

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5114364号
(P5114364)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(51) Int.Cl.

F 1

H02J 17/00 (2006.01)
H03H 7/40 (2006.01)H02J 17/00
H03H 7/40

B

請求項の数 10 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2008-283562 (P2008-283562)
 (22) 出願日 平成20年11月4日 (2008.11.4)
 (65) 公開番号 特開2010-114964 (P2010-114964A)
 (43) 公開日 平成22年5月20日 (2010.5.20)
 審査請求日 平成23年3月1日 (2011.3.1)

(73) 特許権者 000003218
 株式会社豊田自動織機
 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地
 (73) 特許権者 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 100068755
 弁理士 恩田 博宣
 (74) 代理人 100105957
 弁理士 恩田 誠
 (72) 発明者 高田 和良
 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会
 社 豊田自動織機 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】非接触電力伝送装置及びその設計方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

交流電源と、当該交流電源に接続される1次コイルと1次側共鳴コイルと2次側共鳴コイルと2次コイルとを有する共鳴系と、前記2次コイルに接続される負荷とを備える非接触電力伝送装置であって、

前記共鳴系の入力インピーダンスと周波数との関係をグラフにした場合の、前記入力インピーダンスが極大となる周波数と、前記入力インピーダンスが極大となる周波数よりも高くかつ入力インピーダンスが極小となる周波数との間に前記交流電源の交流周波数が設定されていることを特徴とする非接触電力伝送装置。

【請求項 2】

前記入力インピーダンスと周波数との関係をグラフにした場合の、前記入力インピーダンスが極大となる周波数と、前記入力インピーダンスが極大となる周波数よりも高くかつ入力インピーダンスが極小となる周波数との間に前記入力インピーダンスと前記1次コイルのみのインピーダンスとが同じ値となる周波数に前記交流電源の交流周波数が設定されている請求項1に記載の非接触電力伝送装置。

【請求項 3】

前記1次コイル、1次側共鳴コイル、2次側共鳴コイル及び2次コイルは同じ径に形成されている請求項1に記載の非接触電力伝送装置。

【請求項 4】

交流電源と、当該交流電源に接続される1次コイルと1次側共鳴コイルと2次側共鳴コ

10

20

イルと 2 次コイルとを有する共鳴系と、前記 2 次コイルに接続される負荷とを備える非接触電力伝送装置であって、

前記共鳴系の入力インピーダンスが周波数の増加に伴い減少する範囲内に前記交流電源の交流周波数が設定されていることを特徴とする非接触電力伝送装置。

【請求項 5】

前記入力インピーダンスが周波数の増加に伴い減少する範囲内の周波数であって、前記入力インピーダンスと前記 1 次コイルのみのインピーダンスとが同じ値となる周波数に前記交流電源の交流周波数が設定されている請求項 4 に記載の非接触電力伝送装置。

【請求項 6】

前記 1 次コイル、1 次側共鳴コイル、2 次側共鳴コイル及び 2 次コイルは同じ径に形成されている請求項 4 に記載の非接触電力伝送装置。 10

【請求項 7】

交流電源と、当該交流電源に接続される 1 次コイルと 1 次側共鳴コイルと 2 次側共鳴コイルと 2 次コイルとを有する共鳴系と、前記 2 次コイルに接続される負荷とを備える非接触電力伝送装置の設計方法であって、

前記共鳴系の入力インピーダンスと周波数との関係をグラフにした場合の、前記入力インピーダンスが極大となる周波数と、前記入力インピーダンスが極大となる周波数よりも高くかつ入力インピーダンスが極小となる周波数との間に前記交流電源の交流周波数を設定することを特徴とする非接触電力伝送装置の設計方法。

【請求項 8】

前記入力インピーダンスと周波数との関係をグラフにした場合の、前記入力インピーダンスが極大となる周波数と、前記入力インピーダンスが極大となる周波数よりも高くかつ入力インピーダンスが極小となる周波数との間に前記交流電源の交流周波数を設定する請求項 7 に記載の非接触電力伝送装置の設計方法。 20

【請求項 9】

交流電源と、当該交流電源に接続される 1 次コイルと 1 次側共鳴コイルと 2 次側共鳴コイルと 2 次コイルとを有する共鳴系と、前記 2 次コイルに接続される負荷とを備える非接触電力伝送装置の設計方法であって、

前記共鳴系の入力インピーダンスが周波数の増加に伴い減少する範囲内に前記交流電源の交流周波数を設定することを特徴とする非接触電力伝送装置の設計方法。 30

【請求項 10】

前記入力インピーダンスが周波数の増加に伴い減少する範囲内の周波数であって、前記入力インピーダンスと前記 1 次コイルのみのインピーダンスとが同じ値となる周波数に前記交流電源の交流周波数を設定する請求項 9 に記載の非接触電力伝送装置の設計方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、非接触電力伝送装置及びその設計方法に関する。

【背景技術】

【0002】

図 6 に示すように、二つの銅線コイル 51, 52 を離れた状態で配置し、一方の銅線コイル 51 から他方の銅線コイル 52 に電磁場の共鳴によって電力を伝送することが紹介されている（例えば、非特許文献 1 及び特許文献 1 参照）。具体的には、交流電源 53 に接続された 1 次コイル 54 で発生した磁場を銅線コイル 51, 52 による磁場共鳴により増強し、2 次コイル 55 により増強された銅線コイル 52 付近の磁場から電磁誘導を利用して電力を取り出し負荷 56 に供給する。そして、半径 30 cm の銅線コイル 51, 52 を 2 m 離して配置した場合に、負荷 56 としての 60 W の電灯を点灯できることが確認されている。

【非特許文献 1】NIKKEI ELECTRONICS 2007.12.3 117 50

頁～128頁

【特許文献1】国際公開特許WO/2007/008646 A2

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

ところが、非特許文献1にはこの非接触電力伝送装置を設計（製造）する際ににおける、送信側（送電側）の銅線コイル51、受信側（受電側）の銅線コイル52の共鳴周波数と交流電源の出力交流の周波数との関係が明記されていない。特に、高効率で電力を伝送するための交流電源の出力交流周波数を決める指針がなく、広範囲の周波数において電力伝送効率を調べて最適な交流周波数を定める必要があり、手間がかかるという問題があつた。

10

【0004】

本発明は、前記従来の問題に鑑みてなされたものであつて、その目的は、設計（製造）が容易な非接触電力伝送装置及びその設計方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

前記の目的を達成するため、請求項1に記載の発明は、交流電源と、当該交流電源に接続される1次コイルと1次側共鳴コイルと2次側共鳴コイルと2次コイルとを有する共鳴系と、前記2次コイルに接続される負荷とを備えている。そして、前記共鳴系の入力インピーダンスと周波数との関係をグラフにした場合の、前記入力インピーダンスが極大となる周波数と、前記入力インピーダンスが極大となる周波数よりも高くかつ入力インピーダンスが極小となる周波数との間に前記交流電源の交流周波数が設定されている。ここで、「交流電源」とは、交流電圧を出力する電源を意味し、直流電源から入力された直流を交流に変換して出力するものも含む。また、本明細書において「共鳴系の入力インピーダンス」とは、1次コイルの両端で測定した共鳴系全体のインピーダンスを指す。この場合、2次コイルに接続される負荷の有無は問わない。

20

【0006】

この発明では、共鳴系の入力インピーダンスを測定するだけで、電力伝送効率を高くするためには設定すべき交流電源の交流周波数の範囲を、入力インピーダンスが極大となる周波数とその周波数よりも高くかつ入力インピーダンスが極小となる周波数との間に限定できる。そのため、非接触電力伝送装置を容易に設計することができる。

30

【0007】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記入力インピーダンスと周波数との関係をグラフにした場合の、前記入力インピーダンスが極大となる周波数と、前記入力インピーダンスが極大となる周波数よりも高くかつ入力インピーダンスが極小となる周波数との間の周波数であつて、前記入力インピーダンスと前記1次コイルのみのインピーダンスとが同じ値となる周波数に前記交流電源の交流周波数が設定されている。ここで、インピーダンスが「同じ値となる」とは、完全に一致する場合だけではなく、一致はないが、差が発明の目的を達成する範囲内にある場合も含む。従って、交流電源の交流周波数も一意に定まるわけではなく、ある範囲内で設定されることになる。

40

【0008】

この発明では、非接触電力伝送装置を容易に設計することができる。

請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記1次コイル、1次側共鳴コイル、2次側共鳴コイル、2次コイルが同じ径に形成されている。

【0009】

この発明では、1次コイル及び1次側共鳴コイルを一つの筒に巻くことで入力側の両コイルを容易に製作することができ、2次側共鳴コイル及び2次コイルを一つの筒に巻くことで出力側の両コイルを容易に製作することができる。また、1次側共鳴コイルと2次側共鳴コイルの巻数等設計パラメータを同じにすることにより、両者の共鳴周波数を簡単に同じにすることができる。

50

【0010】

請求項4に記載の発明は、交流電源と、交流電源に接続される1次コイルと1次側共鳴コイルと2次側共鳴コイルと2次コイルとを有する共鳴系と、2次コイルに接続される負荷とを備える非接触電力伝送装置である。そして、前記共鳴系の入力インピーダンスが周波数の増加に伴い減少する範囲内に前記交流電源の交流周波数を設定する。

【0011】

この発明では、共鳴系の入力インピーダンスを測定するだけで、電力伝送効率を高くするためには、設定すべき交流電源の交流周波数の範囲を、共鳴系の入力インピーダンスが周波数の増加に伴い減少する範囲に限定できる。そのため、非接触電力伝送装置を容易に設計することができる。

10

【0012】

請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の非接触電力伝送装置であって、前記入力インピーダンスが周波数の増加に伴い減少する範囲内の周波数であって、前記入力インピーダンスと前記1次コイルのみで測定したインピーダンスとが同じ値となる周波数に前記交流電源の交流周波数を設定する。ここで、インピーダンスが「同じ値となる」とは、完全に一致する場合だけではなく、一致はしないが差が発明の目的を達成する範囲内にある場合も含む。従って、交流電源の交流周波数も一意に定まるわけではなく、ある範囲内で設定されることになる。

【0013】

この発明では、非接触電力伝送装置を容易に設計することができる。

20

請求項6に記載の発明は、請求項4に記載の非接触電力伝送装置において、前記1次コイル、1次側共鳴コイル、2次側共鳴コイル、2次コイルが同じ径に形成されている。

【0014】

この発明では、1次コイル及び1次側共鳴コイルを一つの筒に巻くことで入力側の両コイルを容易に製作することができ、2次側共鳴コイル及び2次コイルを一つの筒に巻くことで出力側の両コイルを容易に製作することができる。また、1次側共鳴コイルと2次側共鳴コイルの巻数等設計パラメータを同じにすることにより、両者の共鳴周波数を簡単に同じにすることができる。

【0015】

請求項7に記載の発明は、交流電源と、当該交流電源に接続される1次コイルと1次側共鳴コイルと2次側共鳴コイルと2次コイルとを有する共鳴系と、前記2次コイルに接続される負荷とを備えた非接触電力伝送装置の設計方法である。この装置において、前記共鳴系の入力インピーダンスと周波数との関係をグラフにした場合の、前記入力インピーダンスが極大となる周波数と、前記入力インピーダンスが極大となる周波数よりも高くかつ入力インピーダンスが極小となる周波数との間に前記交流電源の交流周波数を設定する。ここで、「交流電源」とは、交流電圧を出力する電源を意味し、直流電源から入力された直流を交流に変換して出力するものも含む。

30

【0016】

この発明では、共鳴系の入力インピーダンスを測定するだけで、電力伝送効率を高くするためには、設定すべき交流電源の交流周波数の範囲を、共鳴系の入力インピーダンスが極大となる周波数とその周波数よりも高くかつ入力インピーダンスが極小となる周波数との間に限定できる。そのため、非接触電力伝送装置を容易に設計することができる。

40

【0017】

請求項8に記載の発明は、請求項7に記載の発明において、前記共鳴系の入力インピーダンスと周波数との関係をグラフにした場合の、前記入力インピーダンスが極大となる周波数と、前記入力インピーダンスが極大となる周波数よりも高くかつ入力インピーダンスが極小となる周波数との間の周波数であって、前記入力インピーダンスと前記1次コイルのみのインピーダンスとが同じ値となる周波数に前記交流電源の交流周波数が設定されている。ここで、インピーダンスが「同じ値となる」とは、完全に一致する場合だけではなく、一致はしないが差が発明の目的を達成する範囲内にある場合も含む。従って、交流電

50

源の交流周波数も一意に定まるわけではなく、ある範囲内で設定されることになる。

【0018】

この発明では、非接触電力伝送装置を容易に設計することができる。

請求項9に記載の発明は、交流電源と、交流電源に接続される1次コイルと1次側共鳴コイルと2次側共鳴コイルと2次コイルとを有する共鳴系と、2次コイルに接続される負荷とを備える非接触電力伝送装置の設計方法である。この装置において、前記共鳴系の入力インピーダンスが周波数の増加に伴い減少する範囲内に前記交流電源の交流周波数を設定する。

【0019】

この発明では、共鳴系の入力インピーダンスを測定するだけで、電力伝送効率を高くするためには、設定すべき交流電源の交流周波数の範囲を、共鳴系の入力インピーダンスが周波数の増加に伴い減少する範囲に限定できる。そのため、非接触電力伝送装置を容易に設計することができる。

【0020】

請求項10に記載の発明は、請求項9に記載の非接触電力伝送装置であって、前記入力インピーダンスが周波数の増加に伴い減少する範囲内の周波数であって、前記入力インピーダンスと前記1次コイルのみで測定したインピーダンスとが同じ値となる周波数に前記交流電源の交流周波数を設定する。ここで、インピーダンスが「同じ値となる」とは、完全に一致する場合だけではなく、一致はしないが差が発明の目的を達成する範囲内にある場合も含む。従って、交流電源の交流周波数も一意に定まるわけではなく、ある範囲内で設定されることになる。

【0021】

この発明では、非接触電力伝送装置を容易に設計することができる。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、設計(製造)が容易な非接触電力伝送装置及びその設計方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、本発明を具体化した一実施形態を図1～図4にしたがって説明する。

図1に示すように、非接触電力伝送装置10は、交流電源11から供給される電力を非接触で伝送する共鳴系12を備える。共鳴系12は、交流電源11に接続される1次コイル13と、1次側共鳴コイル14と、2次側共鳴コイル15と、2次コイル16とを有する。2次コイル16は負荷17に接続されている。

【0024】

非接触電力伝送装置10は、交流電源11から1次コイル13に交流電圧を印加することにより1次コイル13に磁場を発生させる。この磁場を1次側共鳴コイル14と2次側共鳴コイル15とによる磁場共鳴により増強し、増強された2次側共鳴コイル15付近の磁場から2次コイル16で電磁誘導を利用して電力を取り出し負荷17に供給する。

【0025】

1次コイル13、1次側共鳴コイル14、2次側共鳴コイル15及び2次コイル16は電線により形成されている。コイルの径や巻数は、伝送しようとする電力の大きさ等に対応して適宜設定される。この実施形態では1次コイル13、1次側共鳴コイル14、2次側共鳴コイル15及び2次コイル16は、同じ径に形成されている。

【0026】

交流電源11は、交流電圧を出力する電源である。交流電源11の出力交流電圧の周波数、即ち、交流電源11の交流周波数は自由に変えられるようになっている。したがって、共鳴系12に印加される交流電圧の周波数は自由に変えることができる。

【0027】

次に前記のように構成された非接触電力伝送装置10の設計方法を説明する。

10

20

30

40

50

この設計方法は、先ず、共鳴系 1 2 を構成する 1 次側共鳴コイル 1 4 及び 2 次側共鳴コイル 1 5 の仕様を設定する。仕様としては、例えば、1 次側共鳴コイル 1 4 及び 2 次側共鳴コイル 1 5 を構成する電線の材質の他に電線の太さ、コイルの径、巻数、両共鳴コイル間距離等の両共鳴コイルを製作、設置するのに必要な値がある。次に、1 次コイル 1 3 及び 2 次コイル 1 6 の仕様を設定する。仕様としては、両コイル 1 3, 1 6 を構成する電線の材質の他に電線の太さ、コイルの径、巻数がある。通常は電線として銅線が使用される。

【 0 0 2 8 】

次に設定された仕様で 1 次コイル 1 3、1 次側共鳴コイル 1 4、2 次側共鳴コイル 1 5 及び 2 次コイル 1 6 を形成するとともに、共鳴系 1 2 を組み立てる。そして、負荷 1 7 を 2 次コイル 1 6 に接続した後、1 次コイル 1 3 に印加される交流電圧の周波数を変更しながら、その共鳴系 1 2 の入力インピーダンス（1 次コイル 1 3 の両端で測定した共鳴系 1 2 全体のインピーダンス）を測定する。そして、測定結果に基づいて入力インピーダンスを縦軸、周波数を横軸にしたグラフを作成し、入力インピーダンスが極大となる周波数及びその極大となる周波数よりも高くかつ入力インピーダンスが極小となる周波数との間に交流電源 1 1 の交流周波数を設定する。共鳴系 1 2 によっては、入力インピーダンスを縦軸、周波数を横軸にしたグラフを作成した場合、入力インピーダンスの極大及び極小がそれぞれ 2 箇所現れる場合がある（図 2 参照）。そのような場合は、大きい側の極大と小さい側の極小との間（図 2 中の P_{max} 及び P_{min} の間）に対応する周波数に交流電源 1 1 の交流周波数を設定する。また、入力インピーダンスの極大及び極小となる組が複数現れる場合もある（例えば図 2 における P_{max} 及び P_{min} の組が複数現れる場合）。そのような場合には、最も低い周波数範囲に現れる極大及び極小となる組の間の周波数に交流電源 1 1 の交流周波数を設定する。

【 0 0 2 9 】

次に設定した周波数（交流電源 1 1 の交流周波数）で共鳴系 1 2 の入力インピーダンスと交流電源 1 1 の出力インピーダンスとを整合させる。共鳴系 1 2 の入力インピーダンスと交流電源 1 1 の出力インピーダンスとの整合がとれない場合は、1 次コイル 1 3 と交流電源 1 1 との間に整合器を入れて整合させる。

【 0 0 3 0 】

共鳴系 1 2 の入力インピーダンスと交流電源 1 1 の出力インピーダンスとが整合するとは、両インピーダンスが完全に一致することが最も望ましい。しかし、非接触電力伝送装置として所望の性能（電力伝送効率）を達成する範囲内で、例えば、共鳴系 1 2 の入力インピーダンスと交流電源 1 1 の出力インピーダンスとの差が、共鳴系 1 2 の入力インピーダンスに対して $\pm 10\%$ の範囲内、好ましくは $\pm 5\%$ の範囲内であればよい。

【 0 0 3 1 】

共鳴系 1 2 を構成する各コイルの電線としてサイズが 0.5 sq （平方 mm）の自動車用薄肉ビニル絶縁低圧電線（AVS 線）を使用して、1 次コイル 1 3、1 次側共鳴コイル 1 4、2 次側共鳴コイル 1 5 及び 2 次コイル 1 6 を次の仕様で形成した。

【 0 0 3 2 】

1 次コイル 1 3 及び 2 次コイル 1 6：巻数…2巻、径…直径 150 mm 、密巻

両共鳴コイル 1 4, 1 5：巻数…45巻、径…直径 150 mm 、密巻、巻線の両端を開放

共鳴コイル間距離： 200 mm

そして、負荷 1 7 として 50Ω の抵抗を接続して、入力電圧として 10 V pp （振幅 5 V ）の正弦波 $1 \text{ MHz} \sim 7 \text{ MHz}$ を 1 次コイル 1 3 に供給して、1 次コイル 1 3 のインピーダンス Z_1 及び共鳴系 1 2 の入力インピーダンス Z_{in} 並びに電力伝送効率 η を測定した。また、1 次コイル 1 3 のインピーダンス Z_1 の影響を調べるため、1 次コイル 1 3 以外のコイルの仕様は変更せずに、1 次コイル 1 3 の巻数を 1巻及び 4巻に変更した共鳴系 1 2 に対しても同じ条件で同じ測定を行った。測定結果を、横軸が周波数、縦軸がインピーダンス又は電力伝送効率 η を表すグラフにしたもの（図 2, 図 3 及び図 4）を示す。図 2

10

20

30

40

50

～図4では電力伝送効率₁を単に効率₁として示している。なお、入力インピーダンス_{in}の極大点をP_{max}、極小点をP_{min}とする。また、電力伝送効率₁は負荷での消費電力の1次コイルへの入力電力に対する割合を表し、%で示す場合は、次のようにして求められる。

【0033】

電力伝送効率₁ = (負荷での消費電力 / 1次コイルへの入力電力) × 100 [%]

図2～図4の結果から次のことが言える。

1. 1次コイル13のインピーダンスZ₁は、巻数に拘わらず周波数が1MHzから7MHzまで増加するに伴って単調増加し、増加率は周波数の低い方が大きいことを確認することができる。

10

【0034】

2. 1次コイル13のインピーダンスZ₁は、巻数が増加するに従って同じ周波数における値が大きくなる。また、増加の割合は、巻数が1巻の2倍に増加した場合の増加割合より、巻数が1巻の4倍に増加した場合の増加割合の方が大きい。

【0035】

3. 電力伝送効率₁は、1次コイル13の巻数に拘わらずほぼ同じ周波数で最大になる。ここで、電力伝送効率₁が最大になる周波数をその共鳴系12における共鳴周波数と定義する。

【0036】

4. 共鳴系12の入力インピーダンスZ_{in}は、2MHz以下及び6MHz以上では1次コイル13のインピーダンスとほぼ一致するように変化し、共鳴周波数付近においては並列共振、直列共振が順に生じて、極大点P_{max}及び極小点P_{min}が生じるように変化する。

20

【0037】

5. 共鳴系12の入力インピーダンスZ_{in}は、極大点P_{max}及び極小点P_{min}が生じる周波数の値が1次コイル13のインピーダンスZ₁の値に拘わらず一定になる。

6. 共鳴周波数は、極大点P_{max}の周波数とその周波数よりも高い極小点P_{min}の周波数との間に存在する。逆に、極大点P_{max}の周波数とその周波数よりも高い極小点P_{min}の周波数との間に交流電源11の交流周波数を設定すると、電力伝送効率₁を高くすることができる。

30

【0038】

7. 共鳴系12の入力インピーダンスZ_{in}の極大点P_{max}の周波数とその周波数よりも高い極小点P_{min}の周波数との間であって、入力インピーダンスZ_{in}と1次コイル13のインピーダンスZ₁とが等しくなる周波数に交流電源11の交流周波数を設定すると、電力伝送効率₁が最も高くなる。すなわち、当該周波数が共鳴周波数となる。

【0039】

8. 共鳴周波数は、共鳴系12の入力インピーダンスZ_{in}が周波数の増加に伴い減少する範囲内に存在するとも言える。逆に、共鳴系12の入力インピーダンスZ_{in}が周波数の増加に伴い減少する範囲内に交流電源11の交流周波数を設定すると、電力伝送効率₁を高くすることができる。

40

【0040】

9. 共鳴系12の入力インピーダンスZ_{in}が周波数の増加に伴い減少する範囲で、入力インピーダンスZ_{in}と1次コイル13のインピーダンスZ₁とが等しくなる周波数で、電力伝送効率₁が最も高くなる。すなわち、当該周波数が共鳴周波数となる。

【0041】

この実施形態によれば、以下に示す効果を得ることができる。

(1) 非接触電力伝送装置10は、交流電源11と、交流電源11が接続される1次コイル13と1次側共鳴コイル14と2次側共鳴コイル15と2次コイル16とを有する共鳴系12と、2次コイル16に接続される負荷17とを備えている。そして、共鳴系12の入力インピーダンスZ_{in}と周波数との関係をグラフにした場合の極大点P_{max}の周

50

波数とその周波数よりも高い極小点 P_{min} の周波数との間に交流電源 11 の交流周波数を設定する。したがって、共鳴系 12 の入力インピーダンス Z_{in} を測定するだけで、電力伝送効率 η を高くするために設定すべき交流電源 11 の交流周波数の範囲を、入力インピーダンス Z_{in} が極大となる周波数とその周波数よりも高くかつ入力インピーダンス Z_{in} が極小となる周波数との間に限定できる。そのため、非接触電力伝送装置 10 を容易に設計することができる。

【0042】

(2) 共鳴系 12 の入力インピーダンス Z_{in} と周波数との関係をグラフにした場合の、入力インピーダンス Z_{in} が極大となる周波数と、この周波数よりも高くかつ入力インピーダンス Z_{in} が極小となる周波数との間の周波数であって、入力インピーダンス Z_{in} と 1 次コイル 13 のみのインピーダンス Z_1 とが同じ値となる周波数に交流電源 11 の交流周波数が設定されている。このため、非接触電力伝送装置 10 を容易に設計することができる。特に、前記周波数の範囲内であって、共鳴系 12 の入力インピーダンス Z_{in} と 1 次コイル 13 のインピーダンス Z_1 とが等しくなる周波数の交流電圧を 1 次コイルに印加した場合、共鳴系 12 の電力伝送効率 η は最大となる。10

【0043】

(3) 1 次コイル 13、1 次側共鳴コイル 14、2 次側共鳴コイル 15 及び 2 次コイル 16 は同じ径に形成されている。したがって、1 次コイル 13 及び 1 次側共鳴コイル 14 を一つの筒に巻くことで 1 次側の両コイルを容易に製作することができ、2 次側共鳴コイル 15 及び 2 次コイル 16 を一つの筒に巻くことで 2 次側の両コイルを容易に製作することができる。また、1 次側共鳴コイル 14 と 2 次側共鳴コイル 15 との巻数等の設計パラメータを同じにすることにより、両者の共鳴周波数を簡単に同じにすることができます。20

【0044】

(4) 非接触電力伝送装置 10 は、交流電源 11 と、交流電源 11 が接続される 1 次コイル 13 と 1 次側共鳴コイル 14 と 2 次側共鳴コイル 15 と 2 次コイル 16 とを有する共鳴系 12 と、2 次コイル 16 に接続される負荷 17 とを備えている。そして、共鳴系 12 の入力インピーダンス Z_{in} が周波数の増加に伴い減少する範囲内に交流電源 11 の交流周波数を設定する。したがって、共鳴系 12 の入力インピーダンス Z_{in} を測定するだけで、電力伝送効率 η を高くするために設定すべき交流電源 11 の交流周波数の範囲を、共鳴系 12 の入力インピーダンス Z_{in} が周波数の増加に伴い減少する範囲に限定できる。そのため、非接触電力伝送装置 10 を容易に設計することができる。30

【0045】

(5) 共鳴系 12 の入力インピーダンス Z_{in} が周波数の増加に伴い減少する範囲内の周波数であって、共鳴系 12 の入力インピーダンス Z_{in} と 1 次コイル 13 のみで測定したインピーダンス Z_1 とが同じ値となる周波数に交流電源 11 の交流周波数を設定する。このため、非接触電力伝送装置 10 を容易に設計することができる。特に、前記周波数の範囲内であって、共鳴系 12 の入力インピーダンス Z_{in} と 1 次コイル 13 のインピーダンス Z_1 とが等しくなる周波数の交流電圧を 1 次コイルに印加した場合、共鳴系 12 の電力伝送効率 η は最大となる。

【0046】

(6) 設定した周波数(交流電源 11 の交流周波数)で共鳴系 12 の入力インピーダンス Z_{in} と交流電源 11 の出力インピーダンスとが整合するように、1 次コイル 13 のインピーダンス Z_1 が設定される。したがって、交流電源 11 から非接触電力伝送装置 10 へ効率良く電力が供給される。また、共鳴系 12 の入力インピーダンス Z_{in} と交流電源 11 の出力インピーダンスとを整合させる際に、共鳴系 12 の入力インピーダンス Z_{in} に代えて 1 次コイル 13 のインピーダンス Z_1 のみを測定すればよい。したがって、容易に両インピーダンスを整合させることができる。40

【0047】

(7) 前記非接触電力伝送装置 10 の設計方法は、共鳴系 12 の入力インピーダンス Z_{in} と周波数との関係をグラフにした場合の、入力インピーダンス Z_{in} が極大となる周50

波数と、入力インピーダンス Z_{in} が極大となる周波数よりも高くかつ入力インピーダンス Z_{in} が極小となる周波数との間に交流電源 11 の交流周波数を設定する。したがって、共鳴系 12 の入力インピーダンス Z_{in} を測定するだけで、電力伝送効率 η を高くするために設定すべき交流電源 11 の交流周波数の範囲を、共鳴系 12 の入力インピーダンス Z_{in} が極大となる周波数とその周波数よりも高くかつ入力インピーダンス Z_{in} が極小となる周波数との間に限定できる。そのため、非接触電力伝送装置 10 を容易に設計することができる。

【0048】

実施形態は前記に限定されるものではなく、例えば、次のように具体化してもよい。

電線を巻回してコイルを形成する場合、コイルは円筒状に限らない。例えば、三角筒状、四角筒状、六角筒状等の多角筒状や楕円筒状等の単純な形状の筒状としたり、対称図形ではなく他の異形断面の筒状としたりしてもよい。

【0049】

1 次側共鳴コイル 14 及び 2 次側共鳴コイル 15 は、電線が筒状に巻回されたコイルに限らず、例えば、図 5 に示すように、電線が一平面上に巻回された形状としてもよい。

【0050】

コイルは、電線が密巻されて隣接する巻回部が接触する構成でも、巻回部が接触しないように巻回部の間隔を空けて電線が巻回された構成であってもよい。

1 次コイル 13、1 次側共鳴コイル 14、2 次側共鳴コイル 15 及び 2 次コイル 16 が全て同じ径に形成されている必要はない。例えば、1 次側共鳴コイル 14 及び 2 次側共鳴コイル 15 は同じ径で、1 次コイル 13 及び 2 次コイル 16 は異なる径としてもよい。

【0051】

コイルを構成する電線は、絶縁ビニル被覆線に限らず、エナメル線を使用したり、あるいは裸線を巻回した後に樹脂モールドしたりしてもよい。

非接触電力伝送装置 10 の設計方法は、共鳴系 12 を構成する 1 次側共鳴コイル 14 及び 2 次側共鳴コイル 15 の仕様を設定した後、交流電源 11 の仕様を設定し、その交流電源 11 の出力インピーダンスと共鳴系 12 の入力インピーダンスが整合するように 1 次コイル 13 のインピーダンスを設定する方法に限らない。例えば、先ず、交流電源 11 の仕様を設定し、その仕様に合わせて共鳴系 12 を構成する 1 次側共鳴コイル 14 及び 2 次側共鳴コイル 15 の仕様及び 1 次コイル 13 のインピーダンスを設定してもよい。交流電源 11 の仕様を共鳴系 12 の仕様より先に設定するということは、共鳴系 12 の仕様を設定する際に、共鳴周波数が決められた状態で 1 次側共鳴コイル 14 及び 2 次側共鳴コイル 15 を構成する電線の材質、電線の太さ、コイルの径、巻数、両共鳴コイル間距離等の値を設定することになる。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図 1】実施形態の非接触電力伝送装置の構成図。

【図 2】1 次コイルの巻数 1 巻の場合における 1 次コイル単体のインピーダンス、共鳴系の入力インピーダンス及び電力伝送効率と周波数との関係を示すグラフ。

【図 3】1 次コイルの巻数 2 巻の場合における 1 次コイル単体のインピーダンス、共鳴系の入力インピーダンス及び電力伝送効率と周波数との関係を示すグラフ。

【図 4】1 次コイルの巻数 4 巻の場合における 1 次コイル単体のインピーダンス、共鳴系の入力インピーダンス及び電力伝送効率と周波数との関係を示すグラフ。

【図 5】別の実施形態の入力側共鳴コイル及び出力側共鳴コイルの模式図。

【図 6】従来技術の非接触電力伝送装置の構成図。

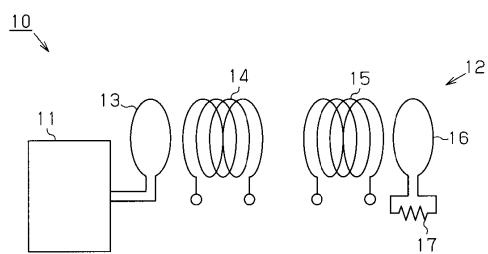
【符号の説明】

【0053】

P_{max} ...極大点、 P_{min} ...極小点、10...非接触電力伝送装置、11...交流電源、

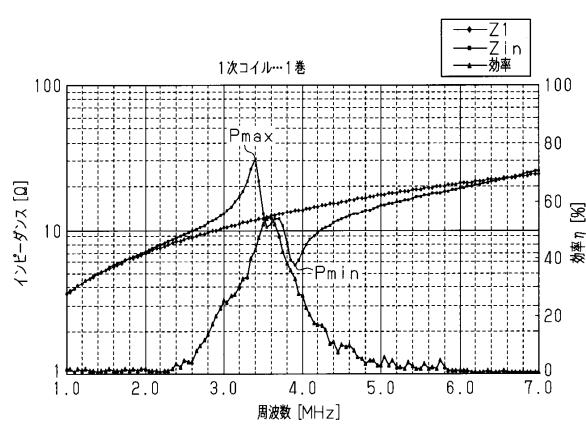
1 2 ... 共鳴系、 1 3 ... 1 次コイル、 1 4 ... 1 次側共鳴コイル、 1 5 ... 2 次側共鳴コイル、
1 6 ... 2 次コイル、 1 7 ... 負荷。

【図 1】

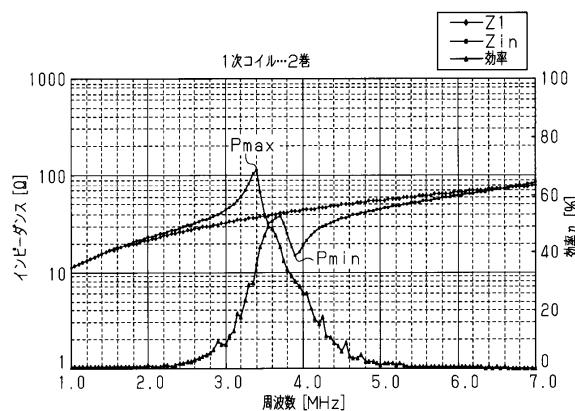


10:非接触電力伝送装置 11:交流電源 12:共鳴系 13:1次コイル
14:1次側共鳴コイル 15:2次側共鳴コイル 16:2次コイル 17:負荷

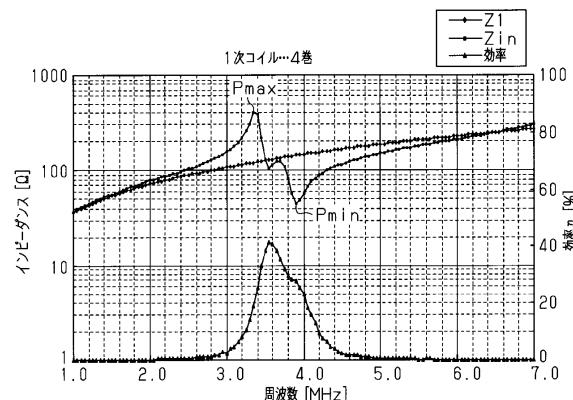
【図 2】



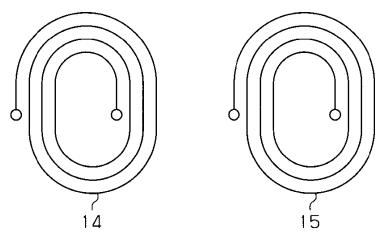
【図 3】



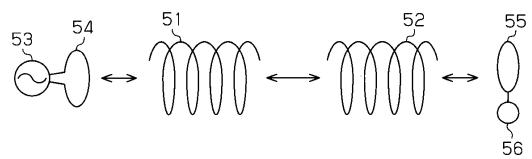
【図 4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 定典
愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地 株式会社 豊田自動織機 内
(72)発明者 中田 健一
愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地 株式会社 豊田自動織機 内
(72)発明者 迫田 慎平
愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地 株式会社 豊田自動織機 内
(72)発明者 山本 幸宏
愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地 株式会社 豊田自動織機 内
(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
(72)発明者 石川 哲浩
愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車 株式会社 内

審査官 杉田 恵一

(56)参考文献 特開平 5 - 63512 (JP, A)
特開 2008 - 125198 (JP, A)
特開 2009 - 106136 (JP, A)
特表 2009 - 501510 (JP, A)
特表 2012 - 502602 (JP, A)
国際公開第 2007 / 008646 (WO, A1)
国際公開第 2008 / 118178 (WO, A1)
Andre Kurs, Aristeidis Karalis, Robert Moffatt, J.D.Joannopoulos, Peter Fisher, Marin Soljacic, Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances, SCIENCE, 米国, 2007年 7月 6日, Vol. 317, p.83-86
Marin Soljacic, Aristeidis Karalis, John Joannopoulos, Andre Kurs, Robert Moffatt, Peter Fisher, 電力を無線伝送する技術を開発、実験で 60W の電球を点灯, NIKKEI ELECTRONICS, 日本, 日経BP社, 2007年 12月 3日, No.966, p.117-128

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 02 J 17 / 00
H 03 H 7 / 40
H 03 J 7 / 18