

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6360649号
(P6360649)

(45) 発行日 平成30年7月18日 (2018. 7. 18)

(24) 登録日 平成30年6月29日 (2018. 6. 29)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 J 50/90 (2016. 01)

H O 2 J 50/90

H O 2 J 50/12 (2016. 01)

H O 2 J 50/12

H O 2 J 50/80 (2016. 01)

H O 2 J 50/80

H O 2 J 7/00 (2006. 01)

H O 2 J 7/00 3 O 1 D

H O 2 J 7/00 P

請求項の数 26 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2016-533395 (P2016-533395)
 (86) (22) 出願日 平成26年8月6日 (2014. 8. 6)
 (65) 公表番号 特表2016-529865 (P2016-529865A)
 (43) 公表日 平成28年9月23日 (2016. 9. 23)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2014/049928
 (87) 国際公開番号 WO2015/021144
 (87) 国際公開日 平成27年2月12日 (2015. 2. 12)
 審査請求日 平成29年7月27日 (2017. 7. 27)
 (31) 優先権主張番号 61/862, 572
 (32) 優先日 平成25年8月6日 (2013. 8. 6)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 514287443
 モーメンタム ダイナミックス コーポレ
 ーション
 アメリカ合衆国、19355 ペンシルバ
 ニア州、マルヴァーン、3 ペンシルバニ
 ア アベニュー
 (74) 代理人 100104411
 弁理士 矢口 太郎
 (72) 発明者 ロング、ブルース、リチャード
 アメリカ合衆国、19355 ペンシルバ
 ニア州、マルヴァーン、3 ペンシルバニ
 ア アベニュー

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線誘導電力伝送におけるコイルアライメント誤差を検出する方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

無線共振誘導電力伝送システムにおけるコイルアライメント誤差 (c o i l a l i g n m e n t e r r o r) を検出する装置であって、疎結合された空芯変圧器を構成するように配置された一次誘導コイルと二次誘導コイルとを有し、前記一次誘導コイルが作動すると前記一次誘導コイルの電力が前記二次誘導コイルに伝送されるものであり、この装置は、

前記一次誘導コイルに重ね合わせられた少なくとも2つの円弧状セグメント渦電流コイル (a r c s e g m e n t e d d y c u r r e n t c o i l s) であって、当該渦電流コイルは前記一次誘導コイルの各セクターに対応するように配置されており、作動している渦電流コイルは前記二次誘導コイルにより捕捉される磁束を減少させる効果を有するものである、前記少なくとも2つの円弧状セグメント渦電流コイルと、

各円弧状セグメント渦電流コイルに接続されたスイッチと、

各前記スイッチを単独で若しくは別のスイッチと同時に、所定のスイッチングシーケンスで選択的に作動させるように構成されたシーケンサーと、

前記スイッチングシーケンス中に前記二次誘導コイルにおける電圧変動を検出する電圧検出器であって、前記一次誘導コイルおよび前記二次誘導コイルのアライメントは、前記渦電流コイルを順次作動させて当該渦電流コイルのスイッチングシーケンス中に検出された前記二次誘導コイルの電圧変動を測定することにより検出されるものであり、前記渦電流コイルのスイッチングシーケンスと前記二次誘導コイルの最大磁束変動との対応は誤差

10

20

ベクトルの方向を示し、前記二次誘導コイルの磁束変動の大きさは誤差ベクトルの大きさを示すものである、前記電圧検出器と

を有する装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の装置において、さらに、

各前記円弧状セグメント渦電流コイルに接続され、前記スイッチングシーケンスに基づいて順次作動する円弧状セグメント渦電流コイルに存在する交流電流を制御するブリッジ整流器を有するものである装置。

【請求項 3】

請求項 1 記載の装置において、各前記スイッチは、ソース同士およびゲート同士が接続された 2 つの電界効果トランジスタを有する単一方向の交流半導体スイッチを有するものである装置。

10

【請求項 4】

請求項 1 記載の装置において、さらに、

前記シーケンサーと前記電圧検出器間に無線データリンクを有し、前記データリンクは、アライメント誤差検出工程中にどの渦電流コイルが常時作動しているかに関する指標を、前記シーケンサーから前記電圧検出器に通信するものである装置。

【請求項 5】

請求項 1 記載の装置において、前記電圧検出器は、低電力整流器と、当該低電力整流器の出力をデジタルデータに変換するアナログデジタルコンバータとを有し、当該デジタルデータは、前記渦電流コイルのスイッチングシーケンスと前記二次誘導コイルの最大磁束変動との対応、および前記二次誘導コイルの前記磁束変動の大きさを検出するためにマイクロコントローラにより処理されるものである装置。

20

【請求項 6】

請求項 5 記載の装置において、さらに、

前記マイクロコントローラに接続され、当該装置の利用者に前記誤差ベクトルの方向および前記誤差ベクトルの大きさを表示するユーザーインターフェースを有し、当該ユーザーインターフェースは前記誤差ベクトルの方向および前記誤差ベクトルの大きさを使った前記一次誘導コイルおよび前記二次誘導コイルのアライメント調整に使用されるものである装置。

30

【請求項 7】

請求項 6 記載の装置において、前記一次誘導コイルは充電器にインターフェース接続され、前記二次誘導コイルは自動車にインターフェース接続され、前記ユーザーインターフェースは、前記誤差ベクトルの方向および前記誤差ベクトルの大きさを前記自動車の運転者に提供するものである装置。

【請求項 8】

請求項 1 記載の装置において、前記シーケンサーは、各前記円弧状セグメント渦電流コイルを同時に異なるクロック周波数で駆動するものである装置。

【請求項 9】

請求項 8 記載の装置において、前記シーケンサーは、各前記円弧状セグメント渦電流コイルを、正方形波形の矩形波、長方形波形の矩形波、または正弦波形により、異なるクロック周波数で駆動するものである装置。

40

【請求項 10】

請求項 8 記載の装置において、前記電圧検出器は、低電力整流器と、当該低電力整流器の出力をデジタルデータに変換するアナログデジタルコンバータとを有し、当該デジタルデータは、前記渦電流コイルのスイッチングシーケンスと前記二次誘導コイルの最大磁束変動との対応、および前記二次誘導コイルの前記磁束変動の大きさを検出するためにマイクロコントローラにより処理されるものである装置。

【請求項 11】

請求項 10 記載の装置において、前記マイクロコントローラは前記アナログデジタルコ

50

ンバータにより出力されるデジタルデータ時系列を処理するものであり、この処理は、当該デジタルデータ時系列の時間領域から周波数領域への変換を行い、前記シーケンサーの各クロックトーン (c l o c k t o n e) が一意に単一の周波数領域スロットに納まるように時間領域から周波数領域への変換パラメータを選択することにより行われるものであり、

前記マイクロコントローラはクロックトーン振幅およびクロックトーン振幅比から前記円弧状セグメント渦電流コイルの相対的な寄与を決定し、それにより、各前記円弧状セグメント渦電流コイルに対応する前記単一の周波数領域スロットの大きさおよび方向を決定するものである装置。

【請求項 1 2】

10

請求項 1 記載の装置において、さらに、

前記一次誘導コイルの 1 8 0 度の円弧幅セグメントをそれぞれカバーする重なり合った 4 つの「D」字状渦電流コイルを有し、前記「D」字状渦電流コイルのうち 2 つは、前後の誤差決定に、前記「D」字状渦電流コイルのうち別の 2 つは、左右の誤差決定に使用されるものである装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 記載の装置において、さらに、

前記一次誘導コイルの 1 2 0 度の円弧幅セグメントをそれぞれカバーする重なり合わない 3 つの渦電流コイルを有するものである装置。

【請求項 1 4】

20

請求項 1 記載の装置において、前記一次誘導コイルは、携帯型消費者向け電子装置の充電器の一部であり、前記二次誘導コイルは、携帯型消費者向け電子装置の一部である装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 記載の装置において、さらに、

充電操作中、前記携帯型消費者向け電子装置が、前記携帯型消費者向け電子装置の充電器と適切に位置合わせされたとき、利用者に通知する通知手段を有するものである装置。

【請求項 1 6】

無線共振誘導電力伝送システムにおけるコイルアライメント誤差を検出する方法であって、疎結合された空芯変圧器を構成するよう配置された一次誘導コイルと二次誘導コイルとを有し、前記一次誘導コイルが作動すると前記一次誘導コイルの電力が前記二次誘導コイルに伝送されるものであり、この方法は、

30

前記一次誘導コイルに重ね合わせられ、かつ、前記一次誘導コイルの各セクターに対応するように少なくとも 2 つの円弧状セグメント渦電流コイルを配置する工程と、

単独で若しくは一斉に、所定のスイッチングシーケンスで前記円弧状セグメント渦電流コイルを選択的に作動させる工程であって、作動している渦電流コイルは前記二次誘導コイルにより捕捉される磁束を減少させる効果を有するものである、前記選択的に作動させる工程と、

前記スイッチングシーケンス中に前記二次誘導コイルにおける電圧変動を検出する工程と、

40

前記渦電流コイルを順次作動させ、前記渦電流コイルのスイッチングシーケンス中に検出された前記二次誘導コイルの電圧変動を測定することにより、前記一次誘導コイルおよび前記二次誘導コイルのアライメントを検出する工程であって、前記渦電流コイルのスイッチングシーケンスと前記二次誘導コイルの最大磁束変動との対応は誤差ベクトルの方向を示し、前記二次誘導コイルの磁束変動の大きさは誤差ベクトルの大きさを示すものである、前記検出する工程と

を有する方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 記載の方法において、各円弧状セグメント渦電流コイルは、前記スイッチングシーケンスに基づいて順次作動するものである方法。

50

【請求項 18】

請求項 17 記載の方法において、さらに、

アライメント誤差検出工程中にどの渦電流コイルが常時作動しているかについての指標を、前記スイッチングシーケンスを生成するシーケンサからプロセッサに通信し、当該プロセッサにより一次誘導コイルおよび前記二次誘導コイルが位置合わせされているかどうかを決定する工程を有するものである方法。

【請求項 19】

請求項 16 記載の方法において、さらに、

前記誤差ベクトルの方向、および前記誤差ベクトルの大きさを前記無線共振誘導電力伝送システムの利用者に表示する工程を有し、これにより、前記利用者は前記誤差ベクトルの方向および前記誤差ベクトルの大きさを使って前記一次誘導コイルおよび前記二次誘導コイルのアライメントを調整することが可能となるものである方法。

10

【請求項 20】

請求項 16 記載の方法において、前記円弧状セグメント渦電流コイルを選択的に作動させる工程は、各円弧状セグメント渦電流コイルを同時に異なるクロック周波数で作動させる工程を有するものである方法。

【請求項 21】

請求項 20 記載の方法において、前記円弧状セグメント渦電流コイルを選択的に作動させる工程は、各円弧状セグメント渦電流コイルを、正方形波形の矩形波、長方形波形の矩形波、または正弦波形により、同時に異なるクロック周波数で作動させる工程を有するものである方法。

20

【請求項 22】

請求項 16 記載の方法において、前記スイッチングシーケンス中に前記二次誘導コイルにおける電圧変動を検出する工程は、前記無線共振誘導電力伝送システムの二次側の電圧検出器の出力をデジタルデータに変換する工程を有し、当該デジタルデータは、前記渦電流コイルのスイッチングシーケンスと前記二次誘導コイルの最大磁束変動との対応、および前記二次誘導コイルの前記磁束変動の大きさを検出するためにマイクロコントローラにより処理されるものである方法。

【請求項 23】

請求項 20 記載の方法において、前記渦電流コイルのスイッチングシーケンス中に検出された前記二次誘導コイルの電圧変動を測定する工程は、

30

前記マイクロコントローラが、前記デジタルデータの時系列の時間領域から周波数領域への変換を行い、かつ、前記スイッチングシーケンスの各クロックトーンが一意に単一の周波数領域スロットに納まるよう時間領域から周波数領域への変換パラメータを選択することにより、前記デジタルデータ時系列を処理する工程と、

前記マイクロコントローラが、クロックトーン振幅およびクロックトーン振幅比から前記円弧状セグメント渦電流コイルの相対的な寄与を決定し、それにより、各前記円弧状セグメント渦電流コイルに対応する前記単一の周波数領域スロットの大きさおよび方向を決定する工程と

を有するものである方法。

40

【請求項 24】

請求項 16 記載の方法において、さらに、

前記誤差ベクトルの方向および前記誤差ベクトルの大きさを前記無線共振誘導電力伝送システムの利用者に表示して、前記誤差ベクトルの方向および前記誤差ベクトルの大きさを使った前記一次誘導コイルおよび前記二次誘導コイルのアライメントを調整する工程を有するものである方法。

【請求項 25】

請求項 24 記載の方法において、前記一次誘導コイルは充電器にインターフェース接続され、前記二次誘導コイルは自動車にインターフェース接続されるものであり、さらに、

前記誤差ベクトルの方向および前記誤差ベクトルの大きさを前記自動車の運転者に提供

50

する工程を有するものである方法。

【請求項 26】

請求項 16 記載の方法において、前記一次誘導コイルは携帯型消費者向け電子装置の充電器の一部であり、前記二次誘導コイルは携帯型消費者向け電子装置の一部であり、さらに、

充電操作中に前記携帯型消費者向け電子装置が前記携帯型消費者向け電子装置の充電器と適切に位置合わせされたとき、利用者に通知する工程を有するものである方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は 2013 年 8 月 6 日付で出願された米国仮特許出願第 61/862,572 号に基づく利益を主張するものであり、この参照によりその開示内容の全体が本明細書に組み込まれる。

【0002】

本特許出願は、共振磁気誘導による電気エネルギー伝送に関する。より具体的にいうと、共振誘導無線電力伝送コイルの軸方向のミスアライメントを検出する方法および装置について説明し、前記アライメント誤差を最小化または排除して効率的な無線電力伝送を保証するようにアライメント誤差の大きさおよび方向の指標を提供するものである。

【背景技術】

【0003】

誘導電力伝送には、複数の産業および市場にわたる多くの重要な用途がある。図 1 は、従来の共振誘導電力伝送システムの概念図を示したものである。図 1 において、DC 電源 10、インバータ 12、および共振ネットワーク 14 は、一次誘導コイル 16 に適用される交流電気エネルギー源を提供するように協働する。前記一次誘導コイル 16 と二次誘導コイル 18 との磁気結合により、エネルギーは、前記一次誘導コイル 16 から所定の距離だけ離間された前記二次誘導コイル 18 に伝送される。前記一次および二次誘導コイル 16、18 は、疎結合された空芯変圧器を構成する。前記一次誘導コイル 16 に適用される共振により、一次側のインダクタ電流が増加してそれに対応した磁束の増加を生じ、前記二次インダクタ電流が生じて、前記一次側から前記二次側に電力が伝送される。前記二次インダクタ電流は、共振ネットワーク 20 により処理され、大電力整流器 22 により整流されて、従来の態様で DC 負荷 24 に適用される。

【0004】

効率的な共振誘導無線電力伝送では、磁気結合を最大化するために、送信コイルにより発せられる磁束線の大部分が、受信コイルの外周内に含まれる領域を通過することが必要である。軸方向のコイルミスアライメントは、コイル間の磁気結合、ひいては効率的な電力伝送を著しく損なう。さらに、軸方向のコイルミスアライメントは、コイルインダクタンスを期待設計値から逸脱させ、共振の損失および付加的な電力伝送効率を低下させる。

この出願の発明に関連する先行技術文献情報としては、以下のものがある（国際出願日以降国際段階で引用された文献及び他国に国内移行した際に引用された文献を含む）。

（先行技術文献）

（特許文献）

（特許文献 1）	米国特許出願公開第 2012/0161696 号明細書
（特許文献 2）	米国特許出願公開第 2013/0043888 号明細書
（特許文献 3）	米国特許出願公開第 2009/0096413 号明細書
（特許文献 4）	米国特許出願公開第 2013/0162054 号明細書
（特許文献 5）	米国特許出願公開第 2013/0049484 号明細書
（特許文献 6）	米国特許出願公開第 2011/0148404 号明細書
（特許文献 7）	米国特許出願公開第 2013/0154649 号明細書
（特許文献 8）	米国特許出願公開第 2012/0212073 号明細書
（特許文献 9）	米国特許出願公開第 2011/0004278 号明細書

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

コイルの軸方向のアライメント誤差は日常的に起こり、無線外部電源を必要とする電気および電気ハイブリッド自動車の製造元に重大な問題を呈する。コイルアライメント誤差 (coil alignment error) の大きさおよび方向を識別し、かつ、最小限のコイルアライメント誤差で当該自動車が配置されるように、人間である運転者または人間ではない装置に操作情報を提供する自動車充電システムを開発することが望ましい。本発明は、当該技術分野におけるこれらの必要性に対処するものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

以上に述べた必要性を満たす本技術の軸方向アライメント誤差検出装置とそれに伴う方法は、従来の共振誘導無線電力伝送システムの一次誘導コイルに重ね合わせられたいくつかの (例えば、4つの) 円弧状セグメント渦電流コイル (arc segment eddy current coils) を含む。前記渦電流コイル外周の直線状部分は、前記一次誘導コイルの前後および左右の軸に揃う。各円弧状セグメント渦電流コイルは、ブリッジ整流器、ならびにスイッチング素子、例えば電界効果トランジスタに接続する。前記スイッチング素子は、シーケンサーにより単独で若しくは一斉に作動される。

【0007】

前記無線電力伝送システムの自動車側において、前記二次誘導コイルは、従来の共振誘導無線電力伝送システム同様、共振ネットワーク、大電力整流器、およびDC負荷に接続する。本発明の軸方向アライメント誤差検出システムでは、低電力整流器と、アナログデジタルコンバータ (Analog-to-Digital Converter: ADC) と、データリンクと、マイクロコントローラと、従来の自動車側共振誘導無線電力伝送システムへの自動車運転者インターフェースとを含む電圧検出器を加えている。

【0008】

動作時は、前記共振誘導無線電力伝送装置の一次側で、電源が一般に市販の交流線電流により駆動される。その結果生じる直流が、正方形、長方形、または正弦波の波形を生成するインバータ段階に、前記一次および二次誘導コイルの共振周波数で電力を供給する。前記円弧状セグメント渦電流コイルのスイッチング素子が、前記シーケンサーによりすべてオフ状態になるよう指示されると、当該渦電流コイルは事実上、開回路になって円弧状セグメント渦電流コイルに電流が流れなくなり、従来技術の共振誘導無線電力伝送装置の動作は、影響されず、いかなる有意な程度にも変更されない。

【0009】

ただし、前記渦電流制御素子のうち1若しくはそれ以上が作動すると、渦電流がそれに対応した渦電流コイルに流れ、レンツの法則に基づき、渦電流が、渦コイルの外周に取り囲まれた合計磁束を減少させて、その四分円部分の前記一次コイル磁束の正味の大きさを減少させる。シーケンサーは、短距離データリンクによるアライメント誤差決定中に、渦電流コイルが作動している前記アライメント装置の自動車側の部分と通信する。ブリッジ整流器は、従来の単一方向半導体スイッチング素子、例えば電界効果またはバイポーラトランジスタが、作動した円弧状セグメント渦電流コイルに存在する交流電流を制御できるようにする。あるいは、ソース同士およびゲート同士が接続された2つの電界効果トランジスタを有する単一方向の交流半導体スイッチを、図2に例示した単一のトランジスタ、ブリッジ整流器の組み合わせに代えて渦電流コイル制御素子用に使用することができる。

【0010】

前記コイルアライメントの測定間隔中には、前記渦電流コイルにより誘導された前記一次コイル磁束の時空的変動が前記低電力整流器を含む電圧検出器により検出され、前記アナログデジタルコンバータによりデジタル形式に変換されて、前記マイクロコントローラにより処理される。作動している渦電流コイルは、前記二次誘導コイルにより補足される磁束を減少させて、前記低電力整流器により生じる電圧を減少させる効果を有する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

アライメントは、前記渦電流コイルを順次作動させることにより検出できる。前記一次および二次誘導コイルが軸合わせされると、前記個々の渦コイルに誘導される磁束場の障害が等しい大きさを有し、前記渦電流コイルスイッチングシーケンス中に二次誘導コイルで検出される電圧は変動しない。ただし、前記一次および二次誘導コイルがずれていると、前記渦電流コイルスイッチングシーケンス中に二次誘導コイルで検出される電圧に変動が生じる。この磁束低下作用は、前記二次コイルの重なりが最大の渦電流コイルで最大になり、前記検出された変動の大きさは前記重なり度合いを示す。重なりが大きいと大きな変動が生じ、重なりが小さいと、比例的に小さな変動が生じる。

【 0 0 1 2 】

前記渦電流コイルのスイッチシーケンスと前記最大磁束変動との対応は誤差ベクトルの方向を示し、前記磁束変動の大きさは誤差ベクトルの大きさを示す。作動している渦電流コイルの識別は、前記データリンクにより提供される。そのため、アライメント誤差ベクトル成分、オフセットの方向および大きさは、容易に決定でき、当該自動車の運転者に通信できる。

【 0 0 1 3 】

また、前記誘導コイルアライメント装置は、自動車以外の応用、例えば携帯型消費者向け電子装置の充電器、例えば歯ブラシ、携帯電話、および他の装置を充電するため使用されるもの（例えば、Power Mat（商標））にも使用される。以上に述べた本発明の実施形態等は、以下の詳細な説明から当業者に明確に理解されるであろう。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 4 】

【 図 1 】 図 1 は、先行技術の共振誘導電力伝送システムの概念図を示したものである。

【 図 2 】 図 2 は、本発明の第 1 の実施形態に係るアライメント誤差検出装置を備えた先行技術の共振誘導電力伝送システムを示したものである。

【 図 3 】 図 3 は、本発明の第 2 の実施形態に係るアライメント誤差検出装置を備えた先行技術の共振誘導電力伝送システムを示したものであり、当該アライメント誤差検出装置は、自動車から接地へのデータリンクなしで機能する。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 5 】

以下、本発明の例示的な一実施形態を、電気自動車を充電する用途について図 2 および 3 を参照して説明するが、当業者であれば、本明細書の開示内容を使用すると、自動車以外の他の共振磁気誘導無線電力伝送システムでもアライメント誤差を決定できることが理解されるであろう。そのような実施形態は、本開示の範囲を逸脱しないよう意図される。

【 0 0 1 6 】

コイルアライメントを実現するため提案されてきている方法の多くは、音響技術、マイクロ波および高周波コイル技術、音響 - 高周波組み合わせ差分伝播速度システム、超広帯域システム、赤外、可視光、およびビデオシステム、ビデオパターン認識制御ロボットアーム、差分 GPS システム、および機械的アライメント補助、例えば自動車タイヤガイドおよびバンパー停止部材を使用する。そのそれぞれに制限があり、それらの制限としては、コスト、複雑さ、塵・氷・水分への感受性、十分な正確度の欠如、遮るものなく空が見える必要性、すでに配置された無線電力伝送装置以外の装置を追加する必要性などがある。

【 0 0 1 7 】

無修正の無線電力伝送装置は、コイルアライメント誤差の初等的な指標を提供できるが、これは共振離調効果を見無視すると、伝送される電力はアライメント誤差がゼロのとき最大になるためである。その結果、電力伝送が期待される値より少ないことは、何らかのミスアライメント指標であると示唆される。共振誘導無線電力伝送の一次コイルは、円形または正方形の一次コイルの場合は軸対称であり、長方形または楕円形の一次コイルの場合は二次対称であるため、投影される磁束パターンも対称的であり、アライメント誤差方位

10

20

30

40

50

角の決定は不可能である。アライメント誤差の大きさは推定できるが、誤差の方向を知ることにはできない。

【 0 0 1 8 】

この問題の本発明に係る解決策は、一次誘導コイルを取り囲む磁束場に空間的な非対称性を導入して誤差方位角の決定を可能にすることである。これを行う方法の1つは、前記一次誘導コイル16の外周上またはその外部に補助コイルを重ね合わせて追加することである。各補助コイルは磁束を生成する発生器により駆動され、この発生器が前記一次誘導コイル16により生成された磁束を補足し、または一部相殺することにより、誤差ベクトル決定に必要な軸非対称性を生成する。ただし、このアプローチには、いくつか実践上の難点がある。その第1は、前記一次誘導コイル16の駆動に必要なもの以外に補助コイル駆動回路が必要になることである。第2の難点は、主電源と前記一次誘導コイル16間に接続されて共振を生成するネットワークから生じる。前記共振ネットワークの位相シフトにより、前記一次誘導コイル16と前記一次誘導コイル電流との位相関係は若干曖昧になる。そのため、前記補助コイル駆動回路は、補助コイル電流の生成における基準として前記一次誘導コイル電流を監視しなければならない、それが装置のコストおよび複雑さを増大させる望ましくない要件になる。補助コイル電流の生成および制御は、当該補助コイルに著しい誘導電圧が存在して、さらに複雑になり、また補助コイル間の相互連結が駆動点のインピーダンスを複雑にし、潜在的に不安定にする。

【 0 0 1 9 】

上述した難点および複雑さは、図2に示す例示的な実施形態においては回避される。円弧状セグメント渦電流コイル36、38、40、および42は、磁気誘導により駆動され、補助インバータが不要で、駆動電流の位相曖昧さが完全に回避される。円弧状セグメント渦電流コイル36、38、40、および42の各々の補助インバータは、それぞれブリッジ整流器およびスイッチングトランジスタ48、50、52、および54で置き換えられる。ブリッジ整流器48、50、52、および54により、単一の単方向半導体スイッチで双方向の渦電流が制御可能になり、単一方向の直流スイッチング装置が実現して、付随する渦電流コイル36、38、40、および42における誘導渦電流を許可または防止できるようになる。例示的な一実施形態において、前記一次誘導コイル16は、アライメント誤差の検出操作中、低電力で動作するため、自動車のアンダーボディに誘導される望ましくない寄生渦電流と、一次および二次誘導コイル16、18が著しくずれた状態での大電力動作中に生じる過度の磁場漏れとを軽減する。当業者であれば、ソース同士およびゲート同士が接続された2つの電界効果トランジスタを有する単一方向の交流半導体スイッチを、図2に例示した単一のトランジスタ、ブリッジ整流器の組み合わせに代えて渦電流コイル制御素子用に使用できることが理解されるであろう。

【 0 0 2 0 】

レンツの法則に基づき、作動した渦電流コイルを流れる渦電流は、入射磁束場と反対方向の磁束を生じて、作動している渦電流コイル真上の正味の磁束場を弱める。局所的に弱められた磁束場は、転じて自動車側の前記二次コイル18に誘導される電圧または電流の大きさを低減する。前記一次および二次誘導コイル16、18を軸合わせすると、作動中のすべての渦電流コイル36、38、40、および42は、誘導される二次コイル電圧または電流を同程度に低下させる。ただし、前記二次誘導コイル18の軸合わせが、例えば後側および右側へずれていると、後部右側の渦電流コイルが、その他3つの渦電流コイルより大きな影響を、前記二次誘導コイルでの誘導電圧または電流に及ぼし、その影響の度合いは、アライメント誤差の大きさに比例する。これは、シーケンサ46を使って前記円弧状セグメント渦電流コイル36、38、40、および42を順次作動させて前記二次コイルで生じる誘導電圧または誘導電流の振幅変動を測定することにより、アライメント誤差の方向および大きさを容易に決定できることを意味する。二次側のアライメント誤差決定には、アライメント誤差の決定工程中、どの渦電流コイルが常時作動しているかという知識が必要であり、そのような知識が、一次側のデータリンク44および二次側のデータリンク32を含むデータリンクにより前記二次側のマイクロコントローラ30に送

信される必要がある。

【 0 0 2 1 】

図 2 に示した前記シーケンサ 4 6 が前記円弧状セグメント渦電流コイル 3 6、3 8、4 0、および 4 2 を、表 1 に示したシーケンスで作動させる場合を考慮する。

【 0 0 2 2 】

【表 1】

状態	作動するコイル
1	前部右側
2	後部右側
3	後部左側
4	前部左側

10

表 1－例示的なシーケンサのシーケンス

【 0 0 2 3 】

前記シーケンサの第 4 の状態の後には、当該シーケンサの第 1 の状態に戻り、このパターンが繰り返される。各シーケンサ状態は時間長が等しく、その間に、前記二次側のマイクロコントローラ 3 0 が、電圧検出器、例えば低電力整流器 2 6 により前記二次コイルの誘導電圧、 E_{IND} を測定および記録し、前記低電力整流器 2 6 が、測定された電圧をアナログデジタルコンバータ (ADC) 2 8 に提供して、その値がマイクロコントローラ 3 0 への適用前にデジタル化される。

20

【 0 0 2 4 】

この例において、前後のアライメント誤差は次式で決定される。

$$A E_{FB} = [E_{IND-FL} + E_{IND-FR}] - [E_{IND-BL} + E_{IND-BR}]$$

式中、 $A E_{FB}$ は、前後のアライメント誤差、

E_{IND-FL} は、前部左側の渦電流コイルが作動した状態での前記二次コイル電圧、

E_{IND-FR} は、前部右側の渦電流コイルが作動した状態での前記二次コイル電圧、

E_{IND-BL} は、後部左側の渦電流コイルが作動した状態での前記二次コイル電圧、

E_{IND-BR} は、後部右側の渦電流コイルが作動した状態での前記二次コイル電圧。

30

$A E_{FB} = 0$ のとき、前後のアライメント誤差はゼロ、

$A E_{FB} > 0$ のとき、自動車は過度に前部にあり、 $|A E_{FR}|$ は、誤差の大きさを示し、

$A E_{FB} < 0$ のとき、自動車は過度に後部にあり、 $|A E_{FR}|$ は、誤差の大きさを示す。

【 0 0 2 5 】

この例において、左右のアライメント誤差は次式で決定される。

$$A E_{LR} = [E_{IND-FL} + E_{IND-BL}] - [E_{IND-FR} + E_{IND-BR}]$$

式中、 $A E_{LR}$ は、左右のアライメント誤差、

E_{IND-FL} は、前部左側の渦電流コイルが作動した状態での前記二次コイル電圧、

E_{IND-BL} は、後部左側の渦電流コイルが作動した状態での前記二次コイル電圧、

E_{IND-FR} は、前部右側の渦電流コイルが作動した状態での前記二次コイル電圧、

E_{IND-BR} は、後部右側の渦電流コイルが作動した状態での前記二次コイル電圧。

40

$A E_{LR} = 0$ のとき、左右のアライメント誤差はゼロ、

$A E_{LR} > 0$ のとき、自動車は過度に左側にあり、 $|A E_{LR}|$ は、誤差の大きさを示し、

$A E_{LR} < 0$ のとき、自動車は過度に右側にあり、 $|A E_{LR}|$ は、誤差の大きさを示す。

50

【 0 0 2 6 】

右左および前後のアライメントエラーの大きさは、当業者に知られた従来のベクトル算術を使って単一のアライメント誤差ベクトルへと重ね合わせることができる。前記一次および二次誘導コイル 16、18 のいかなるミスアライメントも、自動車運転者インターフェース 34 を介して利用者または自動車運転者へ通信され、前記一次および二次誘導コイル 16、18 のアライメントを改善するよう利用者または自動車運転者により適切な調整が行われるようにされる。

【 0 0 2 7 】

当業者であれば、他のシーケンサー・スイッチング・パターンが可能であり、それには、単一または複数の渦電流コイル 36、38、40、および 42 を時計回りまたは反時計回りパターンで順次作動させる、または複数または全部の渦電流コイル 36、38、40、および 42 の各コイルを独自のクロックにより駆動して同時作動させ、その結果得られる二次誘導コイルの誘導電圧を数学的に処理して誤差の大きさおよび方向を決定するなどが含まれることが理解されるであろう。

【 0 0 2 8 】

図 3 は、一次側および二次側のデータリンク 44、32 を不要にする第 2 の実施形態を示したものである。この実施形態では、前記シーケンサー 46 が、4 つの円弧状セグメント渦電流コイル 36、38、40、および 42 のすべてを同時に駆動し、これは、矩形波クロックにより周波数 f_1 で駆動される前部左側のコイルと、矩形波クロックにより周波数 f_2 で駆動される前部右側のコイルと、矩形波クロックにより周波数 f_3 で駆動される後部右側のコイルと、矩形波クロックにより周波数 f_4 で駆動される後部左側のコイルとにより行う。最高および最低の周波数の差は 1 オクターブ未満にすべきで、これにより生成される実際のクロック周波数の混乱と、クロック周波数の高調波が歪みにより生じる可能性とを避ける。例えば、4 つのシーケンサークロック周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 、および f_4 は、800、900、1000、および 1100 ヘルツにできる。また、矩形波および正弦波の波形を各周波数 $f_1 - f_n$ で使用してもよく、ここで、 n は渦電流コイルの数である。

【 0 0 2 9 】

二次側では、前記マイクロコントローラ 30 が前記アナログデジタルコンバータ 28 により生成されたデータ時系列を検査し、この ADC データ時系列に対して高速フーリエ変換、または時間領域から周波数領域への同様な変換を行う。FFT パラメータは、各シーケンサーのクロックトーンが一意的に単一の周波数領域ビンに納まるよう選択される。このようにして、前記マイクロコントローラ 30 による FFT 演算で直交渦電流コイル 36、38、40、および 42 の相対的な寄与が決定する。シーケンサーのクロックトーン振幅が等しい場合、アライメント誤差がゼロであることを示している。シーケンサーのクロックトーン振幅が等しくない場合はアライメント誤差があることを示しており、クロックトーン振幅の比がアライメント誤差の大きさおよび方向を示す。マイクロコントローラの FFT 計算要件は低く、これは高周波分解能が不要で FFT 算術計算数が少ないためである。各渦電流コイルは固有の変調周波数により一意に識別されるため、データリンクは不要である。

【 0 0 3 0 】

渦電流コイルの数 36、38、40、および 42 と、これらコイルの円弧幅とは、場合に応じて異なる。例えば、重なり合う 4 つの「D」字状コイルを使って、その各々が 180 度の円弧幅セグメントをカバーし、2 つのコイルが前後の誤差決定に、別の 2 つのコイルが左右の誤差決定に使用されるようにできる。あるいは、それぞれ 120 度の円弧をカバーする重なり合わない 3 つの渦電流コイルを使用することもできる。さらに、それぞれ 90 度未満の円弧幅セグメントを包含する多数の渦電流コイルを使って、アライメント誤差の精度および分解能を改善するようにもできる。

【 0 0 3 1 】

また、ブリッジ整流器構成以外の整流器構成も、渦電流コイル制御に使用できる。さら

10

20

30

40

50

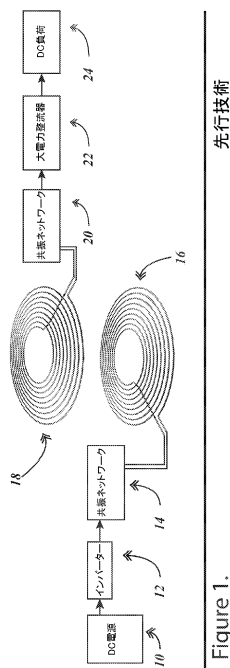
に、前記整流器 - トランジスタ渦電流制御ペアは、双方向制御装置、例えばリレー閉電路、T R A Cダイオード、または類似装置で置き換えることもできる。また、適切な回路スイッチングおよび過負荷防止により、図2および図3の低電力整流器ブロック26を排除して、代わりに大電力整流器22を使用することができる。

【0032】

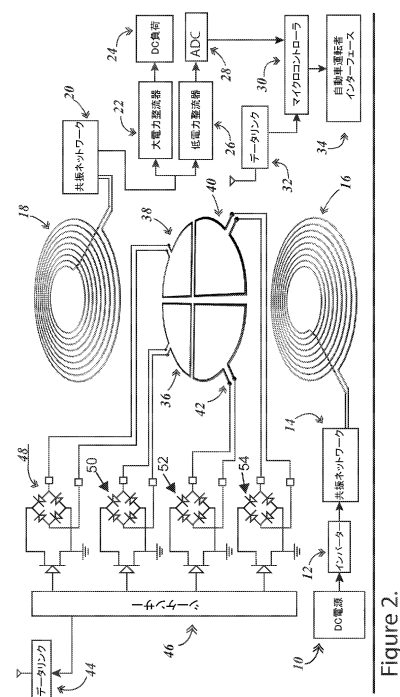
さらに、本明細書に含まれる本開示は自動車への電力提供に関するが、これは可能性のある多くの応用のほんの1つに過ぎず、自動車以外の応用を含む他の実施形態も考えられることを理解すべきである。例えば、当業者であれば、自動車以外の応用、例えば携帯型消費者向け電子装置の充電器、例えば歯ブラシ、携帯電話、および他の装置を充電するため使用されるもの（例えば、Power Mat（商標））における誘導コイルアライメントにも多数の応用が可能であることが理解されるであろう。そのような装置では1若しくはそれ以上の巻線を使用し、アライメントが問題になる。コイルが重なり合う場合でも、本明細書で説明するアライメント技術は、電力伝送を高める上で役立つ。携帯電話充電器の例示的な実施形態では、アプリまたは他の通知手段が携帯電話にロードされて、当該携帯電話が充電コイル上で適切に位置合わせされると音または振動を生じるようにする。これは、特に自動車での応用において、運転者が下を見る必要なく電話と充電器のアライメントを示すことが望ましい場合に有用である。そのため、以上に述べた応用等は、以下の特許請求の範囲に含まれるものである。

10

【図1】



【図2】



【図 3】

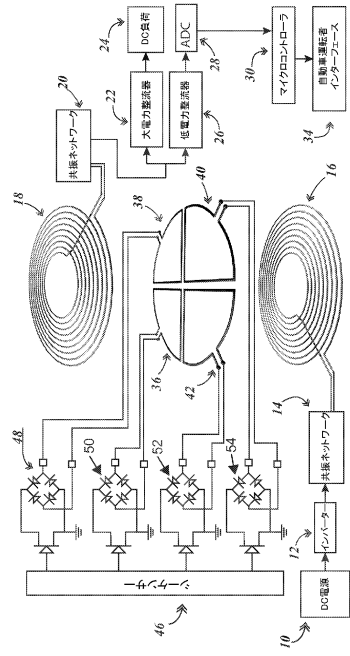


Figure 3.

フロントページの続き

(72)発明者 ダガ、アンドリュー、ウィリアム

アメリカ合衆国、19355 ペンシルバニア州、マルヴァーン、111 マウンテン ローレル
レーン

審査官 古河 雅輝

(56)参考文献 特開2010-206865(JP,A)

特開2010-206866(JP,A)

特開2013-031315(JP,A)

特表2013-529451(JP,A)

国際公開第2013/061615(WO,A1)

特表2010-527226(JP,A)

特開2013-132133(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 1/00 - 3/12

B60L 7/00 - 13/00

B60L 15/00 - 15/42

H01F 38/14

H01F 38/18

H01M 10/42 - 10/48

H02J 7/00 - 7/12

H02J 7/34 - 7/36

H02J 50/00 - 50/90

H04B 5/00 - 5/06