

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5691458号
(P5691458)

(45) 発行日 平成27年4月1日(2015.4.1)

(24) 登録日 平成27年2月13日(2015.2.13)

(51) Int. Cl.		F I			
H02J	17/00	(2006.01)	H02J	17/00	B
B60L	5/00	(2006.01)	B60L	5/00	B
B60L	11/18	(2006.01)	B60L	11/18	C

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2010-271282 (P2010-271282)	(73) 特許権者	000003997
(22) 出願日	平成22年12月6日 (2010.12.6)		日産自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2011-229360 (P2011-229360A)		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(43) 公開日	平成23年11月10日 (2011.11.10)	(74) 代理人	110000486
審査請求日	平成25年10月28日 (2013.10.28)		とこしえ特許業務法人
(31) 優先権主張番号	特願2010-80737 (P2010-80737)	(72) 発明者	クライソン トロンナムチャイ
(32) 優先日	平成22年3月31日 (2010.3.31)		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	甲斐 敏祐
			神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
		(72) 発明者	皆川 裕介
			神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非接触給電装置及び非接触給電方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

送電用共振手段と受電用共振手段とを備え、前記送電用共振手段と前記受電用共振手段との磁場の共鳴による磁氣的結合により、前記送電用共振手段を介して電源からの電力を前記受電用共振手段へ供給する非接触給電装置において、

前記送電用共振手段及び前記受電用共振手段の一方は、所定の単一の共振周波数に設定され、

前記送電用共振手段及び前記受電用共振手段の他方は、前記所定の単一の共振周波数を含む複数の共振周波数に設定され、

前記送電用共振手段及び前記受電用共振手段の他方の、前記複数の共振周波数のうちの少なくとも一の共振周波数は、隣接する他の共振周波数の半値幅の範囲内に設定されている非接触給電装置。

【請求項2】

送電用共振手段と受電用共振手段とを備え、前記送電用共振手段と前記受電用共振手段との磁場の共鳴による磁氣的結合により、前記送電用共振手段を介して電源からの電力を前記受電用共振手段へ供給する非接触給電装置において、

前記送電用共振手段及び前記受電用共振手段の一方は、所定の単一の共振周波数に設定され、

前記送電用共振手段及び前記受電用共振手段の他方は、前記所定の単一の共振周波数を含む複数の共振周波数に設定され、

前記送電用共振手段及び前記受電用共振手段の他方は、巻回ピッチが徐変するコイルを含む非接触給電装置。

【請求項 3】

車両の外部に設置されるとともに電源からの電力が入力される送電用共振手段を備え、前記送電用共振手段と、前記車両に設置された受電用共振手段との磁場の共鳴による磁氣的結合により、前記電源からの電力を前記受電用共振手段に送電する非接触給電装置であって、

前記受電用共振手段は、所定の単一の共振周波数に設定され、

前記送電用共振手段は、前記所定の単一の共振周波数を含む複数の共振周波数に設定され、

前記送電用共振手段の、前記複数の共振周波数のうちの少なくとも一の共振周波数は、隣接する他の共振周波数の半値幅の範囲内に設定されている非接触給電装置。

10

【請求項 4】

車両に設置された受電用共振手段を備え、

前記受電用共振手段と、前記車両の外部に設置されるとともに電源からの電力が入力される送電用共振手段との磁場の共鳴による磁氣的結合により、前記送電用共振手段を介して前記電源からの電力を受電する非接触給電装置であって、

前記送電用共振手段は、所定の単一の共振周波数に設定され、

前記受電用共振手段は、前記所定の単一の共振周波数を含む複数の共振周波数に設定され、

前記受電用共振手段の、前記複数の共振周波数のうちの少なくとも一の共振周波数は、隣接する他の共振周波数の半値幅の範囲内に設定されている非接触給電装置。

20

【請求項 5】

車両の外部に設置されるとともに電源からの電力が入力される送電用共振手段を備え、前記送電用共振手段と、前記車両に設置された受電用共振手段との磁場の共鳴による磁氣的結合により、前記電源からの電力を前記受電用共振手段に送電する非接触給電装置であって、

前記受電用共振手段は、所定の単一の共振周波数に設定され、

前記送電用共振手段は、前記所定の単一の共振周波数を含む複数の共振周波数に設定され、

前記送電用共振手段は、巻回ピッチが徐変するコイルを含む非接触給電装置。

30

【請求項 6】

車両に設置された受電用共振手段を備え、

前記受電用共振手段と、前記車両の外部に設置されるとともに電源からの電力が入力される送電用共振手段との磁場の共鳴による磁氣的結合により、前記送電用共振手段を介して前記電源からの電力を受電する非接触給電装置であって、

前記送電用共振手段は、所定の単一の共振周波数に設定され、

前記受電用共振手段は、前記所定の単一の共振周波数を含む複数の共振周波数に設定され、

前記受電用共振手段は、巻回ピッチが徐変するコイルを含む非接触給電装置。

40

【請求項 7】

所定の単一の共振周波数に設定された一对の共振手段の一方と、前記所定の単一の共振周波数を含む複数の共振周波数に設定された前記一对の共振手段の他方との磁場の共鳴による磁氣的結合により、一方の共振手段を介して電源からの電力を他方の共振手段へ供給することを特徴とする非接触給電方法において、

前記一对の共振手段の他方の、前記複数の共振周波数のうちの少なくとも一の共振周波数は、隣接する他の共振周波数の半値幅の範囲内に設定されている非接触給電方法。

【請求項 8】

所定の単一の共振周波数に設定された一对の共振手段の一方と、前記所定の単一の共振周波数を含む複数の共振周波数に設定された前記一对の共振手段の他方との磁場の共鳴に

50

よる磁氣的結合により、一方の共振手段を介して電源からの電力を他方の共振手段へ供給することを特徴とする非接触給電方法において、

前記一对の共振手段の他方は、巻回ピッチが徐変するコイルを含む非接触給電方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、共鳴法による非接触給電装置及び非接触給電方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

非接触（ワイヤレス）の送電技術として、送電側と受電側との電磁場の共鳴を利用して送電する手法が知られている。受電側に同じ共振周波数の共振コイルを複数セット設けることで、車両の停車位置が規定位置に対してずれても、送電側から送電された電力を確実に十分受電することができる（特許文献1の[0094]段落及び図10）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-106136

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

20

しかしながら、複数セット設けられた受電用共振コイルは同じ共振周波数であるため、環境状況などの外的要因によって当初設定された受電用又は送電用コイルの共振周波数が変動すると、送電効率が低下するという問題がある。

【0005】

本発明が解決しようとする課題は、送電用又は受電用共振手段の共振周波数が相対的に変動しても送電効率の低下を抑制できる非接触給電装置及び方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、送電用共振手段及び受電用共振手段の一方を所定の単一共振周波数に設定し、前記送電用共振手段及び前記受電用共振手段の他方を前記所定の単一の共振周波数を含む複数の共振周波数に設定し、一对の共振手段の他方の、複数の共振周波数のうちの少なくとも一の共振周波数は、隣接する他の共振周波数の半値幅の範囲内に設定すること、又は一对の共振手段の他方は、巻回ピッチが徐変するコイルを含むことによって、上記課題を解決する。

30

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、送電用共振手段及び受電用共振手段の一方の共振周波数が外的要因などによって変動しても、送電用共振手段及び受電用共振手段の他方がこの共振周波数を含む複数の共振周波数を有するので、変動した共振周波数で送電することができる。これにより、共振周波数が相対的に変動しても送電効率の低下を抑制することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の一実施の形態を適用した電動車両への給電システムを示す全体構成図である。

【図2】図1の給電システムの詳細構成を示す電気回路図である。

【図3A】並列のLC共振回路とそのインピーダンス特性を示す図である。

【図3B】直列のLC共振回路とそのインピーダンス特性を示す図である。

【図3C】共振周波数が異なる一对のLC共振回路とそのインピーダンス特性を示す図である。

【図4】図1及び図2の送電コイルのインピーダンス特性（a）及び受電コイルのインピ

50

ーダンス特性 (b) を示す図である。

【図 5】図 2 の送電コイル及び受電コイルの他の例を示す電気回路図である。

【図 6】図 4 の送電コイルのインピーダンス特性及び受電コイルのインピーダンス特性の他の例を示すグラフである。

【図 7】図 2 の送電コイルおよび受電コイルの巻回ピッチの一例を示す模式図である。

【図 8】図 7 の送電コイル 1 および受電コイル 2 の自己共振特性を示すグラフである。

【図 9】図 2 の送電コイル 1 および受電コイル 2 のさらに他の巻回例を示す模式図である。

【図 10】図 1 の送電コイル 1 および受電コイル 2 の他の配置例を示す斜視図である。

【図 11】図 1 の給電システムの他の詳細構成を示す電気回路図である。

10

【図 12】図 1 の給電システムのさらに他の詳細構成を示す電気回路図である。

【図 13】図 1 の給電システムのさらに他の詳細構成を示す電気回路図である。

【図 14】図 13 の受電コイル 2 の共振特性を示すグラフである。

【図 15】図 1 の送電コイル 1 又は受電コイル 2 の他の構成例を示す電気回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

《第 1 実施形態》

以下、本発明の一実施の形態を図面に基づいて説明する。図 1 は本発明の一実施の形態を適用した電動車両への給電システムを示す全体構成図であり、本発明を電動車両 V の駆動用電動機 M に電力を供給するための給電システムに具現化した例である。

20

【0010】

本例の給電装置 10 は、高周波交流電源 6 と、一次コイル 4 と、送電コイル 1 と、受電コイル 2 と、二次コイル 5 と、整流器 7 と、蓄電装置 8 とを備える。この給電装置 10 のうち、受電コイル 2 と、二次コイル 5 と、整流器 7 と、蓄電装置 8 とが電動車両 V に設けられ、高周波交流電源 6 と、一次コイル 4 と、送電コイル 1 とが車両の外部（以下、給電場所ともいう）に設けられている。

【0011】

なお、電動車両 V の駆動系（パワートレイン）に駆動用電動機 M が接続され、この駆動用電動機 M が蓄電装置 8 からの電力を受けて車両駆動力を発生し、この発生した駆動力を、駆動系を介して車輪へ出力することにより、電動車両 V が走行する。また図示を省略したが、駆動用電動機 M として交流モータを用いる場合は蓄電装置 8 と駆動用電動機 M との間にインバータ等の電力変換器が設けられる。

30

【0012】

電動車両 V 側に設けられる受電コイル（二次自己共振コイル）2 は、両端がオープン（非接続）の LC 共振コイルから構成され、給電装置 10 の送電コイル（一次自己共振コイル）1 と磁場の共鳴により磁氣的に結合され、送電コイル 1 からの電力を受電可能に構成されている。すなわち、受電コイル 2 は、蓄電装置 8 の電圧、送電コイル 1 と受電コイル 2 との間の送電距離、送電コイル 1 と受電コイル 2 との共振周波数等の諸条件に基づいて、送電コイル 1 と受電コイル 2 との共鳴強度を示す Q 値およびその結合度を示す値が大きくなるように、コイルの巻数、太さ、巻きピッチが適宜設定されている。受電コイル 2 の共振周波数の設定を含む構成については後述する。

40

【0013】

二次コイル 5 は、両端が接続されたワンターンコイルであって、電磁誘導によって受電コイル 2 から受電可能に構成され、好ましくは受電コイル 2 と同軸上に設けられている。二次コイル 5 は受電コイル 2 の自己共振周波数を変化させないために設けられている。そして、二次コイル 5 は、受電コイル 5 から受電した電力を整流器 7 へ出力する。

【0014】

整流器 7 は、二次コイル 5 から受ける高周波の交流電力を整流して蓄電装置 8 へ出力する。なお、整流器 7 に代えて、二次コイル 5 から受ける高周波の交流電力を蓄電装置 8 の電圧レベルに変換する AC / DC コンバータを用いてもよい。

50

【 0 0 1 5 】

蓄電装置 8 は、充放電可能な直流電源であり、たとえばリチウムイオンやニッケル水素などの二次電池から構成されている。蓄電装置 8 の電圧は、たとえば 200 ~ 500 V 程度である。蓄電装置 8 は、整流器 7 から供給される電力を蓄えるほか、駆動用電動機 M によって発電された回生電力も蓄えることができる。そして、蓄電装置 8 は、その蓄えた電力を駆動用電動機 M へ供給する。なお、蓄電装置 8 として、二次電池に代えてまたはこれと併用して、大容量のキャパシタを採用することができ、整流器 7 や駆動用電動機 M からの電力を一時的に蓄え、その蓄えた電力を駆動用電動機 M へ供給可能な電力バッファであればよい。

【 0 0 1 6 】

一方、車両の外部側である給電場所に設けられる高周波交流電源 6 は、たとえば系統電源 6 a (電力会社が保有する商用インフラ交流電源) と電力変換器 6 b とを備える。電力変換器 6 b は、交流電源 6 a から受ける電力を、磁場を共鳴させて送電コイル 1 から車両側の受電コイル 2 へ送電可能な高周波の電力に変換し、その変換した高周波電力を一次コイル 4 へ供給する。

【 0 0 1 7 】

一次コイル 4 は、電磁誘導によって送電コイル 1 へ送電可能に構成され、好ましくは送電コイル 1 と同軸上に配設されている。一次コイル 4 は送電コイル 1 の自己共振周波数を変化させないために設けられている。そして、一次コイル 4 は、電力変換器 6 b から受電した電力を送電コイル 1 へ出力する。

【 0 0 1 8 】

送電コイル 1 は、給電場所のたとえば地面近傍に配設されている。この送電コイル 1 は、両端がオープン (非接続) の LC 共振コイルから構成され、電動車両 V の受電コイル 2 と磁場の共鳴により磁氣的に結合され、受電コイル 2 へ電力を送電可能に構成されている。すなわち、送電コイル 1 は、送電コイル 1 から送電される電力によって充電される蓄電装置 8 の電圧、送電コイル 1 と受電コイル 2 との間の送電距離、送電コイル 1 と受電コイル 2 との共鳴周波数等の諸条件に基づいて、Q 値および結合度 値が大きくなるように、コイルの巻数、太さ、巻きピッチが適宜設定されている。送電コイル 1 の共振周波数の設定を含む構成については後述する。

【 0 0 1 9 】

図 2 は図 1 に示す給電システムをさらに具体化した回路図であり、図 1 と同じ部材には同一の符号を付す。図 1 に示す電力変換器 6 b は、交流電源 6 a を整流する、複数のダイオードから構成された整流回路と、この整流して得られた直流電力から高周波の交流電力を生成する、複数のトランジスタを含むチョッパ回路からなるスイッチング電源として具体化することができる。

【 0 0 2 0 】

一次コイル 4 は、上記スイッチング電源 6 の電力を送電コイル 1 に伝えるために 3 つの送電コイル 1 とそれぞれ磁気結合 (図 2 の M) するように配置されている。

【 0 0 2 1 】

本例の送電コイル 1 は、図 2 に示すように互いに直列に接続された 3 つの LC 共振回路からなり、各 LC 共振回路はいずれも単一の自己共振周波数 f_0 に設定されている。なお、LC 共振回路の自己共振周波数の設定は、コイルの巻数、太さ、巻きピッチ等のコイル形状やサイズを調整することにより行うことができる。

【 0 0 2 2 】

一方、本例の受電コイル 2 は、送電コイル 1 の各共振回路 L から送電された電力を受電するように設置された、互いに直列に接続された 3 つの LC 共振回路 $L_{21}C_{21}$, $L_{22}C_{22}$, $L_{23}C_{23}$ から構成されている。

【 0 0 2 3 】

また、二次コイル 5 は、これら 3 つの LC 共振回路 $L_{21}C_{21}$, $L_{22}C_{22}$, $L_{23}C_{23}$ の電力を蓄電装置 8 やモータ M などの負荷回路に伝えるために、LC 共振回路 L

10

20

30

40

50

$C_{21}, L_{22}, C_{22}, L_{23}, C_{23}$ の各コイル L_{21}, L_{22}, L_{23} と磁気結合しているコイル L_R から構成されている。なお、整流器 7 は受電した電力を整流する複数のダイオードからなる回路で具体化することができる。

【0024】

共鳴法による送電の原理を説明すると、共鳴法は 2 つの音叉が共鳴するのと同様に、同じ固有振動数を有する 2 つの LC 共振コイルが磁場を介して共鳴することによって、一方のコイルから他方のコイルへワイヤレスで電力が伝送される。

【0025】

すなわち、図 1 に示すように、高周波交流電源 6 によって一次コイル 4 に高周波交流電力が入力されると、一次コイル 4 に磁界が発生し、電磁誘導により送電コイル 1 に高周波交流電力が発生する。送電コイル 1 は、コイル自身のインダクタンスと導線間の浮遊容量とによる LC 共振器として機能し、かつ送電コイル 1 と同じ共振周波数を有する受電コイル 2 と磁場共鳴により磁氣的に結合することによって、受電コイル 2 へ電力を伝送する。そして、送電コイル 1 からの受電により受電コイル 2 に発生する磁界によって二次コイル 5 に電磁誘導による高周波交流電力が発生し、整流器 7 により直流電力に整流されたのち蓄電装置 8 に直流電力が供給される。

【0026】

さて、図 3 A の上に並列の LC 共振回路、下にそのインピーダンス特性（周波数 f - インピーダンス Z ）を示す。同図において f_0 は共振周波数、 f は共振周波数の半値幅をそれぞれ表す。同図から分かるように、コイル L の損失が小さければ小さいほどその寄生抵抗が小さくなり、半値幅 f が狭くなって鋭い共振特性を示すことになる。

【0027】

図 3 B の上に直列の LC 共振回路（反共振回路ともいう）、下にそのインピーダンス特性（周波数 f - インピーダンス Z ）を示す。インピーダンス特性が極大値ではなく極小値になること以外は図 3 A に示す並列の LC 共振回路と同様な特性を示す。すなわち、コイル L の損失が小さければ小さいほどその寄生抵抗が小さくなり、半値幅 f が狭くなって鋭い共振特性を示すことになる。

【0028】

共鳴とは、共振周波数が同一に設定された一対の LC 共振回路がこの共振周波数において高効率でエネルギーを授受する状態をいう。本発明者らが鋭意研究した結果、例えば図 3 C に示すように送電用共振回路 L_1, C_1 と受電用共振回路 L_2, C_2 それぞれの共振周波数 f_{01}, f_{02} が異なる場合でも、互いの半値幅 f_1, f_2 の範囲が重なれば、共鳴と同様に高効率でエネルギーを授受できることが知見された。

【0029】

上記本発明者らの知見に基づいて、本例の送電コイル 1 と受電コイル 2 のインピーダンス特性が以下のように設定されている。図 4 (a) は送電コイル 1 のインピーダンス特性を示し、図 4 (b) は受電コイル 2 のインピーダンス特性を示す。

【0030】

図 2 に示す送電コイル 1 を構成する 3 つの共振回路は、それぞれ全て同一のコイル L とコンデンサ C で構成され、単一の周波数 $1 / (2 \pi \sqrt{LC}) = f_0$ で共振する。なお、送電効率を高めるために寄生抵抗の小さいコイル L を用いることが望ましい。コイル L の寄生抵抗を小さくすると、共振特性が鋭く半値幅が狭いインピーダンス特性を示すことになる。その結果、半値幅外に共振する物体や電子機器などにエネルギーが伝わらず、安全性を高めることができる。

【0031】

これに対し、図 2 に示す受電コイル 2 を構成する 3 つの共振回路は、それぞれ異なるコイル L_{21}, L_{22}, L_{23} やコンデンサ C_{21}, C_{22}, C_{23} で構成され、複数の周波数 f_1, f_2, f_3 で共振する。そして、送電コイル 1 の共振周波数 f_0 は、受電コイル 2 の 3 つの共振周波数 f_1, f_2, f_3 を $f_1 < f_2 < f_3$ としたときに少なくとも $f_1 < f_0 < f_3$ を満足する周波数に設定することが望ましい。

10

20

30

40

50

【0032】

これら3つの共振回路のインピーダンス特性を図4(b)に点線で示し、これら複数の周波数で共振した結果としての共振回路のインピーダンス特性(合成)を図4(b)に実線で示す。この実線で示されたように、各々のコイル L_{21} 、 L_{22} 、 L_{23} の寄生抵抗を大きくすることなく受電用共振回路全体としての周波数特性を広くすることができる。そして、このような広い周波数特性を持つ複共振回路を受電用に適用することによって、送電用共振回路の共振周波数が何らかの原因で変動しても、いずれかの受電用共振回路と共振することになるので、送電効率の低下を抑制しつつエネルギーを伝えることができる。

【0033】

また、図2に示す送電コイル1は共振周波数が等しい3つのLC共振回路から構成されているが、これは受電コイル2が互いに異なる共振周波数に設定された3つのコイルから構成され、これらと極力接近して配置することができるからである。こうすることで、送電コイル1と受電コイル2との距離に起因する送電効率の低下を抑制することができる。

【0034】

以下、上述した第1実施形態に対する他の実施形態について説明する。

《第2実施形態》

本発明における送電コイル1及び受電コイル2をそれぞれ構成する共振回路は、いくつの共振回路で構成してもよい。特に送電コイル1を構成する共振回路は、図5に示すように、単一のコイルLとコンデンサCで構成することができる。この場合に、受電コイル2を構成する複数の共振回路と極力近接できるようにコイル径を大きくすることが望ましい。なお、受電コイル2の共振回路は複数の共振周波数を実現するために少なくとも2つの共振回路で構成する必要がある。

【0035】

《第3実施形態》

給電システムを図2と同じ構成にした場合に、受電コイル2の共振周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 は、以下のように設定することもできる。図6(a)は、図4(a)と同じく送電コイル1の共振回路のインピーダンスを示すが、図6(b)は、受電コイル2の3つのLC共振回路の共振周波数を、隣の共振周波数の半値幅の範囲に設定した場合の各LC共振回路のインピーダンス特性(点線)とこれらを合成したインピーダンス特性(実線)を示す。こうすることで、合成された受電コイル2の共振回路のインピーダンス特性を所定の周波数範囲の中で比較的平坦な特性とすることができ、コイルの損失を増加させることなく比較的広い半値幅が実現される。

【0036】

この回路の動作は以下のとおりである。すなわち、送電コイル1の共振回路の共振周波数を f_0 、受電コイル2の3つの共振回路の共振周波数を f_1 、 f_2 、 f_3 とし、例えば $f_2 = f_0$ とする。この場合に、送電コイル1の3つの共振回路は、受電コイル2の3つの共振回路のうち共振周波数が f_2 である真ん中の共振回路と共振し、エネルギーを高効率で伝える。一方、共振周波数が f_2 である真ん中の共振回路は、共振周波数が f_2 より小さいか又は大きい両端の共振回路(共振周波数が f_1 、 f_3)と半値幅の範囲が重なっているため、共振周波数が f_2 である真ん中の共振回路から両端の共振回路へ高効率でエネルギーが伝わり、結果として送電コイル1の共振回路全体から受電コイル2の共振回路全体へ効率よくエネルギーを伝えることができる。

【0037】

このように受電コイル2の共振回路の半値幅が互いに重なるようにすることによって、送電コイル1の共振回路の共振周波数が変動しても、所定の範囲内(受電コイル2の共振回路の合成半値幅内)であれば効率よく送電することができる。

【0038】

《第4実施形態》

図7に本発明の他の実施の形態を適用した送電コイル1及び受電コイル2を示す。本例の給電システムの構成は、図1に示すシステムと同じくスイッチング電源6、一次コイル

10

20

30

40

50

4、送電コイル（共振回路）1、受電コイル（共振回路）2、二次コイル5、負荷回路8によって構成され、送電コイル1及び受電コイル2としてはそれぞれ送電コイル1及び受電コイル2の自己インダクタンスと寄生容量によって構成される自己共振回路が用いられている。

【0039】

そして、送電コイル1を単共振にするために、本例の送電コイル1は巻線が均等（ピッチ a ）に巻かれているものが用いられている。巻線が均等に巻かれているので、巻線間の寄生容量が均等に分布し、図8に示すような単共振の自己共振特性を示すことになる。

【0040】

一方、受電コイル2は巻線の間隔が徐々に変化するようなコイルが用いられている（ピッチ $a - 1.5d \sim a + 1.5d$ ）。これによって巻線間の寄生容量の値が徐々に変化し、結果として図8に示されるような半値幅の広い複共振特性を示すことになる。なお、図示する例では巻線の間隔の変化のさせ方を等差級数としているが、この限りではない。例えば等比級数や等差級数の逆数を取ったような形の級数などでも同様な効果を得ることができる。また、図9は、受電コイル2が3次元的に不均等に巻かれた例を示す。このような構成でも同様の作用効果を得ることができる。

【0041】

《第5実施形態》

図10は本発明のさらに他の実施の形態を適用した送電コイル1及び受電コイル2を示す斜視図である。本例の送電コイル1は、それぞれ図7又は図9に示すような巻線が均等（ピッチ a ）に巻かれた単共振コイルであり、3つの送電コイル1は、給電場所のたとえば地面近傍に正三角形の各頂点に位置するように配置されている。そして、スイッチング電源6からの電力が一次コイル4との間の電磁誘導 M により各送電コイル1に送電される。

【0042】

これに対して、本例の受電コイル2は、それぞれ図7又は図9に示すような巻線の間隔が徐々に変化する（ピッチ $a - 1.5d \sim a + 1.5d$ ）ように巻かれた複共振コイルであり、3つの受電コイル2は、電動車両 V のたとえばフロア近傍に正三角形の各頂点に位置するように配置されている。そして、各受電コイル2で受電した電力が二次コイル5との間の電磁誘導 M により負荷回路8に送電される。

【0043】

本例のように巻線が均等に巻かれた送電コイル1と巻線の間隔が徐々に変化するように巻かれた受電コイル2とをそれぞれ複数配置することで、送電コイル1の共振回路の共振周波数が変動しても、所定の範囲内（受電コイル2の共振回路の合成半値幅内）であれば効率よく送電することができるという効果に加えて、送電側と受電側との位置ずれによる送電効率の低下を抑制することができる。すなわち、送電コイル1及び受電コイル2がそれぞれ複数設けられているので、電動車両 V の停車位置が給電場所に対して多少ずれても送電効率の低下が抑制できる。

【0044】

なお、図10に示す例では、送電コイル1と受電コイル2をそれぞれ3つずつ設けたが、その個数については限定されない。また、送電コイル1と受電コイル2とを同数にする必要はなく、異なる個数にしてもよい。また、三角形の各頂点に位置する配置には限定されず、車両前後方向や幅方向等に複数配置してもよい。

【0045】

《第6実施形態》

図11は本発明のさらに他の実施の形態を適用したシステムを示す電気回路図である。本例ではスイッチング電源6bから送電コイル1にエネルギーを伝えるための一次コイル4が省略され、送電コイル1が直接スイッチング電源6bに接続されている。このように構成したシステムでも、上記実施形態と同様な作用効果を奏する。またさらに一次コイル4を省くことで、共振回路を低コスト、小型、低損失化できるという効果が得られる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

《 第 7 実施形態 》

図 1 2 は本発明のさらに他の実施の形態を適用したシステムを示す電気回路図である。上述した第 1 ~ 第 6 実施形態では並列共振回路を例にして説明してきたが、直列共振回路（反共振特性を示す共振回路）を用いても同じ効果が得られる。すなわち、図 1 2 に示す本例の受電コイル 2 は、3 つの直列共振回路を並列に接続して構成されている。なお、送電コイル 1 については単共振の並列共振回路を用いているが、送電コイル 1 についても単共振であれば直列共振回路にすることができる。

【 0 0 4 7 】

《 第 8 実施形態 》

図 1 3 は本発明のさらに他の実施の形態を適用したシステムを示す電気回路図である。送電コイル 1 又は受電コイル 2 は、並列共振回路と直列共振回路とを組み合わせた複合共振回路を用いることもできる。図 1 3 に示す例は、受電コイル 2 が、共振周波数が異なり、かつ互いに半値幅の範囲内にあるような並列共振回路と直列共振回路を組み合わせた例を示す。具体的には図 1 3 におけるコイル L_2 とコンデンサ $C_{2,1}$ が並列共振回路を構成し、コイル L_2 とコンデンサ $C_{2,2}$ が直列共振回路を構成している。

【 0 0 4 8 】

なお、図 1 3 に示す例では、受電コイル 2 から負荷 8 へエネルギーを伝えるための二次コイル 5 が省略されている。二次コイル 5 を省くことで共振回路を低コスト、小型、低損失化できるという効果が得られる。さらに図 1 3 に示す例において一次コイル 4 を省くこともできる。

【 0 0 4 9 】

図 1 4 に並列共振回路と直列共振回路とを組み合わせた複合共振回路の共振特性を示す。同図において点線にて示す曲線が並列共振回路および直列共振回路それぞれの共振特性であり、実線にて示す曲線が複合共振回路の共振特性である。

【 0 0 5 0 】

送電コイル 1 又は受電コイル 2 の共振回路は、図 1 5 (a) ~ (d) に示すように構成してもよい。図 1 5 (a) ~ (d) はそれぞれ送電コイル 1 又は受電コイル 2 の他の構成例を示す電気回路図であり、L はコイル、C はコンデンサをそれぞれ示す。

【 0 0 5 1 】

なお、上述した各実施の形態では送電コイル 1 を所定の単一の共振周波数 f_0 に設定し、受電コイル 2 の共振周波数を、当該共振周波数 f_0 を含む複数の共振周波数 f_1, f_2, f_3 に設定したが、これを逆に構成してもよい。すなわち、図 2 に示す電気回路と同じ回路構成とし（又は図 5 に示す電気回路において送電コイル 1 と受電コイル 2 を逆に構成）、受電コイル 2 を所定の単一の共振周波数 f_0 に設定し、送電コイル 1 の共振周波数を、当該共振周波数 f_0 を含む複数の共振周波数 f_1, f_2, f_3 に設定してもよい。

【 0 0 5 2 】

ただし、上述した各実施の形態のように送電コイル 1 側の共振周波数を単一に設定する方が、送電コイル 1 と受電コイル 2 の周辺に存在する物体が共振することが防止でき送電効率が高くなるというメリットがある。つまり、送電コイル 1 からの送電エネルギーを単一の周波数に集中させることで周辺に与える影響やそれによって生じる損失を最小限に抑制することができる。

【 0 0 5 3 】

上記送電コイルは本発明に係る送電用共振手段に相当し、上記受電コイルは本発明に係る受電用共振手段に相当し、上記高周波交流電源が本発明に係る電源に相当し、上記電動車両が本発明に係る車両に相当する。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 4 】

1 0 ... 給電装置

1 ... 送電コイル

10

20

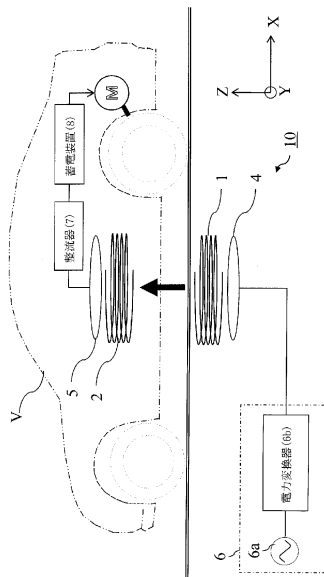
30

40

50

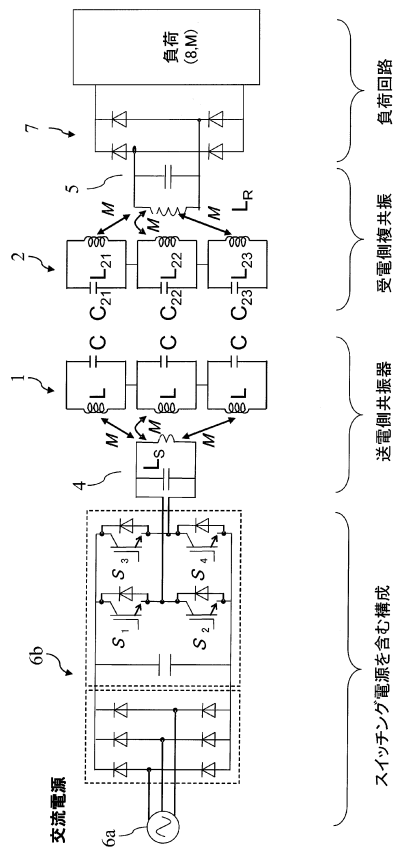
- 2 ... 受電コイル
- 4 ... 一次コイル
- 5 ... 二次コイル
- 6 ... 高周波交流電源
- 6 a ... 交流電源
- 6 b ... 電力変換器
- 7 ... 整流器
- 8 ... 蓄電装置
- V ... 電動車両
- M ... 駆動用電動機

【図1】



- 1 送電コイル
- 2 受電コイル
- 4 一次コイル
- 5 二次コイル
- M 駆動用電動機
- 6 高周波交流電源
- 6a 交流電源
- 6b 電力変換器
- 7 整流器
- 8 蓄電装置
- V 電動車両

【図2】



交流電源

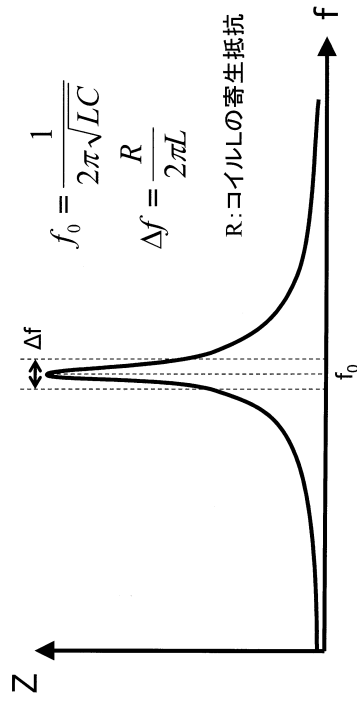
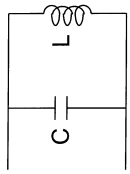
スイッチング電源を含む構成

送電側共振器

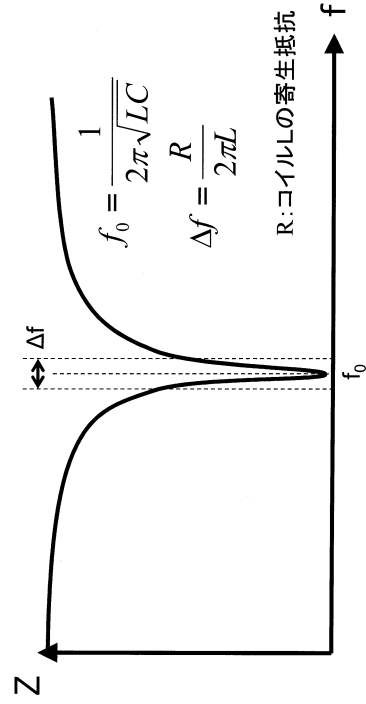
受電側共振器

負荷回路

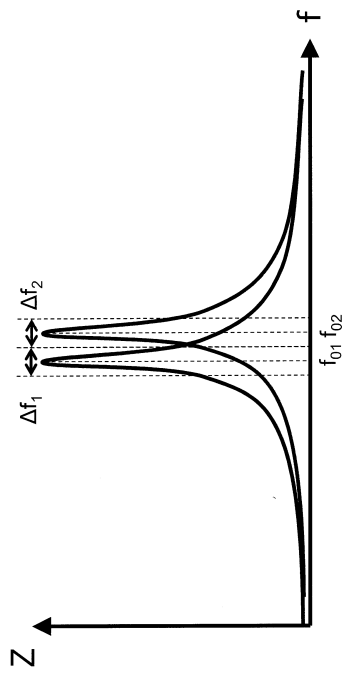
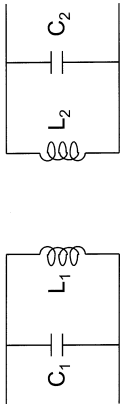
【図3A】



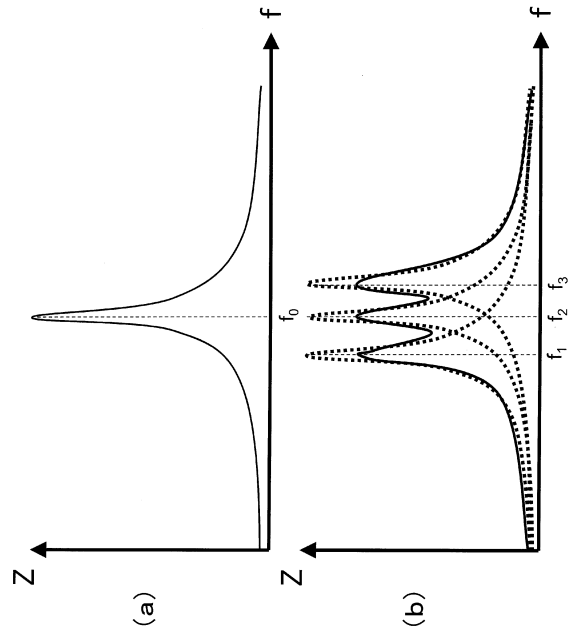
【図3B】



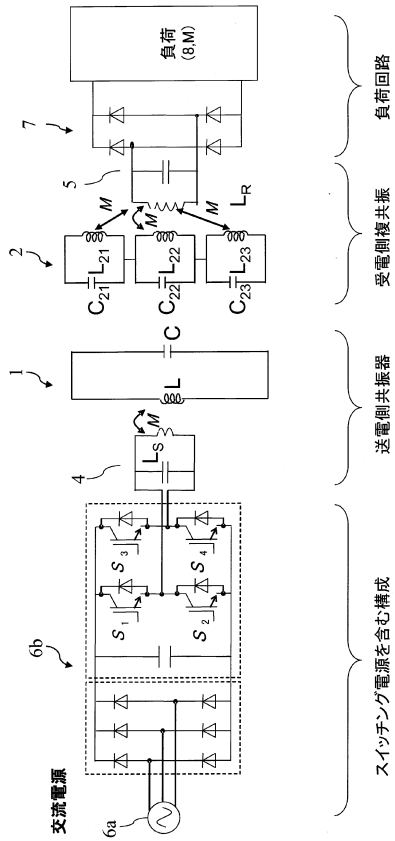
【図3C】



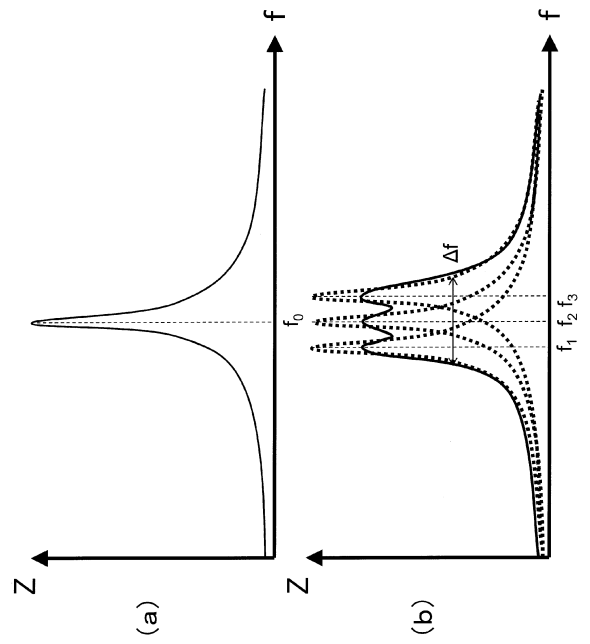
【図4】



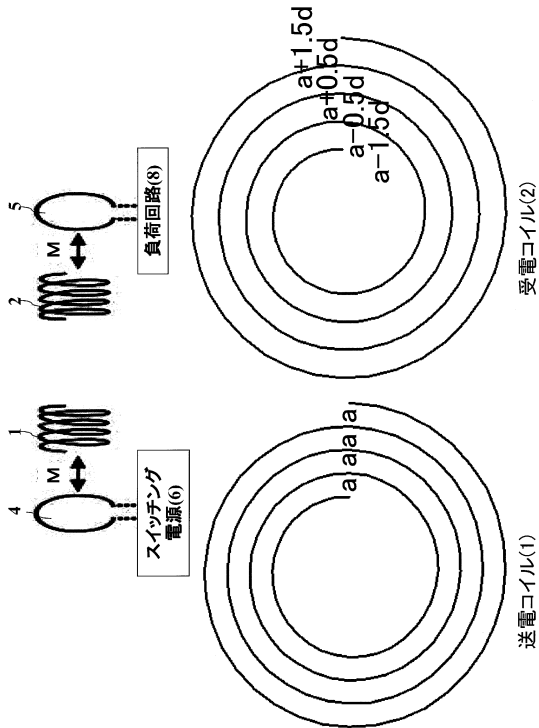
【 図 5 】



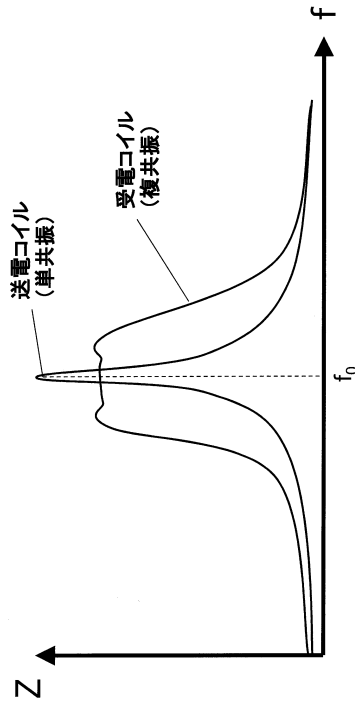
【 図 6 】



【 図 7 】

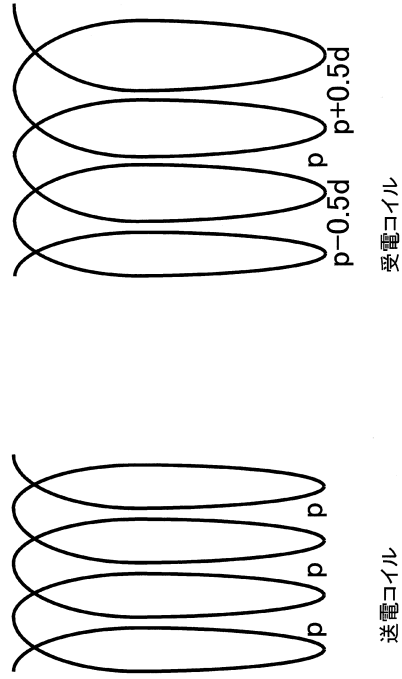


【 図 8 】

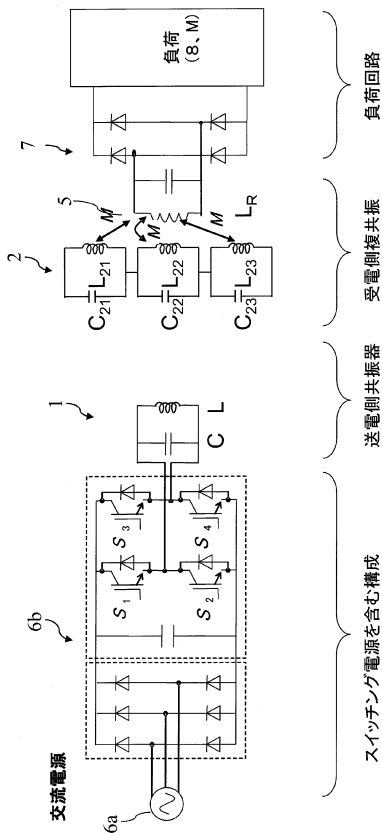


【図9】

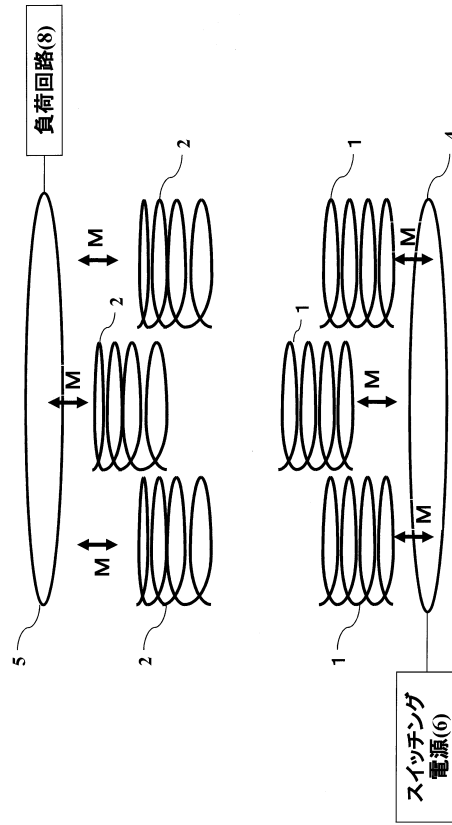
受電のコイルが3次的に不均等に巻かれた例



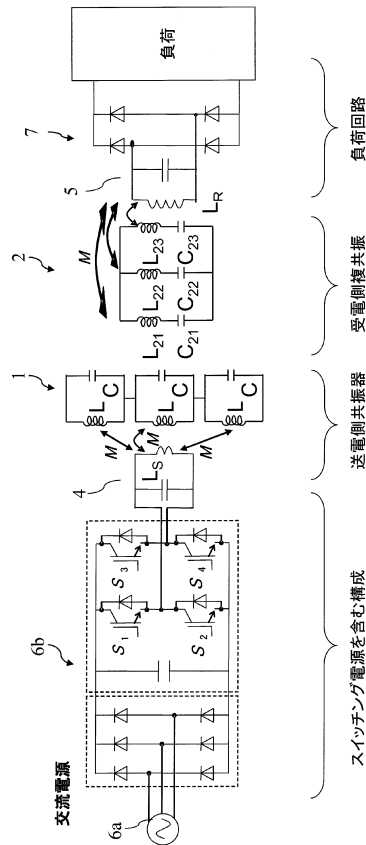
【図11】



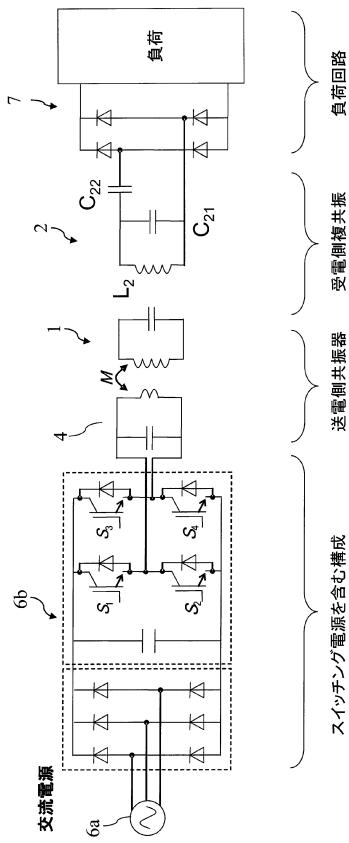
【図10】



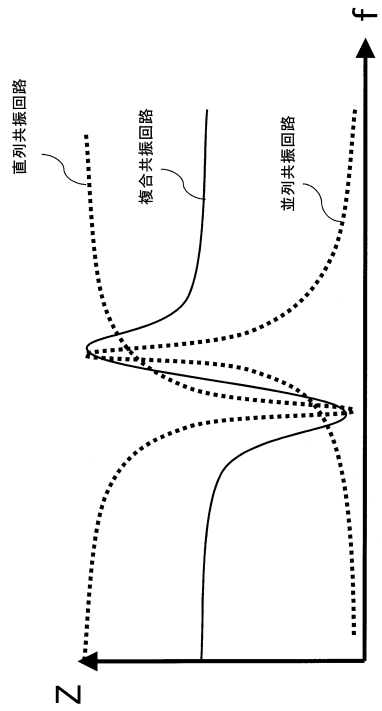
【図12】



【図13】

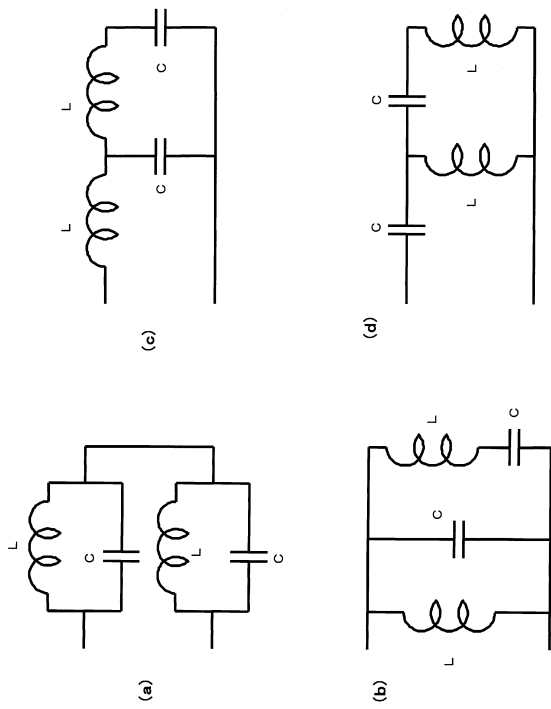


【図14】



共振と反共振を組み合わせた特性例

【図15】



フロントページの続き

審査官 宮本 秀一

- (56)参考文献 特開2009-106136(JP,A)
国際公開第2008/081405(WO,A1)
特開2009-268181(JP,A)
特開平10-051982(JP,A)
特開2010-063245(JP,A)
特開2011-200052(JP,A)
特開2011-205757(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 1/00 - 13/00、15/00 - 15/42、
H02J 7/00 - 7/12、7/34 - 7/36、17/00