

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7172900号
(P7172900)

(45)発行日 令和4年11月16日(2022.11.16)

(24)登録日 令和4年11月8日(2022.11.8)

(51)国際特許分類

F I

H 0 2 J 50/50 (2016.01)

H 0 2 J 50/50

H 0 2 J 50/12 (2016.01)

H 0 2 J 50/12

H 0 2 J 7/00 (2006.01)

H 0 2 J 7/00

P

B 6 0 L 50/53 (2019.01)

H 0 2 J 7/00

3 0 1 D

B 6 0 L 53/122 (2019.01)

B 6 0 L 50/53

請求項の数 12 (全17頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2019-137401(P2019-137401)

(22)出願日 令和1年7月26日(2019.7.26)

(65)公開番号 特開2021-23003(P2021-23003A)

(43)公開日 令和3年2月18日(2021.2.18)

審査請求日 令和3年6月4日(2021.6.4)

(73)特許権者 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(74)代理人 110000028弁理士法人明成国際特許事務所

(72)発明者 角谷 勇人

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(72)発明者 高橋 英介

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(72)発明者 山口 宜久

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(72)発明者 ▲高▼橋 将也

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 走行中給電システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

走行中給電システム(500)であって、

道路(105)に設けられた送電コイル(40)と、

前記送電コイルに電力を供給する送電回路(30)と、

車両(202)に設けられた受電コイル(240f、240r)と、

前記受電コイルに接続される受電回路(230)と、

前記車両のタイヤに設けられた中継回路(70)であって、少なくとも直列に接続された2個の中継コイルを含み、2つの前記中継コイルは、前記タイヤの円周方向に沿った異なる位置に配置され、2個の前記中継コイルのうち的一方(71a1)の中継コイルが前記送電コイルと対向し、他方の中継コイル(71a2)が前記受電コイルと対向することで、前記送電コイルから前記受電コイルへの電力の伝送を中継する中継回路と、

を備え、

前記中継回路の共振周波数は、前記中継回路のインダクタンスが予め定められた大きさ以上のときに、前記送電コイルに印加される交流電圧の印加周波数を中心とした一定の範囲内の周波数である、走行中給電システム。

【請求項2】

走行中給電システムであって、

道路(105)に設けられた送電コイル(40)と、

前記送電コイルに電力を供給する送電回路(30)と、

車両（２０２）に設けられた受電コイル（２４０ｆ、２４０ｒ）と、

前記受電コイルに接続される受電回路（２３０）と、

前記車両のタイヤに設けられた中継回路（７０）であって、少なくとも直列に接続された２個の中継コイルを含み、２個の前記中継コイルのうち的一方（７１ａ１）の中継コイルが前記送電コイルと対向し、他方の中継コイル（７１ａ２）が前記受電コイルと対向することで、前記送電コイルから前記受電コイルへの電力の伝送を中継する中継回路と、
を備え、

前記中継回路の共振周波数は、前記送電コイルに印加される交流電圧の印加周波数を中心とした一定の範囲内の周波数であり、

前記中継回路は、２つの前記中継コイルと直列に接続された共振コンデンサ（Ｃ２）を有し、

10

前記共振コンデンサの容量は、前記中継回路のインダクタンスが予め定められた大きさ以上のときに、前記中継回路の共振周波数が前記印加周波数を中心とした一定の範囲内の周波数となる容量である、走行中給電システム。

【請求項３】

請求項２に記載の走行中給電システムであって、

前記共振コンデンサの容量は、前記中継回路のインダクタンスが極大になるときに、前記中継回路の共振周波数が前記印加周波数となる容量である、走行中給電システム。

【請求項４】

請求項１から請求項３のいずれか一項に記載の走行中給電システムであって、

20

前記中継回路は、位相の異なる複数の相に対応する中継コイルで構成されている、走行中給電システム。

【請求項５】

走行中給電システム（５００）であって、

道路（１０５）に設けられた送電コイル（４０）と、

前記送電コイルに電力を供給する送電回路（３０）と、

車両（２０２）に設けられた受電コイル（２４０ｆ、２４０ｒ）と、

前記受電コイルに接続される受電回路（２３０）と、

前記車両のタイヤに設けられた中継回路（７０）であって、少なくとも直列に接続された２個の中継コイルを含み、２つの前記中継コイルは、２個の前記中継コイルのうち的一方（７１ａ１）の中継コイルが前記送電コイルと対向し、他方の中継コイル（７１ａ２）が前記受電コイルと対向することで、前記送電コイルから前記受電コイルへの電力の伝送を中継する中継回路と、

30

を備え、

前記中継回路の共振周波数は、前記中継回路のインダクタンスが予め定められた大きさ以上のときに、前記送電コイルに印加される交流電圧の印加周波数を中心とした一定の範囲内の周波数であり、

前記中継回路は、位相の異なる複数の相に対応する中継コイルで構成されている、走行中給電システム。

【請求項６】

40

請求項１から請求項５のいずれか一項に記載の走行中給電システムであって、さらに

前記送電回路の動作を制御する制御装置（５０）を備え、

前記車両は、前記タイヤとして前輪タイヤ（６０）と後輪タイヤ（６２）とを有し、

前記中継回路として、前記前輪タイヤに設けられた中継回路（７０）と、前記後輪タイヤに設けられた中継回路（８０）とを有し、

前記送電コイルとして、前記前輪タイヤに設けられた中継回路に電力を送電する第１送電コイル（４０ｆ）と、前記後輪タイヤに設けられた中継回路に電力を送電する第２送電コイル（４０ｒ）とを有し、

前記制御装置は、前記第１送電コイルに印加する第１電圧の位相と前記第２送電コイルに印加する第２電圧の位相とを調整する、走行中給電システム。

50

【請求項 7】

走行中給電システム（500）であって、
道路（105）に設けられた送電コイル（40）と、
前記送電コイルに電力を供給する送電回路（30）と、
車両（202）に設けられた受電コイル（240f、240r）と、
前記受電コイルに接続される受電回路（230）と、
前記車両のタイヤに設けられた中継回路（70）であって、少なくとも直列に接続された2個の中継コイルを含み、2つの前記中継コイルは、2個の前記中継コイルのうち的一方（71a1）の中継コイルが前記送電コイルと対向し、他方の中継コイル（71a2）が前記受電コイルと対向することで、前記送電コイルから前記受電コイルへの電力の伝送を中継する中継回路と、

10

前記送電回路の動作を制御する制御装置（50）と、
を備え、
前記中継回路の共振周波数は、前記中継回路のインダクタンスが予め定められた大きさ以上のときに、前記送電コイルに印加される交流電圧の印加周波数を中心とした一定の範囲内の周波数であり、

前記車両は、前記タイヤとして前輪タイヤ（60）と後輪タイヤ（62）とを有し、
前記中継回路として、前記前輪タイヤに設けられた中継回路（70）と、前記後輪タイヤに設けられた中継回路（80）とを有し、

前記送電コイルとして、前記前輪タイヤに設けられた中継回路に電力を送電する第1送電コイル（40f）と、前記後輪タイヤに設けられた中継回路に電力を送電する第2送電コイル（40r）とを有し、

20

前記制御装置は、前記第1送電コイルに印加する第1電圧の位相と前記第2送電コイルに印加する第2電圧の位相とを調整する
る、走行中給電システム。

【請求項 8】

請求項 6 または請求項 7 に記載の走行中給電システムであって、
前記第2電圧の位相は、前記第1電圧の位相が発生させる磁束を打ち消す位相である、
走行中給電システム。

【請求項 9】

30

請求項 8 に記載の走行中給電システムであって、
前記制御装置は、前記第1電圧の位相と前記第2電圧の位相が、逆相となるように制御する、走行中給電システム。

【請求項 10】

請求項 6 から請求項 9 のいずれか一項に記載の走行中給電システムであって、
前記制御装置は、
前記車両から前記車両のホイールベース情報（WB）を取得し、
前記第1電圧の位相と前記第2電圧の位相とを調整する、
走行中給電システム。

【請求項 11】

40

請求項 6 から請求項 10 のいずれか一項に記載の走行中給電システムであって、
前記制御装置は、
前記車両の操舵角情報と車速情報とを取得し、
前記第1電圧と、前記第2電圧の大きさを、操舵角情報と車速情報に応じて制御する、
走行中給電システム。

【請求項 12】

請求項 6 から請求項 11 のいずれか一項に記載の走行中給電システムであって、
前記制御装置は、
前記車両から前記車両の車速情報と、前記車両のホイールベース情報とを取得し、
前記車両の車速情報とホイールベース情報とに応じて前記第1送電コイルに電圧を印

50

加してから前記第2送電コイルに電圧を印加するまでのタイミングを制御する、走行中給電システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、走行中の車両などの移動体に電力を供給する走行中給電システムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、走行中非接触給電システムが開示されている。この走行中非接触給電システムでは、地上側に埋め込んだ送電コイルから車両の床下に搭載した受電コイルに電力を伝送している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2016-220353号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1の方法では、送電コイルと受電コイルとの間隔が広いため、送電効率を大きくすることが難しかった。また車両によって、送電コイルと受電コイルとの間隔が変わってしまうという問題もあった。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の一形態によれば、走行中給電システム(500)が提供される。この走行中給電システムは、道路(105)に設けられた送電コイル(40)と、前記送電コイルに電力を供給する送電回路(30)と、車両(202)に設けられた受電コイル(240f、240r)と、前記受電コイルに接続される受電回路(230)と、前記車両のタイヤに設けられた中継回路(70)であって、少なくとも直列に接続された2個の中継コイルを含み、2個の前記中継コイルのうち的一方(71a1)の中継コイルが前記送電コイルと対向し、他方の中継コイル(71a2)が前記受電コイルと対向することで、前記送電コイルから前記受電コイルへの電力の伝送を中継する中継回路と、を備え、前記中継回路の共振周波数は、前記送電コイルに印加される交流電圧の印加周波数を中心とした一定の範囲内の周波数である。この形態によれば、中継コイルを介して送電コイルから受電コイルに電力を伝送するので、送電コイルと受電コイルとの間隔を考慮しなくても良い。車両により、送電コイルと受電コイルとの間隔が変わってしまうという問題も考慮しなくても良い。送電コイルと、受電コイルと、中継コイルの共振周波数は、予め定めた周波数を中心とした一定の範囲内の周波数であるので、送電コイルから受電コイルへの伝送効率を良くすることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0006】

40

【図1】走行中給電システムのブロック図である。

【図2】前輪タイヤの一部を透過した斜視図である。

【図3A】前輪タイヤの側面の断面及び一部を透過した図である。

【図3B】前輪タイヤの断面図である。

【図4】送電コイル、中継コイル、受電コイルの等価回路である。

【図5】タイヤの回転角とインダクタンスの関係を示すグラフである。

【図6】中継コイルの巻き方と電力伝送量を示す説明図である。

【図7】中継コイルと送電コイルの大きさの関係を示す説明図である。

【図8】2つの中継コイルに電力を伝送する例を示す説明図である。

【図9】送電コイルに生じる磁束と漏洩磁界を示す説明図である。

50

【図 1 0】前後のタイヤに逆相の電圧を印加する制御フローチャートである。

【図 1 1】前輪タイヤの中継コイルへの電圧印加と、後輪タイヤの中継コイルへの電圧印加のタイミングを説明する説明図である。

【図 1 2】図 1 1 における制御フローチャートである。

【図 1 3】車両がカーブを曲がる時のタイヤと送電コイルの位置の関係を示す説明図である。

【図 1 4】図 1 3 における制御フローチャートである。

【図 1 5】道路における送電コイルの位置を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

・第 1 実施形態：

図 1 に示すように、第 1 実施形態の走行中給電システム 500 は、道路 105 に設けられた送電システム 100 と、車両 202 側の受電システム 200 とを備える。走行中給電システム 500 は、車両 202 の走行中に送電システム 100 から車両 202 に給電することが可能なシステムである。車両 202 は、例えば、電気自動車やハイブリッド車として構成される。

【0008】

道路 105 側の送電システム 100 は、複数の送電コイル 40 と、複数の送電コイル 40 のそれぞれに交流電圧を印加して電力を供給する複数の送電回路 30 と、複数の送電回路 30 に電力を供給する外部電源 10（以下「電源 10」と略す。）と、コイル位置検出部 20 と、制御装置 50 と、を備えている。

【0009】

複数の送電コイル 40 は、道路 105 の進行方向に沿って設置されている。送電回路 30 は、電源 10 から供給される直流電圧を高周波の交流電圧に変換して送電コイル 40 に印加する回路であり、インバータ回路、フィルタ回路、共振回路を含んでいる。本実施形態では、インバータ回路、フィルタ回路、共振回路については、周知のもののなので、説明を省略する。電源 10 は、電力を送電回路 30 に供給する回路である。例えば、電源 10 は、系統電源から力率改善回路（PFC）を介して送電回路 30 へ供給される。PFC については、図示を省略している。電源 10 が出力する直流電圧は、完全な直流電圧でなくともよく、ある程度の変動（リップル）を含んでいても良い。

【0010】

コイル位置検出部 20 は、車両 202 の前輪タイヤ 60 に搭載されている中継回路 70 の送電コイル 40 に対する相対的な位置を検出する。コイル位置検出部 20 は、例えば、複数の送電回路 30 における送電電力や送電電流の大きさから中継回路 70 の位置を検出しても良く、あるいは、車両 202 との無線通信や車両 202 の位置を検出する位置センサを利用して中継回路 70 の位置を検出しても良い。制御装置 50 は、コイル位置検出部 20 で検出された中継回路 70 の位置に応じて、中継回路 70 に近い 1 つ以上の送電回路 30 回路と送電コイル 40 に送電を実行させる。

【0011】

車両 202 は、メインバッテリー 210 と、補機バッテリー 215 と、制御装置 220 と、受電回路 230 と、受電コイル 240 f と、DC/DC コンバータ回路 260 と、インバータ回路 270 と、モータジェネレータ 280 と、補機 290 と、前輪タイヤ 60、後輪タイヤ 62 と、を備えている。受電コイル 240 f は、受電回路 230 に接続されており、受電回路 230 の出力には、メインバッテリー 210 と、DC/DC コンバータ回路 260 の高圧側と、インバータ回路 270 と、が接続されている。DC/DC コンバータ回路 260 の低圧側には、補機バッテリー 215 と、補機 290 とが接続されている。インバータ回路 270 には、モータジェネレータ 280 が接続されている。

【0012】

前輪タイヤ 60 は、中継回路 70 を有している。中継回路 70 は、中継コイルを有し、中継コイルは、前輪タイヤ 60 のトレッド面に沿って埋め込まれている。中継コイルにつ

10

20

30

40

50

いては、後述する。中継コイルは、送電コイル 40 との間の電磁誘導によって誘導起電力を生じる。受電コイル 240 f は、前輪タイヤ 60 の鉛直上方に配置されている。受電コイル 240 f は、中継コイルとの間の電磁誘導によって誘導起電力を生じる。すなわち、中継回路 70 は、送電コイル 40 から受電コイル 240 f への給電を中継する。

【0013】

受電回路 230 は、受電コイル 240 f から出力される交流電圧を直流電圧に変換する整流回路を含む。なお、受電回路 230 は、整流回路にて生成した直流の電圧を、メインバッテリー 210 の充電に適した電圧に変換する DC / DC コンバータ回路を含んでいても良い。受電回路 230 から出力される直流電圧は、メインバッテリー 210 の充電や、インバータ回路 270 を介したモータジェネレータ 280 の駆動に利用することができ、また、DC / DC コンバータ回路 260 を用いて降圧することで、補機バッテリー 215 の充電や、補機 290 の駆動にも利用可能である。

【0014】

メインバッテリー 210 は、モータジェネレータ 280 を駆動するための比較的高い直流電圧を出力する 2 次電池である。モータジェネレータ 280 は、3 相交流モータとして動作し、車両 202 の走行のための駆動力を発生する。モータジェネレータ 280 は、車両 202 の減速時にはジェネレータとして動作し、3 相交流電圧を発生する。インバータ回路 270 は、モータジェネレータ 280 がモータとして動作するとき、メインバッテリー 210 の直流電圧を 3 相交流電圧に変換してモータジェネレータ 280 に供給する。インバータ回路 270 は、モータジェネレータ 280 がジェネレータとして動作するとき、モータジェネレータ 280 が出力する 3 相交流電圧を直流電圧に変換してメインバッテリー 210 に供給する。

【0015】

DC / DC コンバータ回路 260 は、メインバッテリー 210 の直流電圧を、補機 290 の駆動に適した直流電圧に変換して補機バッテリー 215 及び補機 290 に供給する。補機バッテリー 215 は、補機 290 を駆動するための直流電圧を出力する 2 次電池である。補機 290 は、車両 202 の空調装置や電動パワーステアリング装置、ヘッドライト、ウインカ、ワイパー等の周辺装置や車両 202 の様々なアクセサリーを含む。DC / DC コンバータ回路 260 は無くても良い。

【0016】

制御装置 220 は、車両 202 内の各部を制御する。制御装置 220 は、走行中非接触給電を受ける際には、受電回路 230 を制御して受電を実行する。

【0017】

図 2、図 3 A、図 3 B に示すように、前輪タイヤ 60 は、外周面に沿って配置されている 6 個の中継コイル 71 a 1、71 a 2、71 b 1、71 b 2、71 c 1、71 c 2 を有する。6 個の中継コイルを区別しない場合には、「中継コイル 71」と呼ぶ。図 2 では、中継コイル 71 は 4 ターンで形成されているが、後述するインダクタンスや共振周波数に応じて適切なターン数で巻かれている。また、図 2 では、中継コイル 71 a 2 は透過した全部を図示しているが、中継コイル 71 c 1、71 b 2 は透過して見える一部のみ図示している。なお、図 3 以降では、図を見やすくするため、1 ターンで図示する。中継コイル 71 a 1 と 71 a 2 は前輪タイヤ 60 の回転中心 O に対して点対称位置にある。中継コイル 71 b 1 と 71 b 2、中継コイル 71 c 1 と 71 c 2 も、同様に、前輪タイヤ 60 の回転中心 O に対して点対称位置にある。一方の中継コイル 71 a 1 が送電コイル 40 と対向しているときには、他方の中継コイル 71 a 2 は、受電コイル 240 f に対向している。中継コイル 71 b 1 と 71 b 2、中継コイル 71 c 1 と 71 c 2 も、同様である。中継コイル 71 a 1 と 71 a 2、後述するように、直列に接続されている。中継コイル 71 a 1 が送電コイル 40 に対向しているとき、中継コイル 71 a 2 は、受電コイル 240 f に対向している。このとき、送電コイル 40 が発生する磁束 ϕ は、中継コイル 71 a 1 を貫き、中継コイル 71 a 1 に誘起電流を生じさせ、送電コイル 40 から中継コイル 71 a 1 に電力が伝送される。中継コイル 71 a 1 に電力が伝送されると、中継コイル 71 a 1 と直

10

20

30

40

50

列に接続された中継コイル 71 a 2 にも電流が流れ、磁束 ϕ を発生させる。中継コイル 71 a 2 が発生させた磁束 ϕ は、受電コイル 240 f を通り、中継コイル 71 a 2 から受電コイル 240 f に電力が伝送される。すなわち、前輪タイヤ 60 が 180° 回転し、中継コイル 71 a 2 が送電コイル 40 と対向すると、対称位置にある中継コイル 71 a 1 は、受電コイル 240 f に対向する。中継コイル 71 b 1、71 b 2、71 c 1、71 c 2 についても同様である。

【0018】

図 4 に示すように、中継コイル 71 a 1 と 71 a 2 は、2 つの共振コンデンサ C 2 を挟んで直列に接続されて 1 つの中継回路 70 を構成してもよい。なお、図 1 から図 3 B においては、コンデンサの図示を省略している。中継コイル 71 b 1 と 71 b 2、中継コイル 71 c 1 と 71 c 2 についても同様に 2 つの共振コンデンサ C 2 を挟んで直列に接続されて、それぞれ中継回路 70 を構成している。すなわち、1 つの前輪タイヤ 60 は、3 つの中継回路 70 を備えている。なお、前輪タイヤ 60 が備える中継回路 70 の数は、3 つに限られず 1 つ以上であればよい。送電コイル 40 には、直列に共振コンデンサ C 1 が接続されており、受電コイル 240 f には、直列に共振コンデンサ C 3 が接続されている。送電コイル、受電コイルに関しては、コイルと並列に共振コンデンサが接続されてもよく、送電コイルの前段、受電コイルの後段にフィルタ等を設けてもよい。

【0019】

送電コイル 40 のインダクタンスを L_1 、送電コイル 40 及び配線の電気抵抗を R_1 、中継コイル 71 a 1 のインダクタンスを L_2 とすると道路 105 側の送電コイル 40 を含むインピーダンス Z_1 は、

$$Z_1 = R_1 + j(\omega_1 \cdot L_a - 1 / (\omega_1 \cdot C_1))$$

$$L_a = L_1 + L_2 \pm 2M_a = L_1 + L_2 \pm 2k_a(L_1 \cdot L_2)^{1/2}$$

で表される。 ω_1 は、角周波数であり、 M_a は、送電コイル 40 と、中継コイル 71 a 1 との間の相互インダクタンスであり、 k_a は送電コイル 40 と、中継コイル 71 a 1 との結合係数である。なお、相互インダクタンス M_a 、結合係数 k_a は、前輪タイヤ 60 の回転角により変動する値である。相互インダクタンス M_a の前の $\pm$ の符号は、貫く磁束 ϕ 回りの 2 つのコイルの巻き向きが同じ場合には「+」、逆向きの場合には「-」である。また、送電コイル 40 に印加される電圧の周波数 f_1 との間には、

$$\omega_1 = 2\pi f_1$$

の関係がある。

上式において、 Z_1 を最小とする周波数 f_1 は、

$$f_1 = 1 / (2\pi(L_a \cdot C_1)^{1/2})$$

である。

【0020】

受電コイル 240 f のインダクタンスを L_3 、受電コイル 240 f 及び配線の電気抵抗を R_3 、共振回路以外の電気抵抗を R とすると、受電コイル 240 f を含むインピーダンス Z_3 は、

$$Z_3 = R_3 + R + j(\omega_3 \cdot L_c - 1 / (\omega_3 \cdot C_3))$$

$$L_c = L_2 + L_3 \pm 2M_c = L_2 + L_3 \pm 2k_c(L_2 \cdot L_3)^{1/2}$$

で表され、

Z_3 を最小にする周波数 f_3 は、

$$f_3 = 1 / (2\pi(L_c \cdot C_3)^{1/2})$$

である。

【0021】

中継コイル 71 a 1、71 a 2 のインダクタンスを L_2 、中継コイル 71 a 1、71 a 2 及び配線の電気抵抗を R_2 、受電コイル 240 f のインダクタンスを L_3 とすると、中継コイル 71 a 1、71 a 2 と 2 つの共振コンデンサ C 2 を含むインピーダンス Z_2 は、

$$Z_2 = 2R_2 + j(\omega_2 \cdot L_b - 2 / (\omega_2 \cdot C_2))$$

$$L_b = L_a + L_c$$

で表される。ここで、 Z_2 を最小にする周波数 f_2 は、

$$f_2 = 1 / (2\pi (L_b \cdot C_2)^{1/2})$$

である。中継コイル 71b1、71b2を含む回路、中継コイル 71c1、71c2を含む回路についても同様である。

【0022】

ここで、共振周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 が送電コイル 40 に印加する電圧の印加周波数と同じであれば、送電コイル 40 から中継コイル 71a1 に効率よく電力を送電し、中継コイル 71a2 から受電コイル 240f に効率よく電力を送電できる。なお、周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 は、完全に一致していなくても、後述する中継コイル 71a1、71a2を含む中継回路 70 のインダクタンス L_b を極大にする共振周波数を中心とした一定の範囲内の周波数であればよい。

【0023】

図 5 は、中継コイル 71a1、71a2 を含む中継回路 70 のインダクタンス L_b を示す。インダクタンス L_b は、中継コイル 71a1、71a2 が、送電コイル 40、受電コイル 240f と対向する位置で極大となる。これは、図 2、3 に示すように、中継コイル 71a1 が送電コイル 40 と対向する位置で、送電コイル 40 と中継コイル 71a1 を通る磁束 ϕ が極大となり、中継コイル 71a2 と受電コイル 240f を通る磁束 ϕ が極大となるからである。前輪タイヤ 60 が回転し、中継コイル 71a1 が送電コイル 40 と対向する位置からずれ、中継コイル 71a2 が受電コイル 240f と対向する位置からずれると、インダクタンス L_b は小さくなる。その後、中継コイル 71a1 が受電コイル 240f と対向し、中継コイル 71a2 が送電コイル 40 と対向する位置まで前輪タイヤ 60 が回転すると、インダクタンス L_b は極大になる。送電コイル 40 と中継コイル 71a2 を通る磁束 ϕ が極大となり、中継コイル 71a1 と受電コイル 240f を通る磁束 ϕ が極大となるからである。

【0024】

ここで、共振コンデンサ C_2 の容量をインダクタンス L_b の極大値 L_{max} 、あるいはインダクタンス L_b の極大値 L_{max} から設計値 W の範囲となるような容量にする。こうすれば、前輪タイヤ 60 が回転すると、回転角によりインダクタンス L_b が小さくなり、共振が崩れてインピーダンス Z_2 が大きくなる。その結果、中継コイル 71a1、71a2 に流れる電流 I が少なくなり、損失を少なくできる。

【0025】

設計値 W は、以下のように決定される。前輪タイヤ 60 に含まれる中継コイル 71 の数を N とすると、設計値 W を、 $2L_{max}/N$ とし、共振コンデンサ C_2 の容量を、インダクタンス L_b が L_{max} から $L_{max}(1-2/N)$ の範囲に入るような容量とする。図 2 から図 4 に示す例では、 N の値は 6 であるので、共振コンデンサ C_2 の容量を、インダクタンス L_b が L_{max} から $2L_{max}/3$ の範囲に入るような容量とする。こうすれば、中継コイル 71a1、71a2 が電力を伝送している間は、中継コイル 71b1、71b2 を含む回路、中継コイル 71c1、71c2 を含む回路の共振が崩れるため、中継コイル 71b1、71b2、71c1、71c2 に電流が流れにくくなり、損失を少なくし、電力伝送効率を向上させることができる。中継コイル 71b1、71b2 が電力を伝送する場合、中継コイル 71c1、71c2 が電力を伝送する場合も同様である。

【0026】

このように、共振コンデンサ C_2 の容量を、送電コイル 40 と、受電コイル 240f と、中継コイル 71a1 から 71c2 の共振周波数が予め定めた周波数を中心とした一定の範囲内の周波数となるような容量とすれば、損失を少なくし、電力伝送効率を向上させることができる。

【0027】

図 6 に中継コイルの巻き方を示す。巻き方 A は、単相巻を示す。単相巻では、3 つの中継回路 70 の 6 個の中継コイル 71a1、71a2、71b1、71b2、71c1、71c2 が前輪タイヤ 60 のトレッド面に沿って配置されている。

【0028】

巻き方Bは、三相同心巻を示す。三相同心巻では、3相の中継回路70u、70v、70wを備える。各相の中継回路70u、70v、70wは、それぞれ、単相巻と同様に3つの中継回路70、すなわち、6個の中継コイル71a1、71a2、71b1、71b2、71c1、71c2を備えている。また、3相の中継回路70u、70v、70wは、前輪タイヤ60のトレッド面の外周から内周に順に配置されている。また、3相の中継回路70u、70v、70wは、それぞれの中継コイル71a1、71a2、71b1、71b2、71c1、71c2の中心が重ならないように、中心が円周方向に沿ってほぼ均等にずれて配置され、位相が異なっている。すなわち、中継回路70u、70v、70wは、位相の異なる複数の相であるU相、V相、W相に対応する中継コイル71a1、71a2、71b1、71b2、71c1、71c2で構成されている。三相同心巻は、中継回路70uの電力伝送が小さいときには、中継回路70vまたは中継回路70wによって補っている。他の中継回路70v、70wの電力伝送が小さいときも同様である。そのため、全体の電力伝送を大きくできる。また、3相の中継回路70u、70v、70wは、前輪タイヤ60のトレッド面の外周から内周に順に配置されている。ので、中継回路70u、70v、70wを含む前輪タイヤ60の製造が容易である。

10

【0029】

巻き方Bは、三相重巻を示す。三相重巻も、三相同心巻と同様に、3相の中継回路70u、70v、70wを備える。中継回路70u、70v、70wは、それぞれ、単相巻と同様に、3つの中継回路70、すなわち、6個の中継コイル71a1、71a2、71b1、71b2、71c1、71c2を備えている。三相重巻においても、中継回路70u、70v、70wは、位相の異なる複数の相であるU相、V相、W相に対応する中継コイル71a1、71a2、71b1、71b2、71c1、71c2で構成されている。三相同心巻では、3相の中継回路70u、70v、70wは、前輪タイヤ60のトレッド面の外周から内周に順に配置されているのに対し、三相重巻では、中継回路70u、70v、70wは、等価であり、前輪タイヤ60の回転軸を中心として互いに回転対称である点が異なる。三相重巻は、三相同心巻と同様に、全体の電力伝送を大きくできる。三相重巻では、中継回路70u、70v、70wは、等価であるので、中継回路70u、70v、70wの電力伝送は等しく、前輪タイヤ60の回転角度により脈動せずほぼ一定となる。

20

【0030】

このように、中継コイルが複数の相で構成される三相同心巻にすれば、受電コイル240fへの電力伝送を大きくできる。さらに、三相重巻にすれば、受電コイル240fにおける受電電力の脈動を抑制できる。

30

【0031】

・第2実施形態：

図7に示す例は、6つの中継回路、すなわち、12個の中継コイル71a1～71a4、71b1～71b4、71c1～71c4を有している。12個の中継コイル71a1～71a4、71b1～71b4、71c1～71c4は、前輪タイヤ60のトレッド面に沿って配置されている。隣接する中継コイル71a1と71a3は、コイルの巻き向きが逆である。隣接する中継コイル71a2と71a4も、コイルの巻き向きが逆である。他の中継コイル71b1～71b4、71c1～71c4についても同様である。なお、図7に示す例では、隣接している中継コイル71a3と中継コイル71b1は、コイルの巻き向きは、同じである。但し、すべての隣接する中継コイルが互いに逆の巻き向きであってもよい。

40

【0032】

道路105には、複数の送電コイル40が道路105に沿って配置されている。送電コイル40に電流を流したときにN極、S極は、交互になっている。この場合、送電コイル40の巻き向きを交互にして、送電コイル40に同じ向きの電流を流してもよく、送電コイル40の巻き向きを同じにして、1つ置きに異なる向きの電流を送電コイル40に流してもよい。

50

【0033】

中継コイル71a1～71a4、71b1～71b4、71c1～71c4は、前輪タイヤ60の外周に沿って、ピッチL1で配置されている。一方、送電コイル40は、道路105に沿って、ピッチL2で配置されている。図7に示す例では、前輪タイヤ60の外周に沿って12個の中継コイル71a1から71c4があり、その円周長Ltは、12L1である。一方、道路105には、円周長Ltの長さに10個の送電コイル40があり、Lt=10L2である。すなわち、L1≠L2であり、中継コイル71a1～71a4、71b1～71b4、71c1～71c4のピッチL1と送電コイル40のピッチL2は、不等である。車両202は、道路105を自由に走ることができるため、中継コイル71a1は、必ず送電コイル40と重なる訳では無い。ここで、中継コイル71a1～71a4、71b1～71b4、71c1～71c4のピッチL1と送電コイル40のピッチL2が異なると、どれかの送電コイル40から中継コイル71a1～71a4、71b1～71b4、71c1～71c4のうちのどれかへ電力伝送できるので、全体として電力伝送を平準化でき、受電電力の脈動を抑制できる。

10

【0034】

上記説明では、中継コイル71a1～71a4、71b1～71b4、71c1～71c4のピッチL1と送電コイル40のピッチL2は、不等としたが、中継コイル71a1～71a4、71b1～71b4、71c1～71c4のトレッド面に沿った円弧長L3と、送電コイル40の道路105に沿った長さL4と、を不等としてもよい。同様に、どれかの送電コイル40から中継コイル71a1～71a4、71b1～71b4、71c1～71c4のうちのどれかへ電力伝送できるので、全体として電力伝送を平準化でき、受電電力の脈動を抑制できる。

20

【0035】

・第3実施形態：

上記説明では、送電コイル40から前輪タイヤ60の中継コイル70を経由して受電コイル240fに電力を伝送する場合を例にとって説明したが、送電コイル40から後輪タイヤ62の中継回路80を経由して受電コイル240rに電力を伝送してもよく、この両方で電力を伝送しても良い。図8に示す第3実施形態例では、第1送電コイル40fから前輪タイヤ60の中継コイル70を経由して受電コイル240fに電力を伝送するとともに、第1送電コイル40fから後輪タイヤ62の中継回路80を経由して受電コイル240rに電力を伝送している。この場合、中継回路70と80に対向する2つの送電コイル40f、40rには、電圧が印加されオンとなるが、中継回路70と80に対向していない他の送電コイル40には電圧が印加されずオフである。

30

【0036】

第1送電コイル40fに第1電圧を印加し、第2送電コイル40rに第2電圧を印加する場合、図9に示すように、2つの送電コイル40f、40rに同じ向きの磁束φが生じるように第1電圧の位相と第2電圧の位相を調整する場合と、2つの送電コイル40f、40rに逆向きの磁束φが生じさせ、磁束を打ち消すように第1電圧の位相と第2電圧の位相を調整する場合がある。本実施形態では、2つの送電コイル40f、40rに逆向きの磁束φが生じるように2つの送電コイル40f、40rに第1電圧、第2電圧を印加している。こうすれば、前輪タイヤ60側の磁束と、後輪タイヤ62側の磁束とが閉じるので、磁束の漏れを抑制できる。具体的には、すべての送電コイル40が同じ向きの巻かれている場合には、第1電圧の位相と第2電圧の位相を逆相となるようにシフトさせる。また、送電コイル40の巻き方が交互に逆向きの場合、2つの送電コイル40f、40rの巻き向きが同じ場合には、第1電圧の位相と第2電圧の位相を逆相となるようにシフトさせ、2つの送電コイル40f、40rの巻き向きが逆向きの場合には、第1電圧の位相と第2電圧の位相を同じ位相にする。逆相とする場合、180°位相をシフトさせることが好ましいが、位相差は、180°から多少、例えば、±10%程度ずれていても良い。

40

【0037】

図10を用いては、第1電圧の位相と第2電圧の位相を逆にする制御の一例について説

50

明する。制御装置 50 は、図 10 の制御フローチャートを予め定められた時間毎に実行する。ステップ S10 では、制御装置 50 は、車両 202 のホイールベース情報 WB を取得する。ホイールベースの長さを示すホイールベース情報 WB は、車両 202 の設計時に決まり、制御装置 220 に格納されている。ステップ S20 では、制御装置 50 は、制御回路 30 に指示して、送電コイル 40 f に第 1 電圧を印加させる。ステップ S30 では、制御装置 50 は、ホイールベース情報 WB から、送電コイル 40 r を決定する。具体的には、送電コイル 40 r は、送電コイル 40 f から車両 202 のホイールベースの長さだけ後方の送電コイル 40 である。ステップ S40 では、制御装置 50 は、制御回路 30 に指示して、送電コイル 40 f の磁束の向きと送電コイル 40 r の磁束の向きが逆向きとなるように、送電コイル 40 r に第 2 電圧を印加させる。その結果、前輪タイヤ 60 側の磁束と、後輪タイヤ 62 側の磁束とが閉じるので、磁束の漏れを抑制できる。

10

【0038】

車両 202 が前進方向に移動する場合、図 11 に示すように、前輪タイヤ 60 が第 1 送電コイル 40 f の上を通過するときには、コイル位置検出部 20 が、中継回路 70 を検知してから第 1 送電コイル 40 f に電力を供給するまでに有意な時間 t_1 が存在する。後輪タイヤ 62 が第 2 送電コイル 40 r の上を通過するときにも、同様に、コイル位置検出部 20 が、中継回路 80 の中継コイルを検知してから第 2 送電コイル 40 r に電力を供給するまでに、同様の時間が存在する。本実施形態では、送電回路 30 は、車両 202 から車両 202 の車速情報と、車両 202 のホイールベース情報 WB とを取得し、前輪タイヤ 60 の中継回路 70 に電力を伝送する第 1 送電コイルに電圧を印加してから、後輪タイヤ 62 の中継回路 80 に電力を伝送する第 2 送電コイル 40 r に電圧を印加するまでのタイミングを調整する。図 11 に示す例では、第 2 送電コイル 40 r への電圧印加タイミングを t_2 だけ早めている。

20

【0039】

図 12 を用いて、制御装置 50 が実行する第 1 電圧印加から第 2 電圧印加までのタイミング調整の制御の一例を説明する。制御装置 50 は、図 12 に示すフローチャートを、一定時間毎に実行する。ステップ S100 では、制御装置 50 は、車両 202 の制御装置 220 から、車両 202 の車速と、ホイールベース情報 WB を取得する。制御装置 220 は、例えば、前輪タイヤ 60 の回転速度を検出するセンサを備え、前輪タイヤ 60 の回転速度から車両 202 の速度を取得できる。

30

【0040】

ステップ S110 では、制御装置 50 は、車速とホイールベース情報 WB 都を用いて、第 1 電圧印加から第 2 電圧印加までの時間 t_3 を算出する。ステップ S120 では、送電コイル 40 f の上に前輪タイヤ 60 の中継回路 70 が存在することを検知すると、制御装置 50 は、送電コイル 40 f に第 1 電圧を印加する。ステップ S130 では、時間 t_3 が経過したか否かを判断し、経過した場合には、ステップ S140 に移行する。ステップ S140 では、送電コイル 40 r に第 2 電圧を印加する。

【0041】

この制御によれば、第 2 送電コイル 40 r から車両 202 へ効率よく電力を供給できる時間を増加させ、より多くの電力を伝送できる。

40

【0042】

図 13 は、車両 202 がカーブを曲がる場合を示す。車両 202 がカーブを曲がる場合には、内輪差により、後輪タイヤ 62 は、前輪タイヤ 60 よりも内側を通る。この場合、前輪タイヤ 60 は、送電コイル 40 の上を通過するが、後輪タイヤ 62 は、送電コイル 40 の上を通過しない場合がある。かかる場合、送電回路 30 は、車両 202 の操舵角情報と車速情報とを取得し、車両 202 から第 1 送電コイル 40 f に印加する第 1 電圧と、第 2 送電コイル 40 r に印加する第 2 電圧とを、操舵角情報と車速情報に応じて制御してもよい。

【0043】

図 14 を用いて、第 1 電圧と第 2 電圧の制御の一例について説明する。制御装置 50 は

50

、図14のフローチャートを予め定められた時間毎に実行する。ステップS200では、制御装置50は、車両202の制御装置220から、車両202の操舵角と車速とを取得する。制御装置220は、車両202のハンドルに設けられたセンサを用いて操舵角を取得できる。ホールベース情報WBを取得する。ステップS210では、第1電圧と第2電圧とを基準の電圧から変更する制御が必要か否かを判断する。必要な場合には、ステップS220に移行する。ステップS220では、制御装置50は、第1電圧を基準電圧としたときの第2電圧を算出する。ステップS230では、制御装置50は、送電コイル40fに第1電圧を印加する。ステップS240では、制御装置50は、送電コイル40rに第2電圧を印加する。このように、第1電圧と第2電圧の大きさを制御することで、上を中継回路80が通過しない第2送電コイル40rに第2電圧をゼロまたは小さくできるので、無駄な電力の供給を抑制できる。なお、制御装置50は、図14に示す制御に、図10に示す制御を組合わせて、第1電圧と第2電圧の位相も制御するようにしても良い。

【0044】

図15を用いて、道路105上における送電コイル40の配置位置について説明する。道路105が図15に示すように、双方向に通行する2つの車線を有する道路の場合、それぞれの車線における、2つ車線の中央に近い位置に送電コイル40を配置する。車両202は、車線の中央に近い前輪タイヤ60に中継回路70を備える。具体的には、左側通行の場合には、右側の前輪タイヤ60r、右側通行の場合には、左側の前輪タイヤ60lに中継回路70を備える。こうすれば、送電コイル40が発生させる磁束が道路105の端に漏れにくいため、道路105の端における磁束の影響を抑制できる。中継回路80を後輪タイヤ62に備える場合も同様である。

【0045】

本開示に記載の制御装置及びその手法は、コンピュータプログラムにより具体化された一つまたは複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。あるいは、本開示に記載の制御装置及びその手法は、一つ以上の専用ハードウェア論理回路によってプロセッサを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。もしくは、本開示に記載の制御装置及びその手法は、一つまたは複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリと一つ以上のハードウェア論理回路によって構成されたプロセッサとの組み合わせにより構成された一つ以上の専用コンピュータにより、実現されてもよい。また、コンピュータプログラムは、コンピュータにより実行されるインストラクションとして、コンピュータ読み取り可能な非遷移有形記録媒体に記憶されていてもよい。

【0046】

本開示は、上述の実施形態や変形例に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の構成で実現することができる。例えば、発明の概要の欄に記載した各形態中の技術的特徴に対応する実施形態、変形例中の技術的特徴は、上述の課題の一部又は全部を解決するために、あるいは、上述の効果の一部又は全部を達成するために、適宜、差し替えや、組み合わせを行うことが可能である。また、その技術的特徴が本明細書中に必須なものとして説明されていなければ、適宜、削除することが可能である。

【符号の説明】

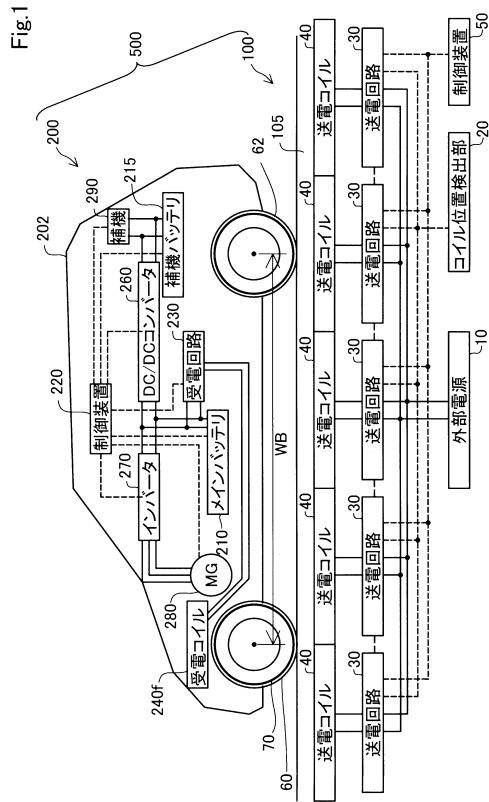
【0047】

10…電源、40…送電コイル、40f…第1送電コイル、40r…第2送電コイル、50…制御装置、100…送電システム、105…道路、200…受電システム、202…車両、210…メインバッテリー、215…補機バッテリー、220…制御装置、230…受電回路、240f…受電コイル、240r…受電コイル、260…DC/DCコンバータ回路、270…インバータ回路、280…モータジェネレータ、290…補機、60…前輪タイヤ、62…後輪タイヤ、70、70u、70v、70w、80…中継回路、71a1～71a4、71b1～71b4、71c1～71c4…中継コイル、500…走行中

給電システム

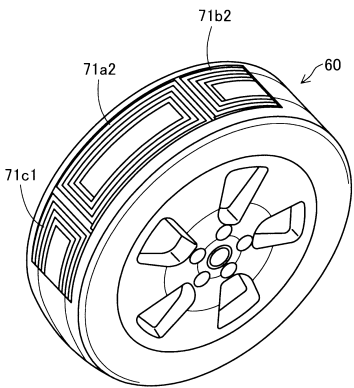
【図面】

【図 1】



【図 2】

Fig.2

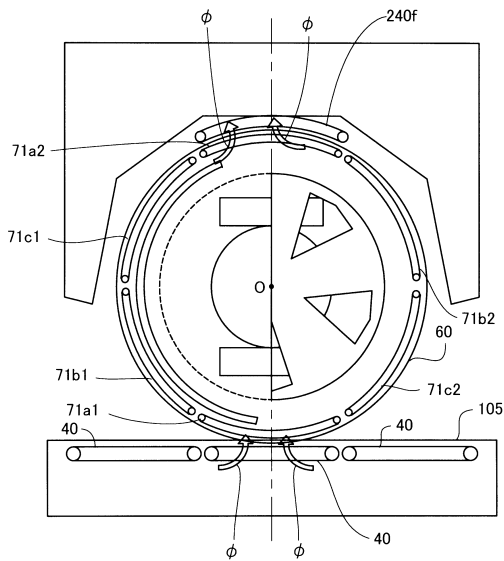


10

20

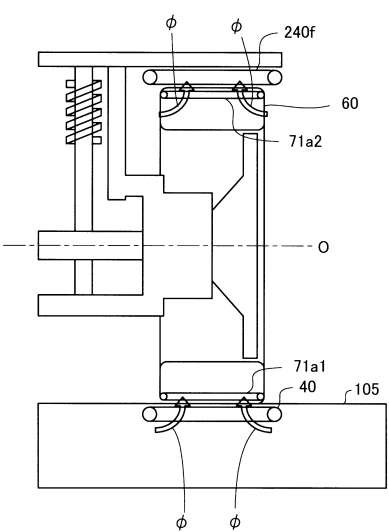
【図 3 A】

Fig.3A



【図 3 B】

Fig.3B



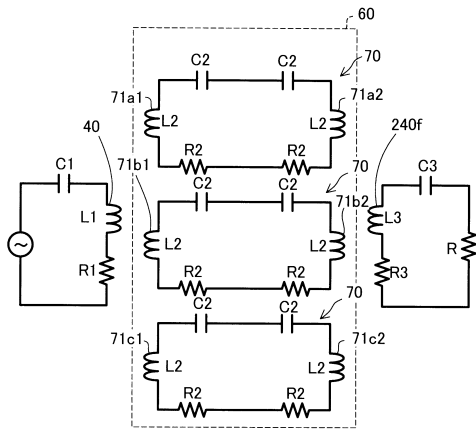
30

40

50

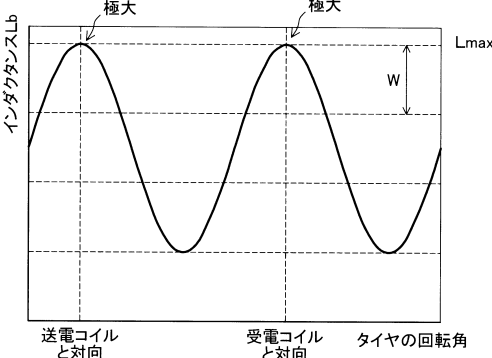
【図 4】

Fig.4



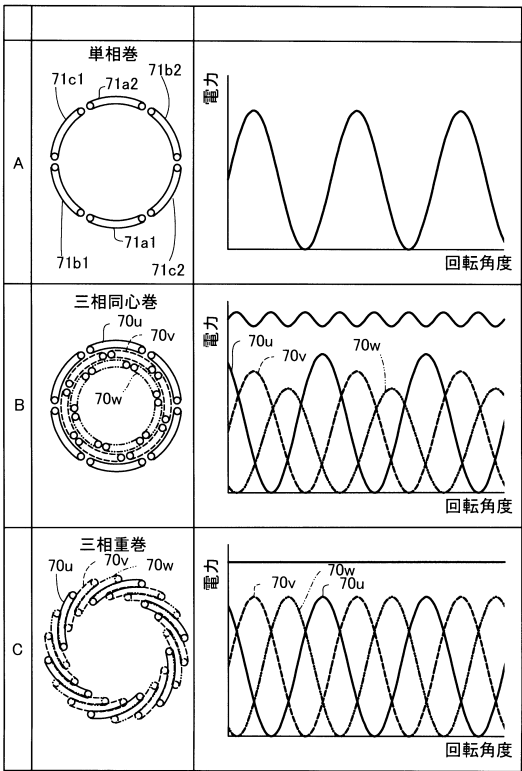
【図 5】

Fig.5



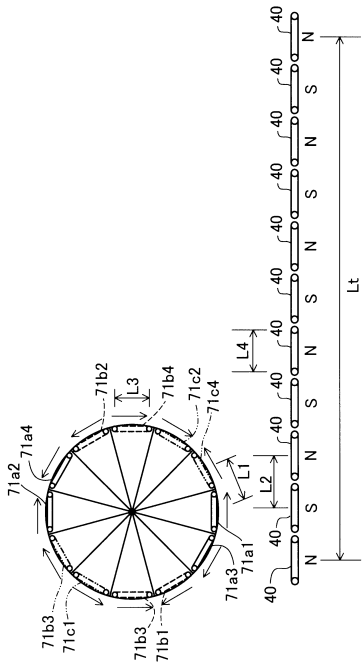
【図 6】

Fig.6



【図 7】

Fig.7



10

20

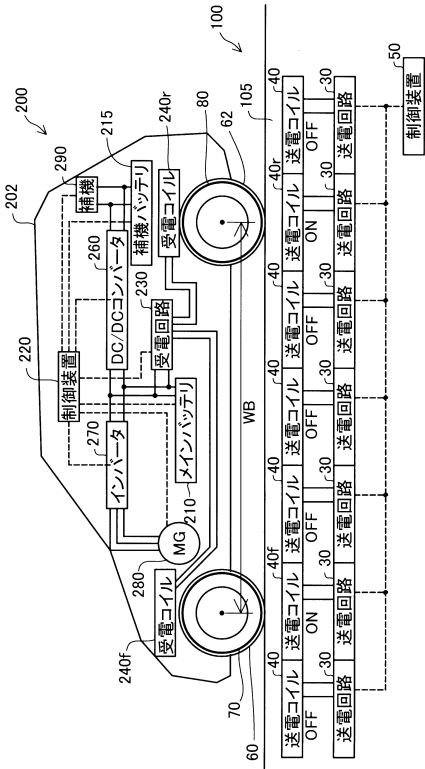
30

40

50

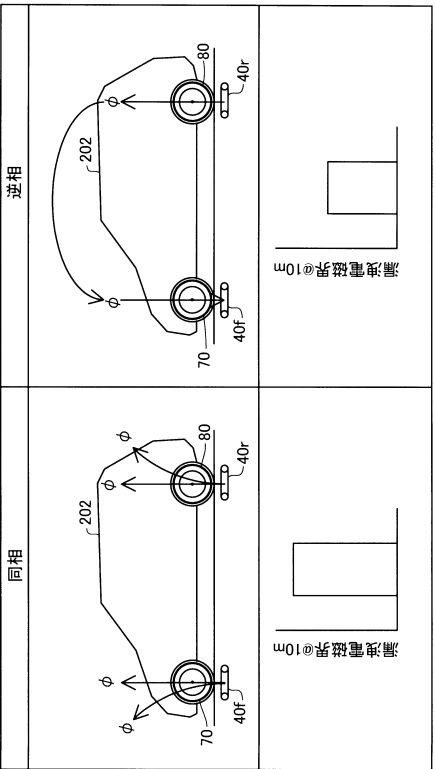
【図 8】

Fig.8



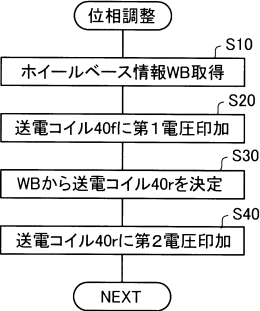
【図 9】

Fig.9



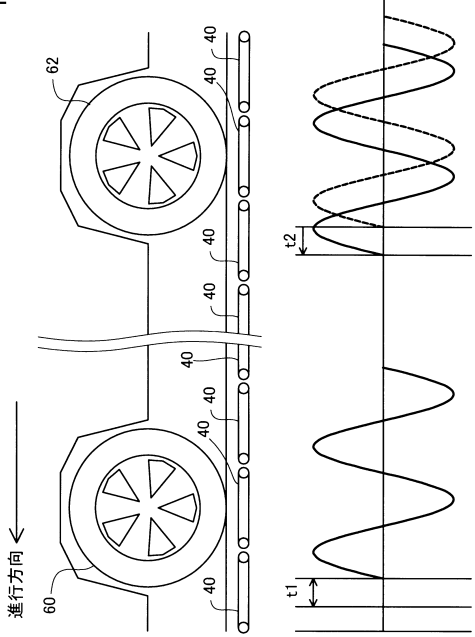
【図 10】

Fig.10



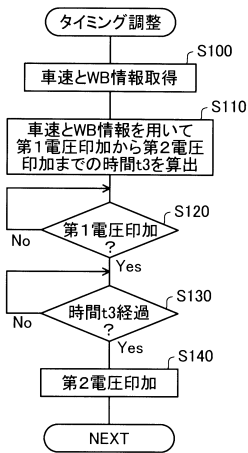
【図 11】

Fig.11



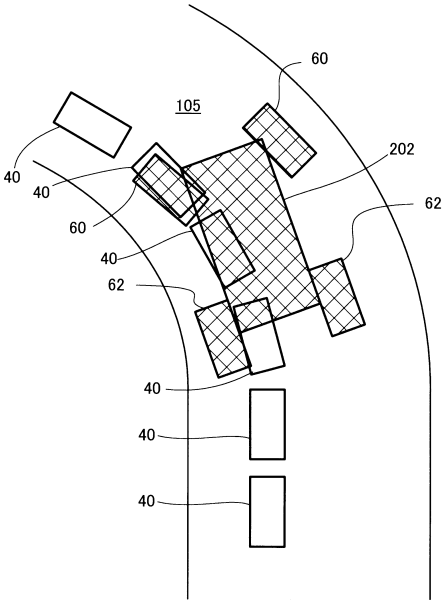
【図 1 2】

Fig.12



【図 1 3】

Fig.13

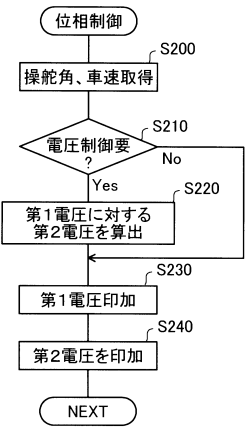


10

20

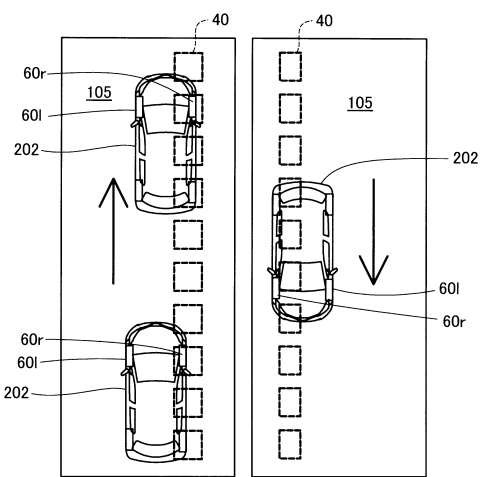
【図 1 4】

Fig.14



【図 1 5】

Fig.15



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

B 6 0 L 5/00 (2006.01)**B 6 0 L 53/122****B 6 0 M 7/00 (2006.01)****B 6 0 L 5/00****B****B 6 0 M 7/00****X**

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 早川 卓哉

(56)参考文献 韓国登録特許第10-1217655 (KR, B1)

特開2011-130614 (JP, A)

特開2013-051744 (JP, A)

中国特許出願公開第106143185 (CN, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H02J50/00-50/90

H02J7/00-7/12

H02J7/34-7/36

H02J5/00

B60L1/00-3/12

B60L5/00-5/42

B60L7/00-13/00

B60L15/00-58/40

B60M1/00-7/00

B60C1/00-19/12

B60C23/00-99/00