

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5867592号
(P5867592)

(45) 発行日 平成28年2月24日 (2016. 2. 24)

(24) 登録日 平成28年1月15日 (2016. 1. 15)

(51) Int. Cl.	F I
HO 2 J 50/00 (2016. 01)	HO 2 J 17/00 C
HO 2 J 7/00 (2006. 01)	HO 2 J 17/00 B
	HO 2 J 7/00 3 O 1 D

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2014-507548 (P2014-507548)	(73) 特許権者	000006231
(86) (22) 出願日	平成25年2月26日 (2013. 2. 26)		株式会社村田製作所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/054978		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(87) 国際公開番号	W02013/146017	(74) 代理人	100101454
(87) 国際公開日	平成25年10月3日 (2013. 10. 3)		弁理士 山田 卓二
審査請求日	平成26年6月23日 (2014. 6. 23)	(74) 代理人	100081422
(31) 優先権主張番号	特願2012-70072 (P2012-70072)		弁理士 田中 光雄
(32) 優先日	平成24年3月26日 (2012. 3. 26)	(74) 代理人	100125874
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 川端 純市
		(72) 発明者	酒井 博紀
			京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
			株式会社村田製作所内
		(72) 発明者	土屋 貴紀
			京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
			株式会社村田製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力伝送システム及びそれに用いる送電装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

受電部で受電した電圧を整流回路で整流して負荷回路に供給する受電装置に対してワイヤレスで電力を送電する送電装置であって、

前記受電装置の受電部との間で容量結合もしくは電磁結合し、前記受電部に電力を送電する送電部と、

前記受電装置に送電するための電力を生成し、前記送電部に供給する電力供給部と、

当該送電装置内で検出される電気信号に基づいて前記受電装置の負荷インピーダンスを検出する負荷インピーダンス検出部と、

前記負荷インピーダンス検出部の検出結果に基づいて、前記受電装置の整流回路の出力電圧が所定電圧以下となるように、前記電力供給部で生成する電力を制御する制御部とを、
備え、

前記送電部は、共振回路を含み、

前記電力供給部は、

所定電圧の直流電力を供給する直流電源と、

前記直流電源から供給された直流電力を交流電力に変換して前記送電部に供給する電力変換部と、を備え、

前記負荷インピーダンス検出部は、前記電力変換部に流れる直流電流の電流値を検出し、

前記制御部は、あらかじめ定められた、前記直流電流の電流値と前記電力変換部におけ

10

20

る ON / OFF のデューティ比との関係に基づき、前記デューティ比を制御する、送電装置。

【請求項 2】

前記制御部は、前記受電装置の負荷状態に適した電力が供給されるように、前記デューティ比を制御する、
請求項 1 に記載の送電装置。

【請求項 3】

前記負荷回路は、電圧安定化回路と、前記電圧安定化回路の二次側に接続された二次電池とを含む、
請求項 1 または請求項 2 に記載の送電装置。 10

【請求項 4】

前記受電部が、受電側第 1 電極と受電側第 2 電極とを含み、
前記送電部が、前記受電側第 1 電極と容量結合する送電側第 1 電極と、前記受電側第 2 電極と容量結合する送電側第 2 電極とを含む、
請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の送電装置。

【請求項 5】

電力の送電中において、前記送電側第 1 電極の電圧が前記送電側第 2 電極の電圧より大きい、
請求項 4 に記載の送電装置。 20

【請求項 6】

前記送電側第 1 電極と前記送電側第 2 電極との間に二次巻線が接続され、前記電力変換部の出力に一次巻線が接続される昇圧トランスをさらに備える、
請求項 4 または請求項 5 に記載の送電装置。

【請求項 7】

受電部及び負荷回路を有する受電装置と、
請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の送電装置とを含む、
電力伝送システム。

【請求項 8】

受電部で受電した電圧を整流して負荷回路に供給する受電装置に対してワイヤレスで電力を送電する送電装置における送電方法であって、 30

共振回路を含み、かつ前記受電装置に送電するための電力を生成し、生成した電力を、前記受電装置の受電部との間で容量結合もしくは電磁結合し、前記受電部に電力を送電する送電部に供給する第 1 のステップと、

前記送電装置内で検出される電気信号に基づいて前記受電装置の負荷インピーダンスを検出する第 2 のステップと、

前記負荷インピーダンスの検出結果に基づいて、前記受電装置の整流回路の出力電圧が所定電圧以下となるように、前記送電部に供給する電力を制御する第 3 のステップとを、
含み、

前記第 1 のステップにおける、前記受電装置に送電するための電力の生成は、所定電圧の直流電力を供給する直流電源から供給された直流電力を電力変換部において交流電力に変換することにより行われ、 40

前記第 2 のステップにおける前記負荷インピーダンスの検出は、前記電力変換部に流れる直流電流の電流値を検出することにより行われ、

前記第 3 のステップにおける、前記送電部に供給する電力の制御は、あらかじめ定められた、前記直流電流の電流値と前記電力変換部における ON / OFF のデューティ比との関係に基づき、前記デューティ比を制御することにより行われる、
送電方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ワイヤレスで電力を伝送する電力伝送システム及びそれに用いる送電装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、例えばスマートフォン、ラップトップパソコンなどのポータブル機器に対して、ワイヤレスで電力を供給するワイヤレス電力伝送システムが実用化されている。このようなワイヤレス電力伝送システムとして、例えば特許文献1に記載のものがある。

【0003】

特許文献1は、電磁誘導型のワイヤレス電力伝送システムを開示している。電磁誘導型のワイヤレス電力伝送システムは、送電装置と受電装置を有している。送電装置は送電コイルを備え、受電装置は受電コイルを備え、これらのコイル間で電磁誘導により電力が伝送される。

10

【0004】

特許文献2は、電界結合型のワイヤレス電力伝送システムを開示している。電界結合型のワイヤレス電力伝送システムは、送電装置と受電装置を有している。送電装置は送電電極を備え、受電装置は受電電極を備え、これらの電極間で静電誘導により電力が伝送される。

【0005】

上記のようなシステムにおいては、受電装置の動作電圧や耐電圧等を考慮して、送電装置から送電する電力を受電装置に適した値に制御する必要がある。特許文献1の電力伝送システムでは、送電する電力を受電装置に適した値に制御するため、送電装置及び受電装置にそれぞれ無線通信回路を設け、相互に制御信号を送受信する。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許第3344593号公報

【特許文献2】WO2011/148803号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

このように特許文献1の電力伝送システムでは、送電する電力を受電装置の状態に適した値に制御するために、送電装置及び受電装置において、相互に通信を行うための通信回路が必要となるため、送電装置及び受電装置の構成が複雑となる。

30

【0008】

本発明は、送電装置及び受電装置に通信回路を設けることなく、受電装置に対して、負荷状態に応じた適切な電力を供給可能な電力伝送システム及びそれに用いる送電装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の送電装置は、受電部で受電した電圧を整流回路で整流して負荷回路に供給する受電装置に対してワイヤレスで電力を送電する。送電装置は、受電装置の受電部との間で容量結合もしくは電磁結合し、受電部に電力を送電する送電部と、受電装置に送電するための電力を生成し、送電部に供給する電力供給部と、当該送電装置内で検出される電気信号に基づいて受電装置の負荷インピーダンスを検出する負荷インピーダンス検出部と、負荷インピーダンス検出部の検出結果に基づいて、受電装置の整流回路の出力電圧が所定電圧以下となるように、電力供給部で生成する電力を制御する制御部とを、備える。

40

【0010】

本発明の電力伝送システムは、受電部及び負荷回路を有する受電装置と、上記の送電装置とを含む。

【0011】

50

本発明の送電方法は、受電部で受電した電圧を整流して負荷回路に供給する受電装置に対してワイヤレスで電力を送電する送電装置における送電方法である。この送電方法は、受電装置に送電するための電力を生成し、送電部に供給するステップと、送電装置内で検出される電気信号に基づいて受電装置の負荷インピーダンスを検出するステップと、負荷インピーダンスの検出結果に基づいて、受電装置の整流回路の出力電圧が所定電圧以下となるように、送電部に供給する電力を制御するステップとを、含む。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、送電装置側において受電装置の負荷の状態が検出される。そして、検出結果に基づいて、受電装置の整流回路の出力電圧が所定電圧以下になるように受電装置に供給する電力が制御される。したがって、送電装置及び受電装置に通信回路を設けることなく、受電装置に対して適切に電力を供給することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】第1の実施形態に係る送電装置と受電装置の斜視図である。

【図2】ワイヤレス電力伝送システムの等価回路図である。

【図3】送電装置及び受電装置のブロック構成図である。

【図4】スイッチング回路の構成を示す図である

【図5】二次電池の充電中における充電経過時間に対するIDC、負荷インピーダンス及び受電モジュールの出力電圧の特性を示す図である。

20

【図6】制御回路による制御動作に関するフローチャートである。

【図7】IDCに対するデューティ比の設定テーブルの具体例を示す図である。

【図8】図7のテーブルに対応する、IDCに対するデューティ比の特性を示す図である。

【図9】図7のテーブルに対応する、IDCに対する受電モジュール出力電圧の特性を示す図である

【図10】受電モジュール出力電圧の特性を、負荷インピーダンスとの関係で示した図である。

【図11】IDCに対するデューティ比の特性を示す図である。

【図12】IDCに対する受電モジュール出力電圧の特性を示す図である。

30

【図13】負荷回路の他の例のブロック構成図である。

【図14】負荷回路のさらに他の例のブロック構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

(第1の実施形態)

1. 構成

1.1 全体構成

図1は実施形態1における、電界結合型のワイヤレス電力伝送システムを構成する送電装置100と受電装置200の斜視図である。

【0015】

送電装置100は送電装置側パッシブ電極31と送電装置側アクティブ電極32を備え、受電装置200は受電装置側パッシブ電極41と受電装置側アクティブ電極42を備えている。

40

【0016】

送電装置100上に受電装置200を載置することによって、送電装置側パッシブ電極31及び送電装置側アクティブ電極32と、受電装置側パッシブ電極41及び受電装置側アクティブ電極42との間に結合容量が生じる。この状態で、送電装置100は受電装置200へ電界結合により電力を伝送する。

【0017】

図2は、ワイヤレス電力伝送システムの等価回路図である。図2において、送電装置1

50

00の高周波電圧発生回路OSCは例えば100kHz～数10MHzの高周波電圧を発生する。昇圧トランスTGおよびインダクタLGによる昇圧回路37は、高周波電圧発生回路OSCの発生する電圧を昇圧して送電装置側パッシブ電極31と送電装置側アクティブ電極32との間に印加する。キャパシタCGは送電装置側パッシブ電極31と送電装置側アクティブ電極32との間に生じる寄生容量である。インダクタLGとキャパシタCGは送電装置側共振回路を構成する。受電装置200の受電装置側パッシブ電極41と受電装置側アクティブ電極42との間には、降圧トランスTLおよびインダクタLLによる降圧回路45が接続されている。降圧回路45は、受電装置側パッシブ電極41と受電装置側アクティブ電極42が受電した電圧を降圧し負荷回路に給電する。キャパシタCLは受電装置側パッシブ電極41と受電装置側アクティブ電極42との間に生じる寄生容量である。インダクタLLとキャパシタCLは受電装置側共振回路を構成する。降圧トランスTLの二次側には負荷回路RLが接続されている。この負荷回路RLは、DC/DCコンバータおよび二次電池で構成されている。キャパシタCmは送電装置側パッシブ電極31と送電装置側アクティブ電極32と、受電装置側パッシブ電極41と受電装置側アクティブ電極42との間の容量結合の状態を示している。

10

【0018】

図3は、送電装置100及び受電装置200の具体的な構成を示したブロック図である。以下、送電装置100及び受電装置200のそれぞれの具体的な構成について説明する。

【0019】

20

1.2 送電装置

送電装置100は、送電部30、電力供給部54、制御部52、VDC、IDC検出回路53及びVAC検出回路58を有する。

【0020】

送電部30は、送電装置側パッシブ電極31及び送電装置側アクティブ電極32を有する。

【0021】

電力供給部54は、送電部30（送電装置側パッシブ電極31及び送電装置側アクティブ電極32）に電力を供給するためのもので、直流電源51、電力変換部57及び昇圧回路37を有する。

30

【0022】

直流電源51は、DC12Vの直流電圧を入力してDC5Vの直流電圧を生成し、制御部52に供給する。また、直流電源51は、入力したDC12Vの直流電圧を、VDC、IDC検出回路53及び電力変換部57に供給する。

【0023】

VDC、IDC検出回路53は、直流電源51からスイッチング回路56に供給される直流電圧の電圧値VDC及びスイッチング回路56に流れる電流の電流値IDCを検出し、直流電圧値VDCに関するVDC信号及び直流電流値IDCに関するIDC信号を出力する。

【0024】

40

電力変換部57は、スイッチング回路56及び駆動制御回路55を有する。電力変換部57は図2に示す高周波電圧発生回路OSCに対応する。

【0025】

スイッチング回路56は、直流電源51から供給されたDC12Vの直流電圧を、駆動制御回路55からの駆動信号に基づいてスイッチングすることにより、交流電圧に変換して出力する。図4に、スイッチング回路56の具体的な構成を示す。スイッチング回路56は、ハイサイドのスイッチ素子56aとローサイドのスイッチ素子56bを有しており、これらのスイッチ素子56a、56bのON/OFFによってプッシュプル動作を行い、昇圧回路37を交番駆動する。

【0026】

50

駆動制御回路 5 5 は、制御部 5 2 から出力される信号に従ってスイッチング回路 5 6 のスイッチ素子 5 6 a、5 6 b を駆動する。

【 0 0 2 7 】

図 3 に戻り、昇圧回路 3 7 は、スイッチング回路 5 6 から出力された交流電圧を昇圧して、送電装置側パッシブ電極 3 1 と送電装置側アクティブ電極 3 2 との間に印加する。昇圧回路 3 7 は、送電装置側パッシブ電極 3 1 と送電装置側アクティブ電極 3 2 との間に二次巻線が接続され、スイッチング回路 5 6 の出力に一次巻線が接続される昇圧トランス T G と、インダクタ L G を備える（図 2 参照）。昇圧回路 3 7 による昇圧後の電圧は例えば 1 0 0 V ~ 1 0 k V の範囲内の電圧である。この電圧が送電装置側パッシブ電極 3 1 と送電装置側アクティブ電極 3 2 との間に印加されることにより周囲の媒質に静電場が生成される。

10

【 0 0 2 8 】

制御部 5 2 は、V D C、I D C 検出回路 5 3 からの V D C 信号及び I D C 信号と、V A C 検出回路 5 8 からの V A C 信号等を入力する。

【 0 0 2 9 】

制御部 5 2 は、V D C 信号及び I D C 信号に基づいて、例えば、直流電源 5 1 から出力された D C 1 2 V の直流電力の電圧及び電流が所定範囲内にあるかの判定を行う。

【 0 0 3 0 】

そして、D C 1 2 V の直流電力の電圧及び電流が規定範囲内にある場合、制御部 5 2 は、I D C 信号に基づいて、スイッチング回路 5 6 を構成するスイッチ素子 5 6 a、5 6 b の O N、O F F を制御する。具体的には、制御部 5 2 は、I D C 信号に基づいて、スイッチング回路 5 6 を構成するスイッチ素子 5 6 a、5 6 b の O N / O F F のデューティ比を求め、この求めたデューティ比で O N、O F F 信号を生成し、駆動制御回路 5 5 に出力する。そして、駆動制御回路 5 5 は、制御部 5 2 から出力された O N / O F F 信号に従ってスイッチング回路 5 6 を構成するスイッチ素子 5 6 a、5 6 b をスイッチングさせる。

20

【 0 0 3 1 】

また、制御部 5 2 は、V A C 検出回路 5 8 からの V A C 信号に基づいて、例えば、送電装置側パッシブ電極 3 1 と送電装置側アクティブ電極 3 2 との間の電圧が所定範囲内にあるかの判定を行う。異常に上昇していないか等の判定を行うものである。

【 0 0 3 2 】

30

1 . 3 受電装置

受電装置 2 0 0 は、受電モジュール 2 1 0 と、負荷回路 2 2 0 を有する。受電モジュール 2 1 0 は、受電部 4 0、降圧回路 4 5 及び整流回路 6 1 を有する。

【 0 0 3 3 】

受電部 4 0 は、受電装置側パッシブ電極 4 1 及び受電装置側アクティブ電極 4 2 を有する。受電装置側パッシブ電極 4 1 及び受電装置側アクティブ電極 4 2 は、送電装置側パッシブ電極 3 1 及び送電装置側アクティブ電極 3 2 との間の容量結合により送電装置側から電力を受ける。

【 0 0 3 4 】

降圧回路 4 5 は、受電装置側パッシブ電極 4 1 と受電装置側アクティブ電極 4 2 との間の電圧を降圧して、整流回路 6 1 を介して負荷回路 2 2 0 に供給する。降圧回路 4 5 は、受電装置側パッシブ電極 4 1 と受電装置側アクティブ電極 4 2 との間に一次巻線が接続され、負荷回路 2 2 0 の入力に二次巻線が接続される降圧トランス T L と、インダクタ L L を備える（図 2 参照）。

40

【 0 0 3 5 】

整流回路 6 1 は、降圧回路 4 5 からの交流電力を整流して負荷回路 2 2 0 に出力する。負荷回路 2 2 0 は、電圧安定化回路としての D C / D C コンバータ 7 1 と、D C / D C コンバータ 7 1 の二次側に接続された二次電池 7 2 を有する。D C / D C コンバータ 7 1 は、整流回路 6 1 から出力された直流電圧を二次電池 7 2 に適した電圧値の直流電圧に変換して出力する。二次電池 7 2 は、D C / D C コンバータ 7 1 から出力された電圧により充

50

電される。二次電池 7 2 は満充電状態に近づくとインピーダンスが増加する特性を有する。

【 0 0 3 6 】

2 . 送電装置の制御部の動作

本実施形態の送電装置 1 0 0 は、送電装置 1 0 0 内の物理量を用いて、受電装置 2 0 0 の負荷インピーダンスを検出し（推定し）、検出結果に基づき負荷の状態に応じて適切に受電装置 1 0 0 へ電力を供給できるよう送電電力を制御する。このように送電装置 1 0 0 内の物理量を用いて受電装置 2 0 0 の負荷インピーダンスを検出するため、受電装置 2 0 0 から負荷の状態に関する情報を得る必要がなく、送電装置及び受電装置に通信回路を設ける必要がなくなる。

10

【 0 0 3 7 】

本実施形態では、受電装置 2 0 0 の負荷インピーダンスの検出のために用いる送電装置 1 0 0 内の物理量として、スイッチング回路 5 6 に流れる電流の値 I_{DC} を用いる。ここで、図 5 を参照し、スイッチング回路 5 6 に流れる電流の電流値 I_{DC} を用いる理由を説明する。

【 0 0 3 8 】

図 5 (a) は、負荷回路 2 2 0 における二次電池 7 2 の充電時の負荷インピーダンスの特性を示した図である。図 5 (b) は、二次電池 7 2 の充電時の直流電流値 I_{DC} の特性、図 5 (c) は二次電池 7 2 の充電時の受電モジュール出力電圧の特性を示す。図 5 (a) に示すように、充電時間が経過して、二次電池 7 2 の充電が進むと、負荷回路 2 2 0 のインピーダンス（負荷インピーダンス）が増加する。ここで、負荷インピーダンスは、 DC/DC コンバータ 7 1 のインピーダンスと二次電池 7 2 のインピーダンスとを合成したものである。二次電池 7 2 は、充電が進むとインピーダンスが増加する特性を有する。二次電池 7 2 の充電が進み、負荷インピーダンスが増加していくと、図 5 (b) に示すように、直流電流値 I_{DC} は減少していく。このように、受電装置側の負荷インピーダンスの変化と、送電装置側の直流電流値 I_{DC} とは相関関係を有することから、本実施形態では、受電装置 2 0 0 の負荷インピーダンスの検出のために、スイッチング回路 5 6 に流れる電流の電流値 I_{DC} を用いる。なお、受電モジュール 2 1 0 の出力電圧 (V_{RO}) は、図 5 (c) に示すように、二次電池 7 2 の充電が進むと、上昇する。

20

【 0 0 3 9 】

2 . 1 制御フロー

図 6 を参照して、送電装置 1 0 0 における制御部 5 2 による制御動作を説明する。ここでは、送電装置 1 0 0 上に受電装置 2 0 0 が載置されて、二次電池 7 2 の充電が行われる場合の例を説明する。

30

【 0 0 4 0 】

送電装置 1 0 0 上に受電装置 2 0 0 が載置されると、制御部 5 2 は、送電を開始するための初期設定を行う ($S 1 1$)。初期設定では、送電周波数、デューティ比、送電電圧等が設定される。

【 0 0 4 1 】

制御部 5 2 は、受電装置 2 0 0 の負荷インピーダンスの検出信号として、 V_{DC} 、 I_{DC} 検出回路 5 3 から出力される I_{DC} 信号を入力する ($S 1 2$)。 I_{DC} 信号は、スイッチング回路 5 6 を流れる直流電流の電流値を示す信号である。

40

【 0 0 4 2 】

次に、制御部 5 2 は、入力された I_{DC} 信号が示す直流電流値 I_{DC} が所定値以下か否か判定する ($S 1 3$)。直流電流値 I_{DC} が所定値以下であれば、制御部 5 2 は、このフローチャートによる制御を終了する。ここで所定値は、二次電池 7 2 が満充電状態にあると推定できる直流電流値 I_{DC} の値に設定する。直流電流値 I_{DC} が所定値以下でなければ、制御部 5 2 は、直流電流値 I_{DC} に対応するデューティ比を設定する ($S 1 4$)。本実施形態では、直流電流値 I_{DC} に応じて（すなわち、負荷インピーダンスに応じて）、デューティ比を設定する。これにより、受電装置 2 0 0 の負荷回路 2 2 0 の状態（負荷イ

50

ンピーダンス)に応じたデューティ比を設定でき、このデューティ比を用いて出力電力を制御することで、送電装置200に対して適切な電力を供給することが可能となる。デューティ比の具体的な設定方法については後述する。

【0043】

次に、制御部52は、設定したデューティ比のON・OFF信号を生成し、駆動制御回路55に出力し(S15)、ステップS12に戻る。駆動制御回路55は、このON・OFF信号に基づいて、スイッチング回路56のスイッチ素子56a、56bをON・OFF制御する。

【0044】

2.2 スwitching回路に対するデューティ比の設定

前述のように、本実施形態では、スイッチング回路56に対するデューティ比は、直流電流値IDC(すなわち、負荷インピーダンス)に応じて設定する。デューティ比は、受電装置200の整流回路61の出力電圧VROが一定電圧を超えることがないように予め設定される。以下、直流電流値IDCに対するデューティ比の設定を説明する。

【0045】

本実施形態では、直流電流値IDCに対するデューティ比は設定テーブルにより定義されている。制御部52は、設定テーブルを参照して直流電流値IDCに基づきスイッチング回路56のスイッチ素子56a、56bに対するデューティ比を決定する。図7に、直流電流値IDCに対するデューティ比の設定テーブルの一例を示す。この設定テーブルは、制御部52内の記憶部52Aに記憶されている。設定テーブルは、DC/DCコンバータ71の定格電圧が約21Vの場合のものであり、例えば直流電流値IDCの0.1A刻みで14段階のデューティ比が設定されている。デューティ比は、受電モジュール210の整流回路61から出力される直流電圧値VROがほぼ一定となるように設定されている。

【0046】

図8は、図7の設定テーブルにおける、直流電流値IDCに対するデューティ比の関係を示す図である。図8に示すように、図7の設定テーブルによれば、実線Aで示すように、直流電流値IDCの変化に伴い、デューティ比は、0.1A刻みで1%ずつ段階的に変化する。具体的には、デューティ比は、直流電流値IDCが0.1A増加する毎に、1%ずつ段階的に増加する。なお、二次電池72の充電中においては、直流電流値IDCは、充電初期に最も大きく、満充電状態に近づくにつれて小さくなる。したがって、二次電池72の充電中においては、満充電状態に近づくにつれて、デューティ比は小さくされる。

【0047】

図9は、図7の設定テーブルにおける、直流電流値IDCに対する受電モジュール出力電圧の特性を示す図である。図7の設定テーブルを参照して、直流電流値IDCに基づいてデューティ比を制御することにより、実線Bで示すように、直流電流値IDCが変化(低下)しても、受電モジュール出力電圧は約22Vにほぼ一定に制御されている。

【0048】

図10は、受電モジュール出力電圧の特性を、負荷インピーダンスとの関係で示した図である。本実施形態では、実線Cで示すように、負荷インピーダンスが上昇しても、受電モジュール出力電圧は約22Vでほぼ一定となる。

【0049】

なお、図8、図9、図10における一点鎖線A、B、Cは、従来における特性を示す。従来においては、図8に一点鎖線Aで示すように、直流電流値IDCに関わらず、デューティ比は一定のままである。また、図9に一点鎖線Bで示すように、直流電流値IDCが減少すると、受電モジュール出力電圧は高くなる。また、図10に一点鎖線Cで示すように、負荷インピーダンスが上昇すると、受電モジュール出力電圧は上昇する。この例では、受電モジュール出力電圧は約21Vから約29Vまで約8V上昇している。

【0050】

なお、図7に示す設定テーブルでは、直流電流値IDCが0～1.4Aの間において、0.1A刻みで14段階のデューティ比が設定されているが、これに限らない。例えば、図8に破線Aで示すように、0～1.4Aの間で、2段階のデューティ比を設定してもよい。この例では、デューティ比は、IDCが0.5A未満のときは37%、IDCが0.5A以上のときは50%に設定されている。図9、図10における破線B、Cは、このように2段階のデューティ比を設定した場合の特性を示す。この場合、図9に破線Bで示すように、受電モジュールの出力電圧は、上述の14段階で制御する場合よりも、全体的に高くなり、変動幅も大きくなる。しかし、破線Bで示すデューティ比制御のない従来の場合と比較すると、変動幅が減少し、最大値(IDCが0Aのとき)も低下する。また、図10に破線Cで示すように、受電モジュール出力電圧は、負荷インピーダンスが約200Ωまでは上昇し、また最大26V程度まで約5V上昇するが、このときデューティ比が37%に変更されることにより、その後もこの値を超えることはない。2段階のデューティ比制御は、図7のようなテーブル等を準備しなくてもよく、そのため、デューティ比の切り替え制御の構成が簡単となるという効果が得られる。受電モジュールの出力電圧が、DC/DCコンバータ71の耐電圧、動作特性において許容されるならば、適用可能である。

10

【0051】

なお、上記例では、直流電流値IDCに応じてデューティ比を14段階や2段階に制御する例について説明したが、これに限らない。例えば、図11に示すように設定してもよい。図11は、他の例における、IDCに対するデューティ比の設定テーブルTを示す図である。本例においては、図11に実線Dで示すように、直流電流値IDCに比例してデューティ比を連続的に(無段階で)変化させる。この場合、設定テーブルでなく、例えば関数等を用いて演算によりIDCに応じたデューティ比を求めることもできる。図12は、IDCに対する受電モジュール出力電圧の特性を示す図である。デューティ比は、IDCが減少しても、受電モジュール210の整流回路61から出力される直流電圧が図12に実線Eで示すようにほぼ一定となるように設定されている。なお、図11の一点鎖線D及び図12の一点鎖線Eは、前述した従来例を示す。

20

【0052】

3、まとめ

本実施形態の送電装置100は、受電部40で受電した電圧を整流回路61で整流して負荷回路220に供給する受電装置200に対してワイヤレスで電力を送電する送電装置100である。送電装置100は、受電装置200の受電部40との間で容量結合もしくは電磁結合し、受電部40に電力を送電する送電部30と、受電装置200に送電するための電力を生成し、送電部200に供給する電力供給部54と、当該送電装置100内で検出される電気信号に基づいて受電装置200の負荷インピーダンスを検出する負荷インピーダンス検出部と、負荷インピーダンス検出部の検出結果に基づいて、受電装置200の整流回路61の出力電圧が所定電圧以下となるように、電力供給部54で生成する電力を制御する制御部52とを、備える。

30

【0053】

本実施形態の送電装置100は、送電装置100内で検出される直流電流値IDC(電気信号)を用いて受電装置200における負荷インピーダンスを検出(推定)し、検出結果に基づいて、受電装置200の整流回路61の出力電圧が所定電圧以下になるように、受電装置200に供給する電力を制御する。これにより、受電装置と送電装置の結合状態または負荷の状態によらず、出力電圧を一定に制御できる。したがって、送電装置100及び受電装置200に通信回路を設けることなく、受電装置200に対して負荷状態に応じた適切な電力を供給することができる。

40

【0054】

また、受電装置200側において、負荷回路220の状態を検出するためのセンサ等も不要となる。受電装置200は、例えばスマートフォンや携帯電話等であり、コストダウンや小型化が要求されるが、本実施形態によれば、送電装置100との間の通信回路や、

50

負荷状態の検出センサ等の部品が不要となる。そのため、受電モジュール 210 の基板及び受電装置 200 の小型化やコストダウンが図れる。

【0055】

また、本実施形態の送電装置 100 では、電力供給部 54 は、所定電圧の直流電力を供給する直流電源 51 と、直流電源 51 から供給された直流電力を交流電力に変換して送電部 30 に供給する電力変換部 57 と、を備える。負荷インピーダンス検出部は、直流電源 51 から電力変換部 57 に流れる直流電流の電流値 I_{DC} を検出する。制御部 52 は、負荷インピーダンス検出部で検出された直流電流値 I_{DC} に基づいて、受電装置 200 の負荷回路 220 に適した電力が供給されるように、電力変換部 57 における電力変換態様を制御する。

10

【0056】

この構成により、直流電源 51 から電力変換部 57 に供給される直流電力の電流値 I_{DC} に基づいて、受電装置 200 の負荷回路 220 に適した電力が供給されるように、電力変換部 57 における電力変換態様が制御される。ここで、直流電源 51 から電力変換部 57 に供給される直流電流の値 I_{DC} は、前述のように、二次電池 72 のインピーダンスの変化を良好に反映する。したがって、受電装置 200 の負荷回路 220 の状態が変化した場合でも、負荷回路 220 に適した電力を供給することができる。

【0057】

また、本実施形態の送電装置 100 では、受電装置 200 の負荷回路 220 には直流電力が供給される。電力変換部 57 は、直流電源 51 から供給される直流電圧を周期的に ON/OFF することにより交流電力を生成する。制御部 52 は、負荷インピーダンス検出部で検出された直流電流値 I_{DC} に基づいて、電力変換部 57 における ON/OFF のデューティ比を制御する。

20

【0058】

この構成によれば、負荷インピーダンス検出部で検出された直流電流値 I_{DC} に基づいて、電力変換部 57 における ON/OFF のデューティ比が制御される。したがって、負荷回路 220 に過電圧が印加されるのが防止される。また、デューティ比制御により容易にかつ確実に制御を行うことができる。

【0059】

また、本実施形態の送電装置 100 では、あらかじめ定められた直流電流の電流値 I_{DC} とデューティ比の関係に基づき、検出された電流値 I_{DC} に対するデューティ比を決定する。

30

【0060】

この構成により、デューティ比制御を容易かつ簡易な構成で行うことができる。

【0061】

また、本実施形態の送電装置 100 では、負荷回路 220 は、DC/DC コンバータ 71 と、DC/DC コンバータ 71 の二次側に接続された二次電池 72 とを含む。

【0062】

この構成により、DC/DC コンバータ 71 及び二次電池 72 に印加する電圧を一定の電圧とすることができる。

40

【0063】

また、本実施形態の送電装置 100 では、受電部 40 が、受電装置側アクティブ電極 42 (受電側第 1 電極) と受電装置側パッシブ電極 41 (受電側第 2 電極) とを含み、送電部 30 が、受電装置側アクティブ電極 42 (受電側第 1 電極) と容量結合する送電装置側アクティブ電極 32 (送電側第 1 電極) と、受電装置側パッシブ電極 41 (受電側第 2 電極) と容量結合する送電装置側パッシブ電極 31 (送電側第 2 電極) とを含む。

【0064】

この構成により、電界結合型の電力伝送において、上述の各種効果が得られる。

【0065】

また、本実施形態の送電装置 100 では、電力の送電中において、送電装置側アクティ

50

ブ電極 3 2 (送電側第 1 電極) の電圧が送電装置側パッシブ電極 3 1 (送電側第 2 電極) の電圧より大きい。

【 0 0 6 6 】

この構成により、送電装置側アクティブ電極 3 2 (送電側第 1 電極) 及び受電装置側アクティブ電極 4 2 (受電側第 1 電極) の電圧を高電圧とすることができる。したがって、電力伝送効率を高めることができる。

【 0 0 6 7 】

また、本実施形態の送電装置 1 0 0 では、送電装置側アクティブ電極 3 2 (送電側第 1 電極) と送電装置側パッシブ電極 3 1 (送電側第 2 電極) との間に二次巻線が接続され、電力変換部 5 7 の出力に一次巻線が接続される昇圧トランス T G をさらに備える。

10

【 0 0 6 8 】

この構成により、送電装置側アクティブ電極 3 2 (送電側第 1 電極) 及び受電装置側アクティブ電極 4 2 (受電側第 1 電極) の電圧をより高電圧とすることができる。これにより低電流で大きい電力を伝送できるため送電経路における導体損による電力損失を小さくできる。したがって、電力伝送効率をより高くすることができる。

【 0 0 6 9 】

また、本実施形態では、受電部 4 0 及び負荷回路 2 2 0 を有する受電装置 2 0 0 と、上述の送電装置 1 0 0 とを含む電力伝送システムが提供される。

【 0 0 7 0 】

本実施形態の電力伝送システムによれば、送電装置 1 0 0 において説明した効果と同様の効果が得られる。

20

【 0 0 7 1 】

また、本実施形態では、受電部 4 0 で受電した電圧を整流して負荷回路 6 1 に供給する受電装置 2 0 0 に対してワイヤレスで電力を送電する送電装置 1 0 0 における送電方法が提供される。この送電方法は、受電装置 2 0 0 に送電するための電力を生成し、送電部 3 0 に供給するステップと、送電装置 1 0 0 内で検出される電気信号に基づいて受電装置 2 0 0 の負荷インピーダンスを検出するステップと、負荷インピーダンスの検出結果に基づいて、受電装置 2 0 0 の整流回路 6 1 の出力電圧が所定電圧以下となるように、送電部 1 0 0 に供給する電力を制御するステップとを、含む。

【 0 0 7 2 】

30

本実施形態の送電方法によれば、送電装置 1 0 0 において説明した効果と同様の効果が得られる。

【 0 0 7 3 】

(その他の実施の形態)

本実施形態では、本発明を、電界結合型の電力伝送システムに適用した場合について説明したが、本発明は、磁界結合型の電力伝送システムにも適用可能である。

【 0 0 7 4 】

また、本実施形態では、受電装置側の負荷インピーダンスを V D C , I D C 検出回路 5 3 により検出したが、V A C 検出回路 5 8 により検出してもよい。V A C 検出回路 5 8 で検出される交流電圧値 V A C は、I D C 検出部 5 3 により検出される直流電流値 I D C 同様に、二次電池 7 2 のインピーダンスに応じた電圧を示す。したがって、I D C 検出部 5 3 の場合と同様の効果が得られる。

40

【 0 0 7 5 】

また、本実施形態では、送電装置 1 0 0 の出力電力の制御において、負荷インピーダンスに応じて、スイッチング回路 5 6 の各スイッチング素子のデューティ比を制御した (P W M 制御) 。これに限らず、送電装置 1 0 0 の出力電力の制御において、負荷インピーダンスに応じて、スイッチング回路 5 6 へ入力する直流電圧 V D C の大きさを制御するようにしてもよい (P A M 制御) 。

【 0 0 7 6 】

また、本実施形態では、負荷回路 2 2 0 の D C / D C コンバータ 7 1 の二次側に負荷と

50

して二次電池 72 が接続されている場合について説明したが、本発明は二次電池 72 以外の場合にも適用可能である。例えば、負荷のインピーダンスが動作状態に応じて変化するような電子装置等に対しても、負荷のインピーダンスが変化した場合でも一定の電圧を供給することができる。そのため、負荷インピーダンスの変動にかかわらず、電子装置の動作を安定させることができる。

【0077】

また、本実施形態では、負荷回路 220 が、電圧安定化回路としての DC/DC コンバータ 71 と、DC/DC コンバータ 71 の二次側負荷としての二次電池 72 を有する場合について説明したが、これに限らない。例えば、図 13 のように、負荷回路 220 が、電圧安定化回路としての電圧レギュレータ 81 と、電圧レギュレータ 81 の二次側負荷としての二次電池 82 と、二次電池 82 または電圧レギュレータ 81 から供給される電力により動作するデバイス 84 と、デバイス 84 への電力の供給を制御する電力制御回路 83 とを有する場合にも、本発明は適用可能である。なお、二次電池 82 は、充電制御回路を内蔵している。この例においても、負荷のインピーダンスが変化した場合でも一定の電圧を供給することができる。そのため、負荷インピーダンスの変動にかかわらず、デバイス 84 等を含む電子装置の動作を安定させることができる。

10

【0078】

また、図 13 の例では、二次電池 82 が充電制御回路を内蔵している例について説明したが、これに限らない。例えば、図 14 に示す負荷回路 220 のように、充電制御回路 85 が、電圧レギュレータ 81 と二次電池 82 の間に分離して設けられてもよい。

20

【0079】

また、本発明は、受電装置の負荷回路の電圧安定化回路が、DC/DC コンバータと電圧レギュレータの両方を包含する場合にも適用できる。

【符号の説明】

【0080】

- 30 送電部
- 31 送電装置側パッシブ電極（送電側第 2 電極）
- 32 送電装置側アクティブ電極（送電側第 1 電極）
- 37 昇圧回路
- 40 受電部
- 41 受電装置側パッシブ電極（受電側第 2 電極）
- 42 受電装置側アクティブ電極（受電側第 1 電極）
- 45 降圧回路
- 51 直流電源
- 52 制御部
- 52A 記憶部
- 53 VDC, IDC 検出回路
- 54 電力供給部
- 55 駆動制御回路
- 56 スイッチング回路
- 57 電力変換部
- 58 VAC 検出回路
- 61 整流回路
- 71 DC/DC コンバータ
- 72、82、82 二次電池
- 81 電圧レギュレータ
- 83 電力制御回路
- 84 デバイス
- 85 充電制御回路
- 100 送電装置

30

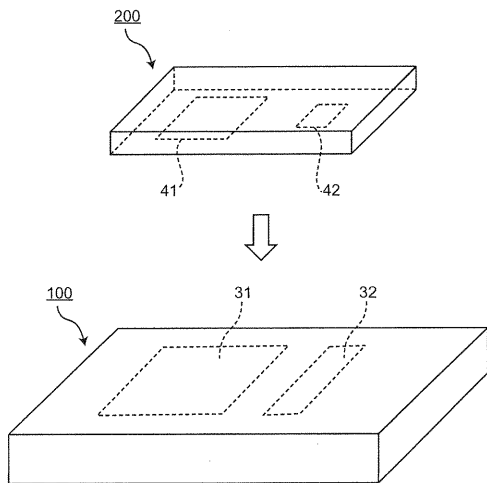
40

50

- 200 受電装置
- 210 受電モジュール
- 220、220、220 負荷回路
- CG, CL... キャパシタ
- LG, LL... インダクタ
- OSC... 高周波電圧発生回路
- RL... 負荷回路
- TG... 昇圧トランス
- TL... 降圧トランス

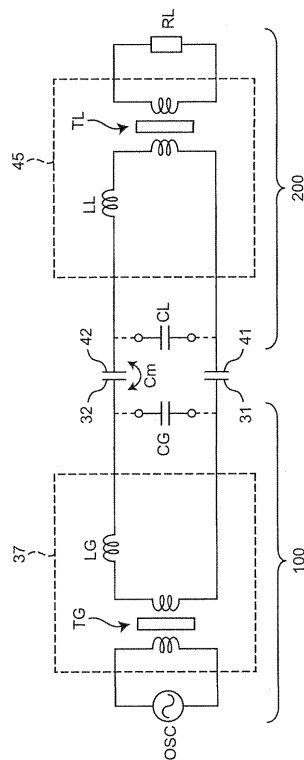
【図1】

【図1】



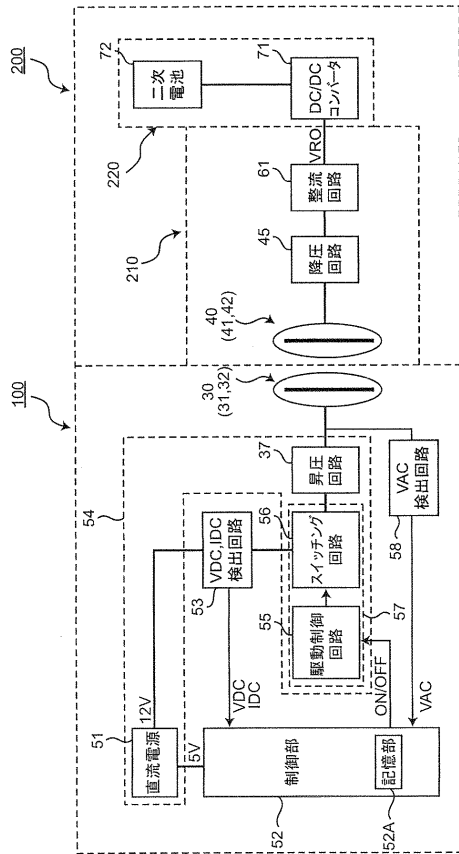
【図2】

【図2】



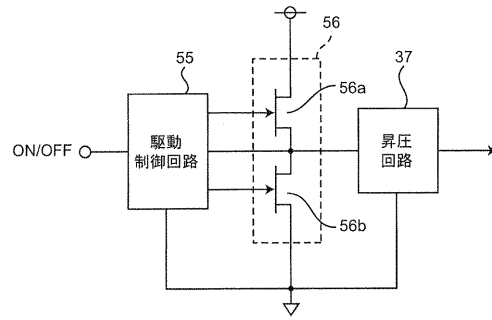
【図3】

【図3】



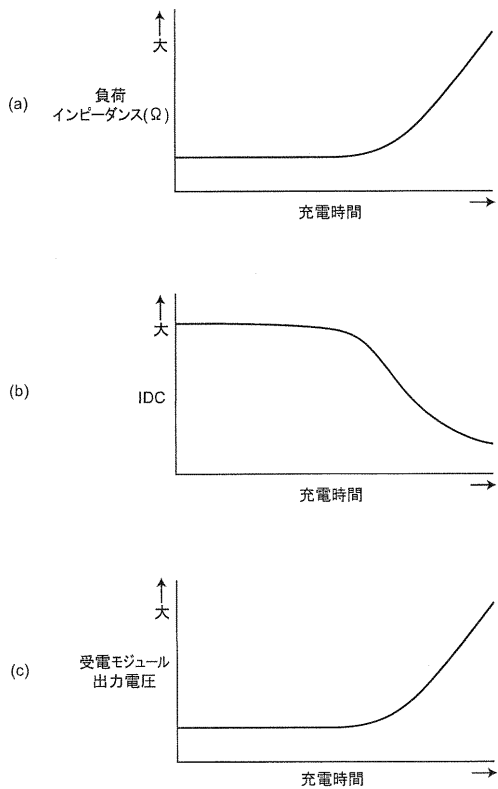
【図4】

【図4】



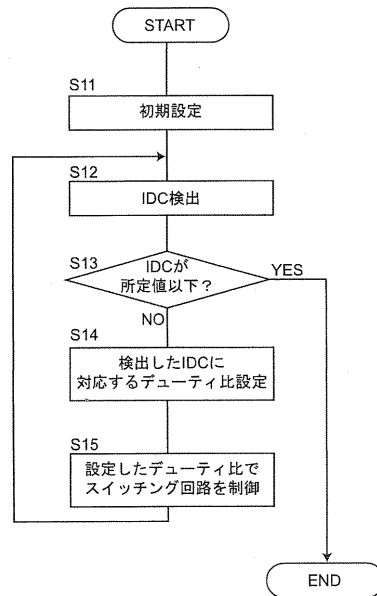
【図5】

【図5】



【図6】

【図6】



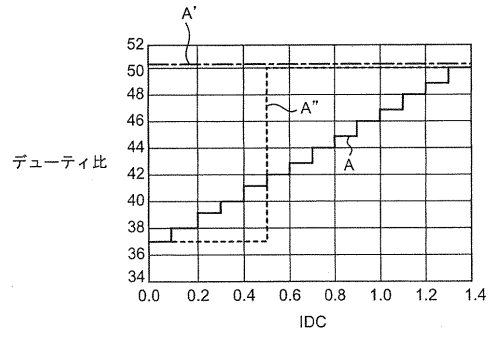
【図7】

【図7】

IDC	デューティ比
0~0.1	37
0.1~0.2	38
0.2~0.3	39
0.3~0.4	40
0.4~0.5	41
0.5~0.6	42
0.6~0.7	43
0.7~0.8	44
0.8~0.9	45
0.9~1.0	46
1.0~1.1	47
1.1~1.2	48
1.2~1.3	49
1.3~1.4	50

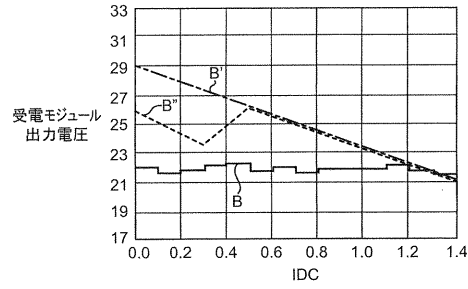
【図8】

【図8】



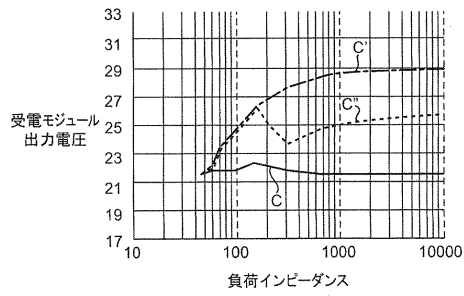
【図9】

【図9】



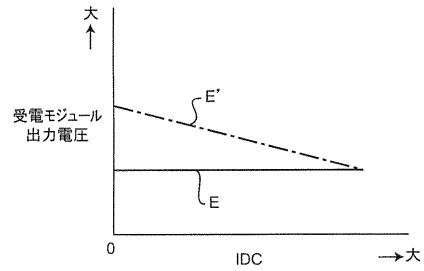
【図10】

【図10】



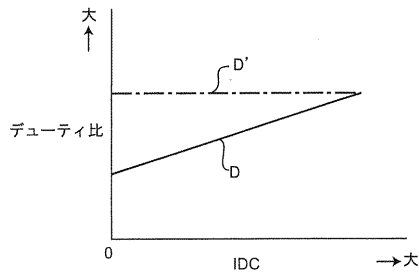
【図12】

【図12】



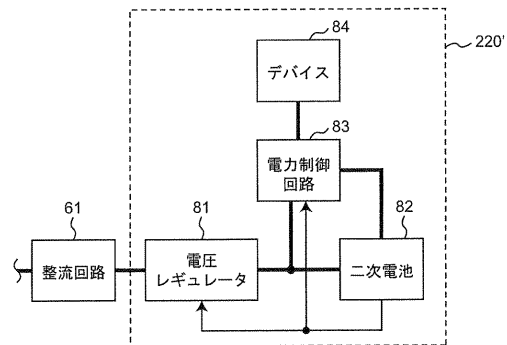
【図11】

【図11】



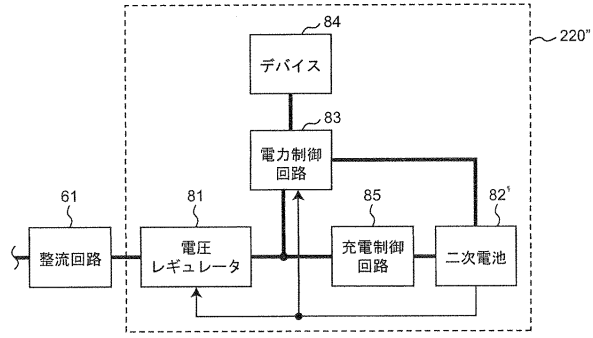
【図13】

【図13】



【図14】

【図14】



フロントページの続き

審査官 石川 晃

(56)参考文献 国際公開第2011/127449(WO, A2)

特開2010-183810(JP, A)

特開2012-039800(JP, A)

特開2004-248365(JP, A)

特開2010-233442(JP, A)

特開2009-296857(JP, A)

特表2013-528043(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J 17/00

H02J 7/00