

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5128562号  
(P5128562)

(45) 発行日 平成25年1月23日(2013.1.23)

(24) 登録日 平成24年11月9日(2012.11.9)

(51) Int. Cl. F I  
H02J 17/00 (2006.01) H02J 17/00 B

請求項の数 10 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2009-212804 (P2009-212804)	(73) 特許権者	000003067
(22) 出願日	平成21年9月15日 (2009. 9. 15)		T D K株式会社
(65) 公開番号	特開2011-66953 (P2011-66953A)		東京都中央区日本橋一丁目13番1号
(43) 公開日	平成23年3月31日 (2011. 3. 31)	(74) 代理人	100115738
審査請求日	平成22年5月6日 (2010. 5. 6)		弁理士 鷲頭 光宏
		(74) 代理人	100121681
			弁理士 緒方 和文
		(74) 代理人	100130982
			弁理士 黒瀬 泰之
		(74) 代理人	100127199
			弁理士 三谷 拓也
		(72) 発明者	浦野 高志
			東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T D K株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ワイヤレス給電装置およびワイヤレス電力伝送システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

給電コイルと受電コイルの共振周波数にて、前記給電コイルから前記受電コイルにワイヤレス送電するための装置であって、

直列接続された第1のコイルおよびキャパシタを含み、前記共振周波数にて共振する共振回路と、

前記共振回路への第1の方向からの電流の供給を制御する第1のスイッチと、

前記共振回路への第2の方向からの電流の供給を制御する第2のスイッチと、

前記第1および第2のスイッチを前記共振周波数にて交互に導通させることにより前記共振回路を共振させ、前記第1のコイルを前記給電コイルとして、前記第1のコイルから前記受電コイルへ交流電力を送電させる送電制御回路と、

トロイダルコアに巻回され、前記交流電力が発生させる磁界により誘導電流を発生させる第2のコイルと、を備え、

前記トロイダルコアに前記第1のコイルの一部を通過させることにより、前記第1コイルと前記第2コイルとで結合トランスを形成し、

前記送電制御回路は、前記誘導電流により前記第1および第2のスイッチをフィードバック制御することにより、前記共振回路の共振状態を持続させることを特徴とするワイヤレス給電装置。

【請求項2】

前記送電制御回路は、前記第1のコイルから、前記第1のコイルとは別のコイルである

前記給電コイルに前記交流電力を供給することにより、前記給電コイルから前記受電コイルへ前記交流電力を送電させることを特徴とする請求項 1 に記載のワイヤレス給電装置。

【請求項 3】

有効信号を発生させる有効信号発生器、を更に備え、

前記送電制御回路は、前記有効信号の発生期間中であることを条件として、前記交流電力により前記第 1 および第 2 のスイッチを駆動することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のワイヤレス給電装置。

【請求項 4】

前記送電制御回路は、前記有効信号の発生を契機として、前記第 1 および第 2 のスイッチのいずれかの駆動を開始することを特徴とする請求項 3 に記載のワイヤレス給電装置。

【請求項 5】

給電コイルと受電コイルの共振周波数にて、前記給電コイルから前記受電コイルにワイヤレス送電するための装置であって、

第 1 および第 2 の電流経路を含む電源回路と、

前記給電コイルと、

前記給電コイルと磁気結合し、前記電源回路から供給される交流電力を前記給電コイルに供給するエキサイトコイルと、

前記第 1 および第 2 の電流経路それぞれに直列に接続される第 1 および第 2 のスイッチを前記共振周波数にて交互に導通させることにより前記エキサイトコイルに前記交流電力を供給する送電制御回路と、

前記交流電力が発生させる磁界により誘導電流を発生させる検出コイルと、を備え、

前記検出コイルは、前記エキサイトコイルを流れる交流電流が発生させる磁界により前記誘導電流を発生させ、

前記送電制御回路は、前記誘導電流により前記第 1 および第 2 のスイッチをフィードバック制御することにより前記エキサイトコイルへの前記交流電力の供給を持続させることを特徴とするワイヤレス給電装置。

【請求項 6】

前記検出コイルは、前記給電コイルを流れる交流電流が発生させる磁界により前記誘導電流を発生させるコイルであることを特徴とする請求項 5 に記載のワイヤレス給電装置。

【請求項 7】

有効信号を発生させる有効信号発生器、を更に備え、

前記送電制御回路は、前記有効信号の発生期間中であることを条件として、前記第 1 および第 2 のスイッチを駆動することを特徴とする請求項 5 または 6 に記載のワイヤレス給電装置。

【請求項 8】

前記送電制御回路は、前記有効信号の発生を契機として、前記第 1 および第 2 のスイッチのいずれかの駆動を開始することを特徴とする請求項 7 に記載のワイヤレス給電装置。

【請求項 9】

給電コイルと受電コイルの共振周波数にて、前記給電コイルから前記受電コイルにワイヤレス送電するための装置であって、

第 1 および第 2 の電流経路を含む電源回路と、

前記給電コイルと、

前記給電コイルと磁気結合し、前記電源回路から供給される交流電力を前記給電コイルに供給するエキサイトコイルと、

前記第 1 および第 2 の電流経路それぞれに直列に接続される第 1 および第 2 のスイッチを前記共振周波数にて交互に導通させることにより前記エキサイトコイルに前記交流電力を供給する送電制御回路と、

トロイダルコアに巻回され、前記交流電力が発生させる磁界により誘導電流を発生させる検出コイルと、を備え、

前記トロイダルコアに前記給電コイルまたは前記エキサイトコイルの一部を通過させる

10

20

30

40

50

ことにより、前記給電コイルおよび前記エキサイトコイルの一方と、前記検出コイルとで結合トランスを形成し、

前記送電制御回路は、前記誘導電流により前記第1および第2のスイッチをフィードバック制御することにより前記エキサイトコイルへの前記交流電力の供給を持続させることを特徴とするワイヤレス給電装置。

【請求項10】

請求項1から9のいずれかに記載のワイヤレス給電装置と、

前記受電コイルと、

前記受電コイルと磁気結合し、前記受電コイルが前記給電コイルから受電した電力を供給されるロードコイルと、を備えることを特徴とするワイヤレス電力伝送システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ワイヤレスにて電力を送るためのワイヤレス給電装置、および、ワイヤレス電力伝送システムに関する。

【背景技術】

【0002】

電源コードなしで電力を供給するワイヤレス給電技術が注目されつつある。現在のワイヤレス給電技術は、(A)電磁誘導を利用するタイプ(近距離用)、(B)電波を利用するタイプ(遠距離用)、(C)磁場の共振現象を利用するタイプ(中距離用)の3種類に大別できる。

20

【0003】

電磁誘導を利用するタイプ(A)は、電動シェーバーなどの身近な家電製品において一般的に利用されているが、数cm程度の近距離でしか使えないという課題がある。電波を利用するタイプ(B)は、遠距離で使えるが電力が小さいという課題がある。共振現象を利用するタイプ(C)は、比較的新しい技術であり、数m程度の中距離でも高い電力伝送効率を実現できることから特に期待されている。たとえば、EV(Electric Vehicle)の車両下部に受電コイルを埋め込み、地中の給電コイルから非接触にて電力を送り込むという案も検討されている。以下、タイプ(C)を「磁場共振型」とよぶ。

【0004】

30

磁場共振型は、マサチューセッツ工科大学が2006年に発表した理論をベースとしている(特許文献1参照)。特許文献1では、4つのコイルを用意している。これらのコイルを給電側から順に「エキサイトコイル」、「給電コイル」、「受電コイル」、「ロードコイル」とよぶことにする。エキサイトコイルと給電コイルは近距離にて向かい合わされ、電磁結合する。同様に、受電コイルとロードコイルも近距離にて向かい合わされ、電磁結合する。これらの距離に比べると、給電コイルから受電コイルまでの距離は「中距離」であり、比較的大きい。このシステムの目的は、給電コイルから受電コイルにワイヤレス給電することである。

【0005】

エキサイトコイルに交流電力を供給すると、電磁誘導の原理により給電コイルにも電流が流れる。給電コイルが磁場を発生させ、給電コイルと受電コイルが磁氣的に共振すると、受電コイルには大きな電流が流れる。電磁誘導の原理によりロードコイルにも電流が流れ、ロードコイルと直列接続される負荷から電力が取り出される。磁場共振現象を利用することにより、給電コイルから受電コイルの距離が大きくても高い電力伝送効率を実現できる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国公開2008/0278264号公報

【特許文献2】特開2006-230032号公報

50

【特許文献3】国際公開2006/022365号公報

【特許文献4】米国公開2009/0072629号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

給電コイルから受電コイルへの電力伝送効率を最大化するためには、共振周波数の交流信号を生成する必要がある。たとえば、特許文献2では、発振器から所定周波数の信号（矩形波）を発生させ、更に、分周器によりその周波数を1/n倍に分周している。そして、この分周信号によりドライブ用ブリッジ回路（給電手段）を駆動している。本発明者は、交流電力そのものを利用することにより、給電コイルの駆動系をよりシンプルに構成できることに想到した。

10

【0008】

本発明は、本発明者による上記認識に基づいて完成された発明であり、磁場共振型のワイヤレス給電において、給電コイルの駆動系をシンプルな構成にて実現することを主たる目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明に係るワイヤレス給電装置は、給電コイルと受電コイルの共振周波数にて、給電コイルから受電コイルにワイヤレス送電するための装置である。この装置は、直列接続された第1のコイルおよびキャパシタを含む共振回路と、共振回路への第1および第2の方向からの電流の供給を制御する第1および第2のスイッチと、第1および第2のスイッチを交互に導通させることにより共振回路を共振させ、第1のコイルを給電コイルとして、第1のコイルから受電コイルへ交流電力を送電させる送電制御回路を備える。送電制御回路は、交流電力により第1および第2のスイッチをフィードバック制御することにより、共振回路の共振状態を持続させる。

20

【0010】

この装置は、エキサイトコイルを用いることなく、直接給電コイルを駆動できる。したがって、製造コストを抑え構成をコンパクトにしやすい。装置が発生させる交流電力を利用して第1および第2のスイッチをフィードバック制御するため、他の発振源を持たない場合でもワイヤレス給電を持続させやすくなる。この結果、給電システムの駆動系をシンプルに構成できる。

30

【0011】

この装置は、交流電力が発生させる磁界により誘導電流を発生させる第2のコイルを更に備えてもよい。送電制御回路は、誘導電流により第1および第2のスイッチをフィードバック制御してもよい。交流電力が発生させる磁界により第2のコイル（検出コイル）に誘導電流を発生させ、その誘導電流を利用して第1および第2のスイッチをフィードバック制御するため、給電コイルに直接的な負荷がかかりにくい。このため、給電コイルの共振特性への影響を抑制しつつ、共振状態を維持しやすい構成となる。

【0012】

送電制御回路は、共振回路のコイルを給電コイルとして動作させるのではなく、エキサイトコイルとして動作させ、別のコイルとして設けられる給電コイルに電力を供給させてもよい。

40

【0013】

第2のコイルはトロイダルコアに巻回されてもよい。そして、このトロイダルコアに第1のコイルの一部を通過させることにより、第1コイルと第2コイルとで結合トランスを形成してもよい。このようにトロイダルコアを第1および第2のコイルで共有することにより、第2のコイルに誘導電流を好適に発生させることができる。

【0014】

この装置は、有効信号を発生させる有効信号発生器、を更に備えてもよい。そして、送電制御回路は、有効信号の発生期間中であることを条件として、交流電力により第1およ

50

び第2のスイッチを駆動してもよい。このような態様によれば、有効信号の発生期間の長さを制御することにより、交流電力の大きさや給電期間を調整しやすくなる。

【0015】

送電制御回路は、有効信号の発生を契機として、第1および第2のスイッチのいずれかの駆動を開始してもよい。有効信号をいわば開始スイッチとすることにより、交流電力の給電開始タイミングを有効信号発生器により制御できる。また、有効信号が停止したとき、第1および第2のスイッチをいずれもオフとすることにより給電を強制停止させてもよい。

【0016】

本発明に係る別のワイヤレス給電装置も、給電コイルと受電コイルの共振周波数にて、給電コイルから受電コイルにワイヤレス送電するための装置である。この装置は、第1および第2の電流経路を含む電源回路と、給電コイルと、給電コイルと磁気結合して電源回路から供給される交流電力を給電コイルに供給するエキサイトコイルと、第1および第2の電流経路それぞれに直列に接続される第1および第2のスイッチを共振周波数にて交互に導通させることによりエキサイトコイルに交流電力を供給させる送電制御回路を備える。送電制御回路は、交流電力により第1および第2のスイッチをフィードバック制御することによりエキサイトコイルへの交流電力の供給を持続させる。

10

【0017】

このような態様においても、装置が発生させる交流電力を利用して第1および第2のスイッチをフィードバック制御するため、発振源を持たなくてもワイヤレス給電を持続させやすくなる。この結果、給電システムの駆動系をシンプルに構成できる。

20

【0018】

この装置は、交流電力が発生させる磁界により誘導電流を発生させる検出コイルを更に備えてもよい。そして、送電制御回路は、誘導電流により第1および第2のスイッチをフィードバック制御してもよい。

【0019】

検出コイルは、給電コイルを流れる交流電流が発生させる磁界により誘導電流を発生させてもよいし、エキサイトコイルを流れる交流電流が発生させる磁界により誘導電流を発生させてもよい。

【0020】

検出コイルはトロイダルコアに巻回されてもよい。そして、このトロイダルコアに給電コイルやエキサイトコイルの一部を通過させることにより、給電コイルおよびエキサイトコイルの一方と検出コイルとで結合トランスを形成してもよい。

30

【0021】

この装置も、有効信号を発生させる有効信号発生器を更に備えてもよい。そして、送電制御回路は、有効信号の発生期間中であることを条件として、第1および第2のスイッチを駆動してもよい。また、送電制御回路は、有効信号の発生を契機として、第1および第2のスイッチのいずれかの駆動を開始してもよい。

【0022】

本発明におけるワイヤレス電力伝送システムは、上述した各種のワイヤレス給電装置と、受電コイルと、受電コイルと磁気結合して、受電コイルが給電コイルから受電した電力を供給されるロードコイルを備える。

40

【0023】

なお、以上の構成要素の任意の組み合わせ、本発明の表現を方法、装置、システムなどの変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、磁場共振型のワイヤレス給電技術において、給電コイルの駆動系をシンプルな構成にて実現できる。

【図面の簡単な説明】

50

## 【 0 0 2 5 】

【図 1】第 1 実施形態におけるワイヤレス電力伝送システムのシステム構成図である。

【図 2】検出コイルおよび給電コイルの拡大構成図である。

【図 3】電圧および電流の変化過程を示すタイムチャートである。

【図 4】波形増幅器の前後における制御電位の変化過程を示すタイムチャートである。

【図 5】有効信号、制御信号および各スイッチングトランジスタのゲート電位の関係を示すタイミングチャートである。

【図 6】第 1 実施形態におけるワイヤレス電力伝送システムの別例としてのシステム構成図である。

【図 7】第 2 実施形態におけるワイヤレス電力伝送システムのシステム構成図である。

10

【図 8】第 3 実施形態におけるワイヤレス電力伝送システムのシステム構成図である。

【図 9】第 3 実施形態におけるワイヤレス電力伝送システムの別例としてのシステム構成図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 2 6 】

以下、添付図面を参照しながら、本発明の好ましい実施形態を説明する。まず、第 1 実施形態および第 2 実施形態としてハーフブリッジ型について説明する。次に、第 3 実施形態としてプッシュプル型について説明する。各実施形態を特に区別しないときには単に「本実施形態」とよぶ。

## 【 0 0 2 7 】

20

## [ 第 1 実施形態：ハーフブリッジ型 ]

図 1 は、第 1 実施形態におけるワイヤレス電力伝送システム 100 のシステム構成図である。ワイヤレス電力伝送システム 100 は、ワイヤレス給電装置 200、受電コイル回路 130 およびロード回路 140 を含む。ワイヤレス給電装置 200 は、その一部に給電コイル  $L_2$  を含む。給電コイル  $L_2$  と受電コイル回路 130 の間には数 m 程度の距離がある。ワイヤレス電力伝送システム 100 の主目的は、給電コイル  $L_2$  から受電コイル回路 130 にワイヤレスにて交流電力を送電することである。本実施形態におけるワイヤレス電力伝送システムは、100 MHz 前後の共振周波数  $f_r$  にて動作させることを想定したシステムである。したがって、給電コイル  $L_2$  と受電コイル  $L_3$  の共振周波数  $f_r$  は 100 MHz に設定される。なお、本実施形態におけるワイヤレス電力伝送システムは、たとえば、ISM (Industry-Science-Medical) 周波数帯のような高周波数帯にて動作させることも可能である。

30

## 【 0 0 2 8 】

ワイヤレス給電装置 200 は、エキサイトコイルを介すことなく、給電コイル  $L_2$  に交流電力を直接供給するハーフブリッジ型の回路である。図 1 に示すように、ワイヤレス給電装置 200 は上下対称形となっている。給電コイル  $L_2$  を流れる電流  $I_5$  は交流であり、同図矢印にて示す方向を正方向、反対方向を負方向とする。本実施形態における給電コイル  $L_2$  の巻き数は 7 回、導線の直径は 5 mm、給電コイル  $L_2$  自体の直径は 280 mm である。

## 【 0 0 2 9 】

40

受電コイル回路 130 は、受電コイル  $L_3$  とキャパシタ  $C_3$  が直列接続された回路である。給電コイル  $L_2$  と受電コイル  $L_3$  は互いに向かい合っている。給電コイル  $L_2$  と受電コイル  $L_3$  の距離は、0.2 m ~ 1 m 程度と比較的長い。本実施形態における受電コイル  $L_3$  の巻き数は 7 回、導線の直径は 5 mm、受電コイル  $L_3$  自体の直径は 280 mm である。受電コイル回路 130 の共振周波数  $f_r$  も 100 MHz となるように、受電コイル  $L_3$  とキャパシタ  $C_3$  それぞれの値が設定されている。したがって、給電コイル  $L_2$  と受電コイル  $L_3$  は同一形状である必要はない。給電コイル  $L_2$  が共振周波数  $f_r$  にて磁界を発生させると、給電コイル  $L_2$  と受電コイル  $L_3$  は磁氣的に共振し、受電コイル回路 130 にも大きな電流  $I_3$  が流れる。同図矢印に示す方向を正方向、反対方向を負方向とする。電流  $I_5$  の向きと電流  $I_3$  の向きは逆 (逆相) である。

50

## 【 0 0 3 0 】

ロード回路 1 4 0 は、ロードコイル  $L_4$  と負荷  $R$  が直列接続された回路である。本実施形態における負荷  $R$  は電球である。受電コイル  $L_3$  とロードコイル  $L_4$  は互いに向かい合っている。受電コイル  $L_3$  とロードコイル  $L_4$  の距離は 1 0 m m 以下と比較的近い。このため、受電コイル  $L_3$  とロードコイル  $L_4$  は電磁的に強く結合している。本実施形態におけるロードコイル  $L_4$  の巻き数は 1 回、導線の直径は 3 m m、ロードコイル  $L_4$  自体の直径は 2 1 0 m m である。受電コイル  $L_3$  に電流  $I_3$  が流れることにより、ロード回路 1 4 0 に起電力が発生し、ロード回路 1 4 0 に電流  $I_4$  が流れる。同図矢印に示す方向を正方向、反対方向を負方向とする。電流  $I_3$  の向きと電流  $I_4$  の向きは逆（逆相）である。すなわち、電流  $I_4$  は、電流  $I_5$  と同相である。こうして、電源回路 2 0 0 の給電コイル  $L_2$  から送電された交流電力は、受電コイル回路 1 3 0 とロード回路 1 4 0 により受電され、負荷  $R$  から取り出される。

10

## 【 0 0 3 1 】

負荷  $R$  を受電コイル回路 1 3 0 に直列接続すると、受電コイル回路 1 3 0 の  $Q$  値が悪くなる。このため、受電用の受電コイル回路 1 3 0 と電力取り出し用のロード回路 1 4 0 を分離している。また、電力伝送効率を高めるためには、給電コイル  $L_2$ 、受電コイル  $L_3$  およびロードコイル  $L_4$  の中心線を揃えることが好ましい。

## 【 0 0 3 2 】

次に、ワイヤレス給電装置 2 0 0 の構成を説明する。まず、ゲート駆動用トランス  $T_1$  の一次側に駆動回路 1 6 2 が接続される。駆動回路 1 6 2 はトランス  $T_1$  一次コイル  $L_h$  に動作周波数  $f_o$  の交流電圧（駆動信号  $DR$ ）を供給する回路である。ただし、駆動回路 1 6 2 は交流電圧を独自生成する発振器ではない。駆動回路 1 6 2 は、給電コイル  $L_2$  から発生する交流電力を利用することにより共振周波数  $f_r$  と等しい動作周波数  $f_o$  の交流電圧（駆動信号  $DR$ ）を供給する。詳細については後述する。

20

## 【 0 0 3 3 】

駆動信号  $DR$  の電圧波形は正弦波でもよいが、ここでは矩形波であるとして説明する。この駆動信号  $DR$  により、トランス  $T_1$  一次コイル  $L_h$  には正負両方向に交互に電流が流れる。トランス  $T_1$  一次コイル  $L_h$  とトランス  $T_1$  二次コイル  $L_f$ 、トランス  $T_1$  二次コイル  $L_g$  はゲート駆動用の結合トランス  $T_1$  を形成する。電磁誘導により、トランス  $T_1$  二次コイル  $L_f$  とトランス  $T_1$  二次コイル  $L_g$  にも正負の両方向に交互に電流が流れる。駆動回路 1 6 2 とゲート駆動用トランス  $T_1$  が、ワイヤレス電力伝送システム 1 0 0 の駆動系として、ワイヤレス電力伝送システム 1 0 0 から受電コイル回路 1 3 0 等への送電を制御する。

30

## 【 0 0 3 4 】

トランス  $T_1$  二次コイル  $L_f$  の一端は、スイッチングトランジスタ  $Q_1$  のゲートと接続され、他端はスイッチングトランジスタ  $Q_1$  のソースと接続される。トランス  $T_1$  二次コイル  $L_g$  の一端は、別のスイッチングトランジスタ  $Q_2$  のゲートと接続され、他端はスイッチングトランジスタ  $Q_2$  のソースと接続される。駆動回路 1 6 2 が共振周波数  $f_r$  にて駆動信号  $DR$  を発生させると、スイッチングトランジスタ  $Q_1$  とスイッチングトランジスタ  $Q_2$  の各ゲートには、電圧  $V_x$  ( $V_x > 0$ ) が共振周波数  $f_r$  にて交互に印加される。このため、スイッチングトランジスタ  $Q_1$  とスイッチングトランジスタ  $Q_2$  は共振周波数  $f_r$  にて交互にオン・オフする。スイッチングトランジスタ  $Q_1$  とスイッチングトランジスタ  $Q_2$  は同一特性のエンハンスメント型  $MOSFET$  (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) であるが、バイポーラトランジスタなど他のトランジスタでもよい。トランジスタの代わりにリレースイッチ等、他のスイッチを用いてもよい。

40

## 【 0 0 3 5 】

スイッチングトランジスタ  $Q_1$  のドレインは、電源  $V_{dd1}$  の正極に接続される。電源  $V_{dd1}$  の負極は、キャパシタ  $C_1$  と給電コイル  $L_2$  を介して、スイッチングトランジスタ  $Q_1$  のソースに接続される。電源  $V_{dd1}$  の負極の電位は接地電位である。スイッチングトランジスタ  $Q_2$  のソースは、電源  $V_{dd2}$  の負極に接続される。電源  $V_{dd2}$  の正極

50

は、キャパシタ $C_1$ と給電コイル $L_2$ を介して、スイッチングトランジスタ $Q_2$ のドレインに接続される。電源 $V_{dd2}$ の正極の電位は接地電位である。

【0036】

スイッチングトランジスタ $Q_1$ のソース・ドレイン間の電圧をソース・ドレイン電圧 $V_{DS1}$ 、スイッチングトランジスタ $Q_2$ のソース・ドレイン間の電圧をソース・ドレイン電圧 $V_{DS2}$ とよぶ。また、スイッチングトランジスタ $Q_1$ のソース・ドレイン間を流れる電流をソース・ドレイン電流 $I_{DS1}$ 、スイッチングトランジスタ $Q_2$ のソース・ドレイン間を流れる電流をソース・ドレイン電流 $I_{DS2}$ とする。ソース・ドレイン電流 $I_{DS1}$ 、 $I_{DS2}$ については、同図矢印に示す方向を正方向、反対方向を負方向とする。

【0037】

キャパシタ $C_1$ と給電コイル $L_2$ は共振周波数 $f_r$ にて電流共振するように値設定される。いいかえれば、キャパシタ $C_1$ と給電コイル $L_2$ は、共振周波数 $f_r$ の「共振回路」を形成している。また、キャパシタ $C_1$ と給電コイル $L_2$ が存在することによりソース・ドレイン電流 $I_{DS1}$ 、 $I_{DS2}$ の電流波形は正弦波状となる。

【0038】

スイッチングトランジスタ $Q_1$ のソース・ドレイン間にはキャパシタ $C_{Q1}$ が並列接続され、スイッチングトランジスタ $Q_2$ のソース・ドレイン間にはキャパシタ $C_{Q2}$ が並列接続される。キャパシタ $C_{Q1}$ とキャパシタ $C_{Q2}$ は同一特性のキャパシタである。キャパシタ $C_{Q1}$ はソース・ドレイン電圧 $V_{DS1}$ の電圧波形を整形し、キャパシタ $C_{Q2}$ はソース・ドレイン電圧 $V_{DS2}$ の電圧波形を整形するために挿入される。キャパシタ $C_{Q1}$ 、 $C_{Q2}$ を省略しても、ワイヤレス給電装置200によるワイヤレス給電は可能である。特に、共振周波数 $f_r$ が低いときには、これらのキャパシタの影響は小さくなる。

【0039】

スイッチングトランジスタ $Q_1$ が導通(オン)するとき、スイッチングトランジスタ $Q_2$ は非導通(オフ)となる。このときのメインの電流経路(以下、「第1電流経路102」とよぶ)は、電源 $V_{dd1}$ からスイッチングトランジスタ $Q_1$ 、給電コイル $L_2$ 、キャパシタ $C_1$ を経由して帰還する経路となる。スイッチングトランジスタ $Q_1$ は、第1電流経路102の導通・非導通を制御するスイッチとして機能する。

【0040】

スイッチングトランジスタ $Q_2$ が導通(オン)するとき、スイッチングトランジスタ $Q_1$ は非導通(オフ)となる。このときのメインの電流経路(以下、「第2電流経路104」とよぶ)は、電源 $V_{dd2}$ からキャパシタ $C_1$ 、給電コイル $L_2$ 、スイッチングトランジスタ $Q_2$ を経由して帰還する経路となる。スイッチングトランジスタ $Q_2$ は、第2電流経路104の導通・非導通を制御するスイッチとして機能する。

【0041】

駆動回路162が共振周波数 $f_r$ にて駆動信号DRを供給すると、第1電流経路102と第2電流経路104が共振周波数 $f_r$ にて交互に導通する。キャパシタ $C_1$ と給電コイル $L_2$ には共振周波数 $f_r$ の交流電流が流れることになるため、キャパシタ $C_1$ と給電コイル $L_2$ は共振状態となる。受電コイル回路130も共振周波数 $f_r$ の共振回路であるから、給電コイル $L_2$ と受電コイル $L_3$ は磁氣的に共振する。このとき、電力伝送効率は最大となる。

【0042】

給電コイル $L_2$ の近くには、検出コイル $L_{SS}$ が設置される。検出コイル $L_{SS}$ は、貫通孔を有するコア154(トロイダルコア)に $N_S$ 回巻き付けられたコイルである。給電コイル $L_2$ の一部もコア154を貫通するため、給電コイル $L_2$ と検出コイル $L_{SS}$ は結合トランスを形成する。共振周波数 $f_r$ の交流電流 $I_S$ が発生させる交流磁界により、検出コイル $L_{SS}$ には共振周波数 $f_r$ の誘導電流 $I_{SS}$ が流れる。電流 $I_S$ と誘導電流 $I_{SS}$ は同相である。

【0043】

検出コイル $L_{SS}$ の両端には抵抗 $R_3$ が接続される。抵抗 $R_3$ の一端Bは接地され、他

10

20

30

40

50

端 A はキャパシタ  $C_5$ 、波形増幅器 160 を介して駆動回路 162 に接続される。キャパシタ  $C_5$  は、接続点 A の電位  $V_{t0}$  の電圧波形から直流成分をカットするために挿入される。カット後の電位を制御電位  $V_{t1}$  とよぶ。波形増幅器 160 は、アナログ波形の制御電位  $V_{t1}$  を増幅して 2 値化し、デジタル波形の制御電位  $V_{t2}$  に変換する。波形増幅器 160 は、制御電位  $V_{t1}$  が所定の閾値、たとえば、 $0.1$  (V) より大きくなると飽和電圧  $5$  (V) を出力する増幅器である。このため、電位  $V_{t1}$  がアナログ波形となる場合でも、波形増幅器 160 によって制御電位  $V_{t1}$  はデジタル波形の制御電位  $V_{t2}$  に変換される。詳細については図 4 に関連して後述する。制御電位  $V_{t2}$  は、制御信号 IN として、駆動回路 162 に入力信号となる。

【0044】

10

駆動回路 162 は、制御信号 IN および有効信号 EN を入力信号、駆動信号 DR を出力信号とする回路である。有効信号 EN は、有効信号発生器 164 から供給される 2 値の信号である。駆動回路 162 は、既知の回路であり、たとえば、テキサス・インスツルメンツ社の製品番号 UCC37321 の IC (Integrated Circuit) を利用すればよい。

【0045】

有効信号 EN がローレベルからハイレベルに変化するとき、駆動信号 DR はハイレベルまたはローレベルに変化する。このため、トランス T1 一次コイル  $L_h$  にはいずれかの方向に瞬間的に電流が流れる。スイッチングトランジスタ  $Q_1$  とスイッチングトランジスタ  $Q_2$  のいずれかがオンとなるため、第 1 電流経路 102 が第 2 電流経路 104 のいずれかに電流  $I_s$  が流れる。ここでは、電流  $I_s$  は正方向 (第 1 電流経路 102) に流れたとする。給電コイル  $L_2$  に正方向の電流  $I_s$  が流れると、検出コイル  $L_{ss}$  に誘導電流  $I_{ss}$  が発生し、駆動回路 162 にはハイレベルの制御信号 IN が入力される。共振回路 (給電コイル  $L_2$  とキャパシタ  $C_2$ ) の共振現象により、やがて電流  $I_s$  の向きは負方向 (第 2 電流経路 104) に変化する。このとき、駆動回路 162 にはローレベルの制御信号が入力される。この結果、制御信号 IN は共振周波数  $f_r$  の矩形波となる。更に詳細については図 4 に関連して後述する。

20

【0046】

有効信号 EN がハイレベルに維持されている期間においては、駆動信号 DR = 制御信号 IN となる。駆動信号 DR は矩形波となるため、スイッチングトランジスタ  $Q_1$  とスイッチングトランジスタ  $Q_2$  が交互に導通し、共振状態が維持される。

30

【0047】

有効信号 EN がローレベルとなると、駆動信号 DR は強制停止される。このときには、スイッチングトランジスタ  $Q_1$  とスイッチングトランジスタ  $Q_2$  のいずれもオフとなり、電力供給は停止される。

【0048】

ワイヤレス給電装置 200 の動作周波数  $f_o$  が共振周波数  $f_r$  と一致するとき、給電コイル  $L_2$  には共振周波数  $f_r$  にて交流電流  $I_s$  が流れ、受電コイル回路 130 にも共振周波数  $f_r$  にて交流電流  $I_3$  が流れる。給電コイル  $L_2$  およびキャパシタ  $C_1$  と、受電コイル回路 130 の受電コイル  $L_3$  およびキャパシタ  $C_3$  は、同一の共振周波数  $f_r$  にて共振するため、給電コイル  $L_2$  から受電コイル  $L_3$  への電力伝送効率は最大となる。

40

【0049】

図 2 は、検出コイル  $L_{ss}$  および給電コイル  $L_2$  の拡大構成図である。図 2 は、検出コイル  $L_{ss}$  の周辺構成を詳細に示す図である。コア 154 の形状は貫通孔を有する筒形状であり、その材質はフェライト、珪素鋼板、パーマロイ (permalloy) 等の既知材料である。本実施形態における検出コイル  $L_{ss}$  の巻き数  $N_s$  は 100 回である。コア 154 の貫通孔を給電コイル  $L_2$  の一部が貫通している。これは、コア 154 に対する給電コイル  $L_2$  の巻き数  $N_p$  が 1 回であることを意味する。このような構成により、検出コイル  $L_{ss}$  と給電コイル  $L_2$  は結合トランスを形成する。

【0050】

給電コイル  $L_2$  が一次側巻線、検出コイル  $L_{ss}$  が二次側巻線となることにより両者間

50

で結合トランスが形成される。給電コイル $L_2$ の交流電流 $I_S$ が発生させる交流磁界により、検出コイル $L_{SS}$ には同相の誘導電流 $I_{SS}$ が流れる。等アンペア・ターンの法則により、誘導電流 $I_{SS}$ の大きさは、 $I_S \cdot (N_P / N_S)$ となる。検出コイル $L_{SS}$ の一端Aにおける電位 $V_{t0}$ が計測対象となる。検出コイル $L_{SS}$ の他端Bは接地されるので、電位 $V_{t0}$ は抵抗 $R_3$ に印加される電圧値に等しい。

#### 【0051】

図3は、電圧および電流の変化過程を示すタイムチャートである。時刻 $t_0$ ～時刻 $t_1$ の期間(以下、「第1期間」とよぶ)は、スイッチングトランジスタ $Q_1$ がオン、スイッチングトランジスタ $Q_2$ がオフとなる期間である。時刻 $t_1$ ～時刻 $t_2$ の期間(以下、「第2期間」とよぶ)は、スイッチングトランジスタ $Q_1$ がオフ、スイッチングトランジスタ $Q_2$ がオンとなる期間、時刻 $t_2$ ～時刻 $t_3$ の期間(以下、「第3期間」とよぶ)は、スイッチングトランジスタ $Q_1$ がオン、スイッチングトランジスタ $Q_2$ がオフとなる期間、時刻 $t_3$ ～時刻 $t_4$ の期間(以下、「第4期間」とよぶ)は、スイッチングトランジスタ $Q_1$ がオフ、スイッチングトランジスタ $Q_2$ がオンとなる期間であるとする。

#### 【0052】

スイッチングトランジスタ $Q_1$ のゲート・ソース電圧 $V_{GS1}$ が所定の閾値 $V_x$ を超えたとき、スイッチングトランジスタ $Q_1$ は飽和状態となる。したがって、第1期間の開始タイミングである時刻 $t_0$ にスイッチングトランジスタ $Q_1$ がオン(導通)となると、ソース・ドレイン電流 $I_{DS1}$ が流れ始める。いいかえれば、正方向(第1電流経路102)に電流 $I_S$ が流れ始める。共振回路(給電コイル $L_2$ とキャパシタ $C_1$ )が電流共振するため、電流 $I_S$ の第1期間における電流波形は矩形波とはならず、立ち上がり立ち下がりが緩やかになる。

#### 【0053】

第2期間の開始タイミングである時刻 $t_1$ にスイッチングトランジスタ $Q_1$ がオフ(非導通)となると、ソース・ドレイン電流 $I_{DS1}$ は流れなくなる。代わりに、スイッチングトランジスタ $Q_2$ がオン(導通)となり、ソース・ドレイン電流 $I_{DS2}$ が流れはじめる。すなわち、負方向(第2電流経路104)に電流 $I_S$ が流れ始める。

#### 【0054】

電流 $I_S$ と誘導電流 $I_{SS}$ は同相であり、電位 $V_{t1}$ は誘導電流 $I_{SS}$ と同相である。このため、電流 $I_S$ の電流波形と電位 $V_{t1}$ の電圧波形は同期する。第3期間、第4期間以降は、第1期間、第2期間と同様の波形を繰り返す。

#### 【0055】

図4は、制御電位 $V_{t1}$ と制御電位 $V_{t2}$ の変化過程を示すタイムチャートである。図4では、有効信号ENはハイレベルに固定されているものとする。トランスT1一次コイル $L_h$ に瞬間電流が流れると、スイッチングトランジスタ $Q_1$ とスイッチングトランジスタ $Q_2$ のいずれかがオンとなり、第1電流経路102か第2電流経路104のいずれかの経路に電流 $I_S$ が流れる。以下、第1電流経路102に電流 $I_S$ が流れたとする。給電コイル $L_2$ に流れる正方向の電流 $I_S$ によって誘導電流 $I_{SS}$ が発生する。図3に示したように、制御電位 $V_{t1}$ は正弦波状に増加する。波形増幅器160は制御電位 $V_{t1}$ を飽和電圧まで増幅する。したがって、電流 $I_S$ が正方向(第1電流経路102)に流れ始めると、駆動回路162にはハイレベルの制御信号INが入力される。

#### 【0056】

共振回路(給電コイル $L_2$ とキャパシタ $C_1$ )の共振現象により、電流 $I_S$ は徐々に減少し、負方向(第2電流経路104)に流れようとする。このとき制御電位 $V_{t1}$ も徐々に減少し、波形増幅器160は最低電位(ローレベル)の制御電位 $V_{t1}$ を出力する。駆動回路162にはローレベルの制御信号INが入力されるため、ローレベルの駆動信号DRが発生し、スイッチングトランジスタ $Q_2$ がオンとなる。スイッチングトランジスタ $Q_1$ はオフとなる。

#### 【0057】

以降は同様であり、共振回路(給電コイル $L_2$ とキャパシタ $C_1$ )の共振現象により、

10

20

30

40

50

電流  $I_s$  の流れる方向が共振周波数  $f_r$  にて変化する。電流  $I_s$  の流れる方向が変化するごとに制御電位  $V_{t_1}$  が変化し、スイッチングトランジスタ  $Q_1$  とスイッチングトランジスタ  $Q_2$  が交互に導通する。駆動回路 162 は、いったん共振現象を発生させた後は、その共振現象を利用してスイッチングトランジスタ  $Q_1$  とスイッチングトランジスタ  $Q_2$  をフィードバック制御している。このため、ワイヤレス給電装置 200 は発振器を持たなくても自励動作できる。

【0058】

図5は、有効信号  $EN$ 、制御信号  $IN$  および各スイッチングトランジスタのゲート電位の関係を示すタイミングチャートである。時刻  $t_5$  から  $t_6$  までの期間において有効信号  $EN$  はローレベルである。時刻  $t_6$  から  $t_7$  までの期間においては有効信号  $EN$  はハイレベルである。有効信号  $EN$  がローレベルに維持される期間を「停止期間」、有効信号  $EN$  がハイレベルに維持される期間を「駆動期間」とよぶ。

10

【0059】

まず、時刻  $t_5$  から  $t_6$  の停止期間においては、駆動信号  $DR$  はローレベルに固定される。トランス  $T_1$  一次コイル  $L_h$  に電流が流れないため、スイッチングトランジスタ  $Q_1$  とスイッチングトランジスタ  $Q_2$  のいずれもオフである。ゲート・ソース電圧  $V_{GS1}$ 、 $V_{GS2}$  はいずれもローレベルであり、共振回路に電流  $I_s$  が流れないため、制御信号  $IN$  もローレベルに固定される。

【0060】

時刻  $t_6$  に有効信号  $EN$  がローレベルからハイレベルに変化すると、駆動信号  $DR$  はハイレベルに変化する。トランス  $T_1$  一次コイル  $L_h$  に瞬間的に電流が流れ、電流  $I_s$  が流れ始める。電流  $I_s$  が流れると、共振回路は共振を開始し、共振周波数  $f_r$  にて変化するデジタルパルス状の制御信号  $IN$  が発生する。駆動期間においては、制御信号  $IN$  の立ち上がり立ち下がりに同期して駆動信号  $DR$  が変化する。駆動信号  $DR$  が変化するごとに、トランス  $T_1$  一次コイル  $L_h$  には電流が流れる。トランス  $T_1$  一次コイル  $L_h$  に流れる交流電流によって、スイッチングトランジスタ  $Q_1$  とスイッチングトランジスタ  $Q_2$  は交互に導通する。このため、駆動期間（時刻  $t_6$  から  $t_7$  の期間）においては、共振周波数  $f_r$  の交流電流  $I_s$  が流れ続ける。給電コイル  $L_2$  は共振周波数  $f_r$  の交流電力を受電コイル  $L_3$  に給電し続ける。

20

【0061】

時刻  $t_7$  に有効信号  $EN$  がローレベルに変化すると、駆動信号  $DR$  はローレベルに固定され、電流  $I_s$  は流れなくなる。ワイヤレス給電装置 200 からの給電も停止する。

30

【0062】

ワイヤレス給電装置 200 の場合、有効信号  $EN$  のデューティ比を変化させれば、給電コイル  $L_2$  から供給する交流電力の大きさを変化させることができる。本実施形態の場合、有効信号  $EN$  のデューティ比を変化させることにより、負荷  $R$  として接続されている電球の明るさが変化する。

【0063】

なお、誘導電流  $I_{ss}$  ではなく、電流  $I_s$  から制御信号  $IN$  を直接生成すると、給電コイル  $L_2$  に新たな負荷がかかり、共振回路のインピーダンス  $Z$  が変化するため、 $Q$  値が悪化してしまう。共振している給電コイル  $L_2$  の電流経路に駆動回路 162 等を直接接続するのは、音叉を触りながらその振動を測定するようなものである。ワイヤレス電力伝送システム 100 では、給電コイル  $L_2$  が発生させる交流磁界を利用して検出コイル  $L_{ss}$  に誘導電流  $I_{ss}$  を発生させることにより、制御信号  $IN$  を生成している。ワイヤレス給電装置 200、特に、共振回路部分に負荷をかけない構成であることから、 $Q$  値への影響を抑制しつつスイッチングトランジスタ  $Q_1$  とスイッチングトランジスタ  $Q_2$  をフィードバック制御できる。

40

【0064】

給電コイル  $L_2$  に限らず、受電コイル  $L_3$  やロードコイル  $L_4$  などを一次コイルとして結合トランスを形成し、検出コイル  $L_{ss}$  に誘導電流  $I_{ss}$  を発生させてもよい。

50

## 【 0 0 6 5 】

図 6 は、第 1 実施形態におけるワイヤレス電力伝送システム 1 0 0 の別例としてのシステム構成図である。図 1 と同一の符号を付した構成は、図 1 で説明した構成と同一または同様の機能を有する。図 1 のシステム構成では給電コイル  $L_2$  と検出コイル  $L_{SS}$  がコア 1 5 4 を共有することにより結合トランスを構成した。図 6 では、検出コイル回路 1 7 0 により制御電位  $V_{t2}$  を取り出している。検出コイル回路 1 7 0 は、コア 1 5 4 等を給電コイル  $L_2$  等と共有しないため、設置自由度が高まるというメリットがある。

## 【 0 0 6 6 】

検出コイル回路 1 7 0 は、検出コイル  $L_{SS}$  と抵抗  $R_3$  が直列接続された回路である。給電コイル  $L_2$  が発生させる磁束が検出コイル  $L_{SS}$  を通過するように検出コイル回路 1 7 0 を設置する。図 1 と同じく、抵抗  $R_3$  の一端 B は接地され、他端 A から電位  $V_{t0}$  が検出される。給電コイル  $L_2$  に流れる電流  $I_S$  が発生させる交流磁界により、検出コイル回路 1 7 0 には誘導電流  $I_{SS}$  が流れる。この誘導電流  $I_{SS}$  により発生する電位  $V_{t0}$  から制御信号  $IN$  を生成する。

10

## 【 0 0 6 7 】

検出コイル回路 1 7 0 を設置する目的は、給電コイル  $L_2$  から受電することではなく、給電コイル  $L_2$  から送電される交流電力と同期する制御信号  $IN$  を取り出すことである。このため、検出コイル  $L_{SS}$  のサイズは給電コイル  $L_2$  に比べて十分に小さくできる。なお、給電コイル  $L_2$  に限らず、受電コイル  $L_3$  を流れる電流  $I_3$  やロードコイル  $L_4$  を流れる電流  $I_4$  が発生させる交流磁界に基づいて、検出コイル回路 1 7 0 に誘導電流  $I_{SS}$  を発生させることにより、制御信号  $IN$  を生成してもよい。

20

## 【 0 0 6 8 】

## [ 第 2 実施形態：ハーフブリッジ型 ]

図 7 は、第 2 実施形態におけるワイヤレス電力伝送システム 1 0 6 のシステム構成図である。第 1 実施形態におけるワイヤレス電力伝送システム 1 0 0 では、駆動回路 1 6 2 によって給電コイル  $L_2$  を直接駆動したが、第 2 実施形態におけるワイヤレス電力伝送システム 1 0 6 では、駆動回路 1 6 2 は給電コイル  $L_2$  ではなくエキサイトコイル  $L_1$  を駆動する。ワイヤレス電力伝送システム 1 0 6 の他の部分の構成は図 1 と同様である。図 1 と同一の符号を付した構成は、図 1 で説明した構成と同一または同様の機能を有する。

## 【 0 0 6 9 】

ワイヤレス給電装置 2 0 4 は、エキサイトコイル  $L_1$  に共振周波数  $f_r$  にて交流電力を供給する。エキサイトコイル  $L_1$  とキャパシタ  $C_1$  が共振周波数  $f_r$  の共振回路を形成する。給電コイル回路 1 2 0 は、給電コイル  $L_2$  とキャパシタ  $C_2$  が直列接続された回路である。エキサイトコイル  $L_1$  と給電コイル  $L_2$  は互いに向かい合っている。エキサイトコイル  $L_1$  と給電コイル  $L_2$  の距離は 1 0 mm 程度と比較的近い。このため、エキサイトコイル  $L_1$  と給電コイル  $L_2$  は電磁氣的に強く結合している。エキサイトコイル  $L_1$  に電流  $I_S$  を流すと、給電コイル回路 1 2 0 に起電力が発生し、給電コイル回路 1 2 0 には電流  $I_2$  が流れる。同図矢印にて示す方向を正方向、反対方向を負方向とする。電流  $I_S$  の向きと電流  $I_2$  の向きは逆（逆相）である。電流  $I_2$  は電流  $I_S$  よりも格段に大きい。給電コイル  $L_2$  とキャパシタ  $C_2$  それぞれの値は、給電コイル回路 1 2 0 の共振周波数  $f_r$  が 1 0 0 k H z となるように設定すればよい。

30

40

## 【 0 0 7 0 】

第 2 実施形態では、エキサイトコイル  $L_1$  の側に検出コイル  $L_{SS}$  を設置し、検出コイル  $L_{SS}$  とエキサイトコイル  $L_1$  により結合トランスを形成する。交流電流  $I_S$  が発生させる磁界により、検出コイル  $L_{SS}$  には誘導電流  $I_{SS}$  が流れる。この誘導電流  $I_{SS}$  に基づいて第 1 実施形態と同様の方法により制御信号  $IN$  を発生させる。

## 【 0 0 7 1 】

第 2 実施形態においても、エキサイトコイル  $L_1$  に限らず、給電コイル  $L_2$ 、受電コイル  $L_3$ 、ロードコイル  $L_4$  などを一次コイルとして結合トランスを形成し、検出コイル  $L_{SS}$  に誘導電流  $I_{SS}$  を発生させてもよい。図 6 に関連して説明した検出コイル回路 1 7

50

0により誘導電流 $I_{ss}$ を発生させてもよい。

【0072】

[第3実施形態：プッシュプル型]

図8は、第3実施形態におけるワイヤレス電力伝送システム108のシステム構成図である。ワイヤレス電力伝送システム108は、ワイヤレス給電装置206と受電コイル回路130、ロード回路140を含む。ワイヤレス給電装置206の構成は、電源制御回路208、エキサイト回路110および給電コイル回路120に大別できる。給電コイル回路120と受電コイル回路130の間には数m程度の距離がある。ワイヤレス電力伝送システム108の主目的も、給電コイル回路120から受電コイル回路130に電力を送ることである。図1や図6、図7と同一の符号を付した構成は、既に説明した構成と同一または同様の機能を有する。

10

【0073】

エキサイト回路110は、エキサイトコイル $L_1$ とトランスT2二次コイル $L_i$ が直列接続された回路である。エキサイト回路110は、電源制御回路208側のトランスT2二次コイル $L_i$ を介して交流電力を供給される。トランスT2二次コイル $L_i$ は、トランスT2一次コイル $L_a$ およびトランスT2一次コイル $L_b$ と共に結合トランスT2を形成し、電磁誘導により交流電力を供給される。エキサイトコイル $L_1$ の巻き数は1回、導線の直径は3mm、エキサイトコイル $L_1$ 自体の直径は210mmである。エキサイト回路110を流れる電流 $I_1$ は交流であり、同図矢印にて示す方向を正方向、反対方向を負方向とする。

20

【0074】

給電コイル回路120は、第2実施形態に示した給電コイル回路120の構成と同様であり、共振周波数 $f_r = 100\text{kHz}$ で共振する回路である。受電コイル回路130とロード回路140の構成は、第1および第2実施形態に示した構成と同様である。

【0075】

電源制御回路208は、動作周波数 $f_o$ にて動作するプッシュプル型の回路であり、図13に示すように上下対称形である。エキサイト回路110は、動作周波数 $f_o$ の交流電力を電源制御回路208から供給される。この場合、エキサイト回路110、給電コイル回路120、受電コイル回路130およびロード回路140には、動作周波数 $f_o$ の電流 $I_1 \sim I_4$ が流れる。動作周波数 $f_o$ と共振周波数 $f_r$ が一致するとき、すなわち、動作周波数 $f_o = 100\text{kHz}$ となるとき、給電コイル回路120と受電コイル回路130が磁場共振するため、電力伝送効率は最大となる。駆動回路162とゲート駆動用トランスT1が、ワイヤレス電力伝送システム108の駆動系として、ワイヤレス給電装置206から受電コイル回路130等への送電を制御する。

30

【0076】

電源制御回路208に含まれるゲート駆動用トランスT1の一次側には、駆動回路162が接続される。駆動回路162は、共振周波数 $f_r$ と等しい動作周波数 $f_o$ の交流電圧(駆動信号DR)を発生させる。この駆動信号DRにより、トランスT1一次コイル $L_h$ には正負の両方向に交互に電流が流れる。トランスT1一次コイル $L_h$ とトランスT1二次コイル $L_f$ 、トランスT1二次コイル $L_g$ はゲート駆動用の結合トランスT1を形成する。電磁誘導により、トランスT1二次コイル $L_g$ とトランスT1一次コイル $L_h$ にも正負の両方向に交互に電流が流れる。

40

【0077】

トランスT1の二次コイルは中点接地される。すなわち、トランスT1二次コイル $L_f$ の一端とトランスT1二次コイル $L_g$ の一端は互いに接続され、そのまま接地される。トランスT1二次コイル $L_f$ の他端は、スイッチングトランジスタ $Q_1$ のゲートと接続され、トランスT1二次コイル $L_g$ の他端は、別のスイッチングトランジスタ $Q_2$ のゲートと接続される。スイッチングトランジスタ $Q_1$ のソースとスイッチングトランジスタ $Q_2$ のソースも接地されている。したがって、駆動回路162が共振周波数 $f_r$ にて交流電圧(駆動信号DR)を発生させると、スイッチングトランジスタ $Q_1$ とスイッチングトランジ

50

スタQ<sub>2</sub>の各ゲートには、電圧V<sub>x</sub> (V<sub>x</sub> > 0)が共振周波数f<sub>r</sub>にて交互に印加される。すなわち、スイッチングトランジスタQ<sub>1</sub>とスイッチングトランジスタQ<sub>2</sub>は共振周波数f<sub>r</sub>にて交互にオン・オフする。

【0078】

スイッチングトランジスタQ<sub>1</sub>のドレインは、トランスT2一次コイルL<sub>d</sub>と直列接続される。同様に、スイッチングトランジスタQ<sub>2</sub>のドレインは、トランスT2一次コイルL<sub>b</sub>と直列接続される。トランスT2一次コイルL<sub>d</sub>とトランスT2一次コイルL<sub>c</sub>の接続点には、平滑用のインダクタL<sub>a</sub>が接続され、さらに、電源V<sub>dd</sub>が接続される。また、スイッチングトランジスタQ<sub>1</sub>のソース・ドレイン間にはキャパシタC<sub>Q1</sub>が並列接続され、スイッチングトランジスタQ<sub>2</sub>のソース・ドレイン間にはキャパシタC<sub>Q2</sub>が並列接続される。

10

【0079】

キャパシタC<sub>Q1</sub>はソース・ドレイン電圧V<sub>DS1</sub>の電圧波形を整形し、キャパシタC<sub>Q2</sub>はソース・ドレイン電圧V<sub>DS2</sub>の電圧波形を整形するために挿入される。キャパシタC<sub>Q1</sub>、C<sub>Q2</sub>を省略しても、ワイヤレス給電装置206によるワイヤレス給電は可能である。特に、共振周波数f<sub>r</sub>が低い場合には、これらのキャパシタを省略しても電力伝送効率を維持しやすい。

【0080】

エキサイト回路110の入力インピーダンスは50( )である。また、電源制御回路208の出力インピーダンスがこの入力インピーダンス50( )と等しくなるようにトランスT2一次コイルL<sub>b</sub>およびトランスT2一次コイルL<sub>d</sub>の巻き数を設定している。電源制御回路208の出力インピーダンスとエキサイト回路110の入力インピーダンスが一致するとき、ワイヤレス給電装置206の出力は最大となる。

20

【0081】

スイッチングトランジスタQ<sub>1</sub>が導通(オン)するとき、スイッチングトランジスタQ<sub>2</sub>は非導通(オフ)となる。このときのメインの電流経路(以下、「第1電流経路112」とよぶ)は、電源V<sub>dd</sub>から平滑用のインダクタL<sub>a</sub>、トランスT2一次コイルL<sub>d</sub>、スイッチングトランジスタQ<sub>1</sub>を経由してグランドへ至る経路となる。スイッチングトランジスタQ<sub>1</sub>は、第1電流経路112の導通・非導通を制御するスイッチとして機能する。

30

【0082】

スイッチングトランジスタQ<sub>2</sub>が導通(オン)するとき、スイッチングトランジスタQ<sub>1</sub>は非導通(オフ)となる。このときのメインの電流経路(以下、「第2電流経路114」とよぶ)は、電源V<sub>dd</sub>から平滑用のインダクタL<sub>a</sub>、トランスT2一次コイルL<sub>b</sub>、スイッチングトランジスタQ<sub>2</sub>を経由してグランドへ至る経路となる。スイッチングトランジスタQ<sub>2</sub>は、第2電流経路114の導通・非導通を制御するスイッチとして機能する。

【0083】

第3実施形態では、エキサイト回路110の側に検出コイルL<sub>ss</sub>を設置し、エキサイト回路110の一部と検出コイルL<sub>ss</sub>により結合トランスを形成する。交流電流I<sub>1</sub>が発生させる磁界により、検出コイルL<sub>ss</sub>には誘導電流I<sub>ss</sub>が流れる。この誘導電流I<sub>ss</sub>に基づいて第1実施形態や第2実施形態と同様の方法にて制御信号INを生成する。

40

【0084】

図9は、第3実施形態におけるワイヤレス電力伝送システム108の別例としてのシステム構成図である。図8と同一の符号を付した構成は、図8で説明した構成と同一または同様の機能を有する。図8のシステム構成ではエキサイト回路110と検出コイルL<sub>ss</sub>がコア154を共有することにより結合トランスを構成しているが、図9のシステム構成では給電コイル回路120と検出コイルL<sub>ss</sub>がコア154を共有することにより結合トランスを形成している。

【0085】

50

エキサイト回路 110 や給電コイル回路 120 に限らず、受電コイル回路 130、ロード回路 140などを一次コイル側として結合トランスを形成し、検出コイル  $L_{SS}$  に誘導電流  $I_{SS}$  を発生させてもよい。図 6 に関連して説明した検出コイル回路 170 により誘導電流  $I_{SS}$  を発生させてもよい。

【0086】

以上、実施形態に基づいてワイヤレス電力伝送システム 100、106、108 を説明した。本実施形態においては、外部の発振器によって交流電力を制御するのではなく、発生させた交流電力から制御信号  $I_N$  を生成し、この制御信号  $I_N$  によりワイヤレス給電装置をフィードバック制御している。このため、発振器を設置しなくても、交流電力を持続的に供給させ続けることができるため、システム構成がシンプルとなる。

10

【0087】

給電コイル  $L_2$ 、受電コイル  $L_3$ 、ロードコイル  $L_4$  は、いずれも同一の共振周波数  $f_r$  にて共振するため、これらのコイルになんらかの負荷を接続すると  $Q$  値が敏感に反応してしまう。エキサイトコイル  $L_1$  を利用する場合についても同様である。本実施形態においては、送受電対象となる交流電力を駆動回路 162 に直接フィードバックさせるのではなく、送受電時に発生する交流磁界により検出コイル  $L_{SS}$  に誘導電流  $I_{SS}$  を発生させ、この誘導電流  $I_{SS}$  によって駆動回路 162 を動作させている。このため、フィードバック制御の共振特性 ( $Q$  値) に対する影響を抑制しやすくなる。

【0088】

また、仮になんらかの原因で発振停止となっても、有効信号発生器 164 が有効信号  $E_N$  をローレベルからハイレベルに変化させることにより、トランス  $T_1$  一次コイル  $L_h$  に電流を流すことができる。有効信号発生器 164 は、共振周波数  $f_r$  よりも遙かに低い周波数にて有効信号  $E_N$  を制御できる。

20

【0089】

電源  $V_{dd1}$ 、 $V_{dd2}$ 、 $V_{dd}$  が定電源であっても、有効信号発生器 164 のデューティ比を調整することにより交流電力の大きさを制御できるため、システム全体としてのコストダウンを図りやすい。

【0090】

以上、本発明を実施の形態をもとに説明した。実施の形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

30

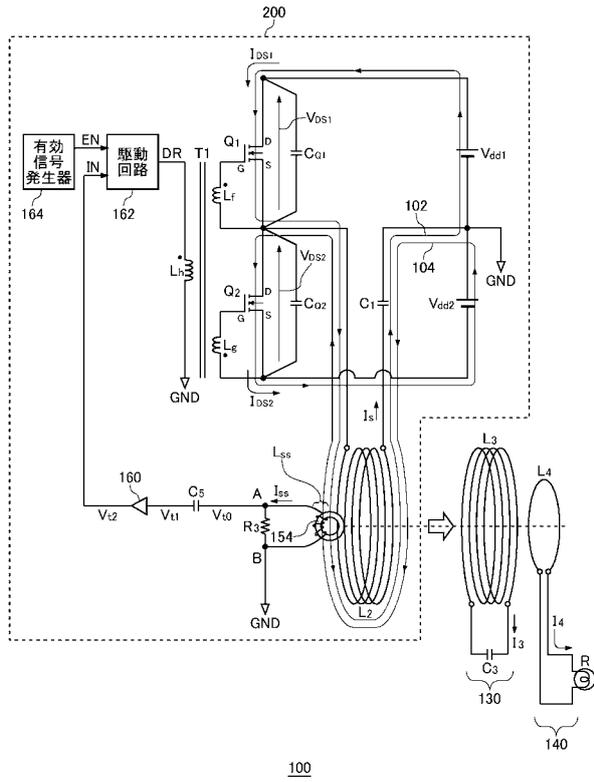
【符号の説明】

【0091】

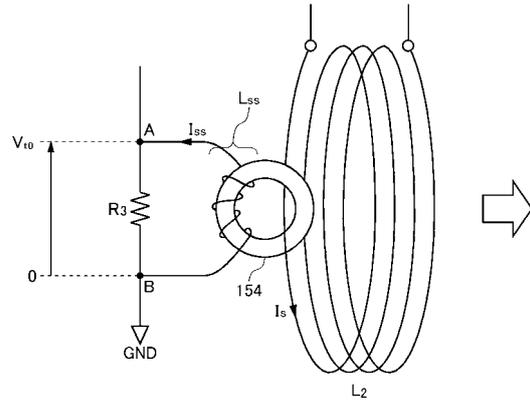
100、106、108   ワイヤレス電力伝送システム  
 102、112   第1電流経路  
 104、114   第2電流経路  
 110   エキサイト回路  
 120   給電コイル回路  
 130   受電コイル回路  
 140   ロード回路  
 154   コア  
 160   波形増幅器  
 162   駆動回路  
 164   有効信号発生器  
 170   検出コイル回路  
 200、204、206   ワイヤレス給電装置  
 208   電源制御回路

40

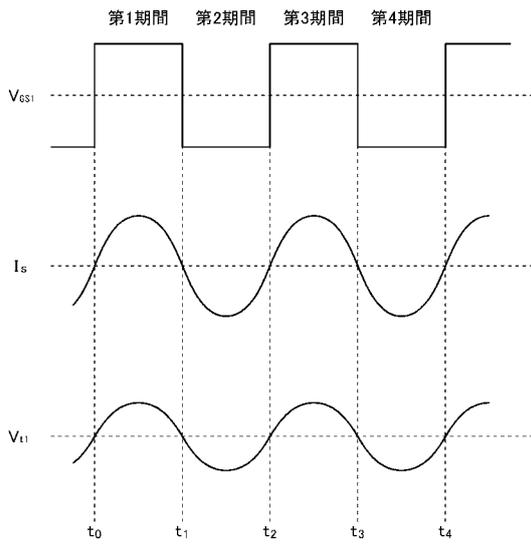
【 図 1 】



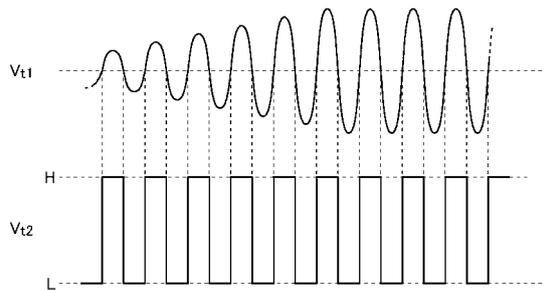
【 図 2 】



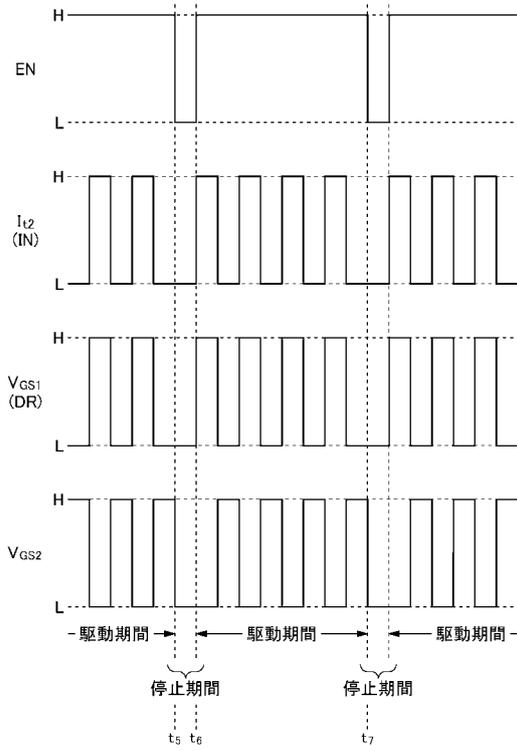
【 図 3 】



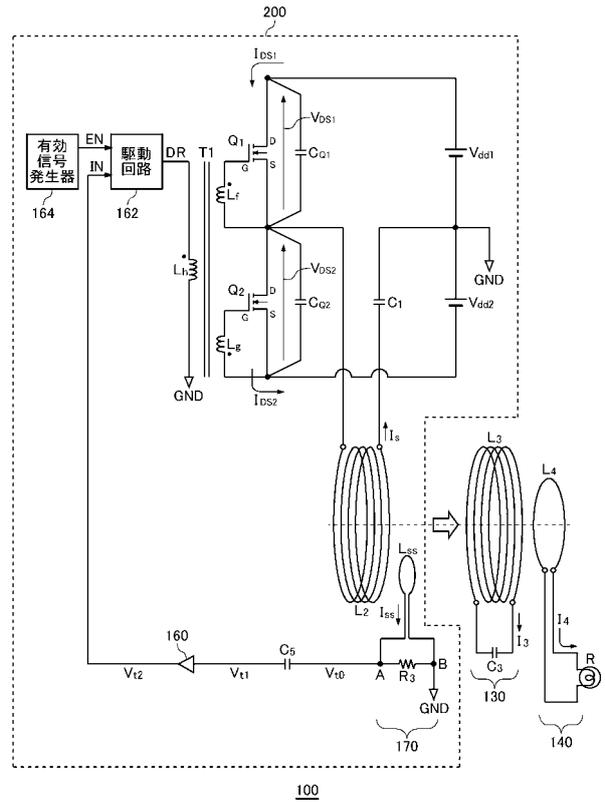
【 図 4 】



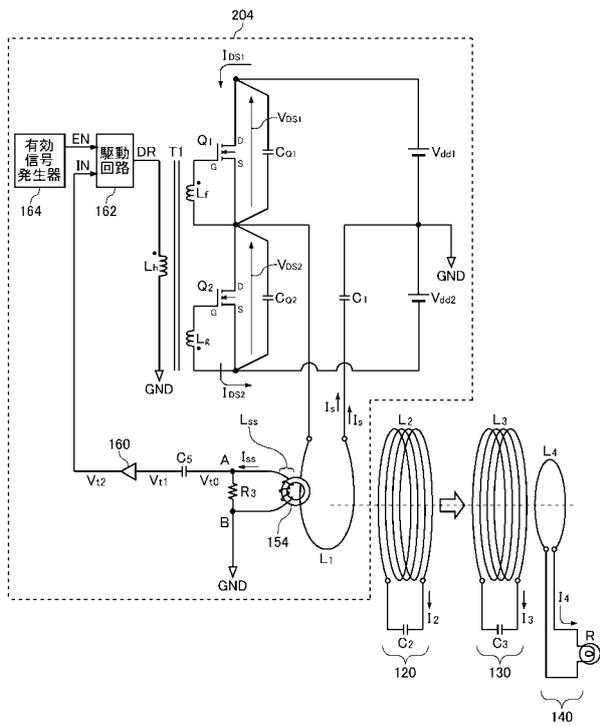
【図5】



【図6】

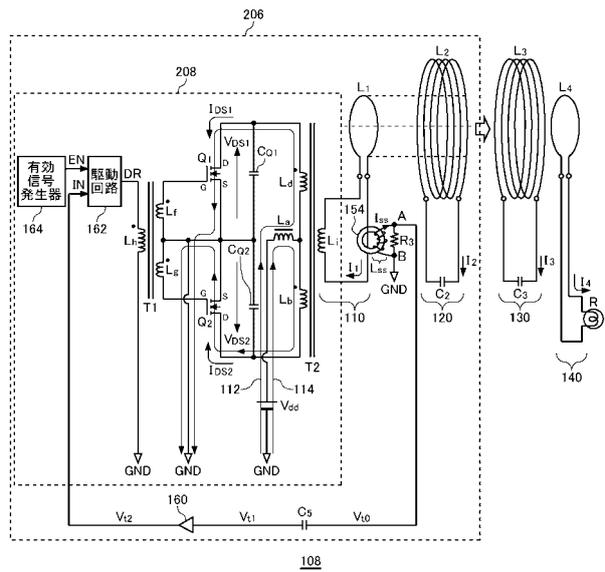


【図7】



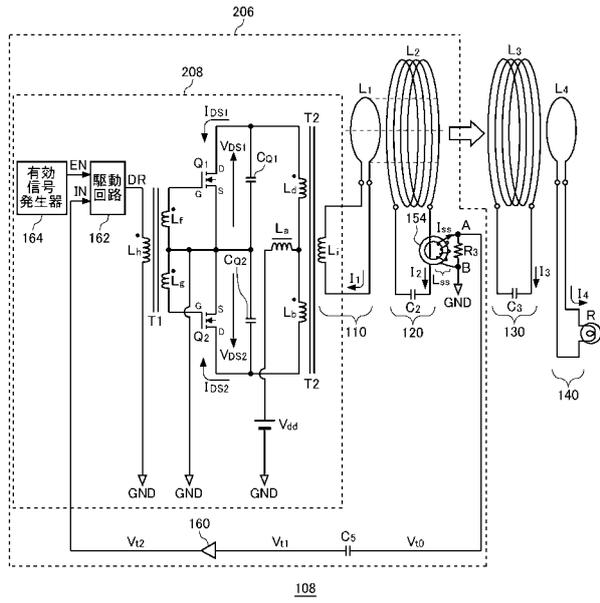
106

【図8】



108

【図9】



---

フロントページの続き

審査官 仲間 晃

(56)参考文献 国際公開第2009/111597(WO, A1)  
特開平09-182304(JP, A)  
国際公開第2009/039308(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H02J 17/00