

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6683697号

(P6683697)

(45) 発行日 令和2年4月22日 (2020.4.22)

(24) 登録日 令和2年3月30日 (2020.3.30)

(51) Int. Cl.	F I
HO 2 J 50/12 (2016.01)	HO 2 J 50/12
HO 2 J 7/00 (2006.01)	HO 2 J 7/00 3 O 1 D
HO 2 J 50/90 (2016.01)	HO 2 J 7/00 P
	HO 2 J 50/90

請求項の数 11 (全 37 頁)

(21) 出願番号	特願2017-523408 (P2017-523408)	(73) 特許権者	513307922
(86) (22) 出願日	平成27年10月29日 (2015.10.29)		ワイトリシティ コーポレーション
(65) 公表番号	特表2018-503335 (P2018-503335A)		W I T R I C I T Y C O R P O R A T I O N
(43) 公表日	平成30年2月1日 (2018.2.1)		アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/058012		2 4 7 2 ウォータータウン ウォーター
(87) 国際公開番号	W02016/073269		ストリート 5 7
(87) 国際公開日	平成28年5月12日 (2016.5.12)	(74) 代理人	100108453
審査請求日	平成30年10月11日 (2018.10.11)		弁理士 村山 靖彦
(31) 優先権主張番号	62/076, 512	(74) 代理人	100110364
(32) 優先日	平成26年11月7日 (2014.11.7)		弁理士 実広 信哉
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	100133400
(31) 優先権主張番号	14/809, 495		弁理士 阿部 達彦
(32) 優先日	平成27年7月27日 (2015.7.27)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 直列同調共振システムにおいて電荷受電要素に供給される電荷の量を制御するためのシステム、方法、および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

カプラと同調キャパシタとを使用する直列同調共振システムにおいて電力シンクに供給される電荷の量を制御するためのデバイスであって、

2次カプラと2次同調キャパシタとを含む2次共振回路において2次電圧および2次電流を生成するための手段と、

デューティサイクルにตอบสนองして供給状態と防止状態とを交互に行うための手段であって、前記供給状態において、前記2次電圧および前記2次電流を電力シンクに供給し、前記防止状態において、前記2次電圧および前記2次電流が前記電力シンクに供給されるのを防止する、手段とを備え、前記交互に行うための手段が、前記デューティサイクルを示す第1の制御信号にตอบสนองしてスイッチャブル回路の少なくとも1つのダイオードをオンおよびオフするように切り替えるための手段を備え、前記第1の制御信号が、

前記少なくとも1つのダイオードがターンオフされる第1の持続時間を定義する第1の制御可能クランプ期間にตอบสนองすることであって、前記少なくとも1つのダイオードが前記第1の制御可能クランプ期間の終端にターンオンされる、ことをし、

前記少なくとも1つのダイオードがターンオフされる第2の持続時間を定義する第2の制御可能クランプ期間にตอบสนองすることであって、前記少なくとも1つのダイオードが前記第1の制御可能クランプ期間の前記終端にターンオンされた後、前記第1の制御可能クランプ期間と同じ前記2次電流の正または負の期間の間に、前記第2の制御可能クランプ期間が生じる、ことをし、

10

20

前記第1の制御可能クランプ期間の前記第1の持続時間および前記第2の制御可能クランプ期間の前記第2の持続時間によって定義される有効なパルス幅変調持続時間を有する、デバイス。

【請求項2】

前記2次電圧を制御し、それによって前記直列同調共振システムにおける1次共振回路の1次電流を制御するための手段、または

前記直列同調共振システムにおける1次共振回路の1次電圧を制御し、それによって前記2次電流を制御するための手段をさらに備える請求項1に記載のデバイス。

【請求項3】

前記有効なパルス幅変調持続時間に基づいて、前記2次電流が前記スイッチャブル回路を通して循環する、または

前記第1の制御可能クランプ期間の前記第1の持続時間の前記終端と前記第2の制御可能クランプ期間の前記第2の持続時間の始端との間に生じるスイッチオープン区間に基づいて、前記2次電流が前記電力シンクに供給される、請求項1に記載のデバイス。

【請求項4】

第3の制御信号が、前記直列同調共振システムにおける1次共振回路によって生成される1次電圧を制御し、それによって前記2次電流を制御する、

請求項1に記載のデバイス。

【請求項5】

前記第1の制御信号によって示される前記デューティサイクルが、前記2次電圧を制御し、それによって前記1次電流を制御する、請求項2に記載のデバイス。

【請求項6】

前記1次共振回路が、ベースワイヤレス電力充電システムに実装され、前記電力シンクにおける前記2次電流が、前記ベースワイヤレス電力充電システムによって生じる電荷の量を制御する、請求項4に記載のデバイス。

【請求項7】

前記第1の制御信号の立上りエッジのタイミングが、前記第1の制御可能クランプ期間によって決定される、または

前記第1の制御信号の立下りエッジのタイミングが、前記第2の制御可能クランプ期間によって決定される、請求項1に記載のデバイス。

【請求項8】

カプラと同調キャパシタとを使用する直列同調共振システムにおいて電力シンクに供給される電荷の量を制御するための方法であって、

2次カプラと2次同調キャパシタとを含む2次共振回路において2次電圧および2次電流を生成するステップと、

デューティサイクルに応答して供給状態と防止状態とを交互に行うステップであって、前記供給状態において、前記2次電圧および前記2次電流を電力シンクに供給し、前記防止状態において、前記2次電圧および前記2次電流が前記電力シンクに供給されるのを防止する、ステップとを備え、前記交互に行うステップが、前記デューティサイクルを示す第1の制御信号に応答してスイッチャブル回路の少なくとも1つのダイオードをオンおよびオフするように切り替えるステップを備え、前記第1の制御信号が、

前記少なくとも1つのダイオードがターンオフされる第1の持続時間を定義する第1の制御可能クランプ期間に応答することであって、前記少なくとも1つのダイオードが前記第1の制御可能クランプ期間の終端にターンオンされる、ことをし、

前記少なくとも1つのダイオードがターンオフされる第2の持続時間を定義する第2の制御可能クランプ期間に応答することであって、前記少なくとも1つのダイオードが前記第1の制御可能クランプ期間の前記終端にターンオンされた後、前記第1の制御可能クランプ期間と同じ前記2次電流の正または負の期間の間に、前記第2の制御可能クランプ期間が生じる、ことをし、

前記第1の制御可能クランプ期間の前記第1の持続時間および前記第2の制御可能クランプ

10

20

30

40

50

プ期間の前記第2の持続時間によって定義される有効なパルス幅変調持続時間を有する、方法。

【請求項 9】

第3の制御信号が、前記直列同調共振システムにおける1次共振回路の1次電圧を制御し、それによって前記2次電流を制御する、または

前記第1の制御信号によって示される前記デューティサイクルが、前記2次電圧を制御し、それによって前記直列同調共振システムにおける1次共振回路の1次電流を制御する、請求項8に記載の方法。

【請求項 10】

前記第1の制御信号の立上りエッジのタイミングが、前記第1の制御可能クランプ期間によって決定される、請求項8に記載の方法。

10

【請求項 11】

前記第1の制御信号の立下りエッジのタイミングが、前記第2の制御可能クランプ期間によって決定される、請求項8に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願

本出願は、2014年11月7日に出願された「Systems, Methods and Apparatus Related To Wireless Electric Vehicle Charging Including Controlling The Amount Of Charge Provided To A Charge-Receiving Element」と題する米国仮特許出願第62/076,512号の利益を主張し、その内容は、それらの全体が参照により本明細書に組み込まれる。

20

【0002】

本開示は、一般に、ワイヤレス電力伝達に関し、より詳細には、直列同調共振システムにおいて電荷受電要素に供給される電荷の量を制御するためのデバイス、システム、および方法に関する。

【背景技術】

【0003】

バッテリーなどのエネルギー蓄積デバイスから受電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含む。電気のための車両は、一般に、他の供給源からバッテリーを充電するための電気を受電する。バッテリー式電気車両(電気車両)は、家庭用または商用の交流(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ように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コネクタを必要とする。ケーブルおよび同様のコネクタは、時々不便であるか、または扱いにくく、かつ他の欠点を有する場合がある。電気車両を充電するため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ことができる。

30

【0004】

電気車両のためのワイヤレス充電システムは、送電カプラ(電荷発生要素)から受電カプラ(電荷受電要素)への許容量の電荷伝達を実現するために、送電カプラおよび受電カプラが、ある程度内に位置合わせされることを必要とし得る。電荷発生要素と電荷受電要素の両方に関係する電力調整は、困難であり得る。電荷発生要素と電荷受電要素との間で効果的な電荷伝達を行うための1つの構造は、直列-直列システムと呼ばれる。「直列-直列」という用語は、互いとの特定の関係に位置するときにワイヤレス電力伝達を容易にする、電荷発生要素および電荷受電要素の各々の中の共振回路の回路構造を指す。通常、出力電力は、電荷発生要素(「1次側」)によって調整される。残念ながら、出力電力を1次側のみにおいて制御することは、結合範囲の変動および幅広いバッテリー電圧に対応することを困難にする。

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

電荷受電要素に供給される電荷の量を制御することに関する、システム、デバイス、および方法に対する必要性がある。その上、電気車両ワイヤレス充電システム内での電力制御のためのデバイス、システム、および方法に対する必要性が存在する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

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は各々、いくつかの態様を有し、そのいずれの単一の態様も単独では、本明細書で説明される望ましい属性を担わない。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が説明される。

【0007】

本明細書で説明される主題の1つまたは複数の実装形態の詳細が、下記の添付の図面および発明を実施するための形態において述べられる。他の特徴、態様、および利点は、発明を実施するための形態、図面、および特許請求の範囲から明らかになる。以下の図の相対的な寸法は、縮尺通りに描かれていない場合があることに留意されたい。

【0008】

本開示で説明する主題の一態様は、2次電圧および2次電流を生成するように構成された直列同調共振電荷受電要素を有する直列同調共振システムにおいて電荷受電要素に供給される電荷の量を制御するためのデバイスを提供し、直列同調共振電荷受電要素は、第1の制御信号に応答するスイッチャブル回路を備え、スイッチャブル回路は、2次電圧および2次電流を電荷受電要素に供給すること、ならびに2次電圧および2次電流が電荷受電要素に供給されるのを防止することを、交互に行うように構成される。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【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を示す図である。

【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を示す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、電気車両の中に配置された交換可能非接触バッテリーの概念を示す図である。

【図5A】本発明の例示的な実施形態による、電気車両のワイヤレス充電のために使用され得る例示的な周波数を示す周波数スペクトルのチャートである。

【図5B】本発明の例示的な実施形態による、電気車両のワイヤレス充電のために、かつ磁気情報/ビーコン信号を提供するために使用され得る例示的な周波数を示す周波数スペクトルのチャートである。

【図6】本発明の例示的な実施形態による、電気車両のワイヤレス充電において有用であり得る例示的な周波数および送電距離を示すチャートである。

【図7】電荷受電要素に供給される電荷の量を制御するためのシステム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例示的なコア構成要素の概略図である。

【図8】図7のワイヤレス電力伝達システムに存在する信号を示すタイミング図である。

【図9】直列-直列同調ネットワークの特性インピーダンスXを示す概略図である。

【図10A】図7のスイッチの動作ならびに図7のスイッチおよびダイオードを通る電流フローを示す図である。

【図10B】図7のスイッチの動作ならびに図7のスイッチおよびダイオードを通る電流フローを示す図である。

【図10C】図7のスイッチの動作ならびに図7のスイッチおよびダイオードを通る電流フローを示す図である。

10

20

30

40

50

【図10D】図7のスイッチの動作ならびに図7のスイッチおよびダイオードを通る電流フローを示す図である。

【図11】可変の無効負荷および抵抗性負荷として図7をモデル化する概略図である。

【図12A】スイッチの交互動作モードならびに図7のスイッチおよびダイオードを通る電流フローを示す図である。

【図12B】スイッチの交互動作モードならびに図7のスイッチおよびダイオードを通る電流フローを示す図である。

【図12C】スイッチの交互動作モードならびに図7のスイッチおよびダイオードを通る電流フローを示す図である。

【図12D】スイッチの交互動作モードならびに図7のスイッチおよびダイオードを通る電流フローを示す図である。

10

【図13】図12A～図12Dの動作モードにおいて図7のワイヤレス電力伝達システムに存在する信号を示すタイミング図である。

【図14】可変の無効負荷および抵抗性負荷として図7をモデル化する概略図である。

【図15A】スイッチの交互動作モードならびに図7のスイッチおよびダイオードを通る電流フローを示す図である。

【図15B】スイッチの交互動作モードならびに図7のスイッチおよびダイオードを通る電流フローを示す図である。

【図15C】スイッチの交互動作モードならびに図7のスイッチおよびダイオードを通る電流フローを示す図である。

20

【図15D】スイッチの交互動作モードならびに図7のスイッチおよびダイオードを通る電流フローを示す図である。

【図15E】スイッチの交互動作モードならびに図7のスイッチおよびダイオードを通る電流フローを示す図である。

【図15F】スイッチの交互動作モードならびに図7のスイッチおよびダイオードを通る電流フローを示す図である。

【図16】図15A～図15Fの動作モードにおいて図7のワイヤレス電力伝達システムに存在する信号を示すタイミング図である。

【図17】可変の無効負荷および抵抗性負荷として図7をモデル化する概略図である。

【図18】図7のワイヤレス電力伝達システムの電圧および電流の入力および出力を示すスクリーンショットである。

30

【図19】図7の電気車両電力コンバータの代替実施形態を示す概略図である。

【図20】直列同調共振システムにおいて電荷受電要素に供給される電荷の量を制御するための方法の例示的な実施形態を示すフローチャートである。

【図21】直列同調共振システムにおいて電荷受電要素に供給される電荷の量を制御するための装置の機能ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

図面に示された様々な特徴は、縮尺通りに描かれていないことがある。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ことがある。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図示していないことがある。最後に、同様の参照番号が、明細書および図面全体を通じて同様の特徴を表すために使用され得る。

40

【0011】

添付の図面に関連させて以下に記載される詳細な説明は、例示的な実施形態の説明を目的としたものであり、本発明を實踐できる唯一の実施形態を表すことを意図したものではない。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、または例示として機能すること」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、または有利であると解釈されるべきではない。詳細な説明は、例示的な実施形態の完全な理解をもたらす目的で、具体的な詳細を含んでいる。場合によっては、いくつかのデ

50

バイスがブロック図の形式で示されている。

【 0 0 1 2 】

ワイヤレスに電力を伝達することは、物理的な導電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電機から受電機に伝達する(たとえば、電力は、自由空間を通して伝達され得る)ことを指す場合がある。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、「受電コイル」によって受電、捕捉、または結合することができる。

【 0 0 1 3 】

本明細書では、リモートシステムを記載するために電気車両が使用され、その一例は、その運動能力の部分として、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すことができる。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む場合がある。限定ではなく例として、リモートシステムは、本明細書では電気車両(EV)の形態で記載される。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)も考えられる。

【 0 0 1 4 】

図1は、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100の図である。電気車両112が効率的にベースワイヤレス充電システム102aに結合するように駐車している間に、ワイヤレス電力伝達システム100により電気車両112の充電が可能になる。2つの電気車両のためのスペースが、対応するベースワイヤレス充電システム102aおよび102bの上で駐車すべき駐車エリアの中に示される。いくつかの実施形態では、ローカル配電センタ130は、電力バックボーン132に接続され得、交流電流(AC)または直流電流(DC)の供給を、電力リンク110を介してベースワイヤレス充電システム102aおよび102bに提供するように構成され得る。ベースワイヤレス充電システム102aおよび102bの各々はまた、電力をワイヤレスに伝達(送電または受電)するためのベースカブラ104a、104bを含む。いくつかの他の実施形態では(図1に示さず)、ベースカブラ104aまたは104bは、スタンドアロンの物理ユニットであってよく、ベースワイヤレス充電システム102aまたは102bの部分でない。

【 0 0 1 5 】

電気車両112は、バッテリーユニット118、電気車両カブラ116、および電気車両ワイヤレス充電ユニット114を含み得る。電気車両ワイヤレス充電ユニット114および電気車両カブラ116は、電気車両ワイヤレス充電システムを形成する。本明細書に示すいくつかの図では、電気車両ワイヤレス充電ユニット114は、車両充電ユニット(VCU)とも呼ばれる。電動車両カブラ116は、たとえば、ベースカブラ104aによって生成される電磁場の領域を介して、ベースカブラ104aと相互作用し得る。

【 0 0 1 6 】

いくつかの例示的な実施形態では、電気車両カブラ116がベースカブラ104aによって発生したエネルギー場の中に位置するとき、電気車両カブラ116は電力を受電し得る。この場合は、ベースカブラ104aによって出力されるエネルギーが電動車両カブラ116によって捕捉され得る領域に対応し得る。たとえば、ベースカブラ104aによって出力されるエネルギーは、電気車両112を充電または給電するのに十分なレベルにあり得る。場合によっては、場合は、ベースカブラ104aの「近距離場」に相当し得る。近距離場は、ベースカブラ104aから離れる電力を放射しない、ベースカブラ104aの中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相当し得る。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、ベースカブラ104aの波長の約 $1/2$ 以内にある領域(反対に電気車両カブラ116の場合も同様)に相当し得る。

【 0 0 1 7 】

ローカル配電センタ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、および通信リンク108を介してベース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。本明細書でのいくつかの図に示されるベース共通通信ユニット(BCC)は、ローカル配電センタ130の部分であってよい。

【 0 0 1 8 】

いくつかの実施形態では、電気車両カブラ116がベースカブラ104aに対して十分な位置合わせの中に入るように電気車両のオペレータが単に電気車両112を位置決めすることによって、電気車両カブラ116は、ベースカブラ104aに位置合わせされ得、したがって、近距離場の領域内に配置され得る。位置合わせ誤差が許容できる値を下回ったとき、位置合わせが十分であると言われてよい。他の実施形態では、オペレータは、電気車両112がワイヤレス電力伝達のための許容エリア内に適切に配置されているときを決定するために、視覚的なフィードバック、音声のフィードバック、またはそれらの組合せを与えられ得る。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決めされ得、オートパイロットシステムは、十分な位置合わせが達成されるまで電気車両112を移動させ得る。これは、運転手の介入なく、または運転手の最小限の介入のみを伴って、電気車両112によって自動的かつ自律的に実行され得る。これは、サーボステアリング、レーダーセンサ(たとえば、超音波センサ)、および電気車両を安全に操作かつ調整するための知能が装備されている電気車両112に関して可能であり得る。さらに他の実施形態では、電気車両112、ベースワイヤレス充電システム102a、またはそれらの組合せは、カ
20
ブラ116および104aを互いに対して機械的に変位および移動させてそれらをより正確に方向合わせおよび位置合わせし、それらの間に十分な、および/またはさまなければより効率的な結合を生じさせるための機能を有し得る。

【 0 0 1 9 】

ベースワイヤレス充電システム102aは、様々な場所に位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には、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および職場などの他の場所の駐車場が含まれる。

【 0 0 2 0 】

ワイヤレスに電気車両を充電することは、数々の利点をもたらすことができる。たとえば、充電は、自動的に、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、ユーザの利便性が向上する。露出した電気接点、および機械的摩耗をなくすることもでき、それによって、ワイヤレス電力伝達システム100の信頼性が向上する。ケーブルおよびコネクタを用いる操作を不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場合がある、ケーブル、プラグ、またはソケットをなくすることができ、それによって、安全性が向上する。目に見えるまたはアクセス可能なソケット、ケーブル、およびプラグをなくすることもでき、それによって、電力充電デバイスへの潜在的な破壊行為が減少する。さらに、電力網を安定させるために、電気車両112を分散蓄積デバイスとして使用することができるので、便利なドッキングとグリッド間のソリューションは、車両とグリッド間(V2G)の動作のための車両の利用可能性を高める助けとなり得る。
40

【 0 0 2 1 】

図1を参照して記載されたワイヤレス電力伝達システム100は、美的で無害な利点をもたらすこともできる。たとえば、車両および/または歩行者の妨げになる場合がある、充電柱(charge column)および充電ケーブルをなくすることができる。

【 0 0 2 2 】

車両とグリッド間の機能のさらなる説明として、ワイヤレス電力の送電機能および受電機能は、ベースワイヤレス充電システム102aが電気車両112に電力を送電できるように、または電気車両112がベースワイヤレス充電システム102aに電力を送電できるように、互恵的に構成することができる。この機能は、再生可能エネルギー生産(たとえば、風または太陽)の過剰な需要または不足によって引き起こされるエネルギー不足の際に、電気車
50

両112が配電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配電網を安定させるために、有用であり得る。

【0023】

図2は、図1のワイヤレス電力伝達システム100で使用され得るワイヤレス電力伝達システム200の例示的な構成要素を示すことの概略図である。図2に示されるように、ワイヤレス電力伝達システム200は、インダクタンスが L_1 のベースカプラ204を含むベース共振回路206を含み得る。ワイヤレス電力伝達システム200は、インダクタンスが L_2 の電気車両カプラ216を含む電気車両共振回路222をさらに含む。本明細書で説明される実施形態は、一次側と二次側の両方が共通の共振周波数に合わされている場合に、磁氣的または電磁氣的な近距離場を介して一次側構造物(送電機)から二次側構造物(受電機)へと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、容量負荷導体ループ(すなわち、多巻コイル)を使用することができる。コイルは、電気車両カプラ216およびベースカプラ204に対して使用され得る。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」と呼ばれることがある。ワイヤレス電力伝達システム200の動作は、ベースカプラ204から電気車両112(図示せず)への電力伝達に基づいて説明されるが、それに限定されない。たとえば、上記で説明したように、エネルギーは逆方向でも伝達され得る。

【0024】

図2を参照すると、電源208(たとえば、ACまたはDC)が、ベースワイヤレス電力充電システム202の部分としてのベース電力コンバータ236に電力 P_{SDC} を供給して、エネルギーを電気車両(たとえば、図1の電気車両112)に伝達する。ベース電力コンバータ236は、標準的な電源のACからの電力を、適切な電圧レベルのDC電力へ変換するように構成されるAC/DCコンバータ、および、DC電力をワイヤレス大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るDC/低周波(LF)コンバータなどの回路を含み得る。ベース電力コンバータ236は、入力電圧 V_i における電力 P_i をベースカプラ204と直列の同調キャパシタ C_1 を含むベース共振回路206に供給して、動作周波数において電磁場を放出する。直列同調共振回路206は、例示的と解釈されるべきである。別の実施形態では、キャパシタ C_1 は、ベースカプラ204と並列に結合されてもよい。また他の実施形態では、同調は、並列トポロジまたは直列トポロジの任意の組合せで、いくつかのリアクタンス要素から形成され得る。キャパシタ C_1 は、実質的に動作周波数で共振するベースカプラ204とともに共振回路を形成するために設けられ得る。ベースカプラ204は、電力 P_1 を受電し、電気車両を充電または給電するのに十分なレベルの電力をワイヤレスに送電する。たとえば、ベースカプラ204によってワイヤレスに供給される電力レベルは、数キロワット(kW)程度(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)にあり得る。

【0025】

ベース共振回路206(ベースカプラ204および同調キャパシタ C_1 を含む)および電気車両共振回路222(電気車両カプラ216および同調キャパシタ C_2 を含む)は、実質的に同じ周波数に同調され得る。さらに以下で説明するように、電気車両カプラ216は、ベースカプラの近距離場結合モード領域内に位置決めされ得、その逆も同様である。この場合には、ベースカプラ204および電気車両カプラ216は、電力がベースカプラ204から電気車両カプラ216へ伝達され得るように互いに結合されるようになり得る。直列キャパシタ C_2 は、実質的に動作周波数で共振する電気車両カプラ216とともに共振回路を形成するために設けられ得る。直列同調共振回路222は、例示的であるものと解釈されるべきである。別の実施形態では、キャパシタ C_2 は、電気車両カプラ216と並列に結合されてもよい。また他の実施形態では、電気車両共振回路222は、並列トポロジまたは直列トポロジの任意の組合せで、いくつかのリアクタンス要素から形成され得る。要素 $k(d)$ は、コイル間隔 d において得られる相互結合係数を表す。等価抵抗 $R_{eq,1}$ および $R_{eq,2}$ は、それぞれ、ベースカプラ204および電気車両カプラ216ならびに同調(逆リアクタンス)キャパシタ C_1 および C_2 に固有であり得る損失を表す。電気車両カプラ216およびキャパシタ C_2 を含む電気車両共振回路222は、電力 P_2 を受電し、電力 P_2 を電気車両充電システム214の電気車両電力コンバータ238に供給

10

20

30

40

50

する。

【 0 0 2 6 】

電気車両電力コンバータ238は、とりわけ、動作周波数での電力を、電気車両バッテリーユニットを表し得る電力シンク218の電圧レベルでのDC電力に戻す形で変換するように構成される、LF/DCコンバータを含み得る。電気車両電力コンバータ238は、変換された電力 P_{LDC} を電力シンク218に供給し得る。電源208、ベース電力コンバータ236、およびベースカプラ204は、上記で説明したような様々な場所に固定され、位置してよい。電気車両電力シンク218(たとえば、電気車両バッテリーユニット)、電気車両電力コンバータ238、および電気車両カプラ216は、電気車両(たとえば、電気車両112)の部分、またはそのバッテリーパック(図示せず)の部分である電気車両充電システム214に含まれ得る。電気車両充電システム214はまた、電気車両カプラ216を通じてベースワイヤレス電力充電システム202に電力をワイヤレスに供給して、電力をグリッドに戻すように構成され得る。電気車両カプラ216およびベースカプラ204の各々は、動作モードに基づいて、送電カプラまたは受電カプラとしての働きをすることができる。

10

【 0 0 2 7 】

図示されていないが、ワイヤレス電力伝達システム200は、電気車両電力シンク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ための、負荷切断ユニット(LDU)を含み得る。たとえば、緊急事態またはシステム障害の場合、LDUは、負荷をワイヤレス電力伝達システム200から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設けられてよく、または、バッテリー管理システムの部分であってもよい。

20

【 0 0 2 8 】

さらに、電気車両充電システム214は、電気車両カプラ216を電気車両電力コンバータ238と選択的に接続および切断するための、開閉回路(図示せず)を含み得る。電気車両カプラ216を切断することで、充電を中止することができ、(送電機としての働きをする)ベースワイヤレス電力充電システム202によって「見られる」ような「負荷」を変化させることもでき、このことは、(受電機としての働きをする)電気車両充電システム214をベースワイヤレス充電システム202から「覆い隠す」ために使用され得る。送電機が負荷感知回路を含む場合、負荷の変化が検出され得る。したがって、以下でさらに説明するように、ベースワイヤレス充電システム202などの送電機は、電気車両充電システム214などの受電機がベースカプラ204の近距離場結合モード領域に存在するときを決定するための機構を有し得る。

30

【 0 0 2 9 】

上述されたように、動作において、電気車両(たとえば、図1の電気車両112)へのエネルギー伝達の間に、ベースカプラ204がエネルギー伝達を提供するための電磁場を生成するように、入力電力が電源208から供給される。電気車両カプラ216は、電磁場に結合し、電気車両112による蓄積または消費のための出力電力を生成する。上述されたように、いくつかの実施形態では、ベース共振回路206および電気車両共振回路222は、それらがほぼまたは実質的に動作周波数において共振するような、相互共振関係に従って構成および同調される。以下でさらに説明するように、電気車両カプラ216がベースカプラ204の近距離場結合モード領域の中に位置しているとき、ベース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。

40

【 0 0 3 0 】

述べたように、効率的なエネルギー伝達は、空間への放射による大幅な損失を伴うことがある遠距離場での電磁波を介するよりも、電磁近距離場を介してエネルギーを伝達することによって行われる。近距離場の中にあるとき、送電カプラと受電カプラ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カプラの周りの空間は、本明細書では近距離場結合モード領域と呼ばれる。

【 0 0 3 1 】

図示されていないが、ベース電力コンバータ236および電気車両電力コンバータ238は双

50

方向である場合、送電モードについて発振器、電力増幅器などの駆動回路、フィルタ、および整合回路を、また受電モードについて整流器回路を、ともに含み得る。発振器は、調整信号に応答して調整され得る所望の動作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除去し、共振回路206および222によって与えられるようなインピーダンスを、ベース電力コンバータ236および電気車両電力コンバータ238にそれぞれ整合させるために含まれ得る。受電モードについて、ベース電力コンバータ236および電気車両電力コンバータ238はまた、整流器およびスイッチング回路を含み得る。

【0032】

10

開示される実施形態全体で説明されるような電気車両カプラ216およびベースカプラ204は、「導体ループ」、より具体的には「多巻導体ループ」またはコイルと呼ばれることがあり、またはそのように構成され得る。ベースカプラ204および電気車両カプラ216はまた、「磁気」カプラと本明細書では呼ばれることがあり、またはそのように構成され得る。「カプラ」という用語は、別の「カプラ」に結合するために、エネルギーをワイヤレスに出力または受電することができる構成要素を指すことが意図される。

【0033】

上記で説明したように、送電機と受電機との間のエネルギーの効率的な伝達は、送電機と受電機との間の整合された共振またはほぼ整合された共振中に行われる。しかしながら、送電機と受電機との間の共振が整合されていないときでも、効率を下げエネルギーを

20

【0034】

共振周波数は、上述されたようなカプラ(たとえば、ベースカプラ204およびキャパシタ C_1)を含む共振回路(たとえば、共振回路206)のインダクタンスおよび静電容量に基づき得る。図2に示すように、インダクタンスは、一般にカプラのインダクタンスであり得るが、静電容量は、所望の共振周波数において共振構造を作成するようにカプラに追加され得る。したがって、大きいインダクタンスを示す大きい直径のコイルを使用する大きいサイズのカプラについて、共振を生み出すために必要となる静電容量の値は小さくてよい。インダクタンスはまた、コイルの巻数に依存し得る。さらに、カプラのサイズが増大するにつれて、結合効率は増大し得る。このことは、主にベースカプラと電気車両カプラの両方のサイズが増大する場合に当てはまる。さらに、カプラおよび同調キャパシタを含む共振回路は、エネルギー伝達効率を改善するために高い品質(Q)ファクタを有するように設計され得る。たとえば、Q値は300以上であり得る。

30

【0035】

上述されたように、いくつかの実施形態によれば、互いの近距離場の中にある2つのカプラの間で電力を結合させることが開示される。上述されたように、近距離場は、主にリアクタンスを持つ電磁場が存在するカプラの周りの領域に相当し得る。カプラの物理的サイズが周波数に関係する波長よりもずっと小さい場合、波の伝搬またはカプラから離れる放射に起因する電力の大幅な損失はない。近距離場結合モード領域は、カプラの物理的ボリュームの近く、通常は波長のごく一部の中にあるボリュームに相当し得る。いくつかの実施形態によれば、外来物体、たとえば、誘電体物体および人体との相互作用がより小さいために、実際に磁場を取り扱うことは電界よりも容易であるので、単巻または多巻の導体ループなどの磁気カプラが送電と受電の両方のために使用されることが好ましい。とはいえ、「電気」カプラ(たとえば、ダイポールおよびモノポール)または磁気カプラと電気カプラの組合せが使用されてもよい。

40

【0036】

図3は、図1のワイヤレス電力伝達システム100で使用され得る、および/または図2のワイヤレス電力伝達システム200がその部分であり得る、ワイヤレス電力伝達システム300の例示的な構成要素を示す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と、位置または方向を決定するための、たとえば磁場信号を使用する案内リ

50

リンク366と、ベースカブラ304と電気車両カブラ316のうち的一方または両方を機械的に移動させることができる位置合わせ機構356とを示す。ベースカブラ304および電気車両カブラ316の機械的な(運動学的な)位置合わせは、ベース位置合わせシステム352および電気車両充電位置合わせシステム354によって、それぞれ制御され得る。案内リンク366は、案内信号がベース案内システムもしくは電気車両案内システムによって、またはそれらの両方によって放出され得ることを意味する、双方向シグナリングを可能にし得る。図1を参照して上記で説明したように、エネルギーが電気車両112の方へ流れるとき、図3において、ベース充電システム電力インターフェース348は、ベース電力コンバータ336にAC電源またはDC電源(図示せず)などの電源から電力を供給するように構成され得る。ベース電力コンバータ336は、ベース充電システム電力インターフェース348を介してAC電力またはDC電力を受電して、図2に関するベース共振回路206の共振周波数に近い周波数で、または共振周波数でベースカブラ304を駆動し得る。電気車両カブラ316は、近距離場結合モード領域の中にあるとき、エネルギーを電磁場から受電して、図2に関する電気車両共振回路222の共振周波数で、または共振周波数の近くで発振し得る。電気車両電力コンバータ338は、電気車両カブラ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を充電するための適した電力信号に変換する。

【0037】

ベースワイヤレス充電システム302は、ベースコントローラ342を含み、電気車両充電システム314は、電気車両コントローラ344を含む。ベースコントローラ342は、たとえば、コンピュータ、ベース共通通信(BCC)、電力配電センタの通信エンティティ、またはスマート電力網の通信エンティティなどの他のシステム(図示せず)に、ベース充電システム通信インターフェースを提供し得る。電気車両コントローラ344は、たとえば、車両上のオンボードコンピュータ、バッテリー管理システム、車両内の他のシステム、およびリモートシステムなどの他のシステム(図示せず)に、電気車両通信インターフェースを提供し得る。

【0038】

ベース通信システム372および電気車両通信システム374は、別個の通信チャネルを伴う特有の用途のための、また同様に図3の図に図示されない他の通信エンティティとワイヤレスに通信するための、サブシステムまたはモジュールを含み得る。これらの通信チャネルは、別個の物理チャネルまたは別個の論理チャネルであってよい。非限定的な例として、ベース位置合わせシステム352は、通信リンク376を通じて電気車両位置合わせシステム354と通信して、たとえば、電気車両位置合わせシステム354もしくはベース位置合わせシステム352のいずれか、またはそれらの両方による自律的かつ機械的(運動学的)な位置合わせを介して、または本明細書で説明されるようなオペレータ支援を用いて、ベースカブラ304および電気車両カブラ316をより密接に位置合わせするためのフィードバックメカニズムを提供し得る。同様に、ベース案内システム362は、充電スポットへオペレータを案内するために、またベースカブラ304および電気車両カブラ316を位置合わせする際に、必要とされるような位置または方向を決定するために、通信リンク376を通じて、また同様に案内リンク366を使用して電気車両案内システム364と通信し得る。いくつかの実施形態では、通信リンク376は、ベースワイヤレス充電システム302と電気車両充電システム314との間で他の情報を通信するために、ベース通信システム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複数の別個の汎用通信チャネルを備え得る。この情報は、電気車両の特性、バッテリーの特性、充電状態、およびベースワイヤレス充電システム302と電気車両充電システム314の両方の電力能力についての情報、および電気車両に関する保守および診断データを含み得る。これらの通信チャネルは、たとえば、WLAN、Bluetooth(登録商標)、zigbee、セルラーなどのような、別個の論理チャネルまたは別個の物理通信チャネルであり得る。

【0039】

いくつかの実施形態では、電気車両コントローラ344はまた、電気車両の主要バッテリーおよび/または補助バッテリーの充電および放電を管理するバッテリー管理システム(BMS)(図

10

20

30

40

50

示せず)を含み得る。本明細書で論じるように、ベース案内システム362および電気車両案内システム364は、たとえば、マイクロ波、超音波レーダー、磁気ベクタリング原理に基づいて位置または方向を決定するために必要とされるような機能およびセンサを含む。さらに、電気車両コントローラ344は、電気車両オンボードシステムと通信するように構成され得る。たとえば、電気車両コントローラ344は、たとえば、半自動の駐車操作を実行するように構成されたブレーキシステムのための、または、ベースカブラ304と電気車両カブラ316との間に十分な位置合わせをもたらすためにいくつかの応用例で必要となり得るような多くの便利さおよび/または高い駐車精度を提供する、大部分が自動化された駐車「パークバイワイヤ」とともに支援するように構成されたステアリングサーボシステムのための位置データを、電気車両通信インターフェースを介して提供し得る。その上、電気車両コントローラ344は、視覚的出力デバイス(たとえば、ダッシュボードのディスプレイ)、音響/オーディオ出力デバイス(たとえば、ブザー、スピーカー)、機械的入力デバイス(たとえば、キーボード、タッチスクリーン、および、ジョイスティック、トラックボールなどのポインティングデバイスなど)、およびオーディオ入力デバイス(たとえば、電子音声認識を伴うマイクロフォン)と通信するように構成され得る。

10

【0040】

ワイヤレス電力伝達システム300は、検出およびセンサシステム(図示せず)などの他の補助システムを含み得る。たとえば、ワイヤレス電力伝達システム300は、案内システム(362、364)によって要求されるように位置を決定して運転手または車両を充電スポットへ適切に案内するためのシステムとともに使用するためのセンサ、要求される分離/結合を用いてカブラを相互に位置合わせするためのセンサ、電気車両カブラ316が結合を達成するために特定の高さおよび/または位置へ移動するのを妨げ得る物体を検出するためのセンサ、ならびにシステムの信頼できる無害かつ安全な動作を実行するためにシステムとともに使用するための安全センサを含み得る。たとえば、安全センサは、安全半径を越えてベースカブラ304および電気車両カブラ316に接近しつつある動物または子供の存在の検出、加熱(誘導加熱)されることがあるベースカブラまたは電気車両カブラ(304、316)の近くにまたは近傍に位置する金属物体の検出、およびベースカブラまたは電気車両カブラ(304、316)の近くの白熱物体などの有害な事象の検出のためのセンサを含み得る。

20

【0041】

ワイヤレス電力伝達システム300はまた、たとえば、有線充電ポート(図示せず)を電気車両充電システム314に設けることによって、有線接続を介したプラグイン充電をサポートし得る。電気車両充電システム314は、電気車両との間で電力を伝達する前に、2つの異なる充電器の出力を統合し得る。スイッチング回路は、ワイヤレス充電と有線充電ポートを介した充電との両方をサポートするために必要とされるような機能を提供し得る。

30

【0042】

ベース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、ベースカブラ304および電気車両カブラ316を介した帯域内シグナリング、および/または、通信システム(372、374)を介した、たとえば、RFデータモデム(たとえば、非ライセンス帯域の中での無線上のイーサネット)を介した帯域外シグナリングを使用し得る。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振りのために十分な帯域幅を提供し得る。ワイヤレス電力搬送波の低深度の振幅変調または位相変調が、干渉が最小限の帯域内シグナリングシステムとしての働きをし得る。

40

【0043】

一部の通信(たとえば、帯域内シグナリング)は、特定の通信アンテナを使用することなく、ワイヤレス電力リンクを介して実行され得る。たとえば、ベースカブラ304および電気車両カブラ316はまた、ワイヤレス通信カブラまたはアンテナとしての働きをするように構成され得る。したがって、ベースワイヤレス充電システム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)を含み得る。既定のプロトコルを用いて既定の間隔で送信電力レベルを

50

キーイング(振幅シフトキーイング)することによって、受電機は送電機からのシリアル通信を検出し得る。ベース電力コンバータ336は、ベースカプラ304の近距離場結合モード領域の中での動作中の電気車両電力受電機の存在または不在を検出するための負荷感知回路(図示せず)を含み得る。例として、負荷感知回路は、ベース電力コンバータ336の電力増幅器へ流れている電流を監視し、その電流は、ベースカプラ304の近距離場結合モード領域の中で動作中の電力受電機の存在または不在によって影響を及ぼされる。電力増幅器での負荷の変化の検出は、エネルギーを送電するためのベースワイヤレス充電システム302を有効にするのかどうか、受電機と通信するのかどうか、またはそれらの組合せを判定する際に使用するために、ベースコントローラ342によって監視され得る。

【0044】

10

ワイヤレス大電力伝達を可能にするために、いくつかの実施形態は、10~150kHzの範囲の周波数で電力を伝達するように構成され得る。この低周波数結合により、ソリッドステートスイッチングデバイスを使用して達成され得る高効率な電力変換が可能になり得る。いくつかの実施形態では、本明細書で説明されるワイヤレス電力伝達システム100、200、および300は、再充電可能または交換可能なバッテリーを含む様々な電気車両112とともに使用され得る。

【0045】

図4は、本発明の例示的な実施形態による、電気車両412の中に配置された交換可能な非接触式バッテリーを示す機能ブロック図である。本実施形態では、ワイヤレス電力インターフェース(たとえば、充電器とバッテリー間のワイヤレスインターフェース426)を統合し、たとえば、地中に埋め込まれた地上ベースのワイヤレス充電ユニット(図示せず)から電力を受電し得る電気車両バッテリーユニット(図示せず)にとって、低いバッテリー位置が有用であり得る。図4では、電気車両バッテリーユニットは、再充電可能なバッテリーユニットであってよく、バッテリーコンパートメント424に収容され得る。電気車両バッテリーユニットはまた、充電器とバッテリー間のワイヤレス電力インターフェース426を提供し、充電器とバッテリー間のワイヤレス電力インターフェース426は、カプラ、共振同調および電力変換回路、ならびに、地上ベースのワイヤレス充電ユニットと電気車両バッテリーユニットとの間の効率的かつ安全なワイヤレスエネルギー伝達のために必要とされるような他の制御機能および通信機能を含む、電気車両ワイヤレス電力サブシステム全体を統合し得る。

20

【0046】

30

電気車両のカプラ(たとえば、電気車両カプラ116)は、突出した部分がないように、かつ、地面と車体間の所定のすきまが保たれ得るように、電気車両バッテリーユニットまたは車体の底面と面に統合されることが有用であり得る。この構成は、電気車両ワイヤレス電力サブシステムに専用の電気車両バッテリーユニットの中に、いくらかの空間を必要とし得る。図4に示すように、電気車両412と地上ベースのワイヤレス充電ユニットとの間にワイヤレス電力および通信を提供し得る充電器とバッテリー間のワイヤレス電力インターフェース426のそばに、電気車両バッテリーユニット422はまた、バッテリーとEV間の非接触インターフェース428を提供し得る。

【0047】

いくつかの実施形態では、図1を参照すると、ベースカプラ104aおよび電気車両カプラ116は、固定された位置にあってよく、カプラは、たとえば、ベースワイヤレス充電システム102aに対する電気車両カプラ116の全体的な配置によって、近距離場結合モード領域内に持ち込まれる。しかしながら、エネルギー伝達を迅速、効率的かつ安全に実行するために、ベースカプラ104aと電気車両カプラ116との間の距離は、結合を改善するように短縮される必要があり得る。したがって、いくつかの実施形態では、ベースカプラ104aおよび/または電気車両カプラ116は、それらを互いにより近くに持ち込むために(空隙を短縮するために)、垂直方向で配置可能および/または移動可能であり得る。

40

【0048】

図1を参照すると、上述された充電システムは、電気車両112を充電するために、または電力網に戻す形で電力を伝達するために、様々な場所で使用され得る。たとえば、電力の

50

伝達は、駐車場環境で生じ得る。「駐車エリア」が本明細書で「駐車スペース」または「駐車区画」と呼ばれることもあることに留意されたい。ワイヤレス電力伝達システム100の効率を高めるために、電気車両112内の電気車両カブラ116が、関連する駐車エリア内のベースカブラ104aに対して適切に位置合わせされるのを可能にするように、電気車両112はX方向およびY方向に沿って位置合わせされ得る。

【0049】

さらに、開示される実施形態は、1つまたは複数の駐車スペースまたは駐車エリアを有する駐車場に適用可能であり、駐車場内の少なくとも1つの駐車スペースは、以下で同様に充電ベース102が参照されるベースワイヤレス充電システム102aを備え得る。いくつかの実施形態では、充電ベース102は、単にベースカブラ104aだけを備えてもよく、ベースワイヤレス充電システムの残りの部分は他のどこかに設置される。たとえば、共通の駐車エリアは複数の充電ベースを、それぞれ共通の駐車エリアの対応する駐車スペースに収容することができる。電気車両112を駐車エリアの中に配置する際に車両のオペレータを支援して、電気車両112内の電気車両カブラ116をベースワイヤレス充電システム102aの部分としてのベースカブラ104aに対して位置合わせするために、案内システム(図1に示さず)が使用され得る。電気車両112を位置決めする際に電気車両のオペレータを支援して、電気車両112内の電気車両カブラ116がベースカブラ104aに十分に位置合わせされることを可能にするために、案内システムは、電子ベースの手法(たとえば、UWB信号、三角測量、磁場感知(たとえば、磁気ベクタリング)に基づく位置および/もしくは方向発見原理、ならびに/または光学的な、準光学的な、および/もしくは超音波の感知方法を使用する、たとえば、無線ベースの位置決め)、機械ベースの手法(たとえば、車輪ガイド、トラックまたはストップ)、またはそれらの任意の組合せを含み得る。

【0050】

上記で説明したように、電力をベースワイヤレス充電システム102aへ/から送電/受電するために、電気車両充電ユニット114は電気車両112の底面に配置され得る。たとえば、電気車両カブラ116は、電磁場の曝露に関して最大限安全な距離をもたらし、電気車両の前向き駐車および後向き駐車を可能にする、好ましくは中心位置の近くで車体底面に統合され得る。

【0051】

図5Aは、本発明の例示的な実施形態による、電気車両112をワイヤレス充電するために使用され得る例示的な周波数を示す周波数スペクトルのチャートである。図5Aに示すように、電気車両へのワイヤレス大電力伝達のための可能性のある周波数範囲は、3kHz~30kHz帯域のVLF、いくつかの除外がある30kHz~150kHz帯域の低LF(ISMなどの用途)、HFの6.78MHz(ITU-R ISMバンド6.765~6.795MHz)、HFの13.56MHz(ITU-R ISMバンド13.553~13.567)、およびHFの27.12MHz(ITU-R ISMバンド26.957~27.283)を含み得る。

【0052】

図5Bは、例示的な実施形態による、ワイヤレス電力伝達(WPT)のために使用され得る例示的な周波数と、電気車両のワイヤレス充電での付随的な目的のために、たとえば、電気車両通信エンティティをベース通信エンティティに位置決めすること(磁気ベクタリング)および電気車両通信エンティティをベース通信エンティティとペアリングすることのために使用され得る低レベル磁気情報信号、すなわちビーコン信号のための例示的な周波数を示す周波数スペクトルの一部分の図である。図5Bに示すように、WPTは、図5Bに示す周波数スペクトル部分の下端におけるWPT動作周波数帯域505内で行われ得る。図示のように、動作中の充電ベースは、たとえば、周波数の不安定性に起因して、または同調の理由で意図的に、WPT動作周波数帯域505内のわずかに異なる周波数で電力をワイヤレスに伝達し得る。いくつかの実施形態では、WPT動作周波数帯域505は、図5Aに示す可能性のある周波数範囲のうちの1つの中に位置し得る。いくつかの実施形態では、磁気シグナリング(ビーコニング)のための動作周波数帯域515は、干渉を避けるためにWPT動作周波数帯域505から周波数分離510だけオフセットされ得る。周波数分離510は、図5Bに示すように、WPT動作周波数帯域505の上方に位置し得る。いくつかの態様では、周波数分離は、10~20kHz以上の

オフセットを備え得る。いくつかの態様では、周波数分割方式を使用して、動作中の充電ベースは、いくらかのチャンネル間隔を伴う異なる周波数において磁気ビーコンを放出し得る。いくつかの態様では、磁気シグナリング(ビーコニング)515のための動作周波数帯域内の周波数チャンネル間隔は、1kHzのチャンネル間隔を備え得る。

【0053】

図6は、本発明の例示的な実施形態による、電気車両をワイヤレス充電するのに有用であり得る例示的な周波数および送電距離を示すチャートである。電気車両のワイヤレス充電に有用であり得るいくつかの例示的な送電距離は、約30mm、約75mm、および約150mmである。いくつかの例示的な周波数は、VLF帯域の約27kHzおよびLF帯域の約135kHzであり得る。

10

【0054】

電気車両112の充電サイクル中に、図1に関するワイヤレス電力伝達システム100のベースワイヤレス充電システム102aは、様々な動作状態を通過し得る。ワイヤレス電力伝達システム100は、1つまたは複数のベースワイヤレス充電システム(たとえば、102aおよび102b)を含み得る。ベースワイヤレス充電システム102aは、図3に示すように、コントローラおよび電力変換ユニットのうちの少なくとも1つ、ならびにベースコントローラ342、ベース電力コンバータ336、およびベースカブラ304などのベースカブラを含み得る。ワイヤレス電力伝達システム100は、図1に示すローカル配電センタ130を含み得、中央制御装置、グラフィカルユーザインターフェース、ベース共通通信エンティティ、およびリモートサーバまたはサーバのグループへのネットワーク接続をさらに含み得る。

20

【0055】

ワイヤレス電力伝達システム100の効率性を高めるために、電気車両112内の電気車両カブラ116が、関連する駐車エリア内のベースカブラ104と十分に位置合わせされるのを可能にするように、電気車両112はX方向およびY方向に沿って(たとえば、磁場を使用して)位置合わせされ得る。規制上の制約(たとえば、電磁場強度の制限)のもとでの最大電力、および最大伝達効率を達成するために、ベースカブラ104aと電気車両カブラ116との間の位置合わせ誤差は、できるだけ小さく設定され得る。

【0056】

駐車エリアの中で電気車両112を位置決めする際に、電気車両112内の電気車両カブラ116をベースワイヤレス充電システム102aのベースカブラ104aに位置合わせするように車両オペレータを支援するために、案内システム(図3に関して上記で説明した案内システム362および364などの)が使用され得る。電気車両カブラ116とベースカブラ104aとの間の結合効率がいくらかのしきい値を越えるように電気車両カブラ116およびベースカブラ104が位置合わせされたとき、それら2つはワイヤレス充電のための「スイートスポット」(許容エリア)内にあると言われる。この「スイートスポット」エリアは、放出に換算して定義されることもあり、たとえば、車両がこの許容エリアの中に駐車される場合、車両の周囲で測定されるような漏れ磁場は、規定された制限、たとえば、人体曝露の制限を常に下回る。

30

【0057】

案内システムは、様々な手法を含み得る。ある手法では、案内は、電気車両を「スイートスポット」の上に位置決めする際に、電気車両カブラのベースカブラに対する位置および/または方向を決定することに基づく表示または他の光学もしくは音響フィードバックを使用して電気車両のオペレータを支援することを含み得る。別の手法では、案内は、電気車両カブラ116のベースカブラ104に対する位置および/または方向を決定することに基づく、車両の直接かつ自動の案内を含み得る。

40

【0058】

位置および/または方向を決定するために、電磁波ベースの手法(たとえば、伝搬時間測定および三角測量のためにマイクロ波広帯域信号を使用する無線ベースの方法)、音響波ベースの手法(たとえば、伝搬時間測定および三角測量のために超音波を使用する)、光学または準光学の手法(たとえば、光学センサおよび電子カメラを使用する)、慣性ベースの

50

手法(たとえば、加速度計および/またはジャイロメータを使用する)、空気圧力ベースの手法(たとえば、多層式駐車場においてフロアレベルを決定するため)、誘導ベースの手法(たとえば、WPTベースカブラまたは他の専用の誘導ループによって生成される磁場を感知することによる)などの、様々な手法が適用され得る。

【0059】

さらなる手法では、案内は、機械ベースの手法(たとえば、車輪ガイド、トラックまたはストップ)を含み得る。また別の手法では、案内は、案内ならびに位置および/または方向を決定するための上の手法および方法の組合せを含み得る。上の案内手法はまた、拡張されたエリア、たとえば、駐車場の内側、またはローカルエリア位置決めシステム(たとえば、屋内の位置決め)を必要とする駐車場での案内のために適用され得、ここで、位置決めは位置および/または方向を決定することを指す。

10

【0060】

屋内(GPSなどのグローバル衛星ベースナビゲーションシステムの受信がない)または屋外での自動車の環境において、異なる季節ごとの天候条件(雪、氷、水、群葉)において、異なる日中(日光照射、暗闇)において、信号源およびセンサが汚されて(汚れ、泥、ほこりなど)、異なる地上特性(アスファルト、鉄筋コンクリート)を伴って、車両および他の反射もしくは遮蔽している物体(その車両自体の車輪、隣接して駐車されている車両など)の存在において遭遇するような、すべての状態において確実に機能する場合、位置決めまたは位置特定の方法は実際的かつ有用であると見なされてよい。その上、インフラストラクチャ設置の複雑さおよびコストを最小限に抑えるために、ベースワイヤレス充電システム302(図3に関する)の物理ユニットの外部に追加のコンポーネント(信号源、アンテナ、センサなど)を取り付ける必要がない方法が好ましくあり得る。本態様は、車両側にも適用され得る。好ましい実施形態では、アンテナおよびセンサを含む案内システム364のすべての車両側構成要素は、電気車両ワイヤレス充電システム314の物理ユニットに完全に統合される。同様に、好ましい実施形態では、アンテナおよびセンサを含む案内システム362のすべてのベース側構成要素は、ベースワイヤレス充電システム302の物理ユニットに完全に統合される。

20

【0061】

誘導ベースの手法の一実施形態では、図3を参照すると、ベースカブラ304もしくは電気車両カブラ316のいずれか、またはベースワイヤレス充電システム302もしくは電気車両充電システム314に含まれる任意の他の専用の誘導ループは、それぞれ、電気車両充電システム314に含まれてよく、またはベースワイヤレス充電システム302に含まれてもよいセンサシステムまたはセンサ回路によって感知され得る、「磁場ビーコン信号」または「磁気感知場」とも呼ばれる交番磁場を生成し得る。磁場ビーコン信号用の周波数は、案内および位置合わせ(位置決め)の目的ならびに通信エンティティのペアリングのために使用され得、WPTの動作周波数と同一であってよく、またはWPTの周波数と異なるが位置決めのための感知が近距離場において行われるように十分低くてもよい。ある適当な周波数の一例は、低周波(LF)(たとえば、20~150kHzからの範囲内で)におけるものであってよい。低周波(LF)磁場ビーコン信号の近距離場特性(場の強さ対距離である3次べき乗則減衰)および磁気ベクトル場パターンの特性は、多くの場合にとって十分な精度で位置を決定するために有用であり得る。さらに、この誘導ベースの手法は、上記に記載したような環境影響に比較的無反応であり得る。磁場ビーコン信号は、WPTのために使用されるものと同じコイルまたは同じコイル構成を使用して生成され得る。いくつかの実施形態では、特に磁場ビーコン信号を生成または感知するための1つまたは複数の別個のコイルが使用されてよく、いくつかの潜在的な問題点を解決する場合があります、現実かつ正確なソリューションをもたらし得る。

30

40

【0062】

一態様では、磁場ビーコン信号を感知することは、単にWPT結合の代表である位置合わせスコアのみを提供し得るが、より多くの情報(たとえば、実際の位置合わせ誤差、および駐車を試みに失敗した場合の修正のやり方)を車両オペレータに提供することができな

50

い場合がある。本態様では、ベースカプラおよび電気車両カプラのWPTコイルは、磁場を生成および感知するために使用され得、ベースカプラと電気車両カプラとの間の結合効率は、場が電流を生成することを知っている感知WPTコイルの短絡回路電流または開回路電圧を測定することによって決定され得る。この位置合わせ(すなわち、測定)モードにおいて必要とされる電流は、通常のWPTのために一般に使用される電流よりも小さくてよく、周波数は同じであってよい。

【0063】

別の態様では、図1を参照すると、磁場を感知することは、電気車両112をワイヤレス充電スタンドの「スイートスポット」の中に正確に駐車する際に運転手を支援するために使用され得る、拡張された範囲にわたる位置情報を提供し得る。そのようなシステムは、周波数選択的でありWPTシステムで使用される通常の電流または電圧トランスデューサよりも感度のよい、専用の能動フィールドセンサを含み得る。人体曝露の規格に準拠するために、磁気感知場は、上述されたように結合効率を測定するために使用されるものよりも、低いレベルに低減されなければならないことがある。ベースカプラ104が磁気感知場を生成し、ベースカプラ104の活性面が常に電気車両112によって覆われているとは限らない場合、このことは特に当てはまることがある。

【0064】

異なる態様では、磁気近距離場を感知することはまた、拡張されたエリア、たとえば、駐車場の内側の中の駐車区画の外側で位置決め(案内)するために適用され得る。本態様では、磁場の発生源は、進入路すなわち車路において道路に埋め込まれ得る。

【0065】

電磁ベースの手法の一実施形態では、案内システムは、ウルトラワイドバンド(UWB)技術を使用し得る。マイクロ波、たとえば、Kバンド(24GHz)またはEバンド(77GHz)の周波数範囲(自動車の使用のための)で動作するUWB技術に基づく技法は、十分な時間分解能をもたらすこと、正確な測距を可能にすること、およびマルチパスの影響の緩和の可能性を有する。UWBに基づく位置決め方法は、遮断(たとえば、車輪による遮断)、反射(たとえば、隣接して駐車されている車両からの反射)、ベースワイヤレス充電システム102の物理ユニット、電気車両ワイヤレス充電ユニット114の物理ユニット、および図1に示すように車両の車台の底部に取り付けられている車両カプラ116のうちの少なくとも1つに統合されているアンテナを想定する実環境で予期される回折などの、波の伝搬の影響に対処するのに十分頑強であり得る。狭帯域無線周波数(RF)技術(たとえば、極超短波(UHF)帯域で動作する)に基づき、単に無線信号強度(距離を示す)を測定するだけの方法は、そのような環境において十分な精度および信頼性をもたらし得ない。磁気近距離場の場の強さではなく、自由空間における電波の場の強さのみが、距離と線形に低下する。その上、信号強度は、マルチパスの受信および経路の遮断によって引き起こされるようなフェージングに起因して大幅に変動することがあり、信号強度対距離の関係に基づく正確な測距を困難にする。

【0066】

一実施形態では、ベースワイヤレス充電システム102または電気車両112のいずれかは、正確な三角測量を可能にするために十分に離間した複数の統合されたアンテナから、UWB信号を放出および受信し得る。例示的な一態様では、1つまたは複数のUWBトランスポンダは、それぞれ、電気車両112に搭載されて、またはベースワイヤレス充電システム102の中で使用される。相対位置は、信号の往復遅延を測定することによって、かつ三角測量を実行することによって、決定され得る。

【0067】

別の態様では、ベースワイヤレス充電システム102または電気車両112のいずれかは、正確な三角測量を可能にするために十分に離間した複数の統合されたアンテナから、UWB信号を放出し得る。複数のUWB受電機は、それぞれ、電気車両112に取り付けられるか、またはベースワイヤレス充電システム102に統合される。位置決めは、衛星ベースの位置決めシステム(GPS)と同様に、すべての受信された信号の相対的な到達時間(ToA)を測定すること、および三角測量によって実行される。

【 0 0 6 8 】

一態様では、ベースワイヤレス充電システム102、または電気車両112のオンボードシステムの部分としてのUWBトランシーバはまた、危険な空間における外来物体の検出、たとえば、ベースワイヤレス充電システム102によって生成されるような磁場がいくつかの安全レベルを越える場所を検出するために、使用(再使用)され得る。これらの物体は、生命のない物体、たとえば、渦電流加熱を受けやすい金属物体、または過度の磁場曝露を受けやすい人や動物などの生命のある物体であり得る。

【 0 0 6 9 】

図7は、直列同調共振システムにおいて電荷受電要素に供給される電荷の量を制御するためのシステム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700の例示的なコア構成要素の概略図を示す。

10

【 0 0 7 0 】

例示的な実施形態では、電気車両電力コンバータ738は、ベース共振回路206から電気車両共振回路222に伝達される電力を整流し、そうした電力の量を制御するように構成された回路を備える。電気車両電力コンバータ738は、図2の電気車両電力コンバータ238の例示的な実施形態である。電気車両電力コンバータ738の実施形態は、負荷に供給される電力を制御し安定化させるためのデューティサイクルを作成することと、ベースワイヤレス電力充電システム202によって生じる電力の量を制御することの両方を行う。

【 0 0 7 1 】

例示的な実施形態では、電気車両電力コンバータ738は、ダイオード702および704、ダイオード706および708、スイッチ712および714、インダクタンスとして表される負荷要素716、ならびに静電容量として表される負荷要素718を備える。DC充電信号は接続部722を介して供給され、特性バッテリー電圧VLDCによって、また特性電流I_{bat}によって表される。例示的な実施形態では、ダイオード706および708は、それぞれ、スイッチ712および714のボディダイオードであり得る。したがって、ダイオード706およびスイッチ712を通過する電流は一緒と見なされ、ダイオード708およびスイッチ714を通過する電流は一緒と見なされる。

20

【 0 0 7 2 】

スイッチ712(「S1」とも呼ばれる)は、制御信号Vg1(図8においても図式的に示される)に従って動作させられ、スイッチ714(「S2」とも呼ばれる)は、制御信号Vg2(図8においても図式的に示される)に従って動作させられる。制御信号Vg1およびVg2は、パルス幅変調(PWM)生成器732によって接続部734を介して提供される。

30

【 0 0 7 3 】

比較器739は、電流I₂をサンプリングして電流I₂のゼロ交差情報を決定し、接続部742を介してPWM生成器732に同期(「Synch」)信号を提供する。接続部742上のSynch信号は、電流I₂のゼロ交差を表す。

【 0 0 7 4 】

車両側コントローラ(「VEH.CONT」)726は、出力電圧VLDCおよび電流I_{bat}を受け取り、接続部728を介してPWM生成器732に制御信号を提供する。接続部728上の制御信号は、PWM生成器732がデューティサイクルで動作するように車両側コントローラ726によって調整され、これにより、負荷要素716、出力部722における電流、および電力シンク218のうちのいずれかによって表される負荷(バッテリー)によって要求される所望の電力レベルで、電気車両電力コンバータ738が電力を出力することが可能になる。車両側コントローラ726によって接続部728上で提供される制御信号は、必要とされるPWMデューティサイクルについての情報をPWM生成器732に提供する。代替として、車両側コントローラ726はまた、出力電力および/または出力電流をさらに制限または制御するために、ベースコイル電流(図示せず)の測定値などの他の入力信号を使用してもよい。

40

【 0 0 7 5 】

電気車両電力コンバータ738は、とりわけ、動作周波数における電力を、電気車両バッテリーユニットを表し得る電力シンク218の電圧レベルにおけるDC電力に戻す形で変換する

50

ように構成される、LF/DC(低周波から直流への)コンバータを含み得る。電気車両電力コンバータ738は、変換された電力 P_{LDC} を電力シンク218に供給し得る。電源208、ベース電力コンバータ236、およびベースカプラ204は、上記で説明したような様々な場所に固定され、位置してよい。電気車両電力シンク218(たとえば、電気車両バッテリーユニット)、電気車両電力コンバータ738、および電気車両カプラ216は、電気車両(たとえば、電気車両112)の部分、またはそのバッテリーパック(図示せず)の部分である電気車両充電システム714に含まれ得る。電気車両充電システム714はまた、電気車両カプラ216を通じてベースワイヤレス電力充電システム202に電力をワイヤレスに供給して、電力をグリッドに戻すように構成され得る。電気車両カプラ216およびベースカプラ204の各々は、動作モードに基づいて、送電カプラまたは受電カプラとしての働きをすることができる。

10

【0076】

例示的な実施形態では、ベースワイヤレス電力充電システム202は、接続部742を介してベース電力コンバータ236に結合されたコントローラ741を備える。例示的な実施形態では、コントローラ741は、ベース電力コンバータ236のインバータデューティサイクルを制御するように構成される。例示的な実施形態では、コントローラ741は、入力電圧 V_i を制御し、それによって電流 I_2 を制御するために、接続部742を介してベース電力コンバータ236に制御信号を提供するように構成され得る。

【0077】

図8は、図7のワイヤレス電力伝達システム700に存在する信号を示すタイミング図である。タイミング図は、入力電圧 V_i を表すトレース802、電流 I_1 を表すトレース804、電流 I_2 を表すトレース806、および電圧 V_{out} を表すトレース808を示す。

20

【0078】

タイミング図800はまた、制御信号 V_{g1} を表すトレース812、および制御信号 V_{g2} を表すトレース814を示す。トレース816は、ダイオード702を通る電流 I_{D1} を表し、トレース818は、ダイオード706およびスイッチ712を通る電流 I_{S1} を表す。トレース822は、ダイオード704を通る電流 I_{D2} を表し、トレース824は、ダイオード708およびスイッチ714を通る電流 I_{S2} を表す。

【0079】

トレース826は、DC電流 I_{dc} を表し、トレース828は、バッテリーへ行く電流 I_{bat} を表す。

【0080】

例示的な実施形態では、スイッチ712および714は、制御可能クランプ期間 830(図8のトレース812および814に示す)に従って、電流 I_2 を用いて同期的に切り替えられる。スイッチ712および714のスイッチングは、 I_2 電流信号806のゼロ交差と同期しており、そこから制御信号 V_{g1} および V_{g2} が制御可能クランプ期間 830に従って生成される。比較器739によって提供されるSynch信号、および接続部728上での車両側コントローラ726の出力に基づいて、PWM生成器732は、 V_{g1} および V_{g2} 信号を接続部734上に生じさせる。 V_{g1} および V_{g2} 信号は、制御可能クランプ期間 830によって決定されたデューティサイクルを有する。例示的な実施形態では、制御可能クランプ期間 830の持続時間は、所望の出力電力と利用可能なAC電流 I_2 との比(直線的でない)によって決定され得る。例示的な実施形態では、制御可能クランプ期間 830の持続時間は、システムにおけるいくつかのパラメータを制限するようにさらに調整され得る。たとえば、制御可能クランプ期間 830は、最大ベースコイル電流 I_1 を制限するために使用され得る。

30

40

【0081】

スイッチS1 712が閉じているとき、電流 I_2 は、ダイオード706を迂回してシャントされ、スイッチS1 712およびダイオード708を通して流れ、L2およびC2によって形成されたAC共振経路の中だけで循環する。スイッチS2 714が閉じているとき、電流 I_2 は、ダイオード708を迂回してシャントされ、スイッチS2 714およびダイオード706を通して流れ、L2およびC2によって形成されたAC共振経路の中だけで循環する。スイッチS1 712とS2 714の両方が閉じているとき、電流 I_2 は、ダイオード706および708を迂回してシャントされ、スイッチS1 712およびS2 714を通して流れ、L2およびC2によって形成されたAC共振経路の中だけ

50

で循環する。スイッチ712および714が開いているとき、電流 I_2 は、ダイオード706および708を通して、かつダイオード702および704を通して、DC電流 I_{dc} として出力部722へ流れる。クランプ期間 830を変化させることは、スイッチ712および714が開いている持続時間および閉じている持続時間を制御することによって、平均のDC出力電流を調整する。

【0082】

図9は、直列-直列同調ネットワークの特性インピーダンス X を示す概略図である。直列-直列同調ネットワークの特性インピーダンス X は、

【0083】

$$X = M \quad (1)$$

によって定義され得る。

【0084】

次いで、ベースコイルおよび車両コイルにおける電流は、

【0085】

【数1】

$$I_1 \approx I_{1,1} = \frac{V_{out,1}}{-j\omega M} \quad (2)$$

$$I_2 \approx I_{2,1} = \frac{V_{i,1}}{-j\omega M} \quad (3)$$

【0086】

によって記述される。

【0087】

式(3)は、直列-直列同調システムが、制御される出力電流源特性を有することと、その基本波成分が、インバータ電圧および特性インピーダンスによって制御されることを示す。コイルインダクタンスがその設計された入力電圧および出力電圧にとって比較的大きいので、両方のコイル電流における高調波成分は極めて小さく、したがって、それは無視され、設計計算を簡単にするために基本波成分のみを使用する。

【0088】

ACスイッチング動作モード

【0089】

図10A～図10Dは、スイッチ712および714の動作、ならびにスイッチ712および714とダイオード702、704、706、および708とを通る電流フローを示す。

【0090】

出力電流源特性を用いると、電流 I_2 は、出力電流制御を実行するために、図7に示すスイッチングS1(712)およびS2(714)のための同期信号として使用される。ACスイッチング制御を有する直列-直列同調システムの概念的な回路波形が図8に示される。ACスイッチング動作が以下で説明される。

【0091】

t_0 において、 I_2 が正に変わる。図10Aに示すように、スイッチS1(712)がターンオンされ、 I_2 は、S1(712)およびS2(714)を通して、すなわち、ダイオード708を通して、循環するように強制される。トレース812(図8)に示す制御可能クランプ期間 830の持続時間によって決定される、 I_2 の正の期間のうちのこの部分に対して電流は整流されない。 V_{g1} の立上りエッジは期間831(すなわち、 I_2 の負の期間)内でいつ発生してもよいが、 V_{g1} の有効なPWM持続時間は制御可能クランプ期間 830だけである。

【0092】

t_1 において(スイッチクランプ区間の末尾(830)に到達したとき)、図10Bに示すように、S1(712)がターンオフされ、 I_2 がD1(702)およびS2(714)を通して流れてDC側に電力を伝達する。

【0093】

10

20

30

40

50

T/2において、 I_2 が負に変わり、その結果、D1(702)が穏やかにターンオフされる。図10Cに示すように、スイッチS2(714)がターンオンされ、 I_2 は、S2(714)およびS1(712)を通して、すなわち、ダイオード706を通して、再循環する。トレース814(図8)に示す制御可能クランプ期間 830の持続時間によって決定される、 I_2 の負の期間のうちのこの部分に対して電流は整流されない。Vg2の立上りエッジは期間833(すなわち、 I_2 の正の期間)内でいつ発生してもよいが、Vg2の有効なPWM持続時間は制御可能クランプ期間 830だけである。

【 0 0 9 4 】

t_2 において(スイッチクランプ区間 (830)の末尾に到達したとき)、図10Dに示すように、S2(714)がターンオフされ、 I_2 がD2(704)およびS1(712)を通して流れてDC側に電力を伝達する。

10

【 0 0 9 5 】

Tにおいて、時間 t_0 において開始されたものと同じシーケンスが、次の期間に対して行われる。

【 0 0 9 6 】

図示したACスイッチング制御は、Voutの大きさと、Voutと I_2 との間のその位相の両方を変化させる。このことは、その出力電力を調整しながらシステムにおける追加の無効電力を生成する。この追加の無効電力の大きさは、クランプ角 (830)によって制御され、クランプ角 (830)は、出力電力を制御するためにも使用される。したがって、この無効負荷の大きさは、出力電力と独立に変化させることができない。次いで、直列-直列ACスイッチング出力特性は、

20

【 0 0 9 7 】

【数2】

$$V_{out} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{dc} \sin\left(\frac{\pi-\theta}{2}\right) \quad (4)$$

$$P_{out} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{dc} I_2 \sin\left(\frac{\pi-|\theta|}{2}\right) \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (5)$$

$$VAr_{out} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{dc} I_2 \sin\left(\frac{\pi-|\theta|}{2}\right) \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (6)$$

30

【 0 0 9 8 】

によって記述され得る。

【 0 0 9 9 】

式(5)および式(6)を使用すると、ACスイッチング回路は、図11に示すように、可変の無効負荷および抵抗性負荷によってモデル化され得る。図8に示すACスイッチングパターンを用いると、出力無効負荷は、ベース電力コンバータ236のインバータブリッジにとっての誘導性負荷に換算される静電容量性である。それらの一部が静電容量性負荷をスイッチングすることが困難であるシリコン(Si)スイッチを使用してインバータが設計される場合、この特性が重要である。

40

【 0 1 0 0 】

ベースインバータ電圧 V_{i1} のための基本波電圧表現は、

【 0 1 0 1 】

【数3】

$$V_{i1} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{SDC} \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) \quad (7)$$

【 0 1 0 2 】

50

によって与えられ、ただし、 V_{SDC} はベースインバータのdc入力電圧であり、 θ はインバータ導通角である。

【 0 1 0 3 】

式(3)、式(5)、および式(7)を組み合わせることによって、出力電力は、

【 0 1 0 4 】

【 数 4 】

$$\begin{aligned} P_{out} &= \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{dc} I_2 \sin\left(\frac{\pi-|\theta|}{2}\right) \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ &= \frac{8}{\omega M \pi^2} V_{dc} V_{SDC} \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) \sin\left(\frac{\pi-|\theta|}{2}\right) \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \end{aligned} \quad (8) \quad 10$$

$$\begin{aligned} VAr_{out} &= \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{dc} I_2 \sin\left(\frac{\pi-|\theta|}{2}\right) \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ &= \frac{8}{\omega M \pi^2} V_{dc} V_{SDC} \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) \sin\left(\frac{\pi-|\theta|}{2}\right) \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \end{aligned} \quad (9)$$

【 0 1 0 5 】

によって表現され得る。

【 0 1 0 6 】

式(8)は、システムの有効電力供給が、ベースインバータdc電圧(V_{SDC})および車両側出力dc電圧(V_{dc})、ならびにそれらの対応するスイッチングデューティサイクル(ベースインバータおよび車両側コントローラにとって、それぞれ、 D_1 および D_2)によって制御されることを記述する。この式は、1次側コンバータ236から車両バッテリーへの電力供給が、ベースインバータ電圧 V_{i1} および2次側での V_{out} のいずれかによって、またはそれらの両方によって同時に制御されることを論証する。車両コイル電流の両方のゼロ交差でのACスイッチングを使用することによって、出力無効負荷は、次いで、有効電力調整から独立に制御され得る。

【 0 1 0 7 】

回路トレース816および818、ならびに822および824は、ダイオード702および704がどのようにして「ソフト」ターンオフされたままであるのかを示し、そのことは有益でありシリコン(Si)ダイオード技術を使用する回路実装を可能にする。ダイオード702および704は、「準ソフト」切替えされる。ボディダイオード706および708は、それぞれ、電流 I_{S1} および I_{S2} の負の期間に導通し、穏やかにターンオンとターンオフの両方を行う。その対応するボディダイオードが導通している間にターンオン遷移が起こるので、スイッチ712および714が準ソフト切替えされ、したがって、スイッチは穏やかにターンオンされる。しかしながら、トレース818および824に示すように、スイッチはハードターンオフされる。

【 0 1 0 8 】

第1の交互動作モード

【 0 1 0 9 】

図12A～図12Dは、スイッチ712および714の交互動作モード、ならびにスイッチ712および714とダイオード702、704、706、および708とを通る電流フローを示す。

【 0 1 1 0 】

図13は、図12A～図12Dの動作モードにおいて図7のワイヤレス電力伝達システム700に存在する信号を示すタイミング図である。

【 0 1 1 1 】

この第1の交互動作モードは、上記で説明したACスイッチング動作と類似であるが、スイッチングシーケンスは逆方向である。タイミング図が図13に示される。タイミング図に示すように、サイクルごとのスイッチングシーケンスが以下で説明される。

【 0 1 1 2 】

t_0 において、 I_2 が正に変わる。図12Aに示すように、 S_1 (712)はターンオフされたままで

10

20

30

40

50

あり、 I_2 がD1(702)ならびにS2(714)およびダイオード(708)を通して流れてDC側に電力を伝達する。

【0113】

t_1 において(スイッチオープン区間(- | |)の末尾に到達したとき)、図12Bに示すように、スイッチS1(712)がターンオンされ、 I_2 は、S1(712)およびS2(714)を通して、すなわち、ダイオード708を通して、循環するように強制される。トレース842(図13)に示す制御可能クランプ期間 840の持続時間によって決定される、 I_2 の正の期間のうちのこの部分に対して電流は整流されない。 V_{g1} の立下りエッジは期間841(すなわち、 I_2 の負の期間)内でいつ発生してもよいが、 V_{g1} の有効なPWM持続時間は制御可能クランプ期間 840だけである。

10

【0114】

T/2において、 I_2 が負に変わり、図12Cに示すように、S2(714)はターンオフされたままであり、 I_2 がD2(704)およびS1(712)のボディダイオード706を通して流れてDC側に電力を伝達する。S1(712)のボディダイオード706が導通している間、S1(706)のためのゲート信号は、ソフトターンオフを実現するためにT/2~Tの間でいつターンオフされてもよい。

【0115】

t_2 において(スイッチオープン区間(- | |)の末尾に到達したとき)、図12Dに示すように、スイッチS2(714)がターンオンされ、 I_2 は、S2(714)およびS1(712)のダイオード706を通して循環するように強制される。トレース844(図13)に示す制御可能クランプ期間 840の持続時間によって決定される、 I_2 の負の期間のうちのこの部分に対して電流は整流されない。 V_{g2} の立下りエッジは期間843(すなわち、 I_2 の正の期間)内でいつ発生してもよいが、 V_{g2} の有効なPWM持続時間は制御可能クランプ期間 840だけである。

20

【0116】

Tにおいて、 I_2 が正に変わる。 t_0 と同じシーケンスが、次の期間に対して行われる。S2(714)のボディダイオード708が導通している間、S2(714)は、TとT+(T/2)との間で穏やかにターンオフされ得る。

【0117】

この第1の交互モード動作の出力有効電力および出力無効電力の表現は、上の式(8)および式(9)によって示されるような第1のACモードと同じである。

【0118】

ACモードにとっての の範囲は0~ - であり、第1の交互モードにとっての の範囲は0~ - である。

30

【0119】

式8および式9によって与えられる出力有効電力および出力無効電力の変動特性を用いると、第1の交互モードで動作するACスイッチング回路は、図14に示すように、可変のインダクタおよび抵抗性負荷によってモデル化され得る。

【0120】

第2の交互動作モード(デュアルエッジスイッチング)

【0121】

図15A~図15Fはスイッチ712および714の交互動作モード、ならびにスイッチ712および714とダイオード702、704、706、および708とを通る電流フローを示す。

40

【0122】

図16は、図15A~図15Fの動作モードにおいて図7のワイヤレス電力伝達システム700に存在する信号を示すタイミング図である。

【0123】

デュアルエッジスイッチング動作は、上記で説明した第1のモードと第2のモードとの組合せである。第1のACモードと第1の交互モードの両方では、その出力電力を調整するためにPWM信号の1つのエッジしか制御されない。したがって、AC出力において生成される無効負荷の量は、主に有効出力電力を調整するために使用される によって決定される。したがって、生成される出力無効負荷は、出力有効電力調整から独立に変化させることができ

50

ない。

【 0 1 2 4 】

出力無効負荷制御を出力有効電力制御から分離するために、スイッチS1(712)用およびS2(714)用のゲート駆動PWM信号の立上リエッジおよび立下リエッジが個々に制御される。デュアルエッジスイッチングのタイミング図が図16に示される。デュアルエッジACスイッチング動作が以下で説明される。

【 0 1 2 5 】

t_0 において、 I_2 が正に変わる。図15Aに示すように、スイッチS1(712)がターンオンされ、 I_2 は、S1(712)およびS2(714)のダイオード708を通して循環するように強制される。トレース872(図16)に示す制御可能クランプ期間 t_{2880} の持続時間によって決定される、 I_2 の正の期間のうちのこの部分に対して電流は整流されない。制御信号Vg1は期間881(すなわち、 I_2 の負の期間)内でハイのままであってよいが、Vg1の有効なPWM持続時間は制御可能クランプ期間 t_{1882} および制御可能クランプ期間 t_{2880} だけである。

10

【 0 1 2 6 】

t_1 において(スイッチクランプ区間 t_{2880} の末尾に到達したとき)、図15Bに示すように、S1(712)がターンオフされ、 I_2 がD1(702)およびS2(714)のダイオード708を通して流れてDC側に電力を伝達する。

【 0 1 2 7 】

t_2 において(スイッチオープン区間 $(t_{2880} - t_{1882})$ の末尾に到達したとき)、図15Cに示すように、スイッチS1(712)がターンオンされ、 I_2 はS1(712)およびS2(714)のダイオード708を通して循環するように強制される。 I_2 の正の期間中、S1(712)のダイオード706は導通していない。トレース872(図16)に示す制御可能クランプ期間 t_{1882} の持続時間によって決定される、 I_2 の正の期間のうちのこの部分に対して電流は整流されない。

20

【 0 1 2 8 】

$T/2$ において、 I_2 が負に変わる。図15Dに示すように、スイッチS2(714)がターンオンされ、 I_2 はS2(714)およびS1(712)のダイオード706を通して再循環する。 I_2 の負の期間中、S2(714)のダイオード708は導通していない。トレース874(図16)に示す制御可能クランプ期間 t_{2880} の持続時間によって決定される、 I_2 の負の期間のうちのこの部分に対して電流は整流されない。制御信号Vg2は期間883(すなわち、 I_2 の正の期間)内でハイのままであってよいが、Vg2の有効なPWM持続時間は制御可能クランプ期間 t_{1882} および制御可能クランプ期間 t_{2880} だけである。

30

【 0 1 2 9 】

t_3 において(スイッチクランプ区間 t_{2880} の末尾に到達したとき)、図15Eに示すように、S2(714)がターンオフされ、 I_2 はD2(704)およびS1(712)のダイオード706を通して流れてDC側に電力を伝達する。

【 0 1 3 0 】

t_4 において(スイッチオープン区間 $(t_{2880} - t_{1882})$ の末尾に到達したとき)、図15Fに示すように、スイッチS2(714)がターンオンされ、 I_2 はS2(714)およびS1(712)のダイオード706を通して循環するように強制される。トレース874(図16)に示す制御可能クランプ期間 t_{1882} の持続時間によって決定される、 I_2 の負の期間のうちのこの部分に対して電流は整流されない。

40

【 0 1 3 1 】

T において、 I_2 が正に変わる。スイッチS2(714)がターンオフされ、S1(712)がターンオンされる。 t_0 と同じシーケンスが、次の期間に対して行われる。

【 0 1 3 2 】

図示したデュアルエッジACスイッチング制御は、 V_{out} の大きさおよび V_{out} と I_2 との間のその位相の、独立した制御を有する。したがって、システムにおける追加の無効電力の極性および大きさは、出力電力制御と独立に変化させることができる。デュアルエッジACスイッチングシステムは、図17に示すように、可変の抵抗性負荷を伴う可変の出力無効負荷($\pm jX_{load}$)によってモデル化され得る。次いで、直列-直列デュアルエッジACスイッチン

50

グ出力特性が、

【 0 1 3 3 】

【 数 5 】

$$V_{out} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{dc} \sin\left(\frac{\pi-\theta_1-\theta_2}{2}\right) \quad (10)$$

$$\begin{aligned} P_{out} &= \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{dc} I_2 \sin\left(\frac{\pi-\theta_1-\theta_2}{2}\right) \cos\left(\frac{\theta_1-\theta_2}{2}\right) \\ &= \frac{8}{\omega M \pi^2} V_{dc} V_{SDC} \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) \sin\left(\frac{\pi-\theta_1-\theta_2}{2}\right) \cos\left(\frac{\theta_1-\theta_2}{2}\right) \end{aligned} \quad (11)$$

10

$$\begin{aligned} VAr_{out} &= \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{dc} I_2 \sin\left(\frac{\pi-\theta_1-\theta_2}{2}\right) \sin\left(\frac{\theta_1-\theta_2}{2}\right) \\ &= \frac{8}{\omega M \pi^2} V_{dc} V_{SDC} \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) \sin\left(\frac{\pi-\theta_1-\theta_2}{2}\right) \sin\left(\frac{\theta_1-\theta_2}{2}\right) \end{aligned} \quad (12)$$

【 0 1 3 4 】

によって記述され得る。

【 0 1 3 5 】

制御可能クランプ期間 θ_1 および θ_2 は、0 ~ π の間の値範囲を有するものとして定義され、ただし $\theta_1 + \theta_2 = \pi$ である。

20

【 0 1 3 6 】

V_{dc} と V_{SDC} の両方が固定であり1次側インバータ導通角 θ_1 が固定であるものとして、式(11)および式(12)を使用すると、 P_{out} 、 VAr_{out} 、ならびに θ_1 および θ_2 の間の関係は、

【 0 1 3 7 】

$$P_{out} = \cos(\theta_1) + \cos(\theta_2) \quad (13)$$

【 0 1 3 8 】

$$VAr_{out} = \sin(\theta_1) - \sin(\theta_2) \quad (14)$$

によって表現され得る。

【 0 1 3 9 】

式(13)および式(14)は、 θ_1 および θ_2 を個々に変化させることにより出力電力 P_{out} および出力無効負荷 VAr_{out} を独立に制御する自由が与えられることを示す。

30

【 0 1 4 0 】

図18は、図7のワイヤレス電力伝達システム700の電圧および電流の入力および出力を示すスクリーンショットである。トレース902は、1次側入力電圧 V_i を示す。トレース904は、1次側入力電流 I_1 を示す。トレース906は、2次側電流 I_2 を示す。トレース908は、ダイオード706および708の端から端までの2次側電圧 V_{out} を示す。上の式2および式3を参照すると、インバータデューティサイクルを使用して1次側での実効電圧を制御することによって、2次側での出力電流を制御することが可能であることが示される。反対に、2次側での実効電圧を制御することによって、1次側コイル電流を制御することが可能である。

40

【 0 1 4 1 】

図19は、図7の電気車両電力コンバータの代替実施形態1038を示す概略図である。図10A ~ 図10Dにおいて上記で説明したACスイッチング動作、ならびに図12A ~ 図12Dおよび図15A ~ 図15Fに示す交互動作モードはまた、図19に示す電気車両電力コンバータ回路1038を用いて実施され得る。スイッチング S_1 (712)および S_2 (714)のためのタイミングは調整されるが、結果として上記で説明した同じスイッチング動作になる。

【 0 1 4 2 】

図20は、直列同調共振システムにおいて電荷受電要素に供給される電荷の量を制御するための方法の例示的な実施形態を示すフローチャートである。フローチャート2000におけるブロックは、図示の順序で、または図示の順序から外れて、実行され得る。

【 0 1 4 3 】

50

ブロック2002において、制御可能クランプ期間に基づく制御信号が、2次電圧および2次電流が電荷受電要素に到達するのを防止する。

【0144】

ブロック2004において、制御可能クランプ期間に基づく制御信号が、2次電圧および2次電流を電荷受電要素に供給する。

【0145】

図21は、直列同調共振システムにおいて電荷受電要素に供給される電荷の量を制御するための装置2100の機能ブロック図である。装置2100は、2次電圧および2次電流が電荷受電要素に到達するのを防止するために、制御可能クランプ期間に基づく制御信号を生じさせるための手段2102を備える。いくつかの実施形態では、2次電圧および2次電流が電荷受電要素に到達するのを防止するために、制御可能クランプ期間に基づく制御信号を生じさせるための手段2102は、方法2000(図20)の動作ブロック2002において説明された機能のうちの1つまたは複数を実行するように構成され得る。装置2100は、2次電圧および2次電流を電荷受電要素に供給するために、制御可能クランプ期間に基づく制御信号を生成するための手段2104をさらに備える。いくつかの実施形態では、2次電圧および2次電流を電荷受電要素に供給するために、制御可能クランプ期間に基づく制御信号を生成するための手段2104は、方法2000(図20)の動作ブロック2004において説明された機能のうちの1つまたは複数を実行するように構成され得る。

【0146】

上述された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の構成要素、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可能な任意の適切な手段によって実行され得る。一般に、図に示す任意の動作は、その動作を実行することが可能な対応する機能的手段によって実行され得る。

【0147】

様々な異なる技術および技法のうちのいずれかを使用して、情報および信号が表され得る。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、磁場もしくは磁性粒子、光学場もしくは光学粒子、またはそれらの任意の組合せによって表され得る。

【0148】

本明細書で開示された実施形態に関して説明された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することができる。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、およびステップが、概してそれらの機能に関して上述されている。そのような機能がハードウェアとして実現されるか、またはソフトウェアとして実現されるかは、具体的な適用例および全体的なシステムに課される設計制約によって決まる。説明された機能は特定の適用例ごとに様々な方法で実装できるが、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生じるものと解釈されるべきではない。

【0149】

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、デジタル信号プロセッサ(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、本明細書に説明された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、実装または実行され得る。汎用プロセッサはマイクロプロセッサであってもよいが、代替ではプロセッサは、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ステートマシンであってもよい。プロセッサを、コンピューティングデバイスの組合せ、たとえばDSPおよびマイクロプロセッサの組合せ、複数のマイクロプロセッサ、DSPコアに関連する1つもしくは複数のマイクロプロセッサ、または任意の他のそのような構成として実装することもできる。

【 0 1 5 0 】

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、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、それらの機能は、1つまたは複数の命令またはコードとして有形の非一時的コンピュータ可読媒体上に記憶されるか、または有形の非一時的コンピュータ可読媒体を介して送信され得る。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)、電氣的プログラマブルROM(EPROM)、電氣的消去可能プログラマブルROM(EEPROM)、レジスタ、ハードディスク、リムーバブルディスク、CD ROM、または、当技術分野で既知である任意の、他の形態の記憶媒体中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、かつ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ディスク(disk)およびディスク(disc)は、コンパクトディスク(disc)(CD)、レーザディスク(disc)、光ディスク(disc)、デジタル多用途ディスク(disc)(DVD)、フロッピー(登録商標)ディスク(disk)およびブルーレイディスク(disc)を含み、ディスク(disk)は、通常、データを磁氣的に再生し、ディスク(disc)は、データをレーザで光学的に再生する。上述したものの組合せも、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内に存在し得る。ASICは、ユーザ端末内に存在してもよい。代替として、プロセッサおよび記憶媒体は、ユーザ端末の中に個別構成要素として存在することができる。

10

20

【 0 1 5 1 】

本開示の概要を示すために、本発明のいくつかの態様、利点、および新規の特徴が本明細書に説明されている。本発明の任意の特定の実施形態に従って、そのような利点の必ずしもすべてが達成され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た1つの利点または利点のグループを、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達成することなく、達成または最適化するように具現化または実行することができる。

【 0 1 5 2 】

上で説明された実施形態の様々な修正が容易に明らかになり、本明細書に定義された一般原理は、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も広い範囲を与えられるものである。

30

【 符号の説明 】

【 0 1 5 3 】

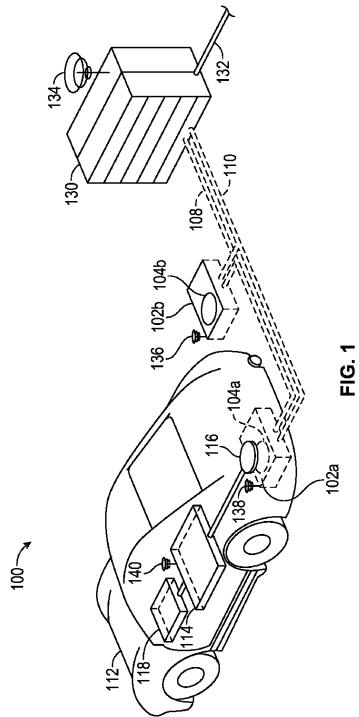
- 100 ワイヤレス電力伝達システム
- 102 ベースワイヤレス充電システム
- 104 ベースカプラ
- 108 通信リンク
- 110 電力リンク
- 112 電気車両
- 114 電気車両ワイヤレス充電ユニット
- 116 電気車両カプラ
- 118 バッテリーユニット
- 130 ローカル配電センタ
- 132 電力バックボーン
- 134 通信バックホール
- 200 ワイヤレス電力伝達システム
- 202 ベースワイヤレス電力充電システム
- 204 ベースカプラ
- 206 ベース共振回路

40

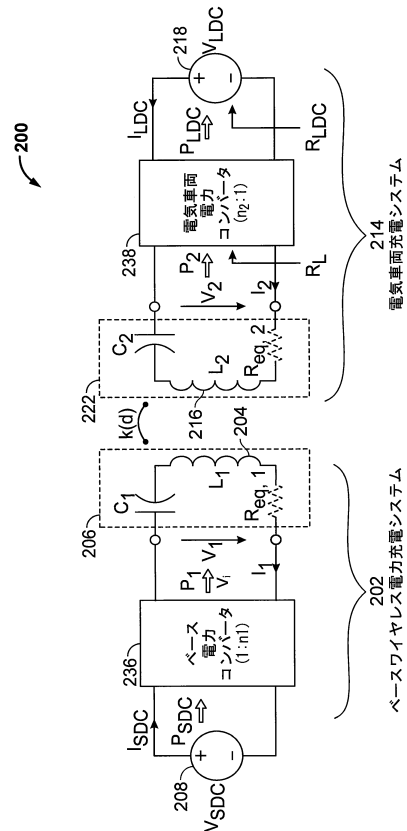
50

208	電源	
214	電気車両充電システム	
216	電気車両カプラ	
218	電気車両電力シンク	
222	電気車両共振回路	
236	ベース電力コンバータ	
238	電気車両電力コンバータ	
300	ワイヤレス電力伝達システム	
302	ベースワイヤレス充電システム	
304	ベースカプラ	10
314	電気車両充電システム	
316	電気車両カプラ	
336	ベース電力コンバータ	
338	電気車両電力コンバータ	
342	ベースコントローラ	
344	電気車両コントローラ	
348	ベース充電システム電力インターフェース	
352	ベース位置合わせシステム	
354	電気車両充電位置合わせシステム	
356	位置合わせ機構	20
362	ベース案内システム	
364	電気車両案内システム	
366	案内リンク	
372	ベース通信システム	
374	電気車両通信システム	
376	通信リンク	
412	電気車両	
422	電気車両バッテリーユニット	
424	バッテリーコンパートメント	
426	充電器とバッテリー間のワイヤレスインターフェース	30
428	バッテリーとEV間の非接触インターフェース	
700	ワイヤレス電力伝達システム	
702	ダイオード	
704	ダイオード	
706	ダイオード	
708	ダイオード	
712	スイッチ	
714	スイッチ	
716	負荷要素	
718	負荷要素	40
726	車両側コントローラ	
732	パルス幅変調生成器	
738	電気車両電力コンバータ	
739	比較器	
741	コントローラ	
830	制御可能クランプ期間	
840	制御可能クランプ期間	
880	制御可能クランプ期間	2
882	制御可能クランプ期間	1

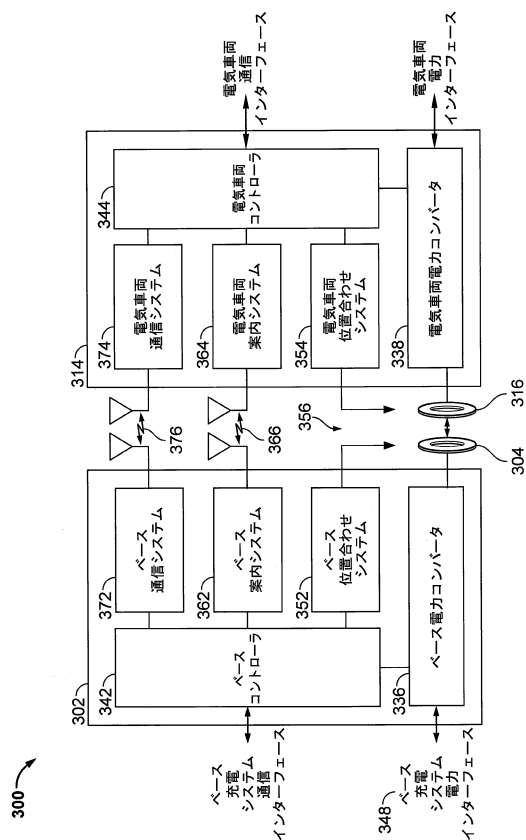
【 図 1 】



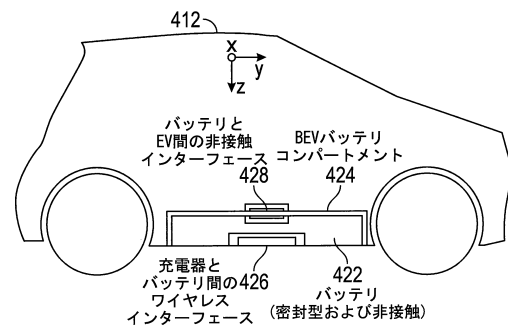
【 図 2 】



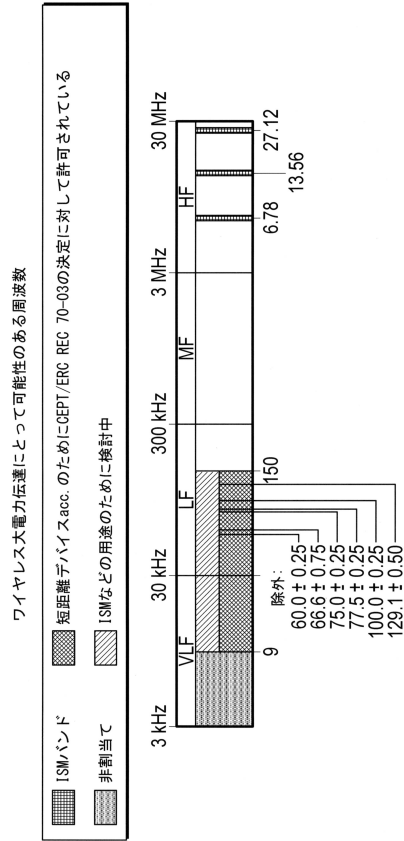
【 図 3 】



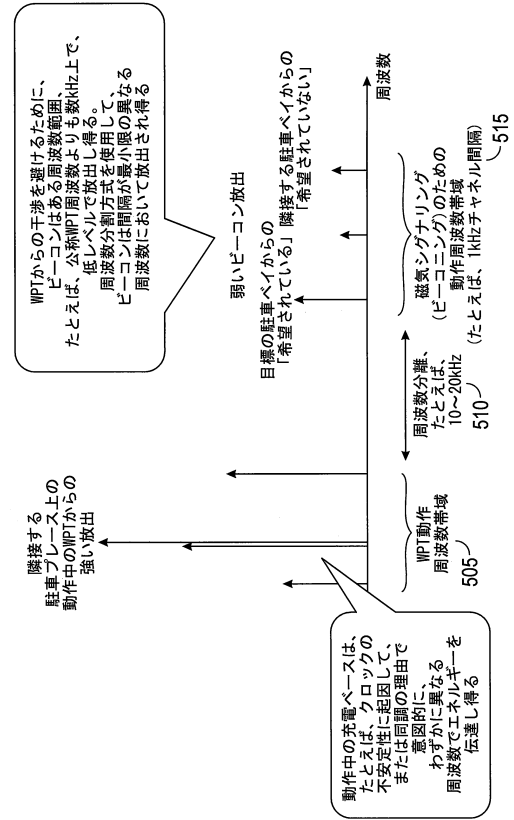
【圖 4】



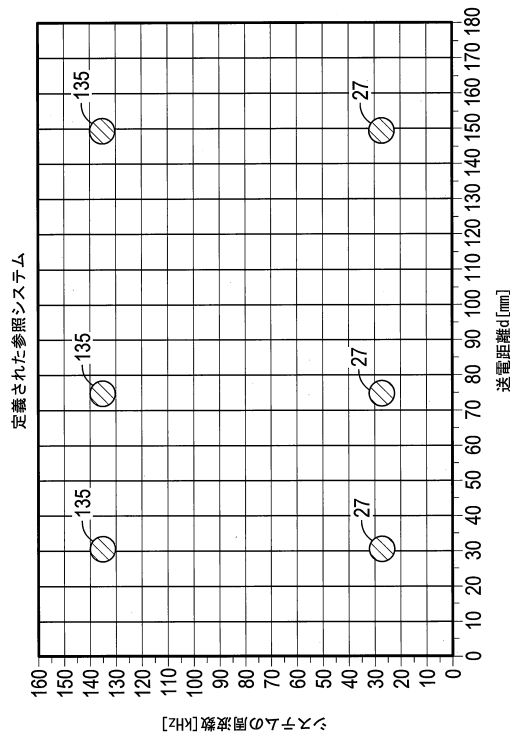
【図 5 A】



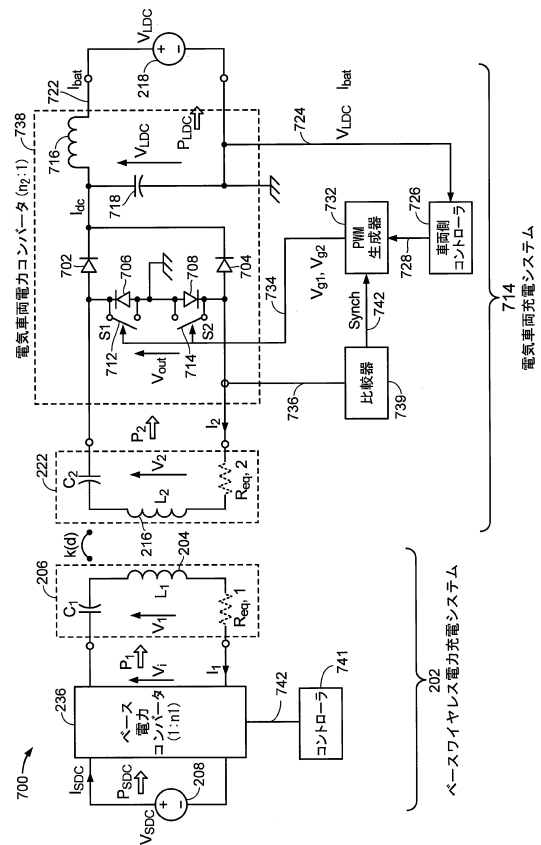
【図 5 B】



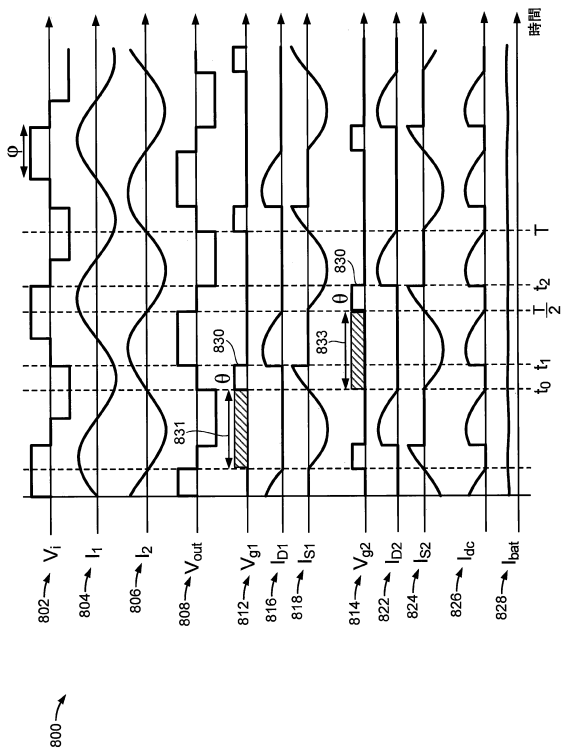
【図 6】



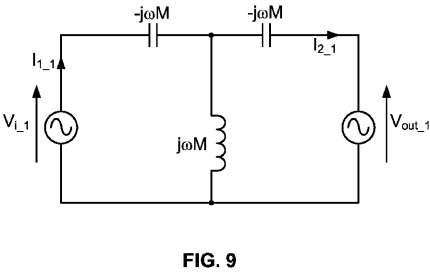
【図 7】



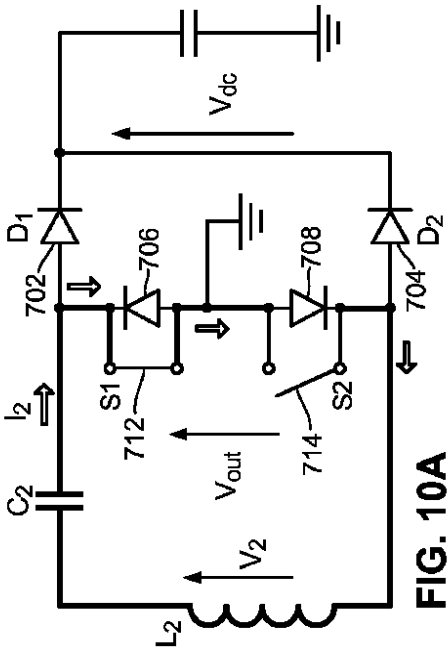
【図 8】



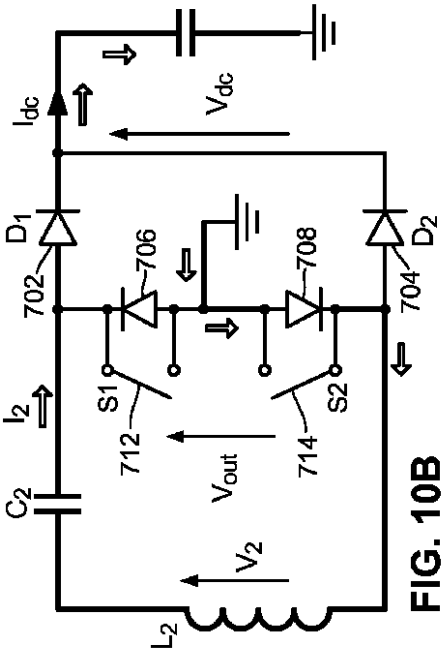
【図 9】



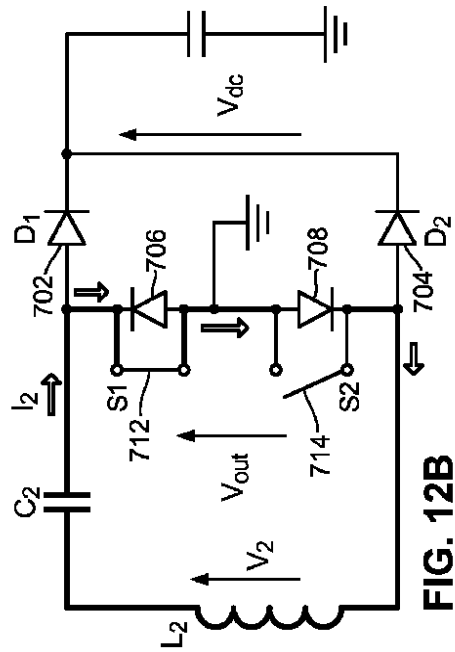
【図 10 A】



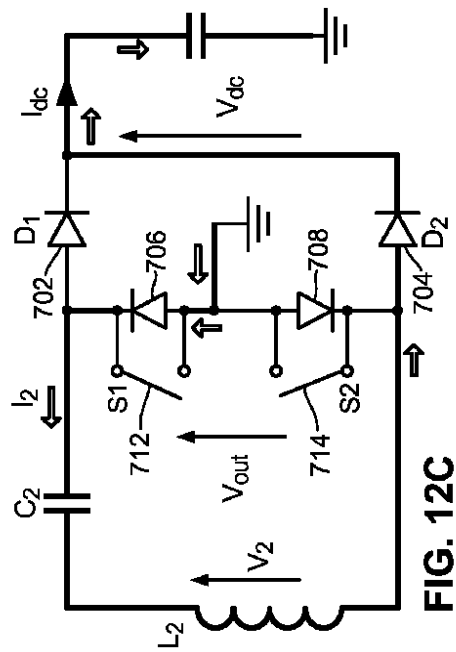
【図 10 B】



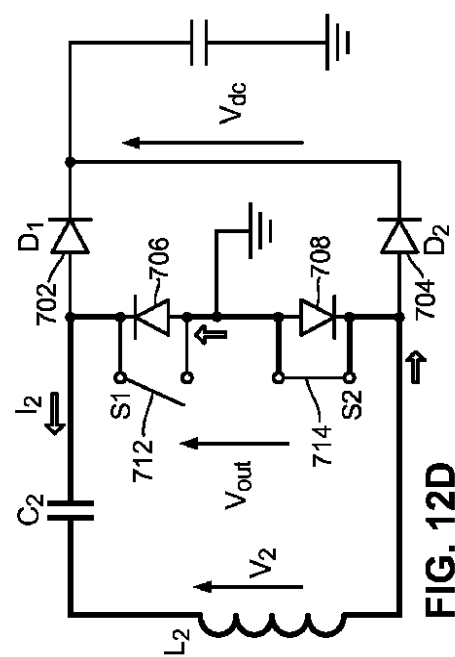
【 図 1 2 B 】



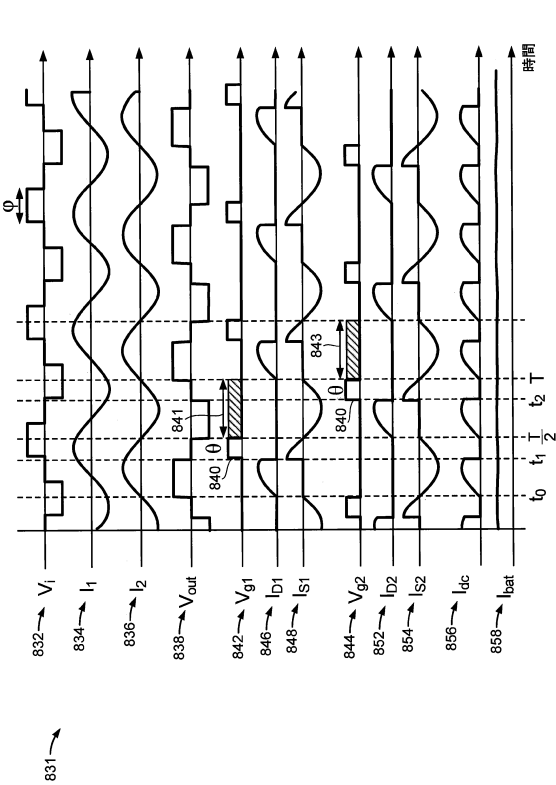
【 図 1 2 C 】



【 図 1 2 D 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

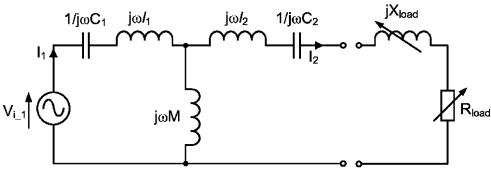


FIG. 14

【 図 1 5 A 】

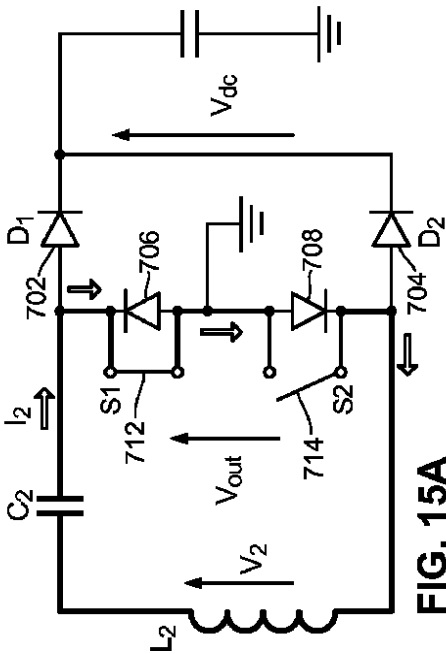


FIG. 15A

【 図 1 5 B 】

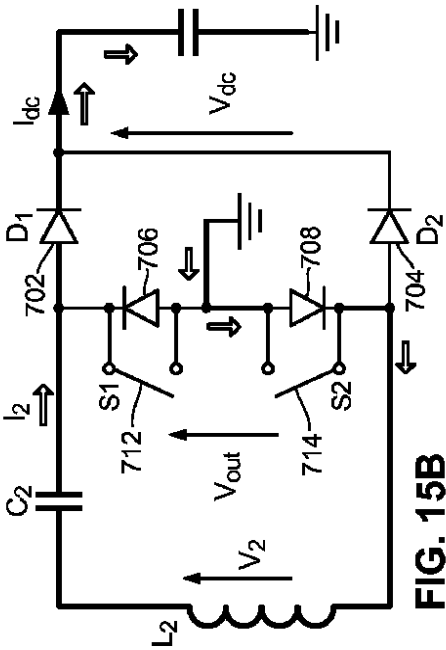


FIG. 15B

【 図 1 5 C 】

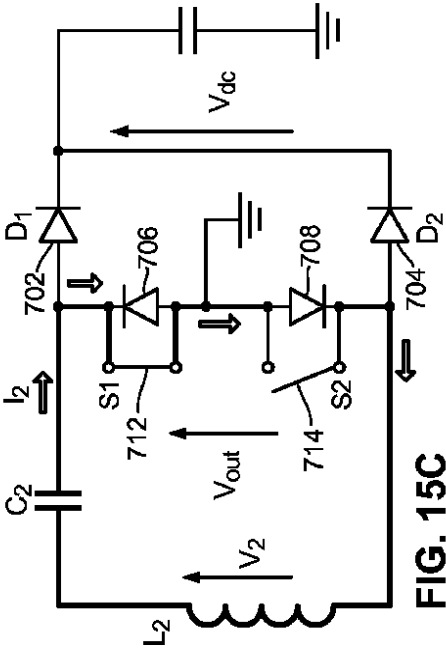
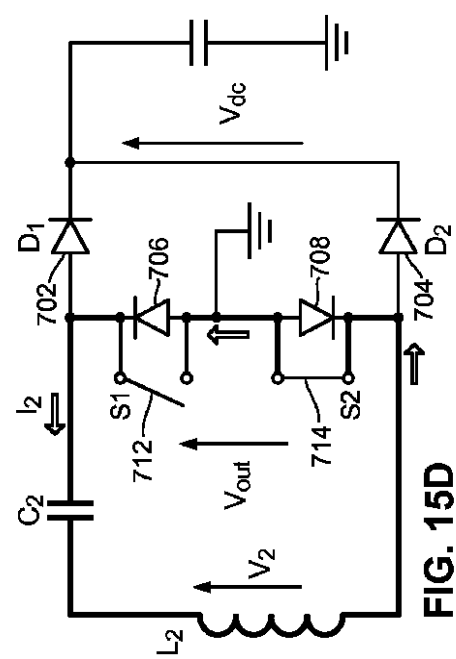
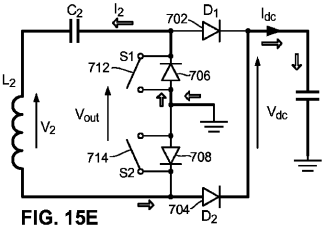


FIG. 15C

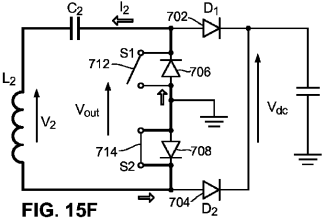
【図 15 D】



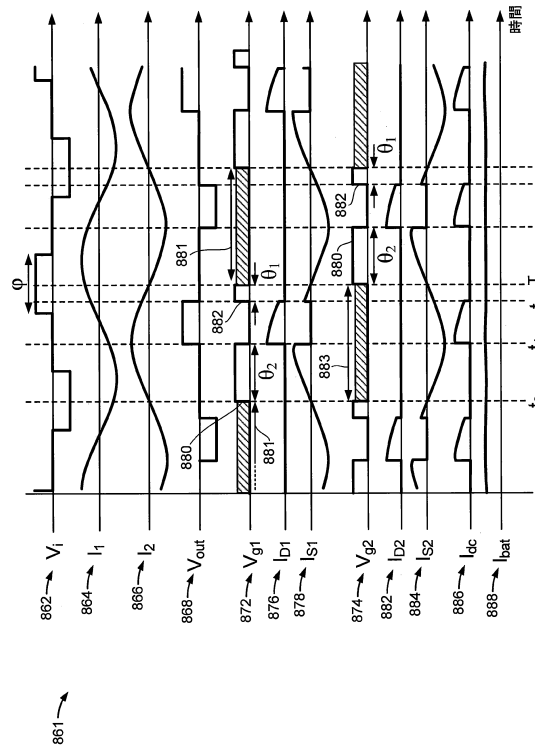
【図 15 E】



【図 15 F】



【図 16】



【図 17】

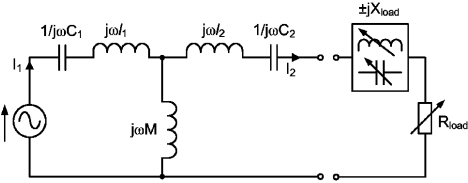


FIG. 17

【図 18】

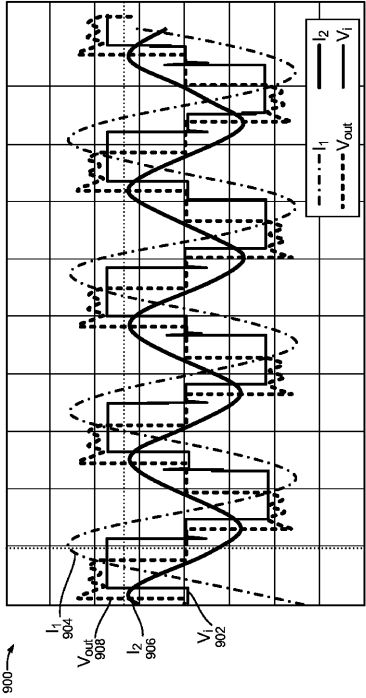


FIG. 18

【図 19】

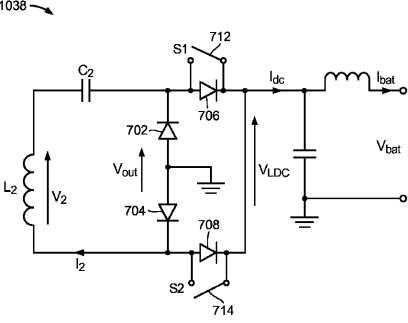
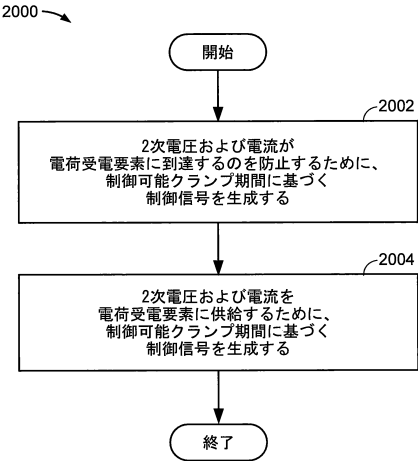
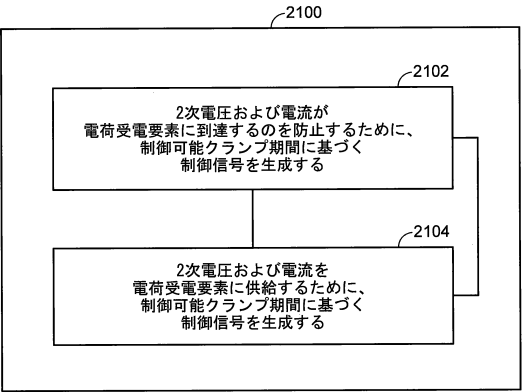


FIG. 19

【図 20】



【図 21】



フロントページの続き

- (72)発明者 チャン・ユ・ファン
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775
- (72)発明者 ニコラス・アソル・キーリング
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775
- (72)発明者 マイケル・ル・ギャレ・キッシン
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775
- (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・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775
- (72)発明者 ミケル・ビビン・ブディア
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775
- (72)発明者 クラウディオ・アルマンド・カマスカ・ラミレス
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775

審査官 永井 啓司

- (56)参考文献 国際公開第2014/042681(WO, A2)
米国特許出願公開第2014/0054970(US, A1)
米国特許出願公開第2015/0207333(US, A1)
特表2013-535948(JP, A)
特開2012-19603(JP, A)
特表2012-502618(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02J7/00-7/12
7/34-7/36
50/00-50/90