

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6317349号
(P6317349)

(45) 発行日 平成30年4月25日 (2018. 4. 25)

(24) 登録日 平成30年4月6日 (2018. 4. 6)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 J 50/12 (2016. 01)

H O 2 J 50/12

H O 2 J 7/00 (2006. 01)

H O 2 J 7/00

P

B 6 0 L 11/18 (2006. 01)

H O 2 J 7/00

3 0 1 D

B 6 0 L 11/18

C

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2015-528628 (P2015-528628)
 (86) (22) 出願日 平成25年8月21日 (2013. 8. 21)
 (65) 公表番号 特表2015-531225 (P2015-531225A)
 (43) 公表日 平成27年10月29日 (2015. 10. 29)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2013/056032
 (87) 国際公開番号 W02014/031773
 (87) 国際公開日 平成26年2月27日 (2014. 2. 27)
 審査請求日 平成28年8月5日 (2016. 8. 5)
 (31) 優先権主張番号 61/692, 908
 (32) 優先日 平成24年8月24日 (2012. 8. 24)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 13/740, 679
 (32) 優先日 平成25年1月14日 (2013. 1. 14)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 507364838
 クアルコム, インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 921
 21 サン ディエゴ モアハウス ドラ
 イブ 5775
 (74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦
 (74) 代理人 100163522
 弁理士 黒田 晋平
 (72) 発明者 ニコラス・エー・キーリング
 アメリカ合衆国・カリフォルニア・921
 21-1714・サン・ディエゴ・モアハ
 ウス・ドライブ・5775

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ワイヤレス電力伝達システムにおける電力出力制御のためのシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワイヤレス電力受信機デバイスのための回路であって、

ワイヤレス電力伝達送信機デバイスと関連付けられた磁場からワイヤレス電力を受信する
 ように構成された誘導性要素であって、前記受信されたワイヤレス電力が前記誘導性要
 素内に交流を誘導する、誘導性要素と、

前記誘導性要素に電氣的に結合され、負荷に電流を供給して前記負荷にかかる電圧を生
 じさせるように構成された出力インターフェース回路と、

前記負荷にかかる前記電圧を検出するように構成された電圧検出器と、

前記検出された電圧に基づいて前記出力インターフェース回路から前記負荷を分離し、
 前記誘導性要素からの負荷にかかる電圧の変動を分離して、前記負荷にかかる前記電圧が
 変化するとき、前記誘導性要素内の前記交流を実質的に一定に維持するように構成され
 たコントローラと

前記誘導性要素と前記出力インターフェース回路との間に電氣的に結合された少なくと
 も1つのスイッチング要素と、

を備え、

前記コントローラが、前記スイッチング要素のデューティサイクルを制御するように構
 成される、

回路。

【請求項 2】

10

20

前記コントローラが、前記負荷にかかる前記電圧が変化するとき、前記誘導性要素にかかる電圧を実質的に一定に維持するように構成される、請求項1に記載の回路。

【請求項3】

前記出力インターフェース回路が、
前記誘導性要素内に誘導される前記交流を直流に変換するように構成された整流器と、
前記整流器からの前記直流を受信して、前記負荷への電力出力を制御するように構成されたブースト変換器と
を備える、請求項1または2に記載の回路。

【請求項4】

前記コントローラが、前記負荷にかかる前記電圧が変化するとき、前記整流器からの前記直流を実質的に一定に維持するように構成される、請求項3に記載の回路。

10

【請求項5】

前記スイッチング要素の前記デューティサイクルが、前記負荷にかかる前記電圧に比例する、請求項1に記載の回路。

【請求項6】

ワイヤレス電力伝達の方法であって、
磁場からワイヤレス電力を受信するステップであって、前記受信されたワイヤレス電力が誘導性要素内に交流を誘導する、受信するステップと、
前記誘導性要素内の前記交流に基づいて負荷に電流を供給するステップと、
前記負荷にかかる電圧を検出するステップと、
前記検出された電圧に基づいて出力インターフェース回路から前記負荷を分離し、前記誘導性要素からの負荷にかかる電圧の変動を分離して、前記負荷にかかる前記電圧が変化するとき、前記誘導性要素内の前記交流を実質的に一定に維持するステップと
スイッチング要素のデューティサイクルを制御するステップと、
を含む、方法。

20

【請求項7】

前記負荷にかかる前記電圧が変化するとき、前記誘導性要素にかかる電圧を実質的に一定に維持するステップをさらに含む、請求項6に記載の方法。

【請求項8】

負荷に電流を供給するステップが、
前記誘導性要素内に誘導される前記交流を直流に変換するステップと、
前記直流を受信するステップと、
前記負荷への電力出力を制御するステップと
を含む、請求項6または7に記載の方法。

30

【請求項9】

前記負荷にかかる前記電圧が変化するとき、前記直流を実質的に一定に維持するステップをさらに含む、請求項8に記載の方法。

【請求項10】

前記スイッチング要素の前記デューティサイクルが、前記負荷にかかる前記電圧に比例する、請求項6に記載の方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般にワイヤレス電力伝達に関し、より詳細には、バッテリーを含む車両などのリモートシステムへのワイヤレス電力伝達に係るデバイス、システム、および方法に関する。より詳細には、本発明は、ワイヤレス電力伝達システムにおいて使用されるワイヤレス電力伝達受信機デバイス内のスイッチング要素のデューティサイクルを制御することに関する。

【背景技術】

【0002】

50

バッテリーなどのエネルギー蓄積デバイスから受信された電気から導出された運動力を含む車両などのリモートシステムが導入されている。たとえば、ハイブリッド電気車両は、車両を充電するために、車両のブレーキおよび従来型モータからの電力を使用するオンボード充電器を備える。電気のための車両は一般に、他のソースからバッテリーを充電するための電気を受信する。バッテリー式電気車両(電気車両)は、家庭用または商用交流(AC)供給源などの何らかのタイプの有線ACを通して充電されることが提案されることが多い。有線充電接続は、電源に物理的に接続されているケーブルまたは他の同様の接続部を必要とする。ケーブルおよび同様の接続部は、場合によっては、不便であるか、または扱いにくく、かつ他の欠点を有することがある。電気車両を充電するのに使用されるように(たとえば、ワイヤレス場を介して)自由空間内で電力を伝達することが可能なワイヤレス充電システムは、有線充電ソリューションの欠点の一部を克服する可能性がある。したがって、電気車両を充電するために電力を効率的かつ安全に伝達するワイヤレス充電システムおよび方法が望ましい。

10

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

添付の特許請求の範囲内のシステム、方法、およびデバイスの様々な実装形態の各々は、いくつかの態様を有し、そのどの態様も単独で、本明細書で説明する望ましい属性に関与することはない。添付の特許請求の範囲を限定することなく、本明細書においていくつかの顕著な特徴について説明する。

20

【0004】

本明細書で説明する主題の1つまたは複数の実装形態の詳細について、以下の添付の図面および説明において述べる。他の特徴、態様、および利点は、説明、図面、および特許請求の範囲から明らかになるであろう。以下の図の相対的な寸法は、一定の縮尺で描かれていない可能性があることに留意されたい。

【0005】

本開示の一態様は、ワイヤレス電力受信機デバイスのための回路である。回路は、ワイヤレス電力伝達送信機デバイスと関連付けられた磁場からワイヤレス電力を受信するように構成された誘導性要素を備え、受信されたワイヤレス電力は、誘導性要素内に交流を誘導する。回路は、誘導性要素に電氣的に結合され、負荷に電流を供給するように構成された出力インターフェースをも備える。回路は、負荷にかかる電圧が変化するとき、誘導性要素内の電流を実質的に一定に維持するように構成されたコントローラをも備える。

30

【0006】

本開示の別の態様は、ワイヤレス電力伝達の方法である。方法は、ワイヤレス電力伝達送信機デバイスと関連付けられた磁場からワイヤレス電力を受信するステップを含み、受信されたワイヤレス電力は、誘導性要素内に交流を誘導する。方法は、負荷に電流を供給するステップをも含む。方法は、負荷にかかる検出された電圧が変化するとき、誘導性要素内の交流を実質的に一定に維持するステップをも含む。

【0007】

本開示の別の態様は、ワイヤレス電力伝達のための装置である。装置は、ワイヤレス電力伝達送信機デバイスと関連付けられた磁場からワイヤレス電力を受信するための手段を含み、受信されたワイヤレス電力は、誘導性要素内に交流を誘導する。方法は、負荷に電流を供給するための手段をも含む。方法は、負荷にかかる検出された電圧が変化するとき、誘導性要素内の交流を実質的に一定に維持するための手段をも含む。

40

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の例示的な実施形態による、電気車両を充電するための例示的なワイヤレス電力伝達システムの図である。

【図2】図1のワイヤレス電力伝達システムの例示的なコア構成要素の概略図である。

【図3】図1のワイヤレス電力伝達システムの例示的なコア構成要素および補助構成要素

50

を示す別の機能ブロック図である。

【図4】本発明の例示的な実施形態による、ワイヤレス電力伝達システムの一部の例示的な構成要素の概略図である。

【図5】本発明の例示的な実施形態による、ワイヤレス電力伝達システムの一部の例示的な構成要素の概略図である。

【図6】本発明の例示的な実施形態による、デューティサイクルに対する出力電流を示すグラフである。

【図7】本発明の例示的な実施形態による、測定された電圧に対して予想されるデューティサイクルを示すグラフである。

【図8】本発明の例示的な実施形態による、ワイヤレス電力伝達受信機デバイスからの電力出力を制御する方法を示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

図面に示された様々な特徴は、縮尺どおりに描かれていない場合がある。したがって、明確にするために、様々な特徴の寸法は任意に拡大または縮小されている場合がある。加えて、図面のいくつかは、所与のシステム、方法、またはデバイスの構成要素のすべてを描写していない場合がある。最後に、本明細書および図の全体を通して、同様の特徴を示すために同様の参照番号が使用される場合がある。

【0010】

添付の図面に関する下記の発明を実施するための形態は、本発明の例示的な実施形態を説明することを意図しており、本発明を實踐することができる唯一の実施形態を表すことは意図していない。本説明全体にわたって使用される「例示的」という用語は、「例、実例、または例示としての役割を果たす」ことを意味しており、必ずしも、他の例示的な実施形態よりも好ましいか、または有利なものと解釈されるべきではない。詳細な説明は、本発明の例示的な実施形態の完全な理解が得られるように、具体的な細部を含む。本発明の例示的な実施形態はこれらの具体的な詳細なしに実行され得ることが、当業者には明らかであろう。場合によっては、本明細書に提示する例示的な実施形態の新規性を曖昧にするのを回避するために、よく知られている構造およびデバイスがブロック図の形式で示されている。

【0011】

電力をワイヤレスに伝達することは、物理的な電気導体を使用することなく、電場、磁場、電磁場などに関連する任意の形態のエネルギーを送信機から受信機に伝達することを指し得る(たとえば、電力は、自由空間を通して伝達され得る)。電力伝達を実現するために、ワイヤレス場(たとえば、磁場)内に出力された電力は、「受信コイル」によって受け取られ、捕捉され、または結合され得る。

【0012】

本明細書において、リモートシステムについて説明するために電気車両が使用され、その一例は、運動能力の一部として、充電可能なエネルギー蓄積デバイス(たとえば、1つまたは複数の再充電可能な電気化学セルまたは他のタイプのバッテリー)から導出された電力を含む車両である。非限定的な例として、いくつかの電気車両は、電気モータ以外に、直接運動のための、または車両のバッテリーを充電するための従来型内燃機関を含むハイブリッド電気車両であり得る。他の電気車両は、電力からすべての運動能力を引き出し得る。電気車両は、自動車に限定されず、オートバイ、カート、スクーターなどを含み得る。限定ではなく例として、リモートシステムは本明細書において、電気車両(EV)の形態で説明される。さらに、充電可能なエネルギー蓄積デバイスを使用して少なくとも部分的に電力供給され得る他のリモートシステム(たとえば、パーソナルコンピューティングデバイスなどの電子デバイス)も企図される。

【0013】

誘導性電力伝達(IPT)システムは、エネルギーのワイヤレス伝達ための一手段である。IPTでは、一次(または「基地」)電力デバイスが、二次(または「ピックアップ」)電力受信

10

20

30

40

50

機デバイスに電力を送信する。送信機電力デバイスおよび受信機電力デバイスの各々は誘導性要素、典型的には電流搬送媒体のコイルまたは巻線(winding)、を備える。一次コイル内の交流は、変化する電磁場を生じる。ピックアップのコイルが変動する電磁場内にあるとき、起電力(EMF)が誘導され、それによりピックアップに電力が伝達される。

【0014】

いくつかのIPTシステムは、一定の周波数で共振するように同調された誘導コイル間で電力が送信される、共振誘導結合を使用する。共振結合は、誘導コイルと直列または並列に誘導性要素および/または容量性要素を追加することによって実現され得る。

【0015】

共振IPTシステムでは、ピックアップに伝達される利用可能な電力の割合は、一次コイルと二次コイルとの間の結合の度合いに依存する。結合が大きいほど、より多くの電力が二次コイルに伝達される。結合係数は、二次コイルを切る一次コイルの磁束の割合(fraction)として定義され得、システムの形状の関数である。結合係数は、それゆえ、一次コイルと二次コイルとの間の距離と、それらの位置合わせに依存する。

【0016】

IPTを使用して電気車両を充電するためのワイヤレス電力伝達システムでは、車両が充電されるたびに結合のレベルに大きい変化が存在する可能性がある。一次コイルと二次コイルとの間の距離および位置合わせは、両コイルの配置(location)および基地に対するピックアップが搭載されている車両の位置決め(positioning)に基づいて変化する可能性がある。この結合の変化は、電気車両のバッテリーに最適電力を送達するためのシステムを構成する場合に困難を生じることがある。

【0017】

電気車両を充電するためにいくつか存在するIPTシステムでは、結合の変化を補償するために基地内の電源において、スイッチングが実行され、所与の電圧に対して一定の出力電流を実現するために一次コイル内の電流を変化させる。疎に結合されたシステムでは、一次コイル内の電流は、二次コイルから同じ電流出力を実現するために、密に結合されたシステムにおける一次コイル内の電流よりもかなり高い可能性がある。一次コイル内の電流のそのような変動は、システム内の電力電子構成要素に著しいストレスをかけ、より高価な構成要素の必要性をもたらし、信頼性を低下させ、動作範囲を制限する。

【0018】

その上、電気車両では、出力電圧は、充電中に30%以上変化することがあるバッテリー電圧によって設定される。システムが一定電力出力に制限されている場合、この電圧振幅は、補正するために、基地電源が一次電流を相応に制御することを必要とする。結果として生じる電源電流の変動は、結合の変動によって生じる問題をより大きくする。

【0019】

図1は、本発明の例示的な実施形態による、電気車両112を充電するための例示的なワイヤレス電力伝達システム100の図である。ワイヤレス電力伝達システム100は、電気車両112が基地ワイヤレス充電システム102aの近くに駐車している間に、電気車両112の充電を可能にする。駐車エリアにおいて2台の電気自動車に対応する基地ワイヤレス充電システム102aおよび102bの上に駐車させるためのスペースが示されている。いくつかの実施形態では、ローカル分配センター130を電力バックボーン132に接続することができ、ローカル分配センター130は、交流(AC)または直流(DC)供給を、電力リンク110を介して、基地ワイヤレス充電システム102aに提供するように構成され得る。基地ワイヤレス充電システム102aはまた、電力をワイヤレスに伝達または受信するための基地システム誘導コイル104aを備える。電気車両112は、バッテリーユニット118、電気車両誘導コイル116、および電気車両ワイヤレス充電システム114を備え得る。電気車両誘導コイル116は、たとえば、基地システム誘導コイル104aによって生成された電磁場の領域を介して、基地システム誘導コイル104aと相互作用することができる。

【0020】

いくつかの例示的な実装形態では、電気車両誘導コイル116は、基地システム誘導コイ

10

20

30

40

50

ル104aによって作成されたエネルギー場の中に配置されるときに電力を受信し得る。場は、基地システム誘導コイル104aによって出力されたエネルギーが電気車両誘導コイル116によって捕捉され得る領域に対応する。場合によっては、場は、基地システム誘導コイル104aの「近距離場」に対応し得る。近距離場は、基地システム誘導コイル104aから電力を放射しない、基地システム誘導コイル104a内の電流および電荷からもたらされる、強い反応場が存在する領域に対応し得る。場合によっては、近距離場は、以下でさらに説明するように、基地システム誘導コイル104aの波長の約1/2 の中にある領域(反対に電気車両誘導コイル116の場合も同様)に対応し得る。

【0021】

ローカル分配センター130は、通信バックホール134を介して外部ソース(たとえば、電力網)と、通信リンク108を介して基地ワイヤレス充電システム102aと通信するように構成され得る。

【0022】

いくつかの実施形態では、単純に運転手が電気車両112を基地システム誘導コイル104aに対して正確に位置決めすることによって、電気車両誘導コイル116は、基地システム誘導コイル104aと位置合わせすることができ、したがって、近距離場領域内に配置することができる。他の実施形態では、ワイヤレス電力伝達のために電気車両112が適切に配置されたときを判断するために、運転手には、視覚的フィードバック、聴覚的フィードバック、またはそれらの組合せを与えることができる。また他の実施形態では、電気車両112は、オートパイロットシステムによって位置付けることができ、オートパイロットシステムは、位置合わせ誤差が許容値に達するまで、電気車両112を(たとえば、ジグザグ運動で)前後に移動させることができる。これは、電気車両112が、車両を調整するためのサーボハンドル、超音波センサ、およびインテリジェンスを備える場合、運転手が介入することなく、または運転手が最低限の介入しか行わずに、電気車両112によって自動的、自律的に実行することができる。さらに他の実施形態では、電気車両誘導コイル116、基地システム誘導コイル104a、またはそれらの組合せは、誘導コイル116、104aを互いに対して変位および移動させて、それらをより正確に方向合わせし、それらの間により効率的な結合を生じさせるための機能を有することができる。

【0023】

基地ワイヤレス充電システム102aは、様々な場所に配置することができる。非限定的な例として、いくつかの適切な場所は、電気車両112の所有者の自宅の駐車エリア、従来のガソリンスタンドに倣った電気車両ワイヤレス充電用に確保された駐車エリア、ならびにショッピングセンターおよび職場など、他の場所の駐車場を含む。

【0024】

ワイヤレスに電気車両を充電することで、数々の利点が提供され得る。たとえば、充電は、自動的、実質的に運転手の介入および操作なしに実行することができ、それによって、ユーザの利便性を向上させる。露出した電気接点、および機械的摩耗をなくすこともでき、それによって、ワイヤレス電力伝達システム100の信頼性を高める。ケーブルおよびコネクタを用いる操作を不必要にすることができ、戸外の環境において湿気および水分にさらされることがある、ケーブル、プラグ、またはソケットをなくすことができ、それによって、安全性を向上させる。見えるまたは接近できるソケット、ケーブル、およびプラグをなくすこともでき、それによって、電力充電デバイスへの潜在的な破壊行為を減らす。さらに、電力網を安定させるために、電気車両112を分散貯蔵デバイスとして使用することができるので、ピークルツーグリッド(V2G:Vehicle-to-Grid)動作のための車両の利用可能性を高めるために、ドッキングツーグリッド(docking-to-grid)ソリューションが使用されることがある。

【0025】

図1に関して説明するワイヤレス電力伝達システム100は、美的で無害の利点も提供し得る。たとえば、自動車および/または歩行者の妨害となることがある、充電カラムおよびケーブルをなくすことができる。

10

20

30

40

50

【0026】

ビークルツングリッド機能のさらなる説明として、ワイヤレス電力送信および受信機能は、基地ワイヤレス充電システム102aが電力を電気車両112に伝達し、たとえばエネルギー不足のときに電気車両112が電力を基地ワイヤレス充電システム102aに伝達するように、相互的になるように構成され得る。この機能は、過剰な需要または再生可能エネルギー生産(たとえば、風または太陽)の不足によって引き起こされたエネルギー不足のときに電気車両が分配システム全体に電力を寄与できるようにすることによって電力分配網を安定させるのに役立ち得る。

【0027】

図2は、図1のワイヤレス電力伝達システム100の例示的なコア構成要素の概略図である。図2に示すように、ワイヤレス電力伝達システム200は、インダクタンス L_1 を有する基地システム誘導コイル204を備える基地システム送信回路206を含み得る。ワイヤレス電力伝達システム200は、インダクタンス L_2 を有する電気車両誘導コイル216を備える電気車両受信回路222をさらに含む。本明細書で説明する実施形態は、一次構造(送信機)と二次構造(受信機)の両方が共通の共振周波数に同調されている場合に、磁気または電磁気近距離場を介して一次構造から二次構造にエネルギーを効率的に結合することが可能な共振構造を形成する、容量装荷ワイヤループ(すなわち、多巻きコイル)を使用することができる。

【0028】

共振周波数は、上述した誘導コイル(たとえば、基地システム誘導コイル204)を備える送信回路のインダクタンスおよびキャパシタンスに基づき得る。図2に示すように、インダクタンスは概して、誘導コイルのインダクタンスであってよく、一方でキャパシタンスは、所望の共振周波数で共振構造を形成するために誘導コイルに追加され得る。非限定的な例として、キャパシタが、電磁場を生成する共振回路(たとえば、基地システム送信回路206)を形成するために誘導コイルと直列に追加され得る。したがって、より大きい直径の誘導コイルでは、共振を誘起するためのキャパシタンスの値は、コイルの直径またはインダクタンスが増加するにつれて減少してよい。インダクタンスはまた、誘導コイルの巻数に左右され得る。さらに、誘導コイルの直径が増加するにつれて、近距離場の効率的なエネルギー伝達面積が増加してよい。他の共振回路も考えられる。別の非限定的な例として、誘導コイル(たとえば、並列共振回路)の2つの端子間に並列にキャパシタを配置してよい。さらに、誘導コイルは、誘導コイルの共振を改善するための高品質(Q)係数を有するように設計され得る。

【0029】

コイルは、電気車両誘導コイル216および基地システム誘導コイル204のために使用され得る。エネルギーを結合するために共振構造を使用することは、「磁気結合共振」、「電磁結合共振」、および/または「共振誘導」と呼ばれ得る。ワイヤレス電力伝達システム200の動作は、基地ワイヤレス電力充電システム202から電気車両112への電力伝達に基づいて説明されることになるが、これに限定されない。たとえば、上記で説明したように、電気車両112は、基地ワイヤレス電力充電システム102aに電力を伝達し得る。

【0030】

図2を参照すると、電源208(たとえば、ACまたはDC)は、電気車両112にエネルギーを伝達するために電力 P_{SDC} を基地ワイヤレス電力充電システム202に供給する。基地ワイヤレス電力充電システム202は、基地充電システム電力変換器236を含む。基地充電システム電力変換器236は、標準的なメインAC電力から適切な電圧レベルのDC電力に電力を変換するように構成されたAC/DC変換器、およびDC電力をワイヤレス高電力伝達に適した動作周波数の電力に変換するように構成されたDC/低周波数(LF)変換器などの回路を含み得る。基地充電システム電力変換器236は、所望の周波数で電磁場を放出するために、直列構成または並列構成または両方の組合せによる反応性同調構成要素からなることができる基地充電システム同調回路205を、基地システム誘導コイル204とともに備える、基地システム送信回路206に電力 P_1 を供給する。所望の周波数で共振する基地システム誘導コイル204との共振回路を形成するために、キャパシタ C_1 が提供され得る。基地システム誘導コイル204

は電力 P_1 を受信し、電気車両112の充電または電気車両112への電力供給に十分なレベルの電力をワイヤレスに送信する。たとえば、基地システム誘導コイル204によってワイヤレスに提供される電力レベルは、およそ数キロワット(kW)(たとえば、1kWから110kWまでの間、またはこれよりも高いkWまたは低いkW)であり得る。

【0031】

基地システム誘導コイル204を備える基地システム送信回路206および電気車両誘導コイル216を備える電気車両受信回路222は、実質的に同じ周波数に合わせられてよく、基地システム誘導コイル204および電気車両誘導コイル116のうちの1つによって送出された電磁場の近距離場内に位置付けられ得る。この場合、電気車両充電システム同調回路221および電気車両誘導コイル116を備える電気車両受信回路222に電力が伝達され得るように、基地システム誘導コイル204および電気車両誘導コイル116は、互いに結合され得る。電気車両充電システム同調回路221は、所望の周波数で共振する電気車両誘導コイル216との共振回路を形成するように提供され得る。コイル分離で生じる相互結合係数は、要素 $k(d)$ によって表される。等価抵抗 $R_{eq,1}$ および $R_{eq,2}$ は、誘導コイル204および216、ならびにいくつかの実施形態では、それぞれ基地充電システム同調回路205および電気車両充電システム同調回路221において提供され得る逆リアクタンスキャパシタに固有であり得る損失を表す。電気車両誘導コイル216および電気車両充電システム同調回路221を含む電気車両受信回路222は、電力 P_2 を受信し、電気車両充電システム214の電気車両電力変換器238に電力 P_2 を供給する。

【0032】

電気車両電力変換器238は、とりわけ、電気車両バッテリーユニット218の電圧レベルに整合する電圧レベルのDC電力に戻す形で動作周波数の電力を変換するように構成されたLF/DC変換器を含み得る。電気車両電力変換器238は、電気車両バッテリーユニット218を充電するために、変換された電力 P_{Ldc} を提供することができる。電源208、基地充電システム電力変換器236、および基地システム誘導コイル204は、静止し、上述した様々な場所に位置してよい。バッテリーユニット218、電気車両電力変換器238、および電気車両誘導コイル216は、電気車両112の一部またはバッテリーパック(図示せず)の一部である電気車両充電システム214中に備えられ得る。電気車両充電システム214はまた、電力網に電力を戻すために、電気車両誘導コイル216を通して基地ワイヤレス電力充電システム202にワイヤレスに電力を提供するように構成され得る。電気車両誘導コイル216および基地システム誘導コイル204の各々は、動作モードに基づいて送信誘導コイルまたは受信誘導コイルとしての働きをすることができる。

【0033】

図示されていないが、ワイヤレス電力伝達システム200は、電気車両バッテリーユニット218または電源208をワイヤレス電力伝達システム200から安全に切断する負荷切断ユニット(LDU)を備え得る。たとえば、緊急事態またはシステム障害の場合、LDUは、ワイヤレス電力伝達システム200から負荷を切断するようにトリガされ得る。LDUは、バッテリーへの充電を管理するためのバッテリー管理システムに加えて提供されてよく、またはバッテリー管理システムの一部であってもよい。

【0034】

さらに、電気車両充電システム214は、電気車両誘導コイル216を電気車両電力変換器238との間で選択的に接続および切断するための切替回路(図示せず)を含むことができる。電気車両誘導コイル216を切断することで、充電を中止することができ、(送信機としての働きをする)基地ワイヤレス充電システム102aによって「見られる」ように「負荷」を調整することもでき、これを利用して、(受信機としての働きをする)電気車両充電システム114を基地ワイヤレス充電システム102aから分離することができる。送信機が負荷感知回路を含む場合、負荷変動が検出され得る。したがって、基地ワイヤレス充電システム202などの送信機は、電気車両充電システム114などの受信機が基地システム誘導コイル204の近距離場に存在するときを判断するための機構を有し得る。

【0035】

上記で説明したように、動作中、車両またはバッテリーへのエネルギー伝達を仮定すると、基地システム誘導コイル204がエネルギー伝達を提供するための場を生成するように、電源208から入力電力が提供される。電気車両誘導コイル216は放射場に結合し、電気車両112による貯蔵または消費のために出力電力を生成する。上記のように、いくつかの実施形態では、電気車両誘導コイル116の共振周波数および基地システム誘導コイル204の共振周波数が非常に近くなるか、または実質的に同じになるように相互共振関係に従って、基地システム誘導コイル204および電気車両誘導コイル116は構成される。電気車両誘導コイル216が基地システム誘導コイル204の近距離場に位置するとき、基地ワイヤレス電力充電システム202と電気車両充電システム214との間の送電損失は最小である。

【0036】

10

上述のように、効率的なエネルギー伝達は、電磁波内のエネルギーの大部分を近距離場を越えて伝播するのではなく、送信誘導コイルの近距離場内のエネルギーの大部分を受信誘導コイルに結合することによって生じる。この近距離場にあるとき、送信誘導コイルと受信誘導コイルとの間に結合モードが確立され得る。この近距離場結合が発生し得る誘導コイルの周りのエリアを、本明細書では近距離場結合モード領域と呼ぶ。

【0037】

図示されていないが、基地充電システム電力変換器236および電気車両電力変換器238はいずれも、発振器、電力増幅器などのドライバ回路、フィルタ、およびワイヤレス電力誘導コイルと効率的に結合するための整合回路を含み得る。発振器は、調整信号に応答して調整され得る所望の周波数を生成するように構成され得る。発振器信号は、電力増幅器によって、制御信号に応答する増幅量で増幅され得る。フィルタおよび整合回路は、高調波または他の不要な周波数をフィルタ除去し、電力変換モジュールのインピーダンスをワイヤレス電力誘導コイルに整合させるために含まれ得る。電力変換器236および238はまた、バッテリーを充電するために適切な電力出力を生成するための整流器および切替回路を含み得る。

20

【0038】

開示する実施形態を通じて説明する電気車両誘導コイル216および基地システム誘導コイル204は、「ループ」アンテナ、より具体的には、多巻きループアンテナと呼ばれるか、またはそのようなものとして構成され得る。誘導コイル204および216はまた、本明細書において「磁気」アンテナと呼ばれるか、またはそのようなものとして構成され得る。「コイル」という用語は、別の「コイル」に結合するためのエネルギーをワイヤレスに出力または受信することができる構成要素を指すことが意図される。本明細書で使用する場合、コイル204および216は、電力をワイヤレスに出力、ワイヤレスに受信、および/またはワイヤレスに中継するように構成されるタイプの「電力伝達構成要素」の例である。コイルは、電力をワイヤレスに出力または受信するように構成されるタイプの「アンテナ」と呼ぶこともできる。ループ(たとえば、多巻きループ)アンテナは、空芯、またはフェライトコアなどの物理的コアを含むように構成され得る。空芯ループアンテナにより、コアエリア内に他の構成要素を配置することが可能になり得る。強磁性材料またはフェリ磁性材料を含む物理的コアアンテナにより、より強い電磁場の生成および結合の改善が可能になり得る。

30

40

【0039】

上述のように、送信機と受信機との間のエネルギーの効率的な伝達は、送信機と受信機との間に整合した共振またはほぼ整合した共振が生じている間に行われる。しかしながら、送信機と受信機との間の共振が整合しないときでも、効率性を下げてエネルギーを伝達することができる。エネルギーの伝達は、送信誘導コイルからのエネルギーを自由空間に伝播するのではなく、送信誘導コイルの近距離場からのエネルギーを、この近距離場が確立された領域内(たとえば、共振周波数の所定の周波数範囲内または近距離場領域の所定の距離内)に存在する受信誘導コイルに結合することによって生じる。

【0040】

上述のように、いくつかの実施形態によれば、互いの近距離場にある2つの誘導コイル

50

の間の電力結合が開示されている。上述のように、近距離場は、電磁場が存在する誘導コイルの周りの領域に対応し得るが、誘導コイルから伝播または放射することはない場合がある。近距離場結合モード領域は、通常は波長のごく一部の中にある、誘導コイルの物理容積に近い容積に対応し得る。いくつかの実施形態によれば、1回巻きまたは多巻きループアンテナなどの電磁誘導コイルは、送信と受信の両方に使用され、その理由は、実際の実施形態における磁気近距離場振幅は、電気タイプアンテナ(たとえば、小さいダイポール)の電気近距離場と比較して、磁気タイプコイルの場合に高い傾向があることにある。これにより、ペア間の潜在的により高い結合が可能になる。さらに、「電気」アンテナ(たとえば、ダイポールおよびモノポール)または磁気アンテナと電気アンテナとの組合せが使用され得る。

10

【0041】

図3は、図1のワイヤレス電力伝達システム300の例示的なコア構成要素および補助構成要素を示す別の機能ブロック図である。ワイヤレス電力伝達システム300は、通信リンク376、案内リンク366、ならびに基地システム誘導コイル304および電気車両誘導コイル316のための位置合わせシステム352、354を示している。図2に関して上述したように、電気車両112へのエネルギーフローを仮定すると、図3では、基地充電システム電力インターフェース354は、ACまたはDC電源などの電源からの電力を充電システム電力変換器336に供給するように構成され得る。基地充電システム電力変換器336は、基地充電システム電力インターフェース354からACまたはDC電力を受信して、基地システム誘導コイル304をその共振周波数においてまたはその共振周波数近くで励磁することができる。電気車両誘導コイル316は、近距離場結合モード領域にあるとき、近距離場結合モード領域からエネルギーを受信して、共振周波数においてまたは共振周波数近くで発振することができる。電気車両電力変換器338は、電気車両誘導コイル316からの発振信号を、電気車両電力インターフェースを介してバッテリーに充電するのに適した電力信号に変換する。

20

【0042】

基地ワイヤレス充電システム302は基地充電システムコントローラ342を備え、電気車両充電システム314は電気車両コントローラ344を備える。基地充電システムコントローラ342は、たとえば、コンピュータ、および電力分配センター、またはスマート電力網などの他のシステム(図示せず)への基地充電システム通信インターフェース162を備えることができる。電気車両コントローラ344は、たとえば、車両搭載コンピュータ、他のバッテリー充電コントローラ、車両内の他の電子システム、およびリモート電子システムなどの他のシステム(図示せず)への電気車両通信インターフェースを備え得る。

30

【0043】

基地充電システムコントローラ342および電気車両コントローラ344は、別個の通信チャンネルを有する特定のアプリケーションのためのサブシステムまたはモジュールを備え得る。これらの通信チャンネルは、別個の物理チャンネルまたは別個の論理チャンネルであり得る。非限定的な例として、基地充電位置合わせシステム352は、自律的に、またはオペレータの支援により、基地システム誘導コイル304と電気車両誘導コイル316とをよりしっかりと位置合わせするためのフィードバック機構を提供する通信リンク376を介して、電気車両位置合わせシステム354と通信することができる。同様に、基地充電案内システム362は基地システム誘導コイル304と電気車両誘導コイル316とを位置合わせする際にオペレータを案内するためのフィードバック機構を提供する案内リンクを介して、電気車両案内システム364と通信することができる。さらに、基地ワイヤレス電力充電システム302と電気車両充電システム314との間で他の情報を通信するための基地充電通信システム372および電気車両通信システム374によってサポートされる別個の汎用通信リンク(たとえば、チャンネル)があり得る。この情報は、基地ワイヤレス電力充電システム302と電気車両充電システム314の両方の電気車両特性、バッテリー特性、充電ステータス、および電力容量に関する情報、ならびに電気車両112に関する保守および診断データを含み得る。これらの通信チャンネルは、たとえば、ブルートゥース、zigbee、セルラーなどの別個の物理通信チャンネルであり得る。

40

50

【 0 0 4 4 】

基地ワイヤレス充電システム302と電気車両充電システム314との間で通信するために、ワイヤレス電力伝達システム300は、帯域内シグナリングとRFデータモデム(たとえば、許可されていない帯域での無線によるイーサネット(登録商標))の両方を使用し得る。帯域外通信は、車両の使用者/所有者への付加価値サービスの割当てに十分な帯域幅を提供し得る。ワイヤレス電力キャリアの低深度振幅または位相変調は、干渉を最小限に抑えた帯域内シグナリングシステムとしての働きをし得る。

【 0 0 4 5 】

加えて、いくつかの通信は、特定の通信アンテナを使用せずにワイヤレス電力リンクを介して実行され得る。たとえば、ワイヤレス電力誘導コイル304および316はまた、ワイヤレス通信送信機としての働きをするように構成され得る。したがって、基地ワイヤレス電力充電システム302のいくつかの実施形態は、ワイヤレス電力経路におけるキーイングタイププロトコルを可能にするためのコントローラ(図示せず)を含むことができる。所定のプロトコルによる所定の間隔で送信電力レベルをキーイング(振幅シフトキーイング)することによって、受信機は、送信機からのシリアル通信を検出し得る。基地充電システム電力変換器336は、基地システム誘導コイル304によって生成された近距離場の近傍における作動中の電子車両受信機の有無を検出するための負荷感知回路(図示せず)を含むことができる。例として、負荷感知回路は、基地システム誘導コイル104aによって生成された近距離場の近傍における作動中の受信機の有無によって影響を及ぼされる電力増幅器に流れる電流を監視する。電力増幅器上の負荷に対する変化の検出は、エネルギーを伝送するために発振器を有効にすべきかどうか、作動中の受信機と通信すべきかどうか、またはそれらの組合せを決定する際に使用するために基地充電システムコントローラ342によって監視され得る。

【 0 0 4 6 】

ワイヤレス高電力伝達を可能にするために、いくつかの実施形態は、10~60kHzの範囲内の周波数で電力を伝達するように構成され得る。この低周波数結合は、固体デバイスを使用して達成され得る高効率な電力変換を可能にし得る。加えて、無線システムによる共存問題が他の帯域と比べて少なくなり得る。

【 0 0 4 7 】

図4は、たとえば図2に示すワイヤレス電力伝達システムの一部の例示的な構成要素の概略図である。基地システム送信回路400は、ベース電流 I_1 が流れるインダクタンス L_1 を有する一次誘導性要素、すなわち第1のコイル401を備える。第1のコイル401は、電気車両受信回路403内の二次誘導性要素、すなわち第2のコイル402に誘導結合され得、第2のコイル402はインダクタンス L_2 を有する。ワイヤレス電力の送信機デバイスと受信機デバイスとの間の結合のレベルは、結合係数 k で表される。交流がコイル401を流れると、電圧が、電気車両受信回路403内に誘導され得、結果として誘導電流 I_2 がコイル402を流れる。図4に示す電気車両受信回路403は、同調のために、第2のコイル402と平行に接続された容量性要素404を備える。容量性要素404は、少なくとも1つのキャパシタを備え得る。

【 0 0 4 8 】

電気車両充電状況では、送信機回路と受信機回路との間の結合のレベルは、所与のベース電流 I_1 に対する受信回路403内の二次コイル402および容量性要素404から形成される共振回路からの電流出力に影響を与えることがある。上記で説明したように、結合のレベルは、送信機回路および受信機回路内のコイルの位置合わせ、ならびに両コイル間の距離など、幾何学的要因によって決定され得る。

【 0 0 4 9 】

任意の所与の電気車両充電システムに負荷を供給するために、特定の出力電流を目標にすることが望ましい。所望の出力電流は、特定の電気車両バッテリーユニットの充電特性に適合し、システムの効率を最適化することができる。所望の出力電流は、最適出力電流から所与のレベルの許容誤差範囲内である、一定範囲の電流値とすることができる。

【 0 0 5 0 】

所望の出力電流が実現され得る一様式は、図4に示すように、一次誘導性要素401を通して流れるベース電流 I_1 を変えることによるものである。しかしながら、(高い結合係数 k を有する)密に結合されたシナリオと(低い結合係数 k を有する)疎に結合されたシナリオとの間の結合のレベルの差は著しいことがあり、すべての結合シナリオにおいて受信回路403内で所望の出力電流を実現するために、ベース電流 I_1 の大きい変動が要求されることを意味する。加えて、最大の実現可能ベース電流が、システムが許容できる位置合わせの範囲を制限する。第1のコイル401内の電流の変動は、システム内の電力用電子構成要素に著しいストレスを与えるばかりでなく、システムの総合電力効率を低下させ、コイルの最適設計において困難を提起することがある。

10

【 0 0 5 1 】

電気車両受信回路403は、第2のコイル402内で誘導される交流を直流に変換するように構成された整流器405をさらに備える。整流器405は、負荷、この場合はバッテリー407、への電力出力を制御するように構成されたブースト変換器406に供給する。ブースト変換器406は、整流器405電流 I_{Ldc} が流れる整流器405と直列に接続された誘導性要素408と、バッテリー407にわたって並列に接続された制御可能なスイッチング要素409と、バッテリー407と直列に接続された整流要素、この場合はダイオード410とを備える。スイッチング要素は、当業者に知られている任意の適切な手段、たとえば、MOSFETまたはIGBTなどのソリッドステートデバイスであってよいことを諒解されたい。システムの周波数が約20kHzより高く、電圧が実質的に600Vより低い例示的な実施形態では、これらの条件においてIGBTより低いスイッチング損失を有するMOSFETが、スイッチング要素として使用されるのに特に適切であり得ることが想定される。

20

【 0 0 5 2 】

バッテリー407にかかる電圧は、電圧検出器411によって決定される。この電圧読取値はコントローラ412に与えられ、スイッチング要素409のデューティサイクルを決定するために使用される。整流器405、ブースト変換器406およびコントローラ412は、分離コントローラ413を形成し得る。分離コントローラ413は、バッテリー407を回路の残部から分離し得、その結果、バッテリー407の出力電圧 V_{dc} の変化が、対応する変化をベース電流 I_1 において引き起こすことはない。いくつかの実施態様は、バッテリー407出力電圧 V_{dc} の変動にもかかわらず、整流器405電流 I_{Ldc} 、誘導電流 I_2 、および/または共振器402にかかる電圧を実質的に一定に維持することによって、ベース電流 I_1 を実質的に一定に維持する。

30

【 0 0 5 3 】

電気車両受信回路403の残部からバッテリー407の出力電圧 V_{dc} の変動を分離することの利点のうちのいくつかには、向上した効率、低減した設計の複雑さ、および低減したコストが含まれる。いくつかの実施形態では、バッテリー407出力電圧 V_{dc} の変動が、整流器405電流 I_{Ldc} 、誘導電流 I_2 、および/または共振器402にかかる電圧の変動をあまり引き起こさない場合、二次コイル402を最適化することはより容易であり、システムおよびその構成要素を設計することもより容易である。

【 0 0 5 4 】

コントローラ412は、電気車両受信回路222にかかる電圧および/またはそこを流れる電流を実質的に一定に維持するように、スイッチング要素409のデューティサイクルを制御する。スイッチング要素409のデューティサイクルは、出力電流 I_{dc} および/またはバッテリー407出力電圧 V_{dc} に比例し得る。実質的に一定のベース電流 I_1 を維持することの利点は、個別の受信機に対するバッテリー電圧の変動にもかかわらず、ワイヤレス電力送信機は、複数の受信機に同時に電力を送信し得ることにある。

40

【 0 0 5 5 】

コントローラ412の機能は、図3に示すコントローラ344など、追加の機能とともに課せられる電気車両コントローラによって実行され得、専用のコントローラまたはプロセッサは不要であることを諒解されたい。

【 0 0 5 6 】

50

交流のベース電流 I_1 が、ベース回路400の例示的な実施形態内に存在する場合、整流器405電流 I_{Ldc} は、

【 0 0 5 7 】

【 数 1 】

$$I_{Ldc} = 1.1I_1k\sqrt{L_1/L_2} \quad (1)$$

【 0 0 5 8 】

によって概算され得、ここで1.1の値は、整流器を介する等価伝達率(equivalent transfer ratio)の近似値である。理論的には、この値は、

$$(2 \quad 2) \quad (2)$$

である。

【 0 0 5 9 】

結果としてもたらされるバッテリー407への出力電流 I_{dc} は、

$$I_{dc} = (1-D)I_{Ldc} \quad (3)$$

与えられ、ここでDは、スイッチング要素409のオン状態に対するデューティサイクルである。

【 0 0 6 0 】

例示的な実施形態では、Dは、

$$D = 1 - (V_{dc_min}/V_{dc}) \quad (4)$$

であり得る。(ここで、 V_{dc_min} はバッテリー407にかかる最小電圧であり、 V_{dc} はバッテリー407に現在かかっている電圧である。)

【 0 0 6 1 】

電力フローが、変換器406を介して保存される場合、

$$P_{out} = V_{dc}I_{dc} \quad (5)$$

$$P_{out} = V_{dc}(1-D)I_{Ldc} \quad (6)$$

$$P_{out} = V_{dc}(V_{dc_min}/V_{dc})I_{Ldc} \quad (7)$$

【 0 0 6 2 】

【 数 2 】

$$P_{out} = V_{dc_min}1.1I_1k\sqrt{L_1/L_2} \quad (8)$$

【 0 0 6 3 】

ここで P_{out} はバッテリー407への電力出力である。

【 0 0 6 4 】

出力電圧 V_{dc} に基づいてブースト変換器406からの出力電流 I_{dc} (したがって P_{out})を制御することによって、バッテリー407上の電圧の変動は、ベース電流 I_1 をベース回路400に供給する電源(図示せず)から効果的に分離され得る。出力電圧変動による出力電流の変化を補正する必要なしに、電源電流は、出力電力に比例しており、したがって制御されていると見なすことができる。したがって、ベース電流 I_1 の変動に関する電源への要求は、低減され得る。

【 0 0 6 5 】

バッテリー電圧に基づいて出力電流を制御することができる柔軟性に加えて、さらなる柔軟性が、基地コイル(たとえば、図4のコイル401)内の電流を変更することによってもたらされ得る。基地コイル内の電流の大きい変化は、上記の理由から望ましくないことがあるが、ある程度の変動性は、システムの効率に悪影響を及ぼすことなく許容できる。ベース電流を変更することで、出力電流が所与のレベルの結合に対して変更されることが可能になる。ベース電流とスイッチング要素のデューティサイクルの両方を独立して調整することによって、各々単独に調整するよりも高度の最適化が実現可能になる。

【 0 0 6 6 】

10

20

30

40

50

さらに、バッテリー407を送信回路400から分離することによって、共振回路(第2のコイル402と並列に接続された容量性要素404)にかかる有効DC電圧は一定であり得る。具体的には、整流器405にかかる電圧(V_{rec})は、

$$V_{rec}=V_{dc}(1-D) \quad (9)$$

$$V_{rec}=V_{dc}(V_{dc_min}/V_{dc}) \quad (10)$$

$$V_{rec}=V_{d_min} \quad (11)$$

によって与えられ得る。

【0067】

したがって、共振構成要素にかかる電圧は、

$$V_{L2}=1.1V_{d_min} \quad (12)$$

によって概算される。

【0068】

これは、次には、共振電流が一定であり得ることを意味する。その結果、損失は、より容易に決定され得、受信回路403(特に第2のコイル402)の設計は、この共振電流および/または共振電圧に対して最適化され得る。

【0069】

図5は、本発明の例示的な実施形態による、ワイヤレス電力伝達システムの一部の例示的な構成要素の概略図である。図5に示すシステムは図4と同様であるが、分離コントローラ413の代わりに制御可能な整流器500を有する。制御可能な整流器500は、SCRなどの1つまたは複数の制御可能なデバイスを含み得、そのようなデバイスのデューティサイクルは、上記で略述した方法の原理に従って制御され得る。

【0070】

図6は、図5に示す例示的な実施形態における制御可能な整流器500の出力電流 I_{dc} と、同じ制御可能な整流器500のデューティサイクル(D)との間の関係を示す例示的なグラフ600である。曲線601は、Dの変化に対して非線形であることが分かる。

【0071】

図7は、図4および図5に示す例示的な実施形態のデューティサイクル(D)と電圧出力(V_{dc})との間の関係を示す例示的なグラフ700である。曲線701は、分離コントローラ413を備える図4の実施形態に対するDとVdcとの間の線形関係を示す。対照的に、制御可能な整流器500を備える図5の実施形態に対するDとVdcとの間の関係を示す曲線702は、 V_{min} と V_{max} との間で非線形であることが分かる。

【0072】

図5に示す例示的な実施形態における制御可能な整流器500に対する適切なデューティサイクルの決定は、図4に関連して上記で略述した式に従わないが、同じ原理が当てはまり得ることを諒解されたい。適切なデューティサイクルが決定される例示的な手段は、測定されたバッテリー電圧を使用する計算、または参照テーブルの使用であり得る。

【0073】

分離コントローラ413のエネルギー貯蔵能力に起因して、制御可能な整流器500は、調整に関して分離コントローラ413と同じ性能を持っていないが、これは、いくつかの用途において、導電路中のより少ないダイオードの数による低減された電力損失によって相殺され得ることが想定される。

【0074】

図8は、本発明の例示的な実施形態による、図4に示すような、ワイヤレス電力伝達受信機デバイスからの電力出力を制御する方法800を示すフロー図である。

【0075】

ブロック801で、第1のコイル401から放射される磁場の存在によって、第2のコイル402の中に電流が誘導される。

【0076】

ブロック802で、バッテリー407にかかる電圧は、電圧検出器411によって測定され、コントローラ412によって受信される。

10

20

30

40

50

【0077】

ブロック803で、コントローラ412は、ブロック802からの測定された電圧を使用して、スイッチング要素409に対するデューティサイクルを決定する。たとえば、一実施形態では、デューティサイクルDは、

$$D=1-(V_{dc_min}/V_{dc}) \quad (13)$$

であるように決定され得る。

【0078】

ブロック804で、コントローラが、ブロック803で決定されたデューティサイクルに従ってスイッチング要素409を切り替え、電力がバッテリー407に伝達される。

【0079】

例示的な実施形態では、スイッチング周波数は、動作の共振周波数と同じかそれより高くなるように設定され得る。そうする際に、スイッチングにおける高調波が、システム内ですでに使用されている既存のフィルタによって吸収され得る。

【0080】

一実施形態では、ブロック802~804は、ベース回路および受信機回路が位置合わせされ、最小程度の結合を有した後、一度だけ実行され得る。これは、限定を意図するものではなく、他の実施形態が想定されることを諒解されたい。

【0081】

たとえば、方法は、次に、ブロック802に戻ることがある。一実施形態では、このループは、バッテリー407電圧における任意の変化およびそれに続く電力需要の変化に対して調整するために、繰り返されてよい。バッテリー407電圧は、充電中に著しく、たとえば例示的な電気車両のバッテリーにおける最大電圧の70パーセントから100パーセントまで、変化することが予測され、この再調整が、ベース電流における対応する変化を低減することを助けることができる。

【0082】

上記の方法の様々な動作は、様々なハードウェアおよび/またはソフトウェア構成要素、回路および/またはモジュールなどの、動作を実行することができる任意の適切な手段によって実行することができる。一般に、図に示される任意の動作は、動作を実行することが可能な対応する機能手段によって実行することができる。

【0083】

多種多様な技術および技法のうちのいずれかを使用して情報および信号を表すことができる。たとえば、上記の説明全体にわたって言及され得るデータ、命令、コマンド、情報、信号、ビット、シンボル、およびチップは、電圧、電流、電磁波、磁界または磁性粒子、光場または光学粒子、あるいはそれらの任意の組合せによって表され得る。

【0084】

本明細書で開示する実施形態に関して説明する様々な例示的な論理ブロック、モジュール、回路、およびアルゴリズムステップは、電子ハードウェア、コンピュータソフトウェア、またはその両方の組合せとして実装され得る。ハードウェアおよびソフトウェアのこの互換性を明確に示すために、様々な例示的な構成要素、ブロック、モジュール、回路、およびステップについて、上記に概してそれらの機能に関して説明した。そのような機能をハードウェアとして実装するか、ソフトウェアとして実装するかは、特定の適用例および全体的なシステムに課される設計制約に依存する。説明した機能は、特定の適用例ごとに様々な方法で実装することができるが、そのような実装の決定は、本発明の実施形態の範囲からの逸脱を引き起こすと解釈すべきではない。

【0085】

本明細書で開示する実施形態に関して説明する様々な例示的なブロック、モジュール、および回路は、汎用プロセッサ、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)、特定用途向け集積回路(ASIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)もしくは他のプログラマブル論理デバイス、個別ゲートもしくはトランジスタ論理、個別ハードウェア構成要素、または、本明細書で説明する機能を実行するように設計されたそれらの任意の組合せで、実装

10

20

30

40

50

または実行されてよい。汎用プロセッサはマイクロプロセッサであり得るが、代替として、プロセッサは、任意の従来のプロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、または状態機械であり得る。プロセッサはまた、コンピューティングデバイスの組合せ、たとえば、DSPとマイクロプロセッサとの組合せ、複数のマイクロプロセッサ、DSPコアと連携する1つまたは複数のマイクロプロセッサ、あるいは任意の他のそのような構成として実装され得る。

【0086】

本明細書で開示する実施形態に関して説明する方法またはアルゴリズムおよび機能のステップは、直接ハードウェアで具現化されても、またはプロセッサによって実行されるソフトウェアモジュールで具現化されても、またはその2つの組合せで具現化されてもよい。ソフトウェアで実装される場合、機能は、1つまたは複数の命令またはコードとして、有形な非一時的コンピュータ可読媒体上に記憶すること、または有形な非一時的コンピュータ可読媒体を介して送信することができる。ソフトウェアモジュールは、ランダムアクセスメモリ(RAM)、フラッシュメモリ、読取り専用メモリ(ROM)、電氣的にプログラム可能なROM(EEPROM)、電氣的に消去可能およびプログラム可能なROM(EEPROM)、レジスタ、ハードディスク、着脱可能ディスク、CD ROM、または当技術分野で知られた任意の他の形態の記憶媒体内に存在することができる。記憶媒体は、プロセッサが記憶媒体から情報を読み取り、記憶媒体に情報を書き込むことができるように、プロセッサに結合される。代替として、記憶媒体はプロセッサと一体であり得る。本明細書で使用する場合、ディスク(disk)およびディスク(disc)は、コンパクトディスク(CD)、レーザーディスク(登録商標)、光ディスク、デジタル多用途ディスク(DVD)、フロッピー(登録商標)ディスク、およびブルーレイディスクを含み、ディスク(disk)は、通常、磁氣的にデータを再生し、ディスク(disc)は、レーザーで光学的にデータを再生する。上記の組合せも、コンピュータ可読媒体の範囲内に含まれるべきである。プロセッサおよび記憶媒体は、ASIC内に存在することができる。ASICはユーザ端末内に存在することができる。代替として、プロセッサおよび記憶媒体は、ユーザ端末中に個別構成要素として存在し得る。

【0087】

本開示の概要を述べるために、本発明のいくつかの態様、利点、および新規の特徴について本明細書で説明してきた。本発明の任意の特定の实施形態に従って、そのような利点の必ずしもすべてを実現できない場合があることを理解されたい。したがって、本発明は、本明細書に教示される1つの利点または利点の群を、本明細書に教示または示唆され得る他の利点を必ずしも実現することなく実現または最適化するような方法で具体化または実行され得る。

【0088】

上述の実施形態への様々な修正が容易に明らかになり、本明細書に定義する一般原理は、本発明の趣旨または範囲を逸脱することなく他の実施形態に適用され得る。したがって、本発明は、本明細書に示された実施形態に限定されることを意図するものではなく、本明細書に開示された原理および新規の特徴に一致する最大の範囲を与えるものである。

【符号の説明】

【0089】

- 100 ワイヤレス電力伝達システム
- 102a 基地ワイヤレス充電システム
- 102b 基地ワイヤレス充電システム
- 104a 基地システム誘導コイル
- 104b 基地システム誘導コイル
- 108 通信リンク
- 110 電力リンク
- 112 電気車両
- 114 電気車両ワイヤレス充電システム
- 116 電気車両誘導コイル

118	バッテリーユニット	
130	ローカル分配センター	
132	電力バックボーン	
134	通信バックホール	
200	ワイヤレス電力伝達システム	
202	基地ワイヤレス電力充電システム	
204	基地システム誘導コイル	
205	基地充電システム同調回路	
206	基地システム送信回路	
208	電源	10
214	電気車両充電システム	
216	電気車両誘導コイル	
218	電気車両バッテリーユニット	
221	電気車両充電システム同調回路	
222	電気車両受信回路	
236	基地充電システム電力変換器	
238	電気車両電力変換器	
300	ワイヤレス電力伝達システム	
302	基地ワイヤレス充電システム	
304	基地システム誘導コイル	20
314	電気車両充電システム	
316	電気車両誘導コイル	
336	基地充電システム電力変換器	
338	電気車両電力変換器	
342	基地充電システムコントローラ	
344	電気車両コントローラ	
352	基地充電位置合わせシステム	
354	電気車両位置合わせシステム	
354	基地充電システム電力インターフェース	
362	基地充電案内システム	30
364	電気車両案内システム	
366	案内リンク	
372	基地充電通信システム	
374	電気車両通信システム	
376	通信リンク	
400	基地システム送信回路	
401	一次誘導性要素、第1のコイル	
402	二次誘導性要素、第2のコイル	
403	電気車両受信回路	
404	容量性要素	40
405	整流器	
406	ブースト変換器	
407	バッテリー	
408	誘導性要素	
409	制御可能なスイッチング要素	
410	整流要素、ダイオード	
411	電圧検出器	
412	コントローラ	
413	分離コントローラ	
500	制御可能な整流器	50

- 600 グラフ
- 601 曲線
- 700 グラフ
- 701 曲線
- 702 曲線

【図 1】

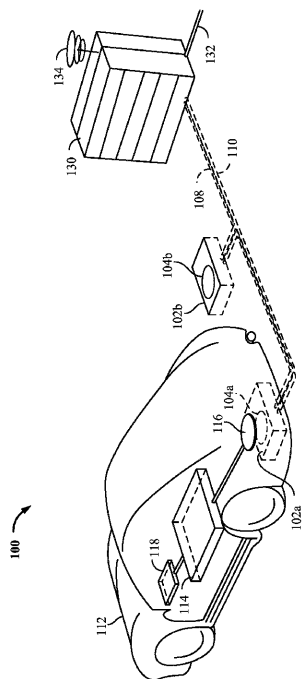
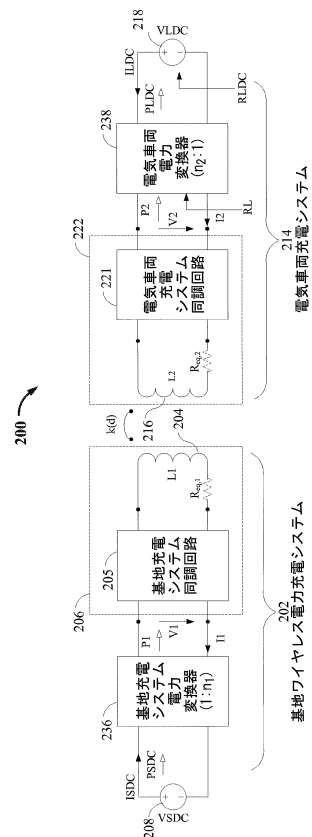
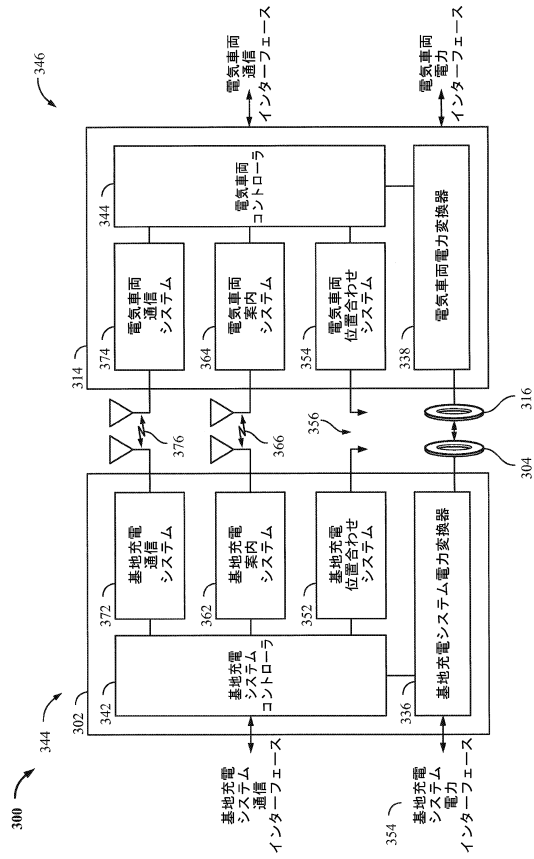


FIG. 1

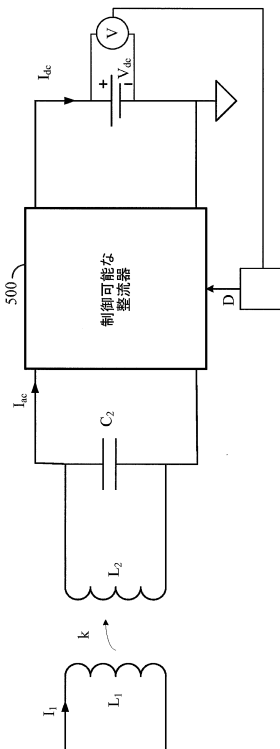
【図 2】



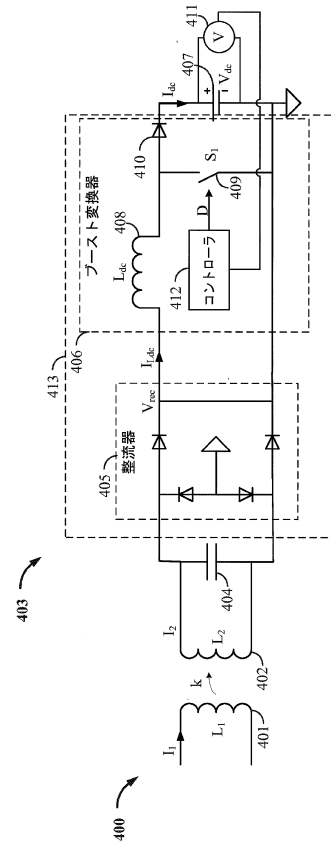
【図 3】



【図 5】



【図 4】



【図 6】

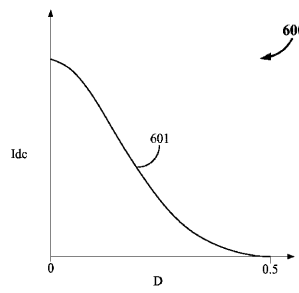


FIG. 6

【図 7】

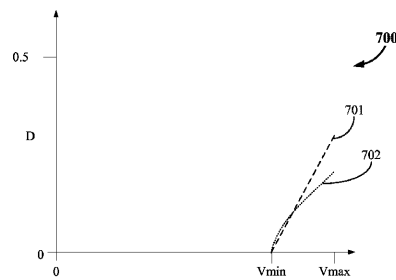
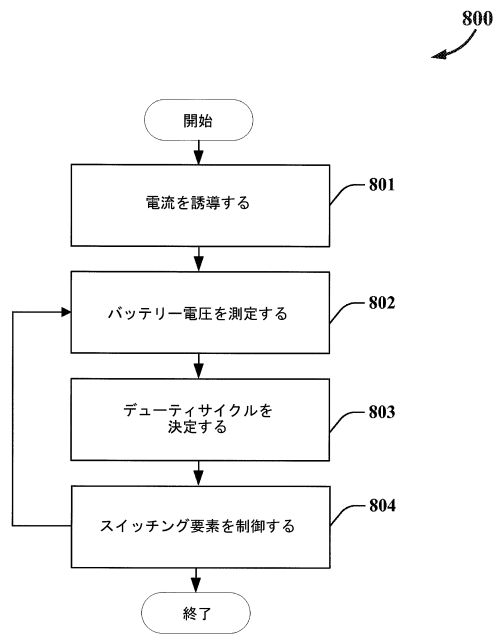


FIG. 7

【図 8】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジョナサン・ビーヴァー
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライ
ヴ・5775
- (72)発明者 マイケル・キッシン
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライ
ヴ・5775
- (72)発明者 エドワード・ヴァン・ボヒーメン
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライ
ヴ・5775

審査官 桑江 晃

- (56)参考文献 特開2010-88143(JP,A)
国際公開第2013/129452(WO,A1)
Yusuke Moriwaki et al., Basic Study on Reduction of Reflected Power Using DC/DC Con-
verters in Wireless Power Transfer System via Magnetic Resonant Coupling, 2011 IEEE 33rd
International Telecommunications Energy Conference (INTELEC), IEEE, 2011年 9月,
1-5 pages
森脇 悠介 外2名, 磁界共振結合を用いたワイヤレス電力伝送のDC/DC コンバータを用いた負
荷変動時の反射電力抑制に関する検討, 電気学会産業応用部門大会, 日本, 一般社団法人 電気
学会, 2011年 9月 6日, 2011, ROMBUNNO. 2-10, 1-4

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J 50/12
H02J 7/00 - 7/12
H02J 7/34 - 7/36
B60L 11/18