

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5399340号
(P5399340)

(45) 発行日 平成26年1月29日 (2014. 1. 29)

(24) 登録日 平成25年11月1日 (2013. 11. 1)

(51) Int. Cl.

H02J 17/00 (2006.01)

F I

H02J 17/00

B

請求項の数 8 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2010-179459 (P2010-179459)
 (22) 出願日 平成22年8月10日 (2010. 8. 10)
 (65) 公開番号 特開2012-39815 (P2012-39815A)
 (43) 公開日 平成24年2月23日 (2012. 2. 23)
 審査請求日 平成24年9月28日 (2012. 9. 28)

(73) 特許権者 000004226
 日本電信電話株式会社
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
 (74) 代理人 100072718
 弁理士 古谷 史旺
 (74) 代理人 100116001
 弁理士 森 俊秀
 (72) 発明者 清水 達也
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
 本電信電話株式会社内
 (72) 発明者 丸山 貴史
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
 本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ワイヤレス給電方法およびワイヤレス給電システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

送電部に、互いに異なる周波数の交流電流を出力する複数の交流電源と、前記複数の交流電源から出力される交流電流を周波数多重する手段と、前記周波数多重した交流電流を印加する第1の励起素子と、前記第1の励起素子と電磁誘導により結合する第1の共鳴素子とを備え、

複数の受電部のそれぞれに、前記第1の共鳴素子と磁界共鳴により結合する第2の共鳴素子と、前記第2の共鳴素子と電磁誘導により結合する第2の励起素子と、前記第2の励起素子に誘起される交流電流を整流して出力する手段とを備え、

前記交流電源の周波数および前記第2の共鳴素子の共鳴周波数が、前記送電部の前記第1の共鳴素子の周波数特性に対して伝送効率が高くなる周波数と同等の周波数に設定され、前記複数の受電部の前記第2の共鳴素子が前記送電部の前記第1の共鳴素子と磁界共鳴により結合し、前記送電部で周波数多重された交流電流をそれぞれ対応する共鳴周波数の第2の共鳴素子を介して前記受電部に給電する

ことを特徴とするワイヤレス給電方法。

【請求項 2】

請求項1に記載のワイヤレス給電方法において、

前記送電部の前記第1の共鳴素子に対して、前記複数の受電部の前記第2の共鳴素子が直列状に配置され、互いに前後に接続された共鳴素子が磁界共鳴により結合して給電することを特徴とするワイヤレス給電方法。

10

20

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載のワイヤレス給電方法において、
前記受電部は、前記第 2 の共鳴素子のインピーダンスを調整する手段を備え、
前記周波数多重された交流電流の任意の周波数と磁界共鳴周波数が同じになるように、
前記受電部の前記第 2 の共鳴素子のインピーダンスを調整して周波数選択受電する
ことを特徴とするワイヤレス給電方法。

【請求項 4】

請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のワイヤレス給電方法において、
前記送電部の前記第 1 の共鳴素子と前記複数の受電部の前記第 2 の共鳴素子が電界共鳴
により結合する
ことを特徴とするワイヤレス給電方法。

10

【請求項 5】

送電部に、互いに異なる周波数の交流電流を出力する複数の交流電源と、前記複数の交流電源から出力される交流電流を周波数多重する手段と、前記周波数多重した交流電流を印加する第 1 の励起素子と、前記第 1 の励起素子と電磁誘導により結合する第 1 の共鳴素子とを備え、

複数の受電部のそれぞれに、前記第 1 の共鳴素子と磁界共鳴により結合する第 2 の共鳴素子と、前記第 2 の共鳴素子と電磁誘導により結合する第 2 の励起素子と、前記第 2 の励起素子に誘起される交流電流を整流して出力する手段とを備え、

前記交流電源の周波数および前記第 2 の共鳴素子の共鳴周波数が、前記送電部の前記第 1 の共鳴素子の周波数特性に対して伝送効率が高くなる周波数と同等の周波数に設定され、前記複数の受電部の前記第 2 の共鳴素子が前記送電部の前記第 1 の共鳴素子と磁界共鳴により結合し、前記送電部で周波数多重された交流電流をそれぞれ対応する共鳴周波数の第 2 の共鳴素子を介して前記受電部に給電する構成である

20

ことを特徴とするワイヤレス給電システム。

【請求項 6】

請求項 5 に記載のワイヤレス給電システムにおいて、

前記送電部の前記第 1 の共鳴素子に対して、前記複数の受電部の前記第 2 の共鳴素子が直列状に配置され、互いに前後に接続された共鳴素子が磁界共鳴により結合して給電する構成である

30

ことを特徴とするワイヤレス給電システム。

【請求項 7】

請求項 5 または請求項 6 に記載のワイヤレス給電システムにおいて、

前記受電部は、前記第 2 の共鳴素子のインピーダンスを調整する手段を備え、

前記周波数多重された交流電流の任意の周波数と磁界共鳴周波数が同じになるように、前記受電部の前記第 2 の共鳴素子のインピーダンスを調整して周波数選択受電する構成である

ことを特徴とするワイヤレス給電システム。

【請求項 8】

請求項 5 ～ 7 のいずれかに記載のワイヤレス給電システムにおいて、

前記送電部の前記第 1 の共鳴素子と前記複数の受電部の前記第 2 の共鳴素子が電界共鳴により結合する構成である

40

ことを特徴とするワイヤレス給電システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、共鳴型のワイヤレス給電方法およびワイヤレス給電システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来のワイヤレス給電方法としては電磁誘導を利用した方法が知られており、家電用途

50

として電動シェーバーや電動歯ブラシなどで実用化が行われている（非特許文献１）。しかし、電磁誘導による結合は電磁界強度と磁束鎖交数に強く依存するため、送電部と受電部を近接させるとともに、軸ずれが無いようにそれらの位置を固定する必要がある。このため、送電部と受電部の距離は制限され、複数の受電部への同時給電は困難と考えられる。

【０００３】

また、Andre Kursらは、送電部と受電部に共鳴素子を配置し、共鳴素子間を磁界共鳴により結合させるワイヤレス給電方法を提案している（非特許文献２）。この方法によると、ある程度離れた距離においても高い送電効率を得られ、軸連れなどによる影響が少ないなどの特徴がある。

10

【０００４】

図６は、従来の磁界共鳴によるワイヤレス給電システムの構成例を示す。

図６において、送電部１００では、交流電源１０１から出力される交流電流は、所定の共鳴周波数で励起コイル１０２に印加される。励起コイル１０２は、共鳴コイル１０３と近接しており、電磁誘導により共鳴コイル１０３を励振する。送電部１００の共鳴コイル１０３は受電部２００の共鳴コイル２０１と磁界共鳴により結合しており、共鳴コイル１０３を励振させた電力は共鳴コイル２０１も励振する。このような磁界共鳴による結合は、共鳴コイルのＱ値により高い結合効率を得られるため、電磁誘導と比較して送電部と受電部の間隔が離れていても高い送電効率を得られる特徴がある。

20

【０００５】

共鳴コイル２０１は、励起コイル２０２と電磁誘導により結合しており、共鳴コイル２０１で励振された電力は、励起コイル２０２に印加される。励起コイル２０２で誘起された電力は、整流回路２０３で直流電力に変換され、充電器や回路の電源に供給される。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【０００６】

【非特許文献１】H. Abe, et al. "A noncontact charger using resonant converter with parallel capacitor of the secondary coil," IEEE Trans. on Industry Applications, Vol.36, No.2, pp.444-451, March 2000.

【非特許文献２】Andre Kurs, et al. "Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances", Science, Vol.317, pp.83-85, 2007.

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

ところで、従来のワイヤレス給電方法では、送電部と受電部が単一の共鳴周波数により一対一で送電する構成である。このため、複数の受電部がある場合には、各々の受電部で異なる共鳴周波数を設定し、時分割で送電部の送電周波数を各受電部の共鳴周波数に一致させることで、受電部を切り替えながら送電するのが一般的であった。したがって、同時に複数の受電部を選択して給電することは困難であった。

【０００８】

40

本発明は、複数の受電部を任意に選択して同時に給電することができるワイヤレス電力伝送方法およびワイヤレス給電システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

第１の発明のワイヤレス給電方法は、送電部に、互いに異なる周波数の交流電流を出力する複数の交流電源と、複数の交流電源から出力される交流電流を周波数多重する手段と、周波数多重した交流電流を印加する第１の励起素子と、第１の励起素子と電磁誘導により結合する第１の共鳴素子とを備え、複数の受電部のそれぞれに、第１の共鳴素子と磁界共鳴により結合する第２の共鳴素子と、第２の共鳴素子と電磁誘導により結合する第２の励起素子と、第２の励起素子に誘起される交流電流を整流して出力する手段とを備え、交

50

流電源の周波数および第2の共鳴素子の共鳴周波数が、送電部の第1の共鳴素子の周波数特性に対して伝送効率が高くなる周波数と同等の周波数に設定され、複数の受電部の第2の共鳴素子が送電部の第1の共鳴素子と磁界共鳴により結合し、送電部で周波数多重された交流電流をそれぞれ対応する共鳴周波数の第2の共鳴素子を介して受電部に給電することを特徴とする。

【0010】

また、送電部の第1の共鳴素子に対して、複数の受電部の第2の共鳴素子が直列状に配置され、互いに前後に接続された共鳴素子が磁界共鳴により結合して給電するようにしてもよい。

【0011】

また、受電部は、第2の共鳴素子のインピーダンスを調整する手段を備え、周波数多重された交流電流の任意の周波数と磁界共鳴周波数が同じになるように、受電部の第2の共鳴素子のインピーダンスを調整して周波数選択受電するようにしてもよい。

【0012】

また、送電部の第1の共鳴素子と複数の受電部の第2の共鳴素子が電界共鳴により結合するようにしてもよい。

【0013】

第2の発明ワイヤレス給電システムは、送電部に、互いに異なる周波数の交流電流を出力する複数の交流電源と、複数の交流電源から出力される交流電流を周波数多重する手段と、周波数多重した交流電流を印加する第1の励起素子と、第1の励起素子と電磁誘導により結合する第1の共鳴素子とを備え、複数の受電部のそれぞれに、第1の共鳴素子と磁界共鳴により結合する第2の共鳴素子と、第2の共鳴素子と電磁誘導により結合する第2の励起素子と、第2の励起素子に誘起される交流電流を整流して出力する手段とを備え、交流電源の周波数および第2の共鳴素子の共鳴周波数が、送電部の第1の共鳴素子の周波数特性に対して伝送効率が高くなる周波数と同等の周波数に設定され、複数の受電部の第2の共鳴素子が送電部の第1の共鳴素子と磁界共鳴により結合し、送電部で周波数多重された交流電流をそれぞれ対応する共鳴周波数の第2の共鳴素子を介して受電部に給電する構成である。

【0014】

また、送電部の第1の共鳴素子に対して、複数の受電部の第2の共鳴素子が直列状に配置され、互いに前後に接続された共鳴素子が磁界共鳴により結合して給電する構成としてもよい。

【0015】

また、受電部は、第2の共鳴素子のインピーダンスを調整する手段を備え、周波数多重された交流電流の任意の周波数と磁界共鳴周波数が同じになるように、受電部の第2の共鳴素子のインピーダンスを調整して周波数選択受電する構成としてもよい。

【0016】

また、送電部の第1の共鳴素子と複数の受電部の第2の共鳴素子が電界共鳴により結合する構成としてもよい。

【発明の効果】

【0017】

本発明は、送電部において、複数の交流電源のそれぞれの周波数を互いに異なる共鳴周波数に設定し、複数の受電部の各共鳴周波数が送電部に設定したいずれかの共鳴周波数となるように共鳴素子のリアクタンス値を調整することで、複数の受電部に対して同時にかつ周波数選択的に給電することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の実施例1のシステム構成例を示す図である。

【図2】実施例1の構成で受信部が3の場合の送電効率特性を示す図である。

【図3】本発明の実施例2のシステム構成例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図４】実施例２の構成で受信部が４の場合の送電効率特性を示す図である。

【図５】電界共鳴による結合を用いる共鳴素子の構成例を示す図である。

【図６】従来の磁界共鳴によるワイヤレス給電システムの構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【実施例１】

【００１９】

図１は、本発明の実施例１のシステム構成例を示す。ここでは、送電部から複数 n の受電部に１対 n で送電する例を示す。

【００２０】

図１において、送電部１０は複数の交流電源１１(１)～１１(n)を備える。各交流電源の周波数 $f_1 \sim f_n$ は互いに異っており、各出力が多重装置１２に入力して周波数多重される。なお、周波数 $f_1 \sim f_n$ は、後述する各受電部ごとの共鳴周波数と同じ値となるように設定する。多重装置１２では、周波数多重した交流電流を励起コイル１３に出力する。励起コイル１３と共鳴コイル１４は電磁誘導により結合しており、励起コイル１３に誘起される電力は共鳴コイル１４を励振する。共鳴コイル１４は、受電部２０(１)～２０(n)の共鳴コイル２１(１)～２１(n)と磁界共鳴により結合し、その高い結合効率により送電部１０と受電部２０(１)～２０(n)がある程度距離が離れていても、低損失で送電される。

【００２１】

送電部１０の共鳴コイル１４には可変容量１５が装荷される。受電部２０(１)～２０(n)の共鳴コイル２１(１)～２１(n)には可変容量２２(１)～２２(n)がそれぞれ装荷される。送電部１０と各受電部２０(１)～２０(n)との間には、各々の可変容量１５、２２(１)～２２(n)を調整することによりそれぞれ任意の共鳴周波数が設定される。

【００２２】

共鳴コイル２１(１)～２１(n)では、共鳴コイル１４を介して磁界共鳴により各受電部２０(１)～２０(n)に対して設定した共鳴周波数の電力が励振される。共鳴コイル２１(１)～２１(n)は、励起コイル２３(１)～２３(n)と電磁誘導により結合しているため、各共鳴コイル２１(１)～２１(n)で励振された電力は励起コイル２３(１)～２３(n)を励振し、整流回路２４(１)～２４(n)に入力する。整流回路２４(１)～２４(n)は、交流成分を直流成分に変換して充電器や回路の電源に電力を供給する。

【００２３】

ここで、実施例１の構成で受信部が３つの場合の送電効率特性を図２に示す。送電部１０の容量、インダクタンスとインピーダンスは一定のまま、各受電部２０(１)～２０(n)の容量とインダクタンスを互いに異なるように設定するとともにインピーダンスを調整することで、各受電部２０(１)～２０(n)に対する共鳴周波数は異なる値となる。

【００２４】

本実施例の構成では、複数存在する共鳴周波数と対応する周波数を交流電源１１(１)～１１(n)のそれぞれに設定することによって、周波数多重的に電力送電する点を特徴とする。すなわち、多重化数の最大は、送電部１０に備える共鳴コイル１４（および励起コイル１３）の周波数特性により定められ、伝送効率が高い周波数帯の数と等しい。なお、周波数特性は、共鳴コイルの組合せにより柔軟に設計できる。

【００２５】

各受電部２０(１)～２０(n)において、異なる共鳴周波数を設定しておくことによる効果は、一部の受電部にのみ送電したい場合に、その受電部に対応する交流電源１１(１)～１１(n)の出力を制御することによって、所望の受電部にのみ送電できるといった柔軟性を実現できることである。また、交流電源１１(１)～１１(n)の出力を制御することによって、各受電部２０(１)～２０(n)に送電する電力を個別に制御することも可能となる。

【００２６】

このように、送電部１０において、各交流電源１１(１)～１１(n)の周波数を互いに異なる共鳴周波数に設定し、各受電部２０(１)～２０(n)の共鳴周波数が送電部１０の交流

10

20

30

40

50

電源 1 1 (1) ~ 1 1 (n) に設定されたいずれかの共鳴周波数となるように共鳴コイル 1 4 , 2 1 (1) ~ 2 1 (n) のリアクタンス値を調整することで、複数の受電部 2 0 (1) ~ 2 0 (n) に対して同時にかつ周波数選択的に給電することが可能となる。

【 0 0 2 7 】

なお、実施例 1 では共鳴周波数を制御する方法として、共鳴コイルに対して並列に可変容量を接続する場合を示しているが、直列に可変容量を接続する場合や、アクチュエータなどにより共鳴コイルのインダクタンスを変化させるなど、共鳴周波数を変化させる方法であれば特に限定しない。

【実施例 2】

【 0 0 2 8 】

10

図 3 は、本発明の実施例 2 のシステム構成例を示す。

図 3 において、送電部 1 0 および複数の受電部 2 0 (1) ~ 2 0 (n) の構成および動作は実施例 1 とほとんど同じなので、異なる点に限定して説明する。

【 0 0 2 9 】

受電部 2 0 (1) ~ 2 0 (n) は、送電部 1 0 に対して直列状に配置されており、前後に接続された受電部の共鳴コイル（一番最初は送電部の共鳴コイル）と磁界共鳴により結合する。実施例 1 の場合と同様に、受電部 2 0 (1) ~ 2 0 (n) を調整することで、全ての受電部について図 4 に示すような複数の共鳴周波数が得られる。その結果、送電部 1 0 で励起した電力が同様の周波数特性を保ちながら、受電部 2 0 (1) 、 2 0 (2) 、 ... 、 2 0 (n) と順に伝わることとなる。実際には、同様の周波数特性を有する共鳴コイルを介して、電力

20

【 0 0 3 0 】

送電部 1 0 において、交流電源 1 1 (1) ~ 1 1 (n) の周波数を共鳴周波数（図 4 に示す伝送効率の高い周波数）に設定し、各受電部 2 0 (1) ~ 2 0 (n) の共鳴周波数が同様となるように共鳴コイルのリアクタンス値を調整して送電する。一方、各受電部 2 0 (1) ~ 2 0 (n) の励起コイルは、各受電部で電力を取り出す共振周波数となるように調整する。送電部 1 0 により送電された電力は、各受電部 2 0 (1) ~ 2 0 (n) の共鳴コイルにより電力を中継されながら、各受電部 2 0 (1) ~ 2 0 (n) は自己に設定された共鳴周波数に対応する電力を取り出すことが可能となる。

【実施例 3】

30

【 0 0 3 1 】

実施例 1 および実施例 2 では、共鳴コイル間の結合が磁界共鳴する場合を示したが、電界共鳴による結合を用いる構成にも本発明を適用することができる。

【 0 0 3 2 】

例えば、図 5 に示すように、送電ポートおよび受電ポートに接続されたメアングライン 3 0 , 3 1 と、各々に装荷される可変容量 3 2 , 3 3 および可変インダクタンス 3 4 , 3 5 で送電部と受電部をそれぞれ構成し、メアングライン間の結合を電界共鳴させて送電効率を改善する。この電界結合型給電構成においても、可変容量 3 2 , 3 3 と可変インダクタンス 3 4 , 3 5 により共鳴周波数を調整することができる。

【符号の説明】

40

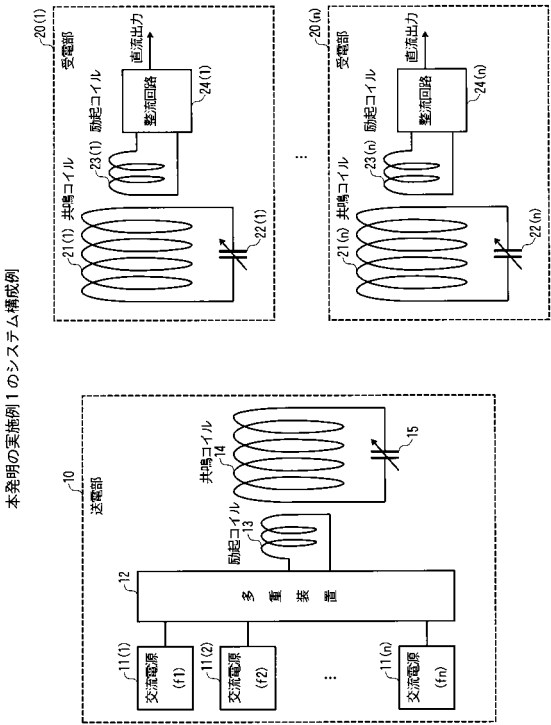
【 0 0 3 3 】

- 1 0 送電部
- 1 1 交流電源
- 1 2 多重装置
- 1 3 励起コイル
- 1 4 共鳴コイル
- 1 5 可変容量
- 2 0 受電部
- 2 1 共鳴コイル
- 2 2 可変容量

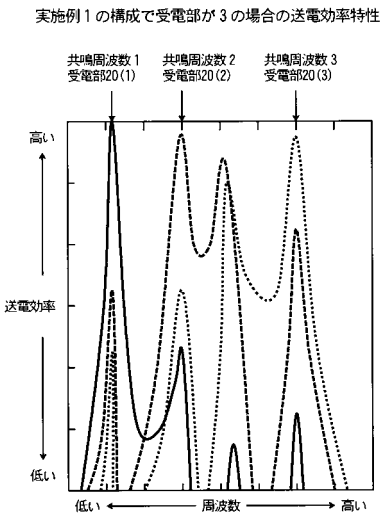
50

- 2 3 励起コイル
- 2 4 整流回路
- 3 0 , 3 1 メアンダライン
- 3 2 , 3 3 可変容量
- 3 4 , 3 5 可変インダクタンス

【 図 1 】

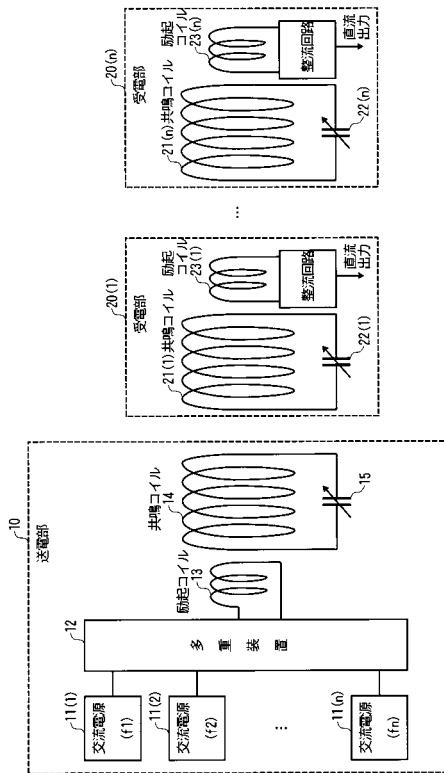


【 図 2 】



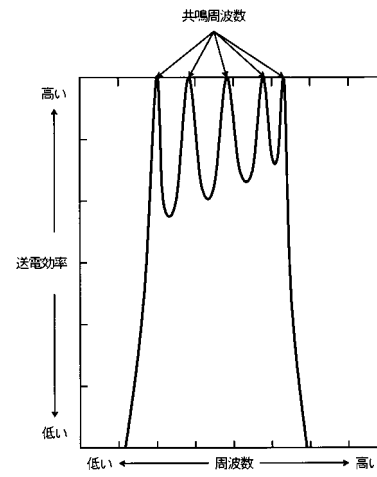
【図 3】

本発明の実施例 2 のシステム構成例



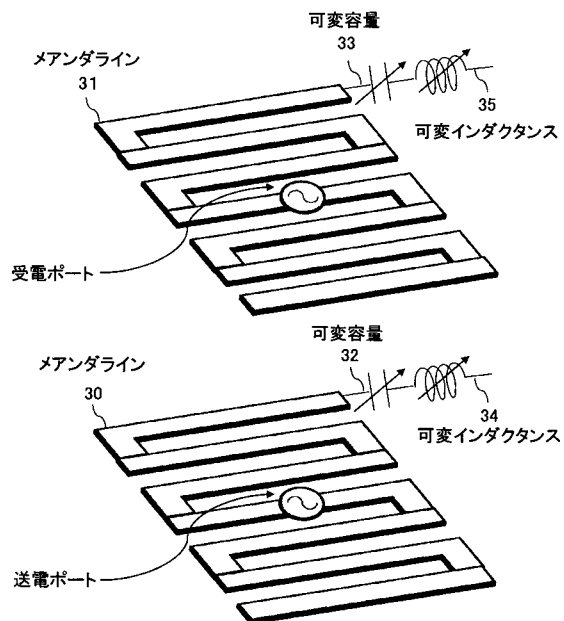
【図 4】

実施例 2 の構成で受電部が 4 の場合の送電効率特性



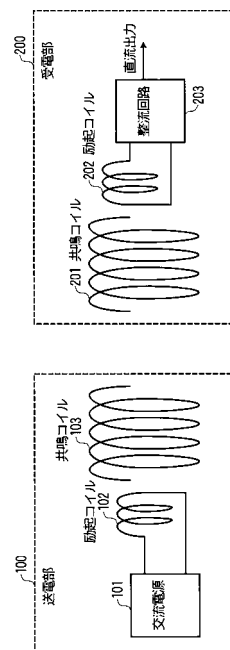
【図 5】

電界共鳴による結合を用いる共鳴素子の構成例



【図 6】

従来の磁界共鳴によるワイヤレス給電システムの構成例



フロントページの続き

(72)発明者 中津川 征士
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 松尾 俊介

(56)参考文献 特開2010-200563(JP,A)
特開2010-051137(JP,A)
特開2010-154592(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02J 17/00