

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5290228号
(P5290228)

(45) 発行日 平成25年9月18日(2013.9.18)

(24) 登録日 平成25年6月14日(2013.6.14)

(51) Int.Cl.

H02J 17/00 (2006.01)
B60L 11/18 (2006.01)

F 1

H02J 17/00
B60L 11/18B
C

請求項の数 17 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2010-78236 (P2010-78236)
 (22) 出願日 平成22年3月30日 (2010.3.30)
 (65) 公開番号 特開2011-211854 (P2011-211854A)
 (43) 公開日 平成23年10月20日 (2011.10.20)
 審査請求日 平成24年7月6日 (2012.7.6)

(73) 特許権者 000004695
 株式会社日本自動車部品総合研究所
 愛知県西尾市下羽角町岩谷14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 100064746
 弁理士 深見 久郎
 (74) 代理人 100085132
 弁理士 森田 俊雄
 (74) 代理人 100096781
 弁理士 堀井 豊
 (74) 代理人 100111246
 弁理士 荒川 伸夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電圧検出器、異常検出装置、非接触送電装置、非接触受電装置、非接触給電システムおよび車両

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対向配置された第1の共振コイルと、電磁共鳴によって非接触で電力の送電および受電の少なくともいずれかを行なう第2の共振コイルに発生する電圧を検出するための電圧検出器であって、

前記第2の共振コイルの一方端に、その一方端が接続される第1の高インピーダンス要素と、

前記第2の共振コイルの他方端に、その一方端が接続される第2の高インピーダンス要素と、

前記第1の高インピーダンス要素の他方端と、前記第2の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、前記第1および第2の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい、低インピーダンス要素と、

前記低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力するための出力端子とを備え、

前記第1の高インピーダンス要素は、第1のキャパシタを含み、

前記第2の高インピーダンス要素は、第2のキャパシタを含む、電圧検出器。

【請求項2】

前記第1および第2のキャパシタの各々は、

前記第2の共振コイルと接続するための電極と、

電界方向の長さが、前記電界方向と垂直な方向の前記電極の長さよりも大きい誘電体と

10

20

を含む、請求項1に記載の電圧検出器。

【請求項3】

前記誘電体の前記電界方向の長さは、前記第1および第2のキャパシタを前記第2の共振コイルに接続することによって発生する前記電圧検出器のインピーダンスが、前記第1の共振コイルと前記第2の共振コイルとの間の共鳴状態に影響を与えないほど十分に大きい予め定められた値より大きくなるような長さである、請求項2に記載の電圧検出器。

【請求項4】

前記第1および第2のキャパシタの各静電容量は、ほぼ等しい容量に設定される、請求項1に記載の電圧検出器。

【請求項5】

10

前記低インピーダンス要素は、絶縁トランスであり、

前記絶縁トランスは、

前記第1および第2の高インピーダンス要素の各々の他方端の間に接続される1次コイルと、

前記出力端子に接続される2次コイルと、

前記1次コイルおよび前記2次コイルが巻回されるトロイダルコアとを含む、請求項1に記載の電圧検出器。

【請求項6】

前記第2の共振コイルから発生する電磁場を遮蔽するためのシールドボックスをさらに備え、

20

前記絶縁トランスは、前記シールドボックス内に配置される、請求項5に記載の電圧検出器。

【請求項7】

前記第1および第2の高インピーダンス要素の各々は、

前記第2の共振コイルに接続するための電極を含み、

前記第1および第2の高インピーダンス要素、ならびに前記低インピーダンス要素は、前記電極の各々に対して接続されるインピーダンスが対称となるように配置される、請求項1に記載の電圧検出器。

【請求項8】

30

請求項1～7のいずれか1項に記載の電圧検出器と、

前記電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、前記第2の共振コイルの異常を判定するように構成された異常判定部とを備える、異常検出装置。

【請求項9】

前記異常判定部は、前記電圧に関連する信号が基準値より大きい場合に、前記第2の共振コイルが高温であると判定する、請求項8に記載の異常検出装置。

【請求項10】

前記異常判定部は、前記電圧に関連する信号と、前記第2の共振コイルに供給される給電電圧との比較に基づいて、前記第2の共振コイルの損失が増加しているか否かを判定する、請求項8に記載の異常検出装置。

【請求項11】

40

前記第2の共振コイルの異常が検出された場合に、操作者に対して警報を出力するための警報出力部をさらに備える、請求項8に記載の異常検出装置。

【請求項12】

電磁共鳴によって電源からの電力を受電装置へ非接触で伝達するための非接触送電装置であって、

前記受電装置と電磁共鳴を行なうための共振コイルと、

電磁誘導によって、前記電源からの電力を前記共振コイルに伝達するように構成された電磁誘導コイルと、

前記共振コイルに発生する電圧を検出するための電圧検出器と、

前記電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、前記共振コイルの異常

50

を検出するように構成された異常判定部とを備え、

前記電圧検出器は、

前記共振コイルの一方端に、その一方端が接続される第1の高インピーダンス要素と、前記共振コイルの他方端に、その一方端が接続される第2の高インピーダンス要素と、前記第1の高インピーダンス要素の他方端と、前記第2の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、前記第1および第2の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい、低インピーダンス要素と、

前記低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力するための出力端子とを含み、

前記第1の高インピーダンス要素は、第1のキャパシタを有し、

10

前記第2の高インピーダンス要素は、第2のキャパシタを有する、非接触送電装置。

【請求項13】

電磁共鳴によって送電装置からの電力を非接触で受電するための非接触受電装置であつて、

前記送電装置と電磁共鳴を行なうための共振コイルと、

電磁誘導によって、前記共振コイルで受電した電力を取出すように構成された電磁誘導コイルと、

前記共振コイルに発生する電圧を検出するための電圧検出器と、

前記電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、前記共振コイルの異常を検出するように構成された異常判定部とを備え、

20

前記電圧検出器は、

前記共振コイルの一方端に、その一方端が接続される第1の高インピーダンス要素と、前記共振コイルの他方端に、その一方端が接続される第2の高インピーダンス要素と、

前記第1の高インピーダンス要素の他方端と、前記第2の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、前記第1および第2の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい、低インピーダンス要素と、

前記低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力するための出力端子とを含み、

前記第1の高インピーダンス要素は、第1のキャパシタを有し、

30

前記第2の高インピーダンス要素は、第2のキャパシタを有する、非接触受電装置。

【請求項14】

電磁共鳴によって、電源からの電力を非接触で伝達するための非接触給電システムであつて、

前記電源からの電力を供給する送電装置と、

前記送電装置と対向する受電装置とを備え、

前記送電装置は、

前記受電装置と電磁共鳴を行なうための共振コイルと、

電磁誘導によって、前記電源からの電力を前記共振コイルに伝達するように構成された電磁誘導コイルと、

前記共振コイルに発生する電圧を検出するための電圧検出器と、

40

前記電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、前記共振コイルの異常を検出するように構成された異常判定部とを備え、

前記電圧検出器は、

前記共振コイルの一方端に、その一方端が接続される第1の高インピーダンス要素と、前記共振コイルの他方端に、その一方端が接続される第2の高インピーダンス要素と、

前記第1の高インピーダンス要素の他方端と、前記第2の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、前記第1および第2の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい、低インピーダンス要素と、

前記低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力するための出力端子とを含み、

50

前記第1の高インピーダンス要素は、第1のキャパシタを有し、

前記第2の高インピーダンス要素は、第2のキャパシタを有する、非接触給電システム

。

【請求項15】

電磁共鳴によって、電源からの電力を非接触で伝達するための非接触給電システムであつて、

前記電源からの電力を供給する送電装置と、

前記送電装置と対向する受電装置とを備え、

前記受電装置は、

前記送電装置と電磁共鳴を行なうための共振コイルと、

電磁誘導によって、前記共振コイルで受電した電力を取出すように構成された電磁誘導コイルと、

前記共振コイルに発生する電圧を検出するための電圧検出器と、

前記電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、前記共振コイルの異常を検出するように構成された異常判定部とを備え、

前記電圧検出器は、

前記共振コイルの一方端に、その一方端が接続される第1の高インピーダンス要素と、前記共振コイルの他方端に、その一方端が接続される第2の高インピーダンス要素と、前記第1の高インピーダンス要素の他方端と、前記第2の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、前記第1および第2の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい、低インピーダンス要素と、

前記低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力するための出力端子とを含み、

前記第1の高インピーダンス要素は、第1のキャパシタを有し、

前記第2の高インピーダンス要素は、第2のキャパシタを有する、非接触給電システム

。

【請求項16】

電磁共鳴によって、電源からの電力を非接触で伝達するための非接触給電システムであつて、

前記電源からの電力を供給する送電装置と、

前記送電装置と対向する受電装置とを備え、

前記受電装置は、

前記受電装置と電磁共鳴を行なうための第1の共振コイルと、

電磁誘導によって、前記電源からの電力を前記第1の共振コイルに伝達するように構成された第1の電磁誘導コイルと、

前記第1の共振コイルに発生する電圧を検出するための第1の電圧検出器と、

前記第1の電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、前記第1の共振コイルの異常を検出するように構成された第1の異常判定部とを含み、

前記第1の電圧検出器は、

前記第1の共振コイルの一方端に、その一方端が接続される第1の高インピーダンス要素と、

前記第1の共振コイルの他方端に、その一方端が接続される第2の高インピーダンス要素と、

前記第1の高インピーダンス要素の他方端と、前記第2の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、前記第1および第2の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい、第1の低インピーダンス要素と、

前記第1の低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力するための第1の出力端子とを含み、

前記第1の高インピーダンス要素は、第1のキャパシタを有し、

前記第2の高インピーダンス要素は、第2のキャパシタを有する、

10

20

30

40

50

前記受電装置は、

前記送電装置と電磁共鳴を行なうための第2の共振コイルと、

電磁誘導によって、前記第2の共振コイルで受電した電力を取出すように構成された第2の電磁誘導コイルと、

前記第2の共振コイルに発生する電圧を検出するための第2の電圧検出器と、

前記第2の電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、前記第2の共振コイルの異常を検出するように構成された第2の異常判定部とを含み、

前記第2の電圧検出器は、

前記第2の共振コイルの一方端に、その一方端が接続される第3の高インピーダンス要素と、

前記第2の共振コイルの他方端に、その一方端が接続される第4の高インピーダンス要素と、

前記第3の高インピーダンス要素の他方端と、前記第4の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、前記第3および第4の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい、第2の低インピーダンス要素と、

前記第2の低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力するための第2の出力端子とを含み、

前記第3の高インピーダンス要素は、第3のキャパシタを有し、

前記第4の高インピーダンス要素は、第4のキャパシタを有する、非接触給電システム
。

10

20

【請求項17】

車両であって、

電磁共鳴によって送電装置からの電力を非接触で受電するための非接触受電装置と、

前記非接触受電装置によって受電された電力を用いて充電が可能な蓄電装置と、

前記蓄電装置からの電力を用いて前記車両を走行するための駆動力を発生するための駆動装置とを備え、

前記非接触受電装置は、

前記送電装置と電磁共鳴を行なうための共振コイルと、

電磁誘導によって、前記共振コイルで受電した電力を取出すように構成された電磁誘導コイルと、

30

前記共振コイルに発生する電圧を検出するための電圧検出器と、

前記電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、前記共振コイルの異常を検出するように構成された異常判定部とを含み、

前記電圧検出器は、

前記共振コイルの一方端に、その一方端が接続される第1の高インピーダンス要素と、前記共振コイルの他方端に、その一方端が接続される第2の高インピーダンス要素と、

前記第1の高インピーダンス要素の他方端と、前記第2の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、前記第1および第2の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい、低インピーダンス要素と、

前記低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力するための出力端子とを含み、

40

前記第1の高インピーダンス要素は、第1のキャパシタを有し、

前記第2の高インピーダンス要素は、第2のキャパシタを有する、車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電圧検出器、異常検出装置、非接触送電装置、非接触受電装置、非接触給電システムおよび車両に関し、より特定的には、共鳴法による非接触給電に使用される共振コイルの異常検出に関する。

【背景技術】

50

【0002】

環境に配慮した車両として、電気自動車やハイブリッド車などの車両が大きく注目されている。これらの車両は、走行駆動力を発生する電動機と、その電動機に供給される電力を蓄える再充電可能な蓄電装置とを搭載する。なお、ハイブリッド車には、電動機とともに内燃機関をさらに動力源として搭載した車両や、車両駆動用の直流電源として蓄電装置とともに燃料電池をさらに搭載した車両等が含まれる。

【0003】

ハイブリッド車においても、電気自動車と同様に、車両外部の電源から車載の蓄電装置を充電可能な車両が知られている。たとえば、家屋に設けられた電源コンセントと車両に設けられた充電口とを充電ケーブルで接続することにより、一般家庭の電源から蓄電装置を充電可能ないわゆる「プラグイン・ハイブリッド車」が知られている。10

【0004】

一方、送電方法として、電源コードや送電ケーブルを用いないワイヤレス送電が近年注目されている。このワイヤレス送電技術としては、有力なものとして、電磁誘導を用いた送電、電磁波を用いた送電、および共鳴法による送電の3つの技術が知られている。

【0005】

このうち、共鳴法は、一対の共鳴器（たとえば一対の共振コイル）を電磁場（近接場）において共鳴させ、電磁場を介して送電する非接触の送電技術であり、数kWの大電力を比較的長距離（たとえば数m）送電することも可能である。そして、共鳴法においては、共振コイルには大電力が発生するため、発熱等によるシステムの故障の防止のために、共振コイルの異常検出をすることが望まれている。20

【0006】

特開平11-164497号公報（特許文献1）は、電磁誘導を用いた非接触給電装置において、ピックアップコイルの温度を温度センサによって検出し、検出温度が一定値を超える場合には、異常を認識して回路への電源供給を停止する技術を開示する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平11-164497号公報

【特許文献2】特開2009-106136号公報30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

共鳴法による非接触給電においては、送電装置と受電装置とに含まれる共振コイルを共鳴させることによって電力が伝達される。そして、電力の伝達効率を向上するためには、送電装置および受電装置の共振コイルにおけるQ値を大きくすることが必要となる。

【0009】

共振コイルの異常検出のために、サーミスタや熱電対などの接触型の温度センサを用いた場合、共振コイルに温度センサを接触させることによって、共振コイルと温度センサとの間の寄生容量を介して電流が流れるため共振のQ値が悪化してしまい、伝達効率を低下させるおそれがある。40

【0010】

また、光ファイバやレーザなどを用いた非接触での温度検出技術を採用することも可能であるが、このような温度センサは一般的に高価であり、コストアップの要因になり得る。

【0011】

本発明は、このような問題を解決するためになされたものであって、その目的は、共鳴法による非接触給電システムにおいて、共振コイルの共鳴状態への影響およびコストアップを抑制しつつ、共振コイルの異常を検出することである。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【0012】

本発明による電圧検出器は、対向配置された第1の共振コイルと、電磁共鳴によって非接触で電力の送電および受電の少なくともいずれかを行なう第2の共振コイルに発生する電圧を検出するための電圧検出器であり、第1および第2の高インピーダンス要素と、低インピーダンス要素と、出力端子とを備える。第1の高インピーダンス要素の一方端は、第2の共振コイルの一方端に接続される。第2の高インピーダンス要素の一方端は、第2の共振コイルの他方端に接続される。低インピーダンス要素は、第1の高インピーダンス要素の他方端と、第2の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、第1および第2の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい。そして、出力端子は、低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力する。

10

【0013】

好ましくは、第1の高インピーダンス要素は第1のキャパシタを含み、第2の高インピーダンス要素は第2のキャパシタを含む。

【0014】

好ましくは、第1および第2のキャパシタの各々は、第2の共振コイルと接続するための電極と、電界方向の長さが電界方向と垂直な方向の電極の長さよりも大きい誘電体とを含む。

【0015】

好ましくは、誘電体の電界方向の長さは、第1および第2のキャパシタを第2の共振コイルに接続することによって発生する電圧検出器のインピーダンスが、第1の共振コイルと第2の共振コイルとの間の共鳴状態に影響を与えないほど十分に大きい予め定められた値より大きくなるような長さである。

20

【0016】

好ましくは、第1および第2のキャパシタの各静電容量は、ほぼ等しい容量に設定される。

【0017】

好ましくは、低インピーダンス要素は絶縁トランスである。そして、絶縁トランスは、第1および第2の高インピーダンス要素の各々の他方端の間に接続される1次コイルと、出力端子に接続される2次コイルと、1次コイルおよび2次コイルが巻回されるトロイダルコアとを含む。

30

【0018】

好ましくは、電圧検出器は、第2の共振コイルから発生する電磁場を遮蔽するためのシールドボックスをさらに備える。そして、絶縁トランスは、シールドボックス内に配置される。

【0019】

好ましくは、第1および第2の高インピーダンス要素の各々は、第2の共振コイルと接続するための電極を含む。そして、第1および第2の高インピーダンス要素、ならびに低インピーダンス要素は、電極の各々に対して接続されるインピーダンスが対称となるように配置される。

【0020】

40

本発明による異常検出装置は、上記のいずれかの電圧検出器と、電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、第2の共振コイルの異常を判定するように構成された異常判定部とを備える。

【0021】

好ましくは、異常判定部は、電圧に関連する信号が基準値より大きい場合に、第2の共振コイルが高温であると判定する。

【0022】

好ましくは、異常判定部は、電圧に関連する信号と、第2の共振コイルに供給される給電電圧との比較に基づいて、第2の共振コイルの損失が増加しているか否かを判定する。

【0023】

50

好ましくは、異常検出装置は、第2の共振コイルの異常が検出された場合に、操作者に対して警報を出力するための警報出力部をさらに備える。

【0024】

本発明による非接触送電装置は、受電装置と電磁共鳴を行なうための共振コイルと、電磁誘導コイルと、電圧検出器と、異常判定部とを備え、電磁共鳴によって電源からの電力を受電装置へ非接触で伝達する。電磁誘導コイルは、電磁誘導によって、電源からの電力を共振コイルに伝達する。電圧検出器は、共振コイルに発生する電圧を検出する。異常判定部は、電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、共振コイルの異常を検出する。電圧検出器は、第1および第2の高インピーダンス要素と、低インピーダンス要素と、出力端子とを含む。第1の高インピーダンス要素の一方端は、共振コイルの一方端に接続される。第2の高インピーダンス要素の一方端は、共振コイルの他方端に接続される。低インピーダンス要素は、第1の高インピーダンス要素の他方端と、第2の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、第1および第2の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい。そして、出力端子は、低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力する。

10

【0025】

本発明による非接触受電装置は、送電装置と電磁共鳴を行なうための共振コイルと、電磁誘導コイルと、電圧検出器と、異常判定部とを備え、電磁共鳴によって送電装置からの電力を非接触で受電する。電磁誘導コイルは、電磁誘導によって、共振コイルで受電した電力を取出す。電圧検出器は、共振コイルに発生する電圧を検出する。異常判定部は、電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、共振コイルの異常を検出する。電圧検出器は、第1および第2の高インピーダンス要素と、低インピーダンス要素と、出力端子とを含む。第1の高インピーダンス要素の一方端は、共振コイルの一方端に接続される。第2の高インピーダンス要素の一方端は、共振コイルの他方端に接続される。低インピーダンス要素は、第1の高インピーダンス要素の他方端と、第2の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、第1および第2の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい。そして、出力端子は、低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力する。

20

【0026】

本発明による非接触給電システムは、電源からの電力を供給する送電装置と、送電装置と対向する受電装置とを備え、電磁共鳴によって電源からの電力を非接触で伝達する。送電装置は、受電装置と電磁共鳴を行なうための共振コイルと、電磁誘導コイルと、電圧検出器と、異常判定部とを含む。電磁誘導コイルは、電磁誘導によって、電源からの電力を共振コイルに伝達する。電圧検出器は、共振コイルに発生する電圧を検出する。異常判定部は、電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、共振コイルの異常を検出する。電圧検出器は、第1および第2の高インピーダンス要素と、低インピーダンス要素と、出力端子とを含む。第1の高インピーダンス要素の一方端は、共振コイルの一方端に接続される。第2の高インピーダンス要素の一方端は、共振コイルの他方端に接続される。低インピーダンス要素は、第1の高インピーダンス要素の他方端と、第2の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、第1および第2の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい。そして、出力端子は、低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力する。

30

【0027】

本発明による非接触給電システムは、電源からの電力を供給する送電装置と、送電装置と対向する受電装置とを備え、電磁共鳴によって電源からの電力を非接触で伝達する。受電装置は、送電装置と電磁共鳴を行なうための共振コイルと、電磁誘導コイルと、電圧検出器と、異常判定部とを含む。電磁誘導コイルは、電磁誘導によって、共振コイルで受電した電力を取出す。電圧検出器は、共振コイルに発生する電圧を検出する。異常判定部は、電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、共振コイルの異常を検出する。電圧検出器は、第1および第2の高インピーダンス要素と、低インピーダンス要素と

40

50

、出力端子とを含む。第1の高インピーダンス要素の一方端は、共振コイルの一方端に接続される。第2の高インピーダンス要素の一方端は、共振コイルの他方端に接続される。低インピーダンス要素は、第1の高インピーダンス要素の他方端と、第2の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、第1および第2の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい。そして、出力端子は、低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力する。

【0028】

本発明による非接触給電システムは、電源からの電力を供給する送電装置と、送電装置と対向する受電装置とを備え、電磁共鳴によって電源からの電力を非接触で伝達する。送電装置は、受電装置と電磁共鳴を行なうための第1の共振コイルと、第1の電磁誘導コイルと、第1の電圧検出器と、第1の異常判定部とを含む。第1の電磁誘導コイルは、電磁誘導によって、電源からの電力を第1の共振コイルに伝達する。第1の電圧検出器は、第1の共振コイルに発生する電圧を検出する。第1の異常判定部は、第1の電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、第1の共振コイルの異常を検出する。第1の電圧検出器は、第1および第2の高インピーダンス要素と、第1の低インピーダンス要素と、第1の出力端子とを含む。第1の高インピーダンス要素の一方端は、第1の共振コイルの一方端に接続される。第2の高インピーダンス要素の一方端は、第1の共振コイルの他方端に接続される。第1の低インピーダンス要素は、第1の高インピーダンス要素の他方端と、第2の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、第1および第2の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい。そして、第1の出力端子は、低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力する。受電装置は、送電装置と電磁共鳴を行なうための第2の共振コイルと、第2の電磁誘導コイルと、第2の電圧検出器と、第2の異常判定部とを含む。第2の電磁誘導コイルは、電磁誘導によって、第2の共振コイルで受電した電力を取出す。第2の電圧検出器は、第2の共振コイルに発生する電圧を検出する。第2の異常判定部は、電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、第2の共振コイルの異常を検出する。第2の電圧検出器は、第3および第4の高インピーダンス要素と、第2の低インピーダンス要素と、第2の出力端子とを含む。第3の高インピーダンス要素の一方端は、第2の共振コイルの一方端に接続される。第4の高インピーダンス要素の一方端は、第2の共振コイルの他方端に接続される。第2の低インピーダンス要素は、第3の高インピーダンス要素の他方端と、第4の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、第3および第4の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい。そして、第2の出力端子は、第2の低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力する。

【0029】

本発明による車両は、非接触受電装置と、蓄電装置と、駆動装置とを備える。非接触受電装置は、電磁共鳴によって送電装置からの電力を非接触で受電する。蓄電装置は、非接触受電装置によって受電された電力を用いて充電が可能である。駆動装置は、蓄電装置からの電力を用いて車両を走行するための駆動力を発生する。非接触受電装置は、送電装置と電磁共鳴を行なうための共振コイルと、電磁誘導コイルと、電圧検出器と、異常判定部とを含む。電磁誘導コイルは、電磁誘導によって、共振コイルで受電した電力を取出す。電圧検出器は、共振コイルに発生する電圧を検出する。異常判定部は、電圧検出器から出力される電圧に関連する信号に基づいて、共振コイルの異常を検出する。電圧検出器は、第1および第2の高インピーダンス要素と、低インピーダンス要素と、出力端子とを含む。第1の高インピーダンス要素の一方端は、共振コイルの一方端に接続される。第2の高インピーダンス要素の一方端は、共振コイルの他方端に接続される。低インピーダンス要素は、第1の高インピーダンス要素の他方端と、第2の高インピーダンス要素の他方端との間に接続され、第1および第2の高インピーダンス要素の各々よりもインピーダンスが小さい。そして、出力端子は、低インピーダンス要素の両端にかかる電圧に関連する信号を出力する。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

【0030】

本発明によれば、共鳴法による非接触給電システムにおいて、共振コイルの共鳴状態への影響およびコストアップを抑制しつつ、共振コイルの異常を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明の実施の形態に従う非接触給電システムの全体構成図である。

【図2】共鳴法による送電の原理を説明するための図である。

【図3】電流源（磁流源）からの距離と電磁界の強度との関係を示した図である。

【図4】コイルユニットの概略図である。

【図5】本実施の形態における共振コイルの異常検出のための構成を説明するための図である。 10

【図6】本実施の形態に従う電圧検出器の概略図である。

【図7】本実施の形態における共振コイルの異常検出制御を説明するための機能ブロック図である。

【図8】共振コイルの異常検出回路の一例を示す図である。

【図9】本実施の形態における共振コイルの異常検出制御処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0032】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。 20

【0033】

図1は、本発明の実施の形態に従う非接触給電システムの全体構成図である。図1を参照して、非接触給電システムは、車両100と、給電装置200とを備える。

【0034】

車両100は、二次共振コイル110と、二次電磁誘導コイル120と、整流器130と、DC/DCコンバータ140と、蓄電装置150と、パワーコントロールユニット（以下「PCU（Power Control Unit）」とも称する。）160と、モータ170と、車両ECU（Electronic Control Unit）180と、電圧検出器190と、警告装置195と、温度センサ196とを含む。 30

【0035】

なお、車両100の構成は、モータにより駆動される車両であれば、図1に示される構成に限らない。たとえば、車両100は、モータと内燃機関とを備えるハイブリッド車両や、燃料電池を備える燃料電池自動車、電気自動車などを含む。

【0036】

二次共振コイル110は、たとえば車体下部に設置される。二次共振コイル110は、両端がオープン（非接続）のLC共振コイルであり、給電装置200の一次共振コイル240と電磁場を介して共鳴することにより給電装置200から電力を受電する。なお、二次共振コイル110の容量成分は、コイルの寄生容量であるが、所定の静電容量を得るために別途キャパシタ（図示せず）をコイルの両端に接続してもよい。 40

【0037】

二次共振コイル110は、給電装置200の一次共振コイル240との距離や、一次共振コイル240および二次共振コイル110の共鳴周波数等に基づいて、一次共振コイル240と二次共振コイル110との共鳴強度を示すQ値（たとえば、 $Q > 100$ ）およびその結合度を示す等が大きくなるようにその巻数が適宜設定される。

【0038】

二次電磁誘導コイル120は、二次共振コイル110と同軸上に設置され、電磁誘導により二次共振コイル110と磁気的に結合可能である。この二次電磁誘導コイル120は、二次共振コイル110により受電された電力を電磁誘導により取出して整流器130へ出力する。 50

【0039】

整流器130は、二次電磁誘導コイル120によって取出された交流電力を整流して直流電力をDC/DCコンバータ140へ出力する。DC/DCコンバータ140は、車両ECU180からの制御信号に基づいて、整流器130によって整流された電力を蓄電装置150の電圧レベルになるように変換して蓄電装置150へ出力する。なお、車両を走行しながら給電装置200から受電する場合には、DC/DCコンバータ140は、整流器130によって整流された電力をシステム電圧に変換してPCU160へ直接供給してもよい。また、DC/DCコンバータ140は、必ずしも必要ではなく、二次電磁誘導コイル120によって取出された交流電力が整流器130によって整流された後に蓄電装置150に直接与えられるようにしてもよい。

10

【0040】

蓄電装置150は、再充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を含んで構成される。蓄電装置150は、DC/DCコンバータ140から供給される電力を蓄えるほか、モータ170によって発電される回生電力も蓄える。そして、蓄電装置150は、その蓄えた電力をPCU160へ供給する。なお、蓄電装置150として大容量のキャパシタも採用可能であり、給電装置200から供給される電力やモータ170からの回生電力を一時的に蓄え、その蓄えた電力をPCU160へ供給可能な電力バッファであれば如何なるものでもよい。

【0041】

PCU160は、蓄電装置150から出力される電力、あるいはDC/DCコンバータ140から直接供給される電力によってモータ170を駆動する。また、PCU160は、モータ170により発電された回生電力（交流電力）を直流電力に変換して蓄電装置150へ出力し、蓄電装置150を充電する。モータ170は、PCU160によって駆動され、車両走行のための駆動力を発生して駆動輪へ出力する。また、モータ170は、駆動輪や、ハイブリッド車両の場合には図示されないエンジンから受ける運動エネルギーによって発電し、その発電した回生電力をPCU160へ出力する。

20

【0042】

電圧検出器190は、二次共振コイル110に接続される。電圧検出器190は、二次共振コイル110に発生する電圧を検出し、その検出値を車両ECU180に出力する。電圧検出器190の詳細な構成は図6で後述する。

30

【0043】

車両ECU180は、いずれも図1には図示しないがCPU(Central Processing Unit)、記憶装置および入出力バッファを含み、各センサ等からの信号の受信や各機器への制御信号の出力を行なうとともに、車両100および各機器の制御を行なう。また、車両ECU180は、後述する給電装置200内の送電ECU260と無線などにより通信できるように構成される。なお、これらの制御については、ソフトウェアによる処理に限られず、専用のハードウェア（電子回路）で処理することも可能である。なお、図1においては、車両ECU180が、車両100の走行制御、および給電装置200からの電力の受電制御の両方を行なう構成としているが、制御装置の構成はこれに限定されない。すなわち、車両100が、機器ごとあるいは機能ごとに対応した個別の制御装置を備える構成とすることもできる。たとえば、受電制御を主として行なうための受電ECUを備える構成としてもよい。

40

【0044】

車両ECU180は、給電装置200から車両100への給電時、DC/DCコンバータ140を制御する。車両ECU180は、たとえば、DC/DCコンバータ140を制御することによって、整流器130とDC/DCコンバータ140との間の電圧を所定の目標電圧に制御する。また、車両ECU180は、車両の走行時は、車両の走行状況や蓄電装置150の充電状態（「SOC(State Of Charge)」とも称される。）に基づいてPCU160を制御する。

【0045】

50

また、車両 ECU180 は、電圧検出器 190 で検出された二次共振コイル 110 の電圧を受ける。車両 ECU180 は、この検出電圧に基づいて二次共振コイル 110 の異常の有無を判断する。そして、車両 ECU180 は、警告装置 195 に対して、二次共振コイル 110 の異常の有無を示す制御信号を出力する。

【0046】

車両 ECU180 は、二次共振コイル 110 に異常があると判断した場合には、たとえば、通信によって給電電力の制限や給電を停止するような指示を給電装置 200 に対して出力する。車両 ECU180 は、それに代えて、または、それに加えて、DC/DC コンバータ 140 を停止したり、二次共振コイル 110 に設置された図示しないインピーダンス調整器によって二次共振コイルの共振周波数を変更したりすることによって、受電動作を停止する。

【0047】

警告装置 195 は、車両 ECU180 からの制御信号に基づいて、二次共振コイル 110 の異常の有無を操作者に通知する。警告装置 195 としては、たとえば、ブザーやチャイムなどのように聴覚的に異常の有無を通知するものや、ランプや表示灯、液晶表示器などのように視覚的に異常の有無を通知するものなどが含まれる。

【0048】

温度センサ 196 は、車両外部の外気温を検出し、その検出結果を車両 ECU180 へ出力する。

【0049】

一方、給電装置 200 は、交流電源 210 と、高周波電力ドライバ 220 と、一次電磁誘導コイル 230 と、一次共振コイル 240 と、電圧検出器 250 と、送電 ECU260 と、警告装置 270 とを含む。

【0050】

交流電源 210 は、車両外部の電源であり、たとえば商用電源である。高周波電力ドライバ 220 は、交流電源 210 から受ける電力を高周波の電力に変換し、その変換した高周波電力を一次電磁誘導コイル 230 へ供給する。なお、高周波電力ドライバ 220 が生成する高周波電力の周波数は、たとえば 1MHz ~ 数十MHz である。

【0051】

一次電磁誘導コイル 230 は、一次共振コイル 240 と同軸上に設置され、電磁誘導により一次共振コイル 240 と磁気的に結合可能である。そして、一次電磁誘導コイル 230 は、高周波電力ドライバ 220 から供給される高周波電力を電磁誘導により一次共振コイル 240 へ給電する。

【0052】

一次共振コイル 240 は、たとえば地面近傍に設置される。一次共振コイル 240 は、二次共振コイル 110 と同様に、両端がオープン（非接続）の LC 共振コイルであり、車両 100 の二次共振コイル 110 と電磁場を介して共鳴することにより車両 100 へ電力を送電する。なお、一次共振コイル 240 の容量成分も、コイルの寄生容量であるが、二次共振コイル 110 と同様に別途キャパシタ（図示せず）をコイルの両端に接続してもよい。

【0053】

この一次共振コイル 240 も、車両 100 の二次共振コイル 110 との距離や、一次共振コイル 240 および二次共振コイル 110 の共鳴周波数等に基づいて、Q 値（たとえば、 $Q > 100$ ）および結合度 等が大きくなるようにその巻数が適宜設定される。

【0054】

電圧検出器 250 は、一次共振コイル 240 に接続される。電圧検出器 250 は、一次共振コイル 240 に発生する電圧を検出し、その検出値を送電 ECU260 に出力する。電圧検出器 250 の詳細な構成は図 6 で後述する。

【0055】

送電 ECU260 は、いずれも図 1 には図示しないが CPU (Central Processing U

10

20

30

40

50

nit)、記憶装置および入出力バッファを含み、給電装置200の制御を行なう。また、送電ECU260は、車両100の車両ECU180と無線などにより通信できるよう構成される。なお、これらの制御については、ソフトウェアによる処理に限られず、専用のハードウェア(電子回路)で処理することも可能である。

【0056】

送電ECU260は、車両100の種類や充電状態などに基づいて、高周波電力ドライバ220から車両100への給電電力を制御する。

【0057】

また、送電ECU260は、電圧検出器250で検出された一次共振コイル240の電圧を受ける。送電ECU260は、この検出電圧に基づいて一次共振コイル240の異常の有無を判断する。そして、送電ECU260は、警告装置270に対して、一次共振コイル240の異常の有無を示す制御信号を出力する。

【0058】

送電ECU260は、一次共振コイル240に異常があると判断した場合には、たとえば高周波電力ドライバ220を制御して、給電電力の制限や給電停止を行なう。

【0059】

警告装置270は、送電ECU260からの制御信号に基づいて、一次共振コイル240の異常の有無を操作者に通知するための装置である。警告装置270としては、たとえば、ブザーやチャイムなどのように聴覚的に異常の有無を通知するものや、ランプや表示灯、液晶表示器などのように視覚的に異常の有無を通知するものなどが含まれる。

【0060】

温度センサ280は、外気温を検出し、その検出結果を送電ECU260へ出力する。

なお、図1の非接触給電システムにおいては、共振コイルの電圧を検出するための電圧センサ、および共振コイルの異常を通知するための警告装置が、車両100および給電装置200の両方に備えられる構成が示されているが、車両100および給電装置200のいずれか一方のみに電圧センサおよび警告装置が設けられる構成としてもよい。

【0061】

図2は、共鳴法による送電の原理を説明するための図である。図2を参照して、この共鳴法では、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共振コイルが電磁場(近接場)におい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電磁場を介して電力が伝送される。

【0062】

具体的には、高周波電源310に一次電磁誘導コイル320を接続し、電磁誘導により一次電磁誘導コイル320と磁気的に結合される一次共振コイル330へ、1M~数十MHzの高周波電力を給電する。一次共振コイル330は、コイル自身のインダクタンスと寄生容量(コイルにキャパシタが接続される場合には、キャパシタの容量を含む)によるLC共振器であり、一次共振コイル330と同じ共振周波数を有する二次共振コイル340と電磁場(近接場)を介して共鳴する。そうすると、一次共振コイル330から二次共振コイル340へ電磁場を介してエネルギー(電力)が移動する。二次共振コイル340へ移動したエネルギー(電力)は、電磁誘導により二次共振コイル340と磁気的に結合される二次電磁誘導コイル350によって取出され、負荷360へ供給される。なお、共鳴法による送電は、一次共振コイル330と二次共振コイル340との共鳴強度を示すQ値がたとえば100よりも大きいときに実現される。

【0063】

なお、図1との対応関係について説明すると、図1の交流電源210および高周波電力ドライバ220は、図2の高周波電源310に相当する。また、図1の一次電磁誘導コイル230および一次共振コイル240は、それぞれ図2の一次電磁誘導コイル320および一次共振コイル330に相当し、図1の二次共振コイル110および二次電磁誘導コイル120は、それぞれ図2の二次共振コイル340および二次電磁誘導コイル350に相当する。そして、図1の整流器130からモータ170までが負荷360として総括的に

10

20

30

40

50

示されている。

【0064】

図3は、電流源（磁流源）からの距離と電磁界の強度との関係を示した図である。図3を参照して、電磁界は3つの成分から成る。曲線k1は、波源からの距離に反比例した成分であり、「輻射電磁界」と称される。曲線k2は、波源からの距離の2乗に反比例した成分であり、「誘導電磁界」と称される。また、曲線k3は、波源からの距離の3乗に反比例した成分であり、「静電磁界」と称される。

【0065】

「静電磁界」は、波源からの距離とともに急激に電磁界の強度が減少する領域であり、共鳴法では、この「静電磁界」が支配的な近接場（エバネッセント場）を利用してエネルギー（電力）の伝送が行なわれる。すなわち、「静電磁界」が支配的な近接場において、同じ固有振動数を有する一対の共鳴器（たとえば一対のLC共振コイル）を共鳴させることにより、一方の共鳴器（一次共振コイル）から他方の共鳴器（二次共振コイル）へエネルギー（電力）を伝送する。この「静電磁界」は遠方にエネルギーを伝播しないので、遠方までエネルギーを伝播する「輻射電磁界」によってエネルギー（電力）を伝送する電磁界に比べて、共鳴法は、より少ないエネルギー損失で送電することができる。

【0066】

図4は、本実施の形態におけるコイルユニット400の一例の概略図が示される。図4を参照して、コイルユニット400は、電磁誘導コイル410と、共振コイル420と、ボビン430と、キャパシタ440とを含む。

【0067】

電磁誘導コイル410は、図1における、一次電磁誘導コイル230および二次電磁誘導コイル120に対応する。また、共振コイル420は、図1における、一次共振コイル240および二次共振コイル110に対応する。

【0068】

電磁誘導コイル410は、コイル材が円筒状で絶縁性のボビン430周囲に巻回される。そして、共振コイル420と同軸上に配置される。電磁誘導コイル410の両端は、コイルユニット400を収納するコイルケース（図示しない）の外部に引き出されて外部電源もしくは負荷に接続される。そして、電磁誘導コイル410は、電磁誘導により、共振コイル420と電力の送電または受電を行なう。

【0069】

共振コイル420は、ボビン430周囲にコイル材が巻回されるように装着される。そして、共振コイル420のコイル両端は、ボビン430の内部に設置されたキャパシタ440に接続されることにより、LC共振回路を構成する。なお、キャパシタ440は必ずしも必要ではなく、共振コイル420の寄生容量により所望の容量成分が実現される場合には、共振コイル420の両端は非接続（オープン）とされる。

【0070】

そして、共振コイル420は、対向する他の共振コイルと電磁共鳴することにより電力を転送する。また、共振コイル420は、電磁誘導によって、電磁誘導コイル410との電力を受け渡しが行なわれる。

【0071】

上述のように、共鳴法を用いた電力伝達は、電磁誘導を用いた場合と比べて大きな電力（たとえば、数kW）を非接触でより遠方に伝達することができる。しかしながら、共振コイルにはこのような大電力が発生するため、共振コイルの発熱等に起因するシステム故障が発生するおそれがある。そのため、このような故障の防止のために、共振コイルの異常検出をすること必要とされる。

【0072】

一般的に、コイルの温度を検出する場合、たとえば、サーミスタや熱電対などの接觸式の温度センサを用いて直接コイルの温度を検出する方法が採用される場合がある。しかしながら、共鳴法においては、このような温度センサを共振コイルに接觸させて、ま

10

20

30

40

50

たは共振コイルの近傍に配置すると、共振コイルと温度センサ間との寄生容量によって共振コイルの共鳴周波数が変わってしまったり、この寄生容量によって温度センサに電流が流れることによりQ値を悪化させてしまったりするなど、共鳴状態に影響をおよぼすおそれがある。

【0073】

また、光ファイバやレーザを用いた非接触式の温度センサも一般的に知られており、このような温度センサを採用することも可能である。しかしながら、これらのセンサは比較的高価であるので、コストアップにつながる可能性がある。

【0074】

そのため、本実施の形態においては、共鳴状態への影響の少ない電圧検出器を用いて共振コイルにかかる電圧を検出し、その検出電圧に基づいて共振コイルの異常を判定する手法を採用する。以下、詳細について説明する。

【0075】

図5は、本実施の形態における共振コイルの異常検出のための概要を説明するための図である。なお、図1と重複する要素の説明は繰り返さない。

【0076】

図5を参照して、図1の交流電源210および高周波電力ドライバ220に対応する高周波電源205は一次電磁誘導コイル230に接続される。

【0077】

一次共振コイル240の両端には、共振周波数を調整するためのキャパシタ245が必要に応じて接続される。

【0078】

電圧検出器250は、キャパシタ245の両端に接続され、キャパシタ245にかかる電圧、すなわち一次共振コイル240にかかる電圧を検出する。そして、電圧検出器250は、一次共振コイル240にかかる電圧に関連する信号VC1を送電ECU260へ出力する。

【0079】

送電ECU260は、上述の信号VC1と基準電圧とを比較することによって、後述するように一次共振コイル240の温度が許容温度より大きくなっているか否かを判定する。また、送電ECU260は、上記の信号VC1と、高周波電源205により供給される送電電圧に関連する信号VSとを比較することによって、一次共振コイル240と二次共振コイル110との間のQ値が低下しているか否かを判定する。そして、送電ECU260は、これらの異常の少なくともいずれか一方が発生していると判断した場合は、異常信号ALM1を警告装置270へ出力して操作者へ異常の発生を通知する。

【0080】

一方、車両100側の二次共振コイル110の両端には、共振周波数を調整するためのキャパシタ115が必要に応じて接続される。

【0081】

電圧検出器190は、キャパシタ115の両端に接続され、キャパシタ115にかかる電圧、すなわち二次共振コイル110にかかる電圧を検出する。そして、電圧検出器190は、二次共振コイル110にかかる電圧に関連する信号VC2を車両ECU180へ出力する。

【0082】

車両ECU180は、上述の信号VC2と基準電圧とを比較することによって、二次共振コイル110の温度が許容温度より大きくなっているか否かを判定する。また、車両ECU180は、上記の信号VC2と、送電ECU260から伝送される送電電圧に関連する信号VSとを比較することによって、一次共振コイル240と二次共振コイル110との間のQ値が低下しているか否かを判定する。そして、車両ECU180は、これらの異常の少なくともいずれか一方が発生していると判断した場合は、異常信号ALM2を警告装置195へ出力して操作者へ異常の発生を通知する。

10

20

30

40

50

【0083】

次に、電圧検出器190, 250の詳細な構成について説明する。

図6は、本実施の形態に従う電圧検出器190, 250の概略図である。なお、図6においては、車両100側の電圧検出器190を例として説明するが、給電装置200側の電圧検出器250についても、基本的な構成は以下の電圧検出器190の説明と同様であるため、その説明は繰り返さない。

【0084】

図5および図6を参照して、電圧検出器190は、キャパシタ510, 520と、絶縁トランス550と、出力端子の一例である同軸コネクタ560と、絶縁トランス550を収納するシールドケース540とを備える。

10

【0085】

キャパシタ510, 520の各一方端は、二次共振コイル110の両端にそれぞれ接続される。二次共振コイル110が、図5のように、共鳴周波数の調整用のキャパシタ115に接続されている場合には、キャパシタ510, 520は、キャパシタ115の両端にそれぞれ接続される。また、キャパシタ510, 520の各他方端は、絶縁トランス550の一次側（入力側）に接続される。

【0086】

キャパシタ510は、二次共振コイル110と接続するための電極511と、絶縁トランス550と接続するための電極512と、電極511, 512の間に設けられた誘電体513とを含む。キャパシタ520も同様に、二次共振コイル110と接続するための電極521と、絶縁トランス550と接続するための電極522と、電極521, 522の間に設けられた誘電体523とを含む。

20

【0087】

キャパシタ510, 520は、二次共振コイル110に発生する高電圧を分圧し、絶縁トランス550にかかる電圧を低減するためのアッテネータとして機能する。そのため、キャパシタ510, 520の静電容量は、絶縁トランス550の耐電圧を低減するとともに電圧変化が検出できる程度の電圧になる範囲で、十分小さくする（すなわち、高インピーダンスとする）ことが好適である。

【0088】

なお、絶縁トランス550全体のインピーダンスは、キャパシタ510, 520のインピーダンスと比較して小さく設定されるが、キャパシタ510, 520のインピーダンスに対する絶縁トランス550全体のインピーダンスは、出力端子である同軸コネクタ560に接続される後続の電子回路のために必要とされる減衰比に基づいて設定される。

30

【0089】

また、キャパシタ510, 520は、誘電体513, 523の電界方向の長さ（すなわち、電極間の距離）が、各電極の幅（すなわち、電極の上記の電界方向に垂直な長さ）よりも長くなるように形成されることが好ましい。言い換えれば、各電極の面積が小さく、誘電体の長さが長い、細長い形状とされることが好ましい。これは、電圧検出器190の絶縁トランス550と、二次共振コイル110との間の距離をできるだけ大きくすることで、キャパシタ510, 520が二次共振コイル110に接続されることによって、キャパシタ510, 520および絶縁トランス550の接続点とシールドボックス540間に発生する寄生容量、ならびに、二次共振コイル110の両端とシールドボックス540との間に発生する寄生容量をできるだけ小さく（すなわち、インピーダンスを高く）し、二次共振コイル110のQ値への影響を低減するためである。さらに、誘電体513, 523の表面に沿って放電する沿面放電を防止する効果もある。

40

【0090】

キャパシタ510, 520の絶縁トランス550側の電極512, 522は、端子板530に固定される。端子板530は、絶縁体であり、後述する、絶縁トランス550を収納するシールドケース540の一部を形成する。あるいは、端子板530は、二次共振コイル110からの電磁場の影響を抑制するために電磁遮蔽材とすることもできるが、その

50

場合は、電極 512, 522 間の短絡を防止するために、高抵抗率かつ高透磁率を有する材料とすることが好適である。

【0091】

絶縁トランス 550 は、一次コイル 551 と、二次コイル 552 と、トロイダルコア 553 とを含む。

【0092】

一次コイル 551 は、トロイダルコア 553 に巻回されるとともに、その両端がキャパシタ 510, 520 の電極 512, 522 にそれぞれ接続される。二次コイル 552 は、トロイダルコア 553 に巻回されるとともに、その両端が、シールドケース 540 に固定された出力端子である同軸コネクタ 560 の各端子にそれぞれ接続される。このような構成とすることによって、同軸コネクタ 560 と、二次共振コイル 110 とが電気的に絶縁される。また、必要に応じて一次コイル 551 と二次コイル 552 との巻数比を変更することによって、一次コイル 551 に入力される入力電圧を所望の電圧に変換するようにしてもよい。

10

【0093】

なお、電圧検出器 190 を構成する各要素は、図 6 のように、二次共振コイル 110 に接続される電極 511, 521 に対して、寄生容量が対称となるように配置されることが好ましい。すなわち、キャパシタ 510, 520 および絶縁トランス 550 の接続点とシールドボックス 540 間に発生する寄生容量が対称となるとともに、二次共振コイル 110 の両端とシールドボックス 540 との間に発生する寄生容量が対称となるように各要素が配置される。このようにすることによって、平衡した差動電圧を出力することが可能となるので、車両 ECU 180 における処理を簡素化できるという効果が得られる。そのため、キャパシタ 510, 520 の静電容量は、ほぼ等しい容量値に設計することが好ましい。

20

【0094】

また、電圧検出器 190 を構成する各要素は、二次共振コイル 110 から発生する電磁場の影響を抑制するために、シールドケース 540 内に収納される。

【0095】

同軸コネクタ 560 は、同軸ケーブル（図示せず）によって車両 ECU 180 と接続され、二次コイル 552 で検出された、二次共振コイル 110 にかかる電圧に関する信号を車両 ECU 180 へ出力する。

30

【0096】

なお、電圧検出器 190 としては、二次共振コイル 110 にかかる電圧を分圧する機能（キャパシタ 510, 520 に相当）と、二次共振コイル 110 と車両 ECU 180 とを電気的に絶縁する機能（絶縁トランスに相当）を有する構成であれば、基本的にはどのような構成であってもよい。

【0097】

たとえば、キャパシタ 510, 520 に代えて、高抵抗で長さの長いケーブルを用いることによって分圧することも可能である。しかしながら、このような構成の場合、二次共振コイル 110 に直列に接続された抵抗成分の増加やインダクタンスの増加、さらに長いケーブルによってケーブルと二次共振コイル 110 との間の寄生容量の増加によって、二次共振コイル 110 の共鳴状態に影響をおよぼしたり、抵抗成分による発熱に対する対策のために検出器の体格を大きくすることが必要となったりする可能性がある。また、降圧比の大きいトランスを直接二次共振コイル 110 に接続する構成も考えられるが、このような場合には、電圧検出回路全体の入力インピーダンスを下げにくいため、トランスの巻線間での部分放電の発生を抑制する場合があり、これらへの対策等が別途必要となるおそれがある。

40

【0098】

そのため、図 6 で説明したような電圧検出器の構成とすることによって、電圧の測定対象である共振コイルの共鳴状態への影響を低減することができる。また、キャパシタを用

50

いることによって、発熱を抑制しつつ電圧を低下させることができるので、電圧検出器自体の小型化を実現してコストアップを抑制することが可能となる。また、電圧検出回路の寄生容量が低減されるので、電圧検出回路のコモンモードノイズおよびノーマルモードノイズを低減することが可能になる。

【0099】

次に、この電圧検出器を用いた共振コイルの異常検出について説明する。

図7は、本実施の形態における共振コイルの異常検出制御を説明するための機能ブロック図である。図7で説明される機能ブロック図に記載された各機能ブロックは、車両ECU180および送電ECU260において、ハードウェア的あるいはソフトウェア的な処理によって実現される。なお、図7および以降で説明する図8、図9においては、車両100側の車両ECU180における制御を例として説明するが、給電装置200側の送電ECU260についても基本的には同様の構成とすることが可能であり、その説明は繰り返さない。

【0100】

図5および図7を参照して、車両ECU180は、電圧検出部600と、基準電圧設定部610と、異常判定部620と、警報出力部630と、指令生成部640とを含む。

【0101】

電圧検出部600は、電圧検出器190によって検出された二次共振コイル110にかかる電圧に対応する電圧を示す信号VC2（交流信号）、および、給電装置200から受けた給電装置200からの送電電圧に関する信号VS（交流信号）を受ける。電圧検出部600は、これらの信号を整流するとともに必要に応じてゲインを調整して電圧信号VC2d、VSd（直流信号）を生成し、異常判定部620へ出力する。

【0102】

基準電圧設定部610は、温度センサ196で検出された外気温TMPを受ける。そして、基準電圧設定部610は、この外気温TMPに基づいて、二次共振コイル110に許容される基準電圧Vrefを設定し、異常判定部620へ出力する。

【0103】

ここで、基準電圧設定部610における基準電圧Vrefの設定についての概要を説明する。一般的に、共振コイルの発熱は、共振コイルの抵抗成分と共振コイルに流れる電流の二乗に比例し、この共振コイルに流れる電流は共振コイルにかかる電圧に比例する。そして、共振コイルの温度の定常値は、周囲温度（すなわち外気温）と共振コイルの発熱による温度上昇に基づいて推定できる。そして、たとえば外気温が高い場合には、外気温が低い場合に比べて、コイルの許容温度までの温度上昇量を小さく抑えることが必要となる。そのため、たとえば、予め実験等によって定められた、二次共振コイルにかかる電圧とそのときの二次共振コイルの温度との関係を示すマップなどを用いて、現在の外気温において許容される共振コイルの発熱量に相当する基準電圧Vrefを設定することができる。

【0104】

異常判定部620は、電圧検出部600からの直流電圧VC2d、VSdおよび基準電圧設定部610からの基準電圧Vrefの入力を受ける。

【0105】

異常判定部620は、電圧VC2dと基準電圧Vrefとを比較する。異常判定部620は、電圧VC2dが基準電圧Vrefより大きい場合は、二次共振コイル110が許容温度以上となっていると判断する。そして、異常判定部620は、共振コイルが高温になつていることを示す高温信号HTMPを生成して、警報出力部630および指令生成部640へ出力する。基準電圧設定部610で設定される基準電圧Vrefは、上述のような二次共振コイル110の許容温度による設定に限られず、それに代えて、あるいは、それに加えて共鳴用キャパシタ115の耐電圧や二次共振コイル110の絶縁耐圧などを検出するための他の基準電圧を設定するようにしてもよい。なお、この異常検出の手法においては、共振コイルの電圧が低下するような異常については検出することは困難である。

10

20

30

40

50

【0106】

さらに、異常判定部620は、電圧 V_{C2d} と電圧 V_{Sd} とを比較する。異常判定部620は、電圧 V_{C2d} が電圧 V_{Sd} より小さい場合は、二次共振コイル110とキャパシタ115とで構成される共振回路の絶縁不良や、共振回路以外の他の機器等（または、誘電体や磁性体など）の接近などに起因してQ値が低下している、すなわち共振回路による損失が増加していると判断する。そして、異常判定部620は、Q値が低下したことを示すQ値低下信号 L_Q を生成して、警報出力部630および指令生成部640へ出力する。

【0107】

警報出力部630は、高温信号 $H TMP$ 、Q値低下信号 L_Q などの異常を示す信号を異常判定部620から受ける。そして、警報出力部630は、異常が発生している場合には、警告装置195へ警告信号 $ALM2$ を出力することによって、操作者に対して異常の発生を通知する。

10

【0108】

指令生成部640は、高温信号 $H TMP$ 、Q値低下信号 L_Q などの異常を示す信号を異常判定部620から受ける。そして、異常の状態に応じて、給電装置200に対して、給電装置200からの給電電力の変更（増加または減少）や給電停止を指示したり、または、車両100のDC/DCコンバータ140を停止させたりするための制御信号 TRL を生成し、給電装置200およびDC/DCコンバータ140などに出力する。

【0109】

図8は、図7で説明した機能ブロック図における、電圧検出部600および異常判定部620をアナログ回路で構成した一例を示す図である。

20

【0110】

図7および図8を参照して、車両ECU180は、整流回路710, 720と、ゲイン調整部730と、比較器740, 750とを含む。この中で、整流回路710, 720およびゲイン調整部730が図7における電圧検出部600の一例であり、比較器740, 750が図7における異常判定部620の一例である。

【0111】

整流回路710は、電圧検出器190からの受ける交流信号である電圧 V_{C2} を直流信号の V_{C2d} に整流する。そして、整流回路710は、信号 V_{C2d} を比較器740, 750の正側の入力端子へ出力する。

30

【0112】

比較器740は、整流回路710で整流された信号 V_{C2d} と、比較器740の負側の入力端子に入力される基準電圧 V_{ref} とを比較し、信号 V_{C2d} が基準電圧 V_{ref} より大きい場合は、高温信号 $H TMP$ を警報出力部630および指令生成部640へ出力する。

【0113】

整流回路720は、送電ECU260から伝送された交流信号である電圧 V_S を直流信号の V_{Sd*} に整流する。ゲイン調整部730は、整流回路720からの直流信号 V_{Sd*} に所定のゲインを乗じて信号 V_{Sd} を生成し、比較器750の負側の入力端子に出力する。

40

【0114】

比較器750は、整流回路710で整流された信号 V_{C2d} と、ゲイン調整部730からの信号 V_{Sd} とを比較し、信号 V_{C2d} が信号 V_{Sd} よりも小さい場合は、Q値低下信号 L_Q を警報出力部630および指令生成部640へ出力する。

【0115】

なお、図8の回路は、アナログ回路で構成した例を説明したが、上記の機能の少なくとも一部をデジタル信号処理（ハードウェア、ソフトウェアを含む）によって実現するようにもよい。

【0116】

図9は、本実施の形態における共振コイルの異常検出制御処理の詳細を説明するための

50

フローチャートである。図9に示されるフローチャート中の各ステップについては、車両ECU180に予め格納されたプログラムを所定周期でメインプログラムから呼び出して実行することによって実現される。あるいは、一部のステップについては、専用のハードウェア（電子回路）を構築して処理を実現することも可能である。

【0117】

図9を参照して、車両ECU180は、ステップ（以下、ステップをSと略す。）100において、二次共振コイル110の電圧に関する信号VC2および給電装置200からの送電電圧に関する信号VSと、外気温TMPを取得する。そして、車両ECU180は、交流信号の信号VC2, VSから直流信号の信号VC2d, VSdをそれぞれ算出する。

10

【0118】

次に、車両ECU180は、S110にて、外気温TMPに基づいて、基準電圧Vrefを演算する。そして、車両ECU180は、S120にて信号VC2dが基準電圧Vrefより大きいか否かを判定する。

【0119】

信号VC2dが基準電圧Vrefより大きい場合（S120にてYES）は、ECU180は、S130に処理を進めて、二次共振コイル110の高温異常が発生していると判定する。そして、車両ECU180は、S140にて、コイル高温異常に対応した異常処理を行なう。具体的には、給電装置200に対して指令を出力して、給電電力を低下または停止させたり、DC/DCコンバータ140を停止させて受電動作を停止したりする。あるいは、二次共振コイル110を冷却するための冷却装置（図示せず）を有する場合には、冷却装置を作動させながら給電動作を継続するようにしてよい。

20

【0120】

そして、車両ECU180は、S150にて、アラームを出力して、コイル高温異常が発生していることを操作者に通知し、S160に処理を進める。

【0121】

一方、信号VC2dが基準電圧Vref以下の場合（S120にてNO）は、車両ECU180は、二次共振コイル110は高温となっていないと判定し、S130～S150の処理をスキップして、S160に処理を進める。

30

【0122】

S160では、車両ECU180は、信号VC2dが信号VSdより大きいか否かを判定する。

【0123】

信号VC2dが信号VSdより小さい場合（S160にてYES）は、ECU180は、S170に処理を進めて、Q値の低下異常が発生していると判定する。そして、車両ECU180は、S180にて、Q値低下異常に対応した異常処理を行なう。具体的には、給電装置200に対して指令を出力して、所望の電力を供給するために給電電力を増加したり、あるいは他の機器等への影響を抑制するために給電を停止したりする。

【0124】

そして、車両ECU180は、S190にて、アラームを出力して、Q値低下異常が発生していることを操作者に通知する。

40

【0125】

一方、信号VC2dが信号VSd以上の場合（S160にてNO）は、車両ECU180は、Q値低下が発生していないと判定し、S170～S190の処理をスキップして、メインルーチンの処理を戻す。

【0126】

上述のような構成を有する電圧検出器を用い、以上のような処理に従って制御することによって、共鳴法を用いた非接触給電システムにおいて、共振コイルの共鳴状態への影響およびコストアップを抑制しつつ、共振コイルの異常を検出することができる。

【0127】

50

なお、本実施の形態における「キャパシタ 510, 520」は、それぞれ本発明の「第1の高インピーダンス要素」および「第2の高インピーダンス要素」の一例である。本実施の形態の「絶縁トランス 550」は、本発明の「低インピーダンス要素」の一例である。

【0128】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

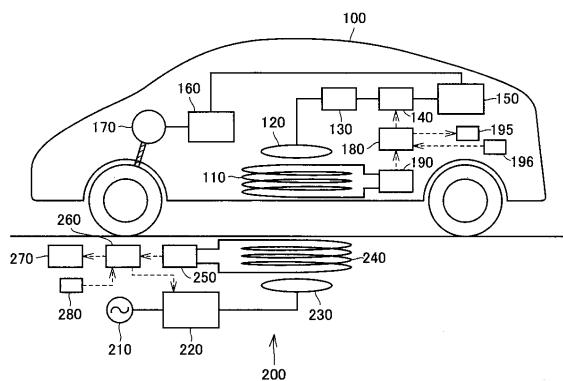
【符号の説明】

10

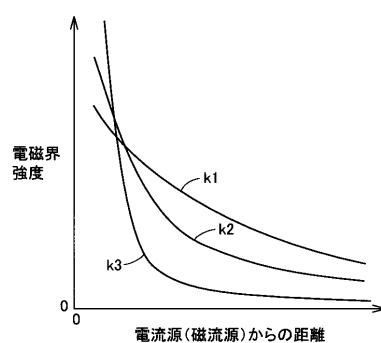
【0129】

100 車両、 110, 340 二次共振コイル、 115, 245, 440, 510, 520 キャパシタ、 120, 350 二次電磁誘導コイル、 130 整流器、 140 D C / D C コンバータ、 150 蓄電装置、 160 P C U、 170 モータ、 180 車両 E C U、 190, 250 電圧検出器、 195, 270 警告装置、 196, 280 温度センサ、 200 給電装置、 205, 310 高周波電源、 210 交流電源、 220 高周波電力ドライバ、 230, 320 一次電磁誘導コイル、 240, 330 一次共振コイル、 260 送電 E C U、 360 負荷、 400 コイルユニット、 410 電磁誘導コイル、 420 共振コイル、 430 ボビン、 511, 512, 521, 522 電極、 513, 523 誘電体、 530 端子板、 540 シールドケース、 550 絶縁トランス、 551 一次コイル、 552 二次コイル、 553 トロイダルコア、 560 同軸コネクタ、 600 電圧検出部、 610 基準電圧設定部、 620 異常判定部、 630 警報出力部、 640 指令生成部、 710, 720 整流回路、 730 ゲイン調整部、 740, 750 比較器。

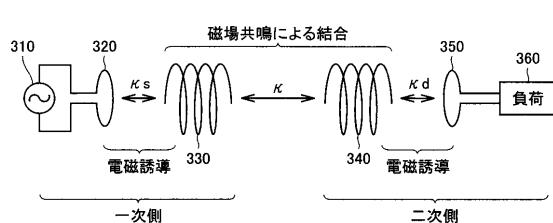
【図1】



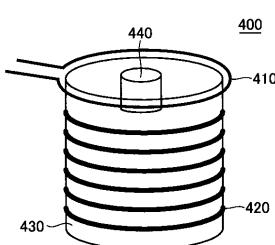
【図3】



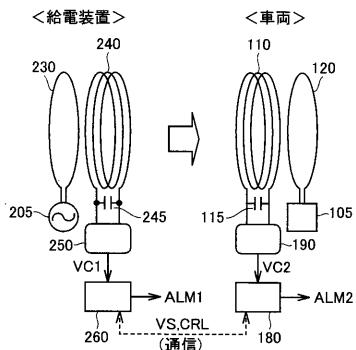
【図2】



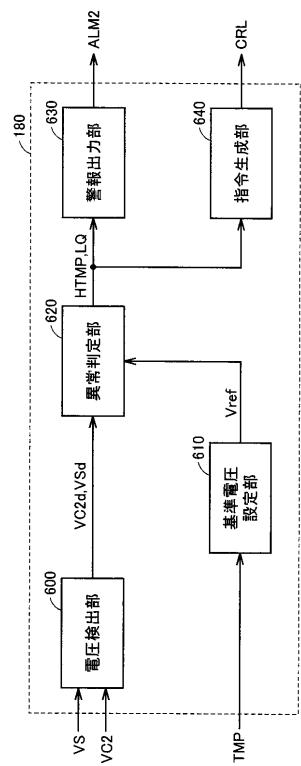
【図4】



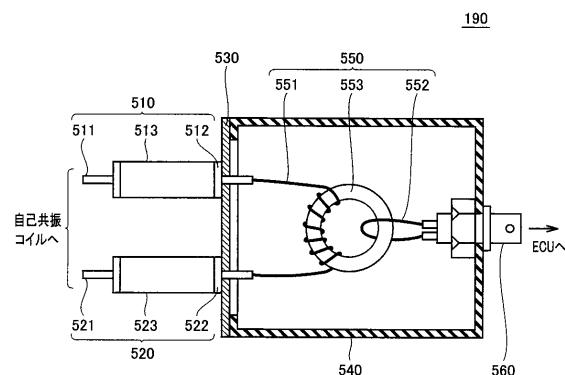
【図5】



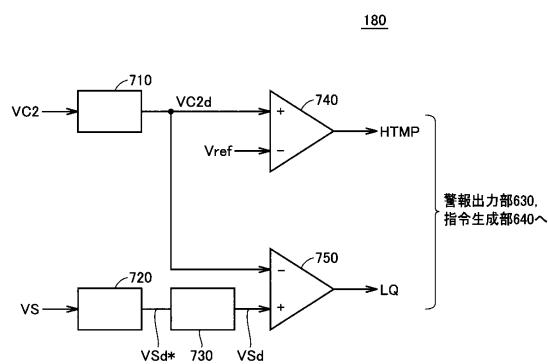
【図7】



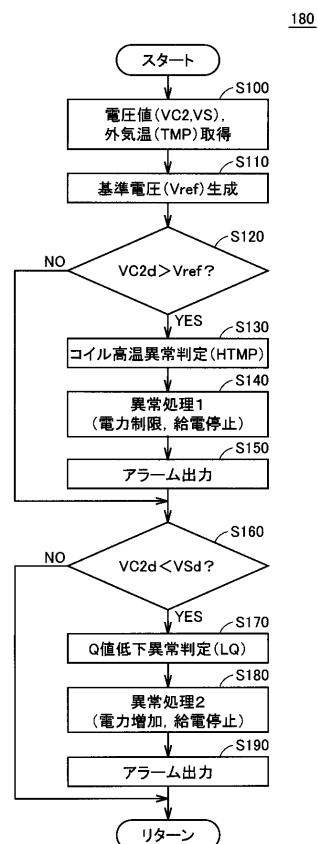
【図6】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 榊原 啓之

愛知県西尾市下羽角町岩谷 14 番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内

(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

審査官 杉田 恵一

(56)参考文献 特開平 7 - 7845 (JP, A)

特開平 11 - 164497 (JP, A)

特開 2009 - 106136 (JP, A)

特開 2009 - 273260 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 11/18

H02J 17/00