

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5884830号
(P5884830)

(45) 発行日 平成28年3月15日 (2016. 3. 15)

(24) 登録日 平成28年2月19日 (2016. 2. 19)

(51) Int. Cl. F 1
H02J 50/00 (2016.01) H02J 17/00 B

請求項の数 26 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2013-540576 (P2013-540576)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(86) (22) 出願日	平成23年10月27日 (2011.10.27)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(86) 国際出願番号	PCT/JP2011/074803	(74) 代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(87) 国際公開番号	W02013/061441	(72) 発明者	市川 真士 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(87) 国際公開日	平成25年5月2日 (2013.5.2)	(72) 発明者	堀内 学 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
審査請求日	平成26年3月24日 (2014.3.24)	審査官	馬場 慎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非接触受電装置、非接触送電装置および非接触送受電システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

送電装置から転送される電力を、非接触で受電するための非接触受電装置であって、前記送電装置は、送電部と、前記送電部に交流電力を供給する電源部とを含み、前記非接触受電装置は、前記送電部から非接触で電力を受電する受電部と、受電時に前記非接触受電装置のインピーダンスを調整して、前記送電装置および前記非接触受電装置の間のインピーダンスをマッチングする整合器を通して、前記受電部で受電された電力を使用する電気負荷装置と、を備え、

前記受電部は、前記受電部と前記送電部との位置がずれた状態に配置された場合に、送電周波数を変更したときの伝送効率がピークを示すピーク周波数は1つであり、かつ、前記ピーク周波数と非接触電力伝送に使用する前記電源部の電源周波数とが一致するように構成されると共に、

前記受電部は、前記受電部と前記送電部とが位置合わせされた状態では、前記送電周波数を変更したときに、前記送電周波数が前記電源周波数よりも小さい第1周波数のときに伝送効率が第1極大値となり、前記送電周波数が前記電源周波数となると伝送効率が極小値となり、前記送電周波数が前記電源周波数よりも大きい第3周波数となると伝送効率が

第2極大値となるように構成され、

前記受電部は、前記受電部と前記送電部との位置ずれが許容範囲の最大値となった場合に、前記送電周波数を変更したときの伝送効率がピークを示すピーク周波数は1つであり、かつ、前記送電周波数が前記電源周波数となると前記伝送効率が第3極大値となるように構成され、

前記第3極大値は、前記第1極大値および前記第2極大値よりも小さく、前記第3極大値は、前記極小値よりも大きい、非接触受電装置。

【請求項2】

前記位置がずれた状態は、前記受電部の中心軸と前記送電部の中心軸との水平方向の位置がずれた状態である、請求項1に記載の非接触受電装置。

10

【請求項3】

前記受電部は、前記受電部の中心軸と前記送電部の中心軸との水平方向の位置が一致する状態に配置された場合に、前記電源周波数での伝送効率よりも伝送効率が高くなるピークを、前記電源周波数よりも高い第1周波数および前記電源周波数よりも低い第2周波数の少なくとも2箇所に有するように構成される、請求項2に記載の非接触受電装置。

【請求項4】

前記受電部の中心軸と前記送電部の中心軸との水平方向の位置が一致する状態に配置された場合に、前記整合器で前記非接触受電装置のインピーダンスを調整する制御装置とをさらに備える、請求項3に記載の非接触受電装置。

【請求項5】

前記受電部の中心軸と前記送電部の中心軸との水平方向の位置がずれた状態に配置された場合に、前記整合器で前記非接触受電装置のインピーダンスを調整する制御装置とをさらに備える、請求項3に記載の非接触受電装置。

20

【請求項6】

前記受電部は、前記受電部の中心軸と前記送電部の中心軸との水平方向の位置が一致する状態に配置された場合に、前記電源周波数での伝送効率よりも伝送効率が高くなるピークを、前記電源周波数よりも高い第1周波数および前記電源周波数よりも低い第2周波数の少なくとも2箇所に有するように構成される、請求項1に記載の非接触受電装置。

【請求項7】

前記受電部の中心軸と前記送電部の中心軸との水平方向の位置が一致する状態に配置された場合に、前記整合器で前記非接触受電装置のインピーダンスを調整する制御装置とをさらに備える、請求項1に記載の非接触受電装置。

30

【請求項8】

前記受電部の中心軸と前記送電部の中心軸との水平方向の位置がずれた状態に配置された場合に、前記整合器で前記非接触受電装置のインピーダンスを調整する制御装置とをさらに備える、請求項1に記載の非接触受電装置。

【請求項9】

前記受電部は、前記送電部と固有周波数の差が $\pm 10\%$ 以内となるように構成される、請求項1に記載の非接触受電装置。

【請求項10】

前記受電部と前記送電部との結合係数は、0.1以下である、請求項1に記載の非接触受電装置。

40

【請求項11】

前記送電部は、前記受電部と前記送電部との間に形成され、かつ特定の周波数で振動する磁界と、前記受電部と前記送電部との間に形成され、かつ特定の周波数で振動する電界との少なくとも一方を通じて、前記受電部に電力を送電する、請求項1に記載の非接触受電装置。

【請求項12】

受電装置に対して非接触で電力を送電するための非接触送電装置であって、前記受電装置は、

50

受電部と、
 前記受電部から電力を受ける電気負荷装置とを含み、
 前記非接触送電装置は、
 前記受電部に非接触で電力を送電する送電部と、
 送電時に前記非接触送電装置のインピーダンスを調整して、前記非接触送電装置および
 前記受電装置の間のインピーダンスをマッチングする整合器をとおして、前記送電部に交
 流電力を供給する電源部と
 を備え、

前記送電部は、前記受電部と前記送電部との位置がずれた状態に配置された場合に、送
 電周波数を変更したときの伝送効率がピークを示すピーク周波数は1つであり、かつ、前
 記ピーク周波数と非接触電力伝送に使用する前記電源部の電源周波数とが一致するように
 構成されると共に、

10

前記送電部は、前記送電部と前記受電部とが位置合わせされた状態では、前記送電周波
 数を変更したときに、前記送電周波数が前記電源周波数よりも小さい第1周波数のときに
 伝送効率が第1極大値となり、前記送電周波数が前記電源周波数となると伝送効率が極小
 値となり、前記送電周波数が前記電源周波数よりも大きい第3周波数となると伝送効率が
 第2極大値となるように構成され、

前記送電部は、前記送電部と前記受電部との位置ずれが許容範囲の最大値となった場合
 に、前記送電周波数を変更したときの伝送効率がピークを示すピーク周波数は1つであり
 、かつ、前記送電周波数が前記電源周波数となると前記伝送効率が第3極大値となるよう
 に、前記送電部は構成され、

20

前記第3極大値は、前記第1極大値および前記第2極大値よりも小さく、第3極大値は
 、前記極小値よりも大きい、非接触送電装置。

【請求項13】

前記位置がずれた状態は、前記受電部の中心軸と前記送電部の中心軸との水平方向の位
 置がずれた状態である、請求項12に記載の非接触送電装置。

【請求項14】

前記送電部は、前記受電部の中心軸と前記送電部の中心軸との水平方向の位置が一致す
 る状態に配置された場合に、前記電源周波数での伝送効率よりも伝送効率が高くなるピー
 クを、前記電源周波数よりも高い第1周波数および前記電源周波数よりも低い第2周波数
 の少なくとも2箇所³⁰に有するように構成される、請求項13に記載の非接触送電装置。

30

【請求項15】

前記受電部の中心軸と前記送電部の中心軸との水平方向の位置が一致する状態に配置さ
 れた場合に、前記整合器で前記非接触送電装置のインピーダンスを調整する制御装置とを
 さらに備える、請求項14に記載の非接触送電装置。

【請求項16】

前記受電部の中心軸と前記送電部の中心軸との水平方向の位置がずれた状態に配置され
 た場合に、前記整合器で前記非接触送電装置のインピーダンスを調整する制御装置とをさ
 らに備える、請求項14に記載の非接触送電装置。

【請求項17】

40

前記送電部は、前記受電部の中心軸と前記送電部の中心軸との水平方向の位置が一致す
 る状態に配置された場合に、前記電源周波数での伝送効率よりも伝送効率が高くなるピー
 クを、前記電源周波数よりも高い第1周波数および前記電源周波数よりも低い第2周波数
 の少なくとも2箇所³⁰に有するように構成される、請求項12に記載の非接触送電装置。

【請求項18】

前記受電部の中心軸と前記送電部の中心軸との水平方向の位置が一致する状態に配置さ
 れた場合に、前記整合器で前記非接触送電装置のインピーダンスを調整する制御装置とを
 さらに備える、請求項12に記載の非接触送電装置。

【請求項19】

前記受電部の中心軸と前記送電部の中心軸との水平方向の位置がずれた状態に配置され

50

た場合に、前記整合器で前記非接触送電装置のインピーダンスを調整する制御装置とをさらに備える、請求項 1 2 に記載の非接触送電装置。

【請求項 2 0】

前記送電部は、前記受電部と固有周波数の差が $\pm 10\%$ 以内となるように構成される、請求項 1 2 に記載の非接触送電装置。

【請求項 2 1】

前記受電部と前記送電部との結合係数は、 0.1 以下である、請求項 1 2 に記載の非接触送電装置。

【請求項 2 2】

前記送電部は、前記受電部と前記送電部との間に形成され、かつ特定の周波数で振動する磁界と、前記受電部と前記送電部との間に形成され、かつ特定の周波数で振動する電界との少なくとも一方を通じて、前記受電部に電力を送電する、請求項 1 2 に記載の非接触送電装置。

10

【請求項 2 3】

非接触送受電システムであって、
非接触送電装置と、
前記非接触送電装置から転送される電力を、非接触で受電するための非接触受電装置とを備え、

前記非接触送電装置は、

送電部と、

20

前記送電部に交流電力を供給する電源部とを含み、

前記非接触受電装置は、

前記送電部の固有周波数と同じ固有周波数の受電部と、

受電時に前記非接触受電装置のインピーダンスを調整して、前記非接触送電装置および前記非接触受電装置の間のインピーダンスをマッチングする整合器を通して、前記受電部で受電された電力を使用する電気負荷装置と、
を含み、

前記受電部は、前記受電部と前記送電部との位置がずれた状態に配置された場合に、送電周波数を変更したときの伝送効率がピークを示すピーク周波数は 1 つであり、かつ、前記ピーク周波数と非接触電力伝送に使用する前記電源部の電源周波数とが一致するように構成されると共に

30

前記受電部は、前記受電部と前記送電部とが位置合わせされた状態では、前記送電周波数を変更したときに、前記送電周波数が前記電源周波数よりも小さい第 1 周波数のときに伝送効率が第 1 極大値となり、前記送電周波数が前記電源周波数となると伝送効率が極小値となり、前記送電周波数が前記電源周波数よりも大きい第 3 周波数となると伝送効率が第 2 極大値となるように、前記受電部は構成され、

前記受電部と前記送電部との位置ずれが許容範囲の最大値となった場合に、前記送電周波数を変更したときの伝送効率がピークを示すピーク周波数は 1 つであり、かつ、前記送電周波数が前記電源周波数となると前記伝送効率が第 3 極大値となるように、前記受電部は構成され、

40

前記第 3 極大値は、前記第 1 極大値および前記第 2 極大値よりも小さく、前記第 3 極大値は、前記極小値よりも大きい、非接触送受電システム。

【請求項 2 4】

前記受電部は、前記送電部と固有周波数の差が $\pm 10\%$ 以内となるように構成される、請求項 2 3 に記載の非接触送受電システム。

【請求項 2 5】

前記受電部と前記送電部との結合係数は、 0.1 以下である、請求項 2 3 に記載の非接触送受電システム。

【請求項 2 6】

前記送電部は、前記受電部と前記送電部との間に形成され、かつ特定の周波数で振動す

50

る磁界と、前記受電部と前記送電部との間に形成され、かつ特定の周波数で振動する電界との少なくとも一方を通じて、前記受電部に電力を送電する、請求項 2 3 に記載の非接触送電システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、非接触受電装置、非接触送電装置および非接触送電システムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、非接触で電気エネルギーを伝送可能にする技術として、磁界共鳴方式を用いたエネルギー伝送が注目されている。磁気共鳴方式では、電磁誘導方式よりも送電部と受電部との距離が大きい場合でも送電可能であることが知られている。

10

【0003】

しかし、磁気共鳴方式では、最適距離があり距離が近すぎると伝送効率が低くなる。特開 2011-50140 号公報（特許文献 1）は、共鳴方式を用い、非接触で電力の送電を行なう場合に、電力の送り側と受け側との間の距離が接近し密結合状態となった場合であっても、伝送効率を高く維持できる技術が開示されている。

【0004】

この文献に開示された非接触送電装置では、交流電源からの交流電力を共鳴素子に供給し、これによって共鳴素子に磁界を発生させて、共鳴により相手方となる受電装置に対して交流電力を供給する構成において、交流電源と共鳴素子との間に自動整合器が設けられる。自動整合器は、交流電力の供給先の受電装置との間における結合係数に応じて、共鳴素子のインピーダンスを調整する。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2011-50140 号公報

【特許文献 2】特開 2010-141976 号公報

【特許文献 3】特開 2010-193598 号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記の特開 2011-50140 号公報に開示された設計手法によると、送電装置と受電装置との位置関係がちょうどよい状態になった時に最大効率で送電することが可能なように共鳴コイルが設計される。そして、位置関係がずれたとき、たとえば距離が近づきすぎて密結合状態となったときには、自動整合器によってインピーダンスを調整して伝送効率を改善している。

【0007】

このような設計手法は、携帯型機器などのような重量が小さく位置合わせが容易である非接触受電装置には好適であるが、送電部の位置合わせが容易でない車両などに適用する場合には多少の位置ズレは許容する必要があるので最大効率で送電できる機会は少ない。

40

【0008】

むしろ、位置ズレをある程度許容しつつ位置ズレしても効率が低下しないようにシステムを構築する必要がある。

【0009】

この発明の目的は、送電装置と受電装置の位置ズレが発生しても効率が低下しにくい非接触受電装置、非接触送電装置および非接触送電システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

50

この発明は、要約すると、送電装置から転送される電力を、非接触で受電するための非接触受電装置である。送電装置は、送電部と、送電部に交流電力を供給する電源部とを含む。非接触受電装置は、送電部から非接触で電力を受電する受電部と、受電部で受電された電力を使用する電気負荷装置とを備える。受電部は、受電部と送電部との位置がずれた状態に配置された場合に、送電周波数を変更したときの伝送効率がピークを示すピーク周波数は1つであり、かつ、ピーク周波数と非接触電力伝送に使用する電源部の電源周波数とが一致するように構成される。

【0011】

好ましくは、位置がずれた状態は、受電部の中心軸と送電部の中心軸との水平方向の位置がずれた状態である。

10

【0012】

より好ましくは、受電部は、受電部の中心軸と送電部の中心軸との水平方向の位置が一致する状態に配置された場合に、電源周波数での伝送効率よりも伝送効率が高くなるピークを、電源周波数よりも高い第1周波数および電源周波数よりも低い第2周波数の少なくとも2箇所にも有するように構成される。

【0013】

さらに好ましくは、非接触受電装置は、受電部と電気負荷装置との間に設けられ、非接触受電装置のインピーダンスを調整するための整合器と、受電部の中心軸と送電部の中心軸との水平方向の位置が一致する状態に配置された場合に、整合器で非接触受電装置のインピーダンスを調整する制御装置とをさらに備える。

20

【0014】

さらに好ましくは、非接触受電装置は、受電部と電気負荷装置との間に設けられ、非接触受電装置のインピーダンスを調整するための整合器と、受電部の中心軸と送電部の中心軸との水平方向の位置がずれた状態に配置された場合に、整合器で非接触受電装置のインピーダンスを調整する制御装置とをさらに備える。

【0015】

好ましくは、受電部は、受電部の中心軸と送電部の中心軸との水平方向の位置が一致する状態に配置された場合に、電源周波数での伝送効率よりも、伝送効率が高くなるピークを電源周波数よりも高い第1周波数および電源周波数よりも低い第2周波数の少なくとも2箇所にも有するように構成される。

30

【0016】

好ましくは、非接触受電装置は、受電部と電気負荷装置との間に設けられ、非接触受電装置のインピーダンスを調整するための整合器と、受電部の中心軸と送電部の中心軸との水平方向の位置が一致する状態に配置された場合に、整合器で非接触受電装置のインピーダンスを調整する制御装置とをさらに備える。

【0017】

好ましくは、非接触受電装置は、受電部と電気負荷装置との間に設けられ、非接触受電装置のインピーダンスを調整するための整合器と、受電部の中心軸と送電部の中心軸との水平方向の位置がずれた状態に配置された場合に、整合器で非接触受電装置のインピーダンスを調整する制御装置とをさらに備える。

40

【0018】

好ましくは、受電部は、送電部と固有周波数の差が $\pm 10\%$ 以内となるように構成される。

【0019】

より好ましくは、受電部と送電部との結合係数は、0.1以下である。

より好ましくは、送電部は、受電部と送電部との間に形成され、かつ特定の周波数で振動する磁界と、受電部と送電部との間に形成され、かつ特定の周波数で振動する電界との少なくとも一方を通じて、受電部に電力を送電する。

【0020】

この発明は、他の局面では、受電装置に対して非接触で電力を送電するための非接触送

50

電装置である。受電装置は、受電部と、受電部から電力を受ける電気負荷装置とを含む。非接触送電装置は、受電部に非接触で電力を送電する送電部と、送電部に交流電力を供給する電源部とを備える。送電部は、受電部と送電部との位置がずれた状態に配置された場合に、送電周波数を変更したときの伝送効率がピークを示すピーク周波数は1つであり、かつ、前記ピーク周波数と非接触電力伝送に使用する電源部の電源周波数とが一致するように構成される。

【0021】

好ましくは、位置がずれた状態は、受電部の中心軸と送電部の中心軸との水平方向の位置がずれた状態である。

【0022】

より好ましくは、送電部は、受電部の中心軸と送電部の中心軸との水平方向の位置が一致する状態に配置された場合に、電源周波数での伝送効率よりも伝送効率が高くなるピークを、電源周波数よりも高い第1周波数および電源周波数よりも低い第2周波数の少なくとも2箇所にも有するように構成される。

【0023】

さらに好ましくは、非接触送電装置は、送電部と電源部との間に設けられ、非接触送電装置のインピーダンスを調整するための整合器と、受電部の中心軸と送電部の中心軸との水平方向の位置が一致する状態に配置された場合に、整合器で非接触送電装置のインピーダンスを調整する制御装置とをさらに備える。

【0024】

さらに好ましくは、非接触送電装置は、送電部と電源部との間に設けられ、非接触送電装置のインピーダンスを調整するための整合器と、受電部の中心軸と送電部の中心軸との水平方向の位置がずれた状態に配置された場合に、整合器で非接触送電装置のインピーダンスを調整する制御装置とをさらに備える。

【0025】

好ましくは、送電部は、受電部の中心軸と送電部の中心軸との水平方向の位置が一致する状態に配置された場合に、電源周波数での伝送効率よりも伝送効率が高くなるピークを、電源周波数よりも高い第1周波数および電源周波数よりも低い第2周波数の少なくとも2箇所にも有するように構成される。

【0026】

好ましくは、非接触送電装置は、送電部と電源部との間に設けられ、非接触送電装置のインピーダンスを調整するための整合器と、受電部の中心軸と送電部の中心軸との水平方向の位置が一致する状態に配置された場合に、整合器で非接触送電装置のインピーダンスを調整する制御装置とをさらに備える。

【0027】

好ましくは、非接触送電装置は、送電部と電源部との間に設けられ、非接触送電装置のインピーダンスを調整するための整合器と、受電部の中心軸と送電部の中心軸との水平方向の位置がずれた状態に配置された場合に、整合器で非接触送電装置のインピーダンスを調整する制御装置とをさらに備える。

【0028】

好ましくは、送電部は、受電部と固有周波数の差が $\pm 10\%$ 以内となるように構成される。

【0029】

より好ましくは、受電部と送電部との結合係数は、0.1以下である。

より好ましくは、送電部は、受電部と送電部との間に形成され、かつ特定の周波数で振動する磁界と、受電部と送電部との間に形成され、かつ特定の周波数で振動する電界との少なくとも一方を通じて、受電部に電力を送電する。

【0030】

この発明はさらに他の局面では、非接触送電システムであって、非接触送電装置と、非接触送電装置から転送される電力を、非接触で受電するための非接触受電装置とを備え

10

20

30

40

50

る。非接触送電装置は、送電部と、送電部に交流電力を供給する電源部とを含む。非接触受電装置は、送電部の固有周波数と同じ固有周波数の受電部と、受電部で受電された電力を使用する電気負荷装置とを含む。受電部は、受電部と送電部との位置がずれた状態に配置された場合に、送電周波数を変更したときの伝送効率がピークを示すピーク周波数は1つであり、かつ、前記ピーク周波数と非接触電力伝送に使用する前記電源部の電源周波数とが一致するように構成される。

【0031】

好ましくは、受電部は、送電部と固有周波数の差が $\pm 10\%$ 以内となるように構成される。

【0032】

より好ましくは、受電部と送電部との結合係数は、0.1以下である。

より好ましくは、送電部は、受電部と送電部との間に形成され、かつ特定の周波数で振動する磁界と、受電部と送電部との間に形成され、かつ特定の周波数で振動する電界との少なくとも一方を通じて、受電部に電力を送電する。

【発明の効果】

【0033】

本発明によれば、送電装置と受電装置にある程度位置ズレが発生しても極端な効率低下をおこさないようにすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】この発明の実施の形態による車両用給電システムの全体構成図である。

【図2】共鳴法による送電の原理を説明するための図である。

【図3】電流源（磁流源）からの距離と電磁界の強度との関係を示した図である。

【図4】電力伝送システムのシミュレーションモデルを示す図である。

【図5】送電装置と受電装置との間の固有周波数のズレと効率の関係を示す図である。

【図6】図1に示した電力送受電システム10の詳細構成図である。

【図7】受電部110と送電部220の間の位置ズレについて説明するための図である。

【図8】実施の形態に対する比較例の送電部または受電部の特性（未整合時）を説明するための図である。

【図9】実施の形態に対する比較例の送電部または受電部の特性（整合時）を説明するための図である。

【図10】受電部または送電部のコイルの位置関係と特性について説明するための図である。

【図11】本実施の形態の送電部または受電部の特性（未整合時）を説明するための図である。

【図12】本実施の形態の送電部または受電部の特性（整合時）を説明するための図である。

【図13】位置ズレについて説明するための共鳴コイルの第1配置例を示す図である。

【図14】位置ズレについて説明するための共鳴コイルの第2配置例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【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詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

【0036】

図1は、この発明の実施の形態による電力送受電システムの全体構成図である。

図1を参照して、電力送受電システム10は、車両100と、送電装置200とを含む。車両100は、受電部110と、通信部160とを含む。

【0037】

受電部110は、車体底面に設置され、送電装置200の送電部220から送出される電力を非接触で受電するように構成される。詳しくは、受電部110は、後に説明する自

10

20

30

40

50

己共振コイル（共鳴コイルともいう）を含み、送電部 220 に含まれる自己共振コイルと電磁場を介して共鳴することにより送電部 220 から非接触で受電する。通信部 160 は、車両 100 と送電装置 200 との間で通信を行なうための通信インターフェースである。

【0038】

送電装置 200 は、高周波電源装置 210 と、送電部 220 と、通信部 230 とを含む。高周波電源装置 210 は、たとえばコネクタ 212 を介して供給される商用交流電力を高周波の電力に変換して送電部 220 へ出力する。

【0039】

送電部 220 は、たとえば駐車場の床面に設置され、高周波電源装置 210 から供給される高周波電力を車両 100 の受電部 110 へ非接触で送出するように構成される。詳しくは、送電部 220 は、自己共振コイルを含み、この自己共振コイルが受電部 110 に含まれる自己共振コイルと電磁場を介して共鳴することにより受電部 110 へ非接触で送電する。通信部 230 は、送電装置 200 と車両 100 との間で通信を行なうための通信インターフェースである。

10

【0040】

ここで、送電装置 200 から車両 100 への給電に際し、車両 100 を送電装置 200 へ誘導して車両 100 の受電部 110 と送電装置 200 の送電部 220 との位置合わせを行なう必要がある。すなわち、車両 100 は、位置合わせが簡単ではない。携帯型機器では、ユーザが手で持ち上げて充電器等の給電ユニットの適切な位置に置くことが簡単に行える。しかし、車両は、ユーザが車両を操作し適切な位置に車両を停車させる必要があり、手で持ち上げて位置を調整するというわけにはいかない。

20

【0041】

このため、送電装置 200 から車両 100 への給電は、位置ズレに対して許容度が大きい方式を採用することが望ましい。電磁誘導方式は、送信距離は短距離であり位置ズレに対しても許容度が小さいと言われている。電磁誘導方式を車両への給電に採用しようとする、駐車時に運転者の精度の高い運転技術が要求されたり、高精度な車両誘導装置を車両に搭載することが必要となったり、ラフな駐車位置でも対応可能なようにコイル位置を移動させる可動部が必要となったりする可能性がある。

【0042】

電磁界による共鳴方式は、送信距離が数 m であっても比較的大電力を送信することが可能であり、位置ズレに対する許容度も電磁誘導方式よりも一般的に大きいと言われている。このため、この実施の形態による電力送受電システム 10 では、共鳴法を用いて送電装置 200 から車両 100 への給電が行なわれる。

30

【0043】

なお、本実施の形態に係る電力送受電システムにおいては、送電部の固有周波数と、受電部の固有周波数とは、同じ固有周波数とされている。

【0044】

「送電部の固有周波数」とは、送電部のコイルおよびキャパシタを含む電気回路が自由振動する場合の振動周波数を意味する。なお、「送電部の共振周波数」とは、送電部のコイルおよびキャパシタを含む電気回路で、制動力または電気抵抗をゼロとしたときの固有周波数を意味する。

40

【0045】

同様に、「受電部の固有周波数」とは、受電部のコイルおよびキャパシタを含む電気回路が自由振動する場合の振動周波数を意味する。また、「受電部の共振周波数」とは、受電部のコイルおよびキャパシタを含む電気回路で、制動力または電気抵抗をゼロとしたときの固有周波数を意味する。

【0046】

本明細書において、「同じ固有周波数」とは、完全に同じ場合だけでなく、固有周波数が実質的に同じ場合も含む。「固有周波数が実質的に同じ」とは、送電部の固有周波数と

50

受電部の固有周波数との差が送電部の固有周波数または受電部の固有周波数の10%以内の場合を意味する。

【0047】

図2は、共鳴法による送電の原理を説明するための図である。

図2を参照して、この共鳴法では、2つの音叉が共鳴するのと同様に、同じ固有振動数を有する2つのLC共振コイルが電磁場（近接場）において共鳴することによって、一方のコイルから他方のコイルへ電磁場を介して電力が伝送される。

【0048】

具体的には、高周波電源310に一次コイル320を接続し、電磁誘導により一次コイル320と磁氣的に結合される一次自己共振コイル330へ高周波電力を給電する。一次自己共振コイル330は、コイル自身のインダクタンスと浮遊容量とによるLC共振器であり、一次自己共振コイル330と同じ共振周波数を有する二次自己共振コイル340と電磁場（近接場）を介して共鳴する。そうすると、一次自己共振コイル330から二次自己共振コイル340へ電磁場を介してエネルギー（電力）が移動する。二次自己共振コイル340へ移動したエネルギー（電力）は、電磁誘導により二次自己共振コイル340と磁氣的に結合される二次コイル350によって取出され、負荷360へ供給される。なお、共鳴法による送電は、一次自己共振コイル330と二次自己共振コイル340との共鳴強度を示すQ値がたとえば100よりも大きいときに実現される。

【0049】

また、本実施の形態に係る電力送受電システムにおいては、送電部と受電部とを電磁界によって共鳴（共振）させることで送電部から受電部に電力を送電しており、送電部と受電部との間の結合係数（ ）は、0.1以下である。なお、一般的に電磁誘導を利用した電力伝送では、送電部と受電部と間の結合係数（ ）は1.0に近いものとなっている。

【0050】

なお、図1との対応関係については、二次自己共振コイル340および二次コイル350が図1の受電部110に対応し、一次コイル320および一次自己共振コイル330が図1の送電部220に対応する。

【0051】

図3は、電流源（磁流源）からの距離と電磁界の強度との関係を示した図である。

図3を参照して、電磁界は3つの成分を含む。曲線k1は、波源からの距離に反比例した成分であり、「輻射電磁界」と称される。曲線k2は、波源からの距離の2乗に反比例した成分であり、「誘導電磁界」と称される。また、曲線k3は、波源からの距離の3乗に反比例した成分であり、「静電磁界」と称される。

【0052】

この中でも波源からの距離とともに急激に電磁波の強度が減少する領域があるが、共鳴法では、この近接場（エバネッセント場）を利用してエネルギー（電力）の伝送が行なわれる。すなわち、近接場を利用して、同じ固有振動数を有する一对の共鳴器（たとえば一对のLC共振コイル）を共鳴させることにより、一方の共鳴器（一次自己共振コイル）から他方の共鳴器（二次自己共振コイル）へエネルギー（電力）を伝送する。この近接場は遠方にエネルギー（電力）を伝播しないので、遠方までエネルギーを伝播する「輻射電磁界」によりエネルギー（電力）を伝送する電磁波に比べて、共鳴法は、より少ないエネルギー損失で送電することができる。

【0053】

図4および図5を用いて、固有周波数の差と電力伝送効率との関係とを解析したシミュレーション結果について説明する。図4は、電力伝送システムのシミュレーションモデルを示す図である。また、図5は、送電部および受電部の固有周波数のズレと電力伝送効率との関係を示す図である。

【0054】

図4を参照して、電力伝送システム89は、送電部90と、受電部91とを含む。送電部90は、第1コイル92と、第2コイル93とを含む。第2コイル93は、共振コイル

10

20

30

40

50

94と、共振コイル94に接続されたキャパシタ95とを含む。受電部91は、第3コイル96と、第4コイル97とを含む。第3コイル96は、共振コイル99と、この共振コイル99に接続されたキャパシタ98とを含む。

【0055】

共振コイル94のインダクタンスをインダクタンス L_t とし、キャパシタ95のキャパシタンスをキャパシタンス C_1 とする。また、共振コイル99のインダクタンスをインダクタンス L_r とし、キャパシタ98のキャパシタンスをキャパシタンス C_2 とする。このように各パラメータを設定すると、第2コイル93の固有周波数 f_1 は、下記の式(1)によって示され、第3コイル96の固有周波数 f_2 は、下記の式(2)によって示される。

【0056】

$$f_1 = 1 / \{ 2 (L_t \times C_1)^{1/2} \} \dots (1)$$

$$f_2 = 1 / \{ 2 (L_r \times C_2)^{1/2} \} \dots (2)$$

ここで、インダクタンス L_r およびキャパシタンス C_1 、 C_2 を固定して、インダクタンス L_t のみを変化させた場合において、第2コイル93および第3コイル96の固有周波数のズレと電力伝送効率との関係を図5に示す。なお、このシミュレーションにおいては、共振コイル94および共振コイル99の相対的な位置関係は固定とし、さらに、第2コイル93に供給される電流の周波数は一定である。

【0057】

図5に示すグラフのうち、横軸は固有周波数のズレ(%)を示し、縦軸は一定周波数での電力伝送効率(%)を示す。固有周波数のズレ(%)は、下記の式(3)によって示される。

【0058】

$$(\text{固有周波数のズレ}) = \{ (f_1 - f_2) / f_2 \} \times 100 (\%) \dots (3)$$

図5からも明らかのように、固有周波数のズレ(%)が0%の場合には、電力伝送効率は100%近くとなる。固有周波数のズレ(%)が±5%の場合には、電力伝送効率は40%程度となる。固有周波数のズレ(%)が±10%の場合には、電力伝送効率は10%程度となる。固有周波数のズレ(%)が±15%の場合には、電力伝送効率は5%程度となる。すなわち、固有周波数のズレ(%)の絶対値(固有周波数の差)が、第3コイル96の固有周波数の10%以下の範囲となるように第2コイル93および第3コイル96の固有周波数を設定することで、電力伝送効率を実用的なレベルに高めることができることがわかる。さらに、固有周波数のズレ(%)の絶対値が第3コイル96の固有周波数の5%以下となるように第2コイル93および第3コイル96の固有周波数を設定すると、電力伝送効率をさらに高めることができるのでより好ましい。なお、シミュレーションソフトでは、電磁界解析ソフトウェア(JMAG(登録商標):株式会社JSOL製)を採用している。

【0059】

図6は、図1に示した電力送受電システム10の詳細構成図である。図6を参照して、車両100は、受電部110および通信部160に加えて、整合器120と、整流器180と、充電リレー(CHR)170と、蓄電装置190と、システムメインリレー(SMR)115と、パワーコントロールユニットPCU(Power Control Unit)120と、モータジェネレータ130と、動力伝達ギヤ140と、駆動輪150と、制御装置である車両ECU(Electronic Control Unit)300と、電流センサ171と、電圧センサ172とを含む。受電部110は、二次自己共振コイル111と、コンデンサ112と、二次コイル113とを含む。

【0060】

なお、本実施の形態においては、車両100として電気自動車を例として説明するが、蓄電装置に蓄えられた電力を用いて走行が可能な車両であれば車両100の構成はこれに限られない。車両100の他の例としては、エンジンを搭載したハイブリッド車両や、燃料電池を搭載した燃料電池車などが含まれる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 1 】

二次自己共振コイル 1 1 1 は、送電装置 2 0 0 に含まれる一次自己共振コイル 2 2 1 から、電磁場を用いて電磁共鳴により受電する。

【 0 0 6 2 】

この二次自己共振コイル 1 1 1 については、送電装置 2 0 0 の一次自己共振コイル 2 2 1 との距離や、一次自己共振コイル 2 2 1 および二次自己共振コイル 1 1 1 の共鳴周波数等に基づいて、一次自己共振コイル 2 2 1 と二次自己共振コイル 1 1 1 との共鳴強度を示す Q 値が大きくなり（たとえば、 $Q > 100$ ）、その結合度を示す結合係数（ ）等が小さく（たとえば 0.1 以下）となるようにその巻数やコイル間距離が適宜設定される。

【 0 0 6 3 】

コンデンサ 1 1 2 は、二次自己共振コイル 1 1 1 の両端に接続され、二次自己共振コイル 1 1 1 とともに LC 共振回路を形成する。コンデンサ 1 1 2 の容量は、二次自己共振コイル 1 1 1 の有するインダクタンスに応じて、所定の共鳴周波数となるように適宜設定される。なお、二次自己共振コイル 1 1 1 自身の有する浮遊容量で所望の共振周波数が得られる場合には、コンデンサ 1 1 2 が省略される場合がある。

【 0 0 6 4 】

二次コイル 1 1 3 は、二次自己共振コイル 1 1 1 と同軸上に設けられ、電磁誘導により二次自己共振コイル 1 1 1 と磁氣的に結合可能である。この二次コイル 1 1 3 は、二次自己共振コイル 1 1 1 により受電された電力を電磁誘導により取出して整合器 1 2 0 を経由して整流器 1 8 0 へ出力する。

【 0 0 6 5 】

整合器 1 2 0 は、コイル 1 2 1 と、可変コンデンサ 1 2 2 , 1 2 3 とを含む。なお、整合器 1 2 0 は、可変コンデンサ 1 2 2 , 1 2 3 を調整することによって受電装置のインピーダンスを調整することができる。可変コンデンサ 1 2 2 , 1 2 3 を所定の状態とすると、整合器 1 2 0 が無い状態、すなわち整合器 1 2 0 を挿入しない場合のインピーダンスにも受電装置のインピーダンスを設定することが可能である。

【 0 0 6 6 】

整流器 1 8 0 は、二次コイル 1 1 3 から受ける交流電力を整流し、その整流された直流電力を、CHR 1 7 0 を介して蓄電装置 1 9 0 に出力する。整流器 1 8 0 としては、たとえば、ダイオードブリッジおよび平滑用のコンデンサ（いずれも図示せず）を含む構成とすることができる。整流器 1 8 0 として、スイッチング制御を用いて整流を行なう、いわゆるスイッチングレギュレータを用いることも可能であるが、整流器 1 8 0 が受電部 1 1 0 に含まれる場合もあり、発生する電磁場に伴うスイッチング素子の誤動作等を防止するために、ダイオードブリッジのような静止型の整流器とすることがより好ましい。

【 0 0 6 7 】

なお、本実施の形態においては、整流器 1 8 0 により整流された直流電力が蓄電装置 1 9 0 へ直接出力される構成としているが、整流後の直流電圧が、蓄電装置 1 9 0 が許容できる充電電圧と異なる場合には、整流器 1 8 0 と蓄電装置 1 9 0 との間に、電圧変換するための DC / DC コンバータ（図示せず）が設けられてもよい。

【 0 0 6 8 】

電圧センサ 1 7 2 は、整流器 1 8 0 と蓄電装置 1 9 0 とを結ぶ電力線対間に設けられる。電圧センサ 1 7 2 は、整流器 1 8 0 の二次側の直流電圧、すなわち送電装置 2 0 0 から受電した受電電圧を検出し、その検出値 VC を車両 ECU 3 0 0 に出力する。

【 0 0 6 9 】

電流センサ 1 7 1 は、整流器 1 8 0 と蓄電装置 1 9 0 とを結ぶ電力線に設けられる。電流センサ 1 7 1 は、蓄電装置 1 9 0 への充電電流を検出し、その検出値 IC を車両 ECU 3 0 0 へ出力する。

【 0 0 7 0 】

CHR 1 7 0 は、整流器 1 8 0 と蓄電装置 1 9 0 とに電氣的に接続される。CHR 1 7 0 は、車両 ECU 3 0 0 からの制御信号 SE 2 により制御され、整流器 1 8 0 から蓄電装

10

20

30

40

50

置 190 への電力の供給と遮断とを切替える。

【0071】

蓄電装置 190 は、充放電可能に構成された電力貯蔵要素である。蓄電装置 190 は、たとえば、リチウムイオン電池、ニッケル水素電池あるいは鉛蓄電池などの二次電池や、電気二重層キャパシタなどの蓄電素子を含んで構成される。

【0072】

蓄電装置 190 は、CHR170 を介して整流器 180 と接続される。蓄電装置 190 は、受電部 110 で受電され整流器 180 で整流された電力を蓄電する。また、蓄電装置 190 は、SMR115 を介して PCU120 とも接続される。蓄電装置 190 は、車両駆動力を発生させるための電力を PCU120 へ供給する。さらに、蓄電装置 190 は、モータジェネレータ 130 で発電された電力を蓄電する。蓄電装置 190 の出力はたとえば 200V 程度である。

10

【0073】

蓄電装置 190 には、いずれも図示しないが、蓄電装置 190 の電圧 V_B および入出力される電流 I_B を検出するための電圧センサおよび電流センサが設けられる。これらの検出値は、車両 ECU300 へ出力される。車両 ECU300 は、この電圧 V_B および電流 I_B に基づいて、蓄電装置 190 の充電状態 (「SOC (State Of Charge)」とも称される。) を演算する。

【0074】

SMR115 は、蓄電装置 190 と PCU120 とを結ぶ電力線に介挿される。そして、SMR115 は、車両 ECU300 からの制御信号 SE1 によって制御され、蓄電装置 190 と PCU120 との間での電力の供給と遮断とを切替える。

20

【0075】

PCU120 は、いずれも図示しないが、コンバータやインバータを含む。コンバータは、車両 ECU300 からの制御信号 PWC により制御されて蓄電装置 190 からの電圧を変換する。インバータは、車両 ECU300 からの制御信号 PWI により制御されて、コンバータで変換された電力を用いてモータジェネレータ 130 を駆動する。

【0076】

モータジェネレータ 130 は交流回転電機であり、たとえば、永久磁石が埋設されたロータを備える永久磁石型同期電動機である。

30

【0077】

モータジェネレータ 130 の出力トルクは、動力伝達ギヤ 140 を介して駆動輪 150 に伝達されて、車両 100 を走行させる。モータジェネレータ 130 は、車両 100 の回生制動動作時には、駆動輪 150 の回転力によって発電することができる。そして、その発電電力は、PCU120 によって蓄電装置 190 の充電電力に変換される。

【0078】

また、モータジェネレータ 130 の他にエンジン (図示せず) が搭載されたハイブリッド自動車では、このエンジンおよびモータジェネレータ 130 を協調的に動作させることによって、必要な車両駆動力が発生される。この場合、エンジンの回転による発電電力を用いて、蓄電装置 190 を充電することも可能である。

40

【0079】

通信部 160 は、上述のように、車両 100 と送電装置 200 との間で無線通信を行なうための通信インターフェースである。通信部 160 は、車両 ECU300 からの、蓄電装置 190 についての SOC を含むバッテリー情報 INFO を送電装置 200 へ出力する。また、通信部 160 は、送電装置 200 からの送電の開始および停止を指示する信号 STRT, STP を送電装置 200 へ出力する。

【0080】

車両 ECU300 は、いずれも図 6 には図示しないが CPU (Central Processing Unit)、記憶装置および入出力バッファを含み、各センサ等からの信号の入力や各機器への制御信号の出力を行なうとともに、車両 100 および各機器の制御を行なう。なお、こ

50

これらの制御については、ソフトウェアによる処理に限られず、専用のハードウェア（電子回路）で処理することも可能である。

【0081】

車両ECU300は、ユーザの操作などによる充電開始信号TRGを受けると、所定の条件が成立したことに基づいて、送電の開始を指示する信号STRTを、通信部160を介して送電装置200へ出力する。また、車両ECU300は、蓄電装置190が満充電になったこと、またはユーザによる操作などに基づいて、送電の停止を指示する信号STPを、通信部160を介して送電装置200へ出力する。

【0082】

送電装置200は、電源装置210と、送電部220とを含む。電源装置210は、通信部230に加えて、制御装置である送電ECU240と、電源部250と、整合器260とをさらに含む。また、送電部220は、一次自己共振コイル221と、コンデンサ222と、一次コイル223とを含む。

【0083】

電源部250は、送電ECU240からの制御信号MODによって制御され、商用電源などの交流電源から受ける電力を高周波の電力に変換する。そして、電源部250は、その変換した高周波電力を、整合器260を介して一次コイル223へ供給する。

【0084】

整合器260は、送電装置200と車両100との間のインピーダンスをマッチングさせるための回路である。整合器260は、インダクタ261と可変コンデンサ262、263とを含んで構成される。整合器260は、車両100から送信されるバッテリー情報INFOの基づいて送電ECU240から与えられる制御信号ADJにより制御され、送電装置200のインピーダンスが車両100側のインピーダンスに合致するように可変コンデンサおよび可変インダクタが調整される。また、整合器260は、インピーダンス調整が完了したことを示す信号COMPを送電ECU240へ出力する。

【0085】

なお、図6には、送電側に整合器260を設け、受電側に整合器120を設けているが、整合器を送電側または受電側のいずれか一方のみに設ける構成としても良い。

【0086】

一次自己共振コイル221は、車両100の受電部110に含まれる二次自己共振コイル111へ、電磁共鳴により電力を転送する。

【0087】

一次自己共振コイル221については、車両100の二次自己共振コイル111との距離や、一次自己共振コイル221および二次自己共振コイル111の共鳴周波数等に基づいて、一次自己共振コイル221と二次自己共振コイル111との共鳴強度を示すQ値が大きくなり（たとえば、 $Q > 100$ ）、その結合度を示す等が小さく（たとえば0.1以下）となるようにその巻数やコイル間距離が適宜設定される。

【0088】

コンデンサ222は、一次自己共振コイル221の両端に接続され、一次自己共振コイル221とともにLC共振回路を形成する。コンデンサ222の容量は、一次自己共振コイル221の有するインダクタンスに応じて、所定の共鳴周波数となるように適宜設定される。なお、一次自己共振コイル221自身の有する浮遊容量で所望の共振周波数が得られる場合には、コンデンサ222が省略される場合がある。

【0089】

一次コイル223は、一次自己共振コイル221と同軸上に設けられ、電磁誘導により一次自己共振コイル221と磁氣的に結合可能である。一次コイル223は、整合器260を介して供給された高周波電力を、電磁誘導によって一次自己共振コイル221に伝達する。

【0090】

通信部230は、上述のように、送電装置200と車両100との間で無線通信を行な

10

20

30

40

50

うための通信インターフェースである。通信部 230 は、車両 100 側の通信部 160 から送信されるバッテリー情報 INFO、ならびに、送電の開始および停止を指示する信号 START, STOP を受信し、これらの情報を送電 ECU 240 へ出力する。また、通信部 230 は、整合器 260 からのインピーダンス調整が完了したことを示す信号 COMP を送電 ECU 240 から受け、それを車両 100 側へ出力する。

【0091】

送電 ECU 240 は、いずれも図 6 には図示しないが CPU、記憶装置および入出力バッファを含み、各センサ等からの信号の入力や各機器への制御信号の出力を行なうとともに、電源装置 210 における各機器の制御を行なう。なお、これらの制御については、ソフトウェアによる処理に限られず、専用のハードウェア（電子回路）で処理することも可能である。

10

【0092】

なお、送電装置 200 から車両 100 への電力伝送については、図 4, 5 で説明した送電部 90 および受電部 91 についての関係が成立する。図 6 の電力伝送システムにおいては、送電部 220 の固有周波数と、受電部 110 の固有周波数との差は、送電部 220 の固有周波数または受電部 110 の固有周波数の $\pm 10\%$ 以下である。このような範囲に送電部 220 および受電部 110 の固有周波数を設定することで電力伝送効率を高めることができる。一方、上記の固有周波数の差が $\pm 10\%$ よりも大きくなると、電力伝送効率が 10% よりも小さくなり、電力伝送時間が長くなるなどの弊害が生じる。

【0093】

20

なお、送電部 220（受電部 110）の固有周波数とは、送電部 220（受電部 110）を構成する電気回路（共振回路）が自由振動する場合の振動周波数を意味する。なお、送電部 220（受電部 110）を構成する電気回路（共振回路）において、制動力または電気抵抗を零としたときの固有周波数は、送電部 220（受電部 110）の共振周波数とも称される。

【0094】

送電部 220 および受電部 110 は、送電部 220 と受電部 110 との間に形成され、かつ、特定の周波数で振動する磁界と、送電部 220 と受電部 110 との間に形成され、かつ、特定の周波数で振動する電界との少なくとも一方を通じて、非接触で電力を授受する。送電部 220 と受電部 110 との結合係数は 0.1 以下であり、送電部 220 と受電部 110 とを電磁界によって共振（共鳴）させることで、送電部 220 から受電部 110 へ電力が伝送される。

30

【0095】

図 7 は、受電部 110 と送電部 220 の間の位置ズレについて説明するための図である。

【0096】

図 7 を参照して、受電部 110 と送電部 220 の間の水平位置ズレ距離 D_1 は、受電部 110 の水平中心と送電部 220 の水平中心の水平距離である。しかし、水平位置ズレ距離 D_1 がゼロであることを前提に送電部や受電部を設計をすると、水平位置ズレが生じた場合に効率の低下が大きくなる。実際には水平位置ズレ距離 D_1 がゼロとなるように駐車されるよりも、水平位置ズレ距離 D_1 がゼロでない状態に駐車がされるほうが可能性が高い。

40

【0097】

また、受電部 110 と送電部 220 の間の垂直距離 H_1 も、乗員の有無、荷物積載量、タイヤ空気圧などによって変動する。したがって、垂直距離 H_1 が固定であるとしてその固定距離ぴったりに合わせて送電部や受電部を設計をすると、垂直位置ズレが生じた場合に効率の低下が大きくなる。

【0098】

そこで、本実施の形態では、位置ズレがあることを前提として送電部や受電部の設計を行なう。

50

【 0 0 9 9 】

図 8 は、実施の形態に対する比較例の送電部または受電部の特性（未整合時）を説明するための図である。

【 0 1 0 0 】

図 9 は、実施の形態に対する比較例の送電部または受電部の特性（整合時）を説明するための図である。

【 0 1 0 1 】

図 8、図 9 を参照して、比較例の共鳴型非接触送受電システムでの共鳴コイルは、送電部と受電部との間の伝送効率を最大化するため、位置ズレなしの正対状態のとき伝送効率ピークが電源周波数 f_0 と一致するように設計され、ピーク周波数は一つである。

10

【 0 1 0 2 】

図 8 において位置ズレ 0 mm（位置ズレなし）の状態の特性曲線 W 1 に比べて位置ズレ 150 mm の状態の特性曲線 W 2 では電源周波数 f_0 での伝送効率が E 2 から E 1 に低下してしまう。

【 0 1 0 3 】

そこで、図 9 に示すように整合器によってインピーダンスのマッチングを行なうと、位置ズレ 150 mm の特性曲線 W 2 が特性曲線 W 4 のように変化し、電源周波数 f_0 での伝送効率は E 1 から E 3 に改善される。しかし、改善した場合でも位置ズレなしの状態の伝送効率 E 2 に一致するまでは改善されず、位置ズレをプラスマイナス 150 mm まで許容する場合の伝送効率保証値は最大で伝送効率 E 3 となる。

20

【 0 1 0 4 】

図 10 は、受電部または送電部のコイルの位置関係と特性について説明するための図である。なお、図 7 との対応の容易のため、水平位置ズレ距離 D 1、垂直距離 H 1 を図 10 にも示している。

【 0 1 0 5 】

図 10 を参照して、送電部は、共鳴コイル（一次自己共振コイル 2 2 1）と誘導コイル（一次コイル 2 2 3）とを含んで構成される。受電部は、共鳴コイル（二次自己共振コイル 1 1 1）と誘導コイル（二次コイル 1 1 3）とを含んで構成される。

【 0 1 0 6 】

共鳴コイル（一次自己共振コイル 2 2 1）と誘導コイル（一次コイル 2 2 3）との距離 X 1、または共鳴コイル（二次自己共振コイル 1 1 1）と誘導コイル（二次コイル 1 1 3）との距離 X 2 を大きくするように送電部または受電部を設計すると、送電部と受電部とは密結合となり伝送効率は 2 ピークを示すようになる。また距離 D が離れる場合には、送電部と受電部との結合は疎結合にシフトしてしまうので、共鳴コイル（一次自己共振コイル 2 2 1）と誘導コイル（一次コイル 2 2 3）との距離 X 1、または共鳴コイル（二次自己共振コイル 1 1 1）と誘導コイル（二次コイル 1 1 3）との距離 X 2 を離して調整する。

30

【 0 1 0 7 】

このようにして、距離 D をいくらとしたときに、送電部と受電部とがちょうどよい結合度となるように送電部、受電部を設計しておくかは、製造メーカーにとって重要である。

40

【 0 1 0 8 】

図 11 は、本実施の形態の送電部または受電部の特性（未整合時）を説明するための図である。

【 0 1 0 9 】

図 12 は、本実施の形態の送電部または受電部の特性（整合時）を説明するための図である。

【 0 1 1 0 】

図 11、図 12 を参照して、本実施の形態の共鳴型非接触送受電システムでの共鳴コイルは、位置ズレが発生することを前提として送電部と受電部との間の伝送効率を最大化するため、位置ズレ 150 mm の正対状態のとき伝送効率ピークが電源周波数 f_0 と一致す

50

るように設計され、特性曲線W6に示すようにピーク周波数は一つである。

【0111】

図11において位置ズレ150mmの状態の特性曲線W6に比べて位置ズレ0mm（位置ズレなし）の状態の特性曲線W5では電源周波数 f_0 での伝送効率は、E3からE4に低下している。特性曲線W5は、電源周波数 f_0 より低い周波数 f_L と電源周波数 f_0 より高い周波数 f_H の2つの周波数で伝送効率がE4よりも高いE5となるピークを有する。

【0112】

このように設計した送電部または受電部に対して、図12に示すように整合器によってインピーダンスのマッチングを行なうと、位置ズレ0mmの特性曲線W5が特性曲線W7のように変化し、電源周波数 f_0 での伝送効率はE4からE6に改善される。

10

【0113】

位置ズレ150mmの位置において伝送効率保証値E3を達成するように図10に示したコイル間距離 X_1 または X_2 を決定すれば、位置ズレが150mmよりも小さい状態では整合器によってインピーダンスをマッチングすることにより伝送効率をE3よりも高くすることができる。また、図7に示した垂直距離 H_1 については、乗員が乗っていない場合（垂直距離 H_1 が大きくなる状態）を基準にして、最大ピークが一つでありその周波数が電源周波数に一致するようにコイル間距離 X_1 または X_2 を決定すればよい。

【0114】

なお、本実施の形態では、誘導コイルや共鳴コイルに同じものを使用した場合であっても、図10に示すコイル間距離 X_1 、 X_2 を調整して送電部または受電部を作ることによって、位置ズレ150mmの状態とした場合において、図8、図9の比較例よりも数%の伝送効率を向上させることができた。

20

【0115】

以上のように送電部、受電部の設計を行なうことにより、送電部や受電部の位置ズレの許容量を大きく（たとえば、コイル径の1/2程度まで）設定した非接触受電装置、非接触送電装置および非接触送受電システムを実現することができる。

【0116】

上記のように本実施の形態に係る電力送受電システムにおいては、送電部と受電部とを電磁界によって共鳴させることで送電部から受電部に電力を送電させている。このような電力伝送における送電部と受電部との結合を、たとえば、「磁気共鳴結合」、「磁界（磁場）共鳴結合」、「電磁界（電磁場）共振結合」または「電界（電場）共振結合」という。

30

【0117】

「電磁界（電磁場）共振結合」は、「磁気共鳴結合」、「磁界（磁場）共鳴結合」、「電界（電場）共振結合」のいずれも含む結合を意味する。

【0118】

本明細書中で説明した送電部と受電部とは、コイル形状のアンテナが採用されているため、送電部と受電部とは主に、磁界（磁場）によって結合しており、送電部と受電部とは、「磁気共鳴結合」または「磁界（磁場）共鳴結合」している。

40

【0119】

なお、送電部と受電部として、たとえば、メアングラインなどのアンテナを採用することも可能であり、この場合には、送電部と受電部とは主に、電界（電場）によって結合している。このときには、送電部と受電部とは、「電界（電場）共振結合」している。

【0120】

また、本実施の形態では、電磁誘導コイルを含んだ送電部、受電部を例示したが、電磁誘導コイルを含まない共鳴型非接触送受電装置にも本発明は適用可能である。すなわち、位置ズレを前提として送電部および受電部を設計し、送電部と受電部が位置ズレした状態で効率が最も良くなるようにすることは、電磁誘導コイルを含まない共鳴型非接触送受電装置にも、また共鳴型に限らず他の方式で送受電する非接触送受電装置にも適用すること

50

ができる。

【 0 1 2 1 】

また、位置ズレについては、図 7 や図 1 0 では主として水平方向のズレを例示して説明したが、水平方向以外のズレについても対象とすることが意図される。

【 0 1 2 2 】

図 1 3 は、位置ズレについて説明するための共鳴コイルの第 1 配置例を示す図である。図 1 3 に示すように、共鳴コイル 1 1 1 と共鳴コイル 2 2 1 との配置関係が水平ズレ量 D_1 、高さ H_1 、回転角度 で規定される。コイル形状が円形の場合であれば回転角度 はあまり影響しないが、異型コイルの場合（四角形、多角形など）の場合には、回転角度 が伝送効率に与える影響も大きくなる。

10

【 0 1 2 3 】

図 1 4 は、位置ズレについて説明するための共鳴コイルの第 2 配置例を示す図である。図 1 4 では、平板のコア材に配線を巻回した共鳴コイル 1 1 1 A と共鳴コイル 2 2 1 A が送電部、受電部として例示される。

【 0 1 2 4 】

図 1 4 に示すように、共鳴コイル 1 1 1 A と共鳴コイル 2 2 1 A との配置関係が水平ズレ量 D_1 、高さ H_1 、回転角度 で規定される。

【 0 1 2 5 】

図 1 3、図 1 4 を参照して、位置ズレは、水平方向のズレ D_1 以外であっても良い。本明細書においては、位置ズレは、以下のズレを含む。

20

- (i) 水平方向の位置ズレ（ X 方向のズレと称する）、
- (i i) 高さ方向（ H 方向のズレと称する）へのズレ、
- (i i i) 中心軸に対する回転角度 のズレ（回転方向のズレと称する）、
- (i v) 送電部 / 受電部に異型コイルを用いた場合には、所定の受電効率を維持できる状態に送電部と受電部とが配置された状態を最適位置とすると、最適位置と比較して、 X 方向、 H 方向、回転方向の少なくともいずれか一方に送電部と受電部の位置関係がずれることで受電効率が低下する状態、
- (v) 上記の最適位置と比較して、送電部の磁極と受電部の磁極の位置関係が、 X 方向、 H 方向、回転方向の少なくともいずれか一方にずれた状態。

【 0 1 2 6 】

30

特に、図 1 4 に示すような共鳴コイルの場合には、最適状態に共鳴コイル位置を配置した状態から X 方向、 H 方向、回転方向の少なくともいずれか一方に送電部と受電部の位置関係がずれたことを位置ズレと呼ぶことができる。

【 0 1 2 7 】

最後に、再び図を参照して、本実施の形態について総括する。図 6 を参照して、本実施の形態に開示される非接触受電装置は、送電装置 2 0 0 から転送される電力を、非接触で受電するための非接触受電装置である。送電装置 2 0 0 は、送電部 2 2 0 と、送電部 2 2 0 に交流電力を供給する電源部 2 5 0 とを含む。非接触受電装置は、送電部から非接触で電力を受電する受電部 1 1 0 と、受電部 1 1 0 で受電された電力を使用する電気負荷装置（蓄電装置 1 9 0、 P C U 1 2 0）とを含む。受電部 1 1 0 は、受電部 1 1 0 の中心軸と送電部 2 2 0 の中心軸との水平方向の位置がずれた状態に配置された場合に、非接触電力伝送に使用する電源部 2 5 0 の電源周波数 f_0 での伝送効率（図 1 1 の E 3）を最も良くするように構成される。つまり、位置ズレした位置に配置された状態を基準として受電部 1 1 0 が設計される。

40

【 0 1 2 8 】

なお、図 1 1 では、受電部 1 1 0 は、受電部 1 1 0 が送電部 2 2 0 に対して目標位置に配置された場合の非接触電力伝送に使用する電源部 2 5 0 の電源周波数 f_0 での伝送効率（図 1 1 の E 4）よりも、受電部 1 1 0 が送電部 2 2 0 に対して目標位置よりも位置ズレした位置に配置された場合の電源周波数 f_0 での伝送効率（図 1 1 の E 3）が高くなるように構成される。

50

【 0 1 2 9 】

好ましくは、目標位置は、送電部 2 2 0 との位置ズレが無いように受電部 1 1 0 が配置された位置である。受電部 1 1 0 は、送電部 2 2 0 に対する位置ズレ量が所定量（たとえば、図 1 1 では 1 5 0 mm）である場合に、電源周波数 f_0 と、周波数を変更した場合に伝送効率がピークを示すピーク周波数とが一致するように構成される。

【 0 1 3 0 】

より好ましくは、受電部 1 1 0 は、送電部 2 2 0 に対して目標位置に配置された場合に、電源周波数 f_0 での伝送効率よりも伝送効率が高くなるピーク（図 1 1 の E 5）を、電源周波数よりも高い第 1 周波数（図 1 1 の f_H ）および電源周波数よりも低い第 2 周波数（図 1 1 の f_L ）の少なくとも 2 箇所にも有するように構成される。

10

【 0 1 3 1 】

さらに好ましくは、非接触受電装置は、受電部 1 1 0 と電気負荷装置（蓄電装置 1 9 0 , P C U 1 2 0）との間に設けられ、非接触受電装置のインピーダンスを調整するための整合器 1 2 0 をさらに備える。受電部 1 1 0 は、送電部 2 2 0 に対して目標位置に配置された場合であって、かつ整合器が整合器無しと電氣的に同じ状態に調整されている場合（図 1 1）に、電源周波数 f_0 での伝送効率 E 4 よりも伝送効率が高くなるピークを、電源周波数 f_0 よりも高い第 1 周波数（図 1 1 の f_H ）および電源周波数よりも低い第 2 周波数（図 1 1 の f_L ）の少なくとも 2 箇所にも有する。

【 0 1 3 2 】

さらに好ましくは、非接触受電装置は、位置ズレ量が所定量（たとえば図 1 1、図 1 2 では 1 5 0 mm）と異なる場合に整合器 1 2 0 で非接触受電装置のインピーダンスを調整する制御装置（車両 E C U 3 0 0）をさらに備える。

20

【 0 1 3 3 】

さらに好ましくは、図 1 1、図 1 2 に示したように、制御装置（車両 E C U 3 0 0）は、位置ズレ量が略ゼロであっても整合器 1 2 0 で非接触受電装置のインピーダンスを調整する。

【 0 1 3 4 】

好ましくは、受電部 1 1 0 は、送電部 2 2 0 と固有周波数の差が $\pm 10\%$ 以内となるように構成される。

【 0 1 3 5 】

より好ましくは、受電部 1 1 0 と送電部 2 2 0 との結合係数は、0.1 以下である。

より好ましくは、送電部 2 2 0 は、受電部 1 1 0 と送電部 2 2 0 との間に形成され、かつ特定の周波数で振動する磁界と、受電部 1 1 0 と送電部 2 2 0 との間に形成され、かつ特定の周波数で振動する電界との少なくとも一方を通じて、受電部 1 1 0 に電力を送電する。

30

【 0 1 3 6 】

図 6 を参照して、本実施の形態は、他の局面では、受電装置に対して非接触で電力を送電するための非接触送電装置を開示する。受電装置（車両 1 0 0）は、受電部 1 1 0 と、受電部 1 1 0 から電力を受ける電気負荷装置（蓄電装置 1 9 0 , P C U 1 2 0）とを含む。非接触送電装置は、受電部 1 1 0 に非接触で電力を送電する送電部 2 2 0 と、送電部 2 2 0 に交流電力を供給する電源部 2 5 0 とを備える。送電部 2 2 0 は、受電部 1 1 0 の中心軸と送電部 2 2 0 の中心軸との水平方向の位置がずれた状態に配置された場合に、非接触電力伝送に使用する電源部 2 5 0 の電源周波数 f_0 での伝送効率 E 3 が最も良くなるように構成される。

40

【 0 1 3 7 】

伝送効率 E 3 は、送電部 2 2 0 が受電部 1 1 0 に対して目標位置に配置された場合の非接触電力伝送に使用する電源部 2 5 0 の電源周波数 f_0 での伝送効率 E 4 よりも良い。すなわち送電部 2 2 0 が受電部 1 1 0 に対して目標位置よりも位置ズレした位置（図 1 1 では位置ズレ 1 5 0 mm）に配置された場合の電源周波数 f_0 での伝送効率 E 3 を最も良くするように構成される。つまり、位置ズレした位置に配置された状態を基準として送電部

50

220が設計される。

【0138】

好ましくは、目標位置は、受電部110との位置ズレが無いように送電部220が配置された位置である。送電部220は、受電部110に対する位置ズレ量が所定量（たとえば図11では150mm）である場合に、電源周波数 f_0 と、周波数を変更した場合に伝送効率がピークを示すピーク周波数とが一致するように構成される。

【0139】

より好ましくは、送電部220は、受電部110に対して目標位置に配置された場合に、電源周波数 f_0 での伝送効率（図11のE4）よりも伝送効率が高くなるピーク（図11のE5）を、電源周波数よりも高い第1周波数（図11の f_H ）および電源周波数 f_0 よりも低い第2周波数（図11の f_L ）の少なくとも2箇所に有するように構成される。

10

【0140】

さらに好ましくは、非接触送電装置200は、送電部220と電源部250との間に設けられ、非接触送電装置200のインピーダンスを調整するための整合器260をさらに備える。送電部220は、受電部110に対して目標位置に配置された場合であって、かつ整合器260が整合器無しと電気的に同じ状態に調整されている場合に、電源周波数 f_0 での伝送効率（図11のE4）よりも伝送効率が高くなるピーク（図11のE5）を、電源周波数 f_0 よりも高い第1周波数（図11の f_H ）および電源周波数 f_0 よりも低い第2周波数（図11の f_L ）の少なくとも2箇所に有する。

【0141】

20

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

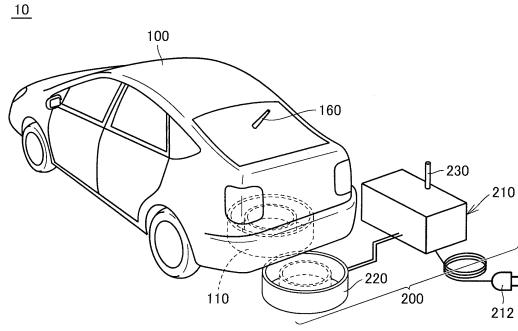
【符号の説明】

【0142】

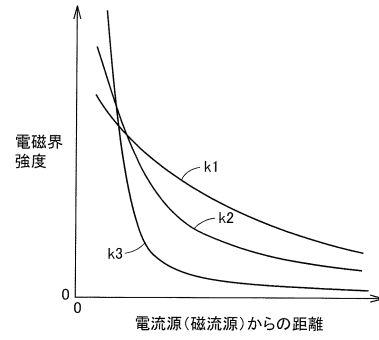
10 電力送受電システム、100, 300 ECU、91, 110 受電部、111, 340 二次自己共振コイル、112, 222 コンデンサ、113, 350 二次コイル、120, 260 整合器、121 コイル、122, 123, 262, 263 可変コンデンサ、130 モータジェネレータ、140 動力伝達ギヤ、150 駆動輪、160, 230 通信部、171 電流センサ、172 電圧センサ、180 整流器、190 蓄電装置、200 送電装置、210 高周波電源装置、212 コネクタ、90, 220 送電部、221, 330 一次自己共振コイル、223, 320 一次コイル、250 電源部、261 インダクタ、310 高周波電源、360 負荷、PCU
パワーコントロールユニット。

30

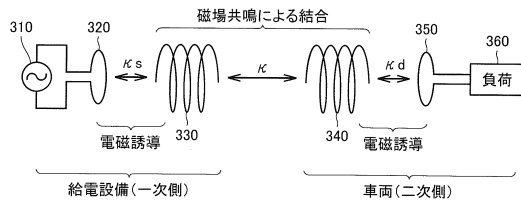
【図1】



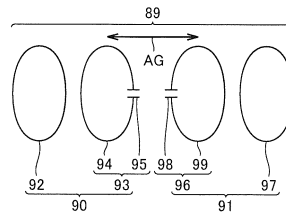
【図3】



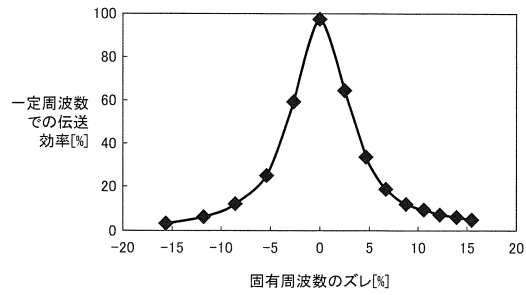
【図2】



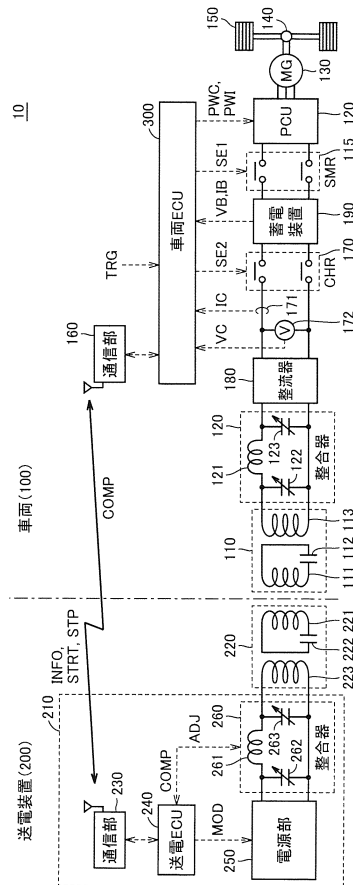
【図4】



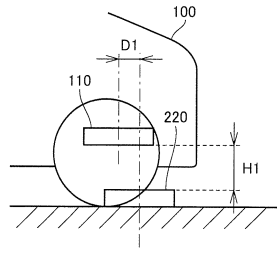
【図5】



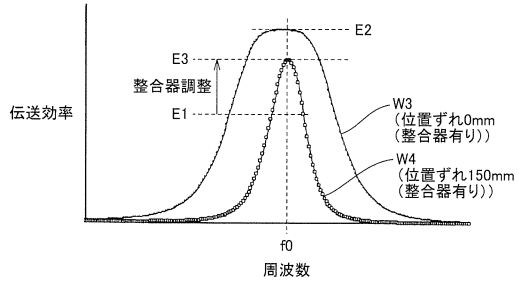
【図6】



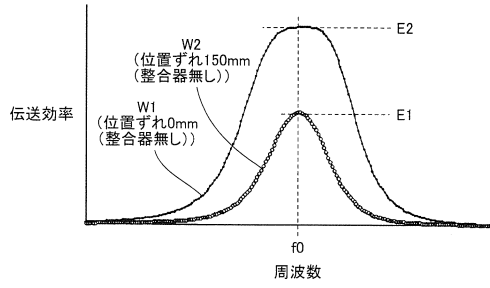
【図7】



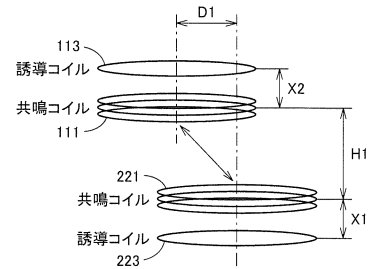
【図9】



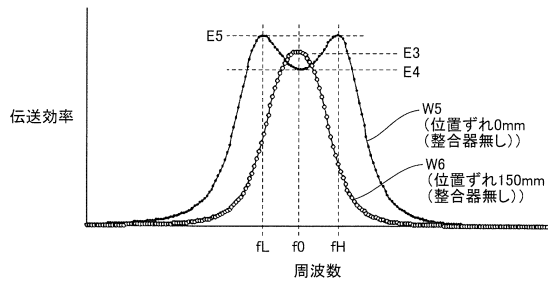
【図8】



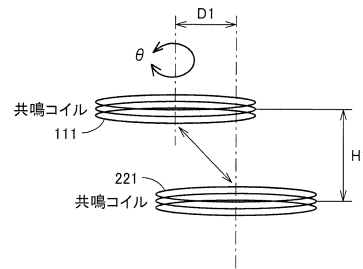
【図10】



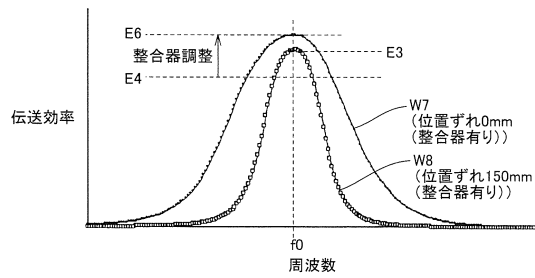
【図11】



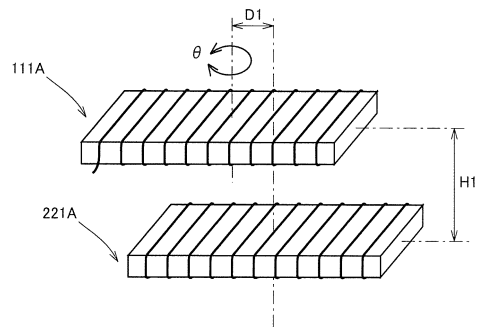
【図13】



【図12】



【図14】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-98257(JP,A)
特開2011-50140(JP,A)
特開2011-166994(JP,A)
特開2013-13275(JP,A)
特開2010-124522(JP,A)
特開2011-97671(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J 17/00
H02J 7/00 - 7/12
H02J 7/34 - 7/36
B60L 11/18
B60L 5/00