

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6150002号
(P6150002)

(45) 発行日 平成29年6月21日 (2017. 6. 21)

(24) 登録日 平成29年6月2日 (2017. 6. 2)

(51) Int. Cl.	F I
H O 2 J 50/10 (2016. 01)	H O 2 J 50/10
H O 2 J 50/90 (2016. 01)	H O 2 J 50/90
H O 2 J 50/80 (2016. 01)	H O 2 J 50/80

請求項の数 3 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2016-504887 (P2016-504887)	(73) 特許権者	000003997
(86) (22) 出願日	平成26年2月25日 (2014. 2. 25)		日産自動車株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2014/054510		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(87) 国際公開番号	W02015/128938	(74) 代理人	100083806
(87) 国際公開日	平成27年9月3日 (2015. 9. 3)		弁理士 三好 秀和
審査請求日	平成28年9月20日 (2016. 9. 20)	(74) 代理人	100101247
			弁理士 高橋 俊一
		(74) 代理人	100095500
			弁理士 伊藤 正和
		(74) 代理人	100098327
			弁理士 高松 俊雄
		(72) 発明者	岡本 智史
			神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非接触給電システム及び送電装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

地上側に設けられ送電コイルを有する送電装置、及び車両に設けられ受電コイルを有する受電装置を備え、前記送電コイルから前記受電コイルへ非接触で電力を送電し、受電装置に搭載された電気負荷に給電する非接触給電システムにおいて、

前記送電装置は、送電電力指令値に基づいて、前記送電コイルに供給する電力を制御する電力制御部、を有し、

前記受電装置は、前記電気負荷に供給される電力と前記送電電力指令値から送電効率を演算する効率演算部と、前記送電効率が予め設定した閾値効率以下となった場合に、前記受電コイルで受電した電力の、前記電気負荷への供給を遮断する切替制御部と、を有し、

前記電力制御部は、前記電気負荷への電力の供給の遮断に起因して、送電コイルに流れる電流が閾値電流を上回った場合に、前記送電コイルに供給する電力を抑制する制御を行うこと

を特徴とする非接触給電システム。

【請求項 2】

前記電力制御部は、前記送電効率に基づいて、前記送電コイルに供給する電力を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の非接触給電システム。

【請求項 3】

前記電力制御部は、前記送電効率に拘わらず、前記送電コイルに供給する電力を一定値に制御することを特徴とする請求項 1 に記載の非接触給電システム。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気自動車等のバッテリーを備える車両に、非接触で電力を供給する非接触給電システム及び送電装置に関する。

【背景技術】

【0002】

地上側に設けられる送電装置から、車両側に設けられる受電装置に非接触で電力を供給して、車両に搭載された電気負荷に電力を供給する非接触給電システムが提案されている。このような非接触給電システムでは、車両を給電位置に停車させて給電を実行している際に、この給電位置から車両が移動する場合がある。このような場合には、送電コイルと受電コイルとの間にズレが生じるので、これを即時に検出して電力の供給を停止させる必要がある。

10

【0003】

送電装置と受電装置との間で通信を行い、適正な電圧を給電するように制御する技術として例えば、特許文献1に開示された技術が知られている。該特許文献1では、受電装置と送電装置との間を第2の周期で通信を行い、更に、送電装置にて第2の周期よりも短い第1の周期で送電電力が適正となるように制御することが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0004】

【特許文献1】国際公開第2013/046391号

【発明の概要】

【0005】

しかしながら、特許文献1に開示された従来例は、非接触給電の実行中に、送電コイルと受電コイルとの間に位置ズレが生じた場合に、送電電力を抑制することについて開示されていない。

【0006】

本発明は、このような従来の課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、送電コイルと受電コイルとの間に位置ズレが生じた場合に、送電電力を抑制することが可能な非接触給電システム、及び送電装置を提供することにある。

30

【0007】

本発明の一態様に係る非接触給電システムは、送電コイルを有する送電装置、及び受電コイルを有する受電装置を備え、送電コイルから受電コイルへ非接触で電力を送電し、受電装置に搭載された電気負荷に給電する。送電装置は、送電電力指令値に基づいて、送電コイルに供給する電力を制御する電力制御部、を有し、送電装置または受電装置は、送電効率を演算する効率演算部を有する。また、受電装置は、電気負荷への電力の供給、停止を切り替える切替部と、送電効率が閾値効率以下となった場合に、切替部を遮断して電力の供給を停止する切替制御部を有する。そして、電力制御部は、送電コイルに流れる電流が閾値電流を上回った場合に、送電コイルに供給する電力を抑制する制御を行う。

40

【0008】

本発明の一態様に係る送電装置は、送電コイルを有し、受電コイルを有する受電装置に非接触で電力を供給し、受電装置に搭載された電気負荷に給電する。そして、送電電力指令値に基づいて、送電コイルに供給する電力を制御する電力制御部と、送電コイルに供給される電流が過電流となったことを検出する過電流検出部を備える。電力制御部は、過電流検出部にて過電流が検出された際に、送電コイルに供給する電力を抑制する。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の実施形態に係る非接触給電システムの構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係る非接触給電システムの構成を示すブロック図である

50

。

【図 3】本発明の第 1 実施形態に係る非接触給電システムの、送電側コントローラの処理手順を示すフローチャートである。

【図 4】本発明の第 1 実施形態に係る非接触給電システムの、受電側コントローラの処理手順を示すフローチャートである。

【図 5】本発明の第 1 実施形態に係る非接触給電システムの、制御量演算部の構成を示すブロック線図である。

【図 6】本発明の第 2 実施形態に係る非接触給電システムの構成を示すブロック図である。

【図 7】本発明の第 2 実施形態に係る非接触給電システムの、送電側コントローラの処理手順を示すフローチャートである。 10

【図 8】本発明の第 2 実施形態に係る非接触給電システムの、受電側コントローラの処理手順を示すフローチャートである。

【図 9】本発明の第 3 実施形態に係る非接触給電システムの構成を示すブロック図である。

【図 10】本発明の第 3 実施形態に係る非接触給電システムの、送電側コントローラの処理手順を示すフローチャートである。

【図 11】本発明の第 3 実施形態に係る非接触給電システムの、受電側コントローラの処理手順を示すフローチャートである。

【図 12】本発明の第 4 実施形態に係る非接触給電システムの構成を示すブロック図である。 20

【図 13】本発明の第 4 実施形態に係る非接触給電システムの、送電側コントローラの処理手順を示すフローチャートである。

【図 14】本発明の第 4 実施形態に係る非接触給電システムの、受電側コントローラの処理手順を示すフローチャートである。

【図 15】第 4 実施形態の変形例に係る非接触給電システムの構成を示すブロック図である。

【図 16】第 4 実施形態の変形例に係る非接触給電システムの、送電側コントローラの処理手順を示すフローチャートである。

【図 17】第 4 実施形態の変形例に係る非接触給電システムの、受電側コントローラの処理手順を示すフローチャートである。 30

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。図 1 は、本発明に係る非接触給電システムの構成を示すブロック図である。図 1 に示すように、車両 200 は、受電装置 40 を備えており、車両 200 が停車する地上側のスペースには車両 200 に電力を給電する送電装置 10 が設けられている。送電装置 10 は、交流電源 91 より供給される交流電圧を整流する AC/DC 変換器 11 と、インバータ回路 12 と、共振回路 13、及び送電コイル 14 を備えている。更に、送電側コントローラ 30 を備えている。

【0011】

受電装置 40 は、受電コイル 41 と、共振回路 42 と、整流平滑回路 43 と、リレー 47、及びバッテリー 44 を備えている。更に、受電側コントローラ 50 と、バッテリー 44 より出力される直流電圧を交流電圧に変換するインバータ 15、及び該インバータ 15 より出力される交流電圧が供給されて駆動するモータ 16 を備えている。

【0012】

[第 1 実施形態の説明]

図 2 は、本発明の第 1 実施形態に係る非接触給電システムの構成を示すブロック図である。図 2 に示すように、該非接触給電システム 100 は、地上側に設置されて電力を送電する送電装置 10 と、該送電装置 10 より送電された電力を受電してバッテリー 44 (電気負荷) に給電する受電装置 40 と、を備えている。なお、本実施形態では、電気負荷の一 50

例としてバッテリー４４を用いる例について説明するが、本発明はこれに限定されず例えばモータ等の他の電気負荷とすることもできる。

【００１３】

送電装置１０は、交流電源９１より供給される交流電圧を直流電圧に変換するＡＣ／ＤＣ変換器１１と、該ＡＣ／ＤＣ変換器１１で直流化された電圧を所望の周波数及び振幅の交流電圧に変換するインバータ回路１２を備えている。更に、インバータ回路１２の出力電力を共振させる共振回路１３と、共振した電力を送電する送電コイル１４と、送電側コントローラ３０を備えている。

【００１４】

また、ＡＣ／ＤＣ変換器１１に供給される交流電流 I_{ac} を検出する電流計２１、及び交流電圧 V_{ac} を検出する電圧計２２を備えている。更に、インバータ回路１２に入力される直流電流 I_{dc} を検出する電流計２３、及び直流電圧 V_{dc} を検出する電圧計２４と、インバータ回路１２より出力される交流電流 I_1 を検出する電流計２５、及び交流電圧 V_1 を検出する電圧計２６を備えている。ＡＣ／ＤＣ変換器１１は、後述するＰＦＣ制御部３９より出力される制御信号により、交流電源９１より供給される交流電圧のデューティ比を制御して、所望の振幅となる直流電圧を生成する。

【００１５】

インバータ回路１２は、上アーム及び下アームからなる複数の半導体スイッチ（例えば、ＩＧＢＴ）を備え、後述するインバータ制御部３２より出力される制御信号により各半導体スイッチのオン、オフを切り替えることにより、所望する周波数及び振幅の交流電圧を生成する。

【００１６】

共振回路１３は、コンデンサ及び抵抗等の素子で構成され、インバータ回路１２より出力される交流電力を送電コイル１４との間で共振させる。即ち、送電コイル１４とコンデンサの共振周波数が、インバータ回路１２の出力周波数とほぼ一致するように設定されている。

【００１７】

送電コイル１４は、例えば渦巻き型、ディスク型、サーキュラー型、或いはソレノイド型のコイルであり、例えば、駐車スペースの地面に設けられている。そして、図１に示したように、車両２００が駐車スペース内の所定位置に停車した際に、受電コイル４１と対向する位置となるように設定されている（図１参照）。

【００１８】

また、送電側コントローラ３０は、力率演算部３１と、インバータ制御部３２と、制御量演算部２９（電力制御部）を備えている。更に、受電側コントローラ５０との間で通信を行う無線通信部３４（送電側通信部）と、該無線通信部３４の通信状態を監視する通信監視部３３と、無線通信により受信された電力指令値 P_{bat}^* を記憶するメモリ部３５、を備えている。ここで、「電力指令値 P_{bat}^* 」は、送電コイル１４より送電する電力の指令値（送電電力指令値）であり、受電装置４０より送信される。

【００１９】

力率演算部３１は、予め設定した所定の演算周期（第１の周期）で、インバータ回路１２に供給される直流電圧 V_{dc} 及び直流電流 I_{dc} と、インバータ回路１２より出力される交流電圧 V_1 及び交流電流 I_1 を取得し、これらの V_{dc} 、 I_{dc} 、 V_1 、 I_1 に基づいて、インバータ回路１２より出力される電力の力率 \cos （第２の効率）を演算する。具体的には、以下に示す（１）式にて力率 \cos を演算する。

$$\cos = (V_{dc} \times I_{dc}) / (V_1 \times I_1) \quad \dots (1)$$

【００２０】

つまり、前回の演算周期で取得した V_{dc} 、 I_{dc} 、 V_1 、 I_1 を用いて、今回の演算周期で使用する力率 \cos を求めることができる。なお、力率 \cos の演算方法は、上記（１）式に限らず、例えば、電圧 V_1 と電流 I_1 の位相差を測定し、この位相差から力率 \cos を算出する等、種々の方法を採用することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

インバータ制御部 3 2 は、力率演算部 3 1 にて演算される力率 \cos に基づき、電力指令値 P_{bat}^* となる電力が送電されるように、インバータ回路 1 2 の出力を制御する。

【 0 0 2 2 】

無線通信部 3 4 は、受電側コントローラ 5 0 との間で L A N (Local Area Network) 通信等により各種のデータ通信を行う。特に、受電側コントローラ 5 0 より電力指令値 P_{bat}^* が送信された場合にはこれを受信する。また、受電側コントローラ 5 0 より、充電電力の抑制指令信号が送信された場合にはこれを受信する。該無線通信部 3 4 では、上述した力率演算部 3 1 による力率 \cos の演算周期である第 1 の周期よりも長い第 2 の周期でデータ通信が行われる。従って、無線通信部 3 4 による通信が正常に行われている場合には、受電側コントローラ 5 0 より送信される電力指令値 P_{bat}^* が第 2 の周期で受信されることになる。

10

【 0 0 2 3 】

通信監視部 3 3 は、無線通信部 3 4 による通信状態を監視する。メモリ部 3 5 は、無線通信部 3 4 にて受信された電力指令値 P_{bat}^* を記憶し、記憶した電力指令値 P_{bat}^* を制御量演算部 2 9 に出力する。

【 0 0 2 4 】

制御量演算部 2 9 は、充電電力制御部 3 6 と、一次側電流演算部 3 7 と、一次側電流制御部 3 8 と、P F C 制御部 3 9 を備えている。充電電力制御部 3 6 は、メモリ部 3 5 に記憶されている電力指令値 P_{bat}^* 、及び力率演算部 3 1 で演算される力率 \cos を取得し、該力率 \cos を用いて電力指令値 P_{bat}^* を補正する。そして、補正後の電力指令値 $P_{bat}^{* '}$ を出力する。具体的には、下記 (3) 式により、補正後の電力指令値 $P_{bat}^{* '}$ を演算する。

20

$$P_{bat}^{* '}=P_{bat}^*/\cos \quad \dots (3)$$

【 0 0 2 5 】

一次側電流演算部 3 7 は、補正後の電力指令値 $P_{bat}^{* '}$ と、前回の演算周期で A C / D C 変換器 1 1 より出力された直流電圧 V_{dc} から、A C / D C 変換器 1 1 の出力電流指令値 I_{dc}^* を演算する。

【 0 0 2 6 】

一次側電流制御部 3 8 は、一次側電流演算部 3 7 で演算された出力電流指令値 I_{dc}^* 、及び前回の演算周期で A C / D C 変換器 1 1 より出力された直流電流 I_{dc} から、A C / D C 変換器 1 1 の出力電圧指令値 V_{dc}^* を演算する。

30

【 0 0 2 7 】

P F C 制御部 3 9 は、前回の演算周期で電圧計 2 4 にて検出された直流電圧 V_{dc} と、一次側電流制御部 3 8 より出力される出力電圧指令値 V_{dc}^* から、A C / D C 変換器 1 1 での変換制御のデューティ比を決定する。また、前回の演算周期で電流計 2 1 にて検出される電流 I_{ac} (交流電源 9 1 より出力される電流)、及び電圧計 2 2 にて検出される電圧 V_{ac} (交流電源 9 1 より出力される電圧) を取得し、電流 I_{ac} と電圧 V_{ac} が同相となるように、デューティ比の指令値を適宜変更する。このデューティ比の指令値は、A C / D C 変換器 1 1 に出力される。従って、A C / D C 変換器 1 1 では、電力指令値 P_{bat}^* となる電力が送電コイル 1 4 より送電されるように、出力電圧 V_{dc} が制御される。

40

【 0 0 2 8 】

一方、受電装置 4 0 は、送電コイル 1 4 より送信される電力を非接触で受電する受電コイル 4 1 と、該受電コイル 4 1 で受電した電力を共振させる共振回路 4 2 と、共振回路 4 2 より出力される交流電圧を直流電圧に変換し、且つ平滑化する整流平滑回路 4 3 を備えている。更に、送電装置 1 0 より送電された電力を充電するバッテリー 4 4 と、整流平滑回路 4 3 とバッテリー 4 4 の接続、遮断を切り替えるリレー 4 7 (切替部) と、受電側コントローラ 5 0 と、を備えている。また、整流平滑回路 4 3 より出力される電流 I_{bat} を検出する電流計 4 5、及び電圧 V_{bat} を検出する電圧計 4 6 を備えている。

【 0 0 2 9 】

50

受電コイル 4 1 は、例えば、渦巻き型、ディスク型、サーキュラー型、或いはソレノイド型のコイルであり、例えば車両の底面に搭載される。そして、車両が駐車スペース内の所定の充電位置に停車した際に、この充電位置の地面に設置されている送電コイル 1 4 と互いに向き合うようになっている。

【 0 0 3 0 】

共振回路 4 2 は、コンデンサ及び抵抗等の素子で構成され、受電コイル 4 1 で受電した交流電力を共振させる。即ち、受電コイル 4 1 とコンデンサからなる回路の共振周波数が、送電コイル 1 4 より送電される交流電力の周波数とほぼ一致するように設定されている。

【 0 0 3 1 】

整流平滑回路 4 3 は、例えばダイオードブリッジ回路からなる整流回路と、コンデンサを備えた平滑回路を備えている。そして、共振回路 4 2 より出力された交流電圧を整流し、更に平滑化してバッテリー 4 4 に供給する。

【 0 0 3 2 】

リレー 4 7 は、接続された際には、受電コイル 4 1 で受電された電力をバッテリー 4 4 (電気負荷) に供給し、遮断された際には、バッテリー 4 4 への電力供給を停止する。即ち、リレー 4 7 は、受電コイル 4 1 で受電した電力の、電気負荷 (バッテリー 4 4) への供給、停止を切り替える切替部としての機能を備えている。

【 0 0 3 3 】

受電側コントローラ 5 0 は、送電側コントローラ 3 0 に設けられる無線通信部 3 4 との間で L A N 通信等の無線通信を行う無線通信部 5 1 (受電側通信部) と、該無線通信部 5 1 による通信状態を監視する通信監視部 5 2 と、C A N 通信部 5 3 と、効率演算部 5 5 と、リレー制御部 5 4 (切替制御部) と、を備えている。

【 0 0 3 4 】

C A N 通信部 5 3 は、B U S ライン 5 8 を介してバッテリー制御部 5 6、車両制御部 5 7 等の各種の制御部と接続され、C A N (Controller Area Network) 通信により、データの送受信を行う。バッテリー制御部 5 6 は、電力指令値 P_{bat}^* を生成し、B U S ライン 5 8 を経由して C A N 通信部 5 3 に出力する。

【 0 0 3 5 】

効率演算部 5 5 は、C A N 通信部 5 3 を経由して送信される電力指令値 P_{bat}^* を取得し、更に、電流計 4 5 で検出される電流 I_{bat} 、及び電圧計 4 6 で検出される電圧 V_{bat} を取得し、これらのデータから送電装置 1 0 と受電装置 4 0 との間の電力の送電効率 (第 1 の効率) を演算する。具体的には、 I_{bat} と V_{bat} を乗算して送電電力 P_{bat} を演算し、更に、下記 (2) 式で送電効率 を演算する。

$$= P_{bat} / P_{bat}^* = (I_{bat} \cdot V_{bat}) / P_{bat}^* \quad \dots (2)$$

【 0 0 3 6 】

そして、上記 (2) 式で演算された送電効率 が予め設定した閾値効率 η_{th} 以下となった場合には、リレー制御部 5 4 に遮断指令信号を出力する。更に、充電電力の抑制指令信号を出力する。この抑制指令信号は、無線通信部 5 1 を経由して送電装置 1 0 に送信される。

【 0 0 3 7 】

リレー制御部 5 4 は、効率演算部 5 5 より遮断指令信号が供給された場合には、リレー 4 7 を遮断して、バッテリー 4 4 への電力供給を停止する。即ち、効率演算部 5 5 で演算される送電効率 が低下して、閾値効率 η_{th} 以下となった場合には、送電コイル 1 4 と受電コイル 4 1 との間に何らかの異常が生じているものと判断し、バッテリー 4 4 への電力供給を停止させる。

【 0 0 3 8 】

そして、第 1 実施形態に係る非接触給電システム 1 0 0 では、力率演算部 3 1 にて演算される力率 $\cos \phi$ が、予め設定した閾値力率よりも低くなった場合に、充電電力制御部 3 6 により演算する補正後の電力指令値 $P_{bat}^{*'}$ を抑制して、送電装置 1 0 から受電装置 4

10

20

30

40

50

0へ送電する電力を抑制する。なお、「抑制する」とは「低減する」こと及び「ゼロにする」ことを含む概念である。

【0039】

また、効率演算部55で演算される送電効率 η が閾値効率 η_{th} 以下となった場合に、リレー47を遮断するので、送電コイル14からみた受電コイル41やバッテリー44を含む受電装置40側の回路は、オープン状態となる。その結果、送電コイル14、受電コイル41やバッテリー44を含む回路全体のインピーダンスが上昇し、インバータ回路12より出力される電流 I_1 と電圧 V_1 の位相差が大きくなる。これにより、力率 $\cos\phi$ が低下するので、送電電力が抑制される。更に、送電効率 η が閾値効率 η_{th} 以下となった場合には、無線通信部51より送電側コントローラ30に充電電力の抑制指令信号が送信され、出力電力を抑制する制御が行われる。

10

【0040】

次に、第1実施形態に係る非接触給電システム100の作用を、図3、図4に示すフローチャートを参照して説明する。図3は、送電側コントローラ30による処理手順を示すフローチャートである。図3において、ステップS11～S15の処理は、演算開始後、1回目の演算周期にて実行する処理であり、S16以降の処理は、2回目以降の演算周期にて実行する処理である。

【0041】

初めに、ステップS11において、無線通信部34は、受電側コントローラ50の無線通信部51との間でLAN通信等による無線通信を行う。この無線通信は、前述したように、第2の周期で行われる。ステップS12において、無線通信部34は、受電側コントローラ50より送信された電力指令値 P_{bat}^* を受信する。即ち、図2に示したバッテリー制御部56より出力される電力指令値 P_{bat}^* は、無線通信部51より送信され、無線通信部34にて受信される。

20

【0042】

ステップS13において、制御量演算部29は、初期設定としてAC/DC変換器11の出力電圧 V_{dc} が最小値となるように、出力電圧指令値 V_{dc}^* を設定する。

【0043】

ステップS14において、インバータ制御部32は、インバータ回路12の駆動周波数、及びデューティ比を予め設定した一定値とし、該インバータ回路12を駆動させる。そして、ステップS15において、送電コイル14の励磁を開始する。即ち、送電コイル14に交流電流を流して磁束を発生させる。

30

【0044】

ステップS16において、電圧計22、電流計21、電圧計24、電流計23、電圧計26、及び電流計25は、それぞれ、電圧 V_{ac} 、電流 I_{ac} 、電圧 V_{dc} 、電流 I_{dc} 、電圧 V_1 、及び電流 I_1 を検出する。そして、電圧 V_{ac} 、電流 I_{ac} は制御量演算部29に供給され、電圧 V_{dc} 、電流 I_{dc} は制御量演算部29及び力率演算部31に供給され、電圧 V_1 、電流 I_1 は、力率演算部31に供給される。

【0045】

ステップS17において、力率演算部31は下記(1)式を用いて、インバータ回路12より出力される電力の力率 $\cos\phi$ を演算する。

40

$$\cos\phi = (V_{dc} \times I_{dc}) / (V_1 \times I_1) \quad \dots (1)$$

【0046】

ステップS18において、制御量演算部29は、電力指令値 P_{bat}^* を補正する。この処理では、以下に示す(3)式を用いて、補正後の電力指令値 $P_{bat}^{*'}$ を演算する。

$$P_{bat}^{*'} = P_{bat}^* / \cos\phi \quad \dots (3)$$

【0047】

ステップS19において、制御量演算部29は、図5に示すブロック線図に基づいて、電圧制御量 V_{dc}^* を演算する。図5に示すように、充電電力制御部36は、力率 $\cos\phi$ に基づいて電力指令値 P_{bat}^* を補正し、補正後の電力指令値 $P_{bat}^{*'}$ を生成する。図5に示す

50

一次側電流演算部 37 は、補正した電力指令値 P_{bat}^* を前回の演算周期で検出した電圧 V_{dc} で除することにより、電流指令値 I_{dc}^* を演算する。

【0048】

更に、減算器 18 にて、電流指令値 I_{dc}^* から前回の演算周期で検出した電流 I_{dc} を減算し、この減算結果に基づき、一次側電流制御部 38 にて P I 制御により、電圧指令値 V_{dc}^* を求める。そして、この電圧指令値 V_{dc}^* を P F C 制御部 39 に出力する。P F C 制御部 39 は、A C / D C 変換器 11 の出力電圧が、電圧指令値 V_{dc}^* となるように、デューティ比を制御する。こうすることにより、補正後の電力指令値 P_{bat}^* となる電力が送電コイル 14 から受電コイル 41 に送電されるように制御される。即ち、図 3 に示すステップ S 20 では、上記の演算により電圧指令値 V_{dc}^* を演算する。そして、この制御により、力率 \cos に応じた電力が送電装置 10 から受電装置 40 へ送電されることになる。

10

【0049】

ステップ S 21 において、制御量演算部 29 は、力率演算部 31 で演算される力率 \cos が予め設定した閾値力率を上回っているか否かを判断する。そして、閾値力率を上回っている場合には（ステップ S 21 で Y E S）、ステップ S 22 に処理を進める。一方、閾値力率以下である場合には（ステップ S 21 で N O）、ステップ S 23 に処理を進める。

【0050】

ステップ S 22 において、制御量演算部 29 は、受電側コントローラ 50 より送電抑制指令が送信されているか否かを判断する。送電抑制指令が送信されている場合には（ステップ S 22 で Y E S）、ステップ S 23 に処理を進め、送電抑制指令が送信されていない場合には（ステップ S 22 で N O）、ステップ S 16 に処理を戻す。

20

【0051】

ステップ S 23 において、制御量演算部 29 は、バッテリー 44 に供給する電力を抑制する制御を行う。具体的には、A C / D C 変換器 11 の出力電圧 V_{dc} を抑制する制御を行う。つまり、力率 \cos が閾値力率以下となった場合、或いは送電抑制指令が受信された場合には、送電コイル 14 より送電する電力を抑制する制御が行われる。なお、上記したステップ S 21 の処理では、力率 \cos が閾値力率以下の場合に、ステップ S 23 に処理を進めるようにしているが、力率 \cos は、最大値である「1」に近づくと、却って送電が安定しない場合がある。従って、力率 \cos に上限値を設定し、この上限値を上回った場合についても、ステップ S 23 に処理を進めるようにしてもよい。

30

【0052】

次に、図 4 に示すフローチャートを参照して、受電側コントローラ 50 による処理手順について説明する。図 4 に示すステップ S 31、S 32 の処理は、演算開始後、1 回目の演算周期にて実行する処理であり、S 33 以降の処理は、2 回目以降の演算周期にて実行する処理である。

【0053】

初めに、ステップ S 31 において、無線通信部 51 は、送電側コントローラ 30 の無線通信部 34 と L A N 通信等による無線通信を行う。前述したように、この無線通信は第 2 の周期で行われる。ステップ S 32 において、無線通信部 51 は、バッテリー制御部 56 より出力される電力指令値 P_{bat}^* を無線通信にて送電側コントローラ 30 に送信する。

40

【0054】

ステップ S 33 において、効率演算部 55 は、電圧計 46 で検出された電圧 V_{bat} 、及び電流計 45 で検出された電流 I_{bat} を取得する。ステップ S 34 において、効率演算部 55 は、電圧 V_{bat} と電流 I_{bat} を乗算することにより、バッテリー 44 に供給される電力 P_{bat} を演算する。更に、この電力 P_{bat} 、及び電力指令値 P_{bat}^* に基づき、下記の (2) 式を用いて電力の送電効率 η を演算する。

$$\eta = P_{bat} / P_{bat}^* = (I_{bat} \cdot V_{bat}) / P_{bat}^* \quad \dots (2)$$

【0055】

ステップ S 35 において、効率演算部 55 は、上記 (2) 式で演算した効率 η が予め設定した閾値効率 η_{th} を上回っているか否かを判断する。そして、効率 η が閾値効率 η_{th} を

50

上回っている場合、即ち、 $\eta > \eta_{th}$ である場合には（ステップS35でYES）、ステップS33に処理を戻す。一方、効率 η が閾値効率 η_{th} 以下である場合、即ち、 $\eta < \eta_{th}$ である場合には（ステップS35でNO）、ステップS36において、リレー制御部54に遮断指令信号を出力する。リレー制御部54は、リレー47を遮断する。リレー47が遮断されることにより、インバータ回路12より出力される電圧V1と電流I1の位相差が大きくなり、力率 $\cos \phi$ が低下するので、送電電力が抑制されることになる。

【0056】

更に、ステップS37において、無線通信部51は、送電側コントローラ30の無線通信部34と通信し、ステップS38において、送電抑制指令を送信する。送信された送電抑制指令は、図3のステップS22の処理で検出され、ステップS23の処理で充電電力が抑制される。つまり、送電コイル14から受電コイル41への電力の送電効率 η が低下した場合に、送電コイル14による送電電力を抑制することができることになる。

【0057】

このようにして、第1実施形態に係る非接触給電システム100では、力率演算部31にてインバータ回路12より出力される電力の力率 $\cos \phi$ を演算し、この力率 $\cos \phi$ が予め設定した閾値力率以下となった場合に、AC/DC変換器11より出力する電圧Vdcを抑制する。従って、力率 $\cos \phi$ が低下した場合には、無線通信部34による通信周期である第2の周期よりも短い第1の周期で送電電力を抑制できる。従って、例えば車両が衝突することや人為的な移動等の理由により、送電コイル14と受電コイル41との間に位置ズレが生じた場合には、不必要な電力の送電を即時に抑制することができ、発熱などのトラブルの発生を防止することができる。また、受電側コントローラ50より送信されるデータを必要とせず、送電装置10での演算のみで力率 $\cos \phi$ の低下を検出して送電電力を抑制するので、無線通信部34と無線通信部51との間の無線通信が途絶えた場合でも、確実の送電電力を抑制することができる。

【0058】

また、力率 $\cos \phi$ を用いて送電効率を判断するので、例えば、インバータ回路12より出力される電流I1（送電コイル14に供給される電流）の大きさを検出して送電効率を判断する場合と対比して、より高精度に送電効率の低下を判断することが可能となる。つまり、電流I1は、有効成分及び無効成分の双方を含んでいるので、有効成分の大きさと無効成分の大きさを個別に判断することができない。これに対して、力率 $\cos \phi$ を用いて送電効率を判断する場合には、有効成分の変化が反映されるので、送電効率をより高精度に判断することができる。

【0059】

更に、効率演算部55にて演算される送電効率 η が閾値効率 η_{th} 以下となった場合には、リレー47を遮断するので、送電コイル14からみた受電コイル41やバッテリー44を含む受電装置40側の回路は、オープン状態となる。その結果、送電コイル14、受電コイル41やバッテリー44を含む回路全体のインピーダンスが上昇し、インバータ回路12より出力される電流I1と電圧V1の位相差が大きくなる。これにより、力率 $\cos \phi$ が低下するので、送電電力が抑制される。即ち、無線通信部34と無線通信部51との間の無線通信が途絶えた際に、受電側コントローラ50にて送電効率 η の異常が検出された場合においても、送電電力を抑制することができる。

【0060】

また、受電装置40にて効率 η の低下が検出された場合には、無線通信により送電抑制指令が送電側コントローラ30に送信され、送電電力が抑制される。従って、異常が発生しているにも拘わらず、力率 $\cos \phi$ が低下しない場合であっても、送電抑制指令により送電装置10からの送電電力が抑制されるので、より確実に電力の送電を抑制することが可能となる。

【0061】

[第1実施形態の変形例の説明]

前述した第1実施形態では、力率演算部31にて力率 $\cos \phi$ を演算し、該力率 $\cos \phi$ が閾

10

20

30

40

50

値力率以下となった際に、送電電力を抑制する例について説明した。変形例では、力率 \cos に代えて、インバータ回路12より出力される電流 I_1 を用いて、送電効率の低下を検出する。即ち、送電コイル14より送電される電力の送電効率が低下すると、電流 I_1 が増加する。この際、送電コイル14と受電コイル41との間の結合係数を k とすると、電流 I_1 と結合係数 k は、相関関係を有している。具体的には、結合係数 k が低下すると、電流 I_1 が増大するように変化する。

【0062】

そこで、電流 I_1 と結合係数 k の対応関係を示すマップを予め記憶し、電流 I_1 が検出された際には、このマップを参照して結合係数 k を算出し、該結合係数 k が所定の閾値レベルまで低下した場合に、送電電力を抑制する制御を行う。こうすることにより、前述した第1実施形態と同様に、送電コイル14と受電コイル41との間に位置ズレが生じた場合には、不必要な電力の送電を即時に抑制することができ、発熱などのトラブルの発生を防止することができる。

【0063】

[第2実施形態の説明]

次に、本発明の第2実施形態について説明する。図6は、第2実施形態に係る非接触給電システムの構成を示すブロック図である。図6に示すように、第2実施形態に係る非接触給電システム101は、図2に示した非接触給電システム100と対比して、送電装置10aに設けられる送電側コントローラ30aの構成が相違している。これ以外の構成は、図2と同一であるので、同一符号を付して構成説明を省略する。

【0064】

送電側コントローラ30aは、図2と同様に、無線通信部34と、通信監視部33と、メモリ部35と、制御量演算部29、及びインバータ回路12を制御するインバータ制御部32を備えている。これに加えて、電流計25で検出される電流 I_1 に基づいて、過電流を検知する過電流検出部71を備えている。また、図2に示した力率演算部31を備えていない。

【0065】

更に、無線通信部34は、無線通信部51との間で通信を行い、電力指令値 P_{bat}^* を受信し、これに加えて、無線通信部51より送信される送電効率 η を受信する。メモリ部35は、無線通信部34にて受信された電力指令値 P_{bat}^* 、及び送電効率 η を記憶する。

【0066】

制御量演算部29は、前述した図2と同様に、充電電力制御部36と、一次側電流演算部37と、一次側電流制御部38と、PFC制御部39を備えている。

【0067】

充電電力制御部36は、メモリ部35より出力される電力指令値 P_{bat}^* 、及び送電効率 η を取得し、送電効率 η に基づいて電力指令値 P_{bat}^* を補正する。そして、補正後の電力指令値 $P_{bat}^{*'}$ を出力する。具体的には、下記(4)式により、補正後の電力指令値 $P_{bat}^{*'}$ を演算し出力する。

$$P_{bat}^{*'} = P_{bat}^* / \eta \quad \dots (4)$$

一次側電流演算部37、一次側電流制御部38及びPFC制御部39については、前述した第1実施形態と同様であるので、詳細な説明を省略する。

【0068】

過電流検出部71は、インバータ回路12より出力される電流 I_1 を第1の周期で取得し、該電流 I_1 が予め設定した閾値電流を上回った際に、過電流が発生したものと判断する。そして、過電流検出信号を、PFC制御部39に出力する。PFC制御部39は、過電流検出部71で過電流が検出された場合には、AC/DC変換器11の出力電圧を抑制するように制御する。

【0069】

一方、受電側コントローラ50は、効率演算部55にて演算される送電効率 η を、CAN通信部53を経由して無線通信部51に出力する。無線通信部51は、送電効率 η を送

10

20

30

40

50

電側コントローラ 30a に送信する。送電効率 η は、前述した第 1 実施形態で示したように、下記 (2) 式で演算することができる。

$$\eta = P_{bat} / P_{bat}^* = (I_{bat} \cdot V_{bat}) / P_{bat}^* \quad \dots (2)$$

【0070】

次に、上述のように構成された第 2 実施形態に係る非接触給電システム 101 の作用を、図 7、図 8 に示すフローチャートを参照して説明する。図 7 は、送電側コントローラ 30a による処理手順を示すフローチャートである。図 7 において、ステップ S41 ~ S45 の処理は、演算開始後、1 回目の演算周期にて実行する処理であり、S46 以降の処理は、2 回目以降の演算周期にて実行する処理である。なお、ステップ S41 ~ S45 の処理は、図 3 に示したステップ S11 ~ S15 の処理と同一であるので、詳細な説明を省略する。

10

【0071】

ステップ S46 において、通信監視部 33 は、無線通信部 34 と、受電側コントローラ 50 の無線通信部 51 との通信周期である第 2 の周期であるか否かを判断する。第 2 の周期であれば (ステップ S46 で YES) ステップ S47 に処理を進め、第 2 の周期でなければ (ステップ S46 で NO)、ステップ S50 に処理を進める。

【0072】

ステップ S47 において、無線通信部 34 は、無線通信部 51 との間で無線通信を行う。ステップ S48 において、受電側コントローラ 50 より送電効率 η を受信する。ステップ S49 において、メモリ部 35 に記憶されている送電効率 η を更新する。

20

【0073】

ステップ S50 において、電圧計 22、電流計 21、電圧計 24、電流計 23、電圧計 26、及び電流計 25 は、それぞれ、電圧 V_{ac} 、電流 I_{ac} 、電圧 V_{dc} 、電流 I_{dc} 、電圧 V_1 、及び電流 I_1 を検出する。そして、電圧 V_{ac} 、電流 I_{ac} 、電圧 V_{dc} 、電流 I_{dc} は、制御量演算部 29 に供給され、電流 I_1 は、過電流検出部 71 に供給される。

【0074】

ステップ S51 において、制御量演算部 29 は、送電効率 η を用いて、電力指令値 P_{bat}^* を補正する。この処理では以下に示す (4) 式を用いて、補正後の電力指令値 $P_{bat}^{* '}$ を演算する。

$$P_{bat}^{* ' } = P_{bat}^* / \eta \quad \dots (4)$$

30

【0075】

ステップ S52 において、制御量演算部 29 は、前述した図 5 に示すブロック線図に基づいて、電圧制御量 V_{dc}^* を演算する。そして、ステップ S53 において、制御量演算部 29 は、電圧 V_{dc} の制御量を設定する。この演算の手法は、前述した第 1 実施形態と同様であるので、詳細な説明を省略する。そして、この制御により、送電効率 η に応じた電力が送電装置 10a から受電装置 40 へ送電されることになる。

【0076】

ステップ S54 において、制御量演算部 29 は、過電流検出部 71 にて過電流が検出されているか否かを判断する。後述するように、受電側コントローラ 50 にて送電効率 η の低下が検出され、リレー 47 が遮断された場合には、インバータ回路 12 の出力電流 I_1 が過電流となる。従って、出力電流 I_1 が過電流であるか否かを検出することにより、リレー 47 の遮断状態を認識することができる。そして、過電流が検出されていない場合には (ステップ S54 で NO)、ステップ S55 に処理を進め、過電流が検出された場合には (ステップ S54 で YES)、ステップ S56 に処理を進める。

40

【0077】

ステップ S55 において、制御量演算部 29 は、受電側コントローラ 50 より、送電抑制指令が送信されているか否かを判断し、送電抑制指令が送信されている場合には (ステップ S55 で YES)、ステップ S56 に処理を進め、送電抑制指令が送信されていない場合には (ステップ S55 で NO)、ステップ S46 に処理を戻す。

【0078】

50

ステップ S 5 6 において、制御量演算部 2 9 は、バッテリー 4 4 に供給する電力を抑制する制御を行う。具体的には、A C / D C 変換器 1 1 の出力電圧 V_{dc} を抑制することにより、送電コイル 1 4 から受電コイル 4 1 に送電する電力を抑制する。従って、リレー 4 7 が遮断された場合には、過電流検出部 7 1 にて過電流が検出され、ひいては送電電力が抑制されることになる。

【 0 0 7 9 】

次に、図 8 に示すフローチャートを参照して、受電側コントローラ 5 0 の処理手順について説明する。図 8 において、ステップ S 6 1、S 6 2 の処理は、演算開始後、1 回目の演算周期にて実行する処理であり、ステップ S 6 3 以降の処理は、2 回目以降の演算周期にて実行する処理である。なお、ステップ S 6 1、S 6 2 の処理は、前述した図 4 に示したステップ S 3 1、S 3 2 と同一であるので詳細な説明を省略する。

10

【 0 0 8 0 】

ステップ S 6 3 において、効率演算部 5 5 は、電圧計 4 6 で検出される電圧 V_{bat} 、及び電流計 4 5 で検出される電流 I_{bat} を取得する。ステップ S 6 4 において、効率演算部 5 5 は、電圧 V_{bat} と電流 I_{bat} を乗算することにより、バッテリー 4 4 に供給される電力 P_{bat} を演算する。更に、この電力 P_{bat} 、及び電力指令値 P_{bat}^* に基づき、下記の (2) 式により電力の送電効率 を演算する。

$$= P_{bat} / P_{bat}^* = (I_{bat} \cdot V_{bat}) / P_{bat}^* \quad \dots (2)$$

【 0 0 8 1 】

ステップ S 6 5 において、通信監視部 5 2 は、無線通信部 5 1 と、送電側コントローラ 3 0 a の無線通信部 3 4 との通信周期である第 2 の周期であるか否かを判断する。第 2 の周期であれば (ステップ S 6 5 で Y E S) ステップ S 6 6 に処理を進め、第 2 の周期でなければ (ステップ S 6 5 で N O)、ステップ S 6 8 に処理を進める。

20

【 0 0 8 2 】

ステップ S 6 6 において、無線通信部 5 1 は、送電側コントローラ 3 0 a の無線通信部 3 4 との間で無線通信を行う。ステップ S 6 7 において、無線通信部 5 1 は、送電側コントローラ 3 0 a に、送電効率 を送信する。この送電効率 は、図 7 のステップ S 4 8 の処理で、無線通信部 3 4 にて受信され、ステップ S 4 9 の処理でメモリ部 3 5 に記憶される。つまり、第 2 の周期が経過する毎に、メモリ部 3 5 に記憶される送電効率 が更新される。

30

【 0 0 8 3 】

ステップ S 6 8 において、効率演算部 5 5 は、効率 が予め設定した閾値効率 th を上回っているか否かを判断する。そして、効率 が閾値効率 th を上回っている場合、即ち、 $> th$ である場合には (ステップ S 6 8 で Y E S)、ステップ S 6 3 に処理を戻す。一方、効率 が閾値効率 th 以下である場合、即ち、 $\leq th$ である場合には (ステップ S 6 8 で N O)、ステップ S 6 9 において、リレー制御部 5 4 に遮断指令信号を出力する。リレー制御部 5 4 は、リレー 4 7 を遮断する。リレー 4 7 が遮断されることにより、インバータ回路 1 2 より出力される電流 I_1 が過電流となるので、送電電力が抑制されることになる。

【 0 0 8 4 】

40

更に、ステップ S 7 0 において、無線通信部 5 1 は、送電側コントローラ 3 0 a の無線通信部 3 4 と通信し、ステップ S 7 1 において、送電抑制指令を送信する。送信された送電抑制指令は、図 7 のステップ S 5 5 の処理で検出され、ステップ S 5 6 の処理で充電電力が抑制される。つまり、送電コイル 1 4 から受電コイル 4 1 への電力の送電効率 が低下した場合に、送電コイル 1 4 による送電電力を抑制することができることになる。

【 0 0 8 5 】

このようにして、第 2 実施形態に係る非接触給電システム 1 0 1 では、効率演算部 5 5 で演算される送電効率 が、予め設定した閾値効率 th 以下となった場合には、リレー 4 7 を遮断することにより、送電コイル 1 4 からみた受電コイル 4 1 やバッテリー 4 4 を含む受電装置 4 0 側の回路は、オープン状態となる。その結果、送電コイル 1 4、受電コイル

50

4 1 やバッテリー 4 4 を含む回路全体のインピーダンスが上昇し、インバータ回路 1 2 より出力される電流 I_1 が増加して過電流が発生する。そして、過電流検出部 7 1 にて過電流が検出され、AC/DC 変換器 1 1 より出力される電圧 V_{dc} が抑制される。その結果、送電コイル 1 4 から受電コイル 4 1 への送電電力を抑制することができる。この際、過電流の検出は、第 1 の周期で実行されるので、送電電力を迅速に抑制することができる。

【0086】

従って、例えば車両が衝突することや人為的な移動等の理由により、送電コイル 1 4 と受電コイル 4 1 との間に位置ズレが生じた場合には、不必要な電力の送電を即時に抑制することができる、発熱などのトラブルの発生を防止することができる。また、無線通信部 5 1 と無線通信部 3 4 との間の無線通信が途絶えた場合でも、送電電力を抑制できる。

10

【0087】

更に、受電側コントローラ 5 0 にて送電効率の低下が検出された場合には、無線通信により第 2 の周期で送電抑制指令が送電側コントローラ 3 0 a に送信され、送電電力が抑制される。従って、送電効率が低下しているにも拘わらず、リレー 4 7 が遮断されない場合であっても、送電抑制指令により送電コイル 1 4 より送電する電力が抑制され、より確実に不必要な電力の送電を抑制することが可能となる。

【0088】

更に、送電側コントローラ 3 0 a は、受電側コントローラ 5 0 より送信される送電効率に応じて、電力指令値 P_{bat}^* を補正して補正後の電力指令値 $P_{bat}^{*'}$ を演算し、この補正後の電力指令値 $P_{bat}^{*'}$ を用いて電圧指令値 V_{dc}^* を演算するので、送電効率に応じて 20
た送電電力の制御が可能となる。なお、インバータ回路 1 2 より出力される電流 I_1 が増加して過電流が発生し、過電流検出部 7 1 にて過電流が検出された場合、この検出信号を PFC 制御部 3 9 ではなく、インバータ制御部 3 2 へ出力し、インバータ回路 1 2 を直接強制停止させてもよい。

20

【0089】

[第 2 実施形態の変形例の説明]

次に、第 2 実施形態の変形例について説明する。前述した第 2 実施形態では、受電側コントローラ 5 0 にて送電効率を演算し、演算した送電効率を送電側コントローラ 3 0 a に送信する例について説明した。これに対して、変形例に係る非接触給電システムでは、電流計 4 5 で検出される電流 I_{bat} 、及び電圧計 4 6 で検出される電圧 V_{bat} のデータを 30
送電側コントローラ 3 0 a に送信し、送電側コントローラ 3 0 a にて送電効率を演算する。そして、この送電効率を用いて、図 7 に示したステップ S 5 1 の処理で使用する下記 (4) 式を演算する。

30

$$P_{bat}^{*'} = P_{bat}^* / \dots (4)$$

そして、変形例に係る非接触給電システムにおいても、前述した第 2 実施形態に係る非接触給電システムと同様の効果を達成することができる。

【0090】

[第 3 実施形態の説明]

次に、本発明の第 3 実施形態について説明する。図 9 は、第 3 実施形態に係る非接触給電システム 1 0 1 の構成を示すブロック図である。図 9 に示す非接触給電システム 1 0 1 は、図 6 に示した非接触給電システム 1 0 1 と同一の構成を備えており、効率演算部 5 5 で演算した送電効率を送電側コントローラ 3 0 a に送信しない点で相違する。それ以外の構成は、同一であるので、同一符号を付して構成説明を省略する。

40

【0091】

以下、第 3 実施形態に係る非接触給電システム 1 0 1 の作用を、図 1 0、図 1 1 に示すフローチャートを参照して説明する。図 1 0 は、送電側コントローラ 3 0 a による処理手順を示すフローチャートである。図 1 0 において、ステップ S 8 1 ~ S 8 5 の処理は、演算開始後、1 回目の演算周期にて実行する処理であり、S 8 6 以降の処理は、2 回目以降の演算周期にて実行する処理である。なお、ステップ S 8 1 ~ S 8 5 の処理は、図 7 に示したステップ S 4 1 ~ S 4 5 の処理と同一であるので、説明を省略する。

50

【 0 0 9 2 】

ステップ S 8 6 において、電圧計 2 2、電流計 2 1、電圧計 2 4、電流計 2 3、電圧計 2 6、及び電流計 2 5 は、それぞれ、電圧 V_{ac} 、電流 I_{ac} 、電圧 V_{dc} 、電流 I_{dc} 、電圧 V_1 、及び電流 I_1 を検出する。そして、電圧 V_{ac} 、電流 I_{ac} 、電圧 V_{dc} 、電流 I_{dc} は、制御量演算部 2 9 に供給され、電流 I_1 は、過電流検出部 7 1 に供給される。

【 0 0 9 3 】

ステップ S 8 7 において、制御量演算部 2 9 は、電力指令値 P_{bat}^* に基づき、インバータ回路 1 2 の一次側の電流 I_{dc} が一定となるように、A C / D C 変換器 1 1 の出力電圧 V_{dc} を演算する。そして、ステップ S 8 8 において、制御量演算部 2 9 は、電圧 V_{dc} の制御量を設定する。

10

【 0 0 9 4 】

ステップ S 8 9 ~ S 9 1 の処理は、図 7 に示したステップ S 5 4 ~ S 5 6 の処理と同一であるので説明を省略する。そして、図 1 0 に示す処理を実行することにより、リレー 4 7 が遮断された際に、過電流検出部 7 1 にて過電流が検出され、ひいては送電電力が抑制されることになる。

【 0 0 9 5 】

次に、図 1 1 に示すフローチャートを参照して、受電側コントローラ 5 0 の処理動作について説明する。図 1 1 において、ステップ S 1 0 1、S 1 0 2 の処理は、演算開始後、1 回目の演算周期にて実行する処理であり、ステップ S 1 0 3 以降の処理は、2 回目以降の演算周期にて実行する処理である。なお、ステップ S 1 0 1 ~ S 1 0 4 の処理は、図 8

20

【 0 0 9 6 】

ステップ S 1 0 4 において、送電効率 η が演算されると、ステップ S 1 0 5 において、効率演算部 5 5 は、送電効率 η が予め設定した閾値効率 η_{th} を上回っているか否かを判断する。そして、送電効率 η が閾値効率 η_{th} を上回っている場合、即ち、 $\eta > \eta_{th}$ である場合には (ステップ S 1 0 5 で Y E S)、ステップ S 1 0 3 に処理を戻す。一方、送電効率 η が閾値効率 η_{th} 以下である場合、即ち、 $\eta \leq \eta_{th}$ である場合には (ステップ S 1 0 5 で N O)、ステップ S 1 0 6 において、リレー制御部 5 4 に遮断指令信号を出力する。リレー制御部 5 4 は、リレー 4 7 を遮断する。リレー 4 7 が遮断されることにより、インバータ回路 1 2 より出力される電流 I_1 が過電流となるので、送電電力が抑制されることになる。

30

【 0 0 9 7 】

更に、ステップ S 1 0 7 において、無線通信部 5 1 は、送電側コントローラ 3 0 a の無線通信部 3 4 と通信し、ステップ S 1 0 8 において、送電抑制指令を送信する。送信された送電抑制指令は、図 1 0 のステップ S 9 0 の処理で検出され、ステップ S 9 1 の処理で充電電力が抑制される。つまり、送電コイル 1 4 から受電コイル 4 1 への電力の送電効率 η が低下した場合に、第 2 の周期で送電抑制指令が送信され、送電コイル 1 4 による送電電力を抑制することができることになる。

【 0 0 9 8 】

このようにして、第 3 実施形態に係る非接触給電システム 1 0 1 では、効率演算部 5 5 で演算される送電効率 η が、予め設定した閾値効率 η_{th} 以下となった場合には、リレー 4 7 を遮断する。これにより、送電コイル 1 4 からみた受電コイル 4 1 やバッテリー 4 4 を含む受電装置 4 0 側の回路は、オープン状態となる。その結果、送電コイル 1 4、受電コイル 4 1 やバッテリー 4 4 を含む回路全体のインピーダンスが上昇し、インバータ回路 1 2 より出力される電流 I_1 が増加して過電流が発生する。そして、過電流検出部 7 1 にて過電流が検出され、A C / D C 変換器 1 1 より出力される電圧 V_{dc} が抑制される。その結果、送電コイル 1 4 から受電コイル 4 1 への送電電力を抑制することができる。この際、過電流の検出は、第 1 の周期で実行されるので、送電電力を迅速に抑制することができる。

40

【 0 0 9 9 】

従って、例えば車両が衝突することや人為的な移動等の理由により、送電コイル 1 4 と

50

受電コイル 4 1 との間に位置ズレが生じた場合には、不必要な電力の送電を即時に抑制することができ、発熱などのトラブルの発生を防止することができる。また、無線通信部 5 1 と無線通信部 3 4 との間の無線通信が途絶えた場合でも、送電電力を抑制できる。

【 0 1 0 0 】

更に、受電側コントローラ 5 0 にて送電効率 の低下が検出された場合には、無線通信により第 2 の周期で送電抑制指令が送電側コントローラ 3 0 a に送信され、送電電力が抑制される。従って、送電効率 が低下しているにも拘わらず、リレー 4 7 が遮断されない場合であっても、送電抑制指令により送電コイル 1 4 より送電する電力が抑制され、より確実に不必要な電力の送電を抑制することが可能となる。

【 0 1 0 1 】

また、送電側コントローラ 3 0 a では、指令値 P_{bat}^* を補正せず、送電効率 の変化に拘わらず一定値としているので、前述した第 2 実施形態と対比して演算負荷を低減することができる。

【 0 1 0 2 】

[第 4 実施形態の説明]

次に、本発明の第 4 実施形態について説明する。図 1 2 は、第 4 実施形態に係る非接触給電システムの構成を示すブロック図である。図 1 2 に示す非接触給電システム 1 0 2 は、図 2 に示した非接触給電システム 1 0 0 と対比して、受電側コントローラ 5 0 の効率演算部 5 5 が、送電効率 を CAN 通信部 5 3 に出力し、この送電効率 が無線通信部 5 1 より送信される点が相違する。更に、無線通信部 3 4 で受信される送電効率 をメモリ部 3 5 に記憶する点、及び制御量演算部 2 9 が送電効率 を用いて電圧 V_{dc} の制御量を演算する点が相違する。それ以外の構成は、図 2 と同一であるので、同一符号を付して構成説明を省略する。なお、前述した第 1 実施形態と同様に、無線通信部 5 1 と無線通信部 3 4 との間の通信は、第 2 の周期で実行される。また、力率演算部 3 1 による力率 \cos の演算は、第 2 の周期よりも短い第 1 の周期で実行される。

【 0 1 0 3 】

次に、図 1 3、図 1 4 に示すフローチャートを参照して、第 4 実施形態に係る非接触給電システム 1 0 2 の作用について説明する。図 1 3 において、ステップ S 1 1 1 ~ S 1 1 5 の処理は、演算開始後、1 回目の演算周期にて実行する処理であり、S 1 1 6 以降の処理は、2 回目以降の演算周期にて実行する処理である。また、ステップ S 1 1 1 ~ S 1 1 7 の処理は、図 3 に示した S 1 1 ~ S 1 7 の処理と同一であるので、説明を省略する。

【 0 1 0 4 】

ステップ S 1 1 7 の処理で力率 \cos が演算されると、ステップ S 1 1 8 において、通信監視部 3 3 は、無線通信部 3 4 と、受電側コントローラ 5 0 の無線通信部 5 1 との通信周期である第 2 の周期であるか否かを判断する。第 2 の周期であれば (ステップ S 1 1 8 で YES) ステップ S 1 1 9 に処理を進め、第 2 の周期でなければ (ステップ S 1 1 8 で NO)、ステップ S 1 2 3 に処理を進める。

【 0 1 0 5 】

ステップ S 1 1 9 において、無線通信部 3 4 は、受電側コントローラ 5 0 の無線通信部 5 1 との間で通信を行う。ステップ S 1 2 0 において、無線通信部 3 4 は、送電効率 を受信する。ステップ S 1 2 1 において、メモリ部 3 5 は、送電効率 を新たに受信したデータに更新する。ここで、無線通信部 3 4 による通信は、前述した第 2 の周期毎に実行されるので、メモリ部 3 5 では、第 2 の周期が経過する毎に、送電効率 が更新されることになる。

【 0 1 0 6 】

ステップ S 1 2 2 において、制御量演算部 2 9 は、送電効率 を用いて電力指令値 P_{bat}^* を補正する。この処理では以下に示す (4) 式を用いて、補正後の電力指令値 $P_{bat}^{* '}$ を演算する。

$$P_{bat}^{* '} = P_{bat}^* / \dots (4)$$

【 0 1 0 7 】

10

20

30

40

50

ステップ S 1 2 3 において、制御量演算部 2 9 は、力率 \cos を用いて電力指令値 P_{bat}^* を補正する。この処理では、以下に示す (3) 式を用いて、補正後の電力指令値 $P_{bat}^{* '}$ を演算する。

$$P_{bat}^{* '}=P_{bat}^*/\cos \quad \dots (3)$$

【 0 1 0 8 】

つまり、無線通信部 3 4 が、受電側コントローラ 5 0 の無線通信部 5 1 との通信周期である第 2 の周期である場合には、受電側コントローラ 5 0 より送信される送電効率 (第 1 の効率) を用いて補正後の電力指令値 $P_{bat}^{* '}$ を演算する。他方、第 2 の周期でない場合には、送電側コントローラ 3 0 b で演算される力率 \cos (第 2 の効率) を用いて補正後の電力指令値 $P_{bat}^{* '}$ を演算する。その後、ステップ S 1 2 4 に処理を進める。ステップ S 1 2 4 ~ S 1 2 8 の処理は、図 3 に示したステップ S 1 9 ~ S 2 3 の処理と同一であるので説明を省略する。

10

【 0 1 0 9 】

次に、図 1 4 に示すフローチャートを参照して、受電側コントローラ 5 0 の処理手順について説明する。図 1 4 に示すステップ S 1 3 1、S 1 3 2 の処理は、演算開始後、1 回目の演算周期にて実行する処理であり、ステップ S 1 3 3 以降の処理は、2 回目以降の演算周期にて実行する処理である。また、ステップ S 1 3 1 ~ S 1 3 4 の処理は、図 4 に示した S 3 1 ~ S 3 4 の処理と同一であるので、説明を省略する。

【 0 1 1 0 】

ステップ S 1 3 4 において、効率演算部 5 5 による送電効率 の演算が行われると、ステップ S 1 3 5 において、通信監視部 5 2 は、無線通信部 5 1 と、送電側コントローラ 3 0 b の無線通信部 3 4 との通信周期である第 2 の周期であるか否かを判断する。第 2 の周期であれば (ステップ S 1 3 5 で Y E S)、ステップ S 1 3 6 に処理を進め、第 2 の周期でなければ (ステップ S 1 3 5 で N O)、ステップ S 1 3 8 に処理を進める。

20

【 0 1 1 1 】

ステップ S 1 3 6 において、無線通信部 5 1 は、送電側コントローラ 3 0 b の無線通信部 3 4 との間で通信を行う。ステップ S 1 3 7 において、無線通信部 5 1 は、送電効率を送信する。その後、ステップ S 1 3 8 に処理を進める。ステップ S 1 3 8 ~ S 1 4 1 の処理は、図 4 に示したステップ S 3 5 ~ 3 8 の処理と同一であるので説明を省略する。

【 0 1 1 2 】

30

つまり、ここでの処理では、電圧 V_{bat} と電流 I_{bat} を用いてバッテリー 4 4 の充電電力 P_{bat} を演算し、更に、電力指令値 P_{bat}^* との比率から、送電効率 を演算する。そして、この送電効率 を第 2 の周期毎に、送電側コントローラ 3 0 b に送信し、更に、この送電効率 が閾値効率 th 以下となった場合には、リレー 4 7 を遮断する。

【 0 1 1 3 】

このようにして、第 4 実施形態に係る非接触給電システム 1 0 2 では、力率演算部 3 1 にてインバータ回路 1 2 より出力される電力の力率 \cos を演算し、この力率 \cos が予め設定した閾値力率以下となった場合に、A C / D C 変換器 1 1 より出力する電圧を抑制する。従って、力率 \cos が低下した場合には、無線通信部 3 4 による通信周期である第 2 の周期よりも短い第 1 の周期で送電電力を抑制できる。

40

【 0 1 1 4 】

また、効率演算部 5 5 で演算される送電効率 が、第 2 の周期で送電側コントローラ 3 0 b に送信され、この送電効率 に基づいて、電力指令値 P_{bat}^* が補正される。また、送電効率 が閾値効率 th 以下となった場合には、A C / D C 変換器 1 1 より出力される電圧 V_{dc} を抑制して、送電電力を抑制する。

【 0 1 1 5 】

従って、電力を給電中の車両が衝突することや人為的な移動等の理由により、送電コイル 1 4 と受電コイル 4 1 との間に位置ズレが生じた場合には、不必要な電力の送電を即時に抑制することができ、発熱などのトラブルの発生を防止することができる。また、第 1 の周期で演算される力率 \cos (第 2 の効率)、及び第 2 の周期で取得される送電効率

50

(第1の効率)の双方を用いて、送電効率の低下を検出し、いずれか一方の効率が低下した場合に送電電力を抑制するので、送電電力の監視に冗長性を持たせることができ、より高精度な電力の送電制御を行うことができる。

【0116】

更に、効率演算部55にて演算される送電効率 η が閾値効率 η_{th} 以下となった場合には、リレー47を遮断することにより、送電コイル14からみた受電コイル41やバッテリー44を含む受電装置40側の回路は、オープン状態となる。その結果、送電コイル14、受電コイル41やバッテリー44を含む回路全体のインピーダンスが上昇し、インバータ回路12より出力される電流 I_1 と電圧 V_1 の位相差が大きくなる。これにより、力率 $\cos\phi$ が低下するので、送電電力が抑制される。即ち、無線通信部34と無線通信部51との間の無線通信が途絶えた際に、受電装置40にて送電効率 η の異常が検出された場合においても、送電装置10bによる送電電力を抑制することができる。

10

【0117】

[第4実施形態の変形例の説明]

次に、第4実施形態の変形例について説明する。図15は、第4実施形態の変形例に係る非接触給電システムの構成を示すブロック図である。図15に示す非接触給電システム103は、前述した図12と対比して、送電装置10cの送電側コントローラ30cに効率演算部19が設けられている点で相違する。

【0118】

受電側コントローラ50は、電圧計46で検出された電圧 V_{bat} 、及び電流計45で検出された電流 I_{bat} を無線通信部51より送信する。送電側コントローラ30cの無線通信部34は、電圧 V_{bat} 、及び電流 I_{bat} を受信し、メモリ部35に記憶する。

20

【0119】

効率演算部19は、電圧計46で検出されメモリ部35に記憶されている電圧 V_{bat} と、電流計45で検出されメモリ部35に記憶されている電流 I_{bat} から、バッテリー44に供給される電力 P_{bat} を演算する。更に、この電力 P_{bat} を電力指令値 P_{bat}^* で除することにより、送電効率 η を演算する。そして、演算した送電効率 η を充電電力制御部36、及びインバータ制御部32に出力する。充電電力制御部36は、効率演算部19で演算された送電効率 η を用いて、補正後の電力指令値 $P_{bat}^{*'}$ を演算する。上記以外の構成は、前述した図12と同一構成であるので、同一符号を付して構成説明を省略する。

30

【0120】

次に、第4実施形態の変形例の作用を、図16、図17に示すフローチャートを参照して説明する。図16において、ステップS151～S155の処理は、演算開始後、1回目の演算周期にて実行する処理であり、S156以降の処理は、2回目以降の演算周期にて実行する処理である。また、ステップS151～S157の処理は、図13に示したS111～S117の処理と同一であるので、ステップS158の処理から説明する。

【0121】

ステップS158において、通信監視部33は、無線通信部34と、受電側コントローラ50の無線通信部51との間の通信周期である第2の周期であるか否かを判断する。第2の周期であれば(ステップS158でYES)、ステップS159に処理を進め、第2の周期でなければ(ステップS158でNO)、ステップS164に処理を進める。

40

【0122】

ステップS159において、無線通信部34は、受電側コントローラ50の無線通信部51との間での通信を行う。ステップS160において、無線通信部34は、バッテリー44に供給される電圧 V_{bat} 、及び電流 I_{bat} を受信する。ステップS161において、メモリ部35は、電圧 V_{bat} 、及び電流 I_{bat} を新規に受信したデータに更新する。ここで、無線通信部34による通信は、前述した第2の周期毎に実行されるので、メモリ部35では、第2の周期が経過する毎に、電圧 V_{bat} 、及び電流 I_{bat} が更新されることになる。

【0123】

50

ステップ S 1 6 2 において、効率演算部 1 9 は、電圧 V bat と電流 I bat との乗算によりバッテリー 4 4 に供給される電力 P bat を演算し、更に、電力指令値 P bat* で除することにより、送電効率 を演算する。

【 0 1 2 4 】

ステップ S 1 6 3 において、制御量演算部 2 9 は、送電効率 を用いて電力指令値 P bat* を補正する。この処理では、以下に示す (4) 式を用いて、補正後の電力指令値 P bat* ' を演算する。

$$P_{bat}^{*'} = P_{bat}^{*} / \dots (4)$$

【 0 1 2 5 】

ステップ S 1 6 4 において、制御量演算部 2 9 は、力率 cos を用いて電力指令値 P bat* を補正する。この処理は、以下に示す (3) 式を用いて、補正後の電力指令値 P bat* ' を演算する。

$$P_{bat}^{*'} = P_{bat}^{*} / \cos \dots (3)$$

その後、ステップ 1 6 5 に処理を進める。ステップ S 1 6 5 ~ S 1 6 9 の処理は、図 3 に示したステップ S 1 9 ~ S 2 3 の処理と同一であるので説明を省略する。

【 0 1 2 6 】

次に、図 1 7 に示すフローチャートを参照して、受電側コントローラ 5 0 の処理手順について説明する。図 1 4 に示すステップ S 1 7 1 , S 1 7 2 の処理は、演算開始後、1 回目の演算周期にて実行する処理であり、ステップ S 1 7 3 以降の処理は、2 回目以降の演算周期にて実行する処理である。

【 0 1 2 7 】

また、ステップ S 1 7 1 ~ S 1 7 6 の処理は、図 1 4 に示したステップ S 1 3 1 ~ 1 3 6 の処理と同一であり、ステップ S 1 7 8 ~ S 1 8 1 の処理は、図 1 4 に示したステップ S 1 3 8 ~ S 1 4 1 の処理と同一である。即ち、ステップ S 1 7 7 の処理が図 1 4 に示すフローチャートと相違している。

【 0 1 2 8 】

ステップ S 1 7 7 において、無線通信部 5 1 は、バッテリー 4 4 の情報である電圧 V bat 、及び電流 I bat を送信する。その後、ステップ S 1 7 8 に処理を進める。無線通信部 5 1 より送信された電圧 V bat 、電流 I bat は、図 1 6 のステップ S 1 6 0 の処理において無線通信部 3 4 で受信され、更にステップ S 1 6 1 の処理でメモリ部 3 5 に記憶されることになる。

【 0 1 2 9 】

つまり、前述した第 4 実施形態では、受電側コントローラ 5 0 にて送電効率 を演算し、この送電効率 を送電側コントローラ 3 0 b に送信するようにしたが、第 4 実施形態の変形例では、電圧 V bat 及び電流 I bat を送電側コントローラ 3 0 c に送信し、該送電側コントローラ 3 0 c にて送電効率 を演算している。

【 0 1 3 0 】

そして、変形例に係る非接触給電システム 1 0 3 においても前述した第 4 実施形態と同様の効果を達成することができる。更に、変形例では、送電効率 を送電側コントローラ 3 0 c にて演算するので、受電側コントローラ 5 0 の演算負荷を低減することができる。

【 0 1 3 1 】

以上、本発明の非接触給電システム及び送電装置を図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置き換えることができる。

【符号の説明】

【 0 1 3 2 】

1 0、1 0 a、1 0 b、1 0 c 送電装置

1 1 A C / D C 変換器

1 2 インバータ回路

1 3 共振回路

10

20

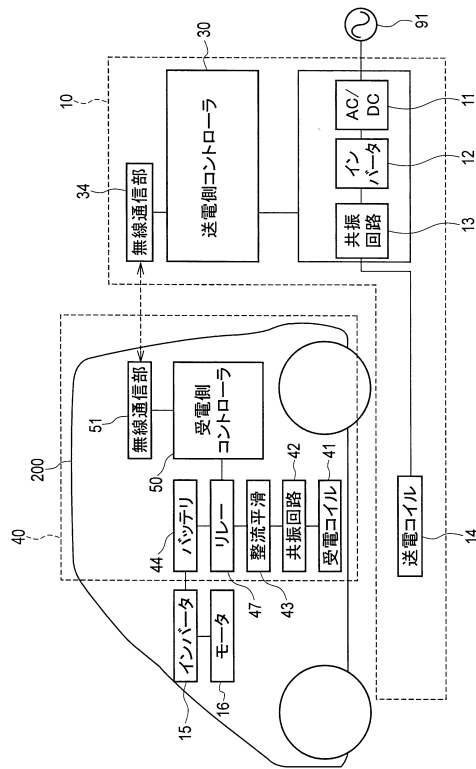
30

40

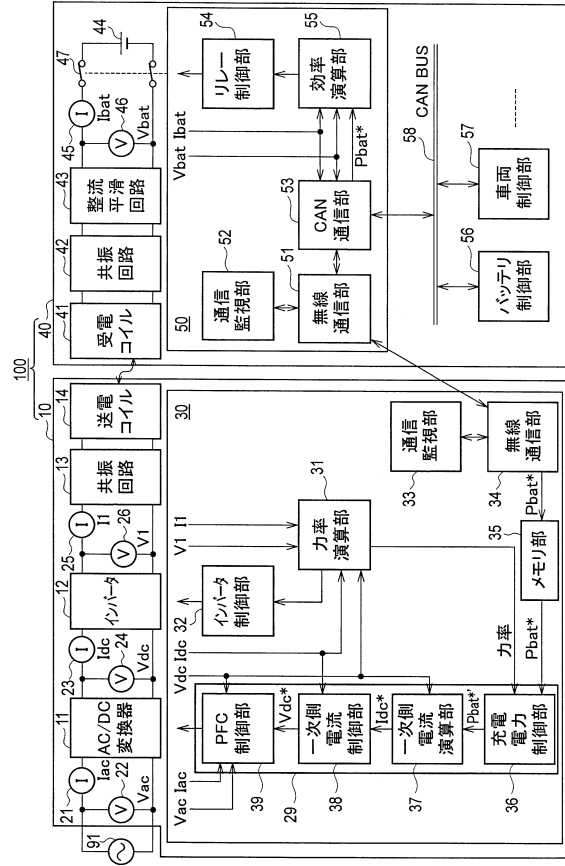
50

1 4	送電コイル	
1 5	インバータ	
1 8	減算器	
1 9	効率演算部	
2 1	電流計	
2 2	電圧計	
2 3	電流計	
2 4	電圧計	
2 5	電流計	
2 6	電圧計	10
2 9	制御量演算部	
3 0、3 0 a、3 0 b、3 0 c	送電側コントローラ	
3 1	力率演算部	
3 2	インバータ制御部	
3 3	通信監視部	
3 4	無線通信部	
3 5	メモリ部	
3 6	充電電力制御部	
3 7	一次側電流演算部	
3 8	一次側電流制御部	20
3 9	P F C 制御部	
4 0	受電装置	
4 1	受電コイル	
4 2	共振回路	
4 3	整流平滑回路	
4 4	バッテリー	
4 5	電流計	
4 6	電圧計	
4 7	リレー	
5 0	受電側コントローラ	30
5 1	無線通信部	
5 2	通信監視部	
5 3	C A N 通信部	
5 4	リレー制御部	
5 5	効率演算部	
5 6	バッテリー制御部	
5 7	車両制御部	
5 8	B U S ライン	
7 1	過電流検出部	
9 1	交流電源	40
1 0 0、1 0 1、1 0 2、1 0 3	非接触給電システム	
2 0 0	車両	

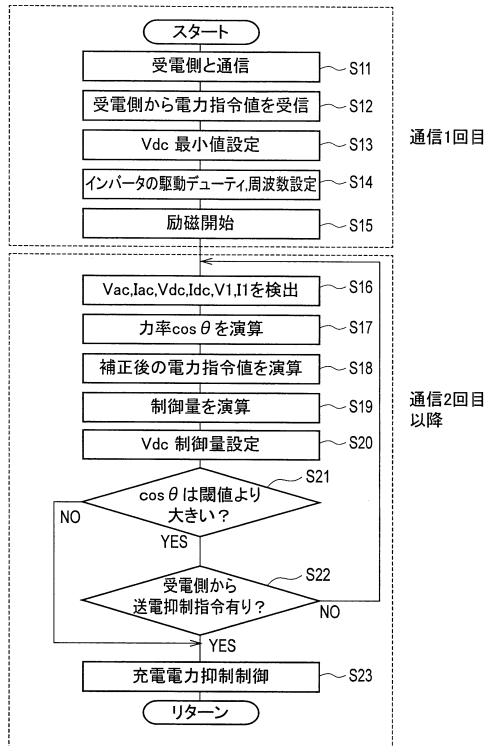
【図 1】



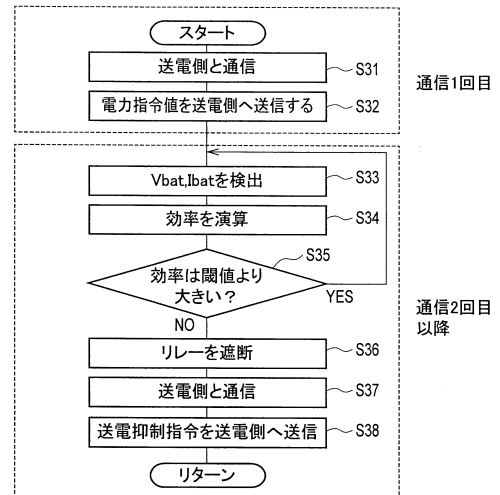
【図 2】



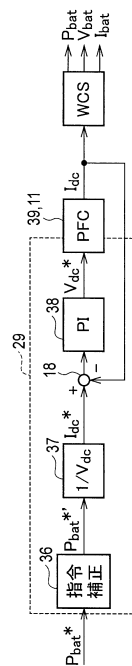
【図 3】



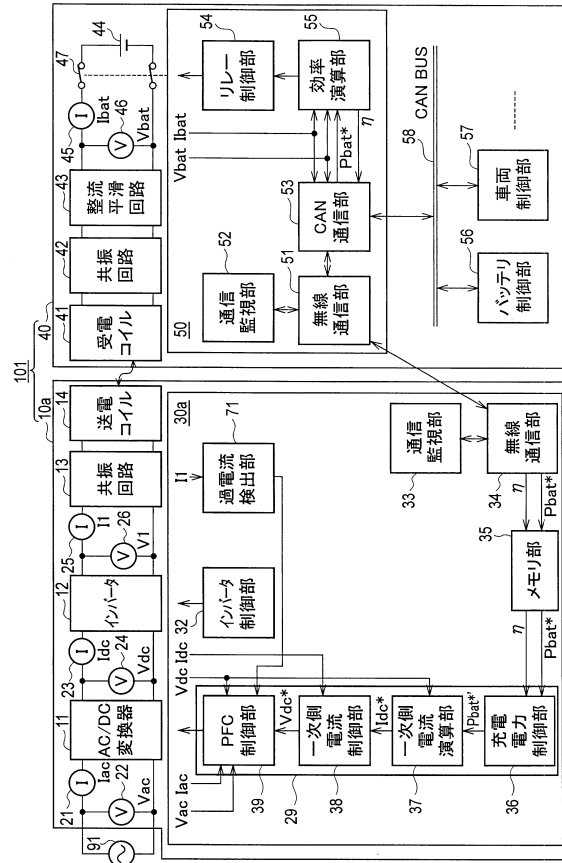
【図 4】



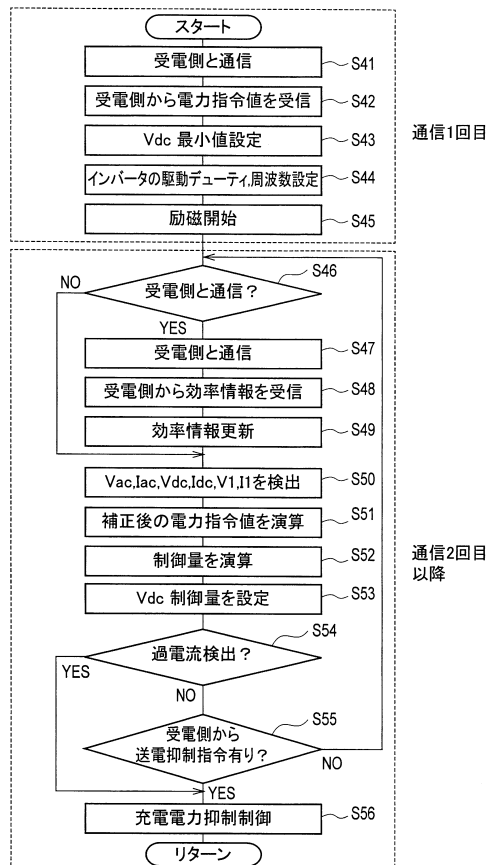
【 図 5 】



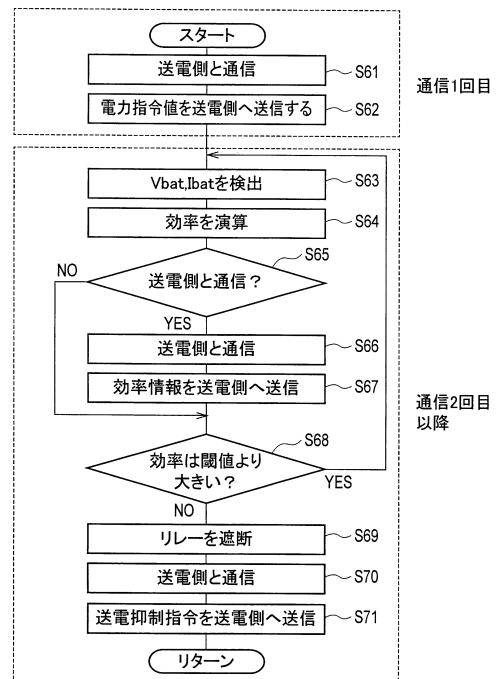
【 図 6 】



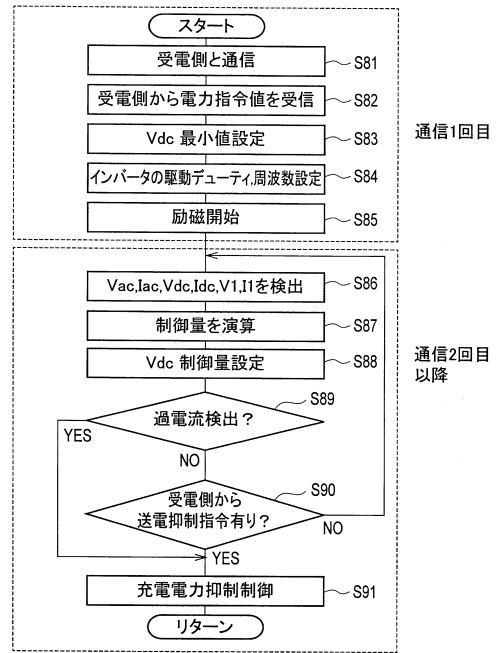
【圖 7】



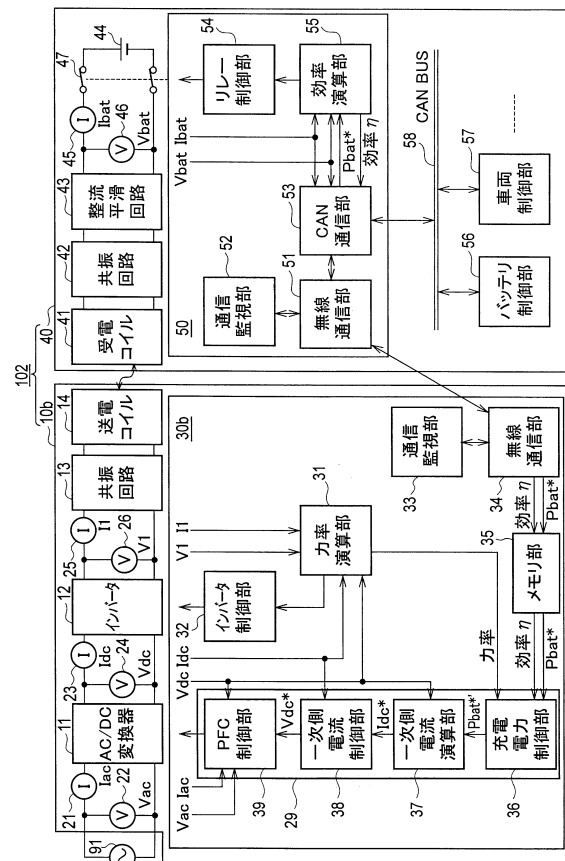
【 図 8 】



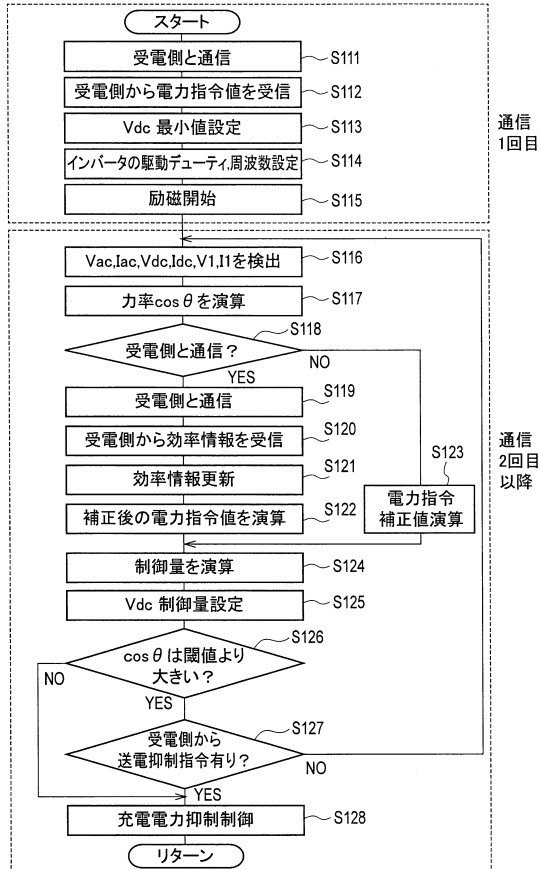
【 図 1 0 】



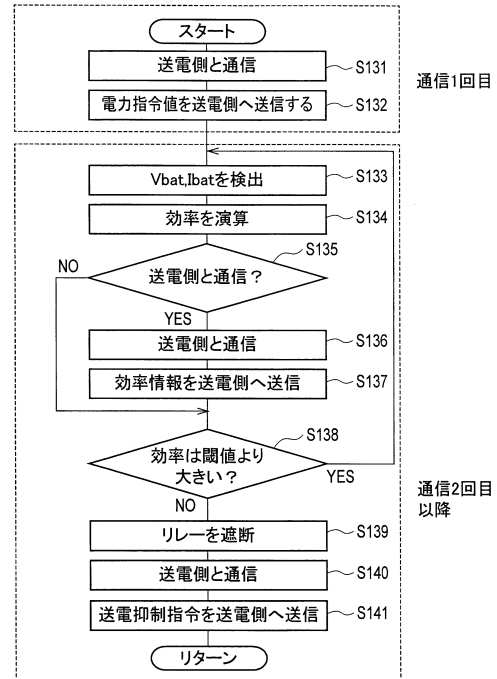
【 図 1 2 】



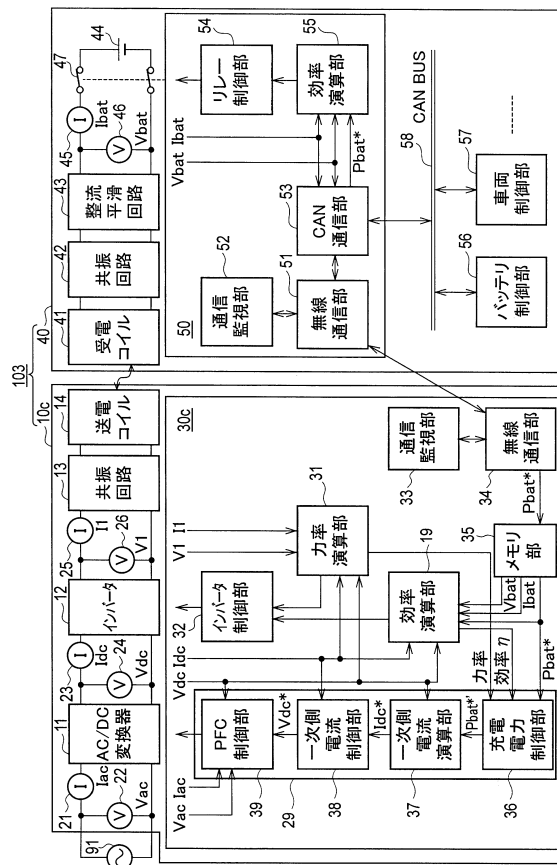
【図 13】



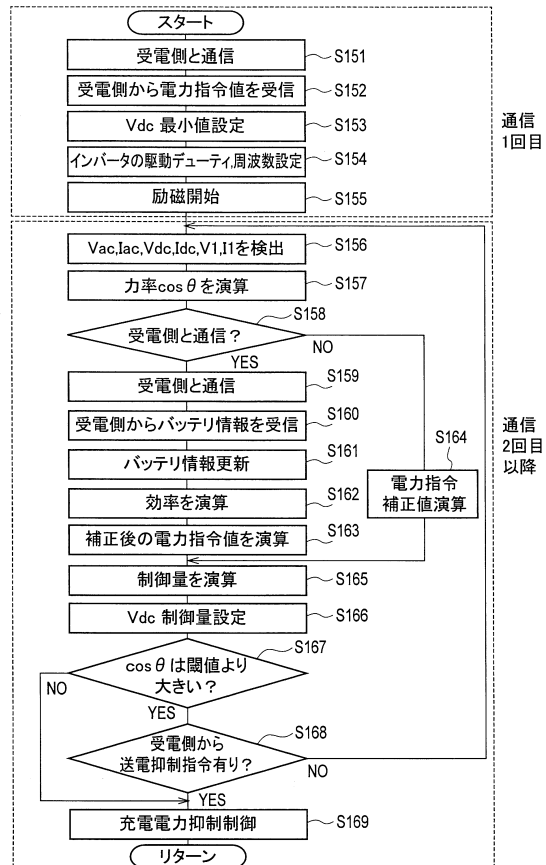
【図 14】



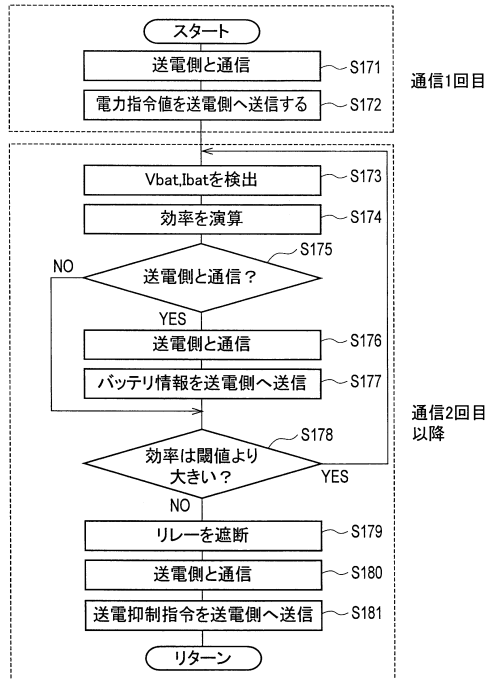
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

審査官 田中 慎太郎

(56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 7 8 3 8 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 3 / 1 5 3 7 7 2 (W O , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 2 J 5 0 / 0 0 - 5 0 / 9 0