

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-50140

(P2011-50140A)

(43) 公開日 平成23年3月10日 (2011.3.10)

(51) Int.Cl.
H02J 17/00 (2006.01)

F I
H02J 17/00

テーマコード (参考)

B

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2009-195172 (P2009-195172)
(22) 出願日 平成21年8月26日 (2009.8.26)

(71) 出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都港区港南1丁目7番1号
(74) 代理人 100112955
弁理士 丸島 敏一
(72) 発明者 橋口 宜明
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

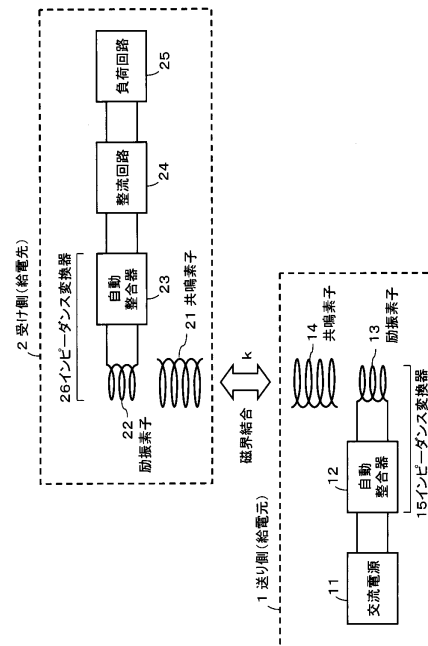
(54) 【発明の名称】 非接触給電装置、非接触受電装置、非接触給電方法、非接触受電方法および非接触給電システム

(57) 【要約】

【課題】 共鳴方式を用い、非接触で電力の送受を行う場合に、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ようにする。

【解決手段】 交流電源 11 からの交流電力を共鳴素子 14 に供給し、これによって共鳴素子 14 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を有する。交流電源 11 と共鳴素子 14 との間に自動整合器 12 を設け、ここで、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 14 のインピーダンスを適応的に調整する。

【選択図】 図 1



自動整合器つき非接触電力伝送システムのブロック図

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

共鳴により非接触で交流電力を供給するための共鳴素子と、
前記共鳴素子に供給する交流電力を発生させる交流電源部と、
前記交流電源部と前記共鳴素子との間に設けられ、交流電力の供給先との間における結合係数の大きさに応じて、インピーダンスを可変に制御するようにするインピーダンス調整手段と
を備える非接触給電装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の非接触給電装置であって、
前記インピーダンス調整手段は、
可変インダクタンスと可変キャパシタンスとの一方あるいは両方からなる調整手段と、
前記結合係数に応じて変化する反射電力の大きさを検出する検出手段と、
前記検出手段で検出された前記反射電力の大きさに基づいて、前記調整手段を制御する制御手段と
からなる非接触給電装置。

10

【請求項 3】

給電元の共鳴素子から共鳴により非接触で交流電力の供給を受ける共鳴素子と、
前記共鳴素子を通じて受け付けた交流電力から直流電力を生成して出力する整流回路と
、
前記共鳴素子と前記整流回路との間に設けられ、交流電力の供給元との間における結合係数の大きさに応じて、インピーダンスを可変に制御するインピーダンス調整手段と
を備える非接触受電装置。

20

【請求項 4】

請求項 3 に記載の非接触受電装置であって、
前記インピーダンス調整手段は、
可変インダクタンスと可変キャパシタンスとの一方あるいは両方からなる調整手段と、
前記結合係数に応じて変化する反射電力の大きさを検出する検出手段と、
前記検出手段で検出された前記反射電力の大きさに基づいて、前記調整手段を制御する制御手段と
からなる非接触給電装置。

30

【請求項 5】

交流電力を発生させる交流電源部と当該交流電源部からの交流電力を共鳴により非接触で他の電子機器に供給するための共鳴素子との間において、
前記交流電力の供給先との間における結合係数の大きさに応じて、インピーダンスを可変に制御するインピーダンス調整工程を有する非接触給電方法。

【請求項 6】

給電元の共鳴素子から共鳴により非接触で交流電力の供給を受ける共鳴素子と前記共鳴素子を通じて受け付けた交流電力から直流電力を生成して出力する整流回路との間において、
交流電力の供給元との間における結合係数の大きさに応じて、インピーダンスを可変に制御するインピーダンス調整を有する非接触受電方法。

40

【請求項 7】

共鳴により非接触で交流電力を供給するための共鳴素子と、
前記共鳴素子に供給する交流電力を発生させる交流電源部と、
前記交流電源部と前記共鳴素子との間に設けられ、交流電力の供給先との間における結合係数の大きさに応じて、インピーダンスを可変に制御するインピーダンス調整手段と
を備える非接触給電装置と、
前記非接触給電装置の共鳴素子から共鳴により非接触で交流電力の供給を受ける共鳴素子と、

50

前記共鳴素子を通じて受け付けた交流電力から直流電力を生成して出力する整流回路と

、
前記共鳴素子と前記整流回路との間に設けられ、交流電力の供給元との間における結合係数の大きさに応じて、インピーダンスを可変に制御するインピーダンス調整手段とを備える非接触受電装置とからなる非接触給電システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、例えば、磁界共鳴や電界共鳴などの共鳴を用いて電力の送受を行う装置、方法およびシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

非接触で電気エネルギーを伝送可能にする技術として、電磁誘導方式と、磁界共鳴方式とが存在する。そして、電磁誘導方式と磁界共鳴方式とでは、種々の違いがあり、近年においては、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。

【0003】

図9は、磁界共鳴方式の非接触給電システムの基本的な構成を説明するための概念図である。図9に示す非接触給電システムは、送り側（給電装置）100と、受け側（受電装置）200とからなっている。

【0004】

送り側100は、交流電源101と共振素子102とを備えている。交流電源101は、共鳴素子101の自己共鳴周波数（自己共振周波数）と同じ交流電力（交流電流）を発生させ、これを共鳴素子101に供給する。

【0005】

受け側200は、共鳴素子201と負荷回路202で構成されている。送り側の共鳴素子101と受け側の共鳴素子201とは、自己共鳴周波数が同じものであり、お互いに磁界結合している。

【0006】

したがって、送り側100の交流電源101で発生させた交流電力が共鳴素子102に供給されることにより、共鳴素子102に磁界が発生する。そして、送り側の共鳴素子102と受け側200の共鳴素子201との間で磁界結合を生じさせ、受け側の共鳴素子に交流電力を誘起させ、これが負荷回路202に供給されるようになっている。

【0007】

しかしながら、図9に示した磁界共鳴方式の非接触給電システムの場合、送り側100においては、交流電源101と共鳴素子102との間で電力の反射が発生する。同様に、受け側200においては、共鳴素子201と負荷回路202との間で電力の反射が発生する。このため、効率よく電力伝送を行うことができない。

【0008】

また、通常、磁界共鳴方式の非接触給電システムにおいては、交流電力として中心周波数 f_0 の無変調正弦波が用いられる。この無変調正弦波は無変調であるため、占有周波数帯域幅が狭い（理想的には0（ゼロ）Hz）。

【0009】

従って、その無変調正弦波を伝達する共鳴コイルに必要な周波数帯域も数Hz程度と狭いものでよいが、伝送効率を高めるために、損失が低い（「Q値」が高い）事が求められる。なお、ここで、「Q値」は、共振回路の共振のピークの鋭さを表すものであり、共振のピークが鋭くなれば、交流電力の伝送効率を高めることができる。

【0010】

つまり、磁界共鳴方式の非接触電力伝送において、高い伝送効率を得るためには、送り側100の共鳴素子102や、受け側200の共鳴素子201において、Q値を極力高くすることが望ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

しかし、図 9 に示したように、送り側 1 0 0 において共鳴素子 1 0 2 を直接に交流電源 1 1 に接続した場合、回路インピーダンスの影響により、共鳴素子 1 0 2 の Q 値が下がってしまう。同様に、受け側 2 0 0 においても共鳴素子 2 0 1 を直接に負荷回路 2 0 2 に接続すると、回路インピーダンスの影響により、共鳴素子 2 0 1 の Q 値が下がってしまう。

【 0 0 1 2 】

そこで、電力の反射や Q 値の低下を防止するため、送り側 1 0 0 と受け側 2 0 0 との双方において、励振素子を用いるようにすることが行われている。

【 0 0 1 3 】

図 1 0 は、送り側 1 0 0 と受け側 2 0 0 とのそれぞれにおいて、励振素子を設けることによって電力の反射や Q 値の低下を防止するようにした磁界共鳴方式の非接触給電システムの構成例を示すブロック図である。

10

【 0 0 1 4 】

図 1 0 に示すように、送り側 1 0 0 は、交流電源 1 0 1 と共鳴素子との間に励振素子 1 0 3 を設けた構成となっている。受け側 2 0 0 は、共鳴素子 2 0 1 と負荷回路 2 0 2 との間に励振素子 2 0 3 と整流回路 2 0 4 とを設けた構成となっている。

【 0 0 1 5 】

ここで、送り側 1 0 0 は、例えば、充電台などとして実現されるものであり、受け側 2 0 0 は、例えば、携帯電話端末などの携帯電子機器として実現されるものである。

【 0 0 1 6 】

20

そして、送り側 1 0 0 の内部では、交流電源 1 0 1 に対して励振素子 1 0 3 が接続され、励振素子 1 0 3 と共鳴素子 1 0 2 とが電磁誘導により強く結合する構成となっている。同様に、受け側 2 0 0 の内部では、共鳴素子 2 0 1 と励振素子 2 0 3 とが電磁誘導により強く結合し、この励振素子 2 0 3 が整流回路 2 0 4 に接続され、整流回路 2 0 4 と負荷回路 2 0 2 とが接続される構成となっている。

【 0 0 1 7 】

そして、図 9 に示したシステムの場合と同様に、送り側 1 0 0 の共鳴素子 1 0 2 と、受け側 2 0 0 の共鳴素子 2 0 1 の自己共鳴周波数（自己共振周波数）が一致したときに磁界共鳴関係になり、結合量が最大で、損失が最小となる。

【 0 0 1 8 】

30

すなわち、図 1 0 に示した非接触給電システムにおいては、まず、送り側 1 0 0 において、交流電源 1 0 1 からの所定周波数の交流電力（交流電流）が励振素子 1 0 3 に供給され、これが電磁誘導によって共鳴素子 1 0 2 へ交流電力を誘起させる。ここで、交流電源 1 0 1 において発生させる交流電力の周波数は、供給元の共鳴素子 1 0 2 と供給先の共鳴素子 2 0 1 との自己共鳴周波数と同一になるようにしている。

【 0 0 1 9 】

そして、上述したように、送り側 1 0 0 の共鳴素子 1 0 2 と受け側 2 0 0 の共鳴素子 2 0 1 とは互いに磁界共鳴の関係に配置されており、共鳴周波数（共振周波数）において共鳴素子 1 0 2 から共鳴素子 2 0 1 へと非接触で交流電力が供給される。

【 0 0 2 0 】

40

受け側 2 0 0 において、送り側 1 0 0 の共鳴素子 1 0 2 からの交流電力は、共鳴素子 2 0 1 により受け付けられる。共鳴素子 2 0 1 からの交流電力は、電磁誘導により励振素子 2 0 3 を通じて整流回路 2 0 4 に供給され、ここで直流電力（直流電流）に変換されて、種々の負荷回路 2 0 2 に供給される。

【 0 0 2 1 】

このようにして、送り側 1 0 0 から受け側 2 0 0 に対して、非接触で交流電力が供給するようにされる。なお、整流回路 2 0 4 から出力された直流電力は、例えば、バッテリーが接続された負荷回路である充電回路に供給され、当該バッテリーの充電に用いられるなどされることになる。

【 0 0 2 2 】

50

そして、図 10 に示したように構成される送り側と受け側とが 1 対 1 に対応する非接触給電システムにおいては、以下のような特徴がある。

【0023】

当該非接触給電システムにおいては、図 11 に示すような交流電源の周波数と結合量の関係を有する。図 11 を見ると分かるように、交流電源の周波数が低かったり、逆に高かったりしても結合量は大きくなり、磁界共鳴現象を発生させる特定の周波数においてのみ、結合量が最大となる。すなわち、磁界共鳴により周波数選択性を示すことが分る。

【0024】

また、当該非接触給電システムにおいては、図 12 に示すような共鳴素子 102、201 間の距離と結合量の関係を有する。図 12 を見ると分かるように、共鳴素子間の距離が遠くなれば結合量は落ちる。

10

【0025】

しかし、共鳴素子間の距離が近いからといって結合量が大きくなるわけではなく、ある共鳴周波数に於いて、結合量が最大となる距離が存在する。また、図 12 から、共鳴素子間の距離がある程度の範囲であれば、一定以上の結合量を確保できることも分かる。

【0026】

また、当該非接触給電システムにおいては、図 13 に示すような共鳴周波数と最大結合量が得られる共鳴素子間距離との関係を有する。すなわち、共鳴周波数が低いと共鳴素子間隔は広いことが分かる。また、共鳴周波数が高いと共鳴素子間隔を狭くすることによって最大結合量が得られることが分かる。

20

【0027】

現在、既に広く用いられている電磁誘導方式の非接触給電システムでは、送り側と受け側とで磁束を共有する必要があり、効率良く電力を送るには給電元と給電先とを極近接して配置する必要があり、結合の軸合わせも重要である。

【0028】

一方、磁界共鳴現象を用いた非接触給電システムでは、上述のように、磁界共鳴現象という原理から、電磁誘導方式よりも距離を離して電力伝送することができ、かつ、多少軸合わせが悪くても伝送効率があまり落ちないという利点がある。

【0029】

なお、後に記す特許文献 1 には、上述したような磁界共鳴方式を用いた電力伝送システムに関する技術が開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0030】

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2007 / 0222542 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0031】

そして、図 9、図 10 を用いて説明した磁界共鳴方式の非接触電力給電システムの場合、送り側 100 の共鳴素子 102 と受け側 200 の共鳴素子 201 との間の距離が近づきすぎると、図 12 にも示したように結合量が小さくなり伝送効率が劣化する。

40

【0032】

これは、送り側 100 の共鳴素子 102 と受け側 200 の共鳴素子 201 との間の距離が余りにも近く、密結合状態だと共鳴周波数が分離して双峰特性となってしまうため、中心周波数での電力の伝送効率が悪くなるためである。

【0033】

換言すると、図 9、図 10 に示したように構成される磁界共鳴方式の非接触給電システムにおいては、送り側 100 と受け側 200 との間の距離が適正に保たれないと、共鳴素子間の結合係数 k が変わり、インピーダンスマッチングに不整合が生じる。

【0034】

50

このように、インピーダンスマッチングに不整合が生じた場合、インピーダンスが低下するために電力の反射が発生して、電力の伝送効率が悪化してしまうという問題が発生する。このため、共鳴素子間において密結合状態となった場合であっても、電力の伝送効率を低下させないようにすることが望まれる。

【0035】

以上のことに鑑み、この発明は、共鳴方式を用い、非接触で電力の送受を行う場合に、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ようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0036】

上記課題を解決するため、請求項1に記載の発明の非接触給電装置は、共鳴により非接触で交流電力を供給するための共鳴素子と、前記共鳴素子に供給する交流電力を発生させる交流電源部と、前記交流電源部と前記共鳴素子との間に設けられ、交流電力の供給先との間における結合係数に応じて、インピーダンスを可変に制御するインピーダンス調整手段とを備える。

【0037】

この請求項1に記載の発明の非接触給電装置によれば、交流電源部からの交流電力は、共鳴素子に供給され、これによって共鳴素子に磁界を発生させて、共鳴により受電装置に対して交流電力を供給するようにされている。

【0038】

そして、交流電源部と共鳴素子との間に設けられるインピーダンス調整手段によって、交流電力の供給先との間における結合係数に応じて、インピーダンスが適切になるように調整される。

【0039】

これにより、当該非接触給電装置と、電力の供給先の受電装置との距離が変化することにより、両者間の結合係数が変化した場合であっても、共鳴素子のインピーダンスを適切に調整し、非接触での電力供給を高効率に行うことができるようにされる。

【0040】

また、請求項2に記載の発明の非接触給電装置は、請求項1に記載の非接触給電装置であって、

前記インピーダンス調整手段は、可変インダクタンスと可変キャパシタンスとの一方あるいは両方からなる調整手段と、前記結合係数に応じて変化する反射電力の大きさを検出する検出手段と、前記検出手段で検出された前記反射電力の大きさに基づいて、前記調整手段を制御する制御手段とからなる。

【0041】

この請求項2に記載の発明の非接触給電装置によれば、検出手段により、結合係数に応じて変化する反射電力の大きさが検出され、この検出結果が制御手段に通知される。そして、制御手段によって、可変インダクタンスと可変キャパシタンスとの一方あるいは両方を備えた調整手段が制御され、共鳴素子のインピーダンスが常時適正に制御される。

【0042】

これにより、当該非接触給電装置と、電力の供給先の受電装置との距離が変化することにより、両者間の結合係数が変化した場合であっても、共鳴素子のインピーダンスを適切に調整し、非接触での電力供給を高効率に行うことができるようにされる。

【発明の効果】

【0043】

この発明によれば、共鳴方式を用い、非接触で電力の送受を行う場合に、電力の送り側と受け側との間の距離が変わって密結合状態になっても、インピーダンスのマッチングを

10

20

30

40

50

適正にとることで、伝送効率を高く維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】この発明の位置実施の形態が適用された磁界共鳴方式の非接触給電システムの構成例を説明するための図である。

【図2】基本的な構成の非接触給電システムの等価回路を示す図である。

【図3】図2に示した基本的な構成の非接触給電システムの等価回路において成立する関係式を示す図である。

【図4】最大伝送効率 M_{MAX} と値 $S (= k \times Q)$ との関係を示すグラフである。

【図5】結合係数を変化させた場合の電力の伝送特性を示すグラフである。

【図6】結合係数を変化させると共に、電源インピーダンス R_S と負荷インピーダンス R_L の値を変化させるようにした場合の電力の伝送特性を示すグラフである。

【図7】図7は、送り側1の自動整合器12の構成例を説明するためのブロック図である。

【図8】図8は、受け側2の自動整合器23の構成例を説明するためのブロック図である。

【図9】磁界共鳴方式の非接触給電システムの基本的な構成を説明するための概念図である。

【図10】励振素子を設けた磁界共鳴方式の非接触給電システムの構成例を示すブロック図である。

【図11】磁界共鳴方式の非接触給電システムにおける周波数特性について説明するための図である。

【図12】磁界共鳴方式の非接触給電システムにおける共鳴素子間距離と結合量の関係を説明するための図である。

【図13】磁界共鳴方式の非接触給電システムにおける共鳴周波数と最大結合量が得られる共鳴素子間距離の関係を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0045】

以下、図を参照しながら、この発明による装置、方法、システムの一実施の形態について説明する。この発明は、磁界共鳴方式、電界共鳴方式、電磁共鳴方式等の種々の共鳴方式に適用可能なものであるが、以下においては磁界共鳴方式を用いる場合を例にして説明する。

【0046】

[非接触給電システムの概要]

図1は、この実施の形態の磁界共鳴方式の非接触給電システムの構成例を説明するための図である。図1に示すように、この実施の形態の非接触給電システムは、送り側(給電元)1と、受け側(給電先)2とからなっている。

【0047】

送り側1は、磁界共鳴方式を用い、非接触で他の電子機器に対して電力の供給を行うものであり、非接触給電装置としての機能を実現するものである。具体的には、例えば、充電装置(クレイドル)等の電子機器などとして実現される。

【0048】

また、受け側2は、この実施の形態においては、送り側1から非接触で電力の供給を受けて、これを自機の負荷回路の駆動に用いるものであり、非接触受電装置の機能を実現するものである。具体的には、例えば、携帯電話端末など、外部から非接触で電力の供給を受ける必要のある種々の電子機器として実現される。

【0049】

送り側1は、図1に示すように、交流電源11、自動整合器12、励振素子13、送電用共鳴素子14を備えたものである。この実施の形態において、励振素子13と送電用共鳴素子14とは、空芯コイルの構成とされたものである。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

そして、送り側 1 においては、自動整合器 1 2 と励振素子 1 3 とでインピーダンス変換器 1 5 としての機能を実現している。ここで、励振素子 1 3 は、交流電源 1 1 と送電用共鳴素子 1 4 との間のインピーダンスの整合を取ることによって、電力の反射を防止する。

【 0 0 5 1 】

また、励振素子 1 3 は、固定的に送電用共鳴素子 1 4 のインピーダンスを適切な値とすることによって、共鳴素子 1 4 の Q 値を高く維持する機能を実現する。

【 0 0 5 2 】

そして、励振素子 1 3 を用いたインピーダンスの変換比は固定である。このため、電力の伝送距離によって変動することになる結合係数 k によって変動するインピーダンスにマッチングするようにインピーダンスを制御する必要がある。

10

【 0 0 5 3 】

そこで、自動整合器 1 2 は、詳しくは後述もするが、伝送距離によって変動する結合係数 k に応じて、可変に送電用共鳴素子 1 4 を有する共振回路のインピーダンスを調整する機能を実現している。このように、自動整合器 1 2 は、インピーダンス変換比を可変に制御する機能を有するものである。

【 0 0 5 4 】

一方、受け側 2 は、図 1 に示すように、受電用共鳴素子 2 1、励振素子 2 2、自動整合器 2 3、整流回路 2 4、負荷回路 2 5 を備えたものである。この実施の形態において、受電用共鳴素子 2 1 と励振素子 2 2 とは、空芯コイルの構成とされたものである。

20

【 0 0 5 5 】

そして、受け側 2 においては、励振素子 2 2 と自動整合器 2 3 とでインピーダンス変換器 2 6 としての機能を実現している。ここで、励振素子 2 2 は、受電用共鳴素子 2 1 と整流回路 2 3 との間のインピーダンスの整合を取ることによって、電力の反射を防止する。

【 0 0 5 6 】

また、励振素子 2 2 は、固定的に共鳴素子 2 1 のインピーダンスを適切な値に維持することによって、受電用共鳴素子 2 1 の Q 値を高く維持する機能を実現する。

【 0 0 5 7 】

そして、励振素子 2 2 を用いたインピーダンスの変換比は固定である。このため、受け側 2 においても、電力の伝送距離によって変動することになる結合係数 k によって変動するインピーダンスにマッチングするようにインピーダンスを制御する必要がある。

30

そこで、自動整合器 2 3 は、詳しくは後述もするが、伝送距離によって変動する結合係数 k に応じて、可変に受電用共鳴素子 2 1 を有する共振回路のインピーダンスを調整する機能を実現している。このように、自動整合器 2 3 は、インピーダンス変換比を可変に制御する機能を有するものである。

【 0 0 5 8 】

そして、送り側 1 の送電用共鳴素子 1 4 と受け側 2 の受電用共鳴素子とは、自己共鳴周波数が同じであり、お互いに磁界結合している。そして、これらの共鳴素子間の入出力インピーダンスは、共鳴素子間の結合係数 k と共鳴素子の Q 値に依存し、結合係数 k と Q 値とが高いほど入力インピーダンスは低くなると言う関係がある。

40

【 0 0 5 9 】

そして、送り側 1 の交流電源 1 1 は、送り側 1 の送電用共鳴素子 1 4 の自己共鳴周波数（自己共振周波数）と同一、あるいは、略同一の周波数の交流電力（交流電流）を発生させて、これを自動整合器 1 2 を介して励振素子 1 3 に供給する。送り側 1 の交流電源 1 1 は、目的とする周波数の交流電力を発生させるため、例えば、コルピッツ型発信回路やハートレ型発振回路などを含むものである。

【 0 0 6 0 】

送り側 1 の励振素子 1 3 は、交流電源 1 1 からの交流電力によって励振されることにより、送電用共鳴素子 1 4 に交流電力を供給する素子である。交流電源 1 1 からの交流電力の供給を受ける励振素子 1 3 と送電用共鳴素子 1 4 とは電磁誘導により強く結合するよう

50

にされている。このため、交流電源 1 1 からの交流電力は、励振素子 1 3 を介して、送電用共鳴素子 1 4 に供給される。

【 0 0 6 1 】

そして、送電用共鳴素子 1 4 は、励振素子 1 3 から供給される交流電力により磁界を発生させる。送電用共鳴素子 1 4 は、インダクタンス L 及びキャパシタンス C を有する。送電用共鳴素子 1 4 は、共鳴周波数において磁界強度が最も高くなる。

【 0 0 6 2 】

すなわち、送電用共鳴素子 1 4 の共鳴周波数 f_{01} を求めるための式は、図 3 の式 (1 - 1) に示すものとなる。図 3 に示した式 (1 - 1) において、文字 L_1 は送電用共鳴素子 1 4 の有するインダクタンスであり、文字 C_1 は送電用共鳴素子 1 4 の有するキャパシタンスである。

10

【 0 0 6 3 】

したがって、送電用共鳴素子 1 4 の共鳴周波数 f_{01} は、送電用共鳴素子 1 4 の有するインダクタンス L_1 とキャパシタンス C_1 とにより定まる。上述したように、送電用共鳴素子 1 4 は、空芯コイルにより構成されるので、送電用共鳴素子 1 4 の線間容量がキャパシタンスとしての役割を果たすことになる。そして、送電用共鳴素子 1 4 は、コイルの軸方向に磁界を発生させる。

【 0 0 6 4 】

一方、受け側 2 の受電用共鳴素子 2 1 は、磁界共鳴による磁界結合によって、送り側 1 からの交流電力の供給を受けるための素子である。受け側 2 の受電用共鳴素子 2 1 は、図 3 の式 (1 - 2) に示すように、インダクタンス L_2 とキャパシタンス C_2 を有し、送り側 1 の送電用共鳴素子 1 4 と同一、あるいは、略同一の共鳴周波数を有するものである。

20

【 0 0 6 5 】

そして、上述したように、受け側 2 の受電用共鳴素子 2 1 は、空芯コイルの構成とされているので、線間容量がキャパシタンスとしての役割を果たす。そして、図 1 に示したように、送り側 1 の送電用共鳴素子 1 4 に対して、受け側 2 の受電用共鳴素子 2 1 は磁界共鳴により接続される。

【 0 0 6 6 】

これにより、共鳴周波数 (共振周波数) において、送り側 1 の送電用共鳴素子 1 4 から受け側 2 の受電用共鳴素子 2 1 に対して、磁界共鳴により非接触で交流電力が供給される。

30

【 0 0 6 7 】

そして、上述したように、受け側 2 においては、受電用共鳴素子 2 1 と励振素子 2 2 とが電磁誘導により結合され、受電用共鳴素子 2 1 から励振素子 2 2、自動整合器 2 3 を通じて交流電力が整流回路 2 4 に供給される。

【 0 0 6 8 】

整流回路 2 4 は、励振素子 2 2、自動整合器 2 3 を通じて供給される交流電力から、後段の負荷回路 2 5 に供給する直流電力を形成し、これを負荷回路 2 5 に供給する。負荷回路 3 4 は、例えば、バッテリーを有する充電回路などの種々の回路部分である。

【 0 0 6 9 】

このように、この実施の形態の磁界共鳴方式の非接触給電システムにおいては、送り側 1 から受け側 2 に対して、非接触で電力の送電 (給電) を行うことができるようにされる。

40

【 0 0 7 0 】

そして、上述もしたように、送り側 1 においては、励振素子 1 3 を用いることによって、電力反射の防止、送電用共鳴素子 1 4 を有する共鳴回路のインピーダンスを適切に保ち、 Q 値を高く維持し、電力の伝送効率を高効率に保つようにしている。

【 0 0 7 1 】

同様に、受け側 2 においても、励振素子 2 2 を用いることによって、電力反射の防止、受電用共鳴素子 2 1 を有する共鳴回路のインピーダンスを適切に保ち、 Q 値を高く維持し

50

、電力の伝送効率を高効率に保つようになっている。

【0072】

しかし、詳しくは後述もするが、送り側1と受け側2とが近接し、送電用共鳴素子14と受電用共鳴素子21とにおいて密結合状態となると、共鳴周波数が分離して双峰特性になり、共振周波数での伝送効率は悪くなってしまふ。

【0073】

これは、送電用共鳴素子14と受電用共鳴素子21との伝送距離が変化すると、両者間の結合係数 k が変わるために、非接触給電システムにおける入出力でインピーダンス不整合が生じ、伝送効率が低下するためである。

【0074】

そこで、送り側1においては、自動整合器12により、伝送距離に応じて変化する結合係数 k に応じて適応的にインピーダンスを調整することができるようにしている。同様に、受け側2においても、自動整合器23において、伝送距離に応じて変化する結合係数 k に応じて適応的にインピーダンスを調整することができるようにしている。

【0075】

[インピーダンスの調整方法]

送り側1の送電用共鳴素子14と受け側2の受電用共鳴素子21とは自己共鳴周波数が同じであり、お互いに磁界結合している。そして、送電用共鳴素子14と受電用共鳴素子21との間の伝送効率は共鳴素子間の結合係数 k と共鳴素子の Q 値とに依存し、結合係数 k と Q 値とが高いほど電力の伝送効率は高くなる。

【0076】

また、結合係数 k は、共鳴素子間の距離と共鳴素子の寸法に依存し、共鳴素子の寸法が大きく、共鳴素子間の距離が短いほど結合が大きくなり高効率となる。しかし、共鳴素子の寸法は固定であるので、結合係数 k は、共鳴素子間の距離に応じて変化するものであると言える。

【0077】

そこで、上述もしたように、送り側1の自動整合器12においては、送り側1と受け側2との間の結合係数 k に応じて、送電用共鳴素子14を有する共振回路のインピーダンスを調整できるようにしている。

【0078】

同様に、受け側2の自動整合器23においては、送り側1と受け側2との間の結合係数 k に応じて、受電用共鳴素子21を有する共振回路のインピーダンスを調整できるようにしている。

【0079】

ここで、送り側1と受け側2との間の結合係数 k に応じて、送り側1の送電用共鳴素子14を有する共振回路のインピーダンスや受け側2の受電用共鳴素子21を有する共振回路のインピーダンスを調整できることについて具体的に説明する。

【0080】

図2は、例えば図9に示した場合と同様に、送り側1が交流電源11と送電用共鳴素子14とからなり、受け側2が受電用共鳴素子21と負荷回路25とからなる基本的な構成の非接触給電システムの等価回路を示す図である。また、図3は、図2に示した基本的な構成の非接触給電システムの等価回路において成立する幾つかの関係式を示す図である。

【0081】

図2に示すように、送り側1の交流電源11は、インピーダンス R_s を有するものとして表現できる。また、送り側1の送電用共鳴素子14は、インダクタンス L_1 、キャパシタンス C_1 、抵抗 R_1 からなる共振回路の構成を有するものとして表すことができる。

【0082】

また、受け側2の受電用共鳴素子21は、インダクタンス L_2 、キャパシタンス C_2 、抵抗 R_2 からなる共振回路の構成を有するものとして表すことができる。また、受け側2の負荷回路25は、インピーダンス R_L を有するものとして表現できる。

10

20

30

40

50

【0083】

そして、図2に示した等価回路において、送り側1の送電用共振素子14の共鳴周波数 f_{01} は、図3の式(1-1)で表すことができる。また、受け側2の受電用共振素子21の共振周波数 f_{02} は、図3の式(1-2)で表すことができる。

【0084】

また、図2に示した等価回路において、送り側1の送電用共振素子14のQ値 (Q_1) は、図3の式(2-1)で表すことができる。また、受け側2の受電用共振素子21のQ値 (Q_2) は、図3の式(2-2)で表すことができる。また、受け側2の負荷回路25のQ値 (Q_L) は、図3の式(2-3)で表すことができる。

【0085】

ここで、送り側1の送電共振素子14と受け側2の受電共振素子21との間の結合係数を文字 k で表す。また、共振素子(共振回路)14と共振素子(共振回路)21の回路Q値を文字 Q で表す。そして、これらの乗算値 ($k \times Q$) を文字 S で表す。

【0086】

つまり、 $S = k \times Q$ とする。この場合、最大伝送効率 M_{MAX} は、図3に示した式(3)で表される。図3の式(3)から分かるように、最大伝送効率 M_{MAX} は、 $S (= k \times Q)$ の関数として表される。

【0087】

図4は、図3の式(3)によって示される最大伝送効率 M_{MAX} と値 $S (= k \times Q)$ との関係を示すグラフである。図4から分かるように、値 S が値20より大きくなると ($S > 20$ のとき)、最大伝送効率 M_{MAX} は90%以上となることが分かる。すなわち、伝送効率は、結合係数 k に依存していることが分かる。

【0088】

そして、最大伝送効率 M_{MAX} が、90%以上である場合には、送り側1と受け側2における入出力のインピーダンス(インピーダンス R_S 、 R_L) は整合しており、この時の入出力のインピーダンス R_L は、図3の式(4)で表される。

【0089】

図3に示した式(4)より明らかであるように、入出力のインピーダンス R_L は、 $S (= k \times Q)$ の関数となっている。従って、結合係数 k が変動すると、入出力のインピーダンス R_L も変動することが分かる。

【0090】

ここで、図2に示した等価回路において、 $L_1 = L_2 = 1 [\mu H]$ 、 $C_1 = C_2 = 1 [pF]$ 、 $R_1 = R_2 = 10 []$ とすると、送電用共振素子14と受電用共振素子21のQ値は、 $Q_1 = Q_2 = 100$ となり、共鳴周波数 $f_{01} = f_{02} = 159.23 [MHz]$ となる。

【0091】

この状態のときに、電源インピーダンス R_S と負荷インピーダンス R_L を共に3000 [] に固定し、結合係数 k を、0.01、0.04、0.07、0.1と変化させた場合の伝送特性を図5に示す。

【0092】

図5から分かるように、結合係数 k が大きくなり密結合状態になると、伝送特性は双峰特性となり、中心周波数において、減衰量が大きくなって、電力の伝送効率が低下していることが分かる。

【0093】

そこで、上述したように、結合係数 k を、0.01、0.04、0.07、0.1と変化させると共に、電源インピーダンス R_S と負荷インピーダンス R_L の値を、図3に示した式(4)のように可変にしたときの電力の伝送特性を図6に示す。

【0094】

図6から分かるように、結合係数 k が大きくなり密結合状態となっても、インピーダンスを調整することによって双峰特性とならず、中心周波数においても電力の伝送効率が低

10

20

30

40

50

下していないことが分かる。

【0095】

実際には、電源インピーダンス R_s と負荷インピーダンス R_L との値は固定である。このため、図1を用いて上述したように、この実施の形態の非接触給電システムにおいては、送り側1にはインピーダンス調整のための自動整合器12を設け、受け側2にはインピーダンス調整のための自動整合器23を設けている。

【0096】

そして、上述もしたように、送り側1の自動整合器12においては、結合係数 k の大きさに応じて送り側1のインピーダンスを調整することにより、送電用共鳴素子14の Q 値を高く維持し、電力の伝送効率を高く保つようにする。

10

【0097】

同様に、受け側2の自動整合器23においては、結合係数 k の大きさに応じて受け側2のインピーダンスを調整することにより、送電用共鳴素子21の Q 値を高く維持し、電力の伝送効率を高く保つようにする。

【0098】

これにより、図1に示した非接触給電システムにおいては、結合係数 k の大きさに応じて、送り側1と受け側2のインピーダンスを適切に制御し、常時、図6に示したように、中心周波数部分においても電力の伝送効率を低下させることがないようにしている。

【0099】

[自動整合器12、23の構成例]

20

次に、送り側1の自動整合器12と受け側2の自動整合器23の具体的な構成例について説明する。上述したように、送電用共鳴素子14と受電用共鳴素子間の距離が接近し、密結合状態となると、送り側1、受け側2におけるインピーダンスが低下することにより、電力の伝送効率が低下する。

【0100】

そして、インピーダンスが低下するということは、反射電力が増えることを意味する。そこで、結合係数 k の変化を直接に検知する代わりに、反射電力を検知するようにし、反射電力が無くなるようにインピーダンスの調整を行うようにする。

【0101】

まず、送り側1の自動整合器12の構成例について説明する。図7は、送り側1の自動整合器12の構成例を説明するためのブロック図である。図7に示すように、送り側1の自動整合器12は、方向性結合器121、A/D (Analog/Digital) 変換回路122、マイクロコンピュータ (以下、マイコンと略称する。) 123、LC可変回路124からなっている。

30

【0102】

方向性結合器121は、この例の場合、3ポート (単方向性結合器) のデバイスであり、上述したように結合係数 k に応じて変化する反射電力を検出して、これをA/D変換器122に供給する。

【0103】

A/D変換器122は、方向性結合器121からの反射電力をデジタル信号に変換し、これをマイコン123に供給する。マイコン123は、A/D変換器122からの反射電力の大きさに基づいて、LC可変回路124を制御する制御信号を形成し、これをLC可変回路124に供給する。

40

【0104】

LC可変回路124は、この例の場合、可変インダクタンスと可変キャパシタンスとを備え、マイコン123からの制御信号に基づいて、可変インダクタンスと可変キャパシタンスを制御し、送り側1のインピーダンスを調整する。

【0105】

この場合、インダクタンスの大きさやキャパシタンスの容量を調整することによって、送り側1のインピーダンスを調整し、図6を用いて説明したように、双峰特性をなくすよ

50

うにして、密結合時の伝送効率の劣化を防止することができるようにされる。

【0106】

つまり、反射電力が大きい場合に、これをゼロにするように、LC可変回路124のインダクタンスの大きさやキャパシタンスの容量を調整する。これによって、送り側1の共振回路のインダクタンスが適正に調整され、送り側1において、双峰特性を回避して、中心周波数において電力の伝達特性が劣化しないようにされる。

【0107】

次に、受け側2の自動整合器23の構成例について説明する。受け側2の自動整合器23も基本的には、図7に示した送り側の自動整合器12と同様に構成されるものがある。

【0108】

図8は、受け側2の自動整合器23の構成例を説明するためのブロック図である。図8に示すように、受け側2の自動整合器23は、方向性結合器231、A/D変換回路232、マイコン233、LC可変回路234からなるものである。

【0109】

方向性結合器231は、上述した送り側1の方向性結合器121と同様に、3ポート(単方向性結合器)のデバイスであり、結合係数 k に応じて変化する反射電力を検出して、これをA/D変換器232に供給するものである。

【0110】

A/D変換器232は、方向性結合器231からの反射電力をデジタル信号に変換し、これをマイコン233に供給する。マイコン233は、A/D変換器232からの反射電力の大きさに基づいて、LC可変回路234を制御する制御信号を形成し、これをLC可変回路234に供給する。

【0111】

LC可変回路234は、送り側1のLC可変回路124と同様に、可変インダクタンスと可変キャパシタンスとを備え、マイコン233からの制御信号に基づいて、可変インダクタンスと可変キャパシタンスを制御し、受け側2のインピーダンスを調整する。

【0112】

この場合、インダクタンスの大きさやキャパシタンスの容量を調整することによって、受け側2のインピーダンスを調整し、図6を用いて説明したように、双峰特性をなくすようにして、密結合時の伝送効率の劣化を防止することができるようにされる。

【0113】

つまり、反射電力が大きい場合に、これをゼロにするように、LC可変回路234のインダクタンスの大きさやキャパシタンスの容量を調整する。これによって、受け側2の共振回路のインダクタンスが適正に調整され、受け側2においても、双峰特性を回避して、中心周波数において電力の伝達特性が劣化しないようにされる。

【0114】

図7に示した自動整合器12と、図8に示した自動整合器23とを用いることによって、送り側1と受け側2とのそれぞれにおいて、インピーダンスマッチングを適切に行うようにすることができる。

【0115】

なお、自動整合器12、23のそれぞれは、L型回路(Lマッチ)、T型回路(Tマッチ)、 π 型回路(π マッチ)のローパスフィルタまたはハイパスフィルタの構成として実現することが可能である。

【0116】

また、図7に示した自動整合器12においては、LC可変回路124を用いるようにした。しかしこれに限るものではない。共振回路のインピーダンスを適切に調整可能であれば、可変インダクタンスと可変キャパシタンスのいずれか一方を用いた調整回路をLC可変回路124の代わりに用いるようにしてもよい。

【0117】

また、図8に示した自動整合器23においては、LC可変回路234を用いるようにし

10

20

30

40

50

た。しかしこれに限るものではない。共振回路のインピーダンスを適切に調整可能であれば、可変インダクタンスと可変キャパシタンスのいずれか一方を用いた調整回路を LC 可変回路 234 の代わりに用いるようにしてもよい。

【0118】

[変形例]

なお、上述もしたように、最大伝送効率 M_{AX} は、 $S (= k \times Q)$ の関数として表されるものであることを説明した。そして、 $S = k \times Q$ であることから、最大伝送効率 M_{AX} は、送電用共振素子 14 や受電用共振素子 21 の Q 値に依存しているとも言える。

【0119】

このため、図 3 の式 (2-1)、(2-2) のように求められる Q 値に基づいて、LC 可変回路 124、234 を制御し、Q 値が所定の値となるように、送り側 1 のインピーダンスや受け側 2 のインピーダンスを制御するようにしてももちろんよい。

10

【0120】

また、受け側 2 においては、例えば、整流回路 24 の前段における交流電力の大きさや、整流回路 24 の後段における直流電力の大きさに基づいて、これらの電力の大きさの所定の大きさとなるように、受け側 2 のインピーダンスを調整するようにしてもよい。

【0121】

例えば、図 8 に示した自動整合器 24 において、方向性結合器 231 に代えて、整流回路 24 の前段において交流電力の大きさを検出する検出器を設け、その検出出力を自動整合器 23 の A/D 変換器 232 にフィードバックする。

20

【0122】

A/D 変換器 232 は、交流電力の大きさをデジタル信号に変換し、これをマイコン 233 に供給し、マイコン 233 が LC 可変回路 234 を制御してインピーダンスを調整し、交流電力の大きさを目的とする大きさに調整する構成とすることも可能である。

【0123】

同様に、図 8 に示した自動整合器 24 において、方向性結合器 231 に代えて、整流回路 24 の後段において直流電力の大きさを検出する検出器を設け、その検出出力を自動整合器 23 の A/D 変換器 232 にフィードバックする。

【0124】

A/D 変換器 232 は、直流電力の大きさをデジタル信号に変換し、これをマイコン 233 に供給し、マイコン 233 が LC 可変回路 234 を制御してインピーダンスを調整し、直流電力の大きさを目的とする大きさに調整する構成とすることも可能である。

30

【0125】

[実施の形態の効果]

伝送距離が変動して結合係数 k が変わっても、入出力のインピーダンスのマッチングを取ることで、伝送効率を上げることができる。また、密結合状態でも中心周波数での伝送効率の低下を防ぐことができる。

【0126】

また、密結合状態において双峰特性ではなく単峰特性とすることができ、伝送特性をより広帯域とすることができるので、電力の送受ではなく、通信を行うような場合であってもこの発明を適用し、データを近接距離においても高速かつ正確に伝送することもできる。

40

【0127】

[この発明のシステム、方法]

なお、図 1 に示したように、送る側 (非接触給電装置) 1 と受け側 (非接触受電装置) 2 とからなる非接触給電システムが、この発明による非接触給電システムが適用されて形成されたものである。

【0128】

また、図 1 ~ 図 7 を用いて説明した送り側 1 における給電方法がこの発明による非接触給電方法である。つまり、交流電力を発生させる交流電源 11 と交流電源 11 からの交流

50

電力を共鳴により非接触で他の電子機器に供給するための共鳴素子 1 4 との間において、交流電力の供給先との間における結合係数 k の大きさに応じて、共鳴素子のインピーダンスを可変に制御する方法が、この発明の非接触給電方法である。当該方法は、図 1、図 7 を示した構成の装置において実現するようにされている。

【0129】

同様に、図 1 ~ 図 6、図 8 を用いて説明した送り側 1 における受電方法がこの発明による非接触給電方法である。つまり、送り側 1 の共鳴素子 1 4 から共鳴により非接触で交流電力の供給を受ける共鳴素子 2 1 と当該共鳴素子 2 1 を通じて受け付けた交流電力から直流電力を生成して出力する整流回路 2 4 との間において、送り側 1 との間における結合係数 k の大きさに応じて、共鳴素子 2 1 のインピーダンスを可変に制御する方法が、この発明の非接触受電方法である。当該方法は、図 1、図 7 を示した構成の装置において実現するようにされている。

10

【0130】

[その他]

なお、上述した実施の形態において、図 1 に示した送り側 1 の送電用共鳴素子 1 4 が、請求項 1 における共鳴素子としての機能を実現し、送り側 1 の交流電源 1 1 が、請求項 1 における交流電源部を実現している。また、送り側 1 の自動整合器 1 2 が、請求項 1 におけるインピーダンス調整手段を実現している。

【0131】

また、図 7 に示した LC 可変回路 1 2 4 が、請求項 2 における調整手段を実現し、方向性結合器 1 2 1 が、請求項 2 における検出手段を実現し、マイコン 1 2 3 が、請求項 2 における制御手段を実現している。

20

【0132】

また、図 1 に示した受け側 2 の受電用共鳴素子 2 1 が、請求項 3 における共鳴素子としての機能を実現し、受け側 2 の整流回路 2 4 が、請求項 3 における整流回路を実現している。また、受け側 2 の自動整合器 2 3 が、請求項 3 におけるインピーダンス調整手段を実現している。

【0133】

また、図 8 に示した LC 可変回路 2 3 4 が、請求項 4 における調整手段を実現し、方向性結合器 2 3 1 が、請求項 4 における検出手段を実現し、マイコン 2 3 3 が、請求項 4 における制御手段を実現している。

30

【0134】

また、上述した実施の形態において、受け側 2 は、例えば、携帯電話端末などとして実現されるものであることを説明したが、これに限るものではない。携帯型の音楽再生機、携帯型ゲーム機、デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラ、電子手帳など、外部から電力の供給を受ける必要のある種々の電子機器、特に、携帯されて利用される携帯用電子機器に適用して好適なものである。

【0135】

また、上述した実施の形態においては、磁界共鳴方式の非接触電力給電システムにこの発明を適用した場合を説明したが、これに限るものではない。電力ではなく、同じ方式で近接した機器間で情報の伝送を行う場合や情報と電力の伝送を行う場合にも、この発明を適用することもできる。

40

【0136】

この場合、伝送効率を図 6 に示したようにブロードとすることができるので、種々の情報の伝送を高速かつ正確に行うことができる。

【0137】

また、上述した実施の形態においては、磁界共鳴方式により非接触で電力を供給する場合を例にして説明したが、磁界共鳴方式だけでなく、電界共鳴方式、電磁共鳴方式を用いて非接触で電力の供給する場合であっても、この発明を同様に適用することができる。

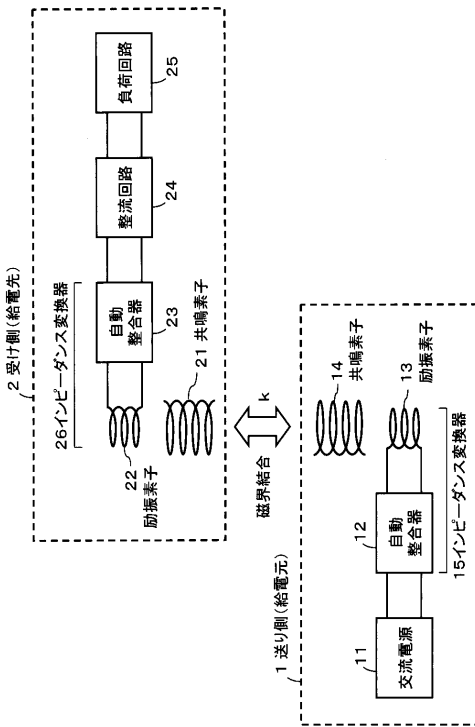
【符号の説明】

50

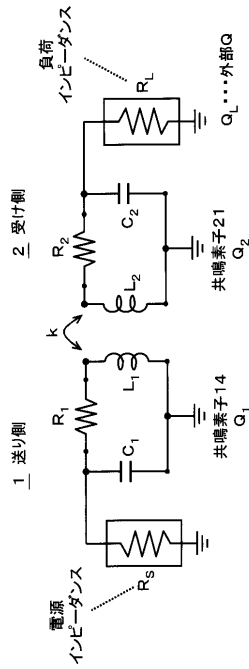
【 0 1 3 8 】

1 ... 送り側、1 1 ... 交流電源、1 2 ... 自動整合器、1 3 ... 励振素子、1 4 ... 共鳴素子、
 2 ... 受け側、2 1 ... 共鳴素子、2 2 ... 励振素子、2 3 ... 自動整合器、2 4 ... 整流回路、2
 5 ... 負荷回路、1 2 1、2 3 1 ... 方向性結合器、1 2 2、2 3 2 ... A / D変換器、1 2 3
 、2 3 3 ... マイクロコンピュータ、1 2 4、2 3 4 ... LC可変回路

【 図 1 】



【 図 2 】



自動整合器つき非接触電力伝送システムのブロック図

磁界共鳴方式の等価回路図

【 図 3 】

$$f_{01} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} \quad \dots(1-1)$$

$$f_{02} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}} \quad \dots(1-2)$$

$$Q_1 = \frac{1}{R_1} \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} \quad \dots(2-1)$$

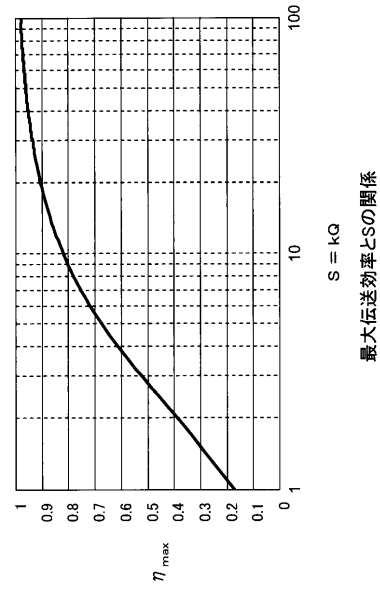
$$Q_2 = \frac{1}{R_2} \sqrt{\frac{L_2}{C_2}} \quad \dots(2-2)$$

$$Q_L = R_L \sqrt{\frac{C_2}{L_2}} \quad \dots(2-3)$$

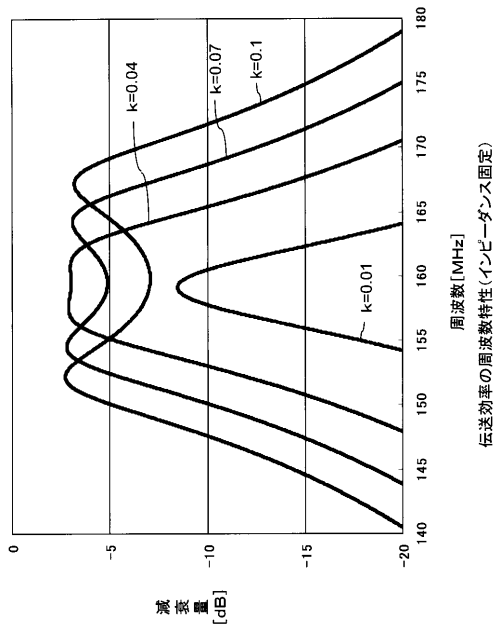
$$\eta_{\max} = \frac{(1+S^2)^{\frac{1}{2}} S^2}{\left[\left(1+(1+S^2)^{\frac{1}{2}} \right) S^2 \right] + \left[\left(1+(1+S^2)^{\frac{1}{2}} \right)^2 \right]} \quad \dots(3)$$

$$R_L = \frac{1}{\sqrt{1+S^2}} \frac{L_2}{R_2 C_2} \quad \dots(4)$$

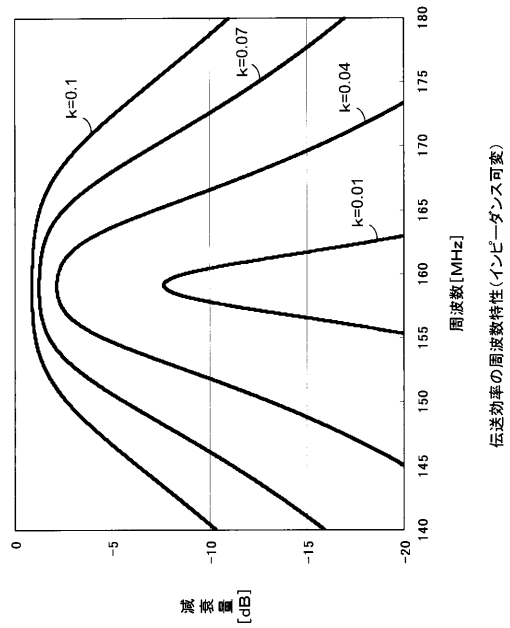
【 図 4 】



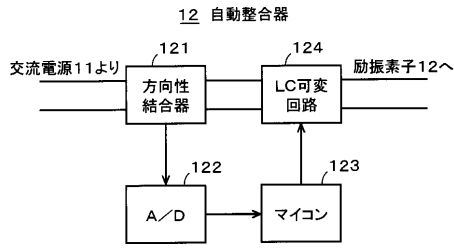
【 図 5 】



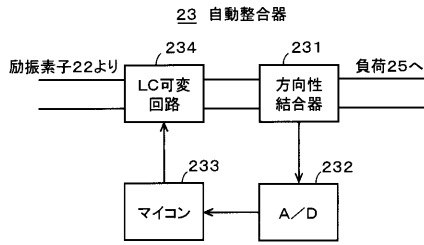
【 図 6 】



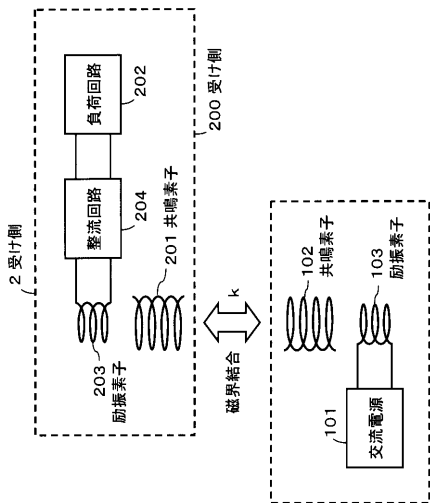
【 図 7 】



【 図 8 】

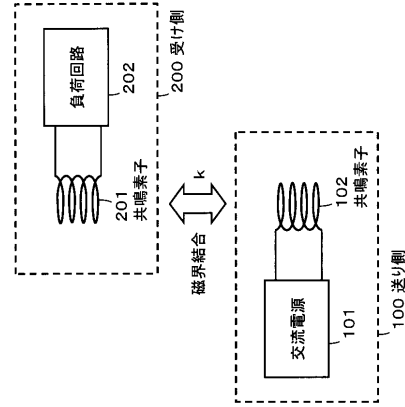


【 図 10 】



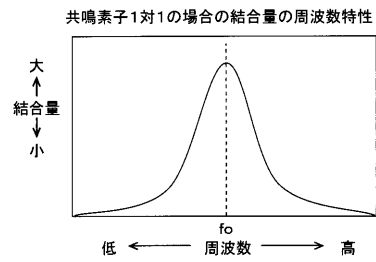
励振素子を用いた非接触電力伝送システムの概念図

【 図 9 】

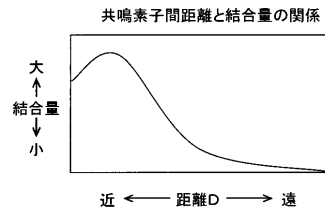


磁界共鳴方式による非接触電力伝送システムの概念図

【 図 11 】



【 図 12 】



【 図 1 3 】

共鳴周波数と最大結合量が得られる共鳴素子間距離の関係

