

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6842885号
(P6842885)

(45) 発行日 令和3年3月17日(2021.3.17)

(24) 登録日 令和3年2月25日(2021.2.25)

(51) Int.Cl.

F 1

H02J 50/60 (2016.01)
H02J 50/12 (2016.01)H02J 50/60
H02J 50/12

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-220775 (P2016-220775)
 (22) 出願日 平成28年11月11日 (2016.11.11)
 (65) 公開番号 特開2018-78773 (P2018-78773A)
 (43) 公開日 平成30年5月17日 (2018.5.17)
 審査請求日 令和1年9月2日 (2019.9.2)

(73) 特許権者 507250427
 日立GEニュークリア・エナジー株式会社
 茨城県日立市幸町三丁目1番1号
 (74) 代理人 110001807
 特許業務法人磯野国際特許商標事務所
 (72) 発明者 新間 大輔
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
 (72) 発明者 大谷 健一
 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 日立GEニュークリア・エナジー株式会社内
 (72) 発明者 岡田 脍
 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 日立GEニュークリア・エナジー株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線給電装置、及び無線給電方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

送電装置から受電装置へと非接触で電力を伝送する無線給電装置であって、
 前記送電装置は、
 電源部から交流電流を供給されて、磁束を発生する送電側コイルと、
 前記電源部から出力される交流電流の周波数と、前記送電側コイルの共振周波数とを整合する送電側整合回路と、

前記送電側コイルの周辺の媒質を判定する送電側媒質判定部と、
 該送電側媒質判定部の判定に基づいて、複数の前記送電側整合回路の中から、前記電源部と接続する所定の送電側整合回路へと切り替える送電側切替部と、
 を備え、

前記受電装置は、
 前記磁束と鎖交して、負荷へと誘導電流を供給する受電側コイルと、
 前記電源部から出力される交流電流の周波数と、前記受電側コイルの共振周波数とを整合する受電側整合回路と、

前記受電側コイルの周辺の媒質を判定する受電側媒質判定部と、
 該受電側媒質判定部の判定に基づいて、複数の前記受電側整合回路の中から、前記負荷と接続する所定の受電側整合回路へと切り替える受電側切替部と、
 を備えることを特徴とする無線給電装置。

【請求項 2】

10

20

前記送電側コイルと電磁的に結合する送電側共振コイルと、
前記受電側コイルと電磁的に結合し、前記送電側共振コイルと共に振する受電側共振コイルと、を更に備え、

前記送電側整合回路は、前記電源部から出力される交流電流の周波数と、前記送電側共振コイルの共振周波数とを整合し、

前記送電側媒質判定部は、前記送電側共振コイルの周辺の媒質を判定し、

前記受電側整合回路は、前記電源部から出力される交流電流の周波数と、前記受電側共振コイルの共振周波数とを整合し、

前記受電側媒質判定部は、前記受電側共振コイルの周辺の媒質を判定する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の無線給電装置。 10

【請求項 3】

前記送電側整合回路及び前記受電側整合回路は、コンデンサである、
ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の無線給電装置。

【請求項 4】

前記送電側整合回路及び前記受電側整合回路は、コンデンサ及び変成器である、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の無線給電装置。

【請求項 5】

前記送電側コイルと前記送電側共振コイルとの間隔は変更可能であり、
前記受電側コイルと前記受電側共振コイルとの間隔は変更可能である、
ことを特徴とする請求項 2 に記載の無線給電装置。 20

【請求項 6】

前記送電側媒質判定部及び前記受電側媒質判定部は、前記媒質の導電率、音速、音響インピーダンス、密度、浮力、誘電率、粘度、屈折率、の何れかを測定する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の無線給電装置。

【請求項 7】

送電装置から受電装置へと非接触で電力を伝送する無線給電方法であって、
送電側コイルが、電源部から交流電流を供給されて、磁束を発生するステップと、
送電側整合回路が、前記電源部から出力される交流電流の周波数と、前記送電側コイル
の共振周波数とを整合するステップと、

送電側媒質判定部が、前記送電側コイルの周辺の媒質を判定するステップと、 30

送電側切替部が、前記送電側媒質判定部の判定に基づいて、複数の前記送電側整合回路
の中から、前記電源部と接続する所定の送電側整合回路へと切り替えるステップと、
受電側コイルが、前記磁束と鎖交して、負荷へと誘導電流を供給するステップと、

受電側整合回路が、前記電源部から出力される交流電流の周波数と、前記受電側コイル
の共振周波数とを整合するステップと、

受電側媒質判定部が、前記受電側コイルの周辺の媒質を判定するステップと、

受電側切替部が、前記受電側媒質判定部の判定に基づいて、複数の前記受電側整合回路
の中から、前記負荷と接続する所定の受電側整合回路へと切り替えるステップと、
を備えることを特徴とする無線給電方法。 40

【請求項 8】

送電装置から受電装置へと非接触で電力を伝送する無線給電方法であって、
送電側コイルが、電源部から交流電流を供給されて、磁束を発生するステップと、
送電側共振コイルが、前記送電側コイルと、電磁的に結合するステップと、
送電側整合回路が、前記電源部から出力される交流電流の周波数と、前記送電側共振コ
イルの共振周波数とを整合するステップと、

送電側媒質判定部が、前記送電側共振コイルの周辺の媒質を判定するステップと、

送電側切替部が、前記送電側媒質判定部の判定に基づいて、複数の前記送電側整合回路
の中から、前記電源部と接続する所定の送電側整合回路へと切り替えるステップと、
受電側共振コイルが、前記送電側共振コイルと共に振するステップと、

受電側コイルが、前記受電側共振コイルと電磁的に結合し、前記磁束と鎖交して、負荷 50

へと誘導電流を供給するステップと、

受電側整合回路が、前記電源部から出力される交流電流の周波数と、前記受電側共振コイルの共振周波数とを整合するステップと、

受電側媒質判定部が、前記受電側共振コイルの周辺の媒質を判定するステップと、

受電側切替部が、前記受電側媒質判定部の判定に基づいて、複数の前記受電側整合回路の中から、前記負荷と接続する所定の受電側整合回路へと切り替えるステップと、

を備えることを特徴とする無線給電方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、無線給電装置、及び無線給電方法に関する。

【背景技術】

【0002】

送電装置から受電装置へと、電磁誘導や磁界共鳴等を利用して、電力を伝送する無線給電装置が知られている。

【0003】

例えば、非特許文献1には、送電側コイルと受電側コイルとを共振させて、電力を伝送することで、電送効率と電送距離を向上させた非接触給電方法が開示されている。

【0004】

また、例えば、特許文献1には、電力伝送用コイルを包含部で覆い、該コイルを、送電部インピーダンスと、受電部インピーダンスと、良導体媒質のインピーダンスとで定まる周波数で共振させた電力伝送装置が開示されている。

20

【0005】

また、例えば、特許文献2には、制御部が、送電部から受電部への送電状況に基づいて、送電部に対する受電部の位置ずれを検出する前に、送電部が、通信部を介して、受電部から受信した負荷情報に基づいて、インピーダンスを調整する電力伝送システムが開示されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0006】

30

【非特許文献1】Kurs.A. et al, "Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances", Science, Vol. 317, pp 83 - 86 (2007/7)

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】WO 2014 / 034491号公報

【特許文献2】特開2013 - 74673号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

40

無線給電装置が、例えば、空気中から水中へと移動すると、送電装置又は受電装置における共振周波数やインピーダンスが変化するため、伝送効率が低下するという問題がある。

【0009】

非特許文献1及び特許文献1に記載の電力伝送装置には、装置周辺の媒質変化に伴って、インピーダンスを調整する機構が備わっていないため、装置周辺の媒質が変化すると伝送効率が低下してしまう。また、特許文献2に記載の電力伝送システムは、送電部と受電部との間での通信を利用して、インピーダンスを調整するため、媒質の種類によっては、通信が途絶し、伝送効率が低下してしまう。

50

【0010】

本発明は、上記した課題を解決するためになされたものであり、周辺の媒質が変化しても、高効率な給電が可能な無線給電装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

前記課題を解決するために、本発明は、送電装置から受電装置へと非接触で電力を伝送する無線給電装置であって、前記送電装置は、電源部から交流電流を供給されて、磁束を発生する送電側コイルと、前記電源部から出力される交流電流の周波数と、前記送電側コイルの共振周波数とを整合する送電側整合回路と、前記送電側コイルの周辺の媒質を判定する送電側媒質判定部と、該送電側媒質判定部の判定に基づいて、複数の前記送電側整合回路の中から、前記電源部と接続する所定の送電側整合回路へと切り替える送電側切替部と、を備え、前記受電装置は、前記磁束と鎖交して、負荷へと誘導電流を供給する受電側コイルと、前記電源部から出力される交流電流の周波数と、前記受電側コイルの共振周波数とを整合する受電側整合回路と、前記受電側コイルの周辺の媒質を判定する受電側媒質判定部と、該受電側媒質判定部の判定に基づいて、複数の前記受電側整合回路の中から、前記負荷と接続する所定の受電側整合回路へと切り替える受電側切替部と、を備えることを特徴とする。10

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、周辺の媒質が変化しても、高効率な給電が可能な無線給電装置を提供することができる。20

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の第1実施形態に係る無線給電装置の構成を示す図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係る切替部及び整合回路の構成を示す図である。

【図3】本発明の第1実施形態に係るインピーダンス特性を示すグラフである。

【図4】本発明の第1実施形態に係るコイルの線間容量を示す概念図である。

【図5】本発明の第1実施形態に係る媒質判定用センサ及び検出回路の構成を示す図である。

【図6】本発明の第1実施形態に係る媒質判定用センサ及び検出回路の構成を示す図である。30

【図7】本発明の第2実施形態に係る無線給電装置の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

第1実施形態

〔無線給電装置の全体構成〕

まず、図1を参照して、本発明の第1実施形態に係る無線給電装置100の構成について説明する。

【0015】

図1に示すように、無線給電装置100は、送電装置1と、受電装置2と、を備える。40
無線給電装置100において、送電装置1から受電装置2へと、非接触で電力が伝送され、受電装置2から負荷30（例えば、二次電池、電動駆動装置、等）へと、電力が供給される。

【0016】

送電装置1に設けられる送電側コイルに、交流電流が流れると、送電側コイルに磁束が発生する。該磁束が、受電装置2に設けられる受電側コイルと鎖交することにより、受電側コイルに、誘導電流が流れる。即ち、無線給電装置100は、電磁誘導を利用して、送電装置1から受電装置2へと電力を伝送する。電力伝送に寄与する磁束が多い程（送電側コイルと受電側コイルとの結合が強い程）、伝送効率は高くなる。

【0017】

[送電装置の構成]

図1に示すように、送電装置1は、電源部11、切替部(送電側切替部)12、送電側コイル13、整合回路(送電側整合回路)14、整合回路(送電側整合回路)15、媒質判定部(送電側媒質判定部)16、を備える。媒質判定部16は、媒質判定用センサ17、検出回路18、判定回路19、を備える。本実施形態では、電源部11、切替部12、送電側コイル13、整合回路14、整合回路15、媒質判定部16、検出回路18、判定回路19は、送電装置1の筐体内に設けられる。また、媒質判定用センサ17は、送電装置1の筐体外に設けられる。

【0018】

電源部11は、切替部12、送電側コイル13と接続される。電源部11は、商用電源等の外部電源を、別の周波数の交流電流に変換し、送電側コイル13へと供給する。

10

【0019】

送電側コイル13は、電源部11、整合回路14及び整合回路15と接続される。送電側コイル13は、周辺の媒質に依存せずに、使用できるようにするために、ハウジングや筐体に収容される。送電側コイル13は、電源部11から交流電流が供給されることで、磁束を発生する。

【0020】

整合回路14, 15は、切替部12、送電側コイル13と接続される。送電装置1には、少なくとも2つ以上の整合回路が設けられる。整合回路14, 15は、電源部11から出力される交流電流の周波数と、送電側コイル13の共振周波数とを整合する。整合回路14, 15は、例えば、コンデンサ、等で構成することができる。

20

【0021】

整合回路14がコンデンサで構成される場合、コンデンサの静電容量は、空气中における送電側コイル13の共振周波数が、電源部11から出力される交流電流の周波数と一致するように、設定される。また、整合回路15がコンデンサで構成される場合、コンデンサの静電容量は、水中における送電側コイル13の共振周波数が、電源部11から出力される交流電流の周波数と一致するように、設定される。電源部11から出力される交流電流の周波数と、送電側コイル13の共振周波数とを、一致させることで、高効率な送電が可能になる。

【0022】

30

切替部12は、電源部11、整合回路14または整合回路15と接続される。切替部12は、判定回路19から入力される判定結果に基づいて、複数の整合回路(例えば、整合回路14, 15)の中から、電源部11と接続する整合回路を選択して切り替える。

【0023】

例えば、判定回路19により、送電側コイル13の周辺の媒質が空気であると判定された場合、切替部12は、整合回路14を選択し、電源部11と整合回路14とを接続する。この場合、電源部11から出力される交流電流の周波数と、空气中における送電側コイル13の共振周波数とは、一致する。なお、既に切替部12と整合回路14とが接続されているときは、切替部12は、その接続状態を維持するものとする。

【0024】

40

また、例えば、判定回路19により、送電側コイル13の周辺媒質が水であると判定された場合、切替部12は、整合回路15を選択し、電源部11と整合回路15とを接続する。この場合、電源部11から出力される交流電流の周波数と、水中における送電側コイル13の共振周波数とは、一致する。なお、既に切替部12と整合回路15とが接続されているときは、切替部12は、その接続状態を維持するものとする。この点は、以下の説明において、同様である。

【0025】

媒質判定部16は、送電側コイル13の周辺の媒質を検出し、該媒質が、水であるか空気であるかを判定する。

【0026】

50

なお、本実施形態では、媒質判定部 16 が判定する媒質として、空気と水を一例に挙げて説明するが、媒質判定部 16 が判定する媒質は、これに限定されるものではない。媒質判定部 16 が判定する媒質は、例えば、純水、海水、オイル、アルコール、有機溶剤、等であっても良い。

【0027】

媒質判定用センサ 17 は、検出回路 18 と接続され、送電側コイル 13 の周辺に設けられる。媒質判定用センサ 17 は、検出回路 18 により駆動され、送電側コイル 13 の周辺の媒質の特性を検出し、検出結果を検出回路 18 へと出力する。媒質の特性としては、例えば、導電率、音速、音響インピーダンス、密度、浮力、誘電率、粘度、屈折率、等が挙げられる。なお、媒質判定用センサ 17 は、媒質から離隔されて、送電側コイル 13 と共に、ハウジングや筐体に収容されていても良い。

10

【0028】

検出回路 18 は、媒質判定用センサ 17、判定回路 19 と接続される。検出回路 18 は、媒質判定用センサ 17 から入力される検出結果に基づいて、媒質の特性を測定し、測定結果を判定回路 19 へと出力する。

【0029】

判定回路 19 は、切替部 12、検出回路 18 と接続される。判定回路 19 は、検出回路 18 から入力される測定結果に基づいて、送電側コイル 13 の周辺の媒質が、水であるか空気であるかを判定し、判定結果を切替部 12 へと出力する。

20

【0030】

なお、本実施形態では、媒質判定部 16 として、媒質判定用センサ 17、検出回路 18、判定回路 19、を備えた構成を、一例に挙げて説明するが、媒質判定部 16 の構成は、特に、限定されるものではない。例えば、媒質判定部 16 の構成として、検出回路 18 や判定回路 19 を設けずに、フロートとスイッチを組み合わせた構成とすることもできる。この場合、媒質判定部 16 は、各媒質における浮力の違いを利用して、送電側コイル 13 の周辺の媒質が、水であるか空気であるかを判定する。送電側コイル 13 の周辺の媒質が水であれば、フロートが水の浮力によって浮上し、スイッチが作動して、検出信号を切替部 12 へと出力する。

【0031】

〔受電装置の構成〕

30

図 1 に示すように、受電装置 2 は、整流部 21、切替部（受電側切替部）22、受電側コイル 23、整合回路（受電側整合回路）24、整合回路（受電側整合回路）25、媒質判定部（受電側媒質判定部）26、を備える。媒質判定部 26 は、媒質判定用センサ 27、検出回路 28、判定回路 29、を備える。本実施形態では、整流部 21、切替部 22、受電側コイル 23、整合回路 24、整合回路 25、媒質判定部 26、検出回路 28、判定回路 29 は、受電装置 2 の筐体内に設けられる。また、媒質判定用センサ 27 は、受電装置 2 の筐体外に設けられる。なお、受電装置 2 に、二次電池等を搭載しても良い。

【0032】

整流部 21 は、切替部 22、受電側コイル 23、負荷 30 と接続される。整流部 21 は、受電側コイル 23 から供給される誘導電流を整流し、交流電流から直流電流へと変換する。なお、負荷 30 の要求電圧に応じて、整流部 21 と負荷 30 との間に、電圧コンバータ等を挿入しても構わない。

40

【0033】

受電側コイル 23 は、送電側コイル 13 と略同軸上に設けられ、整流部 21、整合回路 24 及び整合回路 25 と接続される。受電側コイル 23 は、周辺の媒質に依存せずに、使用できるようにするため、ハウジングや筐体に収容される。受電側コイル 23 は、送電側コイル 13 に発生した磁束と鎖交する。これにより、受電側コイル 23 には、誘導電流が流れる。受電側コイル 23 は、該誘導電流を、負荷 30 へと供給する。

【0034】

整合回路 24、25 は、切替部 22、受電側コイル 23 と接続される。受電装置 2 には

50

、少なくとも 2 つ以上の整合回路が設けられる。整合回路 2 4 , 2 5 は、電源部 1 1 から出力される交流電流の周波数と、受電側コイル 2 3 の共振周波数とを整合する。整合回路 2 4 , 2 5 は、例えば、コンデンサ、等で構成することができる。

【 0 0 3 5 】

整合回路 2 4 がコンデンサで構成される場合、コンデンサの静電容量は、空気中における受電側コイル 2 3 の共振周波数が、電源部 1 1 から出力される交流電流の周波数と一致するように、設定される。また、整合回路 2 5 がコンデンサで構成される場合、コンデンサの静電容量は、水中における受電側コイル 2 3 の共振周波数が、電源部 1 1 から出力される交流電流の周波数と一致するように、設定される。電源部 1 1 から出力される交流電流の周波数と、受電側コイル 2 3 の共振周波数とを、一致させることで、高効率な受電が可能になる。10

【 0 0 3 6 】

切替部 2 2 は、整流部 2 1 、整合回路 2 4 または整合回路 2 5 と接続される。切替部 2 2 は、判定回路 2 9 から入力される判定結果に基づいて、複数の整合回路（例えば、整合回路 2 4 , 2 5 ）の中から、負荷 3 0 と接続する整合回路を選択して切り替える。

【 0 0 3 7 】

例えば、判定回路 2 9 により、受電側コイル 2 3 の周辺の媒質が空気であると判定された場合、切替部 2 2 は、整合回路 2 4 を選択し、負荷 3 0 と整合回路 2 4 とを接続する。この場合、電源部 1 1 から出力される交流電流の周波数と、空気中における受電側コイル 2 3 の共振周波数とは、一致する。20

【 0 0 3 8 】

また、例えば、判定回路 2 9 により、受電側コイル 2 3 の周辺媒質が水であると判定された場合、切替部 2 2 は、整合回路 2 5 を選択し、負荷 3 0 と整合回路 2 5 とを接続する。この場合、電源部 1 1 から出力される交流電流の周波数と、水中における受電側コイル 2 3 の共振周波数とは、一致する。

【 0 0 3 9 】

媒質判定部 2 6 は、受電側コイル 2 3 の周辺の媒質を検出し、該媒質が、水であるか空気であるかを判定する。

【 0 0 4 0 】

なお、本実施形態では、媒質判定部 2 6 が判定する媒質として、空気と水を一例に挙げて説明するが、媒質判定部 2 6 が判定する媒質は、これに限定されるものではない。媒質判定部 2 6 が判定する媒質は、例えば、純水、海水、オイル、アルコール、有機溶剤、等であっても良い。30

【 0 0 4 1 】

媒質判定用センサ 2 7 は、検出回路 2 8 と接続され、受電側コイル 2 3 の周辺に設けられる。媒質判定用センサ 2 7 は、検出回路 2 8 により駆動され、受電側コイル 2 3 の周辺の媒質の特性を検出し、検出結果を検出回路 2 8 へと出力する。媒質の特性としては、例えば、導電率、音速、音響インピーダンス、密度、浮力、誘電率、粘度、屈折率、等が挙げられる。なお、媒質判定用センサ 2 7 は、媒質から離隔されて、受電側コイル 2 3 と共に、ハウジングや筐体に収容されていても良い。40

【 0 0 4 2 】

検出回路 2 8 は、媒質判定用センサ 2 7 、判定回路 2 9 と接続される。検出回路 2 8 は、媒質判定用センサ 2 7 から入力される検出結果に基づいて、媒質の特性を測定し、測定結果を判定回路 2 9 へと出力する。

【 0 0 4 3 】

判定回路 2 9 は、切替部 2 2 、検出回路 2 8 と接続される。判定回路 2 9 は、検出回路 2 8 から入力される測定結果に基づいて、受電側コイル 2 3 の周辺の媒質が、水であるか空気であるかを判定し、判定結果を切替部 2 2 へと出力する。

【 0 0 4 4 】

受電装置 2 に設けられる検出回路 2 8 及び判定回路 2 9 は、電力をを利用して動作する。

50

従って、無線給電装置 100 は、送電装置 1 から受電装置 2 への電力伝送が不十分な場合には、僅かな電力を、優先的に、検出回路 28 及び判定回路 29 へと供給し、検出回路 28 及び判定回路 29 を動作させる。これにより、切替部 22 は、判定回路 29 から適切な判定結果を得て、整合回路を選択することができる。つまり、無線給電装置 100 は、送電装置 1 において整合が完全に採れていない状態であっても、受電装置 2 に二次電池等を設けることなく、高効率な給電を行い、受電装置 2 から負荷 30 へと十分な電力を供給することができる。また、特に受電装置 2 に二次電池等を設ける場合には、二次電池から供給される電力により、検出回路 28 及び判定回路 29 を動作させても良い。

【0045】

なお、本実施形態では、媒質判定部 26 として、媒質判定用センサ 27、検出回路 28、判定回路 29、を備えた構成を、一例に挙げて説明するが、媒質判定部 26 の構成は、特に、限定されるものではない。 10

【0046】

(切替部及び整合回路の構成)

次に、図 2 を参照して、切替部 12 及び整合回路 14, 15 の具体的な構成について説明する。なお、切替部 22 及び整合回路 24, 25 についても、同様の構成とすることができるため、説明を省略する。 20

【0047】

図 2 に示すように、整合回路をコンデンサで構成した場合、送電側コイル 13 とコンデンサとが共振する周波数において、インピーダンスが最も小さくなる（直列共振回路に流れる電流が最も大きくなる）。送電側コイル 13 の周辺の媒質変化により、直列共振回路における共振周波数やインピーダンスが変化するため、この媒質変化に応じて、切替部 12 が、適宜、整合回路を切り替える。 20

【0048】

例えば、整合回路 14 における静電容量 C1 は、送電側コイル 13 が空気中に存在する場合における共振周波数と、電源部 11 から出力される交流電流の周波数とが一致するように、設定される。 30

【0049】

また、例えば、整合回路 15 における静電容量 C2 は、送電側コイル 13 が水中に存在する場合における共振周波数と、電源部 11 から出力される交流電流の周波数とが一致するように、設定される。 30

【0050】

従って、切替部 12 は、送電側コイル 13 の周辺の媒質が空気から水へと変化した場合、選択する整合回路を、静電容量 C1 を有するコンデンサから静電容量 C2 を有するコンデンサへと切り替える。あるいは、切替部 12 は、送電側コイル 13 の周辺の媒質が水から空気へと変化した場合、選択する整合回路を、静電容量 C2 を有するコンデンサへから静電容量 C1 を有するコンデンサへと切り替える。 40

【0051】

これにより、送電側コイル 13 の周辺の媒質が変化しても、各々の媒質中に存在する場合における送電側コイル 13 の共振周波数と、電源部 11 から出力される交流電流の周波数とを一致させることができる。従って、前記のように、無線給電装置 100 において、周辺の媒質が変化しても、高効率な給電を行うことが可能になる。 40

【0052】

なお、本実施形態では、送電装置 1 又は受電装置 2 に、整合回路を、それぞれ 2 つずつ搭載する構成を一例に挙げて説明するが、整合回路の個数は、特に限定されるものではない。 50

【0053】

例えば、送電装置 1 又は受電装置 2 に、異なる回路定数（静電容量 C1, C2, C3）を有する 3 つのコンデンサを、並列に接続して搭載しても良い。この場合、各コンデンサを組み合わせることにより、静電容量 C1、静電容量 C2、静電容量 C3、静電容量 (C

$C_1 + C_2$)、静電容量 ($C_1 + C_3$)、静電容量 ($C_2 + C_3$)、静電容量 ($C_1 + C_2 + C_3$)、という 7 種類の整合回路を構成することが可能である。つまり、この場合には、7 種類の媒質変化に対応した無線給電装置の提供が可能である。

【0054】

〔インピーダンス特性〕

次に、図 3 を参照して、水中及び空気中における送電側コイル 13 のインピーダンス特性について説明する。なお、水中及び空気中における受電側コイル 23 のインピーダンス特性についても、同様であるため、説明を省略する。

【0055】

図 3 は、周波数とインピーダンスとの関係を示すグラフの一例である。横軸は周波数 [Hz] を、縦軸はインピーダンス [] を表している。

10

【0056】

グラフ A は、空気中に存在する送電側コイル 13 とコンデンサとを直列に接続した場合におけるインピーダンスの周波数特性の一例である。グラフ B は、水中に存在する送電側コイル 13 とコンデンサとを直列に接続した場合におけるインピーダンスの周波数特性の一例である。

【0057】

グラフ A における周波数 f_{r1} は、送電側コイル 13 が空気中に存在する場合の共振周波数である。グラフ B における周波数 f_{r2} は、送電側コイル 13 が水中に存在する場合の共振周波数である。

20

【0058】

図 3 から、送電側コイル 13 が空気中に存在する場合の共振周波数 f_{r1} は、送電側コイル 13 が水中に存在する場合の共振周波数 f_{r2} と比較して大きいことがわかる。つまり、送電側コイル 13 の周辺の媒質が変化すると、送電側コイル 13 の共振周波数も変化する。共振周波数がずれると、送電装置から受電装置へと、効率の良い送電を行うことができないため、媒質変化に応じて、整合回路を選択することが必要になる。

【0059】

また、図 3 から、送電側コイル 13 が、空気中に存在する場合も、水中に存在する場合も、インピーダンスは、共振周波数において、最も小さいことがわかる。電源部 11 から出力される交流電流の周波数と、送電側コイル 13 の共振周波数とを、一致させることで、送電側コイル 13 に流れる電流を最も大きくすることができる。つまり、送電装置から受電装置へと、効率の良い送電を行うためには、電源部 11 から出力される交流電流の周波数と、送電側コイル 13 の共振周波数とを、一致させることが必要になる。

30

【0060】

ここで、送電側コイル 13 の周辺の媒質が変化した場合における、インピーダンスの虚部の整合と、インピーダンスの実部の整合について説明する。なお、受電側コイル 23 の周辺の媒質が変化した場合についても、同様に説明することができる。

【0061】

インピーダンスの虚部については、図 2 に示すように、コンデンサの静電容量を調整することで、整合が可能である。送電側コイル 13 の周辺の媒質変化に応じて、コンデンサの静電容量を、静電容量 C_1 から静電容量 C_2 へと、あるいは静電容量 C_2 から静電容量 C_1 へと、変化させることで、直列共振回路における共振周波数を調整し、インピーダンスの虚部を整合することができる。

40

【0062】

インピーダンスの実部については、例えば、電源部 11 と送電側コイル 13 との間にトランス(変成器)を挿入し、コイルの巻数比を調整することで、整合が可能である。送電側コイル 13 の周辺の媒質変化に応じて、巻数比を、空气中で整合する巻数比から水中で整合する巻数比へと、あるいは水中で整合する巻数比から空气中で整合する巻数比へと、変化させることで、インピーダンスの実部を整合することができる。

【0063】

50

インピーダンスの虚部だけでなく、インピーダンスの実部についても整合を行うことでき、より高精度なインピーダンス整合が可能になる。これにより、無線給電装置 100 における伝送効率を更に高めることができる。

【0064】

〔コイルの線間容量〕

次に、図 4 を参照して、送電側コイル 13 に生じる線間容量について説明する。なお、受電側コイル 23 に生じる線間容量についても、同様に説明することができる。

【0065】

図 4 に示すように、送電側コイル 13 は、筐体 130 に収容される。筐体 130 の内部には、電界 131 が発生し、線間容量 132 が定まる。筐体 130 の外部には、電界 133 が発生し、線間容量 134 が定まる。線間容量 132 と線間容量 134 の和が、送電側コイル 13 に生じる線間容量となる。10

【0066】

線間容量 134 は、媒質 X の誘電率に依存する。空気の比誘電率は約 1 であり、水の比誘電率は約 80 である。従って、媒質 X が、水である場合における送電側コイル 13 の線間容量 134 は、媒質 X が、空気である場合における送電側コイル 13 の線間容量 134 と比較して大きくなる。

【0067】

従って、媒質 X が、水である場合における送電側コイル 13 の線間容量（線間容量 132 と線間容量 134 の和）も、媒質 X が、空気である場合における送電側コイル 13 の線間容量（線間容量 132 と線間容量 134 の和）と比較して大きくなる。20

【0068】

つまり、送電側コイル 13 の周辺の媒質 X が変化すると、送電側コイル 13 の線間容量が変化し、送電側コイル 13 の共振周波数も変化する。媒質 X が、水である場合における送電側コイル 13 の共振周波数は、媒質 X が、空気である場合における送電側コイル 13 の共振周波数と比較して小さくなる。

【0069】

〔媒質判定用センサ及び検出回路の構成〕

次に、図 5、図 6 を参照して、媒質判定用センサ 17 及び検出回路 18 の具体的な構成について説明する。なお、媒質判定用センサ 27 及び検出回路 28 についても、同様の構成とすることができますため、説明を省略する。30

【0070】

図 5 に示す方法は、電極間を流れる電流を測定し、送電側コイル 13 の周辺の媒質を特定する方法である。

【0071】

媒質判定用センサ 17 として、電極 51、電極 52 を使用する。電極 51 と電極 52 とは、媒質を介して、対向して設けられる。検出回路 18 として、定電圧交流電源 53、電流計 54 を使用する。電極 51 は、電流計 54 と接続され、電極 52 は、定電圧交流電源 53 と接続される。40

【0072】

電極 51、電極 52 には、定電圧交流電源 53 から定電圧が印加され、電流計 54 は、電極 51 と電極 52 との間を流れる電流を測定する。

【0073】

送電側コイル 13 の周辺の媒質が変化すると、電極 51 と電極 52 との間を流れる電流も変化する。媒質判定用センサ 17 及び検出回路 18 は、この変化に基づいて、送電側コイル 13 の周辺の媒質を特定する。

【0074】

図 6 に示す方法は、超音波センサ間の受信強度を測定し、送電側コイル 13 の周辺の媒質を特定する方法である。

【0075】

10

20

30

40

50

媒質判定用センサ 17 として、超音波センサ 61、超音波センサ 62 を使用する。超音波センサ 61 と超音波センサ 62 とは、媒質を介して、対向して設けられる。検出回路 18 として、超音波発振器 63、検波回路 64、電圧計 65 を使用する。超音波センサ 61 は、超音波発振器 63 と接続され、超音波センサ 62 は、検波回路 64、電圧計 65 と接続される。

【0076】

超音波発振器 63 は、予め設定された周波数の電気信号を、超音波センサ 61 へと出力する。超音波センサ 61 は、超音波発振器 63 から入力される電気信号を、音響信号に変換する。超音波センサ 62 は、超音波センサ 61 から到達した音響信号を、電気信号に変換し、検波回路 64 へと出力する。検波回路 64 は、超音波センサ 62 から入力される電気信号を検波し、検波した電気信号を、電圧計 65 へと出力する。電圧計 65 は、検波回路 64 により検波された電気信号を、受信強度として測定する。

10

【0077】

送電側コイル 13 の周辺の媒質が変化すると、超音波センサ 61 と超音波センサ 62 との間の音響インピーダンスが変化し、受信強度も変化する。媒質判定用センサ 17 及び検出回路 18 は、この変化に基づいて、送電側コイル 13 の周辺の媒質を特定する。

【0078】

なお、媒質判定用センサの構成は、上述の電極 51、電極 52、超音波センサ 61、超音波センサ 62、等に限定されるものではない。

【0079】

例えば、媒質判定用センサとして、塩分濃度検出センサを用いても良い。この場合、送電側コイル 13 の周辺の媒質における塩分濃度が変化しても、無線給電装置 100 は、高効率な給電を行うことができる。

20

【0080】

また、例えば、媒質判定用センサとして、電気抵抗検出センサを用いても良い。この場合、安価な構成で、無線給電装置 100 は、高効率な給電を行うことができる。

【0081】

上述の構成を有する無線給電装置 100 は、例えば、原子力プラントの水中作業用ロボット、海中探査装置、水中遠隔操縦船舶、等に適用することが可能である。

【0082】

本実施形態に係る無線給電装置 100 によれば、送電装置及び受電装置のそれぞれに、媒質判定部を設け、切替部が、判定結果に基づいて整合回路を切り替えることで、各装置におけるインピーダンスを調整することができる。これにより、無線給電装置 100 は、周辺の媒質が変化しても、高効率な給電を行うことができる。

30

【0083】

また、本実施の形態に係る無線給電装置 100 によれば、ロボット等を遠隔操作する操縦者が、送電コイル又は受電コイルの周辺の媒質を判断し、媒質変化に応じて、整合回路を切り替えるという操作を行う必要がない。従って、操縦者の負担を軽減しつつ、高効率な給電が可能な無線給電装置を提供することができる。

【0084】

また、本実施の形態に係る無線給電装置 100 によれば、インピーダンスを調整するために、送電装置と受電装置との間で、通信を行う必要がない。従って、無線給電装置 100 が、例えば、空気中から水中へと移動する際に、電磁波が遮断されて通信が途絶し、伝送効率が低下するという従来の無線給電装置に発生していた問題を改善できる。

40

【0085】

〔無線給電装置の動作〕

次に、図 1 を参照して、本発明の実施形態に係る無線給電装置 100 の動作について簡単に説明する。

【0086】

無線給電装置 100 が、空気中から水中へと移動する場合の動作を、一例に挙げて説明

50

する。

【0087】

まず、送電側コイル13は、電源部11から交流電流を供給され、磁束を発生する。

【0088】

無線給電装置100は、空気中に存在するため、電源部11は、整合回路14と接続され、整合回路14は、電源部11から出力される交流電流の周波数と、空気中における送電側コイル13の共振周波数とを整合する。

【0089】

ここで、無線給電装置100が、空気中から水中へと移動すると、媒質判定部16は、送電側コイル13の周辺の媒質を検出し、該媒質が、水であると判定する。

10

【0090】

切替部12は、媒質判定部16による判定結果（送電側コイル13の周辺の媒質が、水であるという判定結果）に基づいて、電源部11と接続する整合回路を、整合回路14から整合回路15へと切り替える。

【0091】

電源部11は、整合回路15と接続され、整合回路15は、電源部11から出力される交流電流の周波数と、水中における送電側コイル13の共振周波数とを整合する。

【0092】

これにより、無線給電装置100が、空気中から水中へと移動しても、送電装置1において、高効率な送電が可能になる。

20

【0093】

一方、受電側コイル23は、送電側コイル13に発生する磁束と鎖交し、誘導電流を、負荷30へと供給する。

【0094】

無線給電装置100は、空気中に存在するため、負荷30は、整合回路24と接続され、整合回路24は、電源部11から出力される交流電流の周波数と、空気中における受電側コイル23の共振周波数とを整合する。

【0095】

ここで、無線給電装置100が、空気中から水中へと移動すると、媒質判定部26は、受電側コイル23の周辺の媒質を検出し、該媒質が、水であると判定する。

30

【0096】

切替部22は、媒質判定部26による判定結果（受電側コイル23の周辺の媒質が、水であるという判定結果）に基づいて、負荷30と接続する整合回路を、整合回路24から整合回路25へと切り替える。

【0097】

負荷30は、整合回路25と接続され、整合回路25は、電源部11から出力される交流電流の周波数と、水中における受電側コイル23の共振周波数とを整合する。

【0098】

従って、無線給電装置100が、空気中から水中へと移動しても、受電装置2において、高効率な受電が可能になる。

40

【0099】

以上の動作によって、無線給電装置100は、周辺の媒質が変化しても、高効率な給電を行うことができる。

【0100】

第2実施形態

[無線給電装置の全体構成]

次に、図7を参照して、本発明の第2実施形態に係る無線給電装置200の構成について説明する。

【0101】

図7に示すように、無線給電装置200は、送電装置201と、受電装置202と、を

50

備える。無線給電装置 200において、送電装置 201から受電装置 202へと、非接触で電力が伝送され、受電装置 202から負荷 30（例えば、二次電池、電動駆動装置）へと、電力が供給される。

【0102】

送電装置 201に設けられる送電側コイルに、交流電流が流れると、送電側コイルに磁束が発生する。該磁束が、送電側共振コイル、受電側共振コイルを介して、受電装置 2に設けられる受電側コイルと鎖交することにより、受電側コイルに、誘導電流が流れる。送電側共振コイルの共振周波数と受電側共振コイルの共振周波数とが近い程、伝送効率は高くなる。

【0103】

〔送電装置の構成〕

図 7 に示すように、送電装置 201は、電源部 11、切替部（送電側切替部）12、送電側コイル 113、共振コイル（送電側共振コイル）114、整合回路（送電側整合回路）14、整合回路（送電側整合回路）15、媒質判定部（送電側媒質判定部）16、を備える。媒質判定部 16は、媒質判定用センサ 17、検出回路 18、判定回路 19、を備える。本実施形態では、電源部 11、切替部 12、送電側コイル 113、共振コイル（送電側共振コイル）114、整合回路 14、整合回路 15、媒質判定部 16、検出回路 18、判定回路 19は、送電装置 201の筐体内に設けられる。また、媒質判定用センサ 17は、送電装置 201の筐体外に設けられる。

【0104】

電源部 11、切替部 12、整合回路 14、整合回路 15、媒質判定部 16の構成については、第 1 実施形態に係る送電装置 1 と同様の構成であるため、第 1 実施形態を参照することができる。

【0105】

送電側コイル 113は、電源部 11と接続される。送電側コイル 113は、電源部 11から交流電流が供給されることで、磁束を発生する。

【0106】

共振コイル 114は、送電側コイル 113と所定の間隔をおいて、送電側コイル 113と略同軸上に設けられ、切替部 12、整合回路 14及び整合回路 15と接続される。共振コイル 114は、周辺の媒質に依存せずに、使用できるようにするために、ハウジングや筐体に収容される。送電側コイル 113と共振コイル 114とは、電磁的に結合する。

【0107】

送電装置 201において、送電側コイル 113と共振コイル 114とを変成器として機能させることができる。送電側コイル 113と共振コイル 114との間隔を変更することで、送電装置 201におけるインピーダンスの実部の整合が可能である。即ち、周辺の媒質変化に応じて、送電側コイル 113と共振コイル 114との間隔を、空気中で整合する間隔から水中で整合する間隔へと、あるいは水中で整合する間隔から空気中で整合する間隔へと、変化させることで、インピーダンスの実部を整合することができる。

【0108】

例えば、予め送電側コイルとの間隔が定まった水中用の送電側共振コイル及び空気中用の送電側共振コイルを、送電装置 201に搭載し、媒質判定部 16による判定結果に基づいて、切替部 12が、どちらかの送電側共振コイルを選択し、インピーダンスの実部を整合することも可能である。

【0109】

また、例えば、送電側コイル 113と共振コイル 114との間隔を変更できる機構を、送電装置 201に搭載し、媒質判定部 16による判定結果に基づいて、間隔を変更し、インピーダンスの実部を整合することも可能である。なお、インピーダンスの虚部については、第 1 実施形態に示した説明を参照できる。

【0110】

整合回路 14, 15と併せて、送電側コイル 113及び共振コイル 114を、インピー-

10

20

30

40

50

ダンスの整合に利用することで、無線給電装置 200 における伝送効率を更に高めることができる。

【0111】

〔受電装置の構成〕

図 7 に示すように、受電装置 202 は、整流部 21、切替部（受電側切替部）22、受電側コイル 123、共振コイル（受電側共振コイル）124、整合回路（受電側整合回路）24、整合回路（受電側整合回路）25、媒質判定部（受電側媒質判定部）26、を備える。媒質判定部 26 は、媒質判定用センサ 27、検出回路 28、判定回路 29、を備える。本実施形態では、整流部 21、切替部 22、受電側コイル 123、共振コイル（受電側共振コイル）124、整合回路 24、整合回路 25、媒質判定部 26、検出回路 28、判定回路 29 は、受電装置 202 の筐体内に設けられる。また、媒質判定用センサ 27 は、受電装置 202 の筐体外に設けられる。10

【0112】

整流部 21、切替部 22、整合回路 24、整合回路 25、媒質判定部 26 の構成については、第 1 実施形態に係る受電装置 2 と同様の構成であるため、第 1 実施形態を参照することができる。

【0113】

共振コイル 124 は、切替部 22、整合回路 24 及び整合回路 25 と接続される。共振コイル 124 は、周辺の媒質に依存せずに、使用できるようにするために、ハウジングや筐体に収容される。共振コイル 114 と共振コイル 124 とは共振し、送電装置 201 から受電装置 202 へと、電力が伝送される。共振コイル 114 と共振コイル 124 との共振周波数が一致すると、送電装置 201 から受電装置 202 へと効率良く電力を伝送できる。20

【0114】

受電側コイル 123 は、共振コイル 124 と所定の間隔をおいて、共振コイル 124 と略同軸上に設けられ、整流部 21、負荷 30 と接続される。受電側コイル 123 は、共振コイル 114、共振コイル 124 を介して、送電側コイル 113 に発生した磁束と鎖交する。これにより、受電側コイル 123 には、誘導電流が流れ、受電側コイル 123 は、該誘導電流を、負荷 30 へと供給する。また、受電側コイル 123 と共振コイル 124 とは、電磁的に結合する。30

【0115】

受電装置 202 において、受電側コイル 123 と共振コイル 124 とを変成器として機能させることができる。受電側コイル 123 と共振コイル 124 との間隔を変更することで、受電装置 202 におけるインピーダンスの実部の整合が可能である。即ち、周辺の媒質変化に応じて、受電側コイル 123 と共振コイル 124 との間隔を、空气中で整合する間隔から水中で整合する間隔へと、あるいは水中で整合する間隔から空气中で整合する間隔へと、変化させることで、インピーダンスの実部を整合することができる。

【0116】

例えば、予め受電側コイルとの間隔が定まった水中用の受電側共振コイル及び空气中用の受電側共振コイルを、受電装置 202 に搭載し、媒質判定部 26 による判定結果に基づいて、切替部 22 が、どちらかの受電側共振コイルを選択し、インピーダンスの実部を整合することも可能である。40

【0117】

また、例えば、受電側コイル 123 と共振コイル 124 との間隔を変更できる機構を、受電装置 202 に搭載し、媒質判定部 26 による判定結果に基づいて、間隔を変更し、インピーダンスの実部を整合することも可能である。なお、インピーダンスの虚部については、第 1 実施形態に示した説明を参照できる。

【0118】

整合回路 24, 25 と併せて、受電側コイル 123 及び共振コイル 124 を、インピーダンスの整合に利用することで、無線給電装置 200 における伝送効率を更に高めること50

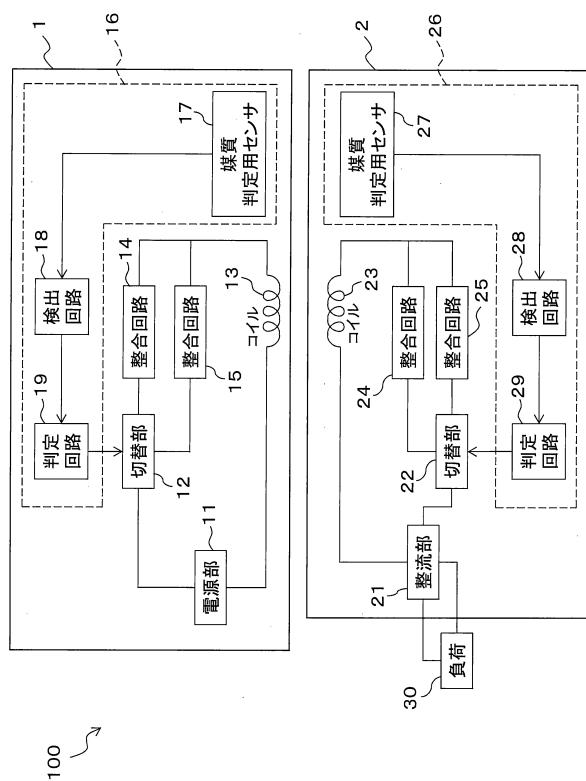
ができる。

【符号の説明】

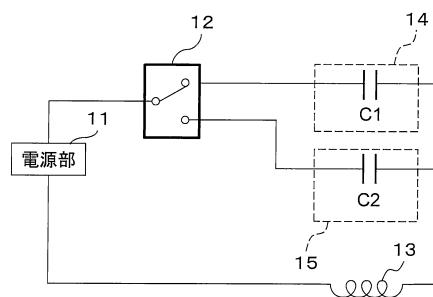
(0 1 1 9)

1 0 0 , 2 0 0	無線給電装置
1	送電装置
2	受電装置
1 1	電源部
1 2	切替部（送電側切替部）
1 3 , 1 1 3	送電側コイル
1 4 , 1 5	整合回路（送電側整合回路）
1 6	媒質判定部（送電側媒質判定部）
2 2	切替部（受電側切替部）
2 3 , 1 2 3	送電側コイル
2 4 , 2 5	整合回路（受電側整合回路）
2 6	媒質判定部（受電側媒質判定部）
3 0	負荷
1 1 4	共振コイル（送電側共振コイル）
1 2 4	共振コイル（受電側共振コイル）

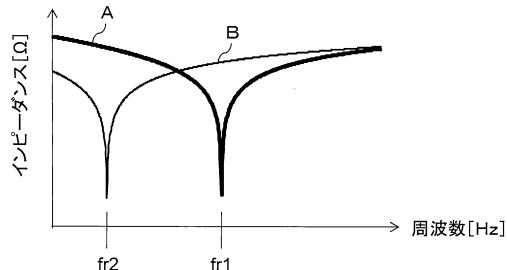
(1)



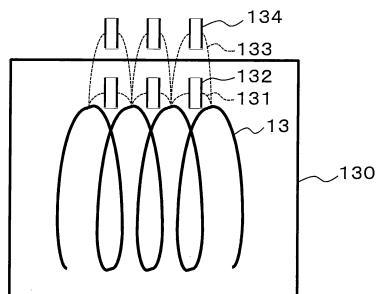
(2)



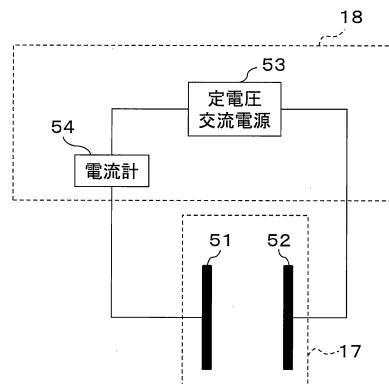
【図3】



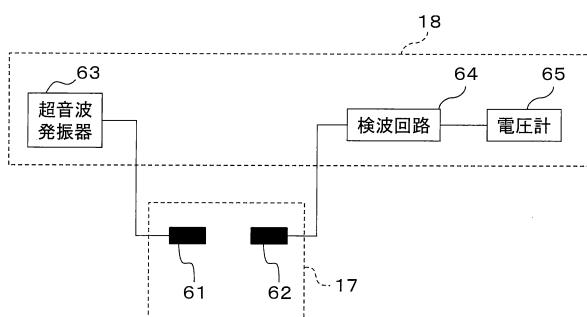
【図4】



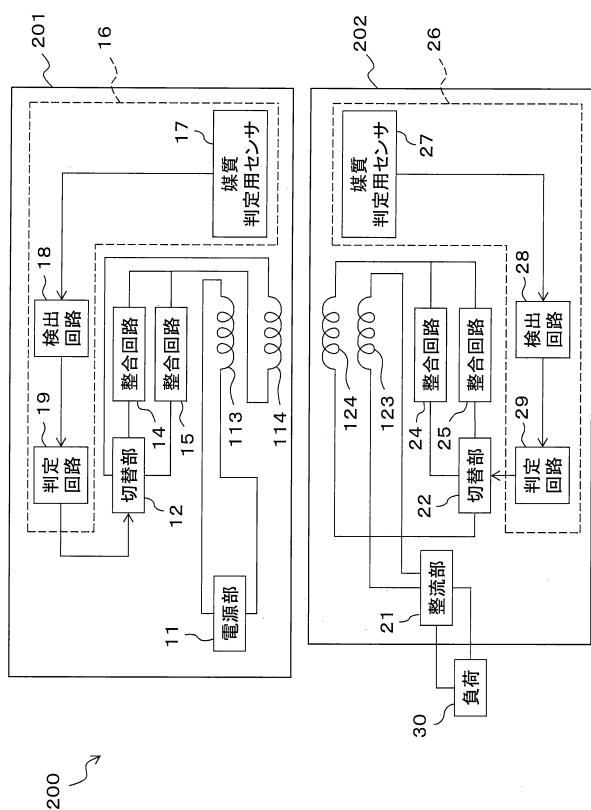
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

審査官 坂東 博司

(56)参考文献 国際公開第2012/111085(WO,A1)
国際公開第2015/115041(WO,A1)
特開2011-155732(JP,A)
特開2015-213428(JP,A)
米国特許出願公開第2014/0111138(US,A1)
国際公開第2014/185490(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J 50/60
H02J 50/12