

明 細 書

発明の名称：無線電力伝送装置

技術分野

[0001] 本発明は、給電モジュールから、受電モジュールに対して共振現象を利用して電力を供給する無線電力伝送装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、ノート型ＰＣ、タブレット型ＰＣ、デジタルカメラ、携帯電話、携帯ゲーム機、イヤホン型音楽プレイヤー、無線式ヘッドセット、補聴器、レコーダーなど人が携帯しながら使用できる携帯型の電子機器が急速に普及してきている。そして、これらの携帯型の電子機器の多くには充電電池が搭載されており、定期的な充電が必要とされる。この電子機器の充電電池への充電作業を簡易にするために、給電モジュールと電子機器に搭載された受電モジュールとの間で無線による電力伝送を利用した給電技術（磁界を変化させて電力伝送を行う無線電力伝送技術）により、充電電池を充電する機器が増えつつある。

[0003] 無線電力伝送技術としては、コイル間の電磁誘導を利用して電力伝送を行う技術や（例えば、特許文献１参照）、給電装置（給電モジュール）及び受電装置（受電モジュール）が備える共振器（コイル）間の共振現象（磁界共鳴状態）を利用して磁場を結合させることにより電力伝送を行う技術が挙げられる（例えば、特許文献２参照）。

[0004] 例えば、上記給電モジュール及び受電モジュールが備える共振器（コイル）間の共振現象（磁界共鳴状態）を利用して磁場を結合させることにより無線電力伝送をするときには、受電モジュールを給電モジュールに近づけて、給電モジュールから受電モジュールに対して給電できる距離（給電可能領域）になるように配置して使用する必要がある。このような使用過程において、給電モジュールの近辺に金属の異物が置かれたりすると、金属の異物が磁場の影響を受け、渦電流が引き起こされてしまう。このように渦電流が引き

起こされると金属の異物や給電モジュールに過剰な熱が生じてしまう場合がある。

[0005] この問題に対して、何らかの検出部（センサ等）を給電モジュール又は受電モジュールに設け、その検出部が、給電モジュールと受電モジュールとが給電可能領域内に配置されたことによる各種の変化を検出し、その検出結果により給電モジュールの近辺に金属の異物があるか否かを判別する対処法が提案されている。

[0006] 例えば、特許文献3の給電システムの給電装置（給電モジュール）には、検出部（電流・電圧検出部113）が設けられ、この検出部で測定した電流値・電圧値に基づきインピーダンスを求め、このインピーダンスの変化（インピーダンスの増加量など：段落[0048]等参照）を予め設定した閾値と比較することにより、異物（異物金属）の有無について判別する構成が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特許第4624768号公報

特許文献2：特開2013-239692号公報

特許文献3：特開2013-62895号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、異物（異物金属）の種類や大きさによってはインピーダンスの変化が顕著に現れない場合がある。

[0009] そこで、本発明では、給電モジュールと受電モジュールとの間で共振現象を起こすことによって電力を供給する際に形成される、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間に着目し、この磁界空間が形成される空間における磁界強度を検出することにより、電力を供給する際に異常か否かを判定可能な無線電力伝送装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するための発明の一つは、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間を形成する条件で受電モジュールとの間で共振現象を起こすことによって、電力を前記受電モジュールに供給する給電モジュールと、

前記磁界空間が形成される位置に配置され、磁界強度を検出する磁界検出器と、

前記磁界検出器が検出した磁界強度の値に基づいて前記受電モジュールに対する電力供給の異常を判断する判断制御機器と、を備えていることを特徴とする無線電力伝送装置である。

[0011] 上記の構成によれば、給電モジュールから、受電モジュールに対して共振現象を利用して電力を供給する際に、給電モジュール周辺に発生する磁界と受電モジュール周辺に発生する磁界とを打ち消し合わせることで、給電モジュール及び受電モジュールの近辺に、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間を形成することができる。そして、磁界空間に配置された磁界検出器を用いて磁界空間の磁界強度を検出し、この磁界強度の値に基づいて電力供給の異常を検知することができるため、無線電力伝送装置の大型化を防止しながら安全な電力供給を実現することができる。

[0012] また、本発明の一つは、前記判断制御機器が、前記電力供給の異常であると判断したときに、前記給電モジュールに対する電力供給を停止することを特徴とする無線電力伝送装置である。

[0013] 上記の構成によれば、電力供給の異常を検知したときに、給電モジュールに対する電力供給が停止されることによって、異常な電力供給による不具合の発生を未然に防止することができる。

[0014] また、本発明の一つは、外部に報知する報知装置を備え、

前記制御機器が、前記電力供給の異常であると判断したときに、前記報知装置によって前記電力供給の異常を報知することを特徴とする無線電力伝送装置である。

[0015] 上記の構成によれば、電力供給の異常を検知したときに、報知装置によって異常を外部に知らせることができる。

[0016] また、本発明の一つは、前記給電モジュール及び前記受電モジュールが、少なくとも所定の共振周波数で共振する給電共振器及び受電共振器を有し、前記給電共振器から前記受電共振器に対して前記共振現象により電力を供給するときに、前記給電共振器に流れる電流の向きと前記受電共振器に流れる電流の向きとが、逆向きになるように、前記電源の電源周波数を前記共振周波数よりも高周波数側に設定することを特徴とする無線電力伝送装置である。

[0017] 上記の構成では、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間を形成する際に、給電共振器と受電共振器との結合の強さを表す結合係数が高くなる。このように結合係数が高い状態で、伝送特性『S 2 1』（給電モジュールから受電モジュールに電力を送電する際の送電効率の指標となる値）を解析すると、その解析波形は低周波側と高周波側とにピークが分離する。そして、この高周波側の周波数に、電源の電力周波数を設定することにより、給電共振器に流れる電流の向きと受電共振器に流れる電流の向きとが逆向きになり、給電モジュールの内周側に発生する磁界と受電モジュールの内周側に発生する磁界とが打ち消し合うことにより、給電共振器の内周側に、磁界による影響が低減されて、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間を形成することができる。そして、磁界空間が形成される給電共振器の内周側に磁界検出器を配置することにより、給電共振器の内周側の空間を有効活用することができ、無線電力伝送装置をコンパクトにすることができる。

[0018] また、本発明の一つは、前記給電モジュール及び前記受電モジュールが、少なくとも所定の共振周波数で共振する給電共振器及び受電共振器を有し、前記給電共振器から前記受電共振器に対して前記共振現象により電力を供給するときに、前記給電共振器に流れる電流の向きと前記受電共振器に流れる電流の向きとが、同じ向きになるように、前記電源の電源周波数を前記共

振周波数よりも低周波数側に設定することを特徴とする無線電力伝送装置である。

[0019] 上記の構成では、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間を形成する際に、給電共振器と受電共振器との結合の強さを表す結合係数が高くなる。このように結合係数が高い状態で、伝送特性『S 2 1』（給電モジュールから受電モジュールに電力を送電する際の送電効率の指標となる値）を解析すると、その解析波形は低周波側と高周波側とにピークが分離する。そして、この低周波側の周波数に、電源の電力周波数を設定することにより、給電共振器に流れる電流の向きと受電共振器に流れる電流の向きとが同じ向きになり、給電モジュールの外周側に発生する磁界と受電モジュールの外周側に発生する磁界とが打ち消し合うことにより、給電共振器の外周側に、磁界による影響が低減されて、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間を形成することができる。そして、磁界空間が形成される給電共振器の外周側に磁界検出器を配置することにより、給電共振器の外周側の空間を有効活用することができ、無線電力伝送装置をコンパクトにすることができる。

[0020] また、本発明の一つは、前記磁界検出器が、磁気ホールセンサであることを特徴とする無線電力伝送装置である。

[0021] 上記の構成では、磁界検出器に磁気ホールセンサを使用することにより、精度よく磁界強度を検知することができるとともに、磁気ホールセンサが小型であるため無線電力伝送装置をコンパクトにすることができる。

[0022] また、本発明の一つは、前記磁界検出器が、コイルであることを特徴とする無線電力伝送装置である。

[0023] 上記の構成では、磁界検出器にコイルを使用することにより、無線電力伝送装置の製造コストを安価にすることができる。また、コイルは、その大きさ（径、厚み、巻き数、コイルの線径等）をある程度変更できるので、当該無線電力伝送装置の大きさや空間に合わせて、コイルの大きさを調整することが可能である。

- [0024] また、本発明の一つは、前記給電共振器がコイルを有し、
前記磁界検出器は、前記コイルの中心軸よりも前記コイルの内周面側に配置されることを特徴とする無線電力伝送装置である。
- [0025] 上記構成によれば、磁界検出器を給電共振器が有するコイルの中心軸よりもコイルの内周面側に配置することにより、磁界検出器を給電共振器が有するコイルの中心軸に配置した場合よりも、磁界強度の検出感度を高めることができる。
- [0026] また、本発明の一つは、前記磁界検出器が、前記コイルの内周面に沿った位置に配置されることを特徴とする無線電力伝送装置である。
- [0027] 上記構成によれば、磁界検出器を給電共振器が有するコイルの内周面に沿った位置に配置することにより、磁界強度の検出感度をより高めることができる。
- [0028] また、本発明の一つは、前記給電共振器、及び、前記受電共振器はそれぞれコイルを有し、
前記磁界検出器は、前記給電共振器が有するコイルの内周側で、前記給電共振器が有するコイルと前記受電共振器が有するコイルとが対向しない面よりも対向する面側に配置されることを特徴とする無線電力伝送装置である。
- [0029] 上記構成によれば、磁界検出器を給電共振器が有するコイルの内周側で、給電共振器が有するコイルと受電共振器が有するコイルとが対向しない面よりも対向する面側に配置することにより、給電共振器が有するコイルと受電共振器が有するコイルとが対向しない面側に配置した場合よりも、磁界強度の検出感度を高めることができる。
- [0030] また、本発明の一つは、前記磁界検出器は、前記給電共振器が有するコイルと前記受電共振器が有するコイルとが対向する面に沿った位置に配置されることを特徴とする無線電力伝送装置である。
- [0031] 上記構成によれば、磁界検出器を給電共振器が有するコイルと受電共振器が有するコイルとが対向する面に沿った位置に配置することにより、磁界強度の検出感度をより高めることができる。

- [0032] また、本発明の一つは、前記給電共振器はコイルを有し、
前記磁界検出器は、薄板状の半導体に対するホール効果を利用して磁界強度を検出する磁気ホールセンサであって、
前記磁気ホールセンサは、前記薄板状の半導体が、前記給電共振器が有するコイルの内周側で、前記コイルの中心軸方向に対して垂直方向になるように配置されていることを特徴とする無線電力伝送装置である。
- [0033] 上記構成によれば、磁気ホールセンサの薄板状の半導体を、給電共振器が有するコイルの内周側で、コイルの中心軸方向に対して垂直方向になるように配置することにより、磁界強度の検出感度を高めることができる。

発明の効果

- [0034] 給電モジュールと受電モジュールとの間で共振現象を起こすことによって電力を供給する際に形成される、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間に着目し、この磁界空間が形成される空間における磁界強度を検出することにより、電力を供給する際に異常か否かを判定可能な無線電力伝送装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0035] [図1]給電モジュールを搭載した充電器、及び、受電モジュールを搭載した無線式ヘッドセットの説明図である。
- [図2]無線電力伝送装置のブロック図である。
- [図3]無線電力伝送装置を等価回路で示した説明図である。
- [図4]共振器間の伝送特性『S 2 1』が二つのピークを有するときの説明図である。
- [図5]ネットワークアナライザに接続した無線電力伝送装置の説明図である。
- [図6]逆相共振モードにおける磁界ベクトル図である。
- [図7]同相共振モードにおける磁界ベクトル図である。
- [図8]給電モジュールと受電モジュールとの間で正常充電が行われている状態（正常充電状態）を示す説明図である。
- [図9]充電器が待機状態にあるときの説明図である。

[図10]充電器の近辺に金属異物が置かれた状態（異常状態）を示す説明図である。

[図11]測定実験で使用する無線電力伝送装置（正常充電状態）のブロック図である。

[図12]測定実験で使用する無線電力伝送装置（待機状態）のブロック図である。

[図13]測定実験で使用する無線電力伝送装置（異常状態）のブロック図である。

[図14]磁気ホールセンサが検出する検出電圧の説明図である。

[図15]測定実験 1 に係る測定結果を示す図である。

[図16]磁気検出コイルが検出する検出電圧の説明図である。

[図17]測定実験 2 に係る測定結果を示す図である。

[図18]判断制御機器が実行する給電動作フローを説明したフローチャートである。

[図19]測定実験 4、5 で使用する無線電力伝送装置（待機状態）の説明図である。

[図20]測定実験 4、5 で使用する無線電力伝送装置（正常充電状態）の説明図である。

[図21]測定実験 4、5 で使用する無線電力伝送装置（異常状態）の説明図である。

[図22]磁気ホールセンサの配置位置を説明する説明図である。

[図23]磁気ホールセンサの縦向き・横向きを説明する説明図である。

[図24]測定実験 3 に係る測定結果を示す図である。

[図25]測定実験 3 に係る測定結果を示す図である。

[図26]測定実験 3 に係る測定結果を示す図である。

[図27]測定実験 4 に係る測定結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0036] 以下に本発明である無線電力伝送に用いる無線電力伝送装置 1 について説

明する。

[0037] (実施形態)

本実施形態では、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間 G 1 (G 2) を形成する、給電共振器 2 2 を備えた給電モジュール 2 及び受電共振器 3 2 を備えた受電モジュール 3 を主な構成要素とする無線電力伝送装置 1 について、給電モジュール 2 を搭載した充電器 1 0 1、及び、受電モジュール 3 を搭載した無線式ヘッドセット 1 0 2 を例に説明する。なお、図 1 は、充電時における充電器 1 0 1 及び無線式ヘッドセット 1 0 2 の状態を示している。図 2 は、無線電力伝送装置 1 の構成を説明するブロック図である。図 3 は、給電モジュール 2 及び受電モジュール 3 を等価回路で示した説明図である。

[0038] (充電器 1 0 1 及び無線式ヘッドセット 1 0 2 の構成)

充電器 1 0 1 は、図 1 及び図 2 に示すように、給電コイル 2 1 及び給電共振器 2 2 を有した給電モジュール 2 を備えている。また、無線式ヘッドセット 1 0 2 は、イヤホンスピーカ部 1 0 2 a、受電コイル 3 1 及び受電共振器 3 2 を有した受電モジュール 3 を備えている。

[0039] 給電モジュール 2 の給電コイル 2 1 には、外部の電源 6 から給電モジュール 2 に供給する電力の電源周波数を所定の値に設定する発振回路等（インバータ回路など）で構成された電源回路 5 が接続されている。また、給電共振器 2 2 の内周側には、磁界強度を検出する磁界検出器 1 1 が配置されており、この磁界検出器 1 1 には、判断制御機器 4 が接続されている。判断制御機器 4 は、電源回路 5 と接続されている。また、判断制御機器 4 は、報知装置 1 2 とも接続されている。

[0040] 受電モジュール 3 の受電コイル 3 1 には、受電された交流電力を整流化する安定回路 7 及び過充電を防止する充電回路 8 を介して二次電池 9 が接続されている。また、図 2 に示すように、安定回路 7、充電回路 8、及び、二次電池 9 は、後述する磁界空間 G 1 が形成される受電共振器 3 2 の内周側に配置されている。なお、本実施形態における安定回路 7、充電回路 8、及び、

二次電池 9 は、図 1 及び図 2 に示すように、最終的な電力の給電先となる被給電機器 10 であり、被給電機器 10 は、受電モジュール 3 に接続された電力の給電先の機器全体の総称である。また、給電モジュール 2 及び受電モジュール 3 を無線電力伝送装置 1 としている。

[0041] また、図示しないが、充電器 101 は、無線式ヘッドセット 102 を収納するための、無線式ヘッドセット 102 の形状に即した収納溝が設けられており、この充電器 101 の収納溝に無線式ヘッドセット 102 を収納することにより、充電器 101 が備える給電モジュール 2 と無線式ヘッドセット 102 が備える受電モジュール 3 とが対向配置されるように無線式ヘッドセット 102 を位置決めすることができるようになっている。

[0042] 給電コイル 21 は、電源 6 から電源回路 5 を経由して得られた電力を電磁誘導によって給電共振器 22 に供給する役割を果たす。この給電コイル 21 は、図 3 に示すように、抵抗器 R_1 、コイル L_1 、及び、コンデンサ C_1 を要素とする RLC 回路を構成している。なお、コイル L_1 部分には、ソレノイドコイルを使用している。また、給電コイル 21 を構成する回路素子が有する合計のインピーダンスを Z_1 としており、本実施形態では、給電コイル 21 を構成する抵抗器 R_1 、コイル L_1 、及び、コンデンサ C_1 を要素とする RLC 回路（回路素子）が有する合計のインピーダンスを Z_1 とする。また、給電コイル 21 に流れる電流を I_1 とする。

[0043] 受電コイル 31 は、給電共振器 22 から受電共振器 32 に磁界エネルギーとして伝送された電力を電磁誘導によって受電し、安定回路 7 及び充電回路 8 を介して二次電池 9 に供給する役割を果たす。この受電コイル 31 は、給電コイル 21 同様に、図 3 に示すように、抵抗器 R_4 、コイル L_4 、及び、コンデンサ C_4 を要素とする RLC 回路を構成している。なお、コイル L_4 部分には、ソレノイドコイルを使用している。また、受電コイル 31 を構成する回路素子が有する合計のインピーダンスを Z_4 としており、本実施形態では、受電コイル 31 を構成する抵抗器 R_4 、コイル L_4 、及び、コンデンサ C_4 を要素とする RLC 回路（回路素子）が有する合計のインピーダンスを Z_4 とする。また

、受電コイル 31 に接続された被給電機器 10（安定回路 7、充電回路 8 及び二次電池 9）の合計のインピーダンスを Z_L とする。また、受電コイル 31 に流れる電流を I_4 とする。なお、図 3 に示すように、受電コイル 31 に接続された被給電機器 10（安定回路 7、充電回路 8 及び二次電池 9）の各負荷インピーダンスを合わせたものを便宜的に抵抗器 R_L （ Z_L に相当）としている。

[0044] 給電共振器 22 は、図 3 に示すように、抵抗器 R_2 、コイル L_2 、及び、コンデンサ C_2 を要素とする RLC 回路を構成している。また、受電共振器 32 は、図 3 に示すように、抵抗器 R_3 、コイル L_3 、及び、コンデンサ C_3 を要素とする RLC 回路を構成している。そして、給電共振器 22 及び受電共振器 32 は、それぞれ共振回路となり、磁界共鳴状態を創出する役割を果たす。ここで、磁界共鳴状態（共振現象）とは、2 つ以上のコイルが共振周波数帯域において共振することをいう。また、給電共振器 22 を構成する回路素子が有する合計のインピーダンスを Z_2 とし、本実施形態では、給電共振器 22 を構成する、抵抗器 R_2 、コイル L_2 、及び、コンデンサ C_2 を要素とする RLC 回路（回路素子）が有する合計のインピーダンスを Z_2 とする。また、受電共振器 32 を構成する回路素子が有する合計のインピーダンスを Z_3 とし、本実施形態では、受電共振器 32 を構成する、抵抗器 R_3 、コイル L_3 、及び、コンデンサ C_3 を要素とする RLC 回路（回路素子）が有する合計のインピーダンスを Z_3 とする。また、給電共振器 22 に流れる電流を I_2 とし、受電共振器 32 に流れる電流を I_3 とする。

[0045] また、給電共振器 22、及び、受電共振器 32 における共振回路としての RLC 回路では、インダクタンスを L 、コンデンサ容量を C とすると、（式 1）によって定まる f_0 が共振周波数となる。

[数 1]

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

・・・（式 1）

[0046] また、給電共振器 22 及び受電共振器 32 には、ソレノイドコイルを使用

している。また、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 における共振周波数は一致させている。なお、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 は、コイルを使用した共振器であれば、スパイラル型やソレノイド型などのコイルであってもよい。

[0047] また、給電コイル 2 1 と給電共振器 2 2 との間の距離を d_{12} とし、給電共振器 2 2 と受電共振器 3 2 との間の距離を d_{23} とし、受電共振器 3 2 と受電コイル 3 1 との間の距離を d_{34} としている（図 5 参照）。

[0048] また、図 3 に示すように、給電コイル 2 1 のコイル L_1 と給電共振器 2 2 のコイル L_2 との間の相互インダクタンスを M_{12} 、給電共振器 2 2 のコイル L_2 と受電共振器 3 2 のコイル L_3 との間の相互インダクタンスを M_{23} 、受電共振器 3 2 のコイル L_3 と受電コイル 3 1 のコイル L_4 との間の相互インダクタンスを M_{34} としている。また、給電モジュール 2 及び受電モジュール 3 において、コイル L_1 とコイル L_2 との間の結合係数を k_{12} と表記し、コイル L_2 とコイル L_3 との間の結合係数を k_{23} と表記し、コイル L_3 とコイル L_4 との間の結合係数を k_{34} と表記する。

[0049] 本実施形態では、給電モジュール 2 のソレノイドコイルを使用した給電共振器 2 2 の内周側に磁界検出器 1 1 を配置している。これは、後述する磁界空間 G 1 が形成される場所である。磁界検出器 1 1 としては、磁気ホールセンサを使用しており、測定した電圧の変化を磁界強度の変化として測定することができる（測定された電圧は、磁界強度に対して比例関係にあるため）。なお、磁界検出器 1 1 としては、コイル（例えばソレノイド状のコイル）を使用してもよい。

[0050] 判断制御機器 4 は、例えばマイクロコンピュータ・記憶装置等によって構成されており、磁界検出器 1 1 が検出した電圧の値に基づいて、受電モジュールに対する電力供給の異常を判断する機能を有する（詳細は後述する）。そして、判断制御機器 4 は、電力供給の異常であると判断したときに、給電モジュール 2 に対する電力供給を停止するように、電源回路 5 を制御する。具体的には、判断制御機器 4 が電力供給の異常であると判断したときに、制

御信号を送信して、電源回路 5 を制御することにより給電モジュール 2 に対する電力供給を停止する。

[0051] また、判断制御機器 4 は、所定の時間間隔を空けて（この所定の時間間隔は、任意に設定可能なものである）、電源回路 5 に検出信号を送信する。この検出信号を受けて、電源回路 5 が、短期間給電モジュール 2 に対する電力供給を一時的に行う。これにより、一時的に給電モジュール 2 に電力が供給され、給電共振器 2 2 の近辺に磁界が発生し、磁界検出器 1 1 による磁界強度の検出が可能となる。

[0052] 報知装置 1 2 は、外部に無線電力伝送装置 1 の状態を報知するものであればよく、例えば、アラーム装置、LED ランプ、ディスプレイなどが挙げられる。判断制御機器 4 が、電力供給の異常であると判断したときに、報知装置 1 2 によって、電力供給の異常を外部に報知する。例えば、アラーム装置であれば、警告音によって異常を報知し、LED ランプであれば、警告色を点灯、点滅させることにより異常を報知し、ディスプレイであれば、警告メッセージをディスプレイに表示することにより異常を報知する。

[0053] 上記無線電力伝送装置 1（給電モジュール 2 及び受電モジュール 3）によれば、給電共振器 2 2 と受電共振器 3 2 との間に磁界共鳴状態（共振現象）を創出することができる。給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 が共振した状態で磁界共鳴状態が創出されると、給電共振器 2 2 から受電共振器 3 2 に電力を磁界エネルギーとして伝送することが可能となり、給電モジュール 2 を備えた充電器 1 0 1 から、受電モジュール 3 を備えた無線式ヘッドセット 1 0 2 に電力が無線伝送され、無線式ヘッドセット 1 0 2 内に設けられた二次電池 9 が充電される。

[0054] （磁界空間の形成）

本実施形態では、給電モジュール 2 及び受電モジュール 3 の内部・周辺に発生する磁界の強度を抑制するために、磁界強度を弱めた磁界空間 G 1 を形成する。具体的には、図 2 に示すように、給電モジュール 2 の給電共振器 2 2 から受電モジュール 3 の受電共振器 3 2 に共振現象を利用した電力供給を

する際に、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 の近辺に、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間 G 1 を形成する。このように磁界空間 G 1 を形成するのは、周辺の磁界強度よりも磁界強度を低減させた磁界空間 G 1 に、磁界の影響を低減させたい安定回路 7、充電回路 8、及び、二次電池 9 などを収納することにより、安定回路 7、充電回路 8、及び、二次電池 9 などに対して、磁界に起因する渦電流の発生を低減・防止して、発熱による悪影響を抑制させるためである。

[0055] 磁界空間 G 1・G 2 を形成するためには、図 4 に示すように、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 における、電源周波数に対する伝送特性『S 2 1』を示すグラフが、二つのピーク帯域を有するように設定し、給電モジュールに供給する電力の電源周波数を、二つのピーク帯域の何れかに対応する電源周波数に設定することにより実現する。本実施形態では、図 2 に示すように、給電共振器 2 2 と受電共振器 3 2 との間に磁界空間 G 1 を形成するために、電源周波数を、二つのピーク帯域のうち高周波側に形成されるピーク帯域 ($f(\text{High P})$) に対応する電源周波数に設定する。なお、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 の外側に、磁界空間 G 2 を形成したい場合は (図 7 参照)、電源周波数を、二つのピーク帯域のうち低周波側に形成されるピーク帯域 ($f(\text{Low P})$) に対応する電源周波数に設定する。

[0056] ここで、伝送特性『S 2 1』とは、無線電力伝送装置 1 (給電モジュール 2 及び受電モジュール 3) をネットワークアナライザ 1 1 0 (例えば、アジレント・テクノロジー株式会社製の E 5 0 6 1 B など、図 5 参照) に接続して計測される信号を表しており、デシベル表示され、数値が大きいほど電力伝送効率が高いことを意味する。また、電力伝送効率とは、ネットワークアナライザ 1 1 0 に無線電力伝送装置 1 を接続した状態で、出力端子 1 1 1 から給電モジュール 2 に供給される電力に対する入力端子 1 1 2 に出力される電力の比率のことをいう。

[0057] 具体的には、図 5 に示すように、ネットワークアナライザ 1 1 0 を使用して、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 における、電源周波数に対する伝送

特性『S 2 1』を、給電共振器 2 2 に供給する交流電力の電源周波数を変えながら解析する。この際、図 4 のグラフに示すように、横軸を出力端子 1 1 から出力される交流電力の電源周波数とし、縦軸を伝送特性『S 2 1』として解析する。ここで、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 における伝送特性『S 2 1』を測定するにあたり、給電コイル 2 1 と給電共振器 2 2 との間の結合が強いと、給電共振器 2 2 と受電共振器 3 2 との間の結合状態に影響を与えてしまい、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 における伝送特性『S 2 1』の正確な測定ができないため、給電コイル 2 1 と給電共振器 2 2 との間の距離 d_{12} は、給電共振器 2 2 が十分に励振でき、給電共振器 2 2 による磁界を生成させ、かつ、給電コイル 2 1 と給電共振器 2 2 とができるだけ結合しない距離に保持する必要がある。また、同様の理由で受電共振器 3 2 と受電コイル 3 1 との間の距離 d_{34} も、受電共振器 3 2 が十分に励振でき、受電共振器 3 2 による磁界を生成させ、かつ、受電共振器 3 2 と受電コイル 3 1 とができるだけ結合しない距離に保持する必要がある。そして、解析された給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 における伝送特性『S 2 1』の解析波形が、図 4 に示すように、低周波数側に形成されるピーク帯域 ($f(\text{Low } P)$) と高周波数側に形成されるピーク帯域 ($f(\text{High } P)$) との二つのピーク帯域を有するように設定される。

[0058] なお、上記のように給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 における伝送特性『S 2 1』の解析波形が、低周波側と高周波側とにピークが分離して二つのピーク帯域を有するには、給電共振器 2 2 と受電共振器 3 2 との間の距離 d_{23} を調整したり、給電共振器 2 2 の RLC 回路の R_2 、 L_2 、 C_2 、受電共振器 3 2 の RLC 回路の R_3 、 L_3 、 C_3 における抵抗値、インダクタンス、コンデンサ容量、結合係数 k_{23} などの給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 を構成する変更可能なパラメータを調整したりすることにより実現される。

[0059] そして、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 における伝送特性『S 2 1』の解析波形が、二つのピーク帯域を有する場合に、高周波数側に形成されるピーク帯域 ($f(\text{High } P)$) に、供給する交流電力の電源周波数を設定した場合

、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 が逆位相で共振状態となり、図 6 に示すように、給電共振器 2 2 に流れる電流の向き (2 2 A) と受電共振器 3 2 に流れる電流の向き (3 2 A) とが逆向きになる。その結果、図 6 の磁界ベクトル図に示すように、給電共振器 2 2 の内周側に発生する磁界と受電共振器 3 2 の内周側に発生する磁界とが打ち消し合うことにより、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 の内周側に、磁界による影響が低減されて、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 の内周側以外の磁界強度 (例えば、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 の外周側の磁界強度) よりも小さな磁界強度を有する磁界空間 G 1 を形成することができる。ここで、給電共振器 2 2 に流れる電流の向きと受電共振器 3 2 に流れる電流の向きとが逆向きとなる共振状態を逆相共振モードと呼ぶことにする。

[0060] 一方、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 における伝送特性『S 2 1』の解析波形が、二つのピーク帯域を有する場合に、低周波数側に形成されるピーク帯域 (f(Low P)) に、供給する交流電力の電源周波数を設定した場合、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 が同位相で共振状態となり、図 7 に示すように、給電共振器 2 2 に流れる電流の向き (2 2 A) と受電共振器 3 2 に流れる電流の向き (3 2 A) とが同じ向きになる。その結果、図 7 の磁界ベクトル図に示すように、給電共振器 2 2 の外周側に発生する磁界と受電共振器 3 2 の外周側に発生する磁界とが打ち消し合うことにより、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 の外周側に、磁界による影響が低減されて、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 の外周側以外の磁界強度 (例えば、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 の内周側の磁界強度) よりも小さな磁界強度を有する磁界空間 G 2 を形成することができる。ここで、給電共振器 2 2 に流れる電流の向きと受電共振器 3 2 に流れる電流の向きとが同じ向きとなる共振状態を同相共振モードと呼ぶことにする。

[0061] (磁界空間の形成を利用した磁界強度の検出)

上記で説明したように、上記構成の無線電力伝送装置 1 では、給電共振器 2 2 と受電共振器 3 2 とが磁界共鳴状態を創出し、無線電力伝送が行われる

際に、磁界空間G 1・G 2を形成することができる。これは、充電器1 0 1から無線式ヘッドセット1 0 2が備える二次電池9に対して充電が可能な状態であるときに磁界空間G 1・G 2が形成されると言える。

[0062] そこで、本願では、磁界空間G 1・G 2が形成される位置に磁界検出器1 1を配置して、磁界空間G 1・G 2が形成される位置の磁界強度を検出することにより、充電器1 0 1から無線式ヘッドセット1 0 2が備える二次電池9に対して正常充電が行われているのか（正常充電状態）、充電器1 0 1が待機状態にあるのか（待機状態）、充電器1 0 1から無線式ヘッドセット1 0 2が備える二次電池9に対しての充電に関して異常な状態が発生しているのかを判断させている（異常状態）。

[0063] 具体的には、図8に示すように、磁界空間G 1が形成される位置において（磁界検出器1 1の設置箇所）、充電器1 0 1から無線式ヘッドセット1 0 2が備える二次電池9に対して正常に充電が行われているときの磁界強度の範囲を予め測定しておき、この範囲の磁界強度が磁界検出器1 1によって検出された場合には、正常充電が行われていると判断する。また、図9に示すように、磁界空間G 1が形成される位置において（磁界検出器1 1の設置箇所）、充電器1 0 1から無線式ヘッドセット1 0 2が備える二次電池9に対しての充電が行われず、待機状態にあるときの磁界強度の範囲を予め測定しておき、この範囲の磁界強度が磁界検出器1 1によって検出された場合には、充電に対して待機状態であると判断する。

[0064] また、磁界検出器1 1が検出した磁界強度が、正常充電を示す磁界強度でも待機状態を示す磁界強度でもない値を示す場合は、充電器1 0 1から無線式ヘッドセット1 0 2が備える二次電池9に対しての充電に関して異常状態が発生していると判断する。例えば、図10に示すように、給電モジュール2の近辺に金属異物（例えば、硬貨、釘、クリップ、鍵など）が置かれたりすると、金属異物が磁場の影響を受け、渦電流が引き起こされてしまう。このように渦電流が引き起こされると金属異物や給電モジュール2に過剰な熱が生じてしまう場合があり、充電器1 0 1から無線式ヘッドセット1 0 2が

備える二次電池 9 に対しての充電に関して異常な状態が発生していると判断すべきである。そこで、給電モジュール 2 の近辺に金属異物が置かれたりすると、金属異物によって給電モジュール 2 周辺の磁場が影響を受け、磁界強度が、待機状態に比べて弱まる傾向にあることを利用して、磁界検出器 11 が検出した磁界強度が、正常充電を示す磁界強度でも待機状態を示す磁界強度でもない値を示す場合は、給電モジュール 2 の近辺に金属異物が置かれていると判断して、充電に関して異常状態が発生していると判断させる。

[0065] (測定実験)

上述した正常充電状態、待機状態、及び、異常状態において、磁界強度がどのように変化するかを、測定実験 1、2 により説明する。

[0066] 測定実験 1、2 で使用する無線電力伝送装置 1 では、給電コイル 21 は、抵抗器 R_1 、コイル L_1 、コンデンサ C_1 を要素とする RLC 回路を構成しており、コイル L_1 部分は、線径 0.2 mm の銅線材を使用し、コイル径を 9 mm ϕ に設定している。また、給電共振器 22 は、抵抗器 R_2 、コイル L_2 、及び、コンデンサ C_2 を要素とする RLC 回路を構成しており、コイル L_2 部分は、線径 0.2 mm の銅線材を使用し、コイル径 9 mm ϕ のソレノイド型のコイルを使用している。また、受電共振器 32 は、抵抗器 R_3 、コイル L_3 、及び、コンデンサ C_3 を要素とする RLC 回路を構成しており、コイル L_3 部分は、線径 0.1 mm の銅線材を使用し、コイル径 8 mm ϕ のソレノイド型のコイルを使用している。また、受電コイル 31 は、抵抗器 R_4 、コイル L_4 、コンデンサ C_4 を要素とする RLC 回路を構成しており、コイル L_4 部分は、線径 0.1 mm の銅線材を使用し、コイル径を 8 mm ϕ に設定している。また、給電コイル 21 及び給電共振器 22 の内周側に、形成される磁界空間 G1 の磁界強度をより小さくするため（測定される磁界強度の変化がより明確になるように）、厚み 450 μ m の円筒状の磁性材を配置している。同様に、受電共振器 32 及び受電コイル 31 の内周側にも、厚み 450 μ m の円筒状の磁性材を配置している。そして、測定実験 1、2 で使用する無線電力伝送装置 1 における R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 の値をそれぞれ、2 Ω 、2.3 Ω 、1.8 Ω 、1.2 Ω

に設定した。また、 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 の値をそれぞれ、 $11\ \mu\text{H}$ 、 $15\ \mu\text{H}$ 、 $7.7\ \mu\text{H}$ 、 $4.1\ \mu\text{H}$ に設定した。また、 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 の値をそれぞれ、 $2.3\ \text{nF}$ 、 $1.68\ \text{nF}$ 、 $3.3\ \text{nF}$ 、 $6.2\ \text{nF}$ に設定した。また、給電共振器22及び受電共振器32における共振周波数は $1\ \text{MHz}$ である。

[0067] (測定実験1)

測定実験1では、図11～図13に示すように、給電共振器22の内周側に、磁気ホールセンサ11A (Allegro Micro Systems製A1324LUA リニア型) を配置し、磁気ホールセンサ11Aに接続したオシロスコープ (Agilent Technology社 MS0-X3054A) によって、正常充電状態、待機状態、及び、異常状態における磁気ホールセンサ11Aの出力電圧を測定する。ここで、磁気ホールセンサ11Aで測定された出力電圧は、磁界強度に対して比例関係にあるため、測定した出力電圧の変化を磁界強度の変化として測定することができる。

[0068] また、測定実験1では、図14に示すように、磁気ホールセンサ11AにDC5Vで印加した場合の磁気ホールセンサ11Aの出力電圧を測定する。この場合、電源6から給電モジュール2に給電が行われないときは、磁界は発生しないため、磁界検出器11で測定される出力電圧は、2.5Vである (図14参照)。また、測定する出力電圧の値は、図14に示すように、振幅Vp-pを、検出電圧p-pとして測定する。また、給電モジュール2に給電する入力電力は、電源周波数が $1080\ \text{kHz}$ で、電圧5V、電流0.25Aに設定している。また、異常状態としては、図13に示すよう、金属異物に、 $5\ \text{mm} \times 5\ \text{mm} \times 0.5\ \text{mm}$ の銅片、 $5\ \text{mm} \times 5\ \text{mm} \times 0.5\ \text{mm}$ のアルミ片、 $10\ \text{mm} \times 10\ \text{mm} \times 0.5\ \text{mm}$ の銅片、 $10\ \text{mm} \times 10\ \text{mm} \times 0.5\ \text{mm}$ のアルミ片を、給電共振器22からの距離3mm ($d_{23} = 3\ \text{mm}$) に配置した場合、及び、給電共振器22からの距離2mm ($d_{23} = 2\ \text{mm}$) に配置した場合の出力電圧を測定する。なお、正常充電状態では、給電共振器22と受電共振器32との間の距離 d_{23} が3mm及び2mmとした場

合について測定する。

[0069] その測定結果を図 15 に示す。この測定結果によると、待機状態での検出電圧 $p-p$ は、 94.6 mV で最も高くなっており（磁界強度が最も大きい）、 $d_{23} = 3\text{ mm}$ とした場合の正常充電状態（磁界空間 $G1$ 形成）での検出電圧 $p-p$ は、 83.5 mV で最も低くなっている（磁界強度が最も小さい）。そして、異常状態として、 $5\text{ mm} \times 5\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ の銅片、 $5\text{ mm} \times 5\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ のアルミ片、 $10\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ の銅片、 $10\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ のアルミ片を、給電共振器 22 からの距離 3 mm （ $d_{23} = 3\text{ mm}$ ）に配置した場合の検出電圧 $p-p$ は、待機状態の場合よりも低く、正常充電状態よりも高い値を示している。また、 d_{23} を 2 mm にした場合も同様の結果である。これにより、正常充電状態では、無線電力伝送装置 1 において、図 11 に示すように、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間 $G1$ が形成されるため、この磁界空間 $G1$ において磁気ホールセンサ 11A によって測定される検出電圧 $p-p$ は、最も低い値となることが分かる。一方、異常状態として金属異物を給電モジュール 2 の近くに配置した場合には、金属異物によって給電モジュール 2 周辺の磁場が影響を受け、磁界強度が、待機状態に比べて弱まることが分かる。

[0070] （測定実験 2）

測定実験 2 では、給電共振器 22 の内周側に、磁気検出コイル 11B を配置し、磁気検出コイル 11B に接続したオシロスコープ（Agilent Technology 社 MS0-X3054A）によって、正常充電状態、待機状態、及び、異常状態における磁気検出コイル 11B の出力電圧を測定する。ここで、磁気検出コイル 11B で測定された出力電圧は、磁界強度に対して比例関係にあるため、測定した出力電圧の変化を磁界強度の変化として測定することができる。なお、磁気検出コイル 11B は、RL 回路であり（ $R = 1.22\ \Omega$ 、 $L = 5\ \mu\text{H}$ ）、コイル部分は線径 0.12 mm の銅線材を使用し、コイル径を $5\text{ mm}\phi$ に設定している。

[0071] また、測定実験 2 では、図 16 に示すように、測定する出力電圧の値は、

振幅 V_{p-p} を、検出電圧 $p-p$ として測定する。また、給電モジュール 2 に給電する入力電力は、電源周波数が 1080 kHz で、電圧 5 V 、電流 0.25 A に設定している。また、異常状態としては、測定実験 1 同様に、金属異物に、 $5\text{ mm} \times 5\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ の銅片、 $5\text{ mm} \times 5\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ のアルミ片、 $10\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ の銅片、 $10\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ のアルミ片を、給電共振器 22 からの距離 3 mm ($d_{23} = 3\text{ mm}$) に配置した場合、及び、給電共振器 22 からの距離 2 mm ($d_{23} = 2\text{ mm}$) に配置した場合の出力電圧を測定する。なお、正常充電状態では、給電共振器 22 と受電共振器 32 との間の距離 d_{23} が 3 mm 及び 2 mm とした場合について測定する。

[0072] その測定結果を図 17 に示す。この測定結果によると、待機状態での検出電圧 $p-p$ は、 2.74 V で最も高くなっており（磁界強度が最も大きい）、 $d_{23} = 3\text{ mm}$ とした場合の正常充電状態（磁界空間 $G1$ 形成）での検出電圧 $p-p$ は、 1.86 V で最も低くなっている（磁界強度が最も小さい）。そして、異常状態として、 $5\text{ mm} \times 5\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ の銅片、 $5\text{ mm} \times 5\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ のアルミ片、 $10\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ の銅片、 $10\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ のアルミ片を、給電共振器 22 からの距離 3 mm ($d_{23} = 3\text{ mm}$) に配置した場合の検出電圧 $p-p$ は、待機状態の場合よりも低く、正常充電状態よりも高い値を示している。また、 d_{23} を 2 mm にした場合も同様の結果である。これにより、正常充電状態では、無線電力伝送装置 1 において、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間 $G1$ が形成されるため、この磁界空間 $G1$ において磁気検出コイル 11B によって測定される検出電圧 $p-p$ は、最も低い値となることが分かる。一方、異常状態として金属異物を給電モジュール 2 の近くに配置した場合には、金属異物によって給電モジュール 2 周辺の磁場が影響を受け、磁界強度が、待機状態に比べて弱まることが分かる。

[0073] （無線電力伝送装置 1 の給電動作フロー）

上記無線電力伝送装置 1 の構成等を踏まえて、無線電力伝送装置 1 におけ

る給電動作について説明する。具体的には、無線電力伝送装置 1 において、主に判断制御機器 4 が実行する給電動作フロー（処理）を、図 18 を参照して説明する。

[0074] まず、判断制御機器 4 は、初期化等の所定の起動処理を行う（S 1）。

[0075] 次に、判断制御機器 4 は、所定時間経過したか否かを判断する（S 2）。所定時間経過していなければ（S 2：NO）、所定時間経過するまで待機する。

[0076] 一方、所定時間経過していれば（S 2：YES）、電源回路 5 に検出信号を送信する（S 3）。

[0077] ここで、S 2、S 3 の処理では、所定の時間間隔を空けて（この所定の時間間隔は、任意に設定可能なものである）、電源回路 5 に検出信号を送信し、この検出信号を受けて、電源回路 5 が、短期間給電モジュール 2 に対する電力供給を一時的に行う。これにより、一時的に給電モジュール 2 に電力が供給され、給電共振器 22 の近辺に磁界が発生し、磁気ホールセンサ 11A による出力電圧（検出電圧）の検出が可能となる（磁界強度の検出が可能となる）。また、S 2 で設定する所定時間は、短すぎると、検出動作に要する消費電力が増大してしまい、逆に、長くすると、検出に対する時間的精度が低下してしまうので、この点を考慮して決定する必要がある。

[0078] 次に、一時的に給電モジュール 2 に電力が供給され、給電共振器 22 の近辺に磁界が発生するので、このときの磁気ホールセンサ 11A における検出電圧を測定する（S 4）。

[0079] 次に、判断制御機器 4 は、S 4 で測定された検出電圧が、待機状態における磁界強度を示す範囲内の値か否かを判断する（S 5）。例えば、測定実験 1 の測定結果を参照した場合（図 15 参照）、待機状態における磁界強度を示す検出電圧は、94.6 mV であるため、待機状態における磁界強度を示す範囲を、94.6 mV 以上と予め記憶装置等に記憶させておき、S 5 の処理が実行された際に、「待機状態における磁界強度を示す範囲が、94.6 mV 以上である」ことを参照する。

[0080] そして、S 4 で測定された検出電圧が、待機状態における磁界強度を示す範囲内の値（測定実験 1 の例では、94.6 mV 以上）である場合（S 5 : Y E S）、無線電力伝送装置 1 の状態を、待機状態と判断する（S 6）。これは、図 1 2 に示すように、無線式ヘッドセット 1 0 2 が、充電器 1 0 1 の近く（充電可能範囲）に存在しない状態である。

[0081] そして、待機状態と判断した場合（S 6）、判断制御機器 4 は、給電モジュール 2 に対する電力供給を O F F にする（S 7）。具体的には、判断制御機器 4 が、電源回路 5 に制御信号を送信して、電源回路 5 を制御することにより給電モジュール 2 に対する電力供給を停止する。これにより、待機状態における消費電力を抑制することができる。

[0082] 一方、S 4 で測定された検出電圧が、待機状態における磁界強度を示す範囲内の値（測定実験 1 の例では、94.6 mV 以上）でない場合（S 5 : N O）、判断制御機器 4 は、S 4 で測定された検出電圧が、正常充電状態における磁界強度を示す範囲内の値か否かを判断する（S 8）。例えば、測定実験 1 の測定結果を参照した場合（図 1 5 参照）、正常充電状態における磁界強度を示す検出電圧は、83.5 mV であるため、正常充電状態における磁界強度を示す範囲を、83.5 mV 以下と予め記憶装置等に記憶させておき、S 8 の処理が実行された際に、「正常充電状態における磁界強度を示す範囲が、83.5 mV 以下である」ことを参照する。

[0083] そして、S 4 で測定された検出電圧が、正常充電状態における磁界強度を示す範囲内の値（測定実験 1 の例では、83.5 mV 以下）である場合（S 8 : Y E S）、無線電力伝送装置 1 の状態を、正常充電状態と判断する（S 9）。これは、図 1 1 に示すように、無線式ヘッドセット 1 0 2 が、充電器 1 0 1 の近く（充電可能範囲）に存在する状態である。

[0084] そして、正常充電状態と判断した場合（S 9）、判断制御機器 4 は、給電モジュール 2 に対する電力供給を O N にする（S 1 0）。具体的には、判断制御機器 4 が、電源回路 5 に制御信号を送信して、電源回路 5 を制御することにより給電モジュール 2 に対する電力供給を開始する。

[0085] 一方、S 4 で測定された検出電圧が、正常充電状態における磁界強度を示す範囲内の値（測定実験 1 の例では、83.5 mV 以下）でない場合（S 8 : NO）、判断制御機器 4 は、無線電力伝送装置 1 の状態を、異常状態と判断する（S 11）。これは、図 13 に示すように、充電器 101 の近辺に金属異物が配置されていると推定するものである。

[0086] そして、異常状態と判断した場合（S 11）、判断制御機器 4 は、報知装置 12 によって、電力供給の異常を外部に報知する報知処理を実行する（S 12）。例えば、報知装置 12 が、アラーム装置であれば、警告音によって異常を報知し、LED ランプであれば、警告色を点灯、点滅させることにより異常を報知し、ディスプレイであれば、警告メッセージをディスプレイに表示することにより異常を報知する。

[0087] そして、S 12 の報知処理の後、判断制御機器 4 は、給電モジュール 2 に対する電力供給を OFF にする（S 7）。

[0088] S 7 の処理又は S 10 の処理が終了すると、S 2 の処理に戻る。これにより、所定時間間隔で、無線電力伝送装置 1 の状態が、待機状態であるのか、正常充電状態であるのか、異常状態であるのかを監視することができる。

[0089] （効果）

上記の構成によれば、給電モジュール 2 から、受電モジュール 3 に対して共振現象を利用して電力を供給する際に、給電モジュール 2 周辺に発生する磁界と受電モジュール 3 周辺に発生する磁界とを打ち消し合わせることで、給電モジュール 2 及び受電モジュール 3 の近辺に、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間 G1・G2 を形成することができる。そして、磁界空間 G1・G2 に配置された磁界検出器 11 を用いて磁界強度を検出し、この磁界強度の値に基づいて電力供給の異常（異常状態）を検知することができるため、無線電力伝送装置 1 の大型化を防止しながら安全な電力供給を実現することができる。

[0090] また、電力供給の異常（異常状態）を検知したときに、給電モジュール 2 に対する電力供給が停止されることによって、異常な電力供給による不具合

の発生を未然に防止することができる。

[0091] また、電力供給の異常（異常状態）を検知したときに、報知装置 1 2 によって異常状態であることを外部に知らせることができる。

[0092] また、上記の構成では、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間 G 1 を形成する際に、給電共振器 2 2 と受電共振器 3 2 との結合の強さを表す結合係数が高くなる。このように結合係数が高い状態で、伝送特性『S 2 1』（給電モジュール 2 から受電モジュール 3 に電力を送電する際の送電効率の指標となる値）を解析すると、その解析波形は低周波側と高周波側とにピークが分離する。そして、この高周波側の周波数に、電力周波数を設定することにより、給電共振器 2 2 に流れる電流の向きと受電共振器 3 2 に流れる電流の向きとが逆向きになり、給電モジュール 2 の内周側に発生する磁界と受電モジュール 3 の内周側に発生する磁界とが打ち消し合うことにより、給電共振器 2 2 の内周側に、磁界による影響が低減されて、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間 G 1 を形成することができる。そして、磁界空間 G 1 が形成される給電共振器 2 2 の内周側に磁界検出器 1 1 を配置することにより、給電共振器 2 2 の内周側の空間を有効活用することができ、無線電力伝送装置 1 をコンパクトにすることができる。

[0093] また、上記の構成では、磁界検出器 1 1 に磁気ホールセンサ 1 1 A を使用することにより、精度よく磁界強度を検知することができるとともに、磁気ホールセンサ 1 1 A が小型であるため無線電力伝送装置 1 をコンパクトにすることができる。

[0094] また、磁界検出器 1 1 に磁気検出コイル 1 1 B を使用した場合には、無線電力伝送装置 1 の製造コストを安価にすることができる。また、磁気検出コイル 1 1 B は、その大きさ（径、厚み、巻き数、コイルの線径等）をある程度変更できるので、無線電力伝送装置 1 の大きさや空間に合わせて、コイルの大きさを調整することが可能である。

[0095] （磁界強度の検出感度を高める構成）

次に、磁界強度の検出感度を高める構成について説明する。上述したよう

に、磁気ホールセンサ 11 A などで測定された出力電圧は、磁界強度に対して比例関係にあるため、測定した出力電圧の変化を磁界強度の変化として測定することができる。ここで、正常充電状態、待機状態、及び、異常状態における磁界強度、即ち、磁気ホールセンサ 11 A などの磁界検出器で測定される出力電圧は、高い方が検出し易く、検出精度が高い。仮に、磁気ホールセンサ 11 A などの磁界検出器をどの位置に配置するかによって、磁界検出器で測定される出力電圧が変わるとすれば、出力電圧が高くなる位置に磁気ホールセンサ 11 A などの磁界検出器を配置することが望まれる。そこで、以下の説明では、上記磁界空間を形成可能な無線電力伝送装置 1 において、磁気ホールセンサ 11 A などの磁界検出器をどの位置に配置するのが良いかについて説明する。

[0096] 具体的には、磁気ホールセンサ 11 A を、給電コイル 21 及び受電共振器 32 のコイル内部のどの位置に配置するのが良いかを測定実験 3 により説明する。また、磁気ホールセンサ 11 A をどの向きで配置するかについても測定実験 4 により説明する。

[0097] (測定実験)

測定実験 3、4 で使用する無線電力伝送装置 1 では、図 19 に示すように、給電コイル 21 は、抵抗器 R_1 、コイル L_1 、コンデンサ C_1 を要素とする RLC 回路を構成しており、コイル L_1 部分は、線径 0.12 mm の銅線材を使用し、コイル径を 11 mm ϕ に設定している。また、給電共振器 22 は、抵抗器 R_2 、コイル L_2 、及び、コンデンサ C_2 を要素とする RLC 回路を構成しており、コイル L_2 部分は、線径 0.12 mm の銅線材を使用し、コイル径 11 mm ϕ のソレノイド型のコイルを使用している。また、図 20 に示すように、受電共振器 32 は、抵抗器 R_3 、コイル L_3 、及び、コンデンサ C_3 を要素とする RLC 回路を構成しており、コイル L_3 部分は、線径 0.1 mm の銅線材を使用し、コイル径 9 mm ϕ のソレノイド型のコイルを使用している。また、受電コイル 31 は、抵抗器 R_4 、コイル L_4 、コンデンサ C_4 を要素とする RLC 回路を構成しており、コイル L_4 部分は、線径 0.1 mm の銅線材を使用し、コ

イル径を9 mm ϕ に設定している。また、給電コイル2 1及び給電共振器2 2の内周側に、形成される磁界空間G 1の磁界強度をより小さくするため（測定される磁界強度の変化がより明確になるように）、厚み450 μ mの円筒状の磁性材2 3を配置している。同様に、受電共振器3 2及び受電コイル3 1の内周側にも、厚み450 μ mの円筒状の磁性材3 3を配置している。そして、測定実験3、4で使用する無線電力伝送装置1における R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 の値をそれぞれ、1.9 Ω 、2.5 Ω 、1.7 Ω 、2 Ω に設定した。また、 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 の値をそれぞれ、12.5 μ H、18.8 μ H、7 μ H、5.5 μ Hに設定した。また、 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 の値をそれぞれ、2 nF、1.33 nF、3.6 nF、4.7 nFに設定した。また、給電共振器2 2及び受電共振器3 2における共振周波数は1 MHzである。

[0098] また、図19に示すように、給電モジュール2では、給電コイル2 1はコイル中心軸方向の厚みが3 mmのソレノイド形状にしている。また、給電共振器2 2はコイル中心軸方向の厚みが3.5 mmのソレノイド形状にしている。そして、給電コイル2 1と給電共振器2 2との間の距離は、図19に示すように、コイル中心軸方向に3.5 mmになるように設定している。

[0099] また、図20に示すように、正常充電状態では、給電共振器2 2と受電共振器3 2との間の距離 d_{23} は、3 mmに設定する。

[0100] また、図21に示すように、異常状態を想定する際に使用する金属異物6 0には、直径9 mm ϕ 、厚み0.5 mmの円柱状の銅板、及び、直径11.6 mm ϕ 、厚み5.4 mmの円柱状の空気垂鉛電池（Zinc Air）を使用している。また、給電共振器2 2と金属異物6 0との間の距離 d_{23} は、3 mmに設定する。

[0101] （測定実験3）

測定実験3では、図19～図21に示すように、待機状態（図19参照）、正常充電状態（図20参照）及び、異常状態（図21参照）を想定した無線電力伝送装置1において、給電コイル2 1及び給電共振器2 2の内周側に、磁気ホールセンサ1 1 A（Allegro Micro Systems製A1324LUA リニア型）

を様々な位置に配置し、磁気ホールセンサ 11 A に接続したオシロスコープ（エヌエフ回路設計ブロック社 GDS2064）によって、磁気ホールセンサ 11 A の出力電圧を測定する。

[0102] 磁気ホールセンサ 11 A は、図 19 に示すように、縦幅 3 mm、横幅 4 mm、厚み 1.5 mm の薄板形状をした磁界検出器で、薄板状の半導体を内包し、この薄板状の半導体に対するホール効果を利用して磁界強度を検出する。

[0103] 具体的には、測定実験 3 の 1 つ目は、待機状態（図 19 参照）、正常充電状態（図 20 参照）及び、異常状態（図 21 参照）を想定した無線電力伝送装置 1 において、横向きにした磁気ホールセンサ 11 A（図 23 の B 参照）を、コイル中心軸に沿って（図 22 の A 参照）、給電コイル 21 の外面側（21 A）から受電共振器 32 に移動させながら、磁気ホールセンサ 11 A の出力電圧を測定する。即ち、磁気ホールセンサ 11 A を、給電共振器 22 が有するソレノイド状のコイルのコイル中心軸に沿って、給電時に給電共振器 22 と受電共振器 32 とが対向しない面側（21 A 参照）から、給電共振器 22 と受電共振器 32 とが対向する面側（対抗面側 22 A：図 19 参照）に移動させながら、磁気ホールセンサ 11 A の出力電圧を測定する。その測定結果を図 24 の A に示す。

[0104] ここで、図 23 の B に示すように、横向きにした磁気ホールセンサ 11 A とは、磁気ホールセンサ 11 A が内包する薄板状の半導体の薄板面が、コイルの中心軸方向に対して垂直になるように配置することである。また、図 23 の A に示すように、縦向きにした磁気ホールセンサ 11 A とは、磁気ホールセンサ 11 A が内包する薄板状の半導体の薄板面が、コイルの中心軸方向になるように配置することである。

[0105] 図 24 の測定結果における横軸 h (mm) は、図 19～図 21 に示すように、給電コイル 21 の外面側（21 A）を基準「0 mm」とし、対抗面側 22 A へのコイル中心軸方向の距離を示している。また、縦軸は、磁気ホールセンサ 11 A の出力電圧 V_{p-p} (mV) の値である。また、四角（□）の測定

値を結ぶ実線は、待機状態における磁気ホールセンサ 11 A の出力電圧である。また、三角 (△) の測定値を結ぶ実線は、金属異物 60 に空気亜鉛電池 (Zinc Air) を使用した異常状態における磁気ホールセンサ 11 A の出力電圧である。また、菱形 (◇) の測定値を結ぶ実線は、金属異物 60 に銅板を使用した異常状態における磁気ホールセンサ 11 A の出力電圧である。また、丸 (○) の測定値を結ぶ実線は、正常充電状態における磁気ホールセンサ 11 A の出力電圧である。

[0106] 次に、測定実験 3 の 2 つ目は、待機状態 (図 19 参照)、正常充電状態 (図 20 参照) 及び、異常状態 (図 21 参照) を想定した無線電力伝送装置 1 において、横向きにした磁気ホールセンサ 11 A (図 23 の B 参照) を、給電共振器 22 のコイル内周面に沿って (図 22 の C 参照)、給電コイル 21 の外面側 (21 A) から給電共振器 22 に移動させながら、磁気ホールセンサ 11 A の出力電圧を測定する。即ち、磁気ホールセンサ 11 A を、給電共振器 22 が有するソレノイド状のコイル内周面に沿って、給電時に給電共振器 22 と受電共振器 32 とが対向しない面側 (21 A 参照) から、給電共振器 22 と受電共振器 32 とが対向する面側 (対抗面側 22 A : 図 19 参照) に移動させながら、磁気ホールセンサ 11 A の出力電圧を測定する。その測定結果を図 24 の C に示す。

[0107] 図 24 の A 及び C の測定結果を見てみると、図 24 の A に示すように磁気ホールセンサ 11 A をコイル中心軸に沿って移動させた場合よりも、図 24 の C に示すように磁気ホールセンサ 11 A を給電共振器 22 のコイル内周面に沿って移動させた場合の方が、磁気ホールセンサ 11 A が測定した出力電圧は、高いことが分かる。即ち、磁気ホールセンサ 11 A をコイル中心軸に沿った位置に配置した場合よりも、磁気ホールセンサ 11 A を給電共振器 22 のコイル内周面側に配置した場合の方が、磁気ホールセンサ 11 A などの磁界検出器で測定される出力電圧は検出し易く、検出精度が高いことが分かる。

[0108] また、図 24 の A 及び C の測定結果を見てみると、両方の測定結果とも、

給電コイル 2 1 の外面側 2 1 A ($h = 0 \text{ mm}$) から給電共振器 2 2 の対抗面側 2 2 A ($h = 10 \text{ mm}$) に、磁気ホールセンサ 1 1 A を移動させるにつれて、磁気ホールセンサ 1 1 A が測定した出力電圧が、高くなっていることが分かる。即ち、磁気ホールセンサ 1 1 A を、給電コイル 2 1 の外面側 2 1 A よりも給電共振器 2 2 の対抗面側 2 2 A に配置した場合の方が、磁気ホールセンサ 1 1 A などの磁界検出器で測定される出力電圧は、検出し易く、検出精度が高いことが分かる。

[0109] なお、図 2 4 の A 及び C の測定結果では、磁気ホールセンサ 1 1 A で測定される出力電圧は、 $h = 11 \text{ mm}$ の場所、即ち、磁気ホールセンサ 1 1 A が給電共振器 2 2 の対抗面 2 2 A を 1 mm ほど突出する場所が最高であった。従って、給電モジュール 2 の構成上可能であれば、出力電圧の検出精度を最も高めるために、磁気ホールセンサ 1 1 A を給電共振器 2 2 の対抗面 2 2 A を少し突出する場所に配置してもよい。ただし、磁気ホールセンサ 1 1 A を給電共振器 2 2 のコイル内周部側に配置して、コンパクト化を図りたい意図からは、磁気ホールセンサ 1 1 A を、給電共振器 2 2 のコイル内周面側、且つ、給電共振器 2 2 の対抗面 2 2 A に沿った位置 ($h = 10 \text{ mm}$) に配置するとよい。

[0110] ここで、測定実験 3 の 3 つ目として、待機状態 (図 1 9 参照) を想定した無線電力伝送装置 1 において、横向きにした磁気ホールセンサ 1 1 A (図 2 3 の B 参照) を、コイル中心軸からコイル内周面側に 2.5 mm 離れた位置で (図 2 2 の B 参照)、コイル中心軸方向に、給電コイル 2 1 の外面側 (2 1 A) から給電共振器 2 2 に移動させながら、磁気ホールセンサ 1 1 A の出力電圧を測定する。その測定結果を図 2 5 の三角 (Δ) の測定値を結ぶ実線 (中間) で示す。なお、図 2 5 では、図 2 4 の A (磁気ホールセンサ 1 1 A をコイル中心軸に配置した場合) の待機状態における測定結果を、丸 ($\circ$) の測定値を結ぶ実線 (中心) で示している。また、図 2 5 では、図 2 4 の C (磁気ホールセンサ 1 1 A をコイル内周面側に配置した場合) の待機状態における測定結果を、四角 ($\square$) の測定値を結ぶ実線 (中心) で示している。

[0111] 図25の測定結果を見てみると、コイル中心軸（図22のA参照）から、コイル中心軸からコイル内周面側に2.5mm離れた位置（図22のB参照）を経て、給電共振器22のコイル内周面側（図22のC参照）に、磁気ホールセンサ11Aを移動させるにつれて、磁気ホールセンサ11Aが測定した出力電圧が、高くなっていることが分かる。即ち、磁気ホールセンサ11Aを、コイル中心軸よりも給電共振器22のコイル内周面側に配置した場合の方が、磁気ホールセンサ11Aなどの磁界検出器で測定される出力電圧は、検出し易く、検出精度が高いことが分かる。

[0112] また、図26に、測定実験3の1つ目で測定した、待機状態での出力電圧から、正常充電状態での出力電圧を差し引いた値を、丸（○）の値を結ぶ実線（中心）で示している。同様に、測定実験3の2つ目で測定した、待機状態での出力電圧から、正常充電状態での出力電圧を差し引いた値を、四角（□）の値を結ぶ実線（内周側）で示している。

[0113] 図26の結果を見てみると、磁気ホールセンサ11Aをコイル中心軸に沿った位置に配置させた場合よりも、磁気ホールセンサ11Aを給電共振器22のコイル内周面に沿った位置に配置させた場合の方が、待機状態での出力電圧から正常充電状態での出力電圧を差し引いた値が大きくなることが分かる。このように、待機状態での出力電圧から、正常充電状態での出力電圧を差し引いた値が大きくなると、正常充電状態における出力電圧と待機状態における出力電圧との間に大きな差を設けることができるので、正常充電状態における出力電圧と待機状態における出力電圧との間の差が小さい場合に比べて、誤検出の可能性を防止することが可能となる。したがって、磁気ホールセンサ11Aなどの磁界検出器で測定される出力電圧は、検出し易く、検出精度が高くなると言える。

[0114] （測定実験4）

測定実験4では、待機状態（図19参照）を想定した無線電力伝送装置1において、コイル中心軸に沿って、磁気ホールセンサ11A（Allegro Micro Systems製A1324LUA リニア型）の向きを変えて、磁気ホールセンサ11Aに

接続したオシロスコープ（エヌエフ回路設計ブロック社 GDS2064）によって、磁気ホールセンサ 1 1 A の出力電圧を測定する。具体的には、磁気ホールセンサ 1 1 A の向きは、上述したように、縦向き（図 2 3 の A）、及び、横向き（図 2 3 の B）にした場合について測定した。その測定結果を図 2 7 に示す。なお、図 2 7 では、磁気ホールセンサ 1 1 A の向きを、縦向き（図 2 3 の A）にした場合の測定結果を、四角（□）の測定値を結ぶ実線（縦）で示している。また、磁気ホールセンサ 1 1 A の向きを、横向き（図 2 3 の B）にした場合の測定結果を、菱形（◇）の測定値を結ぶ実線（横）で示している。

[0115] 図 2 7 の測定結果を見てみると、磁気ホールセンサ 1 1 A を縦向きに配置した場合よりも、磁気ホールセンサ 1 1 A を横向きに配置した場合の方が、磁気ホールセンサ 1 1 A が測定した出力電圧は、高いことが分かる。即ち、磁気ホールセンサ 1 1 A を縦向きに配置した場合よりも、磁気ホールセンサ 1 1 A を横向きに配置した場合の方が、磁気ホールセンサ 1 1 A などの磁界検出器で測定される出力電圧は検出し易く、検出精度が高いことが分かる。

[0116] （効果）

上記構成によれば、磁気ホールセンサ 1 1 A を給電共振器 2 2 が有するコイル中心軸よりもコイルの内周面側に配置することにより、磁気ホールセンサ 1 1 A を給電共振器 2 2 が有するコイルの中心軸に配置した場合よりも、磁界強度の検出感度を高めることができる。

[0117] また、磁気ホールセンサ 1 1 A を給電共振器 2 2 が有するコイルの内周面に沿った位置に配置することにより、磁界強度の検出感度をより高めることができる。

[0118] また、磁気ホールセンサ 1 1 A を給電共振器 2 2 が有するコイルの内周側で、給電共振器 2 2 が有するコイルと受電共振器 3 2 が有するコイルとが対向しない面（2 1 A）よりも対向する面側（対抗面側 2 2 A）に配置することにより、給電共振器 2 2 が有するコイルと受電共振器 3 2 が有するコイルとが対向しない面側（2 1 A）に配置した場合よりも、磁界強度の検出感度

を高めることができる。

[0119] また、磁気ホールセンサ 11A を給電共振器 22 が有するコイルと受電共振器 32 が有するコイルとが対向する面（対抗面 22A）に沿った位置に配置することにより、磁界強度の検出感度をより高めることができる。

[0120] また、磁気ホールセンサ 11A が内包する薄板状の半導体の薄板面を、給電共振器 22 が有するコイルの内周側で、コイル中心軸方向に対して垂直方向になるように配置（横向き）することにより、磁気ホールセンサ 11A を縦向きに配置した場合に比べて磁界強度の検出感度を高めることができる。

[0121] （その他の実施形態）

上記の説明では、充電器 101 及び無線式ヘッドセット 102 を例示して説明したが、充電電池を備えた機器であれば、タブレット型 PC、デジタルカメラ、携帯電話、イヤホン型音楽プレイヤー、補聴器、集音器などにも使用することができる。

[0122] また、上記では、被給電機器 10 に二次電池 9 を含むものとして説明したが、これに限らず、被給電機器 10 に直接電力を消費しながら可動する機器を採用してもよい。

[0123] また、上記説明では、給電モジュール 2 及び受電モジュール 3 を携帯型の電子機器に搭載した場合を想定して説明したが、用途はこれら小型なものに限らず、必要電力量に合わせて仕様を変更することにより、例えば、比較的大型な電気自動車（EV）における無線充電システムや、より小型な医療用の無線式胃カメラなどにも搭載することができる。

[0124] 上記では、給電共振器 22 の内周側に、磁界による影響が低減されて、付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間 G1 を形成した場合について説明したが、給電共振器 22 及び受電共振器 32 における伝送特性『S21』の解析波形が、二つのピーク帯域を有する場合に、低周波数側に形成されるピーク帯域（f(Low P)）に、供給する交流電力の電源周波数を設定し、図 5 に示すように、給電共振器 22 及び受電共振器 32 の外周側に、磁界による影響が低減されて、給電共振器 22 及び受電共振器 32 の外周側以

外の磁界強度（例えば、給電共振器 2 2 及び受電共振器 3 2 の内周側の磁界強度）よりも小さな磁界強度を有する磁界空間 G 2 を形成してもよい。この場合、磁界検出器 1 1 は、給電共振器 2 2 の外周側の磁界空間 G 2 が形成される空間に配置することになる。

[0125] 以上の詳細な説明では、本発明をより容易に理解できるように、特徴的部分を中心に説明したが、本発明は、以上の詳細な説明に記載する実施形態・実施例に限定されず、その他の実施形態・実施例にも適用することができ、その適用範囲は可能な限り広く解釈されるべきである。また、本明細書において用いた用語及び語法は、本発明を的確に説明するために用いたものであり、本発明の解釈を制限するために用いたものではない。また、当業者であれば、本明細書に記載された発明の概念から、本発明の概念に含まれる他の構成、システム、方法等を推考することは容易であると思われる。従って、請求の範囲の記載は、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲で均等な構成を含むものであるとみなされるべきである。また、本発明の目的及び本発明の効果を十分に理解するために、すでに開示されている文献等を十分に参酌することが望まれる。

符号の説明

- [0126]
- 1 無線電力伝送装置
 - 2 給電モジュール
 - 3 受電モジュール
 - 4 判断制御機器
 - 5 電源回路
 - 6 電源
 - 7 安定回路
 - 8 充電回路
 - 9 充電池
 - 10 被給電機器
 - 11 磁界検出器

- 1 2 報知装置
- 2 1 給電コイル
- 2 2 給電共振器
- 3 1 受電コイル
- 3 2 受電共振器
- 1 0 1 充電器
- 1 0 2 無線式ヘッドセット
- G 1 ・ G 2 磁界空間

請求の範囲

- [請求項1] 付近の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間を形成する条件で受電モジュールとの間で共振現象を起こすことによって、電力を前記受電モジュールに供給する給電モジュールと、
- 前記磁界空間が形成される位置に配置され、磁界強度を検出する磁界検出器と、
- 前記磁界検出器が検出した磁界強度の値に基づいて前記受電モジュールに対する電力供給の異常を判断する判断制御機器と、を備えていることを特徴とする無線電力伝送装置。
- [請求項2] 前記判断制御機器は、前記電力供給の異常であると判断したときに、前記給電モジュールに対する電力供給を停止することを特徴とする請求項1に記載の無線電力伝送装置。
- [請求項3] 外部に報知する報知装置を備え、
- 前記制御機器は、前記電力供給の異常であると判断したときに、前記報知装置によって前記電力供給の異常を報知することを特徴とする請求項1に記載の無線電力伝送装置。
- [請求項4] 前記給電モジュール及び前記受電モジュールは、少なくとも所定の共振周波数で共振する給電共振器及び受電共振器を有し、
- 前記給電共振器から前記受電共振器に対して前記共振現象により電力を供給するときに、前記給電共振器に流れる電流の向きと前記受電共振器に流れる電流の向きとが、逆向きになるように、前記電源の電源周波数を前記共振周波数よりも高周波数側に設定することを特徴とする請求項1に記載の無線電力伝送装置。
- [請求項5] 前記給電モジュール及び前記受電モジュールは、少なくとも所定の共振周波数で共振する給電共振器及び受電共振器を有し、
- 前記給電共振器から前記受電共振器に対して前記共振現象により電力を供給するときに、前記給電共振器に流れる電流の向きと前記受電共振器に流れる電流の向きとが、同じ向きになるように、前記電源の

電源周波数を前記共振周波数よりも低周波数側に設定することを特徴とする請求項 1 に記載の無線電力伝送装置。

[請求項6] 前記磁界検出器は、磁気ホールセンサであることを特徴とする請求項 1 に記載の無線電力伝送装置。

[請求項7] 前記磁界検出器は、コイルであることを特徴とする請求項 1 に記載の無線電力伝送装置。

[請求項8] 前記給電共振器はコイルを有し、
前記磁界検出器は、前記コイルの中心軸よりも前記コイルの内周面側に配置されることを特徴とする請求項 4 に記載の無線電力伝送装置。

[請求項9] 前記磁界検出器は、前記コイルの内周面に沿った位置に配置されることを特徴とする請求項 8 に記載の無線電力伝送装置。

[請求項10] 前記給電共振器、及び、前記受電共振器はそれぞれコイルを有し、
前記磁界検出器は、前記給電共振器が有するコイルの内周側で、前記給電共振器が有するコイルと前記受電共振器が有するコイルとが対向しない面よりも対向する面側に配置されることを特徴とする請求項 4 に記載の無線電力伝送装置。

[請求項11] 前記磁界検出器は、前記給電共振器が有するコイルと前記受電共振器が有するコイルとが対向する面に沿った位置に配置されることを特徴とする請求項 10 に記載の無線電力伝送装置。

[請求項12] 前記給電共振器はコイルを有し、
前記磁界検出器は、薄板状の半導体に対するホール効果を利用して磁界強度を検出する磁気ホールセンサであって、
前記磁気ホールセンサは、前記薄板状の半導体が、前記給電共振器が有するコイルの内周側で、前記コイルの中心軸方向に対して垂直方向になるように配置されていることを特徴とする請求項 4 に記載の無線電力伝送装置。