

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5844662号
(P5844662)

(45) 発行日 平成28年1月20日 (2016. 1. 20)

(24) 登録日 平成27年11月27日 (2015. 11. 27)

| | | |
|-----------------------------|------------|---|
| (51) Int. Cl. | F I | |
| H02J 50/00 (2016.01) | H02J 17/00 | B |
| B60L 5/00 (2006.01) | B60L 5/00 | B |
| B60M 7/00 (2006.01) | B60M 7/00 | X |

請求項の数 24 (全 29 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|---------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2012-50764 (P2012-50764) | (73) 特許権者 | 000005810 |
| (22) 出願日 | 平成24年3月7日 (2012. 3. 7) | | 日立マクセル株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2013-188002 (P2013-188002A) | | 大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 |
| (43) 公開日 | 平成25年9月19日 (2013. 9. 19) | (74) 代理人 | 110000040 |
| 審査請求日 | 平成26年12月17日 (2014. 12. 17) | | 特許業務法人池内・佐藤アンドパートナーズ |
| | | (72) 発明者 | 宮内 靖 |
| | | | 京都府乙訓郡大山崎町小泉1番地 日立マクセルエナジー株式会社内 |
| | | 審査官 | 石川 晃 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非接触電力伝送システム及び非接触電力伝送方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

送電コイル及び共振容量により構成された送電共振器を有する送電装置と、
受電コイル及び共振容量により構成された受電共振器を有する受電装置を備え、前記送電コイルと前記受電コイルの間の作用を介して前記送電装置から前記受電装置へ電力を伝送する非接触電力伝送システムにおいて、

補助コイル及び共振容量により構成された補助共振器を有する送電補助装置を更に備え、

前記送電補助装置と前記送電装置を対向させて配置することにより、前記送電コイルと前記補助コイルの間に、前記受電コイルを配置するための受電空間を形成し、前記受電空間内において前記受電コイルの移動または回転の少なくとも一方を含む変動を伴いながら電力伝送を行うように構成され、

前記受電空間が複数個形成されていて、

前記送電コイルと前記補助コイルの中心軸が同軸となるように配置され、前記送電コイルと前記補助コイルが前記受電空間の配列方向において交互に配置されていることを特徴とする非接触電力伝送システム。

【請求項2】

前記送電コイルと前記受電コイルの間の磁界共鳴を介して前記送電装置から前記受電装置へ電力を伝送するように構成された請求項1記載の非接触電力伝送システム。

【請求項3】

前記受電コイルが受電空間に配置された状態では、送電コイルと補助コイルと受電コイルの軸方向が互いに平行であるように構成された請求項 1 または 2 記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 4】

前記受電コイルが前記受電空間内を一方向に移動するように構成された請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 5】

前記受電コイルが回転し、かつ移動をしながら電力伝送を行うように構成された請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 6】

一つの前記受電空間に 1 個の前記受電コイルのみが配置されるように構成された請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 7】

前記受電コイルに対して 1 対の送電コイル及び補助コイルのみを使用して電力伝送を行うように構成された請求項 6 記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 8】

前記送電共振器の共振周波数 f_1 と、前記受電共振器の共振周波数 f_2 と、前記補助共振器の共振周波数 f_3 が、 $f_1 = f_2 < f_3$ 、または $f_3 < f_1 = f_2$ の関係になるように設定された請求項 7 記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 9】

前記送電共振器の共振周波数 f_1 と、前記受電共振器の共振周波数 f_2 と、前記補助共振器の共振周波数 f_3 が、 $f_2 < f_1 = f_3$ 、または $f_1 = f_3 < f_2$ の関係になるように設定された請求項 7 記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 10】

前記送電コイルの直径 d_1 、前記受電コイルの直径 d_2 、及び前記補助コイルの直径 d_3 が、 $d_1 > d_2$ 、かつ $d_2 < d_3$ の関係を満足する請求項 7 記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 11】

$d_1 = d_3$ 、かつ $d_1 > d_2$ の関係を満足する請求項 10 記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 12】

前記送電コイル及び前記補助コイルの少なくとも一方が空芯コイルであり、前記空芯コイルの中心部に前記受電装置が通り抜けることが可能な大きさの貫通孔が設けられている請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 13】

前記送電コイルまたは前記補助コイルの少なくとも一方の中を前記受電コイルが移動するように構成された請求項 12 記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 14】

前記受電コイル以外の受電装置全体を磁気シールド材で囲んだ状態で電力伝送を行うように構成された請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 項記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 15】

前記受電空間が一方向に配列されている請求項 1 記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 16】

前記受電コイルが位置している前記受電空間の隣の前記受電空間には、同時に他の受電コイルが配置されないように構成された請求項 1 または 15 記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 17】

前記受電コイルの位置をモニターし、前記受電コイルが位置している前記受電空間のみに給電可能とするように構成された請求項 1、15、16 のいずれか 1 項記載の非接触電力伝送システム。

10

20

30

40

50

【請求項 18】

前記受電コイルが位置していない前記受電空間を形成する前記送電コイルまたは前記補助コイルの少なくとも一方を電氣的に解放（オープン状態）するように構成された請求項 17 記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 19】

前記受電コイルが配置されている受電空間と前記受電コイルが配置されていない受電空間との間で、前記補助共振器に用いられている共振容量を異ならせるように構成された請求項 1、15、16 のいずれか 1 項記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 20】

前記受電コイルが配置されている受電空間と前記受電コイルが配置されていない受電空間との間で、前記補助共振器の共振周波数を異ならせるように構成された請求項 1、15、16 のいずれか 1 項記載の非接触電力伝送システム。

10

【請求項 21】

前記送電コイルと前記補助コイルとが同一の間隔で配置されている請求項 1 記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 22】

送電コイル及び共振容量により構成された送電共振器を有する送電装置と、受電コイル及び共振容量により構成された受電共振器を有する受電装置を備え、前記送電コイルと前記受電コイルの間の作用を介して前記送電装置から前記受電装置へ電力を伝送する非接触電力伝送システムにおいて、

20

補助コイル及び共振容量により構成された補助共振器を有する送電補助装置を更に備え

前記送電補助装置と前記送電装置を対向させて配置することにより、前記送電コイルと前記補助コイルの間に、前記受電コイルを配置するための受電空間を形成し、前記受電空間内において前記受電コイルの移動または回転の少なくとも一方を含む変動を伴いながら電力伝送を行うように構成され、

前記受電空間が複数個形成されていて、

前記受電空間の各々において、一对の前記送電コイルと前記補助コイルが、前記受電空間の配列方向と直交する方向に対向させて配置されていることを特徴とする非接触電力伝送システム。

30

【請求項 23】

送電コイル及び共振容量により構成された送電共振器を有する送電装置と、受電コイル及び共振容量により構成された受電共振器を有する受電装置とを備え、前記送電コイルと前記受電コイルの間の作用を介して前記送電装置から前記受電装置へ電力を伝送する非接触電力伝送方法において、

補助コイル及び共振容量により構成された補助共振器を有する送電補助装置を更に備え、前記送電補助装置と前記送電装置を対向させて配置した状態で、前記送電コイルと前記補助コイルの間に、前記受電コイルを配置するための受電空間を形成し、前記受電空間内において前記受電コイルの移動または回転の少なくとも一方を含む変動を伴いながら電力伝送を行い、

40

前記受電空間が複数個形成されていて、

前記送電コイルと前記補助コイルの中心軸が同軸となるように配置され、前記送電コイルと前記補助コイルが前記受電空間の配列方向において交互に配置されていることを特徴とする非接触電力伝送方法。

【請求項 24】

送電コイル及び共振容量により構成された送電共振器を有する送電装置と、受電コイル及び共振容量により構成された受電共振器を有する受電装置とを備え、前記送電コイルと前記受電コイルの間の作用を介して前記送電装置から前記受電装置へ電力を伝送する非接触電力伝送方法において、

補助コイル及び共振容量により構成された補助共振器を有する送電補助装置を更に備え

50

、前記送電補助装置と前記送電装置を対向させて配置した状態で、前記送電コイルと前記補助コイルの間に、前記受電コイルを配置するための受電空間を形成し、前記受電空間内において前記受電コイルの移動または回転の少なくとも一方を含む変動を伴いながら電力伝送を行い、

前記受電空間が複数個形成されていて、

前記受電空間の各々において、一對の前記送電コイルと前記補助コイルが、前記受電空間の配列方向と直交する方向に対向させて配置されていることを特徴とする非接触電力伝送方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、送電装置に具備された送電コイルと受電装置に具備された受電コイルを介して、非接触（ワイヤレス）で電力の伝送を行う非接触電力伝送システム及び非接触電力伝送方法に関する。

【背景技術】

【0002】

非接触で電力を伝送する方法として、電磁誘導（数100kHz）による電磁誘導型、電界または磁界共鳴を介したLC共振伝送による電界・磁界共鳴型、電波（数GHz）によるマイクロ波送電型、あるいは可視光領域の電磁波（光）によるレーザ送電型が知られている。この中で既に実用化されているのは、電磁誘導型である。これは簡易な回路（トランス方式）で実現可能であるなどの優位性はあるが、送電距離が短いという課題もある。

20

【0003】

そこで、最近になって近距離伝送（～2m）が可能な電界・磁界共鳴型の電力伝送が注目を浴びてきた。このうち、電界共鳴型の場合、伝送経路中に手などを入れると、人体が誘電体であるため、エネルギーを熱として吸収して誘電体損失を生じる。これに対して磁界共鳴型の場合、人体がエネルギーをほとんど吸収せず、誘電体損失を避けられる。この点から磁界共鳴型に対する注目度が上昇してきている。

【0004】

図20は、従来の磁界共鳴を利用した非接触電力伝送システムの構成例の概略を示した正面図である。送電装置1は、ループコイル3aと送電コイル4a（送電用共鳴コイルとして機能する）を組み合わせた送電コイルユニットを備えている。受電装置2は、ループコイル3bと受電コイル4b（受電用共鳴コイルとして機能する）を組み合わせた受電コイルユニットを備えている。送電装置1のループコイル3aには高周波電力ドライバー5が接続され、交流電源（AC100V）6の電力を送電可能な高周波電力に変換して供給する。受電装置2のループコイル3bには、整流器7を介して負荷として例えば充電電池8が接続されている。

30

【0005】

ループコイル3aは、高周波電力ドライバー5から供給される電気信号により励起され、電磁誘導により送電コイル4aに電気信号を伝送する誘電素子である。送電コイル4aはループコイル3aから出力された電気信号に基づいて磁界を発生させる。この送電コイル4aは、共振周波数 $f_0 = 1 / \{ 2 \sqrt{LC} \}$ （Lは送電側の送電コイル4aのインダクタンスで、Cは浮遊容量を示す）において磁界強度が最大となる。送電コイル4aに供給された電力は、磁界共鳴により受電コイル4bに非接触で伝送される。伝送された電力は、受電コイル4bから電磁誘導によりループコイル3bへ伝送され、整流器7により整流されて充電電池8に供給される。この場合、送電コイル4aと受電コイル4bの共振周波数は同一に設定される。

40

【0006】

このような磁界共鳴型を用いて非接触で、移動する車両に電力伝送する一例が、特許文献1に記載されている。特許文献1に記載された構成では、車両進行方向をY方向、車両

50

進行方向に垂直な方向をX方向とすると、送電アンテナのY方向の長さおよびX方向の長さは、それぞれ、受電アンテナのY方向の長さおよびX方向の長さよりも大きく、受電アンテナのX方向の長さは、受電アンテナのY方向の長さよりも大きく設定される。これにより、走行中または駐車中の車両の充電の際に生じる、特に車両進行方向に向かって左右方向の位置ずれに対して安定な特性を維持しながら、充電を行うことを可能とする。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2011-109903号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1に開示された技術によれば、左右方向位置ずれに対しては安定な電力伝送ができたとしても、車両の形状やサイズ等の相違（例えばスポーツカーと大型トラックなど）によって、地面（送電コイル）から受電コイルまでの距離の変化に起因する電力伝送に対する影響を解消するものではない。即ち、同じ送電エリアを通った場合、大型トラックのように受電コイルが送電コイルから離れている車両においては、電力伝送効率が悪くなる可能性がある。

【0009】

20

また、車両にかかわらず、送電コイルに対して受電コイルが小さい場合には、電力伝送効率の低下、電力伝送可能距離の低下などが生じる。更に、送電コイルと受電コイル間の距離などの状態変化により結合係数が変化した場合などにも、電力伝送効率の低下が生じる。このような問題を解消するためには、受電装置内に調整回路を設けて、共振周波数を合わせる必要があった。

【0010】

本発明は、このような従来技術における課題を解決するものであり、受電装置の移動または回転を伴いながら、安定した効率で電力伝送を行うことが可能な非接触電力伝送システム及び非接触電力伝送方法を提供することを目的とする。

【0011】

30

また、本発明は、受電装置内に調整回路を設けることなく、受電装置の移動または回転等を伴いながら、安定した効率で電力伝送を行うことが可能な非接触電力伝送システム及び非接触電力伝送方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の非接触電力伝送システムは、送電コイル及び共振容量により構成された送電共振器を有する送電装置と、受電コイル及び共振容量により構成された受電共振器を有する受電装置を備え、前記送電コイルと前記受電コイルの間の作用を介して前記送電装置から前記受電装置へ電力を伝送するシステムであって、補助コイル及び共振容量により構成された補助共振器を有する送電補助装置を更に備え、前記送電補助装置と前記送電装置を対向させて配置することにより、前記送電コイルと前記補助コイルの間に、前記受電コイルを配置するための受電空間を形成し、前記受電空間内において前記受電コイルの移動または回転の少なくとも一方を含む変動を伴いながら電力伝送を行うように構成され、前記受電空間が複数個形成されていて、前記送電コイルと前記補助コイルの中心軸が同軸となるように配置され、前記送電コイルと前記補助コイルが前記受電空間の配列方向において交互に配置されていることを特徴とする。

40

【0013】

ここで言う受電空間とは、送電コイルと補助コイルを対向させて配置した時に、送電コイルのコイル面と補助コイルのコイル面とが重なりあう領域（立体空間）である。なお、コイル面とは、コイルの軸に垂直な面のうちコイルの形状の中心点を含みコイルの外周が

50

この面に垂直に投影される部分と定義する。

【0014】

本発明の非接触電力伝送方法は、送電コイル及び共振容量により構成された送電共振器を有する送電装置と、受電コイル及び共振容量により構成された受電共振器を有する受電装置とを備え、前記送電コイルと前記受電コイルの間の作用を介して前記送電装置から前記受電装置へ電力を伝送する方法であって、補助コイル及び共振容量により構成された補助共振器を有する送電補助装置を更に備え、前記送電補助装置と前記送電装置を対向させて配置した状態で、前記送電コイルと前記補助コイルの間に、前記受電コイルを配置するための受電空間を形成し、前記受電空間内において前記受電コイルの移動または回転の少なくとも一方を含む変動を伴いながら電力伝送を行い、前記受電空間が複数個形成されていて、前記送電コイルと前記補助コイルの中心軸が同軸となるように配置され、前記送電コイルと前記補助コイルが前記受電空間の配列方向において交互に配置されていることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、送電コイルと補助コイルの間に形成された受電空間に受電コイルを配置した状態で受電コイルを移動、回転等させることにより、送電コイルのみを配置する場合に比べて、送電コイルと受電コイル間の電力伝送可能領域を拡大することができ、受電コイルの変動に伴う伝送効率の変化を抑制して、安定した効率で電力伝送を行うことが可能である。

20

【0016】

更に、高い電力伝送効率を得るための制御も簡単になるため、非接触電力システムの低コスト化が可能である。

【0017】

また、送電コイルに対して受電コイルの大きさが小さい場合においても、電力伝送効率の低下、電力伝送可能距離の低下などを抑制することが可能であり、受電装置に共振周波数を調整する手段を設けることなく、安定した効率での電力伝送が可能となるため、受電装置の低コスト化が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】実施の形態1における非接触電力伝送システムの構成を示す模式断面図

【図2A】同非接触電力伝送システムの送電側共振系のVNA測定を行うための各要素装置の配置を示す模式断面図

【図2B】同非接触電力伝送システムの送電側共振系の図2Aの配置でのVNA測定の結果得られた補助共振器の共振周波数 f_3 に対する応答を示すグラフ

【図2C(a)】同非接触電力伝送システムの送電側共振系の図2Aの配置でのVNA測定の結果得られた補助共振器の共振周波数 $f_3 = 9 \text{ MHz}$ に対する応答の出力波形図

【図2C(b)】同補助共振器の共振周波数 $f_3 = 12.1 \text{ MHz}$ に対する応答の出力波形図

【図2C(c)】同補助共振器の共振周波数 $f_3 = 16 \text{ MHz}$ に対する応答の出力波形図

40

【図3A】同非接触電力伝送システムのVNA測定を行うための各要素装置の配置を示す模式断面図

【図3B】同非接触電力伝送システムの図3Aの配置でのVNA測定の結果得られた電力伝送効率の共振周波数 f_3 に対する依存性を示すグラフ

【図4】同非接触電力伝送システムにおける送電共振器、受電共振器、及び補助共振器の共振周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 の関係の設定例に対する、送電側共振系の共振周波数 f_{tL} 、 f_{tH} の関係を示す図

【図5A】同非接触電力伝送システムの補助コイル無しでのVNA測定を行うための各要素装置の配置を示す模式断面図

【図5B】同非接触電力伝送システムの補助コイル有りでのVNA測定を行うための各要

50

素装置の配置を示す模式断面図

【図 5 C】図 5 A 及び図 5 B の配置による VNA 測定の結果得られた、コイル中心での送電コイルと受電コイル間距離に対する電力伝送効率の依存性を示すグラフ

【図 6 A】同非接触電力伝送システムにおける電力伝送のための各要素装置の配置を示す模式断面図

【図 6 B】同非接触電力伝送システムの図 6 A の配置の場合の、コイル中心での送電コイルと受電コイル間距離に対する整流回路の出力電力の関係を示すグラフ

【図 7 A】同非接触電力伝送システムにおける電力伝送のための各要素装置の配置を示す模式断面図

【図 7 B】同非接触電力伝送システムの図 7 A の配置の場合の、送電コイル中心からの半径方向距離に対する整流回路の出力電力の関係を示すグラフ 10

【図 8】実施の形態 2 における非接触電力伝送システムの基本構成および動作を説明するための模式断面図

【図 9 A】同非接触電力伝送システムの具体的な第 1 適用例を示す模式断面図

【図 9 B】同非接触電力伝送システムの具体的な第 2 適用例を示す模式断面図

【図 9 C】同非接触電力伝送システムの具体的な第 3 適用例を示す模式断面図

【図 10 A】図 9 A の非接触電力伝送システムにおける送電コイル 20 側から見た正面形状の第 1 例を示す模式図

【図 10 B】同正面形状の第 2 例を示す模式図

【図 10 C】同正面形状の第 3 例を示す模式図 20

【図 11】実施の形態 3 における非接触電力伝送システムの基本構成および動作を説明するための模式断面図

【図 12 A】同非接触電力伝送システムの具体的な第 1 適用例を示す模式断面図

【図 12 B】同非接触電力伝送システムの具体的な第 2 適用例を示す模式断面図

【図 12 C】同非接触電力伝送システムの具体的な第 3 適用例を示す模式断面図

【図 13】図 12 C の非接触電力伝送システムにおける送電コイル側から見た形状を示す模式平面図

【図 14】図 12 A ~ 12 C の構成の各々において充電トンネル 36 の入り口側から見た正面模式図

【図 15】実施の形態 3 における非接触電力伝送システムの基本構成を、送電コイルと補助コイルが横方向に対向するように変形した例の模式断面図 30

【図 16 A】実施の形態 4 における非接触電力伝送システムの構成の第 1 適用例を示す模式断面図

【図 16 B】同非接触電力伝送システムの構成の第 2 適用例を示す模式断面図

【図 16 C】同非接触電力伝送システムの構成の第 3 適用例を示す模式断面図

【図 17】図 16 B に示した非接触電力伝送システムを横から見た模式側面図

【図 18】実施の形態 5 における非接触電力伝送システムの構成を示す模式断面図

【図 19】実施の形態 6 における非接触電力伝送システムの構成を示す模式断面図

【図 20】従来技術における非接触電力伝送システムの構成を示す断面図

【発明を実施するための形態】 40

【0019】

本発明の非接触電力伝送システムは、上記構成を基本として、以下のような態様を採ることができる。

【0020】

すなわち、前記送電コイルと前記受電コイルの間の磁界共鳴を介して前記送電装置から前記受電装置へ電力を伝送するように構成することができる。

【0021】

また、前記受電コイルが受電空間に配置された状態では、送電コイルと補助コイルと受電コイルの軸方向が互いに平行であるように構成することが好ましい。更に、効率の観点から、受電コイルの軸方向も送電コイルの軸方向と平行であることが好ましい。 50

【0022】

また、前記受電コイルが前記受電空間内を一方向に移動するように構成することができる。あるいは、前記受電コイルが回転し、かつ移動をしながら電力伝送を行うように構成することもできる。更に、受電コイルが一方向にのみ移動する場合、送電コイルまたは補助コイルが受電コイルと同時に回転するように構成することもできる。

【0023】

また、一つの前記受電空間に1個の前記受電コイルのみが配置されるように構成することができる。この場合、前記受電コイルに対して1対の送電コイル及び補助コイルのみを使用して電力伝送を行うように構成することもできる。これにより、制御系（回路を含む）を簡素にできる。

10

【0024】

この場合、前記送電共振器と前記補助共振器が構成する送電側共振系の共振周波数 f_1 が、前記受電共振器の共振周波数 f_2 と一致するように、前記補助共振器の共振周波数 f_3 が設定されていることが好ましい。また、前記送電共振器の共振周波数 f_1 と、前記受電共振器の共振周波数 f_2 と、前記補助共振器の共振周波数 f_3 が、 $f_1 = f_2 < f_3$ 、または $f_3 < f_1 = f_2$ の関係になるように設定された構成とすることができる。また、前記送電共振器の共振周波数 f_1 と、前記受電共振器の共振周波数 f_2 と、前記補助共振器の共振周波数 f_3 が、 $f_2 < f_1 = f_3$ 、または $f_1 = f_3 < f_2$ の関係になるように設定された構成とすることができる。

【0025】

ここで、送電補助装置の共振容量として調整用可変コンデンサを設け、この調整用可変コンデンサを調整することにより補助共振器の共振周波数 f_3 が設定される構成とすることができる。場合によっては、1つの受電空間において複数個の受電コイルを配置したり、1個の受電コイルに対して複数個の送電コイルと補助コイルを使用して電力伝送を行う構成としても良い。

20

【0026】

また、前記送電コイルの直径 d_1 、前記受電コイルの直径 d_2 、及び前記補助コイルの直径 d_3 が、 $d_1 > d_2$ 、かつ $d_2 < d_3$ の関係を満足することが好ましい。この関係を保っていれば、電力伝送可能距離の増大等の効果が得られる。特に、 $d_1 = d_3$ 、かつ $d_1 > d_2$ の関係を満足することが好ましい。それにより、伝送効率特性（受電可能範囲の拡大など）の向上について、大きな効果が得られる。もちろん、円形のコイルに限らず、四角形のコイル等をそれぞれ配置した形態でも、同様の効果は得られる。

30

【0027】

また、前記送電コイル及び前記補助コイルの少なくとも一方が空芯コイルであり、前記空芯コイルの中心部に前記受電装置が通り抜けることが可能な大きさの貫通孔が設けられた構成とすることができる。さらに、前記送電コイルまたは前記補助コイルの少なくとも一方の中を前記受電コイルが移動するように構成することができる。

【0028】

また、前記受電コイル以外の受電装置全体を磁気シールド材で囲んだ状態で電力伝送を行うように構成することが好ましい。受電装置内に人が居る場合には、受電コイル以外の受電装置全体を磁気シールド材で囲んだ状態で電力伝送を行う方が、人体防護の観点から好ましいからである。

40

【0029】

本発明に用いる非接触電力伝送システムは、前記受電空間が複数個形成された構成とした場合であっても、同様な効果を得ることができる。

【0030】

例えば、受電空間が一方向に配列されている構成とすることができる。すなわち、送電コイルの軸方向あるいは軸方向に垂直な方向へ連なって、受電空間が一方向に配列されている。緩やかなカーブを描きながら一方向に受電空間が配列されていてもよい。ここで、前記受電コイルが位置している前記受電空間の隣の前記受電空間には、同時に他の受電コイ

50

ルが配置されないように構成することが好ましい。

【0031】

更に、前記受電コイルの位置をモニターし、前記受電コイルが位置している前記受電空間のみに給電可能とするように構成することができる。この場合、前記受電コイルが位置していない前記受電空間を形成する前記送電コイルまたは前記補助コイルの少なくとも一方を電氣的に解放（オープン状態）するように構成することができる。また、前記受電コイルが配置されている受電空間と前記受電コイルが配置されていない受電空間との間で、前記補助共振器に用いられている共振容量を異ならせるように構成する。このようにして、最適な電力伝送を可能とする。あるいは他の構成により、前記受電コイルが配置されている受電空間と前記受電コイルが配置されていない受電空間との間で、前記補助共振器の共振周波数を異ならせるように構成することもできる。

10

【0032】

また、前記送電コイルと前記補助コイルの中心軸が同軸となるように配置することができる。この場合、前記送電コイルと前記補助コイルが前記受電空間の配列方向において交互に配置された構成とすることができる。この場合、前記送電コイルと前記補助コイルとが同一の間隔（受電空間が同一の長さ）で配置されていることが好ましい。また、送電用コイルの中心軸と、補助コイルの中心軸と、受電コイルの中心軸が、同一軸上にあることが特に好ましい。

【0033】

また、前記受電空間の各々において、一对の前記送電コイルと前記補助コイルが、前記受電空間の配列方向と直交する方向に対向させて配置された構成とすることができる。

20

【0034】

以上のような、本発明の非接触電力伝送システムにおいては、一度調整しておけばその後はほとんど調整が不要で、電源系や制御系の回路を必要としない送電補助装置を用いるため、従来技術のように送電装置を連続的に配置する場合に比べて、非接触電力伝送システム全体の低価格化を図ることが可能である。

【0035】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。但し、以下に示す実施の形態は、本発明を具現化するための一例を示したものであり、本発明の思想はこれに限定されるものではない。

30

【0036】

<実施の形態1>

図1は、実施の形態1における磁界共鳴型の非接触電力伝送システムの構成を示す模式断面図である。本実施の形態は、本発明に係る非接触電力伝送システムの基本的な概念を示すものである。なお、図20に示した従来例の非接触電力伝送システムと同様の要素については、同一の参照番号を付して、説明の繰り返しを簡略化する。

【0037】

この非接触電力伝送システムは、従来例の送電装置1と受電装置2に送電補助装置9を加えて構成され、送電装置1と送電補助装置9の間の空間に受電装置2が配置された状態で非接触電力伝送を行うように構成されている。送電装置1は、交流電源（AC100V）の電力を送電可能な高周波電力に変換して電力を伝送し、受電装置2は電力を受け取る。送電補助装置9は、電力伝送時における、送電装置1に関わる共振系の共振周波数を、受電装置2の共振系の共振周波数に対して、適切な関係に設定する機能を有する。

40

【0038】

送電装置1は、少なくとも交流電源（AC100V）6の電力を送電可能な高周波電力に変換する高周波電力ドライバー5、及び送電コイル4aを備えている。場合によっては、送電用のループコイルを設けても良い。図示は省略するが、送電コイル4aには共振容量が接続されて、送電共振器を構成している。共振容量としては、回路素子として可変コンデンサあるいは固定コンデンサを接続してもよいし、浮遊容量を利用した構成としてもよい。なお、以下の記載においては、送電共振器の単独での共振周波数 f_1 を、図示との

50

関係が判り易いように「送電装置 1 の共振周波数 f_1 」と記述する場合もある。

【 0 0 3 9 】

送電補助装置 9 は、補助コイル 10 と共振容量としての調整用コンデンサ 11 を有し、両要素により補助共振器が構成されている。なお、以下の記載においては、補助共振器の単独での共振周波数 f_3 を、図示との関係が判り易いように「送電補助装置 9 の共振周波数 f_3 」と記述する場合もある。調整用コンデンサ 11 は、容量値が後述のように設定された固定コンデンサを用いても、あるいは可変コンデンサを用いて常に再調整可能としてもよい。

【 0 0 4 0 】

また図示は省略されているが、必要に応じて送電コイル 4 a の反射電力、共振周波数、流れる電流、あるいは電圧などをモニターする手段や、送電装置 1、受電装置 2 及び送電補助装置 9 の相互間で情報のやり取りをするための回路等を含むことができる。そのような構成を採用する場合は、調整用コンデンサ 11 を可変コンデンサとし、容量値を自動的に制御可能とすることもできる。

【 0 0 4 1 】

受電装置 2 には、少なくとも受電用コイル 4 b とループコイル（不図示）が組合わされて配置されている。ループコイルで得られた電力は、少なくとも整流回路を経由して充電池に蓄えられる。場合によっては、ループコイルで得られた電力を直接モーターなどの負荷に伝送してもよい。受電用コイル 4 b には共振容量が接続されて、受電共振器を構成している。共振容量としては、回路素子として可変コンデンサあるいは固定コンデンサを接続してもよいし、浮遊容量を利用した構成としてもよい。なお、以下の記載においては、受電共振器の単独での共振周波数 f_2 を、図示との関係が判り易いように「受電装置 2 の共振周波数 f_2 」と記述する場合もある。

【 0 0 4 2 】

図 1 に示したように、送電補助装置 9 と送電装置 1 を対向させて配置することにより、送電コイル 4 a と補助コイル 10 の間に受電空間が形成され、その受電空間に受電コイルを含む受電装置 2 が配置される。本実施の形態の特徴は、この受電空間内において、受電装置 2 が移動または回転している状態で電力伝送を行うことである。すなわち、矢印 DL で示すような横方向の変位、矢印 DV で示すような縦方向の変位、送電補助装置 9 及び送電装置 1 と平行な面方向での記号 DT で示すような変位、あるいは回転（不図示）等の変動を伴いながら、受電装置 2 に対する電力伝送を行うように構成される。これらの変動は、いずれか 1 種の場合、あるいは複数種の組み合わせの場合が適用される。

【 0 0 4 3 】

このような、本実施の形態の非接触電力伝送システムの特徴は、送電補助装置 9 を用いることに基づくものである。従って、以下に、送電補助装置 9 の機能についてより詳細に説明する。上記構成によれば、送電コイル 4 a と補助コイル 10 の結合により、送電コイル 4 a を含む送電共振器と補助コイル 10 を含む補助共振器による共振系が構成され、以下の記載では、これを送電側共振系と称する。また、送電側共振系の共振周波数を f_t と記述する。

【 0 0 4 4 】

図 1 に示した非接触電力伝送装置の構成によれば、送電補助装置 9 が無い場合に比べて、後述するように、電力伝送可能距離を拡大させるなどの効果が得られる。これは、送電コイル 4 a に対して補助コイル 10 を対向配置することにより、送電コイル 4 a からの磁束の到達距離が長くなるためと思われる。

【 0 0 4 5 】

一方、図 1 に示したような構成においては、送電装置 1 の共振周波数は、補助コイル 10 の磁気的な影響を受けて、初期に設定した単独の共振周波数 f_1 とは異なっている。しかし、補助コイル 10 に接続される調整用コンデンサ 11 の容量値 C を調整して送電補助装置 9 の共振周波数 f_3 を適切に設定することにより、送電側共振系の共振周波数 f_t を受電装置 2 の共振周波数 f_2 と一致させることができる。これにより、送電コイル 4 a が

10

20

30

40

50

らの電力伝送効率を実用上十分な程度に維持して、電力伝送可能距離を拡大させるなどの効果が得られる。

【0046】

調整用コンデンサ11の容量値Cの設定は、共振周波数 f_t が共振周波数 f_2 と一致するように行うことが望ましいが、完全に一致させなくとも相応の効果が得られる。すなわち、送電側共振系の共振周波数 f_t のピークが、送電装置1の共振周波数 f_1 と比べて、受電装置2の共振周波数 f_2 に近づくように、送電補助装置9の共振周波数 f_3 を設定すればよい。このような調整による効果を十分に得るためには、送電補助装置9を構成する補助コイル10は、送電コイル4aの形状とほぼ同じとし、両者のコイルの中心軸もほぼ同軸に配置することが望ましい。

10

【0047】

但し、電力伝送可能距離の増大等の効果は、例えば、送電コイル4aの直径を d_1 、受電コイル4bの直径を d_2 、補助コイル10の直径を d_3 とした時、 $d_1 > d_2$ 、かつ $d_2 < d_3$ の関係を満足すれば、相応に得られる。これは、送電コイル4aの直径 d_1 が受電コイル4bの直径 d_2 よりも大きければ、補助コイル10との間の磁束を利用することができ、また、補助コイル10の直径 d_3 が受電コイル4bの直径 d_2 よりも大きければ送電コイル4aとの間の磁束を利用することができるためである。

【0048】

ここで、補助コイル10の影響を調べるために、微小電力によるVNA（ベクトルネットワークアナライザ）測定を行った結果について説明する。送電装置1の共振周波数 f_1 、受電装置2の共振周波数 f_2 は、共振容量として設けられた固定コンデンサの容量値により設定した。具体的には、 $f_1 = f_2 = 12.1 \text{ MHz}$ とした。

20

【0049】

先ず、送電補助装置9の共振周波数 f_3 を変化させたときの、送電側共振系の共振周波数の変化を調べた結果を示す。図2Aに、実験のための各コイルの配置の一例を示す。すなわち、送電コイル4aと補助コイル10を対向させて30mm長さの受電空間を形成するように配置し、ループコイル3aにVNAを接続した。また、補助コイル10には調整用コンデンサとして調整用可変コンデンサ11aを接続し、共振周波数 f_3 を可変とした。

【0050】

この配置におけるVNA測定結果を図2Bに示す。図2Bは、横軸に補助共振器単体の共振周波数 f_3 をとり、縦軸にVNA測定の結果得られた送電側共振系の共振周波数 f_t の値をプロットしたものである。また、共振周波数 f_3 が、(a)9MHz、(b)12.1MHz及び(c)16MHzの場合におけるVNA測定の出力波形図を、それぞれ、図2C(a)、図2C(b)、図2C(c)に示す。

30

【0051】

例えば、 f_3 を f_1 と同じ共振周波数(12.1MHz)に調整した場合には、図2C(b)の波形図に示すように、約12.1MHzを中心にして二つの共振周波数が現れる(密結合：双峰特性)。低周波側の左の共振周波数を f_{tL} 、高周波側の右の共振周波数を f_{tH} と記述する。図2Bには、低周波側の共振周波数 f_{tL} に対応する特性線と、高周波側の共振周波数 f_{tH} に対応する特性線が記載されている。本発明では双峰特性になる条件で効果が大きい。

40

【0052】

図2C(b)の状態から補助共振器単体で共振周波数 f_3 を20MHzまで変化させていくと、図2Bに示すように、低周波側の共振周波数 f_{tL} は徐々に高周波側へシフトして、最終的には f_1 や f_2 と同じ12.1MHzに近づいていき、図2C(c)に示すように、信号も大きくなっていく。高周波側の共振周波数 f_{tH} も段々と高周波側へシフトしていき、出力信号は小さくなりゼロに近づいていく。

【0053】

一方、図2C(b)の状態から共振周波数 f_3 を低周波側へ5MHzまで変化させてい

50

くと、図 2 B に示すように、高周波側の共振周波数 f_{tH} は徐々に低周波側へシフトして、最終的には f_1 と同じ 12.1 MHz に近づいてゆく。但し、信号は低周波側の共振周波数 f_{tL} の場合に比べると、図 2 C (a) に示すように、あまり大きくはならない。低周波側の共振周波数 f_{tL} も段々と低周波側へシフトしていき、出力信号は小さくなりゼロに近づいていく。

【 0 0 5 4 】

次に、図 3 A に示す各コイルの配置により、送電補助装置 9 の共振周波数 f_3 を変化させたときの電力伝送効率の変化を調べた結果を示す。図 3 A の配置は、図 2 A の配置における送電コイル 4 a と補助コイル 1 0 の間の受電空間中に、受電コイル 4 b とループコイル 3 b を配置したものである。ループコイル 3 a、3 b に VNA を接続した。なお、ここで言う電力伝送効率とは、送電コイル 4 a と受電コイル 4 b 間での数値であり、回路などの効率は含まない。

10

【 0 0 5 5 】

この配置における VNA 測定結果を図 3 B に示す。図 3 B にも、低周波側の共振周波数 f_{tL} に対応する特性線と、高周波側の共振周波数 f_{tH} に対応する特性線が記載されている。図 3 B から判るように、例えば、 $f_1 = f_2 = f_3 = 12.1 \text{ MHz}$ の場合 (矢印で示す) には、電力伝送効率は約 4 4 % と小さい。 f_3 をこれよりも大きくしていくと、低周波側の共振周波数 f_{tL} に対応する電力伝送効率も大きくなっていく。 $f_3 = 16 \text{ MHz}$ の場合には約 6 4 % の電力伝送効率を得られる。

【 0 0 5 6 】

20

以上のように、送電補助装置 9 の共振周波数 f_3 を f_1 及び f_2 よりも大きくすることにより、電力伝送時の共振周波数 f_t を共振周波数 f_2 に近づけることができ、それにより、その時の電力伝送効率も大きくできる。

【 0 0 5 7 】

一方、共振周波数 f_3 を低周波側へ変化させていくと、高周波側の共振周波数 f_{tH} に対応する電力伝送効率が大きくなっていく。 $f_3 = 5 \text{ MHz}$ の場合には約 4 6 % の電力伝送効率を得られる。但し、低周波側の共振周波数 f_{tL} に対応する電力伝送効率の最大領域に比べると、高周波側の共振周波数 f_{tH} に対応する電力伝送効率の最大領域における値は小さい。

【 0 0 5 8 】

30

図 4 は、共振周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 の関係の設定例に対する、送電側共振系の共振周波数 f_t の関係を示す図である。図 4 に示す例は、 $f_1 = f_2$ に設定した場合である。この場合、(a) に示すように $f_1 > f_3$ の範囲で f_3 を適切に設定することにより、 f_{tH} を f_2 に一致させ、あるいは十分に近接させることができる。 f_{tH} を f_2 に十分に近接させるとは、図 3 B に示したように、共振周波数 f_t が f_2 に一致している場合と実用上同等の電力伝送効率を得られる程度まで、共振周波数 f_t が f_2 に近接している状態にすることを意味する。なお、以下の記載において、共振周波数 f_t が f_2 に一致しているとは、共振周波数 f_t が f_2 に十分に近接している場合も含むものとする。

【 0 0 5 9 】

図 4 (b) は、上述のように、 $f_1 = f_2 = f_3$ に設定することにより、 f_t が f_2 に一致しない場合を示す。また、(c) に示すように $f_1 < f_3$ の範囲で f_3 を適切に設定することにより、 f_{tL} を f_2 に一致させることができる。

40

【 0 0 6 0 】

以上のように、送電補助装置 9 の共振周波数 f_3 が受電装置 2 の共振周波数 f_2 と異なっていれば ($f_3 \neq f_2$)、送電側共振系の共振周波数 f_t を f_2 に一致させる相応の効果が得られる。但し、 $f_3 > f_2$ の関係を満足することが好ましい。

【 0 0 6 1 】

次に、補助コイルの配置の有無による、電力伝送効率の変化について調べた結果について説明する。図 5 A に示すように補助コイルが配置されていない場合と、図 5 B に示すように補助コイル 1 0 が配置されている場合とについて VNA 測定を行った。図 5 A の配置

50

によるVNA測定では、送電コイル4aと受電コイル4bの距離Xを変えてコイル間の電力伝送効率を調べた。図5Bの配置によるVNA測定では、対向配置した送電コイル4aと補助コイル10との中心位置での距離を50mmで固定とし、両コイル間に受電装置2を配置して、送電コイル4aと受電コイル4bの距離Xを変えてコイル間の電力伝送効率を調べた。送電コイル4aと補助コイル10の直径は約70mm、受電コイル4bの直径は約20mmとした。電力伝送時の送電側共振系の共振周波数 f_{tL} 及び受電側の共振周波数 f_2 が12.1MHzになるように、補助コイル10に取り付けた調整用可変コンデンサ11aを調整した。

【0062】

図5Cは、送電コイル4aと受電コイル4bとの中心距離に対する電力伝送効率の依存性を示す。補助コイル10が配置されていない従来配置の場合(図5A)では、線(a)で示すように、受電コイル4bの位置が送電コイル4aから遠くなるほど電力伝送効率が低下した。すなわち、コイル中心での共鳴コイル間距離(X)が $X = 25\text{mm}$ 付近から電力伝送効率が低下し、 $X = 45\text{mm}$ では $X = 5\text{mm}$ の値に比べて約35%も低下している。それに比べて補助コイル10を設けた本実施の形態の場合(図5B)では、線(b)で示すように、 $X = 45\text{mm}$ までの範囲内では5~6%の低下である。このような結果は、送電コイル4aと補助コイル10との間で磁束が流れやすく、電力伝送効率や電力伝送可能距離などの特性が、従来構成に比べて向上したためと思われる。

【0063】

これによれば、受電装置2の後ろ側に送電補助装置9を配置し、電力伝送時における受電共振器の共振周波数 f_2 と送電側共振系の共振周波数 f_t を合わせることにより、送電補助装置9が無い従来構成の場合に比べて、大幅に電力伝送可能距離を長くすることができる。判る。

【0064】

また、従来、磁界共鳴型を利用した非接触電力伝送装置においては、送電共振器の共振周波数を例えば12.1MHzにした場合、受電共振器の共振周波数も12.1MHzに一致させる必要があった。しかし、受電装置2が小さい場合には、受電コイル4bの形状も小さくなり(Lが小さくなる)、結果として受電装置2側で電力伝送時の共振周波数に一致させることが難しい場合がある。これに対して、本実施の形態では、送電補助装置9の調整用可変コンデンサ11aを制御することにより、送電側共振系と受電共振器の共振周波数を合わせることが可能となる。従って、受電共振器の共振周波数と送電共振器の共振周波数を合わせる手段を、受電装置2に設けることが不要になり、本実施の形態は、受電装置2が小さい場合に特に有効となる。

【0065】

次に、図6A、図6Bを参照して、充電電池8を備えた実際の受電装置2の場合について、電力伝送の特性を調べた結果を説明する。図6Aは、電力伝送配置での各要素装置の配置を示す模式断面図である。同図には、送電コイルユニットが送電コイル4aのみからなる場合が示されている。場合によっては、送電用のループコイルを設けても良い。受電コイルユニットとしては、受電コイル4bとループコイル3bが組合わされて配置されている。ループコイル3bで得られた電力は、少なくとも整流回路7を経由して充電電池8に蓄えられる。

【0066】

充電電池8として小型電池(コイン電池など)を用いた場合には、ループコイル3bと充電電池8を重ね合わせて設置面積を小さくするのが好ましい(例えば、コイルオン電池など)。この場合、ループコイル3bから充電電池8に磁束が漏れて渦電流が発生し損失(渦電流損)となるので、このループコイル3bと充電電池8の間に、伝送時の共振周波数において高透磁率を有する電波吸収体12を配置することが望ましい。また、トータルの厚さを薄くするために、電波吸収体12を挟んでループコイル3bと充電電池8とを密着させても良い。

【0067】

10

20

30

40

50

本実施の形態では、送電コイル4 aは、図20に示したものと機能は同じであるが、薄型化のために、直径1 mm程度のCuコイル（被覆あり）を同一平面上にスパイラル状に巻いた平面コイルを用いる。更に、受電装置2におけるループコイル3 bと受電コイル4 bは、図20に示したものと機能は同じであるが、小型化のために、厚さ0.4 mmの薄型プリント基板に、厚さ70 μm程度のCu箔を同一平面上にスパイラル状に形成した薄膜コイルにより構成する。電力伝送する必要電力に応じて、送電コイル4 a、補助コイル10、あるいは受電コイル4 bの形状を変えてもよい。電気自動車などの数kWの電力が必要な場合には、送電コイル4 aの直径を20 cm以上としても良い。また、コイルの巻き方として外周密巻（空芯コイル）や中心部まで外周から疎巻状態で巻くなど目的に応じて変えれば良い。

10

【0068】

図6 Bは、図6 Aの配置のコイル中心での送電コイル4 aと受電コイル4 b間距離と、整流回路7の出力電力との関係を示すグラフである。ここでの固有の共振周波数は、送電コイル4 aを13.6 MHz、受電コイル4 bを13.6 MHzとした。送電コイル4 aと補助コイル10の中心間距離を50 mmで固定とし、受電コイル4 bを受電空間内で移動させて、コイル中心での送電コイル - 受電コイル間距離（X）を変化させた。なお、補助コイル10に接続した調整用可変コンデンサ11 aを調整することにより、送電補助装置9の共振周波数 f_3 を、13 MHz、14 MHz、及び15 MHzに設定し、それぞれの共振周波数 f_3 において測定を行った。

【0069】

20

図6 Bにおいて、線（a）は f_3 が13 MHzの場合、線（b）は f_3 が14 MHzの場合、線（c）は f_3 が15 MHzの場合を示す。この結果から、 f_3 が13 MHzの時（a）には、受電コイル4 bが $X = \text{約} 30 \text{ mm}$ の距離のところにある場合に整流回路7の出力電力が最低となり、 f_3 が15 MHzの時（c）には、送電コイル4 aから受電コイル4 bが離れるに従って整流回路7の出力電力が低下していくのが判る。更に、 f_3 が14 MHzの時（b）には、受電空間内に受電コイル4 bがあれば、整流回路7の出力電力が高いままで一様な値が得られ、即ち、受電空間内において受電コイル4 bが移動しても安定な受電パワーが得られることが判る。

【0070】

但し、実際の電力伝送においては、高周波電力ドライバー5の共振周波数 f_0 が重要になってくる。すなわち、図6 Aに示した設定の場合であれば、 $f_0 = f_1 = f_2 = f_3$ とすることが好ましく、より好ましくは、 $f_0 = f_1 = f_2 < f_3$ とする。

30

【0071】

次に、図7 A、図7 Bを参照して、実際の受電装置2における受電電力に対する、送電コイル4 aの中心軸と受電コイル4 bの中心軸の間の径方向のずれ量の影響を測定した結果について説明する。測定に用いた図7 Aに示す各要素の配置は、図6 Aの配置と同様とである。送電コイル4 aと受電コイル4 bの径方向における距離R、及び送電コイル - 受電コイル間距離（X）を変化させて測定を行った。

【0072】

図7 Bに、送電コイル - 受電コイル間距離（X）に応じた、受電電力の径方向距離Rに対する依存性の変化を示す。この図から判るように、距離 $X = 45 \text{ mm}$ 以下、径方向距離 $R = 15 \text{ mm}$ 以下（直径30 mmの範囲内）の円柱状の空間領域内では、実用上十分に一様な受電電力が得られる（変化幅が1割程度）。即ち、受電コイル4 bがこの円柱状の空間領域内に存在する限り安定な電力伝送が可能であり、受電コイル4 bを移動等させながら、電力伝送を効果的に行うことができる。

40

【0073】

本実施の形態において、受電装置2で得られた電力を充電電池8に貯める場合を説明したが、場合によっては直接モーターなどの負荷に電力を伝送しても良い。

【0074】

<実施の形態2>

50

実施の形態 2 における非接触電力伝送システムの基本構成について、図 8 を参照して説明する。同図は、本実施の形態の非接触電力伝送システムの構成、及びその動作を示す模式断面図である。すなわち、図 8 (1) ~ (3) に亘って、受電装置が一方向へ移動した場合の一例の動作が示されている。なお、これらの図では、図示を判り易くするために、送電装置内に含まれる送電コイル、送電補助装置内に含まれる補助コイル、及び受電装置内に含まれる受電コイルは、模式的に示されている。以下の実施の形態についても同様である。

【 0 0 7 5 】

図 8 の構成では、送電コイル 1 3、補助コイル 1 4、送電コイル 1 5、補助コイル 1 6 が、順次、コイルの軸方向に沿って配置されている。送電コイル 1 3 と補助コイル 1 4 が対向して受電空間 A が形成され、補助コイル 1 4 と送電コイル 1 5 が対向して受電空間 B が形成され、送電コイル 1 5 と補助コイル 1 6 が対向して受電空間 C が形成される。このように、受電空間 A、B、C がコイルの軸方向に連なって形成されている。送電コイル 1 3、1 5 と補助コイル 1 4、1 6 の軸方向は互いに平行である。

10

【 0 0 7 6 】

受電コイル 1 7 は送電コイル 1 3、1 5 の軸方向へ移動し、送電コイル 1 3、1 5 の軸方向に対して、受電コイル 1 7 の軸方向が平行になるように姿勢が設定される。送電コイル 1 3、1 5 と補助コイル 1 4、1 6 には、中央部にコイル線が無い空芯コイルを用いることにより、内周の空間を受電コイル 1 7 が移動可能となる。送電コイル 1 3、1 5、及び補助コイル 1 4、1 6 の、空間が開いている貫通孔 1 8 の内径よりも、受電コイル 1 7 の内径が小さいことが必須である。実際には、受電コイル 1 7 を含む受電装置が、貫通孔 1 8 の内径よりも小さい必要がある。

20

【 0 0 7 7 】

次に、受電コイル 1 7 が受電空間 A、B、C 内を移動した場合の各送電コイル 1 3、1 5 と補助コイル 1 4、1 6 の動作を説明する。まず、受電コイル 1 7 が存在しないすべての受電空間における送電コイルと補助コイルは OFF 状態（例えば電氣的に解放状態）であることが基本である。

【 0 0 7 8 】

そして、図 8 (1) のように受電空間 A に受電コイル 1 7 が進入すると、送電コイル 1 3 と補助コイル 1 4 とが ON 状態（例えば電氣的に導通状態）となる。これにより、送電装置の高周波電力ドライバーから送電コイル 1 3 を用いて送電が開始される。この場合、補助共振器の共振周波数 f_3 を受電コイル 1 7 が存在する状態で予め調整しているため、受電空間 A においてはどの位置でも安定な電力伝送が可能である。

30

【 0 0 7 9 】

受電コイル 1 7 が受電空間 A を過ぎて図 8 (2) のように受電空間 B に進入すると、送電コイル 1 3 が OFF 状態となると同時に送電コイル 1 5 が ON 状態となる。これにより、送電コイル 1 5 から受電コイル 1 7 への送電が開始される。同様に、図 8 (3) のように受電コイル 1 7 が受電空間 C に進入すると、補助コイル 1 4 が OFF 状態となると同時に補助コイル 1 6 が ON 状態となる。これにより、送電コイル 1 5 から受電コイル 1 7 への送電が開始される。受電コイル 1 7 が補助コイル 1 6 を過ぎると、送電コイル 1 5 と補助コイル 1 6 が OFF 状態となり、受電コイル 1 7 への電力伝送が停止する。

40

【 0 0 8 0 】

このように 1 個の受電空間に 1 個の受電コイル 1 7 のみを配置し、1 個の受電コイル 1 7 に対して、送電コイル 1 3 または 1 5 と補助コイル 1 4 または 1 6 の 1 対の組合せのみを使用して電力伝送を行うことにより、制御系を簡単にできる。この場合、各受電空間 A、B、C においては、送電共振器と補助共振器が構成する送電側共振系の共振周波数 f_t が、受電共振器の共振周波数 f_2 と一致するように、補助共振器の共振周波数 f_3 が設定されている。また送電補助装置の共振容量として調整用可変コンデンサを設け、この調整用可変コンデンサを調整することにより、補助共振器の共振周波数 f_3 を設定している。受電コイル 1 7 が受電空間に存在する時の最適条件となるように、補助共振器の共振周波

50

数 f_3 を固定コンデンサにより設定しても良い。

【0081】

更に、受電コイル17の位置をモニタリングして、受電コイル17が存在する受電空間A、B、Cのいずれかのみで給電するように制御する。具体的には、各送電コイル13、15または補助コイル14、16に位置センサ(図示せず)を設け、受電コイル17が送電コイル内あるいは補助コイル内を通過したことを検知する。

【0082】

また、受電コイル17の存在する受電空間の磁場が隣の送電コイルや補助コイルからの影響を受けないようにする。例えば、受電コイル17が配置されていない受電空間の送電コイルを電氣的に解放(オープン状態)したり、受電コイル17が配置されていない受電空間の補助コイルを電氣的に解放(オープン状態)したりする。あるいは受電コイルの有無に応じて、補助共振器に用いられている共振容量を切り換える。このようにして、最適な電力伝送ができるようする。共振容量を切り換えた場合には、受電コイル17が配置されていない受電空間の補助共振器の共振周波数 f_3 と、受電コイル17が配置されている受電空間の補助共振器の共振周波数 f_3 が異なることになる。

【0083】

また、本実施の形態のように、送電コイル13、15と補助コイル14、16を同軸線上に配置した場合には、送電コイルと補助コイルを交互に配置し、コイル間隔(受電空間の幅)をほぼ同じとすることが好ましい。これは補助共振器の共振周波数 f_3 を制御するのが容易となるためである。また、送電用コイル13、15の中心軸と、補助コイル14、16の中心軸と、受電コイル17の中心軸が、同一軸上にあると、伝送効率が高くなるので特に好ましい。

【0084】

本実施の形態の特徴の一つは、送電コイルと補助コイルは空芯コイルで、受電装置が通り抜けできる大きさの穴を有することである。この場合には、受電コイルの外径が送電コイル及び補助コイルの内径よりも小さくなっている。そして、送電コイル及び補助コイルの穴の中を受電コイルが移動することにより、スムーズな連続移動が可能となる。更に、送電用コイルの直径 d_1 と、受電用コイルの直径 d_2 と、補助コイルの直径 d_3 が、 $d_1 > d_2$ 、かつ $d_2 < d_3$ の関係を満足している。この関係を保っていれば、電力伝送可能距離の増大等の効果が得られる。特に、 $d_1 = d_3$ 、かつ $d_1 > d_2$ の関係を満足することが好ましい。これにより、伝送効率特性(受電可能範囲の拡大など)の向上について大きな効果が得られる。もちろん、円形のコイルに限らず、四角形のコイル等をそれぞれ配置した形態でも、同様の効果は得られる。

【0085】

図9A~図9Cは、本実施の形態の構成を、受電コイルを搭載した車両が一方向へ移動する態様への適用例を説明するための模式断面図である。ここでは車両として、おもちゃのレーシングカーを想定している。

【0086】

図9Aに示す第1適用例では、充電トンネル19内に、送電コイル20、22と補助コイル21、23が、各コイル間がほぼ同じ間隔となるように配置されて、受電空間A、B、Cを形成する。この充電トンネル19内を、例えば、受電コイル24を取り付けた車両25と、受電コイル26と取り付けた車両27を移動させる。このように、送電コイルと補助コイルの総数が偶数個の場合は、送電コイルと補助コイルの数は同一とし、交互に配置する。これにより、受電空間は奇数個となる。

【0087】

受電コイル24、26は、車両25、27の前後どちらに取り付けても良く、伝送効率が高くなるように受電コイルの軸方向を送電コイルや補助コイルの軸方向と平行となるように取り付ければ良い。また、充電トンネル19の入り口の1個目のコイルは、送電コイルでも補助コイルでもかまわない。送電コイルと補助コイルは空芯コイルで、大きさの関係は図8の構成について説明した通りである。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 8 】

隣の受電空間からの影響を少なくするために、例えば、受電コイル 2 4 が位置している受電空間 A の隣の受電空間 B には、同時に他の受電コイル 2 6 を位置させないことが好ましい。ただし、場合によっては、隣り合った受電空間（例えば、受電空間 B と受電空間 C）に同時に受電コイルが配置される場合もある。この時は予め想定した補助共振器の共振周波数 f_3 となるように、補助コイル 2 1 と補助コイル 2 3 のコンデンサを共に切り換える等の制御が必要となる。

【 0 0 8 9 】

図 9 B の第 2 適用例に示すように、送電コイル 2 0 と補助コイル 2 1 を 1 対として 1 個の受電空間 A を形成し、長い空間 B を設けた次に、送電コイル 2 2 と補助コイル 2 3 を 1 対として 1 個の受電空間 C を形成する構成としてもよい。この場合は、受電空間 A と一つ先の受電空間 C との距離が長いので、空間 B は受電空間としない。即ち、空間 B に受電コイル 2 4 が進入した場合には、受電空間 A の送電コイル 2 0 と補助コイル 2 1 は共に OFF 状態とし、送電コイル 2 2 も OFF 状態のままとする。そして受電コイル 2 4 が受電空間 C に進入すると、送電コイル 2 2 と補助コイル 2 3 が ON 状態となり電力伝送が行われる。

【 0 0 9 0 】

図 9 C に示す第 3 適用例では、充電トンネル 1 9 内に、送電コイル 2 0、2 2 と補助コイル 2 1、2 3、2 8 が、各コイル間がほぼ同じ間隔となるように交互に配置されて、受電空間 A、B、C、D を形成する。この充電トンネル 1 9 内を、例えば、受電コイル 2 4 を取り付けした車両 2 5 と、受電コイル 2 6 と取り付けした車両 2 7 を移動させる。このように送電コイルと補助コイルの総数が奇数個の場合には、補助コイルの方を 1 個多くし、交互に配置する。これにより、受電空間は偶数個となる。また、充電トンネル 1 9 の入り口の 1 個目のコイルを補助コイル 2 1 とすることにより、一度調整しておけば、その後はほとんど調整が不要で電源系や制御系の回路が必要無いため、非接触電力伝送システム全体の低価格化が図れるメリットもある。

【 0 0 9 1 】

隣の受電空間からの影響を少なくするために、例えば、受電コイル 2 4 が位置している受電空間 A の隣の受電空間 B には、同時に他の受電コイル 2 6 を位置させないことが好ましい。場合によっては、1 個の受電空間に複数個の受電器を配置してもよい。この場合には、受電コイルの個数に応じた補助共振器の共振周波数 f_3 を、それぞれ予め求めておく必要がある。

【 0 0 9 2 】

図 9 A ~ 図 9 C の構成においては、受電装置としておもちゃの車両を用いた例を示したが、実際の自動車に適用する場合には、受電装置（車内）内に人が居るため、受電コイル以外の受電装置（車内）全体を、磁気シールド材で囲んだ状態で電力伝送を行う形態とすることが、人体防護の観点から好ましい。

【 0 0 9 3 】

図 1 0 A ~ 図 1 0 C に、上記構成の受電コイル 2 4、2 6 の移動方向に直交する断面における、送電コイル 2 0 の形状の例を示す。図は、図 9 A における送電コイル 2 0 側から充電トンネル 1 9 内を見た模式図である。図 1 0 A は、送電コイル 2 0 が円形の断面形状を有する例である。図 1 0 B は、送電コイル 2 0 が四角形の断面形状を有する例の模式図である。図 1 0 C は、送電コイル 2 0 が半円形の断面形状を有する例の模式図である。ここでは、地面に送電コイル 2 0 を這わせている。このように、送電コイルや補助コイルの形状を、目的に合わせて変えることができる。

【 0 0 9 4 】

本実施の形態においては、受電コイルで得られた電力を充電電池に貯めても、あるいは直接モーターなどの負荷に電力を伝送してもよい。

【 0 0 9 5 】

< 実施の形態 3 >

10

20

30

40

50

実施の形態3における非接触電力伝送システムの基本構成について、図11を参照して説明する。同図は、本実施の形態の非接触電力伝送システムの構成、及びその動作を示す模式断面図である。すなわち、図11(1)~(3)に亘って、受電装置が一方向へ移動した場合の一例の動作が示されている。

【0096】

図11の構成では、送電コイル29と補助コイル30、送電コイル31と補助コイル32、及び送電コイル33と補助コイル34が、それぞれ一対として対向し、3つの受電空間E~Gを形成している。すなわち、1対の送電コイルと補助コイルが向かい合って1個の受電空間が形成され、各受電空間E~Gは、送電コイルの軸に対して垂直方向に連なって設けられている。

10

【0097】

受電空間E~Gの各々において、送電コイル29、31、33と補助コイル30、32、34の軸方向は互いに平行である。受電コイル35は、送電コイル29、31、33の軸方向に対して垂直方向に移動し、送電コイル29、31、33の軸方向に対して、受電コイル35の軸方向が平行になるように姿勢が設定される。またこの例では、送電コイル29と補助コイル30の中心軸が同軸上にあり、送電コイル29と補助コイル30における受電コイル35の進行方向の長さが同じである。

【0098】

次に、受電コイル35が受電空間内を移動した場合の、各送電コイル29、31、33と補助コイル30、32、34の動作について説明する。まず、受電コイル35が存在しないすべての受電空間における送電コイルと補助コイルは、OFF状態(例えば電氣的に解放状態)であることが基本である。

20

【0099】

図11(1)のように受電空間Eに受電コイル35が進入すると、送電コイル29と補助コイル30とがON状態(例えば電氣的に導通状態)となり、送電装置の高周波電力ドライバから送電コイル29を用いて送電が開始される。この場合、補助共振器の共振周波数 f_3 を、受電コイル35が存在する状態で予め調整しているため、受電空間Eにおいてはどの位置でも安定な電力伝送が可能である。

【0100】

次に、受電コイル35が受電空間Eを過ぎて、図11(2)のように受電空間Fに進入すると、受電空間Eの送電コイル29と補助コイル30がOFF状態となると同時に、受電空間Fの送電コイル31と補助コイル32がON状態となる。これにより、送電コイル31から受電コイル35への電力伝送が開始される。同様に、図11(3)のように受電コイル35が受電空間Gに進入すると、受電空間Fの送電コイル31と補助コイル32がOFF状態となると同時に、受電空間Gの送電コイル33と補助コイル34がON状態となる。これにより、送電コイル33から受電コイル35への送電が開始される。そして、受電コイル35が受電空間Gを出ると、送電コイル33と補助コイル34がOFF状態となり、受電コイル35への電力伝送が停止する。

30

【0101】

このように1個の受電空間に1個の受電器のみを配置し、1個の受電コイルに対して1対の送電コイルと補助コイルのみを使用して電力伝送を行うことにより、制御系を簡単にできる。この場合、各受電空間においては、送電共振器と補助共振器が構成する送電側共振系の共振周波数 f_t が、受電共振器の共振周波数 f_2 と一致するように、補助共振器の共振周波数 f_3 が設定されている。また送電補助装置の共振容量として調整用可変コンデンサを設け、この調整用可変コンデンサを調整することにより補助共振器の共振周波数 f_3 を設定する。

40

【0102】

実施の形態2と比べると、受電コイルが受電空間を移動する時に、送電コイルと補助コイルが同時にON状態となったりOFF状態となったりすることが異なる。更に、受電コイルの位置をモニタリングして、受電コイルが存在する受電空間のみ給電可能とする。具

50

体的には、各送電コイルまたは補助コイルに位置センサを設け、受電コイルが受電空間内を出入りすることを検知する。

【0103】

また、受電コイルの存在する受電空間の磁場が隣の送電コイルや補助コイルからの影響を受けないように、例えば、受電コイルが配置されていない受電空間の送電コイルを電氣的に解放（オープン状態）したり、受電コイルが配置されていない受電空間の補助コイルを電氣的に解放（オープン状態）したりすることが好ましい。あるいは、受電コイルの有無に応じて補助共振器に用いられている共振容量を切り換えてもよい。このようにして、最適な電力伝送ができるようにする。共振容量を切り換えた場合には、受電コイルが配置されていない受電空間の補助コイルの f_3 と、受電コイルが配置されている受電空間の補助コイルの f_3 が異なることになる。

10

【0104】

また、本実施の形態のように、送電コイルと補助コイルの中心軸を同軸上に設け、送電コイルと補助コイルにおける受電コイルの進行方向の長さを同じとすることにより、各受電空間 E、F、G の幅が同じとなる。これにより、各受電空間の補助共振器の共振周波数 f_3 を制御することが容易となり好ましい。

【0105】

本実施の形態で用いる送電コイル 29、31、33 と補助コイル 30、32、34 は、受電コイル 35 の進行方向の長さが、受電コイル 35 の進行方向に垂直な方向の長さよりも長い。これにより、一様な電力伝送ができる空間領域を長くすることができるため、好ましい。送電コイル、補助コイル、及び受電コイルの形状は、四角形が好ましいが、それ以外の形状でも同様の効果は得られる。

20

【0106】

図 12A ~ 図 12C は、本実施の形態の構成を、受電コイルを搭載した車両が一方へ移動する態様に適用した一例を説明するための模式断面図である。ここでは車両として、おもちゃのレーシングカーを想定している。

【0107】

図 12A の第 1 適用例の構成では、充電トンネル 36 内に、図 11 と同様に、1 対の送電コイルと補助コイルが向かい合って 1 個の受電空間が形成され、このような受電空間が 3 個（受電空間 E ~ G）、送電コイル 37、39、41 の軸に対して垂直方向に連なって設けられている。即ち、送電コイル 37、39、41 が天井側に設置され、補助コイル 38、40、42 が地面側に設置され、形成された受電空間 E ~ G 内を、受電コイル 43、45 が取り付けられた車両 44、46 を移動させる。

30

【0108】

地面の補助コイル 38、40、42 から車両の受電コイル 43、45 までの距離は、車両 44 よりも車両 46 の方が離れている。このように、伝送効率が高くなるように、受電コイル 43、45 の軸方向を送電コイルや補助コイルの軸方向と平行となるように取り付けることが重要である。

【0109】

隣の受電空間からの影響を少なくするために、例えば、受電コイル 43 が位置している受電空間 E の隣の受電空間 F には、同時に他の受電コイル 45 を位置させない方が好ましい。ただし、場合によっては隣り合った受電空間（例えば、受電空間 F と受電空間 G）に同時に受電コイルが配置される場合もある。この時は、予め想定した補助共振器の共振周波数 f_3 となるように、補助コイル 40 と補助コイル 42 のコンデンサを共に切り換える等の制御が必要となる。

40

【0110】

図 12B の第 2 適用例は、図 12A の構成を変更して、天井側に補助コイル 38、40、42 を設け、地面側に送電コイル 37、39、41 を設けた例である。受電コイル 43、45 は、図 12A と同様、車両 44、46 の下側に設けられている。図 12C の第 3 適用例は、図 12A と同様、天井側に送電コイル 37、39、41 を設け、地面側に補助コ

50

イル38、40、42を設け、受電コイル43、45は、車両44、46の天井側に設けられた例である。

【0111】

本実施の形態においては、受電コイル43、45が存在する受電空間（図12Aでは受電空間Eと受電空間Gに対応）の送電コイル37、41と補助コイル38、42はON状態であり、受電コイルが存在しない受電空間（図12Aでは受電空間Fに対応）の送電コイル39と受電コイル40はOFF状態となっている。受電コイル43、45が移動した場合のON状態とOFF状態の切り換え方法は、図11の構成について説明した方法と同様である。

【0112】

場合によっては、1個の受電空間に複数個の受電装置を配置してもよいが、この場合には、受電コイルの個数に応じて補助共振器の共振周波数 f_3 をそれぞれ予め求めておく必要がある。

【0113】

隣の受電空間からの影響を少なくするために、例えば、受電コイル43が位置している受電空間Eの隣の受電空間Fには、同時に他の受電コイル45を配置しない方が好ましい。

本実施の形態においては、受電装置としておもちゃの車両を用いたが、実際の自動車に適用する場合には、受電装置（車内）内に人が居るため、受電コイル以外の受電装置（車内）全体を磁気シールド材で囲んだ状態で電力伝送を行うことが、人体防護の観点から好ましい。

【0114】

図13は、図12Cの構成における、充電トンネル36の天井に配置した送電コイル37、39、41の側から補助コイル38、40、42の側を見降ろした形態の一例を示す。補助コイル38、40、42は、空芯コイル（コイル線が無い中央部の領域は、図9のような穴があいたような空間ではない）であり、受電コイル43、45の進行方向に対して垂直な方向の長さよりも、受電コイル43、45の進行方向における長さの方が長い（長方形）。これにより長い時間の電力伝送が可能となる。この補助コイル38、40、42に対応する送電コイルも、同様な形状を有する。

【0115】

図14(a)～(c)は、それぞれ図12A～図12Cにおける充電トンネル36の入り口側から見た構造の一例を示す模式図である。充電トンネル36の入り口は四角形をしており、天井側と地面側に送電コイル37、39、41あるいは補助コイル38、40、42が設けられている。その配置は、図12A～図12Cに対応している。

【0116】

なお、受電コイルは、車両の上下どちらに取り付けても良く、伝送効率が高くなるように受電コイルの軸方向を送電コイルや補助コイルの軸方向と平行となるように取り付ければ良い。

【0117】

図15(a)～(c)は、上記構成とは異なり、送電コイル37、39、41及び補助コイル38、40、42を、充電トンネル36の上下ではなく左右に設けた例を示す。これらの図は、充電トンネル36の入り口側から車両の後ろ側を見た一例の模式図である。

【0118】

受電コイル43は、車両44の左右どちら側に取り付けても良く、場合によっては、図15(c)のように車両の中央部に設けても良い。即ち、伝送効率が高くなるように、受電コイル43の軸方向を、送電コイル37、39、41及び補助コイル38、40、42の軸方向と平行となるように取り付ければ良い。

【0119】

本実施の形態においては、受電コイルで得られた電力を充電電池に貯めても、あるいは直接モーターなどの負荷に電力を伝送してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 0 】

< 実施の形態 4 >

実施の形態 4 における非接触電力伝送システムの構成について、図 1 6 A ~ 図 1 6 C を参照して説明する。図 1 6 A ~ 図 1 6 C は、本実施の形態の非接触電力伝送システムの構成、及びその動作を模式的に示す正面図である。図 1 6 A ~ 図 1 6 C は、それぞれ異なる構成を示したものである。

【 0 1 2 1 】

本実施の形態では、受電空間内に受電コイルのみが配置される。すなわち、実施の形態 2 と実施の形態 3 においては、受電コイルを含む受電装置全体を、送電コイルと補助コイルで挟まれるように配置して電力伝送を行っていた。これに対して、本実施の形態では、

10

【 0 1 2 2 】

図 1 6 A の構成では、バス 4 7 の側部からコイル支持部材 4 8 が横方向に突出し、コイル支持部材 4 8 によって受電コイル 4 9 が支持されている。コイル支持部材 4 8 と受電コイル 4 9 は、電力伝送時のみ、バス 4 7 の外部に突出するように構成することができる。バス 4 7 の側方に、送電コイル 5 0 と補助コイル 5 1 が上下方向に対向して配置されて、受電空間 H を形成している。電力伝送は、受電空間 H 内を、受電コイル 4 9 が移動しながら行われる（この図では、紙面の手前側に向かって移動）。この受電空間 H 内では、受電

20

【 0 1 2 3 】

図 1 6 B の構成では、バス 4 7 の天井側からコイル支持部材 4 8 が上方に突出し、コイル支持部材 4 8 によって受電コイル 4 9 が支持されている。受電コイル 4 9 等は、電力伝送時のみ、バス 4 7 の外部に突出するように構成することができる。バス 4 7 の上方に、送電コイル 5 0 と補助コイル 5 1 が左右方向に対向して配置されて、受電空間 I を形成している。電力伝送は、受電空間 I 内を、受電コイル 4 9 が移動しながら行われる（この図では、紙面の手前側に向かって移動）。この受電空間 I 内では、受電コイル 4 9 が移動中に上下左右に振れても、電力伝送効率はほとんど変わらない。

30

【 0 1 2 4 】

図 1 6 C の構成では、バス 4 7 の地面側からコイル支持部材 4 8 が下方に突出し、コイル支持部材 4 8 によって受電コイル 4 9 が支持されている。受電コイル 4 9 等は、電力伝送時のみ、バス 4 7 の外部に突出するように構成することができる。バス 4 7 の下方の地中に、給電用ボックス 5 2 が埋め込まれ、その中に送電コイル 5 0 及び補助コイル 5 1 が左右方向に対向して配置されて、受電空間 J を形成している。電力伝送は、受電空間 J 内を、受電コイル 4 9 が移動しながら行われる（この図では、紙面の手前側に向かって移動）。この受電空間 J 内では、受電コイル 4 9 が移動中に上下左右に振れても、電力伝送効率はほとんど変わらない。

【 0 1 2 5 】

本実施の形態において、受電コイル 4 9 が移動した場合の、送電コイル 5 0 及び補助コイル 5 1 の ON 状態と OFF 状態の切り換え方法は、実施の形態 3 の図 1 1 について説明した方法とほぼ同様である。また、電力伝送時には受電コイル 4 9 のみに磁界がかかるため、バス 4 7 に乗っている人には悪影響はなく、人体防護の観点からも好ましい。但し、送電コイル 5 0、補助コイル 5 1、及び受電コイル 4 9 を磁気シールド材で囲むと更に好ましい。上記構成ではロータリーバスを例にとったが、これに限らず、電気自動車や電車などにも、同様に適用できる（パンタグラフの代わりになる）。

40

【 0 1 2 6 】

本実施の形態においても、実施の形態 3 の図 1 2 A 等 に示した構成と同様、複数対の送電コイルと補助コイルをそれぞれ対向させて形成される複数の受電空間を、送電コイル 5 0 の軸に対して垂直方向に連なって設けた構成とすることができる。そのような構成を図

50

16Bのシステムについて適用した場合の一例を、図17に示す。この図は、図16Bの側面から見た模式図であり、バス47が図面の左から右に移動する状態が示される。

【0127】

図17に示すバス47では、車体の先頭部からコイル支持部材48が上方に突出し、コイル支持部材48により受電コイル49が支持されている。受電コイル49等は、電力伝送時のみ、バス47の外部に突出するように構成することができる。

【0128】

バス47の上方に、送電コイル(不図示)と補助コイル51、51'が対向して配置されて、受電空間を形成している。送電コイルまたは補助コイル51、51'の片側に、車両位置モニター用センサ53、53'がそれぞれ設けられ、受電コイル49の更に先頭側に車両位置送信機54が設けられている。受電コイル49の位置、車両位置モニター用センサ53、53'の位置、車両位置送信機54の位置は、様々なケースに応じて任意に選ぶことができる。

10

【0129】

この構成による具体的な動作としては、バス47の先頭部に設けた車両位置送信機54が、補助コイル51に設けた車両位置モニター用センサ53を通過すると、補助コイル51及びこの補助コイル51に対向して設置されている送電コイルがともにON状態となり、受電コイル49への電力伝送が開始される。その後、車両位置送信機54が補助コイル51'に設けた車両位置モニター用センサ53'を通過すると、補助コイル51及びこの補助コイル51に対向して設置されている送電コイルがともにOFF状態となる。同時に、補助コイル51'及びこの補助コイル51'に対向して設置されている送電コイルがともにON状態となり、受電コイル49への電力伝送が開始される。これを繰り返して一方へ移動しながら連続的に電力伝送が行われる。

20

【0130】

本実施の形態においては、受電コイルで得られた電力を充電機に貯めても、あるいは直接モーターなどの負荷に電力を伝送してもよい。

【0131】

<実施の形態5>

実施の形態5における非接触電力伝送システムの構成について、図18を参照して説明する。同図は、本実施の形態の非接触電力伝送システムの構成を示す模式断面図である。本実施の形態は、港の岸壁から漁船やボートへの電力伝送を行う応用例に関するものである。

30

【0132】

図18には、岸壁55にボート56が繋がれた状態が示される。ボート56の後部からコイル支持部材57が後方に突出し、コイル支持部材57によって受電コイル58が支持されている。受電コイル58等は、電力伝送時のみ、ボート56の外部に突出するように構成することができる。岸壁55には、給電用ボックス61が設置されている。給電用ボックス61には、送電コイル59と補助コイル60が対向させて配置されて、受電空間を形成している。

【0133】

電力伝送は、給電用ボックス61の受電空間内に受電コイル58を挿入して行う。電力伝送中は、波により上下左右に受電コイル58が揺れるが、この受電空間内では安定な電力伝送が可能となる。そして得られた電力は、ボート56に設けられた充電機62に蓄えられる。

40

【0134】

また、給電ボックス61が岸壁に固定された構成に代えて、ボート56よりも更に大きな船に給電ボックス61を搭載して、海上でボート56への電力伝送を行っても良い。更に別の形態として、給電ボックス61及び受電コイル58を水中に配置して、両者が揺れている状態で電力伝送を行っても良い。共鳴型非接触充電方式は、水中の中でも利用できることも特徴である。

50

【 0 1 3 5 】

< 実施の形態 6 >

実施の形態 6 における非接触電力伝送システムの構成について、図 19 を参照して説明する。同図は、本実施の形態の非接触電力伝送システムの構成を示す模式断面図である。本実施の形態は、受電コイルが回転している状態で、トローリーバスへ電力伝送を行う応用例に関するものである。

【 0 1 3 6 】

図 19 には、道路脇の送電コイル取り付け壁 63 に送電コイル 64 が固定され、送電コイル取り付け壁 63 に沿って車両 65 が走行している状態が示される。車両 65 のタイヤ 66 には、受電コイル 67 が組み込まれている。車両 65 の本体には、補助コイル 68 が、受電コイル 67 と対向するように固定されている。但し、車両 65 の本体に対するタイヤ 66 及び補助コイル 68 の取付構造は、一般的なもので良いので、図示を省略する。

【 0 1 3 7 】

送電コイル 64 は長方形をしており、道路に沿って長く延在している。送電コイル 64 の地面からの中心位置の高さは、タイヤ 66 に組み込まれた受電コイル 67 の地面からの中心位置の高さとほぼ同等になるように設定されている。受電コイル 67 は、タイヤ 66 の内部にあっても、あるいは、フォイルベースのようにタイヤの外部に取り付けられていても良い。

【 0 1 3 8 】

本実施の形態では、送電コイル取り付け壁 63 に固定された送電コイル 64 と、車両 65 の本体に固定された補助コイル 68 の間で受電空間が形成される。車両 65 の走行に伴い、受電コイル 67 が回転しながら、かつ道路に沿って移動しながら、送電コイル 64 により電力伝送を行う。電力伝送時の受電空間は、最大でも補助コイル 68 のコイル面の大きさとなる。

【 0 1 3 9 】

別な例として、受電コイルが回転するのみで、受電コイルが送電コイルに対して移動しない構成の場合でも、同様な効果が得られる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 4 0 】

本発明の非接触電力伝送システムは、受電装置が移動または回転していても電力伝送が可能であり、電気車両（自動車、バス、電車等）等に好適である。

【 符号の説明 】

【 0 1 4 1 】

- 1 送電装置
- 2 受電装置
- 3 a、3 b ループコイル
- 4 a、13、15、20、22、29、31、33、37、39、41、50、59、6
- 4 送電コイル
- 4 b、17、24、26、35、43、45、49、58、67 受電コイル
- 5 高周波電力ドライバー
- 6 交流電源
- 7 整流回路
- 8、62 充電電池
- 9 送電補助装置
- 10、14、16、21、23、28、30、32、34、38、40、42、51、5
- 1'、60、68 補助コイル
- 11 調整用コンデンサ
- 11 a 調整用可変コンデンサ
- 12 電波吸収体
- 18 貫通孔

10

20

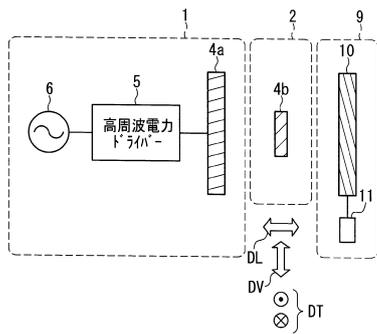
30

40

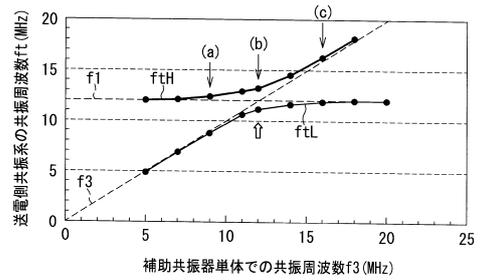
50

- 19、36 充電トンネル
- 25、27、44、46、47、65 車両
- 48、57 コイル支持部材
- 52、61 給電用ボックス
- 53、53' 車両位置モニター用センサ
- 54 車両位置送信機
- 55 岸壁
- 56 電力供給船
- 63 送電コイル取り付け壁
- 66 タイヤ

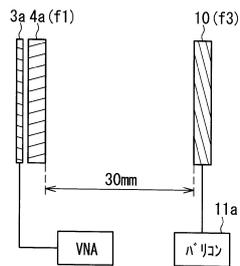
【図1】



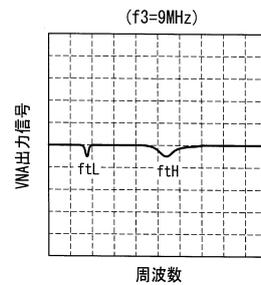
【図2B】



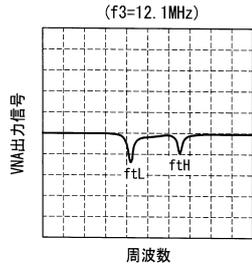
【図2A】



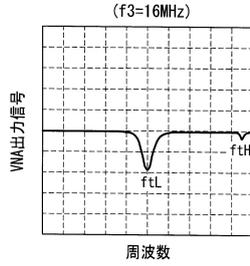
【図2C(a)】



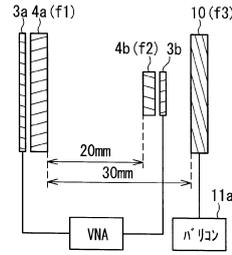
【図2C(b)】



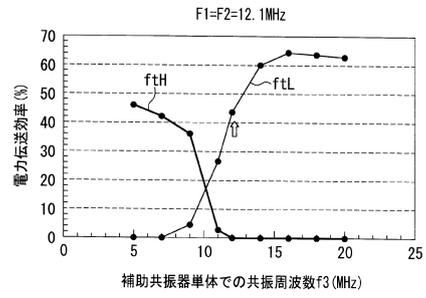
【図2C(c)】



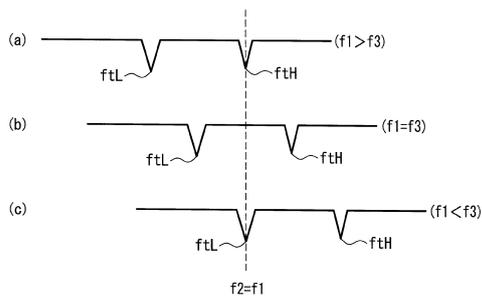
【図3A】



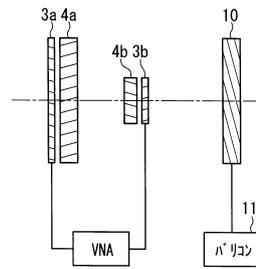
【図3B】



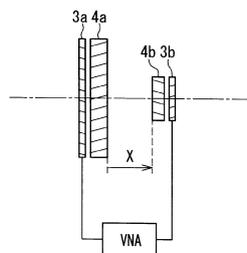
【図4】



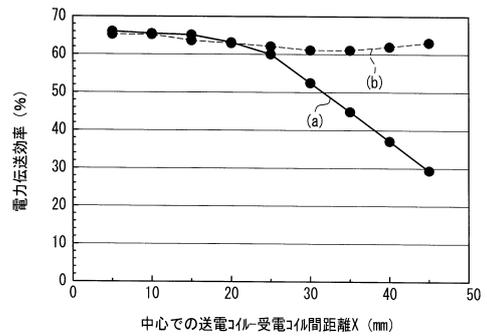
【図5B】



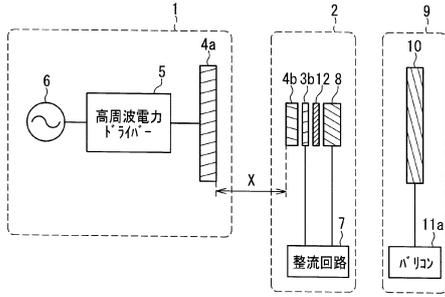
【図5A】



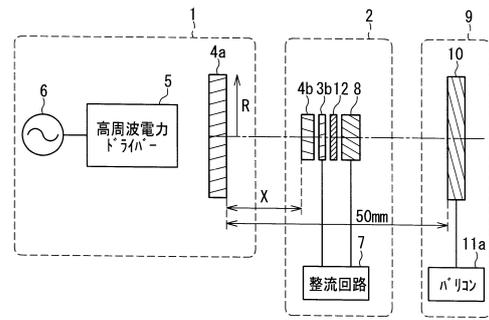
【図5C】



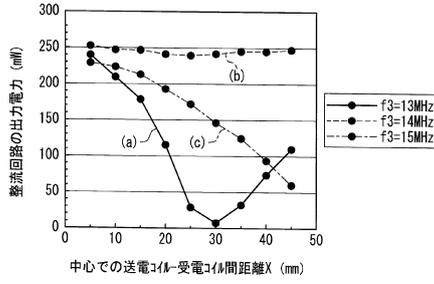
【図6A】



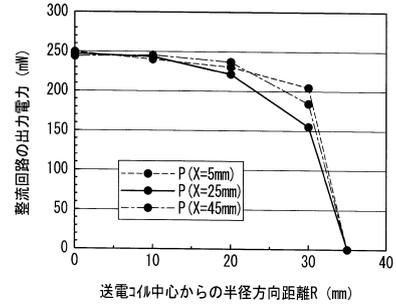
【図7A】



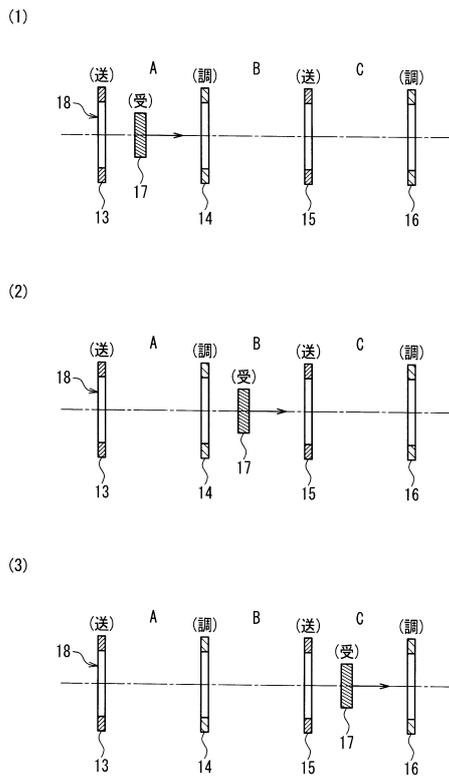
【図6B】



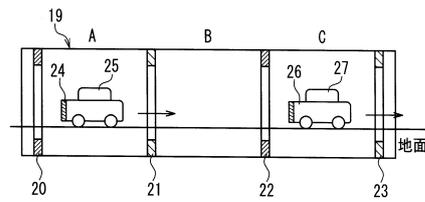
【図7B】



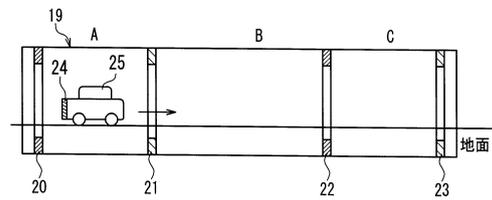
【図8】



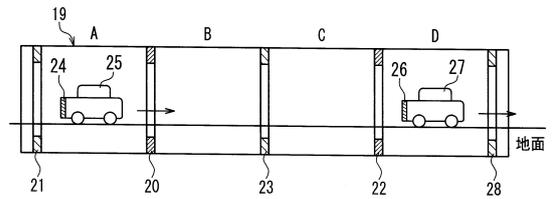
【図9A】



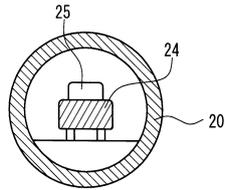
【図9B】



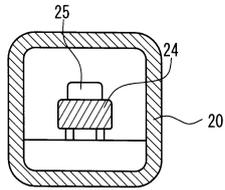
【図9C】



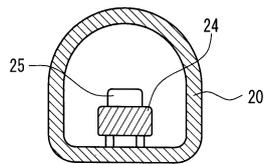
【図10A】



【図10B】

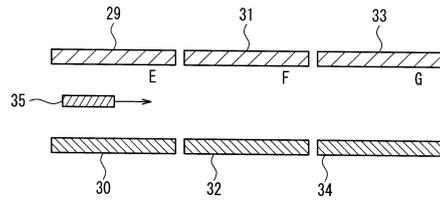


【図10C】

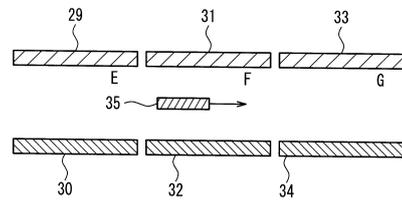


【図11】

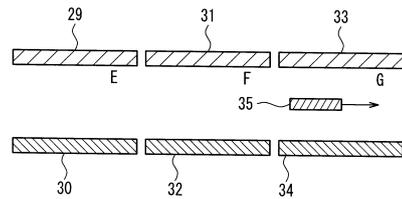
(1)



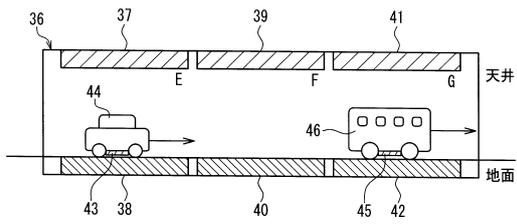
(2)



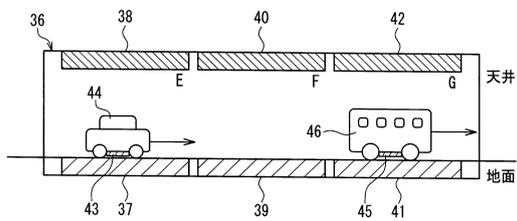
(3)



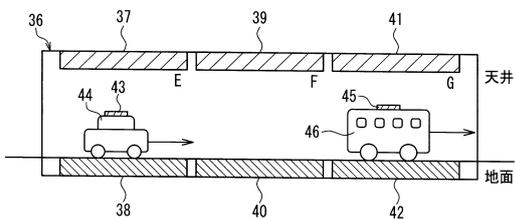
【図12A】



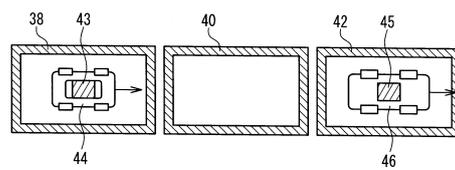
【図12B】



【図12C】

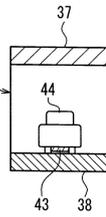


【図13】

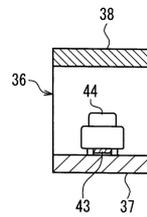


【図14】

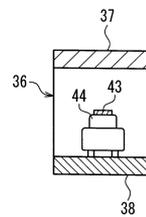
(a)



(b)

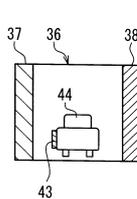


(c)

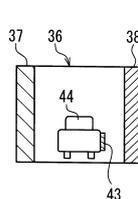


【図15】

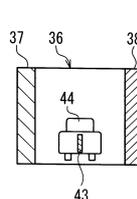
(a)



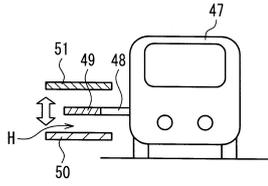
(b)



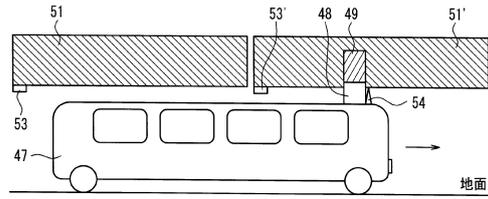
(c)



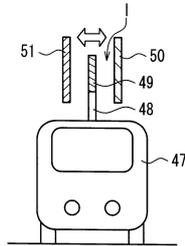
【図16A】



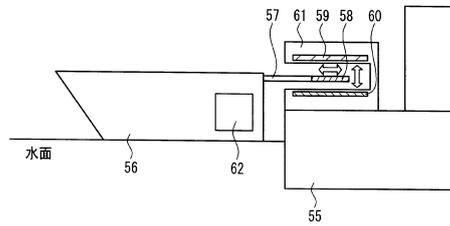
【図17】



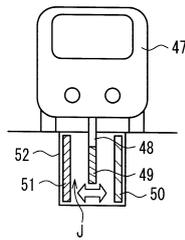
【図16B】



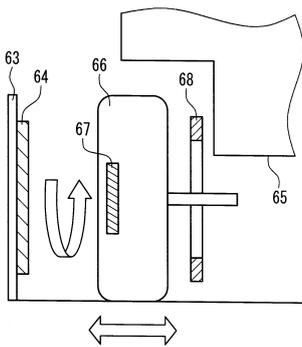
【図18】



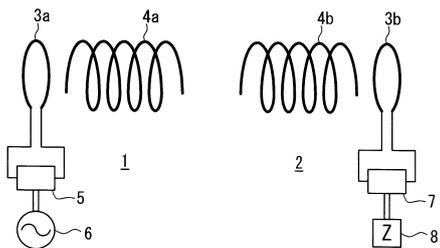
【図16C】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2012/001959(WO, A1)
特開2009-106136(JP, A)
国際公開第2010/103639(WO, A1)
特開2011-109903(JP, A)
特開2011-130614(JP, A)
特開2000-270501(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

| | |
|------|-------|
| H02J | 17/00 |
| B60L | 5/00 |
| B60M | 7/00 |