira mensagem, como um padrão ou valor de frequência, fase ou amplitude. Em muitas modalidades, a indicação de uma propriedade da primeira mensagem pode ser uma indicação de um teor de dados da primeira mensagem. A propriedade pode ser uma propriedade que

pode variar (e, tipicamente, ser diferente) entre primeiras mensagens oriundas de diferentes transmissores de potência. Em muitas modalidades, a propriedade será diferente para transmissores de potência diferentes. O transmissor de potência pode, especificamente, gerar a primeira mensagem de modo a ter uma primeira propriedade para fornecer uma indicação de identidade ao transmissor de potência (ou, possivelmente, o indutor transmissor de potência específico). A indicação de identidade pode, em algumas modalidades, ser exclusiva para o transmissor de potência. Em outras modalidades, a indicação de identidade pode ser indicativa de um valor de identidade dentre uma pluralidade de valores de identidade. A outros transmissores de potência podem ser alocados outros valores de identidade a partir da pluralidade de valores de identidade. Especificamente, em algumas modalidades a primeira propriedade pode corresponder a dados de identidade do transmissor de potência incluídos na, ou representados pela, primeira mensagem.

[044]O verificador de validade pode gerar a indicação de confirmação que é indicativa quanto a se a indicação de propriedade coincide com a indicação de propriedade esperada, de acordo com qualquer critério de correspondência. Por exemplo, uma medida de similaridade pode ser gerada mediante a comparação da indicação de propriedade recebida com a indicação de propriedade esperada. O verificador de validade pode gerar a indicação de confirmação de modo a refletir esse valor de similaridade. Em particular, pode-se considerar que uma correspondência tenha ocorrido se (e somente se) a medida de similaridade exceder um limiar. Por exemplo, a indicação de

propriedade esperada pode consistir em dados de identidade esperados do transmissor de potência, o que pode ser comparado aos dados de identidade do transmissor de potência recebidos na mensagem de resposta.

[045] De acordo com um recurso opcional da invenção, a primeira unidade de comunicação está disposta de modo a gerar a primeira mensagem para compreender os primeiros dados, sendo que o gerador de resposta está disposto de modo a gerar dados de resposta a partir dos primeiros dados e a incluir os dados de resposta na mensagem de resposta; o processador de resposta está disposto de modo a determinar os dados de resposta esperados em resposta aos primeiros dados; e o verificador de validade está disposto de modo a gerar a indicação de confirmação em resposta a uma avaliação quanto a se a mensagem recebida no segundo link de comunicação comprehende dados que coincidem com os dados de resposta esperados.

[046] Isso pode proporcionar desempenho aprimorado e pode, em particular, permitir confiabilidade aprimorada e operação robusta. A abordagem pode, por exemplo, permitir que o receptor de potência forneça informações que permitam que características adicionais sejam levadas em consideração ao se controlar o nível de potência e a transferência de potência.

[047] O controlador de potência pode controlar o nível de potência em resposta à indicação de confirmação e, dessa forma, o controlador de potência pode ser dependente quanto a se a segunda unidade de comunicação recebe uma mensagem pela segunda unidade de comunicação, a qual comprehende dados que se espera que sejam fornecidos pelo receptor de potência, em resposta aos dados transmitidos ao

receptor de potência a partir do transmissor de potência. A abordagem permite uma conexão aprimorada entre a transferência de potência e a comunicação oriunda do transmissor de potência, e a comunicação oriunda do receptor de potência com o uso do segundo link de comunicação. Dessa forma, pode ser obtida uma maior certeza de que o segundo link de comunicação esteja, de fato, com o mesmo receptor de potência que aquele da transferência de potência.

[048] De acordo com um recurso opcional da invenção, os primeiros dados compreendem uma indicação de pelo menos um dentre uma identidade do transmissor de potência e uma identidade da bobina transmissora de transferência de potência.

[049] Isso pode proporcionar melhor desempenho, maior confiabilidade e/ou maior segurança de operação em muitas modalidades e cenários. Em particular, pode reduzir o risco de que a transferência de potência seja controlada por um receptor de potência diferente do receptor de potência pretendido. Isso pode, por exemplo, ser especialmente relevante se múltiplos dispositivos receptores de potência que enviam mensagens de controle estiverem presentes junto ao transmissor de potência.

[050] Por exemplo, para um cenário em que uma pluralidade de transmissores de potência está posicionada no interior de uma área limitada, a abordagem pode proporcionar operação confiável para diferentes operações simultâneas de transferência de potência suportadas por esses transmissores. Isso pode incluir cenários em que os receptores de potência são movidos entre diferentes transmissores de potência.

[051] Como outro exemplo, para transmissores de potência que incluem uma pluralidade de bobinas transmissoras de potência e que têm a capacidade para suportar transferência de potência simultânea para uma pluralidade de receptores de potência, a inclusão de uma identidade da bobina transmissora de transferência de potência pode permitir que o sistema assegure o funcionamento confiável para as diferentes operações simultâneas de transferência de potência, inclusive em cenários onde os dispositivos receptores de potência são movidos entre diferentes bobinas transmissoras de transferência de potência.

[052] O receptor de potência pode, especificamente, gerar dados de resposta que compreendem uma indicação da identidade recebida do transmissor de potência e/ou da bobina transmissora de transferência de potência. Os dados de resposta esperados podem ser uma indicação de uma identidade do transmissor de potência e/ou da bobina transmissora de transferência de potência e, dessa forma, a indicação de confirmação pode indicar se os dados da mensagem recebidos pelo transmissor de potência através do segundo link de comunicação compreendem esse tipo de indicação da identidade do transmissor de potência e/ou da bobina transmissora de transferência de potência.

[053] De acordo com um recurso opcional da invenção, os primeiros dados compreendem uma indicação de pelo menos um dentre um tempo de transmissão para a primeira mensagem e uma identidade da mensagem.

[054] Isso pode proporcionar melhor desempenho, maior confiabilidade e/ou maior segurança de operação em muitas

modalidades e cenários. A abordagem pode, em particular, permitir que o sistema reaja a alterações dinâmicas na operação ou na configuração. Por exemplo, a mesma pode permitir que o sistema reaja a cenários em que o receptor de potência é movido, por exemplo de um transmissor para outro, ou de uma bobina transmissora de transferência de potência para outra.

[055] O receptor de potência pode, especificamente, gerar dados de resposta que compreendem uma indicação do tempo de transmissão para a primeira mensagem. Os dados de resposta esperados podem incluir uma indicação do tempo de transmissão para a primeira mensagem e, dessa forma, a indicação de confirmação pode ser gerada para indicar se os dados da mensagem recebida pelo transmissor de potência através do segundo link de comunicação compreendem esse tipo de indicação do tempo de transmissão para a primeira mensagem. A indicação de confirmação pode, também, ser gerada para refletir se um atraso em relação ao tempo de transmissão não excede um limiar.

[056] O tempo de transmissão pode ser uma indicação de tempo absoluto ou relativo. A indicação do tempo de transmissão não precisa descrever diretamente um instante no tempo mas pode, por exemplo, ser um número sequencial, como um número de mensagem.

[057] A identidade da mensagem pode também, por exemplo, ser usada para determinar atrasos no transmissor de potência que recebe uma resposta à primeira mensagem. Por exemplo, o transmissor de potência pode armazenar tempos de transmissão para mensagens individuais e, se for recebida uma mensagem de resposta que compreenda uma identidade de

mensagem, o transmissor de potência pode extrair o tempo de transmissão armazenado para aquela mensagem, e determinar o atraso, antes que a resposta seja recebida.

[058] De acordo com um recurso opcional da invenção, o verificador de validade pode estar disposto de modo a determinar um atraso da transmissão da primeira mensagem ao recebimento da mensagem no segundo link de comunicação, e a determinar a indicação de confirmação em resposta ao atraso.

[059] Isso pode proporcionar melhor desempenho, maior confiabilidade e/ou maior segurança de operação em muitas modalidades e cenários. A abordagem pode, em particular, permitir que o sistema reaja a alterações dinâmicas na operação ou na configuração. Por exemplo, a mesma pode permitir que o sistema reaja a cenários em que o receptor de potência é movido, por exemplo, de uma bobina transmissora de transferência de potência para outra.

[060] O verificador de validade pode, por exemplo, estar disposto de modo a associar a mensagem recebida à primeira mensagem em resposta aos dados compreendidos na mensagem recebida. Por exemplo, a primeira mensagem pode compreender dados variáveis que são indicados na mensagem de resposta gerada pelo receptor de potência. O verificador de validade pode extrair uma indicação de dados variáveis a partir da mensagem recebida, e compará-la aos dados variáveis da primeira mensagem. Se for detectada uma correspondência, o atraso entre a transmissão da primeira mensagem e o recebimento da mensagem recebida é determinado com base em um temporizador interno do transmissor de potência.

[061]Como outro exemplo, a primeira mensagem pode compreender uma indicação de tempo de transmissão, e o receptor de potência pode incluir uma indicação desse tempo de transmissão na mensagem de resposta. O transmissor de potência pode extrair uma indicação desse tempo de transmissão a partir da mensagem recebida. O tempo de transmissão correspondente pode ser comparado a um tempo atual, e o atraso correspondente pode ser determinado.

[062]A indicação de confirmação pode ser configurada especificamente para indicar que a mensagem recebida não corresponde à mensagem de resposta esperada, se o atraso exceder um limiar.

[063]De acordo com um recurso opcional da invenção, o transmissor de potência está disposto de modo a transmitir repetidamente as primeiras mensagens, e o transmissor de potência está disposto de modo a gerar repetidamente indicações de confirmação para mensagens recebidas no segundo link de comunicação.

[064]Isso pode proporcionar melhor desempenho, maior confiabilidade e/ou maior segurança de operação em muitas modalidades e cenários. A abordagem pode, em particular, permitir que o sistema reaja a alterações dinâmicas na operação ou na configuração. Por exemplo, a mesma pode permitir que o sistema reaja a cenários em que o receptor de potência é movido, por exemplo, de uma bobina transmissora de transferência de potência para outra.

[065]O controlador de potência pode controlar repetidamente a potência, em resposta às mensagens de confirmação, e pode estar especificamente disposto de modo a restringir o nível de potência abaixo de um dado limiar de

potência, a menos que seja gerada uma mensagem de confirmação indicativa de que as mensagens de resposta esperadas foram recebidas.

[066]A transmissão de primeiras mensagens e a geração de mensagens de confirmação a partir das mensagens de resposta recebidas não são necessariamente sincronizadas. Por exemplo, em muitas modalidades, uma pluralidade de mensagens de resposta pode ser recebida para cada primeira mensagem, e uma indicação de confirmação pode ser gerada para cada mensagem de resposta recebida.

[067]Em algumas modalidades, a primeira unidade de comunicação está disposta de modo a gerar a primeira mensagem para compreender os primeiros dados, sendo que o gerador de resposta está disposto de modo a gerar dados de resposta a partir dos primeiros dados e a incluir os dados de resposta na mensagem de resposta; o processador de resposta está disposto de modo a determinar os dados de resposta esperados em resposta aos primeiros dados; e o verificador de validade está disposto de modo a gerar a indicação de confirmação em resposta a uma avaliação quanto a se a mensagem recebida no segundo link de comunicação comprehende dados que coincidem com os dados de resposta esperados.

[068]De acordo com um recurso opcional da invenção, o transmissor de potência está disposto de modo a restringir o nível de potência para não exceder um limiar, a não ser que mensagens de resposta esperadas sejam recebidas para as primeiras mensagens dentro de um intervalo de tempo a partir da transmissão das primeiras mensagens.

[069]Isso pode proporcionar melhor desempenho, maior confiabilidade e/ou maior segurança de operação em muitas

modalidades e cenários. A abordagem pode, em particular, permitir que o sistema reaja a alterações dinâmicas na operação ou na configuração.

[070] Especialmente no caso de uma pluralidade de mensagens de resposta poderem ser recebidas para cada primeira mensagem, o transmissor de potência pode validar se essas mensagens de resposta estão, de um ponto de vista de temporização, relacionadas à primeira mensagem.

[071] De acordo com um recurso opcional da invenção, o intervalo de tempo entre primeiras mensagens consecutivas não excede 500 ms.

[072] Isso pode permitir que o sistema detecte situações potencialmente errôneas com rapidez suficiente para evitar uma operação arriscada.

[073] De acordo com um recurso opcional da invenção, o transmissor de potência está disposto de modo a transmitir a primeira mensagem em resposta a um evento a partir do grupo que consiste em: uma expiração de um intervalo de tempo; uma detecção de um movimento do receptor de potência; uma detecção de uma alteração em uma carga da bobina transmissora de transferência de potência; uma detecção de uma alteração em uma carga da bobina transmissora de comunicação;

[074] Isso pode proporcionar melhor desempenho, maior confiabilidade e/ou maior segurança de operação em muitas modalidades e cenários.

[075] De acordo com um recurso opcional da invenção, o receptor de potência está disposto de modo a transmitir uma solicitação de mensagem ao transmissor de potência; e o transmissor de potência está disposto de modo

a transmitir a primeira mensagem em resposta ao recebimento da solicitação de mensagem.

[076] Isso pode proporcionar operação aprimorada e/ou facilitada em muitos cenários, e pode especificamente permitir que o receptor de potência controle a operação de verificação do segundo link de comunicação, apesar da mesma se basear em mensagens transmitidas a partir do transmissor de potência.

[077] De acordo com um recurso opcional da invenção, o receptor de potência está disposto de modo a transmitir a solicitação de mensagem em resposta a um evento do grupo que consiste em: uma expiração de um intervalo de tempo; uma detecção de um movimento do receptor de potência; uma detecção de uma alteração no sinal de transferência de potência; uma detecção de uma alteração em um sinal recebido pela bobina receptora de comunicação;

[078] Isso pode proporcionar melhor desempenho, maior confiabilidade e/ou maior segurança de operação em muitas modalidades e cenários.

[079] De acordo com um recurso opcional da invenção, a primeira bobina de comunicação é a bobina transmissora de transferência de potência; e a primeira unidade de comunicação está disposta de modo a modular a primeira mensagem no sinal de transferência de potência,

[080] Isso pode proporcionar melhor desempenho, maior confiabilidade e/ou maior segurança de operação em muitas modalidades e cenários. Em particular, isso pode reduzir o risco de que o transmissor de potência esteja incorretamente posicionado, e pode proporcionar maior certeza de que o segundo link de comunicação suporta a operação de transferência de potência desejada.

[081] De acordo com um recurso opcional da invenção, o transmissor de potência está disposto de modo a modular a primeira mensagem em um sinal de transferência de potência de ping.

[082] Isso pode proporcionar maior confiabilidade, e pode especificamente, em muitas modalidades, permitir que o segundo link de comunicação seja verificado antes de qualquer transferência de potência. Isso pode, por exemplo, evitar que o sistema inicialize em uma configuração indesejada ou mesmo potencialmente arriscada.

[083] De acordo com um recurso opcional da invenção, o controlador de potência está disposto de modo a restringir o nível de potência para que não exceda um limite de potência, a menos que a indicação de confirmação seja indicativa de que a mensagem recebida no segundo link de comunicação coincide com a mensagem de resposta esperada.

[084] Isso pode proporcionar maior confiabilidade e/ou segurança. Em algumas modalidades, o limiar pode ser zero, isto é, nenhum sinal de transferência de potência é gerado para a transferência de potência se o segundo link de comunicação não puder ser verificado.

[085] De acordo com um recurso opcional da invenção, a primeira bobina de comunicação é a bobina transmissora de comunicação, e uma distância de um centro da bobina transmissora de transferência de potência a um enrolamento externo da bobina transmissora de comunicação é não mais que duas vezes uma distância do centro da bobina transmissora de transferência de potência a um enrolamento externo da bobina transmissora de transferência de potência.

[086] Isso pode proporcionar maior confiabilidade e/ou segurança. Em particular, isso pode assegurar que a bobina transmissora de transferência de potência e a bobina transmissora de comunicação estejam suficientemente próximas uma da outra para que a comunicação que usa a bobina transmissora de comunicação ofereça uma indicação confiável de que o receptor de potência está adequadamente posicionado em relação à bobina transmissora de transferência de potência para permitir uma transferência de potência eficiente.

[087] Em algumas modalidades, a distância do centro da bobina transmissora de transferência de potência ao enrolamento externo da bobina transmissora de comunicação seja não mais que 50%, ou mesmo 20% maior que a distância do centro da bobina transmissora de transferência de potência ao enrolamento externo da bobina transmissora de transferência de potência.

[088] Em algumas modalidades, a segunda bobina de comunicação é a bobina receptora de comunicação, e uma distância de um centro da bobina receptora de transferência de potência a um enrolamento externo da bobina receptora de comunicação é não mais que duas vezes uma distância do centro da bobina receptora de transferência de potência a um enrolamento externo da bobina receptora de transferência de potência.

[089] Em algumas modalidades, a distância do centro da bobina receptora de transferência de potência ao enrolamento externo da bobina receptora de comunicação é não mais que 50%, ou mesmo 20% maior que a distância do centro da bobina receptora de transferência de potência ao

enrolamento externo da bobina receptora de transferência de potência.

[090] Em algumas modalidades, a segunda bobina de comunicação é a bobina receptora de comunicação e, para cada ponto de uma borda externa da bobina receptora de comunicação, a distância mais curta até uma parte da bobina receptora de transferência de potência é de não mais que 50% (e, em algumas modalidades, 25%) de uma distância entre dois pontos opostos de um lado externo da bobina receptora de transferência de potência.

[091] Em algumas modalidades, a primeira bobina de comunicação é a bobina transmissora de comunicação e, para cada ponto de uma borda externa da bobina transmissora de comunicação, a distância mais curta até uma parte da bobina transmissora de transferência de potência é de não mais que 50% (e, em algumas modalidades, 25%) de uma distância entre dois pontos opostos de um lado externo da bobina transmissora de transferência de potência.

[092] De acordo com um recurso opcional da invenção, a mensagem de resposta compreende uma indicação de um nível de potência recebida para o sinal de transferência de potência, e o controlador de potência está disposto de modo a restringir o nível de potência do sinal de transferência de potência para abaixo de um limite de potência, se a indicação do nível de potência recebido indicar um nível de potência recebida abaixo de um limiar.

[093] Isso pode proporcionar melhor desempenho, maior confiabilidade e/ou maior segurança de operação em muitas modalidades e cenários.

[094] O nível de potência recebido pode ser dado como um valor relativo, por exemplo a um valor de referência no receptor de potência. Isso pode permitir que o transmissor de potência aplique o mesmo limiar para todos os receptores de potência.

[095] De acordo com um aspecto da invenção, é apresentado um transmissor de potência para um sistema de transferência de potência sem fio que compreende: uma bobina transmissora para transferência de potência, destinada a transferir potência a um receptor de potência por meio de um sinal de transferência de potência; uma primeira unidade de comunicação, destinada a comunicar mensagens ao receptor de potência em um primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma primeira bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a bobina transmissora de transferência de potência e uma bobina transmissora de comunicação próxima à bobina transmissora de transferência de potência, sendo que a primeira unidade de comunicação está disposta de modo a transmitir uma primeira mensagem ao receptor de potência, e que o primeiro link de comunicação tem um alcance correspondente a um alcance de transferência de potência para o sinal de transferência de potência; uma segunda unidade de comunicação disposta de modo a receber dados do receptor de potência em um segundo link de comunicação, sendo que o segundo link de comunicação não usa a primeira bobina de comunicação e tem um alcance que excede o alcance do primeiro link de comunicação; um processador de resposta, destinado a determinar uma mensagem de resposta esperada à primeira mensagem, sendo que a mensagem de resposta esperada é uma mensagem de controle de potência que compreende uma indicação de propriedade esperada para uma propriedade da

primeira mensagem; um verificador de validade, destinado a gerar uma indicação de confirmação que indica se uma mensagem de controle de potência foi recebida no segundo link de comunicação correspondente à mensagem de resposta esperada, e que compreende uma indicação de propriedade correspondente à indicação de propriedade esperada; e um controlador de potência para controlar um nível de potência do sinal de transferência de potência, em resposta à indicação de confirmação.

[096] De acordo com um aspecto da invenção, é apresentado um receptor de potência para um sistema de transferência de potência sem fio que compreende: uma bobina receptora para transferência de potência, destinada a receber um sinal de transferência de potência a partir de um transmissor de potência; um acoplador de carga de potência, destinado a fornecer potência a uma carga, a partir do sinal de transferência de potência; uma primeira unidade de comunicação, destinada a receber mensagens do transmissor de potência em um primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma segunda bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a bobina receptora de transferência de potência e uma bobina receptora de comunicação próxima à bobina receptora de transferência de potência, sendo que a terceira unidade de comunicação está disposta de modo a receber uma primeira mensagem do transmissor de potência, e sendo que o primeiro link de comunicação tem um alcance correspondente a um alcance de transferência de potência para o sinal de transferência de potência; um gerador de resposta, destinado a gerar uma mensagem de resposta em resposta à primeira mensagem, sendo que a mensagem de resposta é uma mensagem de controle de

potência que compreende uma indicação de uma propriedade da primeira mensagem; e uma segunda unidade de comunicação, destinada a transmitir a mensagem de resposta ao transmissor de potência em um segundo link de comunicação sem usar a segunda bobina de comunicação, sendo que o segundo link de comunicação tem um alcance que excede o alcance do primeiro link de comunicação.

[097] De acordo com um aspecto da invenção, é apresentado um método de operação para um sistema de transferência de potência sem fio, sendo que o dito método compreende: um transmissor de potência que executa as etapas de: transferir potência, com uma bobina para transferência de potência, a um receptor de potência por meio de um sinal de transferência de potência, comunicar mensagens ao receptor de potência em um primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma primeira bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a bobina transmissora de transferência de potência e uma bobina transmissora de comunicação próxima à bobina transmissora de transferência de potência, sendo que as mensagens incluem uma primeira mensagem, e sendo que o primeiro link de comunicação tem um alcance correspondente a um alcance de transferência de potência para o sinal de transferência de potência; receber dados do receptor de potência em um segundo link de comunicação, sendo que o segundo link de comunicação não usa a primeira bobina de comunicação e tem um alcance que excede o alcance do primeiro link de comunicação; e um receptor de potência que executa as etapas de: receber o sinal de transferência de potência, através de uma bobina receptora de transferência de potência, e fornecer potência a uma carga a partir do sinal de transferência de potência, receber

mensagens do transmissor de potência no primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma segunda bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a bobina receptora de transferência de potência e uma bobina receptora de comunicação próxima à bobina receptora de transferência de potência, sendo que as mensagens incluem a primeira mensagem, gerar uma mensagem de resposta à primeira mensagem, sendo que a mensagem de resposta é uma mensagem de controle de potência que comprehende uma primeira indicação de propriedade da primeira mensagem, transmitir a mensagem de resposta ao transmissor de potência pelo segundo link de comunicação, sem usar a segunda bobina de comunicação; e o transmissor de potência executa, adicionalmente, as etapas de: determinar uma mensagem de resposta esperada à primeira mensagem, sendo que a mensagem de resposta esperada é uma mensagem de controle de potência que comprehende uma indicação de propriedade esperada para a propriedade da primeira mensagem; gerar uma indicação de confirmação que indica se uma mensagem de controle de potência foi recebida no segundo link de comunicação correspondente à mensagem de resposta esperada, sendo que a indicação de confirmação indica se a indicação de propriedade coincide com a indicação de propriedade esperada; e controlar um nível de potência do sinal de transferência de potência, em resposta à indicação de confirmação.

[098] De acordo com um aspecto da invenção, é apresentado um método de operação para um transmissor de potência de um sistema de transferência de potência sem fio, sendo que o dito método comprehende: transferir potência a um receptor de potência, através de uma bobina para transferência de potência, por meio de um sinal de transferência de

potência; comunicar mensagens ao receptor de potência em um primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma primeira bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a bobina transmissora de transferência de potência e uma bobina transmissora de comunicação próxima à bobina transmissora de transferência de potência, sendo que o primeiro link de comunicação tem um alcance correspondente a um alcance de transferência de potência para o sinal de transferência de potência, e que as mensagens incluem uma primeira mensagem; receber dados do receptor de potência em um segundo link de comunicação, sendo que o segundo link de comunicação não usa a primeira bobina de comunicação e tem um alcance que excede o alcance do primeiro link de comunicação; determinar uma mensagem de resposta esperada à primeira mensagem, sendo que a mensagem de resposta esperada é uma mensagem de controle de potência que compreende uma indicação de propriedade esperada para uma propriedade da primeira mensagem; gerar uma indicação de confirmação que indica se uma mensagem de controle de potência foi recebida no segundo link de comunicação correspondente à mensagem de resposta esperada, e que compreende uma indicação de propriedade correspondente à indicação de propriedade esperada; e controlar um nível de potência do sinal de transferência de potência, em resposta à indicação de confirmação.

[099] De acordo com um aspecto da invenção, é apresentado um método de operação para um receptor de potência de um sistema de transferência de potência sem fio, sendo que o dito método compreende: receber, através de uma bobina receptora para transferência de potência, um sinal de transferência de potência a partir de um transmissor de

potência; fornecer potência a uma carga, a partir do sinal de transferência de potência, receber mensagens do transmissor de potência em um primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma segunda bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a bobina receptora de transferência de potência e uma bobina receptora de comunicação próxima à bobina receptora de transferência de potência, sendo que as mensagens incluem uma primeira mensagem do transmissor de potência, e sendo que o primeiro link de comunicação tem um alcance correspondente a um alcance de transferência de potência para o sinal de transferência de potência; gerar uma mensagem de resposta em resposta à primeira mensagem, sendo que a mensagem de resposta é uma mensagem de controle de potência que compreende uma indicação de uma propriedade da primeira mensagem; e transmitir a mensagem de resposta ao transmissor de potência em um segundo link de comunicação sem usar a segunda bobina de comunicação, sendo que o segundo link de comunicação tem um alcance que excede o alcance do primeiro link de comunicação.

[0100] Esses e outros aspectos, recursos e vantagens da invenção ficarão evidentes e serão elucidados com referência à(s) modalidade(s) descrita(s) mais adiante neste documento.

Breve descrição dos desenhos

[0101] As modalidades da invenção serão descritas, somente a título de exemplo, com referência aos desenhos, nos quais:

[0102] A Figura 1 ilustra um exemplo de um sistema de transferência de potência de acordo com algumas modalidades da invenção.

[0103] A Figura 2 ilustra um exemplo de um transmissor de potência para o sistema de transferência de potência da Figura 1;

[0104] A Figura 3 ilustra um exemplo de elementos de um transmissor de potência para o sistema de transferência de potência da Figura 1;

[0105] A Figura 4 ilustra um exemplo de elementos de um receptor de potência para o sistema de transferência de potência da Figura 1;

[0106] A Figura 5 ilustra um exemplo de uma temporização para o sistema de transferência de potência da Figura 1;

[0107] A Figura 6 ilustra um exemplo de uma temporização para o sistema de transferência de potência da Figura 1;

[0108] A Figura 7 ilustra um exemplo de operações realizadas no sistema de transferência de potência da Figura 1;

[0109] A Figura 8 ilustra um exemplo de um formato de mensagem para uma mensagem de resposta oriunda de um receptor de potência do sistema de transferência de potência da Figura 1;

[0110] A Figura 9 ilustra um exemplo de uma temporização para o sistema de transferência de potência da Figura 1;

[0111] A Figura 10 ilustra um exemplo de operações realizadas no sistema de transferência de potência da Figura 1; e

[0112] A Figura 11 ilustra um exemplo de uma configuração de bobina para o sistema de transferência de potência da Figura 1.

Descrição detalhada de algumas modalidades da invenção

[0113] A descrição a seguir enfoca as modalidades da invenção aplicáveis a um sistema Qi de transferência de potência, mas deve-se entender que a invenção não se limita a esta aplicação, e pode ser aplicada a muitos outros sistemas de transferência de potência.

[0114] A Figura 1 ilustra um exemplo de um sistema de transferência de potência de acordo com algumas modalidades da invenção. O sistema de transferência de potência compreende um transmissor de potência 101 que inclui (ou está acoplado a) uma bobina/indutor de transmissão para transferência de potência, a qual será daqui por diante chamado de bobina transmissora 103. O sistema compreende, adicionalmente, um receptor de potência 105 que inclui (ou está acoplado a) uma bobina/indutor para recepção de transferência de potência, a qual será daqui por diante chamado de bobina receptora 107.

[0115] O sistema fornece uma transferência indutiva de potência sem fio do transmissor de potência 101 para o receptor de potência 105. Especificamente, o transmissor de potência 101 gera um sinal de transferência de potência que é propagado como um fluxo magnético pela bobina transmissora 103. O sinal de transferência de potência pode, tipicamente, ter uma frequência entre cerca de 20 kHz e 200 kHz. A bobina transmissora 103 e a bobina receptora 107 são acopladas de maneira frousa e, dessa forma, a bobina receptora

capta (ao menos parte de) o sinal de potência do transmissor de potência 101. Dessa forma, a potência é transferida do transmissor de potência 101 para o receptor de potência 105 através de um acoplamento indutivo sem fio da bobina transmissora 103 para a bobina receptora 107. O termo sinal de transferência de potência é usado principalmente para se referir ao sinal indutivo entre a bobina transmissora 103 e a bobina receptora 107 (o sinal de fluxo magnético), mas deve-se entender que, por equivalência, também pode ser considerado e usado como uma referência ao sinal elétrico fornecido à bobina transmissora 103 ou, de fato, ao sinal elétrico da bobina receptora 107.

[0116] Em algumas modalidades, a bobina receptora de transferência de potência pode até mesmo ser uma entidade receptora de transferência de potência que, quando exposta ao sinal de transferência indutiva de potência, aquece-se devido a correntes parasitas induzidas ou, adicionalmente, por perdas de histerese devido a comportamento ferromagnético. Por exemplo, a bobina receptora 107 pode ser uma placa de ferro para um aparelho que é aquecido por indutividade. Dessa forma, em algumas modalidades a bobina receptora 107 pode ser um elemento eletricamente condutivo, que é aquecido por correntes parasitas induzidas ou, adicionalmente, por perdas de histerese devido a comportamento ferromagnético. Nesse tipo de exemplo, a bobina receptora 107 também forma assim, inherentemente, a carga.

[0117] Na sequência, a operação do transmissor de potência 101 e do receptor de potência 105 será descrita com referência específica a uma modalidade de acordo com o padrão Qi (exceto para as modificações e melhorias aqui

descritas (ou consequentes)). Em particular, o transmissor de potência 101 e o receptor de potência 105 podem substancialmente ser compatíveis com a Especificação Qi versão 1.0 ou 1.1 (exceto para as modificações e melhorias aqui descritas (ou consequentes)).

[0118] Para controlar a transferência de potência, o sistema pode proceder através de fases diferentes, em particular, uma fase de seleção, uma fase de ping, uma fase de identificação e de configuração e uma fase de transferência de potência. Mais informações podem ser encontradas no capítulo 5 da Parte 1 da especificação Qi de potência sem fio.

[0119] Inicialmente, o transmissor de potência 101 está na fase de seleção, em que meramente monitora quanto à presença potencial de um receptor de potência. O transmissor de potência 101 pode usar uma variedade de métodos para este propósito, por exemplo, conforme descrito na especificação Qi de potência sem fio. Se tal presença potencial é detectada, o transmissor de potência 101 entra na fase de ping, onde um sinal de transferência de potência é temporariamente gerado. O sinal é conhecido como um sinal de ping. O receptor de potência 105 pode aplicar o sinal recebido para alimentar seus componentes eletrônicos. Após a recepção do sinal de transferência de potência, o receptor de potência 105 comunica um pacote inicial ao transmissor de potência 101. Especificamente, é transmitido um pacote de intensidade de sinal que indica o grau de acoplamento entre o transmissor de potência e o receptor de potência. Mais informações podem ser encontradas no capítulo 6.3.1 da Parte 1 da especificação Qi de potência sem fio. Dessa forma, na

fase de ping, determina-se a presença de um receptor de potência 105 na interface do transmissor de potência 101.

[0120] Ao receber a mensagem de intensidade de sinal, o transmissor de potência 101 passa à fase de Identificação e Configuração. Nesta fase, o receptor de potência 105 mantém sua carga de saída desconectada e, em sistemas Qi convencionais, um receptor de potência 105 nesta fase se comunica com o transmissor de potência 101 mediante o uso de modulação de carga. Nesses sistemas, o transmissor de potência fornece um sinal de transferência de potência com amplitude, frequência e fase constantes para este propósito (exceto pela alteração causada por modulação de carga). As mensagens são usadas pelo transmissor de potência 101 para configurar a si mesmo, conforme solicitado pelo receptor de potência 105. As mensagens oriundas do receptor de potência não são comunicadas continuamente, mas são comunicadas em intervalos.

[0121] Após a fase de identificação e configuração, o sistema segue para a fase de transferência de potência, onde ocorre a real transferência de potência. Especificamente, após ter comunicado seu requisito de potência, o receptor de potência 105 conecta a carga de saída e fornece a ela a potência recebida. O receptor de potência 105 monitora a carga de saída e mede o erro de controle entre o valor real e o valor desejado de um certo ponto de operação. O mesmo comunica esses erros de controle ao transmissor de potência 101 em uma frequência mínima de, por exemplo, cada 250 ms, para indicar ao transmissor de potência 101 esses erros, bem como o desejo por uma alteração, ou por nenhuma alteração, do sinal de potência.

Dessa forma, na fase de transferência de potência o receptor de potência 105 também se comunica com o transmissor de potência.

[0122] O sistema de transferência de potência da Figura 1 usa comunicação entre o transmissor de potência 101 e o receptor de potência 105.

[0123] Uma abordagem para comunicação de um receptor de potência para um transmissor de potência foi padronizada na Especificação Qi versões 1.0 e 1.1.

[0124] De acordo com esse padrão, um canal de comunicação do receptor de potência ao transmissor de potência é implementado com o uso do sinal de transferência de potência como portadora. O receptor de potência modula a carga da bobina receptora. Isso resulta em variações correspondentes no sinal de transferência de potência no lado do transmissor de potência. A modulação de carga pode ser detectada por uma alteração na amplitude e/ou na fase da corrente da bobina transmissora ou, alternativa ou adicionalmente, por uma alteração na tensão da bobina transmissora. Com base neste princípio, o receptor de potência pode modular os dados que o transmissor de potência demodula. Estes dados são formatados em bytes e pacotes. Mais informações podem ser encontradas em "System description, Wireless Power Transfer, Volume I: Low Power, Part 1: Interface Definition, Version 1.0 July 2010, publicado pelo Wireless Power Consortium" disponível via <http://www.wirelesspowerconsortium.com/downloads/wireless-power-specification-part-1.html>, também chamado de Especificação Qi para potência sem fio, em particular o Capítulo 6: Communications Interface (Interface de comunicações).

[0125] Nota-se que as versões 1.0 e 1.1 da especificação Qi de potência sem fio definem apenas a comunicação do receptor de potência para o transmissor de potência, isto é, definem apenas uma comunicação unidirecional.

[0126] O sistema da Figura 1 usa uma abordagem de comunicação diferente daquela revelada nas versões 1.0 e 1.1 da especificação Qi de potência sem fio. Entretanto, deve-se entender que essa abordagem diferente à comunicação pode ser usada juntamente com outras abordagens de comunicação, inclusive a abordagem de comunicação da especificação Qi de potência sem fio versões 1.0 e 1.1. Por exemplo, para um sistema do tipo Qi, a abordagem de comunicação da especificação Qi de potência sem fio versões 1.0 e 1.1 pode ser usada para toda comunicação que esteja especificada para ser realizada pela especificação Qi de potência sem fio versões 1.0 e 1.1, sendo que a comunicação adicional é suportada pela abordagem diferente descrita a seguir. Além disso, deve-se entender que o sistema pode se comunicar de acordo com a especificação Qi de potência sem fio versões 1.0 e 1.1 em alguns intervalos de tempo, mas não em outros. Por exemplo, o mesmo pode usar modulação de carga padrão durante a fase de identificação e configuração, onde o sinal de transferência de potência e as cargas externas podem ser constantes, mas não durante a fase de transferência de potência, onde não é esse o caso.

[0127] No sistema da Figura 1, a comunicação entre o receptor de potência 105 e o transmissor de potência 101 é otimizada em relação à comunicação padronizada da especificação Qi de potência sem fio versões 1.0 e 1.1.

[0128] Primeiramente, o sistema suporta a comunicação de mensagens do transmissor de potência 101 ao receptor de potência 105 e, em particular, permite que o transmissor de potência 101 transmita dados ao receptor de potência 105.

[0129] No exemplo da Figura 1, isto é obtido pelo transmissor de potência 101 modulando o sinal de transferência de potência correspondente à mensagem sendo transmitida. A abordagem do sistema da Figura 1 pode especificamente envolver uma modulação pelo transmissor de potência 101 da amplitude ou da frequência do campo magnético que varia no tempo, que é usado para transferir potência ao dispositivo receptor de potência, isto é, do sinal de transferência de potência. Dessa forma, a comunicação bidirecional foi introduzida pela capacidade do transmissor de potência 101 para modular o sinal de potência de modo a comunicar mensagens ao receptor de potência 105. O transmissor de potência 101 especificamente introduz um desvio do sinal de potência em relação a um sinal de potência não modulado, onde o desvio é indicativo dos dados que são comunicados. Esse desvio pode, então, ser detectado pelo receptor de potência 105, e usado para demodular/decodificar a mensagem de dados.

[0130] O transmissor de potência 101 pode, especificamente, modular o sinal de transferência de potência mediante a alteração da amplitude, da frequência ou da fase do sinal de potência, isto é, pode tipicamente usar modulação AM, FM e/ou PM. Como exemplo, o sinal de transferência de potência pode ser sobreposto por uma sequência de variação de amplitude relativamente curta, com um valor médio de zero e um padrão indicativo dos dados que são transmitidos. Por

exemplo, o sinal de transferência de potência modulado resultante pode ter uma amplitude dada como:

$$2. P_m(t) = m(t) + P_u(t)$$

3. onde $m(t)$ é a sequência de modulação, e $P_u(t)$ é o sinal de transferência de potência não modulado. Deve-se entender que, em outras modalidades, uma modulação multiplicativa pode ser aplicada mediante o uso de um sinal de modulação com um nível médio de sinal de, por exemplo, unidade.

[001] O receptor de potência 105 está disposto de modo a detectar a modulação e, dessa forma, recuperar os dados transmitidos. Por exemplo, o sinal de transferência de potência oriundo da bobina receptora 107 pode ser retificado por um retificador (tipicamente um retificador de ponte), e o sinal resultante pode ser suavizado por um capacitor, resultando em uma tensão CC suavizada porém variável, onde as variações correspondem às variações de amplitude da modulação (bem como, ruído em potencial). As variações podem ser comparadas aos padrões de modulação e a correspondência mais próxima identificada. Os dados correspondentes a esse padrão são, então, decodificados como os dados transmitidos pelo transmissor de potência 101.

[002] Dessa forma, o sistema implementa um primeiro link de comunicação sob a forma de um link de comunicação de ida que suporta a comunicação de mensagens pelo transmissor de potência 101 ao receptor de potência 105. Neste exemplo, o link de comunicação de ida é implementado por modulação do sinal de transferência de potência, isto é, dados de mensagens do link de ida, oriundos do transmissor de potência 101 para o receptor de potência 105, podem ser comunicados mediante a

modulação dos dados no sinal de transferência de potência. À medida que os dados são transportados pelo próprio sinal de transferência de potência, o alcance da comunicação no link de comunicação de ida corresponde inherentemente ao alcance do sinal de transferência de potência (o alcance de transferência de potência) e, tipicamente, é inherentemente e substancialmente igual ao alcance de transferência de potência.

[003] O alcance de um link de comunicação pode ser considerado como correspondente a um alcance esperado para o qual o alcance de comunicação é considerado confiável. Por exemplo, o mesmo pode corresponder ao alcance para o qual uma taxa de erro de bits está abaixo de, por exemplo, 0,01, 0,001 ou 0,0001.

[004] Dessa forma, o uso do sinal de transferência de potência para comunicação proporciona uma correspondência entre a transferência de potência e o link de comunicação de ida, de modo que a capacidade para realizar um (isto é, transferir potência ou comunicar-se) implica na capacidade de também realizar o outro.

[005] Em particular, esse tipo de abordagem pode assegurar que os receptores de potência, que podem ser alimentados pelo sinal de transferência de potência, também recebam as mensagens do link de comunicação de ida, a partir do transmissor de potência 101. De modo correspondente, pode-se também presumir que os receptores de potência que estão suficientemente próximos para receber mensagens do link de comunicação de ida sejam, também, capazes de ser alimentados pelo transmissor de potência 101.

[006] Dessa forma, o recurso permite uma correlação próxima entre as operações de transferência de potência e de

comunicação de ida. Na maioria das modalidades e cenários, pode-se presumir que, se a transferência de potência é exequível, também o é a comunicação em link de ida, e vice-versa. De modo similar, o alcance restrito do link de comunicação de ida tipicamente significa que se pode presumir que, se a transferência de potência não é possível, tampouco o é a comunicação de ida, e vice-versa.

[007] O alcance limitado da comunicação de ida assegura que as mensagens de link de ida possam ser recebidas pelos receptores de potência que são suportados pelo transmissor de potência 101 e, tipicamente, apenas pelos receptores de potência que são suportados pelo transmissor de potência 101. Dessa forma, o alcance limitado pode ser usado para reduzir a possibilidade de que as mensagens do link de ida sejam recebidas por outros receptores de potência como, por exemplo, por um receptor de potência que é alimentado por um outro transmissor de potência.

[008] Deve-se entender que pode ser usada qualquer modulação adequada, e que o versado na técnica estará ciente de uma gama de técnicas de modulação adequadas. Na maioria das modalidades, a capacidade de comunicação de dados necessária é muito baixa, e pode-se usar uma função de modulação de baixa complexidade.

[009] Uma outra diferença entre o sistema da Figura 1 e um sistema Qi convencional é que, ao invés de usar exclusivamente a modulação de carga para comunicações do receptor de potência 105 para o transmissor de potência 101, os sistemas fazem uso de um segundo link de comunicação separado (daqui por diante chamado de link de comunicação

reversa), que não usa nem a bobina transmissora 103, nem a bobina receptora 107. De fato, no exemplo da Figura 2, o link de comunicação reversa usa comunicação de rádio em vez de sinais entre bobinas acopladas de maneira frouxa. Especificamente, a comunicação não é implementada por quaisquer bobinas acopladas como um transformador frouxo mas, ao invés disso, usam antenas. Em particular, o transmissor de potência 101 inclui uma antena receptora 109 que pode receber sinais de rádio transmitidos a partir de uma antena transmissora 111 do receptor de potência 105.

[010] Embora primariamente concebida como comunicação reversa, a funcionalidade de comunicação que implementa o segundo link de comunicação pode também ser usada para comunicação adicional de ida. Por exemplo, o link de comunicação reversa pode ser um link de comunicação Bluetooth, e a funcionalidade Bluetooth pode também ser usada para comunicar dados adicionais oriundos do transmissor de potência 101 ao receptor de potência 105. Isso poderia ser útil quando taxas de dados mais altas são necessárias para outras aplicações (interface de usuário, atualizações de software, transferência de arquivos etc.).

[011] O link de comunicação reversa oferece, assim, um link do receptor de potência 105 ao transmissor de potência 101, que usa uma abordagem de comunicação que não baseia, nem faz uso da bobina transmissora 103, da bobina receptora 107 ou, de fato, do sinal de transferência de potência. Ao invés disso, na maioria das modalidades, o link de comunicação reversa é completamente independente do sinal de transferência de potência, e não é afetado por quaisquer alterações dinâmicas nas características do mesmo. O link de

comunicação reversa é, dessa forma, significativamente desacoplado do sinal de transferência de potência, e especificamente não é afetado pelas variações de carga no receptor de potência 105. Consequentemente, o link de comunicação reversa pode, em relação a modulação de carga, proporcionar comunicação aprimorada a partir do receptor de potência 105 e pode, em particular, proporcionar uma comunicação mais confiável em situações nas quais a carga do receptor de potência 105 é uma carga variável.

[012] De fato, para evitar a interferência com a comunicação de alterações no sinal de transferência de potência, pode-se usar um link de comunicação que está fisicamente desacoplado, tanto quanto possível, do canal de potência. Por exemplo, um sinal de RF com uma frequência que é muito mais alta que aquela do sinal de potência, juntamente com uma antena projetada especificamente para essa alta frequência, proporcionará desacoplamento suficiente entre o sinal de potência e o link de comunicação reversa do receptor de potência 105 ao transmissor de potência 101. As vantagens adicionais de um link de comunicação separado (e, especificamente, do uso de uma frequência portadora mais alta) inclui o fato de que o canal de comunicação pode suportar uma taxa de dados mais alta e pode transportar mais informações redundantes, as quais podem ser usadas para aumentar a confiabilidade (por exemplo, mediante o uso de codificação para correção de erros).

[013] Em adição a não usar o sinal de transferência de potência, a bobina transmissora 103 ou a bobina receptora 107, o link de comunicação reversa/secundária também difere do link de comunicação de ida/primária por ter um alcance que

excede aquele do link de comunicação de ida/primária. Tipicamente, o alcance do link de comunicação reversa é pelo menos duas e, frequentemente, cinco ou dez vezes mais alto que o alcance do link de comunicação de ida e o alcance da transferência de potência. Em particular, em muitas modalidades o alcance da transferência de potência e do link de comunicação de ida pode ser menor que 30 cm e, frequentemente, menor que 20 cm ou mesmo 10 cm. Entretanto, o alcance de comunicação para o segundo link de comunicação pode, tipicamente, ser substancialmente maior, e na maioria das modalidades pode ser de ao menos 50 cm ou, de fato, pode exceder 1 metro ou mais.

[014] Essa diferença de alcances é, tipicamente, uma consequência das diferentes tecnologias de comunicação que são usadas. Em particular, o link de comunicação de ida pode ser implementado mediante a modulação do sinal de transferência de potência, conforme anteriormente descrito. Consequentemente, o alcance do link de comunicação de ida é restrito a ser proporcional e comparável àquele da transferência de potência. Deve-se entender que, mesmo se os alcances para transferência de potência e comunicação em link de ida não forem exatamente iguais, os alcances serão, tipicamente, muito similares. De fato, na maioria das modalidades, a diferença pode ser menor que, digamos, 50%. Dessa forma, os alcances podem ser considerados como correspondentes um ao outro se diferirem por não mais que, digamos, 25%, 50% ou 100% do alcance de transferência de potência.

[015] Entretanto, para se evitar os problemas associados à modulação de carga (como o ruído introduzido pela variação de carga do receptor de potência), a

comunicação reversa pode usar um sistema de comunicação completamente separado como, por exemplo, Bluetooth. Uma consequência do uso de uma abordagem de comunicação diferente reside em que o alcance de comunicação pode ser substancialmente diferente. Por exemplo, o alcance para comunicação por Bluetooth pode ser de vários metros, ou mesmo dezenas de metros.

[016] O uso de um link de comunicação reversa que é independente da bobina receptora 107 e da bobina transmissora 103 pode, também, ter algumas desvantagens. Em particular, a comunicação por modulação de carga assegura, inherentemente, que haja uma probabilidade muito alta de que os dados comunicados estejam entre o receptor de potência 105 e o transmissor de potência 101 corretos, isto é, o transmissor de potência 101 pode presumir, com segurança, que os dados recebidos podem ser usados para controlar a operação de transferência de potência. Entretanto, os Inventores descobriram que, quando é usado um link de comunicação reversa separado, que é independente do sinal de transferência de potência, há um risco de que os dados transmitidos a partir do receptor de potência 105 possam não ser recebidos pelo transmissor de potência 101 que fornece potência ao receptor de potência 105, ou possam ser recebidos pelo transmissor de potência 101 que não fornece potência ao receptor de potência 105. De modo similar, há um risco de que os dados recebidos pelo transmissor de potência 101 não tenham se originado no receptor de potência 105 esperado.

[017] O problema pode ser particularmente significativo para uma situação onde uma pluralidade de transmissores de potência está posicionada dentro de uma

área limitada e pode, simultaneamente, transferir potência para uma pluralidade de receptores de potência.

[018] O problema pode, também, ser particularmente significativo para transmissores de potência que incluem uma pluralidade de bobinas transmissoras, e que são capazes de suportar simultaneamente uma pluralidade de transferências de potência.

[019] Por exemplo, o uso de um link de comunicação em RF separado para o link de comunicação reversa não exige que o receptor de potência 105 esteja corretamente posicionado para que seja realizada a comunicação. Especificamente, o fato de que a comunicação bem-sucedida é possível com o uso do link de comunicação reversa separado não garantirá, tipicamente, que a bobina receptora 107 esteja posicionada suficientemente próxima da bobina transmissora 103. Se um receptor de potência controla um transmissor de potência por meio desse canal de comunicação, o sistema pode, portanto, não ter certeza de que a bobina receptora esteja posicionada suficientemente próxima da bobina primária (e, dessa forma, o acoplamento entre a bobina receptora e a bobina transmissora pode ser muito baixo). É possível que o receptor de potência continue a solicitar que o transmissor de potência seja acionado, até que a potência fornecida seja suficientemente alta para que o receptor de potência receba potência suficiente, mesmo com o acoplamento ineficiente atual. Entretanto, isso pode exigir que seja induzido um campo magnético muito forte, e isso poderia levar a uma exposição inesperada e indesejável do usuário ou de objetos de metal ao campo magnético gerado pelo transmissor de potência.

[020] O transmissor de potência e o receptor de potência podem incluir funcionalidade adicional para verificar e examinar a posição do receptor de potência, mas essa funcionalidade adicional tipicamente adicionará complexidade e custo.

[021] Além disso, em particular o uso simultâneo de múltiplos aparelhos com receptores de potência individuais poderia levar à situação em que um primeiro receptor de potência acoplado a um primeiro transmissor de potência interfere com um segundo receptor de potência acoplado a um segundo transmissor de potência. Os sinais de controle do primeiro receptor de potência poderiam ser captados pelo segundo transmissor de potência, ou vice-versa. Isso poderia, por exemplo, resultar no segundo transmissor de potência ser controlado para gerar um campo magnético alto que não é adequado para o segundo receptor de potência. Por exemplo, se o primeiro receptor de potência detecta que o nível do sinal de potência precisa ser aumentado, o mesmo pode solicitar um aumento de potência. Entretanto, devido ao alcance estendido do link de comunicação reversa, essa solicitação poderia ser recebida pelo segundo transmissor de potência, ao invés do primeiro transmissor de potência, e resultaria então no aumento do sinal de potência fornecido ao segundo receptor de potência. O primeiro receptor de potência ainda detectará que o nível do sinal de potência está muito baixo (já que o mesmo não foi alterado), e continuará a solicitar um aumento de potência. Dessa forma, o segundo transmissor de potência continuará a aumentar o nível de potência. Esse aumento contínuo de potência poderia levar a danos, geração excessiva de calor e, de modo geral, a uma situação indesejável e até

mesmo potencialmente arriscada para o segundo receptor de potência e o aparelho associado.

[022] Como cenário exemplificador específico para ilustrar a questão, um usuário pode colocar uma chaleira sobre um primeiro transmissor de potência na cozinha. O primeiro transmissor de potência pode detectar que um objeto foi colocado em sua interface de transferência de potência, e pode fornecer à chaleira um sinal de transferência de potência com baixa potência, de modo a iniciar seus circuitos eletrônicos. A chaleira envia informações através do link de comunicação reversa em RF ao transmissor de potência, de modo a iniciar e controlar o transmissor de potência para que forneça potência. Após algum tempo, o usuário pode decidir colocar uma panela no primeiro transmissor de potência e, consequentemente, ele pode mover a chaleira para um segundo transmissor de potência próximo ao primeiro transmissor de potência. O segundo transmissor de potência detecta a chaleira e, sob o controle desta, transferirá potência à chaleira. O primeiro transmissor de potência pode detectar a panela, mas ainda receberá os dados de controle oriundos da chaleira. O primeiro transmissor de potência fornecerá, portanto, potência à panela, mas o sinal de potência será controlado pela chaleira, resultando em um aquecimento inesperado da panela. O usuário tipicamente não estará ciente da situação e poderá tocar a panela, a qual pode estar inadequadamente quente.

[023] Como outro exemplo, o mesmo cenário pode ser encontrado, porém com a adição de uma superfície de balcão não resistente ao calor. A chaleira pode ser construída de modo que não aqueça a superfície sobre a qual é posicionada,

mesmo quando a água em seu interior atingiu o ponto de ebulação. A panela poderia ser uma panela convencional, adequada para cozimento por indução, mas destinada somente ao uso sobre uma placa vitrocerâmica. Nesta situação, a panela poderia danificar a superfície do balcão não resistente ao calor, pois ela não contém quaisquer meios para limitar a dissipação da potência quando o primeiro transmissor de potência ainda está sob controle da chaleira, enquanto a panela está posicionada no primeiro transmissor de potência.

[024] Não apenas para situações onde uma pluralidade de transmissores de potência está posicionada dentro de uma área limitada, e a transferência de potência pode ocorrer simultaneamente para uma pluralidade de receptores de potência, mas também em modalidades onde o transmissor de potência pode compreender uma pluralidade de bobinas transmissoras, o problema pode ser particularmente significativo. Por exemplo, conforme ilustrado na Figura 2, um transmissor de potência pode compreender um controlador de potência PCU, que controla uma pluralidade de elementos transmissores TE, sendo que cada qual compreende uma bobina transmissora. Ao mesmo tempo, uma unidade de comunicação CU separada pode receber dados de um link de comunicação reversa em RF separado. Nesse tipo de cenário, um primeiro receptor de potência pode estar posicionado sobre um primeiro dentre os elementos/bobinas de transmissão TE. Por exemplo, um telefone celular pode ser posicionado sobre a matriz de bobinas transmissoras, e uma transferência de potência para o telefone celular pode ter início. O telefone celular pode transmitir dados de controle de volta ao transmissor de potência mediante o uso do link de comunicação reversa em RF, e o sinal de

potência da primeira bobina transmissora TE pode ser disposto de acordo. O usuário pode, agora, querer carregar um segundo telefone celular. Ele pode mover o primeiro telefone celular ligeiramente para um lado, de modo a abrir espaço para o novo telefone, o que pode resultar no primeiro telefone celular estar agora posicionado sobre uma bobina transmissora diferente, como, por exemplo, sobre uma bobina transmissora vizinha. Entretanto, isso pode não ser detectado pelo sistema e, de fato, o link de comunicação reversa do primeiro telefone celular ainda funcionará. O primeiro telefone celular solicitará aumentos de potência para compensar o baixo acoplamento, resultando em um campo magnético muito grande que é potencialmente gerado pela primeira bobina transmissora. De fato, em muitos cenários o segundo telefone celular poderia, potencialmente, estar posicionado sobre a primeira bobina transmissora e, em consequência, experimentaria o alto campo magnético sem qualquer chance de reduzi-lo. Dessa forma, o controle da transferência de potência pode ser efetivamente perdido e, de fato, em alguns cenários a transferência de potência para um telefone celular pode ser controlada pelo outro, e vice-versa.

[025]No sistema da Figura 1, é usado um link de comunicação reversa separado, o qual pode ser completamente desacoplado e independente da transferência de potência. Dessa forma, o sistema usa comunicação assimétrica, sendo que a comunicação de ida está ligada com proximidade à transferência de potência, por ter um alcance correspondente, enquanto a comunicação reversa pode ser completamente diferente e, especificamente, tem um alcance

de comunicação que pode exceder substancialmente aquele da transferência de potência e da comunicação de ida.

[026]Consequentemente, o sistema inclui funcionalidades que podem, tipicamente, reduzir os riscos de problemas como aqueles descritos acima, e que podem, consequentemente, proporcionar um funcionamento mais confiável e otimizado.

[027]Em particular, o sistema está disposto de modo a estabelecer uma relação ou associação entre o link de comunicação de ida do transmissor de potência 101 ao receptor de potência 105, com o uso do sinal de transferência de potência, e um link de comunicação reversa totalmente separado, do receptor de potência 105 ao transmissor de potência 101. Essa relação é usada para assegurar que o transmissor de potência 101 seja, de fato, controlado pelo receptor de potência 105 esperado, isto é, que a transferência de potência seja controlada pelo receptor de potência 105 que está recebendo a potência.

[028]O sistema usa uma abordagem em que uma primeira mensagem é transmitida a partir do transmissor de potência 101, com o uso do link de comunicação de ida. Ao receber essa primeira mensagem, o receptor de potência 105 prossegue para gerar uma mensagem de resposta que o mesmo transmite de volta ao transmissor de potência 101, com o uso do link de comunicação reversa. A mensagem de resposta é gerada para incluir uma propriedade para a primeira mensagem. Quando o transmissor de potência 101 recebe a mensagem de resposta, prossegue para determinar se a mensagem de resposta recebida corresponde à mensagem que seria esperada do receptor de potência 105, em resposta à primeira mensagem.

Especificamente, o mesmo pode prosseguir para verificar se a propriedade indicada na mensagem de resposta de fato corresponde a uma propriedade da primeira mensagem.

[029]Consequentemente, desse modo o transmissor de potência 101 pode determinar com probabilidade muito alta se a mensagem recebida é, de fato, oriunda do receptor de potência que recebeu a primeira mensagem, isto é, se é oriunda do receptor de potência desejado, ou não. Como o alcance do link de comunicação de ida corresponde àquele da transferência de potência, a primeira mensagem só será recebida pelos receptores de potência que estão recebendo, ou podem receber, potência. Dessa forma, apenas esse receptor de potência será capaz de gerar uma mensagem de resposta que compreenda diretamente uma indicação de uma propriedade da primeira mensagem. Consequentemente, se a indicação recebida coincide com a indicação esperada, o sistema pode presumir seguramente que, de fato, a comunicação é oriunda de um receptor de potência desejado, e não de qualquer outro receptor de potência, isto é, pode ter certeza de que a mensagem é oriunda de um receptor de potência suficientemente próximo para ser alimentado pelo transmissor de potência 101 e não, por exemplo, de um receptor de potência alimentado por um transmissor de potência próximo porém, coincidentemente, também dentro do alcance do transmissor de potência 101.

[030]A abordagem oferece, dessa forma, uma retroinformação e uma associação próxima entre o link de comunicação de ida e o link de comunicação reversa. Em particular, a abordagem usa uma mensagem de resposta que reflete uma propriedade de uma mensagem de ida, para fornecer prova de que a comunicação é oriunda de um receptor de

potência que pode, de fato, receber comunicações de ida. Consequentemente, a abordagem pode ser usada para diferenciar entre receptores de potência que estão suficientemente próximos para serem alimentados pelo transmissor de potência, e receptores de potência que estão dentro do alcance do segundo link de comunicação, mas não suficientemente próximos para serem alimentados. Dessa forma, a abordagem pode resolver problemas associados ao uso de uma abordagem de comunicação com um alcance substancialmente mais alto para o segundo link de comunicação. De fato, a abordagem pode assegurar que o alcance de comunicação efetivo do link de comunicação reversa seja reduzido para aquele do link de comunicação de ida, já que mensagens recebidas dos receptores de potência distantes demais para receber a primeira mensagem podem ser detectadas e ignoradas.

[031] Além disso, a mensagem de resposta não é meramente uma mensagem que está relacionada à primeira mensagem, ou mesmo apenas uma mensagem que é transmitida como uma consequência da primeira mensagem, mas explicitamente inclui uma indicação de uma propriedade da primeira mensagem. Dessa forma, a mensagem de resposta comprehende explicitamente, por exemplo, dados que descrevem uma propriedade da primeira mensagem. Dessa forma, a mesma fornece um meio muito confiável e seguro para o sistema efetivamente verificar se as mensagens recebidas são oriundas do receptor de potência desejado.

[032] Como exemplo de baixa complexidade, o transmissor de potência 101 pode gerar uma mensagem que é transmitida do transmissor de potência 101 ao receptor de potência 105 no link de comunicação de ida, com o uso do sinal de transferência de potência. Por exemplo, pode ser

comunicada uma mensagem simples, a qual não contém nenhum dado. Como exemplo de baixa complexidade, uma sequência curta de pequenas variações de amplitude predeterminadas pode ser adicionada ao sinal de transferência de potência no lado de recepção. Essa sequência de variações pode ser detectada pelo receptor de potência 105 que, em resposta, envia imediatamente uma mensagem ao transmissor de potência 101 pelo link de comunicação reversa.

[033]A mensagem de resposta pode incluir, por exemplo, uma indicação da frequência ou do padrão de amplitude da mensagem recebida. O transmissor de potência 101 pode, então, avaliar a mensagem de resposta recebida para determinar se a frequência indicada ou a variação de amplitude coincide, de fato, com aquela da primeira mensagem do transmissor. Em caso positivo, o transmissor de potência 101 determina que o receptor de potência a partir do qual foi recebida a mensagem de resposta é, de fato, um que está suficientemente próximo para receber a primeira mensagem e, portanto, suficientemente próximo para ser alimentado pelo sinal de transferência de potência.

[034]O recebimento da mensagem de resposta indica, assim, ao transmissor de potência 101 que os dados recebidos no link de comunicação reversa são de fato oriundos do receptor de potência 105 que recebe o sinal de transferência de potência. Dessa forma, se o receptor de potência 105 for, por exemplo, movido para uma outra bobina transmissora e receber um sinal de transferência de potência diferente, o mesmo não detectará a mensagem inicial e não transmitirá a mensagem de resposta. Consequentemente, pode-se obter maior confiabilidade.

[035] Embora essa abordagem de consulta e confirmação de tão baixa complexidade possa ser usada em algumas modalidades, pode haver cenários nos quais seja pouco provável que a segurança resultante é considerada suficiente. Portanto, em muitas modalidades a mensagem de ida do transmissor de potência 101 ao receptor de potência 105 pode conter dados variáveis, sendo que a mensagem de resposta do receptor de potência 105 comprehende dados de resposta variáveis gerados a partir desses dados variáveis de ida. Dessa forma, os dados da primeira mensagem são uma propriedade da primeira mensagem, a qual é refletida pelos dados na mensagem de resposta, isto é, alguns dos dados da mensagem de resposta dependem dos dados da primeira mensagem.

[036] O transmissor de potência 101 pode, consequentemente, detectar se os dados de resposta esperados são recebidos de volta do receptor de potência 105 pelo link de comunicação reversa. Em caso positivo, o mesmo prossegue para controlar o sinal de transferência de potência em resposta aos dados pelo link de comunicação reversa e, caso contrário, pode reduzir o nível de potência, por exemplo mediante sua restrição a um nível seguro, ou mediante a total interrupção da transferência de potência.

[037] Em muitas modalidades, os dados de resposta podem simplesmente ser iguais aos dados recebidos pelo receptor de potência 105, oriundos do transmissor de potência 101. Dessa forma, o transmissor de potência 101 pode simplesmente detectar se os dados recebidos pelo link de comunicação reversa são, de fato, iguais àqueles que foram transmitidos pelo link de comunicação de ida, isto é, pelo sinal de transferência de potência. Dessa forma, em

muitas modalidades, a propriedade da primeira mensagem que é informada de volta ao transmissor de potência 101 consiste em alguns ou todos dentre os dados da primeira mensagem. A indicação pode especificamente consistir nos próprios dados, isto é, a mensagem de resposta pode simplesmente ser gerada para incluir os mesmos dados. Em outras modalidades, os dados podem ser processados ou condensados. Por exemplo, um hash ou uma soma de verificação para os dados recebidos na primeira mensagem pode ser gerado e incluído na mensagem de resposta. Os dados podem especificamente ser dados de indicação de transmissor de potência.

[038]Conforme será adicionalmente descrito mais adiante, os dados podem especificamente incluir dados de identificação para o transmissor de potência 101 ou para a bobina transmissora individual 103 ou podem, por exemplo, incluir um carimbo de data e hora e/ou uma identidade da mensagem.

[039]A Figura 3 ilustra com mais detalhes elementos do transmissor de potência 101 da Figura 1, e a Figura 4 ilustra com mais detalhes elementos do receptor de potência 105 da Figura 1.

[040]O transmissor de potência 101 comprehende a bobina transmissora 103, que está acoplada a um acionador 301 que está disposto de modo a gerar o sinal de acionamento da bobina transmissora 103 e, dessa forma, está disposto de modo a gerar o sinal de acionamento que é traduzido no sinal de transferência indutiva de potência. O acionador 301 está disposto de modo a gerar um sinal CA com um nível de potência desejado, que é fornecido à bobina transmissora 103 para gerar o sinal de transferência de potência. Deve-se entender que o

acionador 301 pode compreender funcionalidade adequada para gerar o sinal de acionamento, conforme é bem conhecido pelo versado na técnica. Por exemplo, o acionador 301 pode compreender um inversor para converter um sinal de fonte de potência de corrente contínua em um sinal CA com uma frequência adequada (tipicamente em torno de 50 a 200 kHz) para a transferência de potência. Deve-se entender, também, que o acionador 301 pode compreender funcionalidade de controle adequada para operar as diferentes fases do sistema de transferência de potência. Em muitos casos, o acionador 301 conterá um ou mais capacitores, de modo a formar um circuito de ressonância com a bobina de potência 103 para uma frequência escolhida.

[041] O acionador 301 é acoplado a um controlador de potência 303 que está disposto de modo a controlar a potência do sinal de potência. Especificamente, o controlador de potência 303 pode gerar um sinal de controle que é fornecido ao acionador 301, e que indica o nível de potência para o sinal de acionamento. O acionador 301 pode, então, escalar o sinal de acionamento para ter uma amplitude correspondente.

[042] O transmissor de potência 101 compreende, além disso, uma primeira unidade de comunicação 305, que está disposta de modo a comunicar dados ao receptor de potência 105 em um link de comunicação de ida que usa um primeiro indutor de comunicação que, no exemplo da Figura 1, é a bobina transmissora 103.

[043] A primeira unidade de comunicação 305 é acoplada ao acionador 301 e pode especificamente modular o sinal de transferência de potência, de modo a comunicar uma mensagem ao receptor de potência 105. Por exemplo, o

transmissor de potência 101 pode gerar um sinal de modulação adequado, que pode ser adicionado à amplitude do sinal de transferência de potência (caso no qual o sinal de modulação será, tipicamente, pequeno em comparação à amplitude do sinal de transferência de potência), ou que pode ser multiplicado pelo sinal de transferência de potência (caso no qual o sinal de modulação corresponderá, tipicamente, a pequenas variações a partir de um ganho de unidade).

[044]A primeira unidade de comunicação 305 pode, dessa forma, transmitir uma ou mais mensagens ao receptor de potência 105, mediante a modulação do sinal de transferência de potência. Por exemplo, os dados podem ser comunicados mediante o uso de variações de amplitude predeterminadas, onde as diferentes variações possíveis são associadas a diferentes dados.

[045]Especificamente, a primeira unidade de comunicação 305 pode transmitir uma mensagem de ida ao receptor de potência 105, e se espera o receptor de potência 105 responda mediante a transmissão de uma mensagem de resposta de volta ao transmissor de potência 101 para confirmar que o link de comunicação reversa é, de fato, um link com o receptor de potência 105 que está fazendo parte da transferência de potência.

[046]Para receber dados do receptor de potência 105 pelo link de comunicação reversa, o transmissor de potência 101 comprehende, além disso, uma segunda unidade de comunicação 307, que é acoplada à antena receptora 203. O link de comunicação reversa é, portanto, baseado no uso de uma antena receptora 203, ao invés da recepção de qualquer vista de sinal da bobina transmissora 103. O link de

comunicação reversa usa uma abordagem de comunicação diferente daquela usada para o link de comunicação de ida.

[047]O receptor de potência 105 comprehende um controlador de transferência de potência 401, que é acoplado à bobina receptora 107, e que recebe o sinal de transferência de potência. O controlador de transferência de potência 401 está adicionalmente acoplado a uma carga 403, e é capaz de receber o sinal de transferência de potência e gerar um sinal de fonte de alimentação adequado para a carga. O controlador de transferência de potência 401 pode, por exemplo, compreender um receptor (ponte inteira), circuitos de suavização e circuitos de controle de tensão ou potência, como é bem conhecido pelo versado na técnica. Em muitos casos, o receptor de potência contém um ou mais capacitores para formar um circuito de ressonância com a bobina receptora 107 para uma frequência escolhida.

[048]O controlador de transferência de potência 401 é, além disso, capaz de controlar o receptor de potência 105 e, especificamente, de suportar a operação da função de transferência, inclusive o suporte às diferentes fases de uma transferência de potência no padrão Qi.

[049]O receptor de potência 105 comprehende, adicionalmente, uma terceira unidade de comunicação 405, que está disposta de modo a receber mensagens do transmissor de potência 101 no link de comunicação que usa o sinal de transferência de potência, isto é, a terceira unidade de comunicação 405 pode receber as mensagens transmitidas pela primeira unidade de comunicação 305 no link de comunicação de ida. Como o link de comunicação de ida usa o sinal de transferência de potência, o mesmo tem inerente e

substancialmente um alcance igual ao alcance de transferência de potência.

[050]A terceira unidade de comunicação 405 recebe, dessa forma, mensagens que usam um link de comunicação que, no exemplo, tem por base a bobina receptora 107. A terceira unidade de comunicação 405 pode especificamente detectar variações de amplitude / frequência / fase do sinal de transferência de potência, e comparar estas às sequências predeterminadas que podem ser introduzidas pela primeira unidade de comunicação 305. Se for encontrada uma igualdade, os dados correspondentes a essa igualdade são considerados como recebidos.

[051]Dessa forma, a primeira unidade de comunicação 305 pode comunicar dados à terceira unidade de comunicação 405, mediante a modulação dos dados no sinal de transferência de potência, o qual pode ser demodulado pela terceira unidade de comunicação 405 para recuperar os dados. Deve-se entender que qualquer modulação adequada pode ser usada e que a comunicação pode, ainda, usar outras técnicas de comunicação, como codificação para correção de erros etc.

[052]O receptor de potência 105 comprehende, além disso, um gerador de resposta 407, que é acoplado à terceira unidade de comunicação 405 e que é alimentado com os dados recebidos. No exemplo onde o transmissor de potência 101 meramente transmite uma mensagem de consulta predeterminada sem quaisquer dados, o gerador de resposta 407 pode meramente ser alimentado com uma indicação de que a mensagem de consulta foi recebida bem como, por exemplo, uma frequência ou outra propriedade para a mensagem de ida.

[053] O gerador de resposta 407 está disposto de modo a gerar uma mensagem de resposta para a mensagem de ida. No exemplo da mensagem de consulta predeterminada, a mensagem de resposta pode, por exemplo, ser a frequência ou a variação de amplitude do sinal de transferência de potência.

[054] Entretanto, na maioria das modalidades, o gerador de resposta irá gerar dados de resposta em resposta aos dados recebidos. Dessa forma, a propriedade da mensagem de ida que é indicada pela mensagem de resposta consiste em alguns ou todos dentre os dados da mensagem de ida. Em muitas modalidades, o gerador de resposta 407 pode simplesmente gerar os dados de resposta para que sejam iguais aos (ao menos alguns dos) dados recebidos. Por exemplo, se uma identidade e um carimbo de data e hora forem recebidos na mensagem de ida, o gerador de resposta 407 pode simplesmente copiar esses dados para a mensagem de resposta.

[055] Em outras modalidades, o gerador de resposta 407 pode gerar os dados de resposta de acordo com um algoritmo adequado como, por exemplo, uma abordagem para determinar um hash ou uma soma de verificação a partir de alguns ou todos dentre os dados da mensagem de ida.

[056] Em algumas modalidades, o gerador de resposta 407 pode também incluir dados de resposta que refletem características locais. Por exemplo, em alguns cenários o gerador de resposta 407 pode, em resposta a uma mensagem de consulta, gerar uma mensagem de resposta que compreende uma identidade do receptor de potência 105 e/ou um carimbo de data e hora localmente gerado.

[057]O gerador de resposta pode incluir dados gerados pelo controlador de transferência de potência 401. O gerador de resposta 407 pode responder com múltiplas mensagens de resposta em uma mensagem de consulta e, para cada mensagem de resposta, pode incluir novos dados gerados pelo controlador de transferência de potência.

[058]O gerador de resposta 407 é acoplado a uma quarta unidade de comunicação 409 que está disposta de modo a comunicar a mensagem de resposta ao transmissor de potência 101 pelo link de comunicação reversa.

[059]Conforme anteriormente mencionado, o link de comunicação reversa é um link de comunicação que não usa a bobina transmissora 103, a bobina receptora 107 ou, de fato, o sinal de transferência de potência. Ao invés disso, está no sistema da Figura 1 um link de comunicação completamente independente, que não é afetado por variações nas características da transferência de potência e, especificamente, não é afetado pelas variações do sinal de transferência de potência. Além disso, o link de comunicação reversa é suportado por uma abordagem de comunicação que tem um alcance substancialmente maior que o link de comunicação de ida e que, tipicamente, tem um alcance de ao menos duas vezes aquele do link de comunicação de ida.

[060]O link de comunicação reversa pode ser separado do sinal de transferência de potência por propriedades diferentes. Por exemplo, estes podem ser diferenciados no domínio da frequência, tipicamente com o link de comunicação reversa usando uma frequência de comunicação que é muito mais alta que a frequência do sinal de transferência de potência (por exemplo, ao menos 10 ou

mesmo ao menos 100 vezes mais alta). Em algumas modalidades a separação pode, adicional ou alternativamente, ser obtida espacialmente, por exemplo, posicionando-se as antenas relativamente longe das bobinas de transferência de potência. Em ainda outras modalidades a separação pode, alternativa ou adicionalmente, ser obtida mediante a separação no domínio do código, por exemplo mediante o uso de diferentes códigos de espalhamento espectral (ou o link de comunicação reversa pode usar uma comunicação por espalhamento espectral, enquanto o link de comunicação de ida usa uma modulação de amplitude simples).

[061] Em algumas modalidades, o link de comunicação reversa pode ser implementado por uma abordagem de comunicação genérica e potencialmente padronizada, como por uma comunicação em padrão Bluetooth™, WI-Fi ou NFC.

[062] A segunda unidade de comunicação 307 receberá, consequentemente, a mensagem de resposta oriunda da quarta unidade de comunicação 409.

[063] Além disso, o link de comunicação reversa será tipicamente usado para comunicação de outros dados oriundos do receptor de potência 105 ao transmissor de potência 101, como dados de controle e, em particular, dados de controle de potência. Dessa forma, a segunda unidade de comunicação 307 é acoplada ao controlador de potência 303 que é especificamente alimentado com os dados de controle de potência necessários para ajustar dinamicamente o nível de potência do sinal de transferência de potência, conforme requisitado pelo receptor de potência 105. Em muitas modalidades, a mensagem de resposta pode ser uma mensagem compartilhada como, por exemplo, uma combinação de controle de potência e mensagem de resposta.

[064]O transmissor de potência 101 inclui, adicionalmente, um processador de resposta 309 que é acoplado à primeira unidade de comunicação 305. O processador de resposta 309 está disposto de modo a determinar uma mensagem de resposta esperada para a mensagem de ida. O mesmo determina, adicionalmente, uma propriedade esperada, isto é, determina uma expectativa da indicação de uma propriedade na mensagem de resposta.

[065]No exemplo onde são usadas mensagens de ida predeterminadas sem quaisquer dados variáveis, a mensagem de resposta esperada pode incluir uma indicação de uma propriedade do sinal de transferência de potência para essa mensagem de resposta predeterminada. Nesse tipo de caso, o processador de resposta 309 pode determinar o valor que espera ver informado de volta na mensagem de resposta. Por exemplo, se a mensagem de ida é transmitida mediante a alteração da frequência do sinal de transferência de potência, e a mensagem de resposta fornece uma indicação da frequência do sinal de transferência de potência, o processador de resposta 309 pode determinar o valor esperado da frequência informado na mensagem de resposta.

[066]Entretanto, na maioria das modalidades a mensagem de ida e/ou de resposta compreenderá dados variáveis. De fato, na maioria das modalidades o processador de resposta 309 é acoplado à primeira unidade de comunicação 305, e recebe daí os primeiros dados que estão incluídos na mensagem de ida. O mesmo então prossegue para determinar quais dados deveriam ser esperados na resposta oriunda do receptor de potência 105.

[067]Em muitas modalidades onde o receptor de potência 105 meramente copia os dados recebidos para a

mensagem de resposta, os dados de resposta esperados podem ser idênticos aos dados transmitidos. Em outras modalidades, os dados de resposta esperados podem, por exemplo, ser gerados de acordo com um algoritmo adequado. Por exemplo, o receptor de potência 105 pode precisar aplicar uma operação de hash aos dados recebidos, e incluir o hash resultante na mensagem de resposta. O processador de resposta 309 pode, nesses exemplos, efetuar a mesma operação de hash para gerar os dados de resposta esperados como o gerador de resposta 407.

[068] Em ainda outras modalidades, os dados de resposta esperados podem incluir dados que refletem dados locais que são gerados pelo receptor de potência 105, sem usar dados oriundos da mensagem de ida recebida. Por exemplo, a mensagem de resposta pode estar disposta de modo a incluir a identidade do receptor de potência 105 e, possivelmente, um carimbo de data e hora gerado localmente. O processador de resposta 309 pode gerar os dados de resposta esperados para incluir valores esperados desses dados. Por exemplo, a identidade do receptor de potência 105 pode ser trocada durante a inicialização da transferência de potência, e o processador de resposta 309 pode, consequentemente, usar essas informações para determinar a resposta esperada. De modo similar, uma sincronização de tempo entre o receptor de potência 105 e o transmissor de potência 101 pode ter sido realizada na inicialização da transferência de potência e, com base nessa sincronização e em um temporizador local, o processador de resposta 309 pode ser disposto de modo a calcular um carimbo de data e hora esperado para a mensagem de resposta.

[069] Deve-se entender que os dados de resposta esperados podem ser definidos como, por exemplo, valores de dados, ou como faixas ou intervalos (ou diferentes opções) de dados possíveis. Por exemplo, o processador de resposta 309 pode gerar um intervalo de carimbo de data e hora, e espera-se que o carimbo de data e hora oriundo do receptor de potência 105 se enquadre no intervalo.

[070] O processador de resposta 309 e a segunda unidade de comunicação 307 estão acoplados a um verificador de validade 311, que está adicionalmente acoplado ao controlador de potência 303. O verificador de validade (311) está disposto de modo a gerar uma indicação de confirmação, a qual indica se uma mensagem foi recebida no segundo link de comunicação correspondente à mensagem de resposta esperada.

[071] Especificamente, são fornecidas ao verificador de validade 311 informações de que uma mensagem foi recebida pela segunda unidade de comunicação 307. O transmissor de potência 101 tipicamente presumirá que as mensagens e os dados recebidos pela segunda unidade de comunicação 307 foram de fato recebidos a partir do link de comunicação reversa com o receptor de potência 105, isto é, presume-se que as mensagens recebidas sejam oriundas do receptor de potência 105. Entretanto, isso não pode ser garantido para todos os cenários e, portanto, o transmissor de potência 101 prossegue para avaliar se a mensagem (e, potencialmente, dados) recebida (desconhecida) corresponde àquela que se espera receber do receptor de potência 105. Se a mensagem recebida pela segunda unidade de comunicação 307 for, de fato, oriunda do receptor de potência 105, ela será a mensagem de resposta esperada. Especificamente, os dados

da mensagem recebida deveriam ser oriundos da quarta unidade de comunicação 409 e, consequentemente, deveriam coincidir com os dados de resposta esperados.

[072]Consequentemente, o verificador de validade 311 prossegue para comparar os dados/mensagem recebidos com os dados/mensagem de resposta esperados. Se estes coincidirem, a indicação de confirmação pode ser ajustada para indicar que a abordagem confirmou que o receptor de potência a partir do qual a segunda unidade de comunicação 307 recebe dados é, de fato, aquele envolvido na transferência de potência, ou seja, é o receptor de potência 105. Isso é chamado de indicação de confirmação positiva. Se estes não coincidirem, a indicação de confirmação pode ser ajustada para indicar que a abordagem identificou que o receptor de potência a partir do qual a segunda unidade de comunicação 307 recebe dados não é aquele envolvido na transferência de potência, ou seja, não é o receptor de potência 105. Isso é chamado de indicação de confirmação negativa. Se nenhuma mensagem for recebida dentro de um dado intervalo, também é gerada uma indicação de confirmação negativa.

[073]Como exemplo específico, a indicação de confirmação pode ser ajustada para um estado negativo ou um estado positivo, dependendo dos dados/mensagem de resposta recebidos coincidirem ou não com os dados/mensagem de resposta esperados.

[074]A indicação de confirmação é alimentada ao controlador de potência 303, que prossegue para controlar o nível de potência do sinal de transferência de potência, em resposta à indicação de confirmação em resposta ao mesmo. Em

particular, o controlador de potência 303 pode estar disposto de modo a reduzir a potência se a indicação de confirmação indicar que não há coincidência, isto é, se for gerada uma indicação de confirmação negativa.

[075] Por exemplo, se for gerada uma indicação de confirmação positiva para indicar que o link de comunicação está verificado, o controlador de potência 303 pode prosseguir para executar uma operação normal de transferência de potência, usando os dados recebidos pelo link de comunicação (já que este está confirmado ser oriundo do receptor de potência 105 que está recebendo a transferência de potência). Entretanto, se for gerada uma indicação de confirmação negativa que indica que o link de comunicação não está verificado, o controlador de potência 303 não pode prosseguir para executar uma operação normal de transferência de potência que usa os dados recebidos pelo link de comunicação (já que este não está confirmado ser oriundo do receptor de potência 105 que está recebendo a transferência de potência). Em vez disso, o mesmo pode prosseguir para restringir a potência do sinal de transferência de potência, de modo que não exceda um limiar. O limiar pode, por exemplo, ser selecionado de modo que seja improvável que o sinal de transferência de potência introduza qualquer dano ou situação indesejada devido a um campo magnético excessivo. Especificamente, o nível de potência pode ficar restrito a níveis seguros. De fato, em algumas modalidades a potência pode ser reduzida a zero, por exemplo mediante a interrupção, pelo controlador de potência 303, da transferência de potência.

[076] O sistema pode, consequentemente, estabelecer uma relação ou associação entre os dados comunicados no link

de comunicação de ida e os dados comunicados no link de comunicação reversa. Isso permite que o transmissor de potência 101 verifique se o link de comunicação reversa está estabelecido com o mesmo receptor de potência que o link de comunicação de ida e, dessa forma, que os dados recebidos pela segunda unidade de comunicação 307 são, de fato, oriundos do receptor de potência 105 envolvido na transferência de potência.

[077]A abordagem pode proporcionar maior confiabilidade e pode, em particular, evitar ou reduzir o risco de ocorrência de várias situações operacionais indesejadas. Especificamente, pode reduzir o risco de uma transferência de potência ser controlada por um receptor de potência que não faz parte daquela transferência de potência específica, mas que pode fazer parte de outra transferência de potência.

[078]A abordagem proporciona, dessa forma, um sistema eficiente de transferência de potência, em que é usada uma comunicação assimétrica e, especificamente, em que uma abordagem de comunicação com alcance relativamente longo pode ser usada para comunicação do receptor de potência 105 ao transmissor de potência 101, ao mesmo tempo em que se proporciona segurança e confiabilidade resultantes de ter a comunicação restrita a um alcance muito curto. De fato, a comunicação de ida está restrita a um alcance que corresponde ao alcance de transferência de potência, e a abordagem liga as comunicações de ida e reversa de tal modo que o alcance para mensagens reversas seja efetivamente restrito ao mesmo alcance, apesar de as mensagens reversas

serem comunicadas com o uso de uma abordagem de comunicação que tem um alcance substancialmente maior.

[079] A abordagem liga, especificamente, o link de comunicação de ida e reversa, mediante a introdução de uma ligação ou associação entre ao menos uma mensagem de ida e uma mensagem reversa. A mensagem de resposta não é meramente qualquer mensagem reversa possível, mas é aquela que indica uma propriedade da primeira mensagem e, dessa forma, só pode ser transmitida por uma potência que pode receber com sucesso a primeira mensagem. O verificador de validade 311 detecta, consequentemente, se a mensagem de resposta é oriunda de um receptor de potência que de fato recebeu a primeira mensagem e, dessa forma, se é uma mensagem recebida de um receptor de potência que está suficientemente próximo do transmissor de potência 101 para receber a primeira mensagem.

[080] A abordagem especificamente assegura que as mensagens transmitidas por um receptor de potência que é alimentado por um transmissor de potência nas proximidades não serão consideradas válidas pelo transmissor de potência 101. Por exemplo, um transmissor de potência nas proximidades pode transmitir um sinal de potência como, por exemplo, um sinal de ping ou um sinal de potência contínuo, o qual pode alimentar um receptor de potência que esteja posicionado sobre esse transmissor de potência nas proximidades. Esse receptor de potência transmitirá, consequentemente, as mensagens. Por exemplo, a presença de um sinal de potência de ping pode resultar na transmissão, pelo receptor de potência, de uma mensagem reversa. Devido ao alcance estendido da comunicação reversa, essa mensagem reversa pode ser recebida pelo transmissor de potência 101. Entretanto, a mensagem reversa

não é gerada por um receptor de potência que é servido pelo transmissor de potência 101, mas sim por um servido pelo transmissor de potência nas proximidades. Consequentemente, esse receptor de potência não pode receber qualquer mensagem de ida oriunda do transmissor de potência 101 e, portanto, não determina (e não pode determinar) qualquer propriedade de qualquer mensagem oriunda do transmissor de potência 101 e, além disso, não pode incluir dados gerados a partir de dados de uma mensagem oriunda do transmissor de potência 101. Consequentemente, mesmo que o transmissor de potência 101 tenha transmitido uma primeira mensagem para a qual a mensagem reversa recebida poderia, possivelmente, ser uma mensagem de resposta, o transmissor de potência 101 pode determinar facilmente que a mensagem reversa recebida não é uma mensagem de resposta apropriada para o transmissor de potência 101 que irá, portanto, ignorar essa mensagem. Dessa forma, mesmo que o receptor de potência esteja dentro do alcance de comunicação do link de comunicação reversa, o fato de que está fora do alcance de comunicação do link de comunicação de ida impede que a mensagem recebida seja considerada ser uma mensagem para o transmissor de potência 101.

[081] Como um exemplo específico, se dois transmissores de potência relativamente próximos estiverem transmitindo sinais de ping ao mesmo tempo, cada um deles pode, de acordo com a abordagem descrita, modular os sinais de ping para incluir dados de identidade do transmissor de potência. Um receptor de potência posicionado em um dos transmissores de potência pode, então, transmitir uma mensagem reversa que inclui um hash da identidade do transmissor de potência do sinal de ping que ele recebe (ou

a identidade propriamente dita). Consequentemente, mesmo que a mensagem reversa que é transmitida a partir do receptor de potência possa ser recebida por ambos os transmissores de potência, ainda será considerada apenas pelo transmissor de potência que tem uma identidade correspondente, isto é, só será considerada pelo transmissor de potência sobre o qual o receptor de potência estiver posicionado. Deve-se entender que os diferentes dados podem ser transmitidos na mensagem de ida e/ou na mensagem de resposta, em diferentes modalidades e cenários.

[082] Por exemplo, em algumas modalidades a mensagem de ida pode incluir uma identificação do transmissor de potência 101. Isso pode permitir que o receptor de potência 105 verifique se a mensagem foi, de fato, recebida do transmissor de potência 101 correto. Além disso, isso pode permitir que o receptor de potência 105 detecte se o receptor de potência 105 for movido para um outro transmissor de potência.

[083] Em outras modalidades, a mensagem de ida pode, alternativa ou adicionalmente, incluir uma identidade da bobina transmissora 103 específica. Isso pode ser particularmente vantajoso, se o transmissor de potência 101 compreender uma pluralidade de bobinas transmissoras e, em particular, se o mesmo permitir transferência simultânea de potência para uma pluralidade de receptores de potência acoplados a diferentes bobinas. Os dados podem, por exemplo, ser usados pelo receptor de potência 105 para detectar se o mesmo deixou de ser suportado por uma bobina transmissora para ser suportado por outra.

[084] Em algumas modalidades, o receptor de potência 105 pode gerar dados de resposta que correspondem diretamente aos dados recebidos na mensagem de ida. Por exemplo, o receptor de potência 105 pode gerar dados de resposta mediante a cópia dos dados da mensagem de ida para a mensagem de resposta. A mensagem de resposta oriunda do receptor de potência 105 pode especificamente compreender uma identidade do transmissor de potência 101, ou de uma bobina transmissora específica do transmissor de potência 101.

[085] O transmissor de potência 101 pode, nesses cenários, gerar os dados de resposta esperados como os mesmos dados transmitidos na mensagem de ida, isto é, como a identidade do transmissor e/ou da bobina transmissora. Se a mensagem recebida pela segunda unidade de comunicação 307 compreende dados correspondentes aos dados transmitidos, a indicação de confirmação é ajustada para indicar que o link de comunicação reversa foi confirmado/verificado. A abordagem pode permitir que seja detectado um grande número de configurações operacionais indesejáveis (como aquelas descritas acima).

[086] Em muitas modalidades, pode ser desejável incluir uma consideração dos aspectos temporais na verificação do link de comunicação reversa. Especificamente, em muitas modalidades pode ser vantajoso exigir não só que o transmissor de potência 101 receba uma resposta esperada à mensagem de ida, mas também que esta seja recebida dentro de uma dada janela de tempo. Especificamente, pode ser vantajoso que uma mensagem de resposta adequada seja recebida dentro de um dado atraso máximo permitível.

[087] Dessa forma, em algumas modalidades o verificador de validade 311 pode estar disposto de modo a determinar um atraso da transmissão da mensagem de ida ao recebimento da mensagem recebida. A indicação de confirmação pode, então, ser ajustada com base no atraso.

[088] Deve-se entender que um valor específico do atraso medido não precisa ser determinado em muitas modalidades. De fato, em algumas modalidades pode ser simplesmente determinado se o atraso excede ou não um dado limiar, e a indicação de confirmação pode ser ajustada para indicar isso.

[089] Por exemplo, o transmissor de potência 101 pode transmitir uma mensagem de ida predeterminada ao receptor de potência 105, e pode então inicializar a segunda unidade de comunicação 107 para monitorar o link de comunicação reversa. Ao mesmo tempo, o verificador de validade 311 pode iniciar um temporizador. Se a segunda unidade de comunicação 307 detectar que uma resposta (por exemplo, predeterminada) que coincide com uma resposta esperada oriunda do receptor de potência 105 foi recebida antes que o temporizador atinja um dado valor, a indicação de confirmação é ajustado para indicar que o link de comunicação reversa foi verificado e que foi confirmado que a segunda unidade de comunicação 307 está se comunicando com o receptor de potência 105, também envolvido na transferência de potência, ou seja, é gerada uma indicação de confirmação positiva. O controlador de potência 303 prossegue, então, para operar a transferência de potência com base nos dados de controle recebidos através do link de comunicação reversa. Entretanto, se nenhuma resposta (ou se

uma resposta inválida) for recebida antes que o temporizador atinja um dado valor, o verificador de validade 311 ajusta a indicação de confirmação para indicar que o link de comunicação reversa não foi verificado e que não está confirmado que a segunda unidade de comunicação 307 se comunica com o receptor de potência 105 envolvido na transferência de potência, ou seja, é gerada uma indicação de confirmação negativa. Em resposta, o controlador de potência 303 prossegue para restringir o nível de potência do sinal de transferência de potência a um valor relativamente baixo (digamos, menor que 5 W). De fato, em algumas modalidades este pode simplesmente interromper a transferência de potência (ajustando assim para zero a potência do sinal de transferência de potência).

[090] Deve-se entender que o transmissor de potência 101 pode determinar a temporização da mensagem de resposta de diferentes maneiras em diferentes modalidades.

[091] Por exemplo, em algumas modalidades, a mensagem de ida pode compreender uma indicação de um tempo de transmissão para a primeira mensagem. Isso pode, por exemplo, ser usado pelo receptor de potência 105 para sincronizar uma base de tempo local. Quando o receptor de potência 105 transmite a mensagem de resposta, pode incluir o tempo atual, de acordo com sua base de tempo (a qual pode, então, ser sincronizada com a base de tempo do transmissor de potência 101). O transmissor de potência 101 pode, então, determinar o atraso com base no conhecimento do tempo original de transmissão e da indicação do tempo de transmissão da mensagem de resposta.

[092] Como outro exemplo, a indicação do tempo de transmissão pode ser simplesmente copiada para a mensagem de resposta. O transmissor de potência 101 pode, então, determinar o atraso, subtraindo-se o tempo de recebimento da mensagem de resposta do tempo de transmissão indicado na mensagem de ida.

[093] Como ainda outro exemplo, a indicação do tempo de transmissão da mensagem de ida pode ser simplesmente uma identidade da mensagem ou um número sequencial. Além disso, quando transmitindo a mensagem de ida, o transmissor de potência 101 pode armazenar localmente o tempo da transmissão. O transmissor de potência 101 pode copiar a identidade da mensagem ou o número sequencial para a mensagem de resposta e, quando isso for recebido pelo transmissor de potência 101, este pode prosseguir para recuperar o tempo de transmissão armazenado, correspondente a essa identidade da mensagem ou número sequencial. O atraso pode, então, ser determinado a partir do tempo atual e do tempo de transmissão recuperado.

[094] Uma vantagem dessas abordagens reside em que as bases de tempo do transmissor de potência 101 e do receptor de potência 105 não precisam estar sincronizadas.

[095] Em algumas modalidades, a mensagem de resposta pode ser uma mensagem que é especificamente gerada quando é gerada a mensagem de ida. Dessa forma, em algumas modalidades a mensagem de ida faz com que seja gerada a mensagem de resposta. Entretanto, em outras modalidades a mensagem de resposta pode ser uma mensagem que é gerada de qualquer modo, mas que é modificada para refletir o recebimento da mensagem de ida. Deve-se entender, também, que uma mensagem de ida pode resultar na geração de uma pluralidade de mensagens de

resposta. Por exemplo, os dados de uma mensagem de ida podem ser incluídos em uma pluralidade de mensagens transmitidas de volta ao transmissor de potência 101, por meio do link de comunicação reversa. Cada uma dessas mensagens pode ser considerada uma mensagem de resposta.

[096]Por exemplo, o receptor de potência 105 pode transmitir continuamente mensagens de controle de potência de volta ao transmissor de potência 101, de modo a implementar um circuito de controle de potência. Por exemplo, durante a fase de transferência de potência, pode ser necessário que uma mensagem de controle de potência seja transmitida ao menos a cada 200 ms. Nesse tipo de cenário, pode ser necessário que cada mensagem de controle de potência compreenda dados oriundos da mensagem de ida como, por exemplo, uma identidade do transmissor e/ou uma identidade da mensagem. Caso seja detectado que qualquer das mensagens de controle de potência não inclui a correta identidade de transmissor ou identidade de mensagem, o transmissor de potência 101 pode abandonar a transferência de potência e restringir o nível de potência. Dessa forma, nesse tipo de modalidade, cada mensagem de controle de potência pode ser considerada uma mensagem de resposta.

[097]A inclusão de uma indicação de uma propriedade da primeira mensagem na mensagem de resposta, e a verificação da mesma pelo transmissor de potência 101 pode, consequentemente, permitir uma sensibilidade de temporização mais simples e, de fato, em muitas modalidades, pode-se remover quaisquer requisitos para que a mensagem de resposta tenha qualquer relação de temporização ou sequência com a primeira mensagem.

[098] Por exemplo, o transmissor de potência 101 pode transmitir uma mensagem de link de ida que compreenda a identidade do transmissor de potência. Isso só pode ser recebido pelo receptor de potência 105 alimentado pelo transmissor de potência 101. Para todas as mensagens de link reversas, o transmissor de potência 101 pode verificar se elas incluem um hash da identidade do transmissor de potência e, caso contrário, ignorá-las. Como o hash só pode ser fornecido pelo receptor de potência 105 alimentado pelo transmissor de potência 101, todas as mensagens recebidas de outros receptores de potência que possam estar dentro do alcance de comunicação do link reverso serão automaticamente ignoradas pelo transmissor de potência 101. Esse tipo de efeito não seria exequível se, por exemplo, qualquer mensagem recebida dentro de um dado intervalo de tempo em seguida à transmissão da primeira mensagem devesse ser considerada vir de um receptor de potência suportado.

[099] Em algumas modalidades, a verificação do link só pode ser feita, por exemplo, na inicialização de uma transferência de potência e, em particular, uma mensagem de ida só pode ser comunicada uma vez. Entretanto, em muitas modalidades, será vantajoso repetir o processo, por exemplo, em intervalos de tempo regulares.

[0100] Dessa forma, em muitas modalidades, o transmissor de potência está disposto de modo a transmitir repetidamente mensagens de ida, e pode estar adicionalmente disposto de modo a gerar repetidamente indicações de confirmação que indicam se mensagens de resposta adequadas são recebidas do link de comunicação reversa para essas mensagens de ida. O transmissor de potência 101 pode,

adicionalmente, controlar repetidamente a potência com base na repetida indicação de confirmação, e pode especificamente restringir a potência ou interromper a transferência de potência se forem recebidas indicações de confirmação não positivas.

[0101] Por exemplo, o transmissor de potência 101 pode, a intervalos regulares, transmitir uma mensagem de ida ao receptor de potência 103 no link de comunicação de ida (ou pode, por exemplo, transmitir continuamente as mensagens de ida (isto é, de maneira consecutiva, essencialmente sem pausa entre mensagens), especialmente quando o link de comunicação de ida é muito lento e, portanto, exige um tempo considerável para transmitir cada mensagem). Para cada mensagem de ida transmitida, este pode então determinar se uma mensagem de resposta adequada foi recebida dentro de um dado intervalo de tempo. Em caso positivo, o transmissor de potência 101 prossegue para realizar a transferência de potência com base nos dados de controle recebidos através do link de comunicação reversa. Entretanto, se não for recebida qualquer mensagem de resposta adequada, o transmissor de potência 101 prossegue para restringir a potência do sinal de transferência de potência para abaixo de um dado limiar. O transmissor de potência 101 pode, neste cenário, prosseguir para transmitir as mensagens de ida e, se começar a receber respostas adequadas, pode prosseguir para retornar à operação de potência normal. Deve-se entender que diferentes critérios podem ser aplicados para decidir quanto a restringir ou não a potência, com base nas sequências de indicações de confirmação positivas e negativas. Por exemplo, a

transferência de potência pode ser interrompida se for recebida uma indicação de confirmação negativa, sendo retomada apenas depois de, digamos, cinco indicações de confirmação positiva consecutivas.

[0102] Como exemplo, em algumas modalidades, cada uma das mensagens de ida pode compreender uma indicação de um tempo de transmissão para a mensagem. O gerador de resposta 407 pode, em resposta a cada mensagem de ida, gerar uma ou mais mensagens de resposta, as quais incluem indicação do tempo de transmissão para a mensagem. O verificador de validade 311 pode gerar indicações de confirmação para mensagens recebidas através do link de comunicação reversa, em resposta a uma comparação entre a indicação do tempo de transmissão de cada mensagem recebida e uma indicação de tempo esperado para a mensagem recebida. Se as mensagens recebidas não corresponderem às mensagens de resposta esperadas do transmissor de potência 101, ou se não forem recebidas dentro de um dado intervalo de tempo, é gerada uma indicação de confirmação negativa. Caso contrário, é gerada uma indicação de confirmação positiva.

[0103] O uso de sequências repetidas de mensagens de ida e mensagens de resposta permite que o sistema verifique, contínua e dinamicamente, se o link de comunicação reversa está, de fato, com o receptor de potência 105 desejado. Em particular, isso permite que o sistema detecte e siga alterações nas configurações de carregamento, e quando estas ocorrem. Por exemplo, se um dispositivo que comprehende um receptor de potência 105 for movido de uma bobina transmissora para outra (por exemplo, para abrir espaço para um segundo dispositivo receber

potência), a abordagem pode detectar, dinamicamente, esse movimento.

[0104] Em muitas modalidades, pode ser vantajoso ter mensagens de ida a serem transmitidas com relativa frequência e, tipicamente, com um intervalo de tempo de não mais que 500 ms ou, de fato, não mais que 200 ms em muitas modalidades. Ao mesmo tempo, em muitos cenários, pode ser vantajoso que o intervalo não seja demasiadamente curto, de modo a não aumentar demais a carga da comunicação. De fato, em muitas modalidades, é vantajoso que o intervalo de tempo entre mensagens de ida seja de não menos que 10 ms. Essas temporizações podem permitir um comportamento dinâmico particularmente adequado para operações de transferência de potência e, em particular, podem permitir a detecção suficientemente rápida de alterações na configuração de carregamento, sem aumentar de modo inaceitável os exageros de comunicação.

[0105] Em muitas modalidades, a decisão de quando transmitir uma nova mensagem de ida pode ser tomada pelo transmissor de potência 101.

[0106] Por exemplo, em muitas modalidades o transmissor de potência 101 pode iniciar um temporizador sempre que uma nova mensagem de ida for recebida ou, por exemplo, quando uma indicação de confirmação positiva for gerada em resposta ao recebimento de uma mensagem de resposta adequada. Quando o tempo atinge um dado valor (digamos, correspondente a 200 ms), o transmissor de potência 101 pode gerar e transmitir uma nova mensagem de ida. Dessa forma, em tal modalidade, as verificações do link de comunicação reversa podem ser repetidas a intervalos regulares.

[0107] Alternativa ou adicionalmente, uma nova mensagem de ida pode ser transmitida em resposta a uma detecção da ocorrência de um dado evento.

[0108] Por exemplo, o transmissor de potência 101 pode compreender um detector de movimento que está disposto de modo a detectar um movimento ou do transmissor de potência 101, ou do receptor de potência 105 (ou ambos). Sempre que um movimento for detectado, o transmissor de potência 101 pode gerar e transmitir uma nova mensagem de ida. Isso pode ser particularmente atraente, já que configurações de carregamento indesejáveis podem ocorrer frequentemente como consequência de um movimento do transmissor de potência 101 e do receptor de potência 105, um em relação ao outro.

[0109] A detecção de movimento pode ser disposta de modo a detectar movimentos direta ou indiretamente. Por exemplo, um detector de movimento pode ser implementado no dispositivo que compreende o transmissor de potência 101 e, dessa forma, sempre que este for fisicamente movido, será diretamente detectado. Como outro exemplo, um detector de proximidade pode ser implementado no transmissor de potência 101, que está disposto de modo a detectar objetos, inclusive receptores de potência que são posicionados sobre a matriz de carregamento do transmissor de potência 101. Se uma alteração nessa medida de proximidade for detectada, o transmissor de potência 101 pode prosseguir para gerar e transmitir uma nova mensagem de ida.

[0110] Em muitas modalidades, a detecção de um movimento é mais indireta e pode ser feita, especificamente,

mediante uma detecção de uma alteração nas características operacionais da transferência de potência.

[0111] Por exemplo, uma alteração na carga da bobina transmissora 103 for detectada, ela pode ocorrer devido a um movimento do receptor de potência 105 e, consequentemente, o transmissor de potência 101 pode prosseguir para gerar e transmitir uma nova mensagem de ida. A alteração na carga de potência pode ser medida diretamente, por exemplo mediante a detecção de um aumento (ou uma diminuição) na corrente da bobina. Em algumas modalidades, pode ser detectada indiretamente, por exemplo mediante a detecção de uma alteração significativa na potência requisitada pelo receptor de potência 105.

[0112] Em muitas modalidades, pode ser desejável que o controle da iniciação de verificação seja ao menos parcialmente controlado pelo receptor de potência 105. Especificamente, o receptor de potência 105 pode estar disposto de modo a transmitir uma solicitação de mensagem ao transmissor de potência 101 e, em resposta, o transmissor de potência 101 pode iniciar um novo processo de verificação mediante a transmissão de uma nova mensagem de ida. Esse tipo de abordagem pode, por exemplo, permitir um funcionamento mais confiável, já que alguns eventos poderão ser mais fáceis de detectar pelo receptor de potência 105 que pelo transmissor de potência 101. Por exemplo, o movimento do receptor de potência 105 pode ser mais fácil de detectar pelo próprio receptor de potência 105 (por exemplo, por meio de um detector de movimento compreendido no receptor de potência 105). Tipicamente, as configurações de transferência de potência indesejáveis ocorrem como uma função do receptor de potência

105 de ter sido movido, de modo que isto possa evitar ou mitigar o risco desses tipos de cenários não serem detectados.

[0113] Além disso, padrões como o padrão Qi empregam um princípio do projeto, no qual o controle da operação de transferência de potência está focalizado no receptor de potência 105 e, consequentemente, a abordagem pode permitir que esses princípios do projeto sejam seguidos e possam permitir maior compatibilidade.

[0114] Em muitas modalidades, a solicitação de mensagem pode ser recebida pelo link de comunicação reversa. Entretanto, em algumas modalidades ou cenários, pode ser alternativa ou adicionalmente recebida através de um outro link de comunicação como, por exemplo, uma modulação de carga do sinal de transferência de potência.

[0115] Deve-se entender que as considerações de quando iniciar um novo processo de verificação descrito para o transmissor de potência 101 podem se aplicar, mutatis mutandis, ao receptor de potência 105. Especificamente, o receptor de potência 105 pode transmitir a solicitação de mensagem em resposta a uma expiração de um intervalo de tempo ou uma detecção de um movimento do receptor de potência 105 e/ou do transmissor de potência 101.

[0116] De modo similar, o receptor de potência 105 pode transmitir a solicitação de mensagem em resposta a uma detecção de uma alteração nas características operacionais da transferência de potência. Especificamente, uma nova solicitação de mensagem pode ser transmitida, caso o receptor de potência 105 detecte uma alteração no nível de potência do sinal de transferência de potência. Esse tipo de alteração poderia ocorrer como uma função do receptor de

potência 105 de ter sido movido em relação à bobina transmissora 103 e, consequentemente, o receptor de potência 105 pode iniciar um novo processo de verificação, para assegurar que o link de comunicação reversa ainda é válido.

[0117] Em algumas modalidades, as uma ou mais mensagens de resposta fornecidas pelo receptor de potência 105 ao transmissor de potência 101 através do link de comunicação reversa podem compreender informações adicionais. Essas informações adicionais podem, em muitas modalidades, também ser usadas na determinação quanto a restringir o nível de potência ou a prosseguir com a operação normal.

[0118] Especificamente, em muitas modalidades a mensagem de resposta pode compreender uma indicação de um nível de potência recebida para o sinal de transferência de potência. Esse nível de potência recebida pode ser usado para determinar se o controlador de potência 303 deveria restringir a potência para que fique abaixo de um dado limite. Em particular, se o nível de potência recebida estiver abaixo de um dado limiar, o controlador de potência 303 pode restringir o nível de potência no sinal de transferência de potência e, caso contrário, pode prosseguir para operar um controle de potência normal, sendo que o receptor de potência 105 controla o nível de potência do sinal de transferência de potência.

[0119] O limiar é, tipicamente, dependente do nível de potência atual do sinal de transferência de potência e, especificamente, a potência pode ser restringida, caso a razão entre o nível de potência de transmissão do sinal de transferência de potência e o nível de potência de recepção do sinal de transferência de potência esteja abaixo de um dado valor.

[0120] O nível de potência recebida oferece uma forte indicação do acoplamento entre a bobina transmissora 103 e a bobina receptora 107. Dessa forma, se o nível de potência recebida estiver abaixo de um dado valor, é provável que isso se deva ao fato do acoplamento estar muito baixo. Isso pode se dever a um posicionamento inadequado da bobina receptora 107, e é provável que resulte em um forte campo magnético não contido. Consequentemente, pode ser desejável restringir o nível de potência de transmissão e, dessa forma, a magnitude do campo magnético nesse tipo de cenário.

[0121] A seguir, a abordagem será descrita com mais detalhes com referência a considerações e implementações específicas de um sistema de transferência de potência como, por exemplo, o sistema da Figura 1.

[0122] A abordagem tem por base o estabelecimento de uma relação ou associação entre um canal de transferência de potência (o link de comunicação de ida) e um canal de comunicação completamente separado (o link de comunicação reversa), de modo a assegurar que o transmissor de potência só seja controlado por meio do canal de comunicação pelo receptor de potência ao qual é fornecida a potência. A abordagem usa um link de comunicação de ida e um link de comunicação reversa que tem diferentes alcances de comunicação mas, ainda assim, obtém uma restrição do alcance efetivo do link de comunicação reversa para aquele do link de comunicação de ida.

[0123] A relação pode ser estabelecida, por exemplo, pelo receptor de potência incluir um identificador do transmissor de potência nas mensagens de comunicação através do canal de comunicação / link de comunicação reversa.

[0124] O identificador pode ter sido comunicado do transmissor de potência ao receptor de potência. O identificador pode, tipicamente, ser exclusivo para a bobina transmissora. Além disso, os dados fornecidos pelo transmissor de potência e retornados pelo receptor de potência podem incluir alguns dados dependentes de tempo. Por exemplo, os dados podem incluir:

[0125] - o identificador dado como um código de fabricação + código serial

[0126] - um valor do contador, ou um carimbo de data e hora.

[0127] A verificação e a relação podem ser atualizadas ou renovadas, por exemplo quando ocorre um evento que justifique tal renovação, por exemplo, em caso de alteração inesperada de potência recebida, ou quando o tempo decorrido desde a última verificação atingiu um limiar.

[0128] O sistema pode, por exemplo, usar a abordagem a seguir para a transferência de potência.

[0129] Primeiro, é verificado pelo transmissor de potência 101 se um receptor de potência está situado de modo que a transferência de potência seja segura. Especificamente, o receptor de potência pode comunicar sinais medidos que ajudam o transmissor de potência a decidir se a transferência de potência é segura. Por exemplo, o transmissor de potência pode usar a intensidade do sinal de potência recebida como um critério para decidir se a transferência de potência é segura, e/ou pode usar outras abordagens, como a medição de um campo disperso. Isso verifica se o aparelho está bem posicionado sobre o transmissor de potência.

[0130] Uma relação entre o canal de transferência de potência (o link de comunicação de ida) e o canal de comunicação (o link de comunicação reversa) é então estabelecido para assegurar que o transmissor de potência seja controlado pelo receptor de potência ao qual fornece potência.

[0131] A verificação da relação entre o canal de potência e o canal de comunicação pode ser parcialmente baseada em considerações temporais. Especificamente, pode ser necessário que o receptor de potência responda a uma mensagem de ida dentro de um dado tempo.

[0132] Isso pode resolver o problema no qual, por exemplo, um aparelho que compreende o receptor de potência é movido. Na maioria dos casos, algum tempo vai passar entre um aparelho ser movido e outro ser posicionado no mesmo local. Como consequência, a ausência de um aparelho será detectada quando o receptor de potência não fornecer mensagem de resposta. Entretanto, se um segundo aparelho substituir o primeiro aparelho, sem interrupção (isto é, não existir um período em que nenhum aparelho está posicionado sobre o transmissor de potência) e o primeiro aparelho for movido para um segundo transmissor de potência, o primeiro transmissor de potência continuará a fornecer potência, mas agora será para o segundo aparelho. Entretanto, o primeiro aparelho pode ainda controlar o primeiro transmissor de potência.

[0133] Para evitar, por exemplo, esse tipo de cenários, a verificação da relação entre o canal de potência e o canal de comunicação tem por base o receptor de potência fornecer uma mensagem de resposta que indique uma propriedade de uma mensagem recebida do transmissor de potência. Especificamente, a abordagem pode considerar,

adicionalmente, dados de identificação para o transmissor de potência ou a bobina transmissora. Pode ser necessário que o receptor de potência inclua um identificador da bobina transmissora ou do transmissor de potência, fornecido pelo transmissor de potência na mensagem de resposta.

[0134] Isto resolverá o problema acima, se o primeiro aparelho receber um identificador diferente do segundo transmissor de potência por meio da segunda bobina transmissora, e se incluir o novo identificador nas mensagens de resposta. Esse novo identificador não será válido para o primeiro transmissor de potência ou para a primeira bobina transmissora, e o primeiro transmissor de potência detectará, portanto, o movimento e a mudança de cenário.

[0135] Entretanto, se o receptor de potência continuar a incluir o identificador do primeiro transmissor ou bobina transmissora, por exemplo, porque não recebeu um novo identificador, ou devido a um erro interno, o primeiro aparelho pode ainda controlar o primeiro transmissor de potência, ou o transmissor de potência, por meio da primeira bobina transmissora.

[0136] A verificação da relação entre o canal de potência e o canal de comunicação pode, portanto, adicionalmente considerar dados de identificação para as mensagens enviadas pelo transmissor de potência. Além disso, pode ser necessário que o receptor de potência inclua na mensagem de resposta um identificador de mensagem fornecido pelo transmissor de potência. Isto adicionalmente resolverá este problema, pois o primeiro aparelho já não receberá identificadores de mensagem do primeiro transmissor de potência, ou através da primeira bobina transmissora.

Portanto, o primeiro aparelho não pode incluir esses novos identificadores de mensagem nas mensagens de resposta e, consequentemente, enviará mensagens inválidas ao primeiro transmissor de potência, ou ao transmissor de potência por meio da primeira bobina transmissora.

[0137] A verificação pode, de preferência, considerar tanto a identidade como a temporização, sendo que a temporização é continuamente atualizada.

[0138] No sistema, o transmissor de potência só fornece um campo magnético forte se forem verificadas as relações entre o canal de potência (o link de comunicação reversa/sinal de transferência de potência) e o canal de comunicação (link de comunicação reversa).

[0139] Entretanto, antes de fornecer um campo magnético forte, o transmissor de potência pode fornecer um sinal de potência ou sinal de comunicação, fraco e intrinsecamente seguro, com o propósito de estabelecer uma relação.

[0140] Quando é fornecido um campo magnético forte, o transmissor de potência verifica regularmente se a relação é válida, e interrompe a transferência de potência ou reduz o campo magnético a um nível intrinsecamente seguro, caso seja detectado que a relação já não é válida.

[0141] O acionamento da verificação pode ser iniciado quando o receptor de potência solicita a transmissão de uma mensagem de ida. Isso pode ser causado por um evento, por exemplo quando o usuário move o aparelho que é, por exemplo, detectável por uma alteração inesperada na medição da potência, tensão ou corrente recebida. Alternativa ou adicionalmente, isso pode ser causado por um esgotamento de

tempo, por exemplo se o tempo decorrido desde a última verificação exceder um limiar de, por exemplo, 100 ms. Alternativa ou adicionalmente, a verificação pode ser inicializada pelo transmissor de potência.

[0142] O transmissor de potência pode, por exemplo, considerar os seguintes parâmetros para determinar se a relação é válida, isto é, se o link de comunicação reversa é considerado verificado.

- O valor do identificador. Se o valor do identificador (do transmissor de potência e/ou da bobina transmissora e/ou da mensagem) não corresponde ao valor do identificador que o transmissor de potência enviou, este considera a relação como inválida.

- O tempo desde que o transmissor de potência enviou a mensagem de ida com o identificador. Se esse tempo for maior que um primeiro limiar, a relação é considerada inválida.

- O tempo desde que o transmissor de potência recebeu a última mensagem de resposta oriunda do receptor de potência que contém um identificador correto. Se esse tempo for maior que um segundo limiar, a relação é considerada inválida.

- A discrepância entre a quantidade de potência enviada pelo transmissor de potência e a quantidade de potência relatada pelo receptor de potência.

[0143] O exemplo específico se refere a um transmissor de potência sem fio que tem um ou múltiplos elementos transmissores por meio dos quais se pode fornecer potência a um receptor de potência sem fio. O transmissor de potência pode seletivamente ativar e/ou modular os elementos

transmissores para proporcionar ou um sinal de ping (de baixa potência), ou um sinal de transferência de potência (alta potência).

[0144] Um elemento transmissor contém, tipicamente, uma bobina transmissora (mas poderia conter, também, múltiplas bobinas transmissoras) com o propósito de gerar um campo magnético adequado ao fornecimento de um campo magnético para transferir um sinal de ping ou um sinal de potência a um receptor de potência.

[0145] O transmissor de potência contém uma unidade de comunicação que é projetada de modo que possa se comunicar com um ou múltiplos receptores de potência nas proximidades sem (ou quase sem) sofrer interferência das transferências de potência em curso entre o transmissor de potência e os um ou mais receptores de potência.

[0146] Além disso, o transmissor de potência pode, também, comunicar um identificador por meio do canal de potência/link de comunicação de ida. Esse identificador pode, por exemplo, ser modulado como um fluxo de bits em um sinal de ping ou um sinal de potência, por exemplo mediante a alteração de amplitude, frequência, fase, largura de pulso etc. O transmissor de potência atribui esse identificador unicamente ao elemento transmissor por meio do qual é transmitido o sinal de ping/potência.

[0147] O transmissor de potência pode estabelecer uma relação entre o canal de potência (o link de comunicação de ida) e o canal de comunicação (o link de comunicação reversa) a partir do receptor de potência. A relação assegura que o transmissor de potência use somente a

informação de controle que recebe do receptor de potência para o qual transfere potência.

[0148] A relação entre o link de comunicação de ida e o link de comunicação reversa tem por base uma consideração de dados de identificação. Especificamente, o transmissor de potência espera uma mensagem de resposta que compreende a identificação fornecida pelo transmissor de potência 101 a ser retornada pelo receptor de potência 105.

[0149] O transmissor de potência pode renovar uma relação mediante o envio de um identificador atualizado, isto é, mediante o envio de uma nova mensagem de ida. Essa renovação pode ser iniciada pelo receptor de potência, por exemplo, mediante uma solicitação de identificação. O transmissor de potência pode atualizar seu identificador, por exemplo, mediante a inclusão de um contador no identificador, sendo que o contador é incrementado na atualização. O transmissor de potência pode também atualizar o identificador mediante a inclusão de um carimbo de data e hora no identificador.

[0150] O transmissor de potência é, com base nos dados de resposta, capaz de decidir quanto a fornecer potência total ou a reduzir a potência. Se uma mensagem de resposta é recebida com os dados corretos, isso é uma forte indicação de que o receptor de potência 105 está corretamente posicionado.

[0151] O exemplo específico inclui, portanto, um receptor de potência sem fio que é capaz de receber potência do transmissor de potência sem fio. O receptor de potência contém uma ou mais bobinas, de modo a receber um

sinal de ping ou de potência emitido pelo transmissor de potência.

[0152] Com base na intensidade da tensão induzida na bobina receptora de potência, o receptor de potência pode determinar se está suficientemente bem posicionado para transferência de potência. Além disso, o mesmo pode gerar informações (como o nível de potência recebida) para o transmissor de potência, de modo a indicar a este quão bem está situado ou acoplado o receptor de potência. O receptor de potência pode comunicar as informações derivadas da tensão induzida na bobina secundária para o transmissor de potência.

[0153] O receptor de potência pode, também, comunicar o identificador que foi gerado e comunicado pelo transmissor de potência, por exemplo, com o sinal de ping, de volta ao transmissor de potência.

[0154] O receptor de potência pode estabelecer uma relação entre o canal de potência (o link de comunicação de ida) e o canal de comunicação (o link de comunicação reversa) com um transmissor de potência. O estabelecimento da relação é usado para assegurar que o receptor de potência que recebe a potência seja também aquele que fornece a informação de controle ao transmissor de potência.

[0155] Um transmissor de potência pode manter a relação estabelecida mediante a inclusão do identificador recebido mais recentemente em uma mensagem de ida, na mensagem de resposta que envia de volta ao transmissor de potência por meio do canal de comunicação/link de comunicação reversa. Um receptor de potência pode renovar a relação mediante a solicitação de novas mensagens de ida.

[0156] O receptor de potência e o transmissor de potência podem especificamente seguir os seguintes processos e protocolos para executar uma operação de transferência de potência.

[0157] Primeiramente, para se detectar se um receptor de energia está situado próximo a um elemento transmissor, o transmissor de energia pode medir se qualquer tipo de objeto está disposto nas proximidades das bobinas de potência. Quando um objeto é detectado, o transmissor de potência transmite um sinal de potência ou sinal de ping inicial, para descobrir se o objeto é um receptor de potência. O nível do sinal de ping é tão baixo que é intrinsecamente seguro.

[0158] Um receptor de potência que esteja situado suficientemente próximo de um elemento transmissor receberá o sinal de ping. Se necessário, o receptor de potência usa o sinal de ping para alimentar os circuitos eletrônicos para comunicação. Depois de alimentado, o receptor de potência envia uma mensagem inicial (primeira mensagem) por meio do link de comunicação reversa. A mensagem inicial indica uma solicitação por identificação e verificação (e, especificamente, que uma mensagem de ida seja transmitida a partir do transmissor de potência).

[0159] Para minimizar o tempo de reação do receptor de potência, caso o mesmo precise ser alimentado pelo sinal de potência inicial, o mesmo só ativará a quantidade mínima de seus circuitos eletrônicos para enviar a primeira mensagem.

[0160] O tempo entre o início do sinal de ping e a mensagem inicial é tipicamente limitado a uma faixa de, por exemplo, 10 ms a 200 ms.

[0161] A Figura 5 ilustra uma possível temporização para um elemento transmissor que envia pings a um receptor de potência.

[0162] No primeiro ping, o receptor pode alimentar seu armazenamento de potência (capacitor), mas pode não ter potência suficiente para alimentar a unidade de comunicação. Como o transmissor de potência não recebe qualquer comunicação do receptor de potência, o mesmo remove o sinal.

[0163] No segundo ping, o receptor de potência novamente se alimenta no sinal de ping e ativa a unidade de comunicação adequada para comunicar uma mensagem ao transmissor de potência. Ao receber essa mensagem, o transmissor de potência conclui que o objeto é um receptor de potência, e continua a fornecer o sinal de ping para comunicação adicional.

[0164] A Figura 6 ilustra uma possível temporização após o transmissor de potência ter recebido a mensagem inicial (primeira mensagem) do receptor de potência. Após o transmissor de potência ter recebido a mensagem inicial/primeira mensagem, o mesmo continua a fornecer o sinal de ping mas, em adição, modula uma mensagem de ida no sinal de ping, a qual contém o identificador do elemento transmissor.

[0165] Ao receber a mensagem de ida, o receptor de potência envia uma segunda mensagem, que contém o identificador e uma carga útil que compreende, por exemplo, a intensidade do sinal recebido (que fornece, assim, uma

indicação do acoplamento da bobina receptora à bobina transmissora).

[0166] A Figura 7 ilustra as operações exemplificadoras do transmissor de potência e do receptor de potência, antes e depois do receptor de potência ser posicionado sobre o transmissor de potência, e até o início da fase de transferência de potência.

[0167] No exemplo, o transmissor de potência monitora se qualquer objeto está posicionado sobre sua superfície. Se detecta qualquer objeto, o mesmo avalia se é um receptor de potência, mediante o envio de um sinal de ping.

[0168] Um receptor de potência, quando posicionado sobre o transmissor de potência, detecta a presença do sinal de ping e envia uma solicitação de mensagem e, especificamente, uma solicitação de identificador que solicita que o transmissor de potência transmita um identificador ao receptor de potência.

[0169] Em resposta, o transmissor de potência transmite a mensagem de ida e, especificamente, transmite um identificador modulado no sinal de ping. Após transmitir o identificador, o transmissor de potência armazena uma cópia do mesmo para uso posterior. Se o transmissor de potência não recebe a solicitação de mensagem em tempo, remove o sinal de ping, reinicializa e retorna ao estado inicial.

[0170] Após receber o identificador, o receptor de potência armazena uma cópia do mesmo para uso posterior, e envia uma mensagem de resposta que inclui o identificador do transmissor. O transmissor de potência (ao receber em tempo a mensagem de resposta) verifica se a mensagem da resposta contém o identificador correto. Se o transmissor de potência

não recebe uma mensagem do receptor de potência em tempo, ou se a mensagem contém um identificador incorreto, remove o sinal de ping, reinicializa e retorna ao estado inicial. Se é solicitado que o transmissor de potência confirme o recebimento da mensagem, o mesmo envia uma mensagem de confirmação de recebimento (Ack). Essa mensagem de confirmação de recebimento pode ser apenas para confirmar o recebimento da mensagem ou pode, por exemplo, conter uma resposta a uma solicitação ou consulta contida na mensagem de resposta. Por exemplo, se o receptor de potência pergunta se o transmissor de potência suporta um certo nível de potência, a mensagem pode incluir uma resposta a isso. O transmissor de potência pode especificamente responder com uma mensagem de confirmação de recebimento negativo, com a indicação de que recebeu corretamente a mensagem, mas não suporta o nível de potência solicitado. O receptor de potência tentará, primeiro, receber a mensagem de confirmação de recebimento, antes de prosseguir. Se ocorrer um esgotamento do tempo para receber a mensagem de confirmação de recebimento, o receptor de potência pode repetir sua solicitação mediante o reenvio da mesma mensagem ou, por fim, mediante a reinicialização do procedimento completo (não mostrado na figura).

[0171] O receptor de potência continua a enviar mensagens (incluindo a cópia do identificador do transmissor de potência) até que este prossiga para a fase de transferência de potência, ou até que já não detecte um sinal de ping. O transmissor de potência continua a receber e verificar as mensagens, até que prossiga para a fase de transferência de potência, ou remova o sinal de ping.

[0172] Após estabelecer um contrato de transferência de potência, o receptor de potência e o transmissor de potência prosseguem para a fase de transferência de potência. Nessa fase, o receptor de potência envia mensagens de controle de potência por meio do link de comunicação reversa, para controlar o sinal de potência do transmissor de potência. O transmissor de potência cuida, assim, para que o sinal de potência permaneça dentro de um limite seguro.

[0173] Para evitar ambiguidade, o receptor de potência inclui o identificador atualizado do elemento transmissor em cada mensagem que comunica ao transmissor de potência. O transmissor de potência verifica, ao receber a mensagem, se o identificador corresponde ao elemento transmissor. Caso não corresponda, a mensagem é desconsiderada.

[0174] A Figura 8 ilustra um exemplo de uma mensagem de resposta comunicada pelo receptor de potência ao transmissor de potência. Neste exemplo, a mensagem de resposta é, também, uma mensagem de controle de potência. A primeira parte da mensagem contém o identificador do transmissor (identificador do elemento transmissor de potência) e a segunda parte da mensagem contém um parâmetro de controle da potência. Uma dada mensagem pode ser considerada ser tanto uma mensagem de controle de potência como uma mensagem de resposta.

[0175] No exemplo, o receptor de potência envia uma solicitação de identificação quando:

- detecta um evento relevante, por exemplo uma alteração inesperada na potência recebida, ou

- o tempo decorrido desde a última solicitação excede um limiar.

[0176] Em resposta a esse tipo de solicitação, o transmissor de potência transmite uma nova mensagem de ida através do canal de potência/link de comunicação de ida.

[0177] Para verificar o link de comunicação reversa, o transmissor de potência:

- verifica se o tempo decorrido desde a última mensagem de ida está dentro de um primeiro limite de tempo de, por exemplo, 200 ms.

- verifica se o tempo decorrido desde a última mensagem recebida do receptor de potência está dentro de um segundo limite de tempo de, por exemplo, 30 ms, e se contém um identificador correto.

[0178] Se uma ou ambas dentre essas duas condições é violada, o transmissor de potência reduz o sinal de potência a um nível intrinsecamente seguro, ou remove o sinal de potência.

[0179] A Figura 9 ilustra um exemplo da temporização para manter atualizada a relação entre o transmissor de potência e o receptor de potência, durante a transferência de potência. Nesta figura, o tempo de ciclo de solicitação é o tempo entre duas solicitações de identificador sucessivas. Na solicitação por identificação, o transmissor de potência envia seu identificador em uma mensagem de ida, por exemplo mediante a modulação do sinal de potência.

[0180] A Figura 10 ilustra operações exemplificadoras do transmissor de potência e do receptor de potência durante a fase de transferência de potência.

[0181] No exemplo, o receptor de potência primeiro envia uma mensagem de resposta sob a forma de uma mensagem de controle de potência que inclui a cópia do identificador do transmissor de potência (que o receptor de potência obteve do transmissor de potência na fase de ping). O receptor de potência verifica, então, se precisa ou não renovar a relação com o transmissor de potência, mediante a comparação do valor de um temporizador de solicitação com um limiar, ou mediante a detecção de um evento que justifique a renovação. Caso decida renovar, o receptor de potência reinicializa o temporizador de solicitação e solicita que uma nova mensagem de ida seja enviada. Para esse propósito, o receptor de potência transmite ao transmissor de potência uma mensagem de solicitação que inclui a cópia do identificador do transmissor de potência. Como o recebimento da mensagem de ida poderia levar um tempo considerável (devido ao fato de que o identificador do transmissor ao receptor é enviado por meio de bobinas acopladas e, dessa forma, está usando um link de comunicação com taxa de dados muito baixa), o receptor de potência continua a enviar mensagens de resposta sob a forma de mensagens de controle de potência (as quais contêm o identificador anteriormente recebido). Após o recebimento do novo identificador na mensagem de ida, o receptor de potência atualiza a cópia interna do identificador usada para inclusão nas mensagens de resposta/controle de potência transmitidas ao transmissor de potência.

[0182] O receptor de potência determina a temporização das mensagens de controle de potência em resposta a sua necessidade de alteração do sinal de potência, por exemplo, se a alteração de potência necessária exceder um

limiar, ou se o tempo decorrido desde a última mensagem de controle de potência exceder um dado nível (não mostrado na figura).

[0183] O transmissor de potência recebe as mensagens de resposta/controle de potência do receptor de potência. Se não receber em tempo uma mensagem correta (por exemplo, se o tempo desde a mensagem recebida anterior que contém um identificador correto for muito longo), o transmissor de potência reduz o sinal de potência a um nível intrinsecamente seguro. Se a relação com o receptor de potência estiver expirada (por exemplo, se o tempo decorrido desde que o transmissor de potência recebeu uma solicitação correta por uma nova mensagem de ida estiver acima de um determinado limiar), o transmissor de potência reduzirá também o nível de potência a um nível intrinsecamente seguro. Caso contrário, se uma mensagem de resposta/controle de potência correta foi recebida em tempo e se a relação está atualizada, o transmissor de potência avalia adicionalmente a mensagem recebida. Se a mensagem for uma solicitação por uma nova mensagem de ida, o transmissor de potência atualiza o identificador, por exemplo, ao incrementar um contador incluído no identificador, e começa a enviar o mesmo para o receptor de potência. Se a mensagem for uma mensagem de resposta/controle de potência, o transmissor de potência adapta o nível de potência de acordo com o erro do controle. Após o transmissor de potência ter realizado as uma ou mais ações adequadas relacionadas à mensagem recebida, prossegue para o recebimento da próxima mensagem.

[0184] Como a transmissão de uma mensagem de ida poderia levar um tempo considerável (devido ao fato de que o

identificador do transmissor ao receptor é enviado por meio de bobinas acopladas e, dessa forma, está usando um link de comunicação com taxa de dados muito baixa), o transmissor de potência continua a receber e verificar mensagens de resposta/controle de potência enquanto transfere a mensagem de ida. Uma vez completa a transferência da mensagem de ida, o transmissor de potência atualiza uma cópia interna do identificador, usada para validar as mensagens de resposta/controle de potência recebidas do receptor de potência.

[0185] Nos exemplos anteriores, o link de comunicação de ida é estabelecido com o uso da bobina transmissora 103 e da bobina receptora 107 e, especificamente, mediante a aplicação de uma modulação ao sinal de transferência de potência. Entretanto, em outras modalidades o link de comunicação de ida pode ser implementado com o uso de bobinas separadas. Por exemplo, uma bobina transmissora de comunicação pode ser implementada para cada bobina transmissora 103 e/ou uma bobina receptora de comunicação pode ser implementada para cada bobina receptora 107. A comunicação do transmissor de potência 101 ao receptor de potência 105 pode, então, ser executada com o uso dessas (uma ou mais) bobinas de comunicação separadas. Por exemplo, um sinal portador separado pode ser modulado pelos dados relevantes, e o sinal resultante pode ser fornecido à bobina transmissora de comunicação. A bobina receptora de comunicação pode, então, demodular o sinal correspondente.

[0186] Uma vantagem de usar bobinas de comunicação separadas reside em que circuitos eletrônicos

(de baixa potência) necessários para a comunicação terão um isolamento galvânico contra os circuitos eletrônicos de alta potência. Uma vantagem adicional reside em que os circuitos eletrônicos de baixa potência podem consumir menos potência que os circuitos eletrônicos de alta potência para gerar um sinal de ping, o que permite um baixo consumo em modo de espera para se detectar a presença de aparelhos.

[0187] O acoplamento entre este sinal de comunicação de ida e o sinal de transferência de potência pode, em muitas modalidades, ser reduzido ou substancialmente removido. Por exemplo, a portadora de comunicação pode usar uma frequência substancialmente mais alta que a frequência do sinal de transferência de potência.

[0188] Entretanto, embora os sinais possam não interferir diretamente um com o outro, ou depender um do outro, as bobinas de comunicação estão dispostas de modo que a comunicação que usa o link de comunicação de ida esteja intimamente ligada à transferência de potência, no sentido de que uma comunicação de ida bem-sucedida entre um transmissor de potência 101 e um receptor de potência 105 é uma indicação muito forte (e, tipicamente, uma garantia) de que a transferência de potência também se dá entre essas duas entidades. Especificamente, na maioria das modalidades, a disposição é caracterizada de modo que as mensagens transmitidas pelo transmissor de potência 101, que usam as uma ou mais bobinas de comunicação separadas, só sejam recebidas pelo receptor de potência que está envolvido na transferência de potência, isto é, pelo receptor de potência 105 posicionado sobre a bobina transmissora 103.

[0189] Dessa forma, embora a comunicação possa, em algumas modalidades, usar um sinal de link de comunicação de ida que não está baseado na bobina transmissora 103 nem no sinal de transferência de potência, o alcance de comunicação do link de comunicação de ida ainda está restringido para corresponder ao alcance de transferência de potência para o sinal de transferência de potência. Em muitas modalidades, os alcances podem ser considerados corresponder um ao outro se, por exemplo, o alcance de comunicação do link de comunicação de ida for de não mais que duas vezes o alcance de transferência de potência. Em outras modalidades, os alcances podem ser considerados corresponder um ao outro se, por exemplo, o alcance de comunicação do link de comunicação de ida for de não mais que 50%, 20% ou mesmo 10% mais longo que o alcance de transferência de potência.

[0190] Esse curto alcance para o link de comunicação de ida pode ser obtido, colocando-se a bobina receptora de comunicação em proximidade com a bobina transmissora 103, e a bobina transmissora de comunicação em proximidade com a bobina receptora 107.

[0191] Especificamente, na maioria das modalidades, o menor volume retangular (caixa) que inclui tanto a bobina receptora 107 como a bobina receptora de comunicação é, no máximo, quatro vezes mais alta que o menor volume retangular (caixa) que inclui somente a própria bobina receptora 107. De fato, em muitas modalidades, a razão é de no máximo duas vezes ou menos. Dessa forma, a bobina receptora de comunicação está posicionada muito perto da bobina receptora 107 e, de fato, em muitas modalidades as

bobinas são posicionadas tão próximas que os volumes se sobrepõem uns aos outros. Por exemplo, a bobina receptora de comunicação pode estar posicionada no interior da bobina receptora 107 ou, por exemplo, a bobina receptora 107 pode estar posicionada no interior da bobina receptora de comunicação.

[0192] De modo similar, na maioria das modalidades, o menor volume retangular (caixa) que inclui tanto a bobina transmissora 103 como a bobina transmissora de comunicação é, no máximo, quatro vezes mais alta que o menor volume retangular (caixa) que inclui somente a própria bobina transmissora 103. De fato, em muitas modalidades, a razão é de no máximo duas vezes. Dessa forma, a bobina transmissora de comunicação está posicionada muito perto da bobina transmissora 103 e, de fato, em muitas modalidades as bobinas são posicionadas tão próximas que os volumes se sobrepõem uns aos outros. Por exemplo, a bobina transmissora de comunicação pode estar posicionada no interior da bobina transmissora 103 ou, por exemplo, a bobina transmissora 103 pode estar posicionada no interior da bobina transmissora de comunicação.

[0193] Em muitas modalidades, as bobinas de transferência de potência e de comunicação são bobinas planas. Nessas modalidades, as bobinas podem ser posicionadas muito próximas umas das outras, tipicamente, dispondo-se concentricamente uma bobina no interior da outra, ou mediante a formação das bobinas como espirais entrelaçadas.

[0194] Na maioria dessas modalidades, a menor área retangular que inclui tanto a bobina receptora 107 como a bobina receptora de comunicação é, no máximo, quatro vezes

mais alta que a menor área retangular que inclui somente a própria bobina receptora 107. De fato, em muitas modalidades, a razão é de no máximo duas vezes.

[0195] De modo similar, na maioria das modalidades, a menor área retangular que inclui tanto a bobina transmissora 103 como a bobina transmissora de comunicação é, no máximo, quatro vezes mais alta que a menor área retangular que inclui somente a própria bobina transmissora 103. De fato, em muitas modalidades, a razão é de no máximo duas vezes.

[0196] Na maioria das modalidades, a distância do centro da bobina transmissora 103 a um enrolamento externo da bobina transmissora de comunicação está a não mais que duas vezes a distância do centro da bobina transmissora 103 a um enrolamento externo da própria bobina transmissora. Em muitas modalidades, a distância é no máximo 50% mais alta. Especificamente, para bobinas substancialmente circulares, o diâmetro da bobina transmissora de comunicação é, nessas modalidades, no máximo 100% ou 50% maior que o diâmetro da bobina transmissora 103 (e, de fato, a mesma pode ter um diâmetro menor).

[0197] De modo similar, na maioria das modalidades, a distância do centro da bobina receptora 107 a um enrolamento externo da bobina receptora de comunicação está a não mais que duas vezes a distância do centro da bobina receptora 107 a um enrolamento externo da própria bobina receptora 107. Em muitas modalidades, a distância é no máximo 50% mais alta. Especificamente, para bobinas substancialmente circulares, o diâmetro da bobina receptora de comunicação é, nessas modalidades, no máximo 100% ou 50%

maior que o diâmetro da bobina receptora 107 (e, de fato, a mesma pode ter um diâmetro menor).

[0198] A Figura 11 ilustra um exemplo de como duas bobinas 1101 e 1103 podem ser dispostas concentricamente para se obter o resultado desejado. Neste exemplo, a primeira bobina 1101 pode ser a bobina receptora de comunicação, e a segunda bobina 1103 pode ser a bobina receptora 107 ou, de fato, a primeira bobina 1101 pode ser a bobina receptora 107 e a segunda bobina 1103 pode ser a bobina receptora de comunicação. De modo similar, a primeira bobina 1101 pode ser a bobina transmissora de comunicação, e a segunda bobina 1103 pode ser a bobina transmissora 103 ou, de fato, a primeira bobina 1101 pode ser a bobina transmissora 103 e a segunda bobina 1103 pode ser a bobina transmissora de comunicação. As posições físicas muito próximas das duas bobinas asseguram que o link de comunicação de ida proporcionado pelas bobinas de comunicação também assegure o correto posicionamento da bobina receptora 107 sobre a bobina transmissora 103.

[0199] Deve-se entender que, para maior clareza, a descrição acima descreveu as modalidades da invenção com referência a diferentes circuitos, unidades e processadores funcionais. Entretanto, será evidente que qualquer distribuição adequada de funcionalidade entre os diferentes circuitos, unidades ou processadores funcionais pode ser usada sem se desviar da invenção. Por exemplo, a funcionalidade ilustrada a ser executada por processadores ou controladores separados pode ser executada pelo mesmo processador ou controlador. Por isso, as referências a unidades ou circuitos funcionais específicos devem ser consideradas apenas como

referências a meios adequados para se fornecer a funcionalidade descrita e não como indicadoras de uma estrutura física ou uma organização lógica ou física estrita.

[0200] A invenção pode ser implementada em qualquer forma adequada, incluindo hardware, software, firmware ou qualquer combinação deles. A invenção pode, opcionalmente, ser implementada, ao menos parcialmente, como software de computador sendo executado em um ou mais processadores de dados e/ou processadores de sinal digital. Os elementos e componentes de uma modalidade da invenção podem ser fisicamente, funcionalmente e logicamente implementados de qualquer forma adequada. De fato, a funcionalidade pode ser implementada em uma unidade única, em uma pluralidade de unidades ou como parte de outras unidades funcionais. Dessa forma, a invenção pode ser implementada em uma unidade única ou pode ser fisicamente e funcionalmente distribuída entre diferentes unidades, circuitos e processadores.

[0201] Embora a presente invenção tenha sido descrita em conjunto com algumas modalidades, não se pretende limitá-la à forma específica aqui apresentada. Ao invés disso, o escopo da presente invenção é limitado apenas pelas reivindicações anexas. Adicionalmente, embora possa parecer que um dado recurso é descrito em conjunto com modalidades específicas, o versado na técnica reconhecerá que vários recursos das modalidades descritas podem ser combinados de acordo com a invenção. Nas reivindicações, o termo "que compreende" não exclui a presença de outros elementos ou etapas.

[0202] Além disso, embora individualmente mencionados, uma pluralidade de meios, elementos, circuitos

ou etapas de métodos pode ser implementada, por exemplo, por um circuito, uma unidade ou um processador único. Adicionalmente, embora recursos individuais possam estar incluídos em reivindicações diferentes, eles podem ser vantajosamente combinados, e sua inclusão em reivindicações diferentes não implica em que uma combinação de recursos não seja viável e/ou vantajosa. A inclusão de um recurso em uma categoria das reivindicações também não implica em uma limitação a esta categoria, mas ao invés disso indica que o recurso é igualmente aplicável a categorias de outras reivindicações, conforme for adequado. Além disso, a ordem dos recursos nas reivindicações não implica em nenhuma ordem específica na qual os recursos precisam ser trabalhados e, em particular, a ordem das etapas individuais em uma reivindicação de método não implica em que as etapas precisem ser executadas nessa ordem. Ao invés disso, as etapas podem ser executadas em qualquer ordem adequada. Além disso, referências singulares não excluem uma pluralidade. Dessa forma, referências a "um/a", "uns/umas", "primeiro/a", "segundo/a" etc., não excluem uma pluralidade. Os sinais de referência nas reivindicações são fornecidos meramente como exemplo esclarecedor e não deverão ser interpretados como limitadores do escopo das reivindicações de nenhuma forma.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA SEM FIO,
compreendendo:

um transmissor de potência (101) que compreende:

uma bobina transmissora de transferência de potência (103), destinada a transferir potência a um receptor de potência (105) por meio de um sinal de transferência de potência,

uma primeira unidade de comunicação (305), destinada a comunicar mensagens ao receptor de potência (105) em um primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma primeira bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a bobina transmissora de transferência de potência (103) e uma bobina transmissora de comunicação próxima à bobina transmissora de transferência de potência (103), sendo que a primeira unidade de comunicação (305) está disposta de modo a transmitir uma primeira mensagem ao receptor de potência (105), e que o primeiro link de comunicação tem um alcance correspondente a um alcance de transferência de potência para o sinal de transferência de potência;

uma segunda unidade de comunicação (307) disposta de modo a receber dados do receptor de potência (105) em um segundo link de comunicação, sendo que o segundo link de comunicação não usa a primeira bobina de comunicação e tem um alcance que excede o alcance do primeiro link de comunicação, e

um receptor de potência (105) que compreende:

uma bobina receptora de transferência de potência (107), destinada a receber o sinal de transferência de potência,

um acoplador de carga de potência (401), destinado a fornecer potência a uma carga, a partir do sinal de transferência de potência,

uma terceira unidade de comunicação (405), destinada a receber mensagens do transmissor de potência (101) no primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma segunda bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a bobina receptora de transferência de potência (107) e uma bobina receptora de comunicação próxima à bobina receptora de transferência de potência, sendo que a terceira unidade de comunicação (405) está disposta de modo a receber a primeira mensagem do transmissor de potência (103),

um gerador de resposta (407), destinado a gerar uma mensagem de resposta em resposta à primeira mensagem,

uma quarta unidade de comunicação (409), destinada a transmitir a mensagem de resposta ao transmissor de potência (103) pelo segundo link de comunicação, sem usar a segunda bobina de comunicação; caracterizado pela mensagem de resposta ser uma mensagem de controle de potência que compreende uma primeira indicação de propriedade de uma propriedade da primeira mensagem e

sendo que o transmissor de potência (103) compreende, adicionalmente:

um processador de resposta (309), para determinar uma mensagem de resposta esperada à primeira mensagem, sendo que a mensagem de resposta esperada é uma mensagem de controle de potência que compreende uma indicação de propriedade esperada para a propriedade da primeira mensagem;

um verificador de validade (311), destinado a gerar uma indicação de confirmação que indica se uma mensagem de controle de potência foi recebida no segundo link de comunicação correspondente à mensagem de resposta esperada, sendo que a indicação de confirmação indica se a indicação de propriedade coincide com a indicação de propriedade esperada;

um controlador de potência (303) para controlar um nível de potência do sinal de transferência de potência, em resposta à indicação de confirmação.

2. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA SEM FIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela primeira unidade de comunicação (305) estar disposta de modo a gerar a primeira mensagem para compreender os primeiros dados, pelo gerador de resposta (407) estar disposto de modo a gerar dados de resposta a partir dos primeiros dados, e para incluir os dados de resposta na mensagem de resposta; pelo processador de resposta (309) estar disposto de modo a determinar os dados de resposta esperados em resposta aos primeiros dados; e pelo verificador de validade (311) estar disposto de modo a gerar a indicação de confirmação em resposta a uma avaliação quanto a se a mensagem recebida no segundo link de comunicação comprehende dados que coincidem com os dados de resposta esperados.

3. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA SEM FIO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelos primeiros dados compreenderem uma indicação de pelo menos um dentre uma identidade do transmissor de potência (101) e uma identidade da bobina transmissora de transferência de potência (103).

4. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA SEM FIO, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, caracterizado pelos primeiros dados compreenderem uma indicação de pelo menos um dentre um tempo de transmissão para a primeira mensagem e uma identidade da mensagem.

5. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA SEM FIO, de acordo com a reivindicação 1, 2 ou 4, caracterizado pelo verificador de validade (311) poder estar disposto de modo a determinar um atraso da transmissão da primeira mensagem ao recebimento da mensagem no segundo link de comunicação, e a determinar a indicação de confirmação em resposta ao atraso.

6. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA SEM FIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo transmissor de potência (101) estar disposto de modo a transmitir repetidamente as primeiras mensagens e o transmissor de potência (101) estar disposto de modo a gerar repetidamente indicações de confirmação para mensagens recebidas no segundo link de comunicação.

7. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA SEM FIO, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo transmissor de potência (101) estar disposto de modo a restringir o nível de potência para não exceder um limiar, a não ser que mensagens de resposta esperadas sejam recebidas para as primeiras mensagens dentro de um intervalo de tempo a partir da transmissão das primeiras mensagens.

8. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA SEM FIO, de acordo com a reivindicação 6 ou 7, caracterizado pelo intervalo de tempo entre primeiras mensagens consecutivas não exceder 500 ms.

9. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 1 ou 6, caracterizado pelo transmissor

de potência (101) estar disposto de modo a transmitir a primeira mensagem em resposta a um evento a partir do grupo que consiste em:

uma expiração de um intervalo de tempo;

uma detecção de um movimento do receptor de potência;

uma detecção de uma alteração em uma carga da bobina transmissora de transferência de potência;

uma detecção de uma alteração em uma carga da bobina transmissora de comunicação.

10. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA, de acordo com a reivindicação 1 ou 6, caracterizado pelo receptor de energia (105) estar disposto de modo a transmitir uma solicitação de mensagem ao transmissor de energia (101); e pelo transmissor de potência (101) estar disposto de modo a transmitir a primeira mensagem em resposta ao recebimento da solicitação de mensagem.

11. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo receptor de potência (105) estar disposto de modo a transmitir a solicitação de mensagem em resposta a um evento a partir do grupo que consiste em:

uma expiração de um intervalo de tempo;

uma detecção de um movimento do receptor de potência (105);

uma detecção de uma alteração no sinal de transferência de potência;

uma detecção de uma alteração em um sinal recebido pela bobina receptora de comunicação.

12. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela primeira bobina de comunicação ser a bobina transmissora de transferência de energia (103); pela primeira unidade de comunicação (305) estar disposta de modo a modular a primeira mensagem no sinal de transferência de potência.

13. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo transmissor de potência (101) estar disposto de modo a modular a primeira mensagem em um sinal de transferência de potência de ping.

14. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo controlador de potência (303) estar disposto de modo a restringir o nível de potência para que não exceda um limite de potência, a menos que a indicação de confirmação seja indicativa de que a mensagem recebida no segundo link de comunicação coincide com a mensagem de resposta esperada.

15. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela primeira bobina de comunicação ser a bobina transmissora de comunicação e uma distância de um centro da bobina transmissora de transferência de potência (103) a um enrolamento externo da bobina transmissora de comunicação estar a não mais que duas vezes uma distância do centro da bobina transmissora de transferência de potência (103) a um enrolamento externo da bobina transmissora de transferência de potência (103).

16. SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela mensagem de resposta compreender uma indicação de um nível de potência recebida para o sinal de transferência de potência e o

controlador de potência (303) estar disposto de modo a restringir o nível de potência do sinal de transferência de potência para abaixo de um limite de potência, se a indicação do nível de potência recebido indicar um nível de potência recebida abaixo de um limiar.

17. TRANSMISSOR DE POTÊNCIA PARA UM SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA SEM FIO, compreendendo:

uma bobina transmissora de transferência de potência (103), destinada a transferir potência a um receptor de potência (105) por meio de um sinal de transferência de potência;

uma primeira unidade de comunicação (305), destinada a comunicar mensagens ao receptor de potência (105) em um primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma primeira bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a bobina transmissora de transferência de potência (103) e uma bobina transmissora de comunicação próxima à bobina transmissora de transferência de potência (103), sendo que a primeira unidade de comunicação (305) está disposta de modo a transmitir uma primeira mensagem ao receptor de potência (105) e que o primeiro link de comunicação tem um alcance correspondente a um alcance de transferência de potência para o sinal de transferência de potência;

uma segunda unidade de comunicação (307) disposta de modo a receber dados do receptor de potência (105) em um segundo link de comunicação, sendo que o segundo link de comunicação não usa a primeira bobina de comunicação e tem um alcance que excede o alcance do primeiro link de comunicação;

caracterizado pelo transmissor de potência (103) compreender ainda:

um processador de resposta (309), destinado a determinar uma mensagem de resposta esperada à primeira mensagem, sendo que a mensagem de resposta esperada é uma mensagem de controle de potência que compreende uma indicação de propriedade esperada para uma propriedade da primeira mensagem;

um verificador de validade (311), destinado a gerar uma indicação de confirmação que indica se uma mensagem de controle de potência foi recebida no segundo link de comunicação correspondente à mensagem de resposta esperada e que compreende uma indicação de propriedade correspondente à indicação de propriedade esperada; e

um controlador de potência (303) para controlar um nível de potência do sinal de transferência de potência, em resposta à indicação de confirmação.

18. RECEPTOR DE POTÊNCIA (105) PARA UM SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA SEM FIO, compreendendo:

uma bobina receptora para transferência de potência (107), destinada a receber um sinal de transferência de potência a partir de um transmissor de potência (101);

um acoplador de carga de potência (401), destinado a fornecer potência a uma carga, a partir do sinal de transferência de potência;

uma primeira unidade de comunicação (405), destinada a receber mensagens do transmissor de potência (101) em um primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma segunda bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a bobina receptora de transferência de potência (107) e uma bobina receptora de comunicação próxima à bobina receptora de transferência de potência, sendo que a terceira unidade

de comunicação (405) está disposta de modo a receber uma primeira mensagem do transmissor de potência (103), e que o primeiro link de comunicação tem um alcance correspondente a um alcance de transferência de potência para o sinal de transferência de potência;

um gerador de resposta (407), destinado a gerar uma mensagem de resposta em resposta à primeira mensagem; e

uma segunda unidade de comunicação (409), destinada a transmitir a mensagem de resposta ao transmissor de potência (103) em um segundo link de comunicação sem usar a segunda bobina de comunicação, sendo que o segundo link de comunicação tem um alcance que excede o alcance do primeiro link de comunicação,

caracterizado pela mensagem de resposta ser uma mensagem de controle de potência que compreende uma indicação de uma propriedade da primeira mensagem.

19. MÉTODO PARA OPERAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA SEM FIO, o método caracterizado por compreender:

um transmissor de potência (101) que executa as etapas de:

transferir potência a um receptor de potência (105), através de uma bobina para transferência de potência (103), por meio de um sinal de transferência de potência;

comunicar mensagens ao receptor de potência (105) em um primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma primeira bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a bobina transmissora de transferência de potência (103) e uma bobina transmissora de comunicação próxima à bobina transmissora de transferência de potência (103), sendo que

as mensagens incluem uma primeira mensagem, e que o primeiro link de comunicação tem um alcance correspondente a um alcance de transferência de potência para o sinal de transferência de potência;

receber dados do receptor de potência (105) em um segundo link de comunicação, sendo que o segundo link de comunicação não usa a primeira bobina de comunicação e tem um alcance que excede o alcance do primeiro link de comunicação; e

um receptor de potência (105) que executa as etapas de:

receber o sinal de transferência de potência, através de uma bobina receptora de transferência de potência (107),

fornecer potência a uma carga, a partir do sinal de transferência de potência,

receber mensagens do transmissor de potência (101) no primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma segunda bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a bobina receptora de transferência de potência (107) e uma bobina receptora de comunicação próxima à bobina receptora de transferência de potência, sendo que as mensagens incluem a primeira mensagem,

gerar uma mensagem de resposta à primeira mensagem, sendo que a mensagem de resposta é uma mensagem de controle de potência que compreende uma primeira indicação de propriedade da primeira mensagem,

transmitir a mensagem de resposta ao transmissor de potência (103) pelo segundo link de comunicação, sem usar a segunda bobina de comunicação; e

sendo que o transmissor de potência (103) executa, adicionalmente, as etapas de:

determinar uma mensagem de resposta esperada à primeira mensagem, sendo que a mensagem de resposta esperada é uma mensagem de controle de potência que compreende uma indicação de propriedade esperada para a propriedade da primeira mensagem;

gerar uma indicação de confirmação que indica se uma mensagem de controle de potência foi recebida no segundo link de comunicação correspondente à mensagem de resposta esperada, sendo que a indicação de confirmação indica se a indicação de propriedade coincide com a indicação de propriedade esperada; e

controlar um nível de potência do sinal de transferência de potência, em resposta à indicação de confirmação.

20. MÉTODO DE OPERAÇÃO PARA UM TRANSMISSOR DE POTÊNCIA (101) DE UM SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA SEM FIO, sendo o método caracterizado por compreender:

transferir potência a um receptor de potência (105), através de uma bobina para transferência de potência (103), por meio de um sinal de transferência de potência;

comunicar mensagens ao receptor de potência (105) em um primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma primeira bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a bobina transmissora de transferência de potência (103) e uma bobina transmissora de comunicação próxima à bobina transmissora de transferência de potência (103), sendo que o primeiro link de comunicação tem um alcance correspondente a um alcance de transferência de potência para o sinal de

transferência de potência, e em que as mensagens incluem uma primeira mensagem;

receber dados do receptor de potência (105) em um segundo link de comunicação, sendo que o segundo link de comunicação não usa a primeira bobina de comunicação e tem um alcance que excede o alcance do primeiro link de comunicação;

determinar uma mensagem de resposta esperada à primeira mensagem, sendo que a mensagem de resposta esperada é uma mensagem de controle de potência que compreende uma indicação de propriedade esperada para uma propriedade da primeira mensagem;

gerar uma indicação de confirmação que indica se uma mensagem de controle de potência foi recebida no segundo link de comunicação correspondente à mensagem de resposta esperada e que compreende uma indicação de propriedade correspondente à indicação de propriedade esperada; e

controlar um nível de potência do sinal de transferência de potência, em resposta à indicação de confirmação.

21. MÉTODO PARA OPERAÇÃO DE UM RECEPTOR DE POTÊNCIA (105) DE UM SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA SEM FIO, SENDO O MÉTODO CARACTERIZADO POR COMPREENDER:

receber, através de uma bobina receptora para transferência de potência (107), um sinal de transferência de potência a partir de um transmissor de potência (101);

fornecer potência a uma carga, a partir do sinal de transferência de potência,

receber mensagens do transmissor de potência (101) em um primeiro link de comunicação, mediante o uso de uma segunda bobina de comunicação que é ao menos uma dentre a

bobina receptora de transferência de potência (107) e uma bobina receptora de comunicação próxima à bobina receptora de transferência de potência, sendo que as mensagens incluem uma primeira mensagem do transmissor de potência (103) e que o primeiro link de comunicação tem um alcance correspondente a um alcance de transferência de potência para o sinal de transferência de potência;

gerar uma mensagem de resposta em resposta à primeira mensagem, sendo que a mensagem de resposta é uma mensagem de controle de potência que compreende uma indicação de uma propriedade da primeira mensagem; e

transmitir a mensagem de resposta ao transmissor de potência (103) em um segundo link de comunicação sem usar a segunda bobina de comunicação, sendo que o segundo link de comunicação tem um alcance que excede o alcance do primeiro link de comunicação.

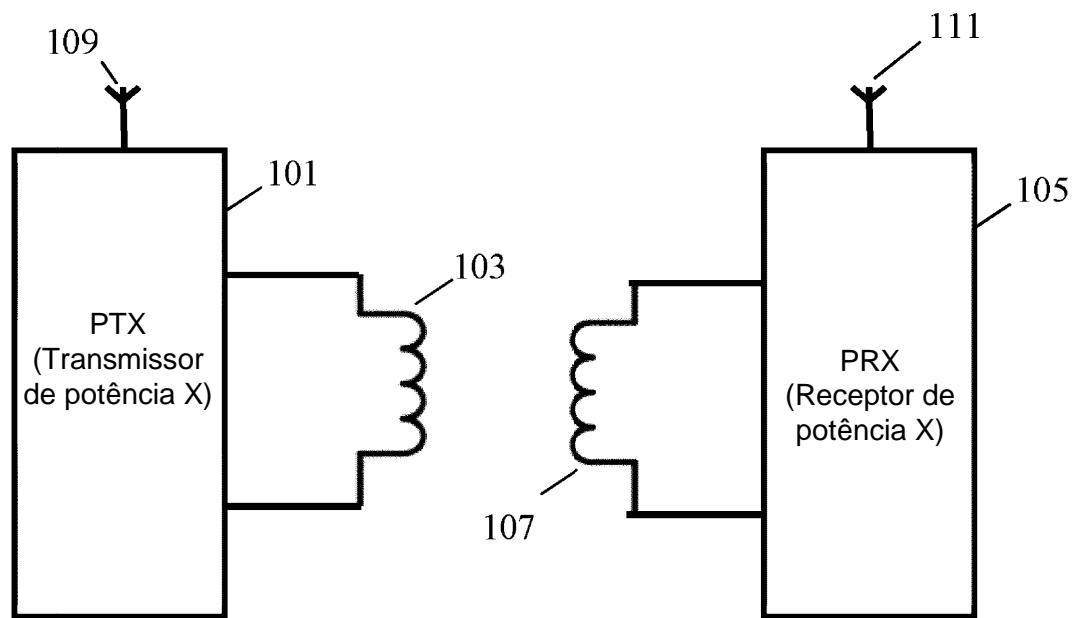
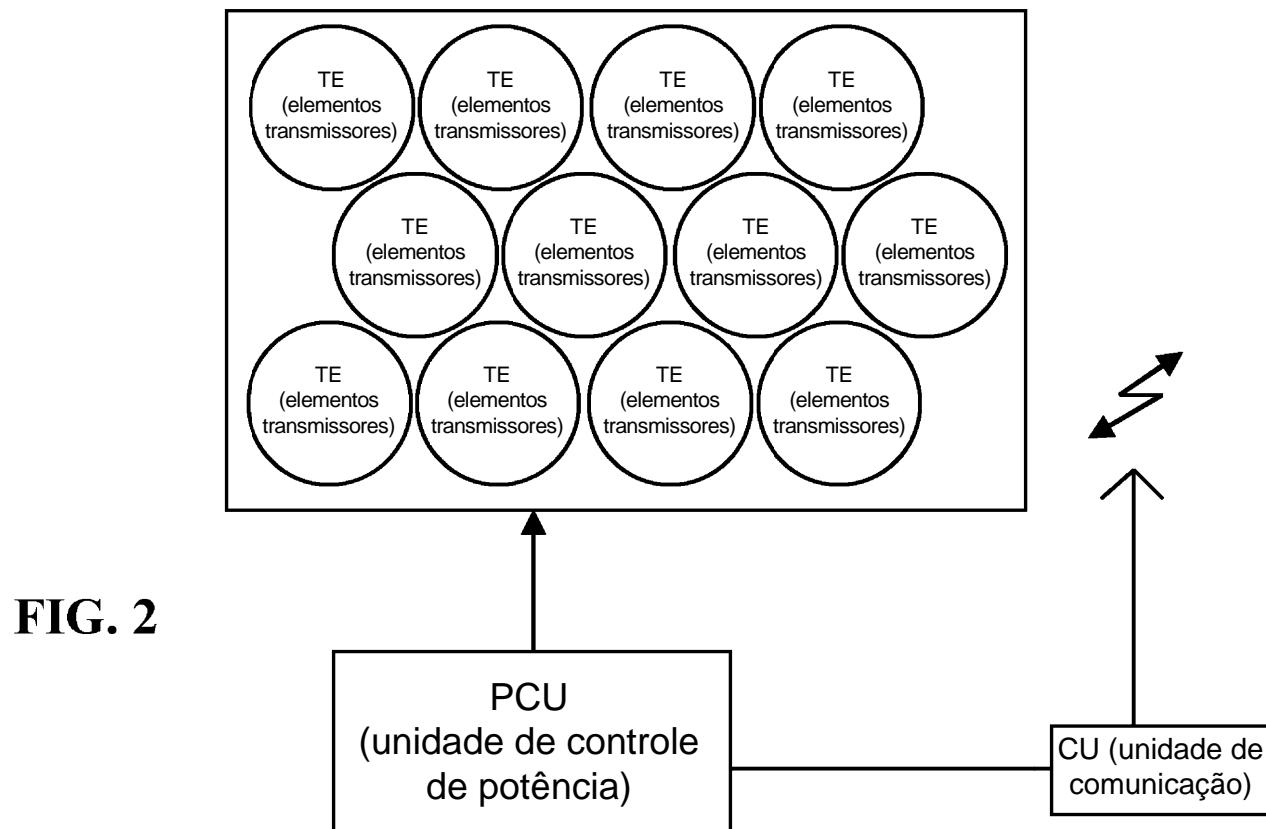
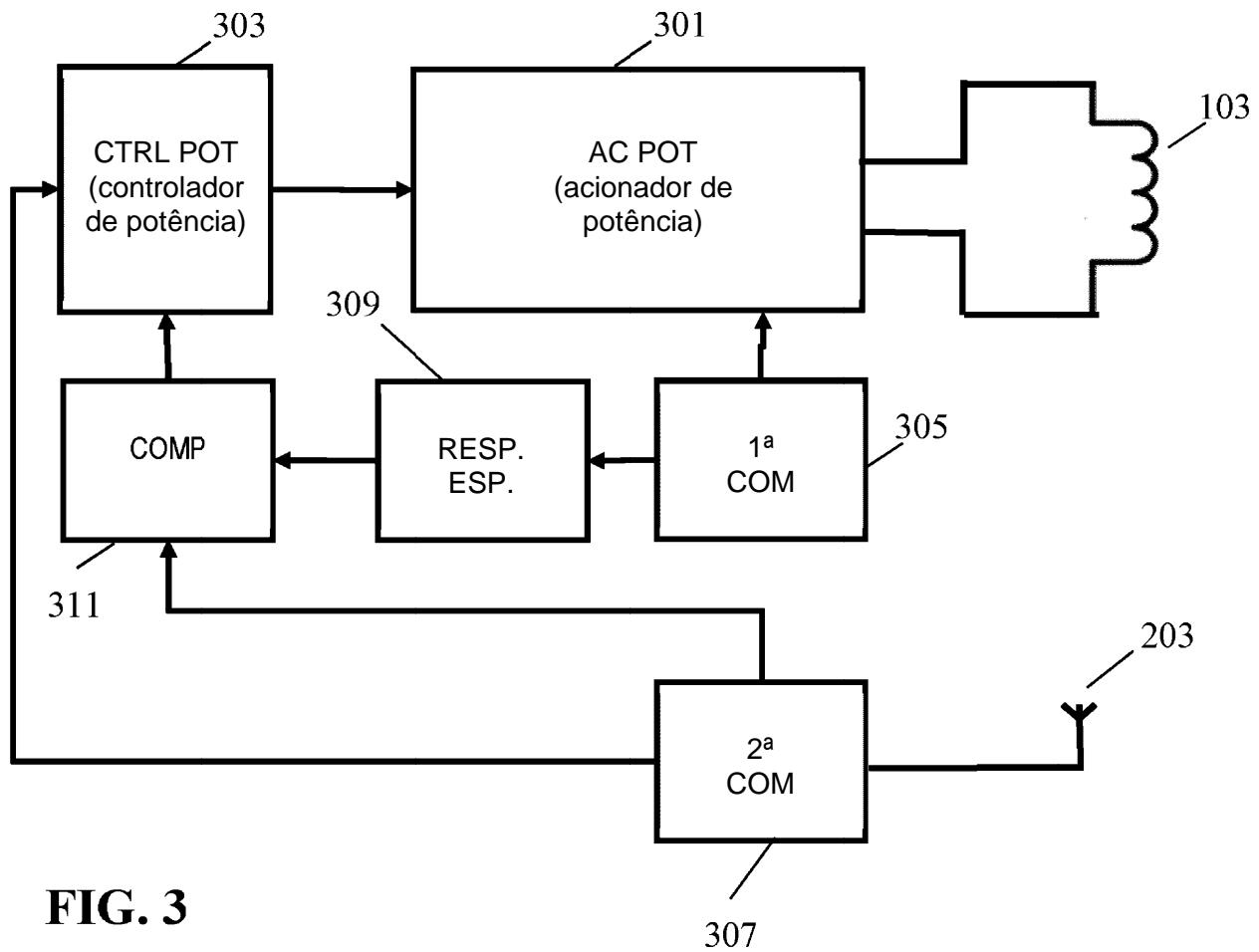


FIG. 1



**FIG. 3**

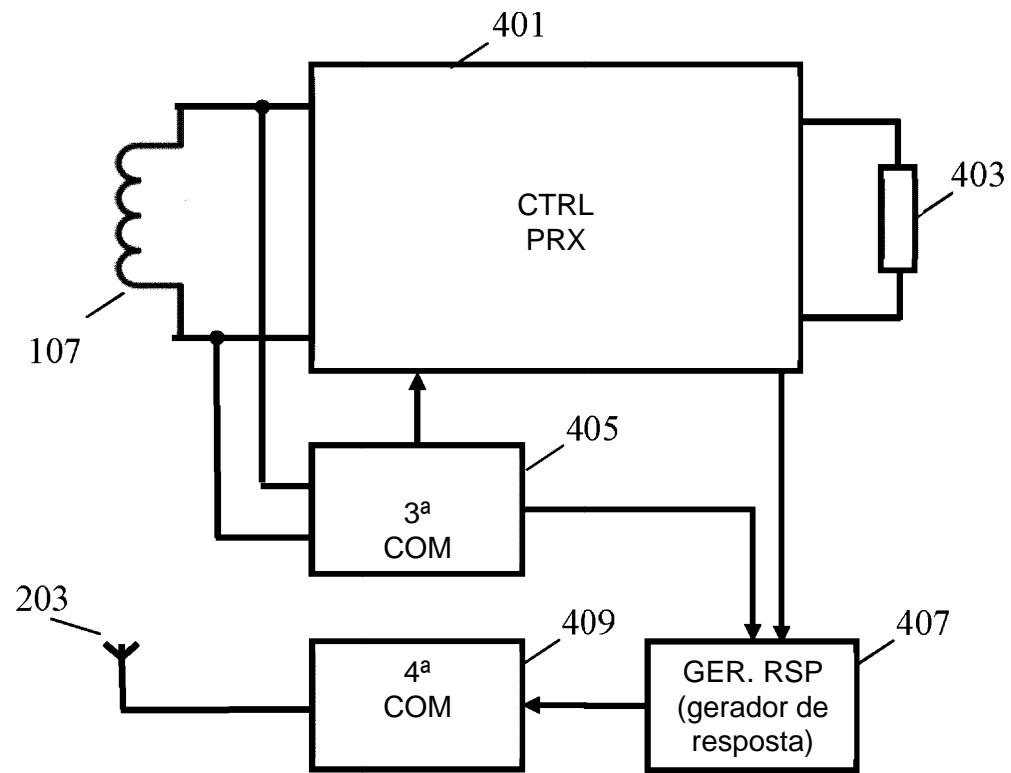


FIG. 4

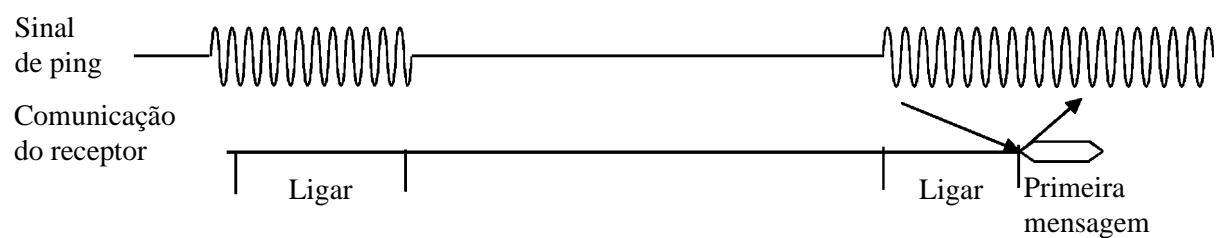


FIG. 5

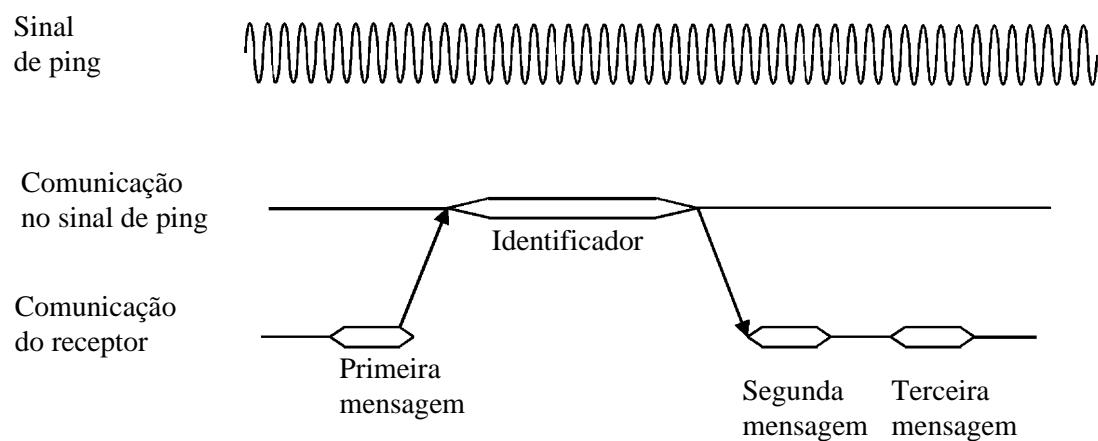
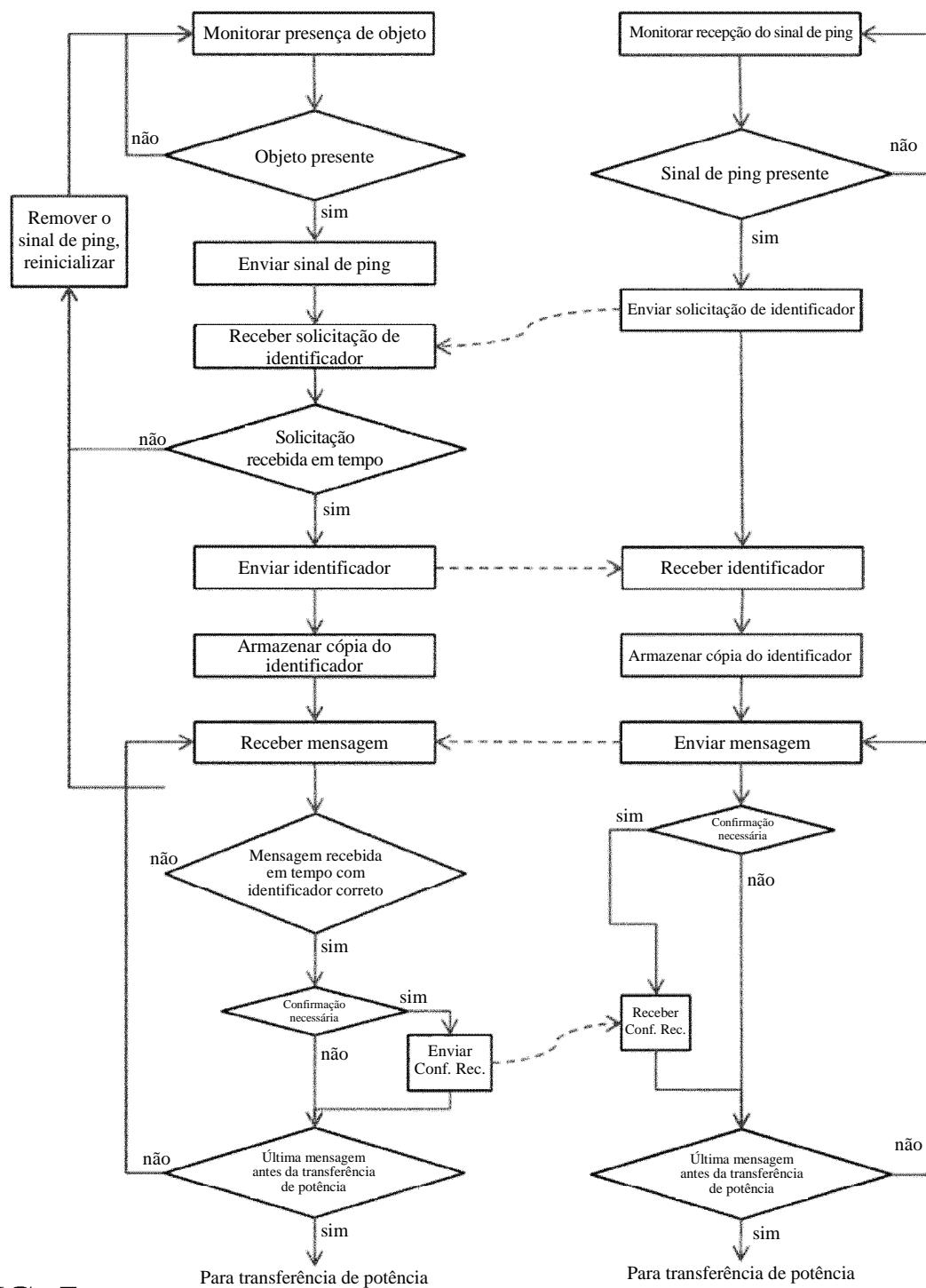


FIG. 6

**FIG. 7**

	b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_0
B_0								
B_1								
B_2								
B_3								
B_4								
B_5								

FIG. 8

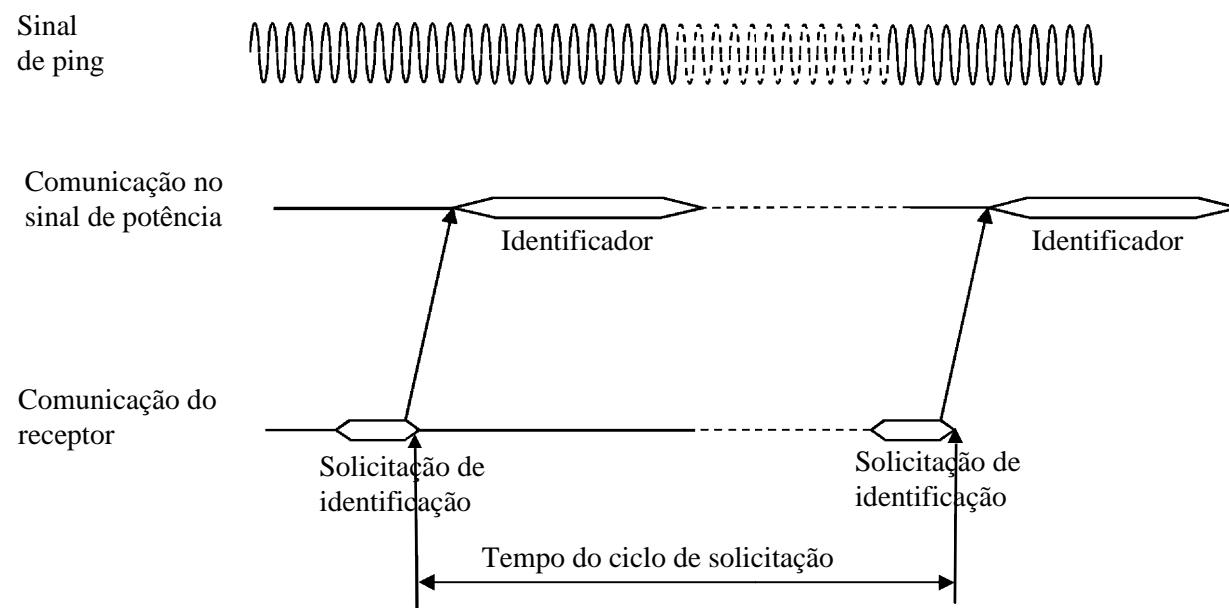
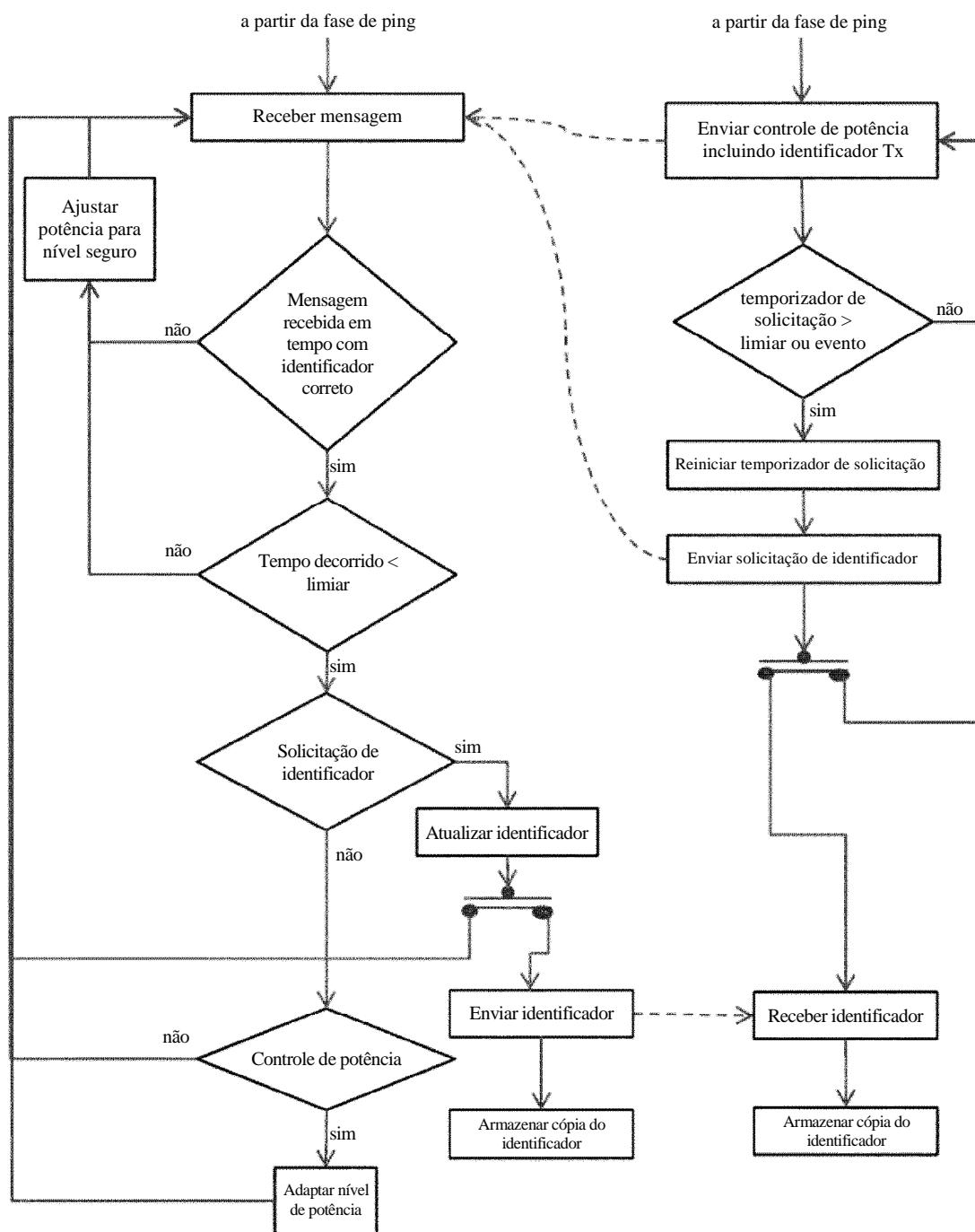


FIG. 9

**FIG. 10**

11/11

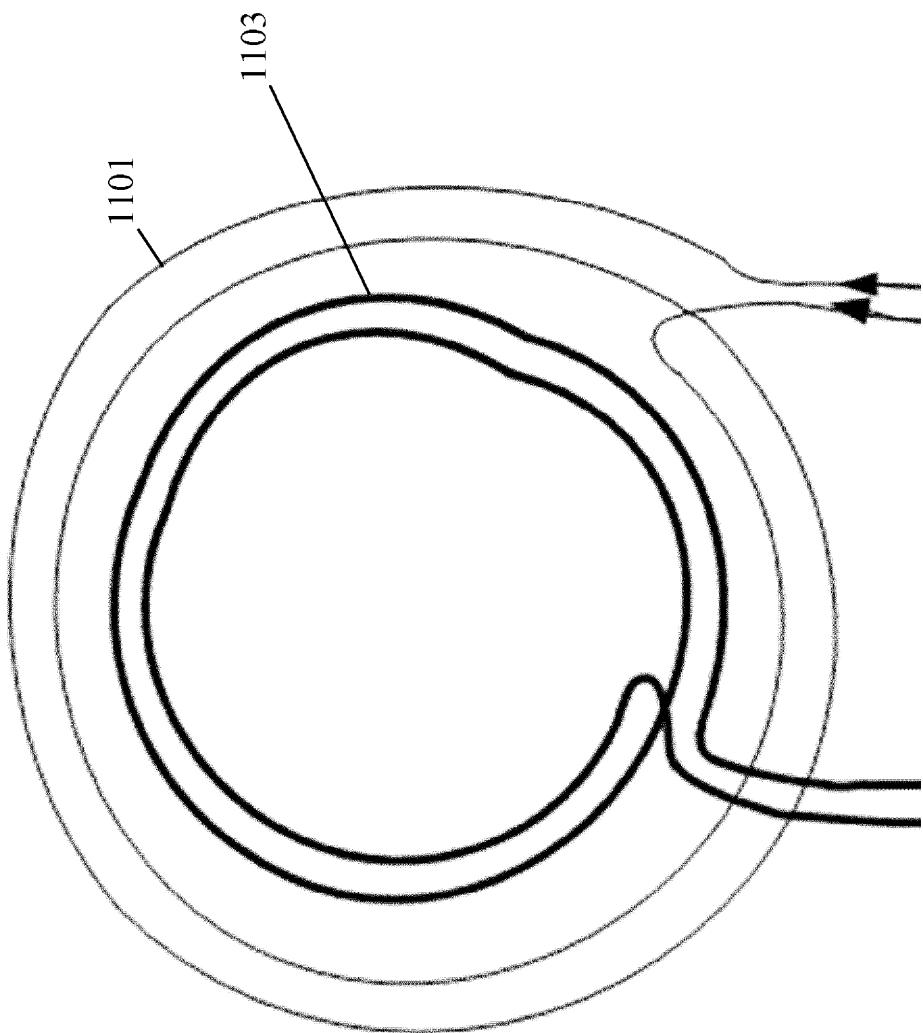


FIG. 11