

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5790897号
(P5790897)

(45) 発行日 平成27年10月7日(2015.10.7)

(24) 登録日 平成27年8月14日(2015.8.14)

(51) Int.Cl. F I
HO 2 J 17/00 (2006.01) HO 2 J 17/00 C

請求項の数 4 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2015-506737 (P2015-506737)	(73) 特許権者	000006231
(86) (22) 出願日	平成26年3月14日(2014.3.14)		株式会社村田製作所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2014/056837		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(87) 国際公開番号	W02014/148369	(74) 代理人	110000970
(87) 国際公開日	平成26年9月25日(2014.9.25)		特許業務法人 楓国際特許事務所
審査請求日	平成27年5月22日(2015.5.22)	(72) 発明者	市川 敬一
(31) 優先権主張番号	特願2013-56855 (P2013-56855)		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(32) 優先日	平成25年3月19日(2013.3.19)		株式会社村田製作所内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	未定 剛
(31) 優先権主張番号	特願2014-31873 (P2014-31873)		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(32) 優先日	平成26年2月21日(2014.2.21)		株式会社村田製作所内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	酒井 博紀
早期審査対象出願			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】 ワイヤレス電力伝送システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の電極と第2の電極との間に交流電圧を給電回路から給電する送電装置と、
 前記第1の電極に対向する第3の電極と、前記第2の電極に対向する第4の電極との間
 に生じる交流電圧を負荷回路へ供給する受電装置と、

を備えた電力伝送システムにおいて、

前記送電装置は、

第1端が前記第1の電極に接続され、第2端が前記送電装置の基準電位に接続された第
 1リアクタンス素子と、

第1端が前記第2の電極に接続され、第2端が前記送電装置の基準電位に接続された第
 2リアクタンス素子と、

を有し、

前記受電装置は、

第1端が前記第3の電極に接続され、第2端が前記受電装置の基準電位に接続された第
 3リアクタンス素子と、

第1端が前記第4の電極に接続され、第2端が前記受電装置の基準電位に接続された第
 4リアクタンス素子と、

を有し、

前記第1の電極及び前記第3の電極の間に生じる容量 C_{aa} 、前記第2の電極及び前記
 第4の電極の間に生じる容量 C_{pp} 、前記第1リアクタンス素子のリアクタンスを X_1 、

10

20

前記第 2 リアクタンス素子のリアクタンスを X_2 、前記第 3 リアクタンス素子のリアクタンスを X_3 、前記第 4 リアクタンス素子のリアクタンスを X_4 で表したとき、

前記第 1 の電極、前記第 2 の電極、前記第 3 の電極及び前記第 4 の電極、ならびに、前記第 1 リアクタンス素子、前記第 2 リアクタンス素子、前記第 3 リアクタンス素子及び前記第 4 リアクタンス素子は、

前記交流電圧の基本周波数で、 $C_{pp} / C_{aa} = X_1 / X_2 = X_3 / X_4$ 、かつ、 $C_p - C_{aa}$ 、を満足するように設定されている、

ワイヤレス電力伝送システム。

【請求項 2】

前記送電装置は、前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極との間に前記給電回路が配置されるよう設けられ、基準電位に接続されたシールド電極を有し、

前記第 1 リアクタンス素子の第 2 端、及び前記第 2 リアクタンス素子の第 2 端は、前記シールド電極に接続されている、

請求項 1 に記載のワイヤレス電力伝送システム。

【請求項 3】

前記受電装置は、前記第 3 の電極及び前記第 4 の電極との間に前記負荷回路が配置されるよう設けられ、基準電位に接続されたシールド電極を有し、

前記第 3 リアクタンス素子の第 2 端、及び前記第 4 リアクタンス素子の第 2 端は、前記シールド電極に接続されている、

請求項 1 に記載のワイヤレス電力伝送システム。

【請求項 4】

前記第 1 リアクタンス素子、前記第 2 リアクタンス素子、前記第 3 リアクタンス素子及び前記第 4 リアクタンス素子の少なくとも一つは、可変リアクタンス素子を含む、請求項 1 から 3 の何れかに記載のワイヤレス電力伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、容量結合（電界結合）により電力を伝送するワイヤレス電力伝送システムに関する。

【背景技術】

【0002】

ワイヤレス電力伝送システムとして、特許文献 1 には、容量結合により電力を伝送するシステムが開示されている。特許文献 1 に記載のワイヤレス電力伝送システムは、高周波高電圧発生器、パッシブ電極及びアクティブ電極を備えた送電装置と、高周波高電圧負荷、パッシブ電極及びアクティブ電極を備えた受電装置とで構成されている。そして、送電装置のアクティブ電極と受電装置のアクティブ電極とが間隙を介して近接することにより、二つの電極同士が容量結合し、送電装置から受電装置へ電力が伝送される。この容量結合方式のワイヤレス電力伝送システムでは、面積当たりの伝送電力を大きくできること、及び、搭載面内の位置自由度が高くできること、といった利点がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特表 2009 - 531009 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に記載のワイヤレス電力伝送システムでは、受電装置の基準電位が大地電位に対して変動すると、例えばタッチパネルのように人が触れるデバイスなどで、電力伝送中に受電装置の負荷回路の誤動作が生じるといった問題がある。また、送電装置の基準電位が大地電位に対して変動すると、電源ラインへの不要伝導ノイズが発生

10

20

30

40

50

するという問題がある。このため、容量結合方式のワイヤレス電力伝送システムでは、電力伝送中における基準電位変動の抑制が重要となる。

【0005】

そこで、本発明の目的は、受電装置側の負荷回路の動作を安定化させることができるワイヤレス電力伝送システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、第1の電極と第2の電極との間に交流電圧を給電回路から給電する送電装置と、前記第1の電極に対向する第3の電極と、前記第2の電極に対向する第4の電極との間に生じる交流電圧を負荷回路へ供給する受電装置と、を備えた電力伝送システムにおいて、前記送電装置は、第1端が前記第1の電極に接続され、第2端が前記送電装置の基準電位に接続された第1リアクタンス素子と、第1端が前記第2の電極に接続され、第2端が前記送電装置の基準電位に接続された第2リアクタンス素子と、を有し、前記受電装置は、第1端が前記第3の電極に接続され、第2端が前記受電装置の基準電位に接続された第3リアクタンス素子と、第1端が前記第4の電極に接続され、第2端が前記受電装置の基準電位に接続された第4リアクタンス素子と、を有し、前記第1の電極及び前記第3の電極の間に生じる容量 C_{aa} 、前記第2の電極及び前記第4の電極の間に生じる容量 C_{pp} 、前記第1リアクタンス素子のリアクタンスを X_1 、前記第2リアクタンス素子のリアクタンスを X_2 、前記第3リアクタンス素子のリアクタンスを X_3 、前記第4リアクタンス素子のリアクタンスを X_4 で表したとき、前記第1の電極、前記第2の電極、前記第3の電極及び前記第4の電極、ならびに、前記第1リアクタンス素子、前記第2リアクタンス素子、前記第3リアクタンス素子及び前記第4リアクタンス素子は、前記交流電圧の基本周波数で、 $C_{pp}/C_{aa} = X_1/X_2 = X_3/X_4$ 、かつ、 $C_{pp} > C_{aa}$ 、を満足するように設定されていることを特徴とする。

【0007】

この構成では、第1の電極及び第3の電極の間に生じる容量 C_{aa} と、第2の電極及び第4の電極の間に生じる容量 C_{pp} との比に一致するよう、四つのリアクタンス素子を用いることで、送電装置側基準電位点と受電装置側基準電位点との電位差を0とすることができる。これにより、受電装置側基準電位の電位変動を低減して、受電装置側の負荷回路の動作を安定化させることができる。

【0008】

また、第3リアクタンス素子 X_3 及び第4リアクタンス素子 X_4 は抵抗成分を含まないので、受電側基準電位の電位変動を広い周波数帯域にわたり低減できる。リアクタンス素子（抵抗成分がゼロ）としているが、実際の素子には抵抗成分が含まれる。ここでは、抵抗成分はリアクタンス成分に対して十分小さくする。

【0009】

前記送電装置は、前記第1の電極及び前記第2の電極との間に前記給電回路が配置されるよう設けられ、基準電位に接続されたシールド電極を有し、前記第1リアクタンス素子の第2端、及び前記第2リアクタンス素子の第2端は、前記シールド電極に接続されている、構成でもよい。

【0010】

ここで、シールド電極は、送電装置内の給電回路から生じたノイズの輻射を抑制するために設けられたものである。この構成では、このシールド電極を介して、第1リアクタンス素子及び第2リアクタンス素子の接続点が基準電位に接続されている。そして、ノイズを遮蔽する程度の面積を有するシールド電極が送電側基準電位を構成する導体に加わることで、送電装置側基準電位の安定化を図ることができる。これにより、送電装置の基準電位が大地電位に対して変動することで電源ラインへの不要なノイズが伝導（漏えい）する、という問題を回避することができる。加えて、送電装置側基準電位点と受電装置側基準電位点との電位差を0とすることができるため、受電装置側基準電位の電位変動も低減され、受電装置側の負荷回路の動作を安定化させることができる。

【0011】

前記受電装置は、前記第3の電極及び前記第4の電極との間に前記負荷回路が配置されるよう設けられ、基準電位に接続されたシールド電極を有し、前記第3リアクタンス素子の第2端、及び前記第4リアクタンス素子の第2端は、前記シールド電極に接続されている構成でもよい。

【0012】

ここで、シールド電極は、受電装置内の高電圧部（負荷回路）から生じたノイズの輻射を抑制するために設けられたものである。この構成では、このシールド電極を介して、第3リアクタンス素子及び第4リアクタンス素子の接続点が基準電位に接続されている。そして、ノイズを遮蔽する程度の面積を有するシールド電極が受電側基準電位を構成する導体に加わることで、受電装置側基準電位の安定化が図られるため、受電装置側の負荷回路の動作を安定化させることができる。加えて、送電装置側基準電位点と受電装置側基準電位点との電位差を0とすることができ、送電装置側基準電位の電位変動も低減されるため、送電装置の基準電位が大地電位に対して変動することに起因し、電源ラインへの不要なノイズが伝導（漏えい）する問題を回避できる。

10

【0013】

前記第1リアクタンス素子、前記第2リアクタンス素子、前記第3リアクタンス素子及び前記第4リアクタンス素子の少なくとも一つは、可変リアクタンス素子を含む構成でもよい。

【0014】

この構成では、素子を実装した後であっても、送電装置側基準電位点と受電装置側基準電位点との電位差を0とする、 $C_{pp} / C_{aa} = X_1 / X_2 = X_3 / X_4$ の条件を満たすことができる。

20

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、受電装置側基準電位の電位変動を低減し、受電装置側の負荷回路の動作を安定化させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】実施形態1に係るワイヤレス電力伝送システムの回路図

30

【図2】電力伝送システムを構成する送電装置及び受電装置の主要部を概念的に表した断面図

【図3】電力伝送システムを構成する送電装置及び受電装置の主要部を概念的に表した断面図

【図4】負荷回路RL側を無負荷状態とした場合において、一部を省略したワイヤレス電力伝送システムの等価回路図

【図5】ブリッジ回路を取り出して簡略化したワイヤレス電力伝送システムの等価回路図

【図6】負荷回路RL側を無負荷状態としない場合において、一部を省略したワイヤレス電力伝送システムの等価回路図

【図7】図6に示すキャパシタ及び抵抗を π -Y変換した場合の回路図

40

【図8】別の例の送電装置及び受電装置の主要部を概念的に表した断面図

【図9】実施形態2に係るワイヤレス電力伝送システムの等価回路図

【図10】実施形態3に係るワイヤレス電力伝送システムを構成する送電装置及び受電装置の主要部を概念的に表した断面図

【図11】図10に示すワイヤレス電力伝送システムの回路図

【図12】寄生容量を調整する場合のワイヤレス電力伝送システムを構成する送電装置及び受電装置の主要部を概念的に表した断面図

【発明を実施するための形態】

【0017】

(実施形態1)

50

図1は実施形態1に係るワイヤレス電力伝送システム301の回路図である。ワイヤレス電力伝送システム301は送電装置101と受電装置201とを備えている。受電装置201は負荷回路RLを備えている。この負荷回路RLには二次電池とその充電回路、及び入力手段としてタッチパネル(不図示)等を含んでいる。そして、受電装置201は、例えば携帯電子機器である。携帯電子機器としては携帯電話機、PDA、携帯音楽プレーヤ、ノート型PC、デジタルカメラなどが挙げられる。受電装置201は送電装置101に載置され、送電装置101は受電装置201の二次電池を充電する。タッチパネルは、この二次電池を電力源として駆動する。

【0018】

図1において、送電装置101の高周波電圧発生回路1は例えば100kHz~数10MHzの高周波電圧を発生する。高周波電圧発生回路1の発生する電圧は、昇圧トランスT1により昇圧されて、アクティブ電極11及びパッシブ電極12との間に印加される。昇圧トランスT1の漏れインダクタンス L_{leak} は、アクティブ電極11とパッシブ電極12との間に生じるキャパシタCs1とで共振回路を構成している。キャパシタCs1は、実素子であってもよいし、寄生容量であってもよい。

【0019】

なお、アクティブ電極11は、本発明に係る第1の電極に相当し、パッシブ電極12は、本発明に係る第2の電極に相当する。

【0020】

アクティブ電極11及びパッシブ電極12の間には、キャパシタ31, 32が直列接続されている。詳しくは、アクティブ電極11側にキャパシタ31が接続され、パッシブ電極12側にキャパシタ32が接続されている。キャパシタ31及びキャパシタ32の接続点は、送電装置101の基準電位に接続されている。キャパシタ31, 32は、実素子であってもよいし、アクティブ電極11やパッシブ電極12と送電装置の基準電位との間に構成される寄生容量であってもよいし、これらの組み合わせであってもよい。また、このキャパシタ31, 32には、昇圧トランスT1の線間容量を含んでいてもよい。

【0021】

キャパシタ31は、本発明に係る第1リアクタンス素子に相当し、キャパシタ32は、本発明に係る第2リアクタンス素子に相当する。

【0022】

受電装置201が送電装置101に載置されると、受電装置201のアクティブ電極21は、送電装置101のアクティブ電極11と対向し、パッシブ電極22はパッシブ電極12と対向する。送電装置101側でアクティブ電極11とパッシブ電極12との間に電圧が印加された場合、アクティブ電極11, 21が容量結合し、また、パッシブ電極12, 22も容量結合する。この容量結合により、アクティブ電極21及びパッシブ電極22の間に電圧が誘起され、送電装置101から受電装置201へ電力が伝送される。

【0023】

アクティブ電極21は、本発明に係る第3の電極に相当し、パッシブ電極22は、本発明に係る第4の電極に相当する。

【0024】

アクティブ電極21とパッシブ電極22の間には、キャパシタ33, 34が直列接続されている。詳しくは、アクティブ電極21側にキャパシタ33が接続され、パッシブ電極22側にキャパシタ34が接続されている。キャパシタ33, 34の接続点は、受電装置201の基準電位に接続されている。キャパシタ33, 34は、実素子であってもよいし、アクティブ電極21やパッシブ電極22と受電装置の基準電位との間に構成される寄生容量であってもよいし、これらの組み合わせであってもよい。また、このキャパシタ33, 34には、降圧トランスT2の線間容量を含んでいてもよい。

【0025】

キャパシタ33は、本発明に係る第3リアクタンス素子に相当し、キャパシタ34は、本発明に係る第4リアクタンス素子に相当する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

アクティブ電極 2 1 とパッシブ電極 2 2 との間に誘起される電圧は、降圧トランス T 2 により降圧され、インダクタ L L、ダイオード D 1、D 2 及び DC - DC コンバータ 2 5 により整流平滑され、負荷回路 R L へ印加される。なお、降圧トランス T 2 の 1 次コイルは、図 1 に示す、アクティブ電極 2 1 とパッシブ電極 2 2 との間に生じるキャパシタ C s 2 とで共振回路を構成している。キャパシタ C s 2 は、実素子であってもよいし、寄生容量であってもよい。

【 0 0 2 7 】

図 1 に示すキャパシタ C a は、アクティブ電極 1 1、2 1 の間に生じる（等価的に接続される）容量であり、キャパシタ C p は、パッシブ電極 1 2、2 2 の間に生じる（等価的に接続される）容量である。そして、キャパシタ C a のキャパシタンスを C a a、キャパシタ C p のキャパシタンスを C p p で表すと、アクティブ電極 1 1、2 1 及びパッシブ電極 1 2、2 2 は、 $C a a < C p p$ の関係が成り立つように形成されている。この関係が成り立つようにすることで、アクティブ電極 1 1、2 1 のみに高い電圧が生じ、パッシブ電極 1 2、2 2 には相対的に低い電圧を生じさせることができる。

【 0 0 2 8 】

また、キャパシタ 3 1、3 2、3 3、3 4 は、受電装置 2 0 1 の基準電位の安定化を目的として設けられている。キャパシタ 3 1、3 2、3 3、3 4 それぞれのキャパシタンス値は、C a、C p の容量比との関係により設定される。その設定方法については後に詳述する。

【 0 0 2 9 】

なお、送電装置 1 0 1 においては、キャパシタ C s 1、3 1、3 2 の合成容量と昇圧トランス T 1 の漏れインダクタンス L_{leak} との共振周波数を、高周波電圧発生回路 1 の発生する高周波電圧の周波数付近に設定する。また、受電装置 2 0 1 においては、キャパシタ C s 2、3 3、3 4 の合成容量と降圧トランス T 2 の 1 次側励磁インダクタンスとの共振周波数を高周波電圧発生回路 1 の発生する高周波電圧の周波数付近に設定する。そうすることで、受電装置 2 0 1 が送電装置 1 0 1 に載置され、互いのアクティブ電極 1 1、2 1、パッシブ電極 1 2、2 2 が容量結合し、送電装置 1 0 1 から受電装置 2 0 1 へ電力が伝送される際に、互いの共振回路が結合することで複合共振が形成され、高周波電圧発生回路 1 の発生する高周波電圧の周波数付近において、損失の少ない電力伝送を行うことができる。

【 0 0 3 0 】

図 2 及び図 3 は電力伝送システム 3 0 1 を構成する送電装置 1 0 1 及び受電装置 2 0 1 の主要部を概念的に表した断面図である。図 2 は、 $C a a < C p p$ の関係が成り立つ場合の断面図であり、図 3 は、 $C a a = C p p$ の関係が成り立つ場合の断面図である。

【 0 0 3 1 】

送電装置 1 0 1 の筐体 1 0 の上面（受電装置 2 0 1 が載置される面）付近には、アクティブ電極 1 1 とパッシブ電極 1 2 とが設けられている。この筐体 1 0 は、例えば ABS 樹脂などのプラスチックの成形体であり、筐体 1 0 の内部にアクティブ電極 1 1 及びパッシブ電極 1 2 を一体成形することによって、筐体 1 0 の外表面を絶縁構造にしている。

【 0 0 3 2 】

アクティブ電極 1 1 及びパッシブ電極 1 2 は、同一面内に設けられ、かつ、パッシブ電極 1 2 がアクティブ電極 1 1 の周囲を離間して取り囲むように設けられている。アクティブ電極 1 1 をパッシブ電極 1 2 で取り囲むことで、パッシブ電極がアクティブ電極を遮蔽する効果が得られるため、より高電圧が生じているアクティブ電極 1 1、2 1 の容量結合に起因して生じるノイズの輻射を抑制できる。

【 0 0 3 3 】

また、送電装置 1 0 1 の筐体 1 0 の底面付近であって、アクティブ電極 1 1 及びパッシブ電極 1 2 と対向する位置には、シールド電極 1 3 が設けられている。シールド電極 1 3 は、高電圧部となるアクティブ電極 1 1 及びパッシブ電極 1 2 とグラウンド（大地）との間

10

20

30

40

50

を遮蔽するように設けられている。このシールド電極 1 3 は、送電装置 1 0 1 の基準電位に接続されている。本実施形態では、シールド電極 1 3 の基準電位は大地電位である。なお、シールド電極 1 3 は、筐体 1 0 に沿って、筐体 1 0 の側面にも設けられていてもよい。また、シールド電極 1 3 は大地に接続されていなくてもよい。

【 0 0 3 4 】

アクティブ電極 1 1 とパッシブ電極 1 2 との間には、キャパシタ 3 1 , 3 2 が直列接続されている。キャパシタ 3 1 , 3 2 の接続点はシールド電極 1 3 に接続されていて、シールド電極 1 3 を介して基準電位に接続されている。

【 0 0 3 5 】

筐体 1 0 内には、高周波電圧発生回路 1 及び昇圧トランス T 1 を含む高周波高電圧発生回路が設けられている。この高周波高電圧発生回路は、アクティブ電極 1 1 とパッシブ電極 1 2 との間に高周波の高電圧を印加する。昇圧トランス T 1 の 1 次側は、シールド電極 1 3 を介して基準電位に接続されている。

10

【 0 0 3 6 】

受電装置 2 0 1 の筐体 2 0 の底面（送電装置 1 0 1 の上面に載置される面）付近には、アクティブ電極 2 1 とパッシブ電極 2 2 とが設けられている。この筐体 2 0 は、例えば ABS 樹脂などのプラスチックの成形体であり、筐体 2 0 の内部にアクティブ電極 2 1 及びパッシブ電極 2 2 を一体成形することによって、筐体 2 0 の外表面を絶縁構造にしている。

【 0 0 3 7 】

20

アクティブ電極 2 1 及びパッシブ電極 2 2 は、送電装置 1 0 1 と同様に、同一面内に設けられ、かつ、パッシブ電極 2 2 がアクティブ電極 2 1 の周囲を離間して取り囲むように設けられている。また、筐体 2 0 の上面付近であって、アクティブ電極 2 1 及びパッシブ電極 2 2 と対向する位置には、シールド電極 2 3 が設けられている。このシールド電極 2 3 は、受電装置 2 0 1 の基準電位に接続されている。

【 0 0 3 8 】

$C_{aa} < C_{pp}$ の場合（図 2 ）、パッシブ電極 1 2 , 2 2 の面積が、アクティブ電極 1 1 , 2 1 の面積よりも大きくなるよう形成されている。この場合、アクティブ電極 1 1 と 2 1 の間に生じる電圧は、パッシブ電極 1 2 と 2 2 の間に生じる電圧よりも大きくなる。また、 $C_{aa} = C_{pp}$ の場合（図 3 ）、アクティブ電極 1 1 , 2 1 の面積が、パッシブ電極 1 2 , 2 2 の面積と同じ大きさとなるよう形成されている。この場合、アクティブ電極 1 1 と 2 1 の間に生じる電圧と、パッシブ電極 1 2 と 2 2 の間に生じる電圧とは等しくなる。

30

【 0 0 3 9 】

アクティブ電極 2 1 とパッシブ電極 2 2 との間には、キャパシタ 3 3 , 3 4 が直列接続されている。キャパシタ 3 3 , 3 4 の接続点はシールド電極 2 3 に接続されていて、シールド電極 2 3 を介して受電装置 2 0 1 の基準電位に接続されている。なお、シールド電極 2 3 は、筐体 2 0 に沿って、筐体 2 0 の側面にも設けられていてもよい。

【 0 0 4 0 】

筐体 2 0 内には、アクティブ電極 2 1 とパッシブ電極 2 2 との間に誘起される電圧を受ける受電側回路 2 4 が設けられている。受電側回路 2 4 は、図 1 の降圧トランス T 2 、インダクタ LL、ダイオード D 1 , D 2 、DC - DC コンバータ 2 5 及び負荷回路 RL 等を含む。この受電側回路 2 4（具体的には、降圧トランス T 2 の 2 次側）は、シールド電極 2 3 を介して受電装置 2 0 1 の基準電位に接続されている。

40

【 0 0 4 1 】

以下に、キャパシタ 3 1 , 3 2 , 3 3 , 3 4 の設定方法について詳述する。以下では、負荷回路 RL 側を無負荷状態とした場合と、無負荷状態としない場合とのそれぞれの設定方法について説明する。

【 0 0 4 2 】

図 4 は、負荷回路 RL 側を無負荷状態とした場合において、一部を省略したワイヤレス

50

電力伝送システム 301 の等価回路図である。図 4 では、キャパシタ 31, 32, 33, 34 及びキャパシタ C_a , C_p から構成される回路を主に示し、他の回路、例えば、受電装置 201 の受電側回路 24 などを省略している。また、図 4 に示す T G は、送電装置 101 の基準電位点であり、R G は受電装置 201 の基準電位点である。

【0043】

図 4 において、キャパシタ 31, 32 のインピーダンスを Z_1 , Z_2 で表す。また、キャパシタ 33 及びキャパシタ C_a の直列回路のインピーダンスを Z_3 、キャパシタ 34 及びキャパシタ C_p の直列回路のインピーダンスを Z_4 でそれぞれ表す。インピーダンス Z_1 , Z_2 は、

$$Z_1 = R_1 + j X_1 \dots (1)$$

$$Z_2 = R_2 + j X_2 \dots (2)$$

で表される。

【0044】

また、キャパシタ 33, 34 のインピーダンスをそれぞれ、 $R_3 + j X_3$ 、及び、 $R_4 + j X_4$ で表すと、インピーダンス Z_3 , Z_4 は、

$$Z_3 = 1 / j C_{aa} + R_3 + j X_3 \dots (3)$$

$$Z_4 = 1 / j C_{pp} + R_4 + j X_4 \dots (4)$$

で表される。

【0045】

キャパシタ 31, 32, 33, 34 は、アクティブ電極 11, 21 の間に生じる容量 C_{aa} と、パッシブ電極 12, 22 の間に生じる容量 C_{pp} との比に一致するように各キャパシタンスが設定されている。すなわち、キャパシタ 31, 32, 33, 34 は、高周波電圧発生回路 1 からの交流電圧の基本周波数において、以下の式 (5) の条件を満たすように設定されている。

【0046】

$$C_{pp} / C_{aa} = X_1 / X_2 = X_3 / X_4 \dots (5)$$

なお、上述したように、 $C_{aa} = C_{pp}$ である。

【0047】

式 (5) の条件を満足することで、送電装置側基準電位点 T G と受電装置側基準電位点 R G との電位差は 0 となる。これは、キャパシタ 31, 32, 33, 34 及びキャパシタ C_a , C_p から構成される回路がブリッジ回路を形成しているからである。そのブリッジ回路を図 5 に示す。図 5 は、ブリッジ回路を取り出して簡略化したワイヤレス電力伝送システム 301 の等価回路図である。図 5 では、各インピーダンス Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z_4 と同じ符号で、インピーダンス素子の回路を表している。

【0048】

図 5 に示すように、インピーダンス素子 Z_1 とインピーダンス素子 Z_2 との接続点は送電装置側基準電位点 T G であり、インピーダンス素子 Z_3 とインピーダンス素子 Z_4 との接続点は受電装置側基準電位点 R G である。このブリッジ回路の平衡条件は、

$$Z_1 / Z_2 = Z_3 / Z_4 \dots (6)$$

であり、この平衡条件を満足すると、送電装置側基準電位点 T G と受電装置側基準電位点 R G との電位差は 0 となる。

【0049】

前記式 (1) ~ (4) 及び式 (6) から算出される式の実部及び虚部をゼロとすると、以下の式 (7) 及び式 (8) を得る。

【0050】

【数 1】

$$R_1 R_4 - R_2 R_3 + (X_3 - \frac{1}{\omega C_{aa}}) X_2 - (X_4 - \frac{1}{\omega C_{pp}}) X_1 = 0 \dots (7)$$

$$R_4 X_1 - R_3 X_2 + (X_4 - \frac{1}{\omega C_{pp}}) R_1 - (X_3 - \frac{1}{\omega C_{aa}}) R_2 = 0 \dots (8)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

抵抗成分を無視すると、式(7)より、以下の式(9)となる。

【 0 0 5 2 】

【数2】

$$(X3 - \frac{1}{\omega Caa})X2 - (X4 - \frac{1}{\omega Cpp})X1 = 0 \quad \dots(9)$$

【 0 0 5 3 】

$k = Cpp / Caa$ 、 $k1 = X1 / X2$ 、 $k2 = X3 / X4$ とすると、式(9)は、以下の式(10)となる。

【 0 0 5 4 】

【数3】

$$(\frac{1}{k2} - \frac{1}{k1})X3 + \frac{1}{\omega Caa} (\frac{1}{k1} - \frac{1}{k}) = 0 \quad \dots(10)$$

【 0 0 5 5 】

この結果、 $k = k1 = k2$ となり、前述の式(5)が成り立つ。このように、式(5)の条件を満たすように、キャパシタ31, 32, 33, 34、アクティブ電極11, 21及びパッシブ電極12, 22を設計することで、送電装置側基準電位点TGと受電装置側基準電位点RGとの電位差は0となる。

【 0 0 5 6 】

図6は、負荷回路RL側を無負荷状態としない場合において、一部を省略したワイヤレス電力伝送システム301の等価回路図である。図6に示す回路は、図4に示す回路に加え、抵抗Rが付加された構成である。図7は、図6に示すキャパシタ33, 34及び抵抗Rを-Y変換した場合の回路である。

【 0 0 5 7 】

図7に示すZa, Zbのインピーダンスは、以下の式(11)及び式(12)で表される。

【 0 0 5 8 】

【数4】

$$Za = \frac{jX3 \cdot R}{j(X3+X4)+R} \quad \dots(11)$$

$$Zb = \frac{jX4 \cdot R}{j(X3+X4)+R} \quad \dots(12)$$

【 0 0 5 9 】

そして、ブリッジ回路の平衡条件から、以下の式(13)を満足すれば、送電装置側基準電位点TGと受電装置側基準電位点RGとの電位差は0となる。

【 0 0 6 0 】

【数5】

$$Z1 (Zb + \frac{1}{j\omega Cpp}) = Z2 (Za + \frac{1}{j\omega Caa}) \quad \dots(13)$$

【 0 0 6 1 】

抵抗成分R1, R2, R3, R4を無視し、 $k = Cpp / Caa$ 、 $k1 = X1 / X2$ 、 $k2 = X3 / X4$ とすると、式(13)から以下の式(14)となる。

【 0 0 6 2 】

【数6】

$$(\omega Caa (k1 - k2) + (1 - \frac{k1}{k})) \cdot R + j(1+k2)(1 - \frac{k1}{k}) = 0 \quad \dots(14)$$

【 0 0 6 3 】

式(14)において、 $k = k1 = k2$ である場合、抵抗R、及び、Caaに拘わらず、式(14)は成立する。すなわち、前述の式(13)が成り立ち、送電装置側基準電位

10

20

30

40

50

点 T G と受電装置側基準電位点 R G との電位差は 0 となる。

【 0 0 6 4 】

負荷回路 R L 側を無負荷状態とした場合であっても、無負荷状態としない場合であっても、送電装置側基準電位点 T G と受電装置側基準電位点 R G との電位差が 0 となれば、受電装置側基準電位点 R G の電位は送電装置 1 0 1 のグラウンド電位に等しくなる。通常、送電装置 1 0 1 のグラウンド電位は接地電位（大地電位）であるので、前記式（ 5 ）又は式（ 1 3 ）の平衡条件を満たせば、受電装置 2 0 1 側の基準電位も接地電位（大地電位）に近付けることができる。そのことによって、受電装置 2 0 1 が、人が触って静電的に入力するデバイス（静電容量型タッチパネル）を有する場合、送電装置 1 0 1 から受電装置 2 0 1 への電力伝送中に、タッチパネルを操作しても、入力を受けない、又は、意図しない入力が行われるといった誤動作をなくすことができる。

10

【 0 0 6 5 】

なお、キャパシタ 3 1 , 3 2 , 3 3 , 3 4 は、何れか一つ、または全てが可変キャパシタであってもよい。この場合、キャパシタ 3 4 を実装した後であっても、式（ 5 ）又は式（ 1 3 ）を満たすことができる。そして、送電装置側基準電位点 T G と受電装置側基準電位点 R G との電位差を 0 として、受電装置 2 0 1 側の基準電位の安定化が可能となる。

【 0 0 6 6 】

なお、本実施形態では、送電装置 1 0 1 の基準電位を大地電位としているが、送電装置 1 0 1 の基準電位は大地電位でなくてもよい。この場合であっても、送電装置 1 0 1 の筐体が受電装置 2 0 1 よりも大きい場合など、送電装置 1 0 1 の基準電位のほうが受電装置 2 0 1 の基準電位よりも安定化されているため、受電装置 2 0 1 の基準電位を送電装置 1 0 1 の基準電位とほぼ等しくなるように制御することで、送電装置 1 0 1 から受電装置 2 0 1 への電力伝送中に、タッチパネルを操作しても、誤動作をなくすことができる。

20

【 0 0 6 7 】

図 8 は、別の例の送電装置及び受電装置の主要部を概念的に表した断面図である。図 8 に示すように、受電装置 2 0 1 の基準電位を大地電位としてもよい。この場合にも、前記式（ 5 ）又は式（ 1 3 ）の平衡条件を満たすことで、送電装置 1 0 1 の基準電位を、受電装置 2 0 1 の基準電位である大地電位とすることができる。

【 0 0 6 8 】

（実施形態 2）

実施形態 2 に係るワイヤレス電力伝送システムでは、受電装置が実施形態 1 と相違する。以下、その相違点について説明する。

30

【 0 0 6 9 】

図 9 は実施形態 2 に係るワイヤレス電力伝送システム 3 0 2 の等価回路図である。ワイヤレス電力伝送システム 3 0 2 は、送電装置 1 0 2 と受電装置 2 0 2 とを備える。送電装置 1 0 2 は、実施形態 1 に係る送電装置 1 0 1 と同じであるため、説明は省略する。

【 0 0 7 0 】

受電装置 2 0 2 には、アクティブ電極 2 1 とパッシブ電極 2 2 との間に直列接続された、インダクタ 3 5 , 3 6 が設けられている。詳しくは、アクティブ電極 2 1 側にインダクタ 3 5 が接続され、パッシブ電極 2 2 側にインダクタ 3 6 が接続されている。インダクタ 3 5 , 3 6 の接続点は、受電装置 2 0 2 の基準電位に接続されている。インダクタ 3 5 は、本発明に係る第 3 リアクタンス素子に相当し、インダクタ 3 6 は、本発明に係る第 4 リアクタンス素子に相当する。なお、キャパシタ 3 1 , 3 2 をインダクタに代えてもよい。さらに、前述のインダクタ 3 5 , 3 6 等は、可変インダクタンス素子であってもよい。

40

【 0 0 7 1 】

なお、受電装置 2 0 2 の他の部分は、実施形態 1 と同じであるため、説明は省略する。

【 0 0 7 2 】

キャパシタ 3 1 , 3 2、インダクタ 3 5 , 3 6 及びキャパシタ C a , C p から構成される回路は、実施形態 1 の図 5 又は図 7 と同様に、ブリッジ回路を形成している。インダクタ 3 5 , 3 6 のインダクタンスを L 1 , L 2 で表すと、それぞれのリアクタンス X 5、X

50

6 は、 $X_5 = L_1$ 、 $X_6 = L_2$ である。このリアクタンス X_5 、 X_6 は、図 5 に示す Z_3 、 Z_4 に相当する（但し、符号は逆である）。そして、式（5）又は式（13）より、

$$C_{pp} / C_{aa} = X_1 / X_2 = L_1 / L_2 \dots (15)$$

となる。

【0073】

式（15）の条件を満たすように、キャパシタ C_{31} 、 C_{32} 、インダクタ L_{35} 、 L_{36} 、アクティブ電極 1_1 、 2_1 及びパッシブ電極 1_2 、 2_2 を設計することで、送電装置側基準電位点 TG と受電装置側基準電位点 RG との電位差は 0 となる。送電装置側基準電位点 TG を電力送電装置のグラウンド電位に接続されていれば、受電装置側基準電位点 RG の電位は電力送電装置のグラウンド電位に等しくなる。通常、送電装置 101 のグラウンド電位は接地電位（大地電位）であるので、前記式（15）の平衡条件を満たせば、受電装置 202 側の基準電位も接地電位（大地電位）に近付けることができる。そのことによって、受電装置 202 が、人が触って静電的に入力するデバイス（容量型タッチパネル）を有する場合、送電装置 101 から受電装置 202 への電力伝送中に、タッチパネルを操作しても、受電装置 202 の負荷回路 RL の誤動作をなくすることができる。

10

【0074】

（実施形態 3）

本実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムでは、実施形態 1 で説明したキャパシタ C_{31} 、 C_{32} 、 C_{33} 、 C_{34} に相当する容量を、送電装置及び受電装置内に生じる寄生容量で構成し、受電装置の基準電位の安定化させている。以下、その相違点について説明する。

20

【0075】

図 10 は、実施形態 3 に係るワイヤレス電力伝送システム 303 を構成する送電装置 103 及び受電装置 203 の主要部を概念的に表した断面図である。図 11 は、図 10 に示すワイヤレス電力伝送システム 303 の回路図である。なお、図 11 では、キャパシタ C_{s1} 、 C_{s2} は、図示を省略している。

【0076】

ワイヤレス電力伝送システム 303 では、送電装置 103 及び受電装置 203 それぞれは、各々の装置の基準電位に接続されたシールド電極 1_3A 、 2_3A を備えている。シールド電極 1_3A は、アクティブ電極 1_1 及びパッシブ電極 1_2 の近傍に配置され、シールド電極 1_3 と同電位である。シールド電極 2_3A は、アクティブ電極 2_1 及びパッシブ電極 2_2 の近傍に配置され、シールド電極 2_3 と同電位である。

30

【0077】

受電装置 203 を送電装置 103 に載置した場合、シールド電極 1_3A 、 2_3A の間には、アクティブ電極 1_1 、 2_1 及びパッシブ電極間 1_2 、 2_2 が間に介在する。高電位部分（アクティブ電極 1_1 、 2_1 ）をシールド電極 1_3A 、 2_3A で挟み込むことで、アクティブ電極 1_1 、 2_1 間、及び、パッシブ電極間 1_2 、 2_2 間に生じる電界の漏えい（ノイズの輻射）を抑制することができる。

【0078】

送電装置 103 において、シールド電極 1_3A をアクティブ電極 1_1 及びパッシブ電極 1_2 の近傍に設けることで、シールド電極 1_3A とアクティブ電極 1_1 との間、及び、シールド電極 1_3A とパッシブ電極 1_2 との間それぞれに寄生容量が生じる。ここで、シールド電極 1_3A とアクティブ電極 1_1 との間に生じる寄生容量をキャパシタ C_{41} 、シールド電極 1_3A とパッシブ電極 1_2 との間に生じる寄生容量をキャパシタ C_{42} でそれぞれ表す。

40

【0079】

また、受電装置 203 において、シールド電極 2_3A をアクティブ電極 2_1 及びパッシブ電極 2_2 の近傍に設けることで、シールド電極 2_3A とアクティブ電極 2_1 との間、及び、シールド電極 2_3A とパッシブ電極 2_2 との間それぞれに寄生容量が生じる。ここで、シールド電極 2_3A とアクティブ電極 2_1 との間に生じる寄生容量をキャパシタ C_{43} 、

50

シールド電極 2 3 A とパッシブ電極 2 2 との間に生じる寄生容量をキャパシタ 4 4 でそれぞれ表す。

【 0 0 8 0 】

キャパシタ 4 1 は、本発明に係る第 1 リアクタンス素子に相当し、キャパシタ 4 2 は、本発明に係る第 2 リアクタンス素子に相当する。また、キャパシタ 4 3 は、本発明に係る第 3 リアクタンス素子に相当し、キャパシタ 4 4 は、本発明に係る第 4 リアクタンス素子に相当する

送電装置 1 0 3 は、アクティブ電極 1 1 とシールド電極 1 3 A との間に接続されたキャパシタ 4 1 と、パッシブ電極 1 2 とシールド電極 1 3 A との間に接続されたキャパシタ 4 2 とを備えている。この接続構成により、図 1 1 に示すように、キャパシタ 4 1 は、キャパシタ 4 1 に対して並列接続し、キャパシタ 4 2 は、キャパシタ 4 2 に対して並列接続した構成となる。

10

【 0 0 8 1 】

受電装置 1 0 3 は、アクティブ電極 2 1 とシールド電極 2 3 A との間に接続されたキャパシタ 4 3 と、パッシブ電極 2 2 とシールド電極 2 3 A との間に接続されたキャパシタ 4 4 とを備えている。この接続構成により、図 1 1 に示すように、キャパシタ 4 3 は、キャパシタ 4 3 に対して並列接続し、キャパシタ 4 4 は、キャパシタ 4 4 に対して並列接続した構成となる。

【 0 0 8 2 】

この回路において、並列接続されたキャパシタ 4 1 , 4 1 は、実施形態 1 で説明したキャパシタ 3 1 に相当する。同様に、並列接続されたキャパシタ 4 2 , 4 2、並列接続されたキャパシタ 4 3 , 4 3、及び、並列接続されたキャパシタ 4 4 , 4 4 それぞれは、実施形態 1 で説明したキャパシタ 3 2 , 3 3 , 3 4 に相当する。そして、実施形態 1 で説明したように、アクティブ電極 1 1 , 2 1 の間に生じる容量 C_{aa} と、パッシブ電極 1 2 , 2 2 の間に生じる容量 C_{pp} との比に一致するよう、各キャパシタンスの値を設定する。

20

【 0 0 8 3 】

キャパシタ 3 1 に相当する並列接続されたキャパシタ 4 1 , 4 1 のうち、キャパシタ 4 1 は、寄生容量である。したがって、キャパシタ 4 1 の容量は、実素子の容量からなり、キャパシタ 4 1 の容量に応じて、適宜決定される。同様に、キャパシタ 4 2 , 4 3 , 4 4 それぞれの容量も、実素子の容量からなり、寄生容量であるキャパシタ 4 2 , 4 3 , 4 4 の容量に応じて、適宜決定される。そして、適宜決定した容量のキャパシタ 4 1 , 4 2 , 4 3 , 4 4 を接続することで、式 (5) 又は式 (1 3) の平衡条件を満たして、受電装置 2 0 3 側の基準電位を、受電装置 2 0 3 の基準電位である大地電位とすることができる。

30

【 0 0 8 4 】

なお、シールド電極 1 3 A , 2 3 A に穴を形成して、シールド電極 1 3 A , 2 3 A と、アクティブ電極 1 1 , 2 1 及びパッシブ電極 1 2 , 2 2 との間に生じる寄生容量を調整するようにしてもよい。

【 0 0 8 5 】

図 1 2 は、寄生容量を調整する場合のワイヤレス電力伝送システム 3 0 3 を構成する送電装置及び受電装置の主要部を概念的に表した断面図である。

40

【 0 0 8 6 】

この例では、シールド電極 1 3 A に穴 H 1 , H 2 , H 3 を形成し、その穴 H 1 , H 2 , H 3 に、アクティブ電極 1 1 及びパッシブ電極 1 2 に接続される配線を通す構成としてある。また、シールド電極 2 3 A に穴 H 4 , H 5 , H 6 を形成し、その穴 H 4 , H 5 , H 6 に、アクティブ電極 2 1 及びパッシブ電極 2 2 に接続される配線を通す構成としてある。

【 0 0 8 7 】

この構成では、シールド電極 1 3 A , 2 3 A に穴が形成された分だけ、シールド電極 1 3 A , 2 3 A と、アクティブ電極 1 1 , 2 1 及びパッシブ電極 1 2 , 2 2 との対向面積が

50

小さくなり、電極間に生じる寄生容量も小さくなる。すなわち、シールド電極 1 3 A , 2 3 A に穴を形成することで、キャパシタ 4 1 , 4 2 , 4 3 , 4 4 のキャパシタンスを調整できるため、穴の径を大きく又は小さくして調整することで、キャパシタ 4 1 , 4 2 , 4 3 , 4 4 を設けなくても、式 (5) 又は式 (1 3) の平衡条件を満たすようにできる場合がある。

【 0 0 8 8 】

また、配線が、穴 H 1 ~ H 6 を通ることで、配線とシールド電極 1 3 A , 2 3 A との間に寄生容量が生じる場合がある。この場合、この寄生容量も考慮して、キャパシタ 4 1 , 4 2 , 4 3 , 4 4 のキャパシタンスを調整するようにしてもよい。その他、送電装置 1 0 3 及び受電装置 2 0 3 内に生じる寄生容量を考慮して、キャパシタ 4 1 , 4 2 , 4 3 , 4 4 のキャパシタンスを調整するようにしてもよい。

10

【 0 0 8 9 】

なお、図 1 0 に示すように、配線を通す穴を形成しない場合であっても、アクティブ電極 1 1 , 2 1 及びパッシブ電極 1 2 , 2 2 に接続される配線は、シールド電極 1 3 A , 2 3 A の近傍を通ることがある。また、図 1 2 の構成において、図 1 0 に示すような実素子の容量からなるキャパシタ 4 1 , 4 2 , 4 3 , 4 4 をさらに設けることにより、キャパシタンスを調整するようにしてもよい。

【 0 0 9 0 】

さらに、配線とは関係なく、寄生容量を調整するために、配線が通る位置とは異なる位置に、シールド電極 1 3 A , 2 3 A に穴を形成してもよい。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 9 1 】

1 - 高周波電圧発生回路 (給電回路)

1 1 , 2 1、 - アクティブ電極

1 2 , 2 2 - パッシブ電極

1 3 , 2 3 - シールド電極

2 5 - D C - D C コンバータ

3 1 , 4 1 - キャパシタ (第 1 リアクタンス素子)

3 2 , 4 2 - キャパシタ (第 2 リアクタンス素子)

3 3 , 4 3 - キャパシタ (第 3 リアクタンス素子)

30

3 4 - キャパシタ (第 4 リアクタンス素子、可変リアクタンス素子)

4 4 - キャパシタ (第 4 リアクタンス素子)

3 5 - インダクタ (第 3 リアクタンス素子)

3 6 - インダクタ (第 4 リアクタンス素子)

4 1 , 4 2 , 4 3 , 4 4 - キャパシタ

1 0 1 , 1 0 2 , 1 0 3 - 送電装置

2 0 1 , 2 0 2 , 2 0 3 - 受電装置

3 0 1 , 3 0 2 , 3 0 3 - ワイヤレス電力伝送システム

T 1 - 昇圧トランス (給電回路)

T 2 - 降圧トランス

40

R L - 負荷回路

C s 1 , C s 2 - キャパシタ

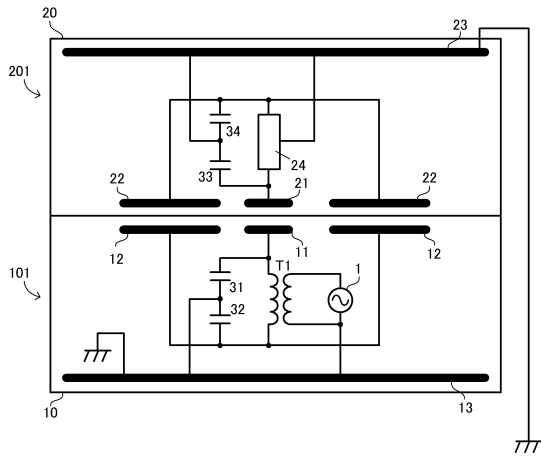
L _{leak} - 漏れインダクタンス

L L - インダクタ

D 1 , D 2 - ダイオード

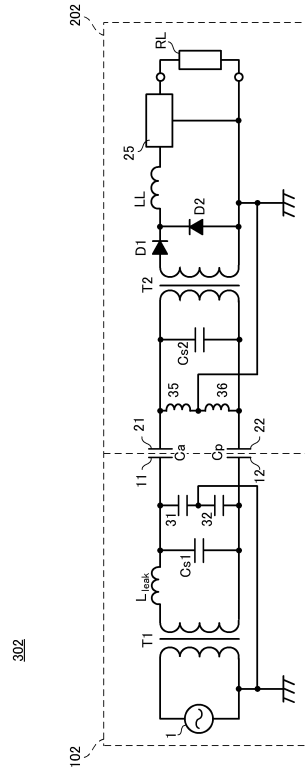
【 図 8 】

図8



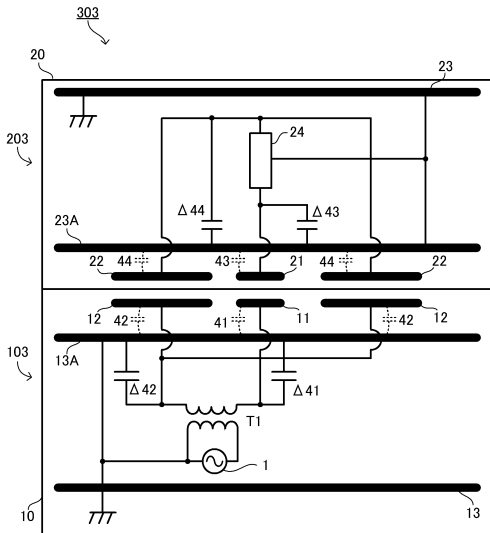
【 図 9 】

図9



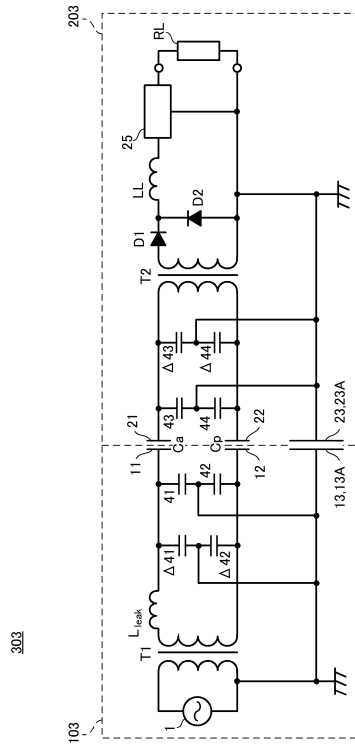
【 図 10 】

図10



【 図 11 】

図11



フロントページの続き

審査官 馬場 慎

- (56)参考文献 国際公開第2013/073508(WO, A1)
国際公開第2013/001569(WO, A1)
国際公開第2012/157011(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J 17/00
H02J 7/00 - 7/12
H02J 7/34 - 7/36