

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-72011

(P2009-72011A)

(43) 公開日 平成21年4月2日(2009.4.2)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
H02J 17/00 (2006.01)		H02J 17/00	B
H01L 21/677 (2006.01)		H01L 21/68	A

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2007-239101 (P2007-239101)
 (22) 出願日 平成19年9月14日 (2007.9.14)

(71) 出願人 000002059
 神鋼電機株式会社
 東京都港区芝大門一丁目1番30号
 (74) 代理人 100089196
 弁理士 梶 良之
 (74) 代理人 100104226
 弁理士 須原 誠
 (72) 発明者 坂本 恭二
 三重県伊勢市竹ヶ鼻町100番地 神鋼電
 機株式会社伊勢製作所内
 Fターム(参考) 5F031 FA03 FA07 FA13 GA12 GA58
 PA30

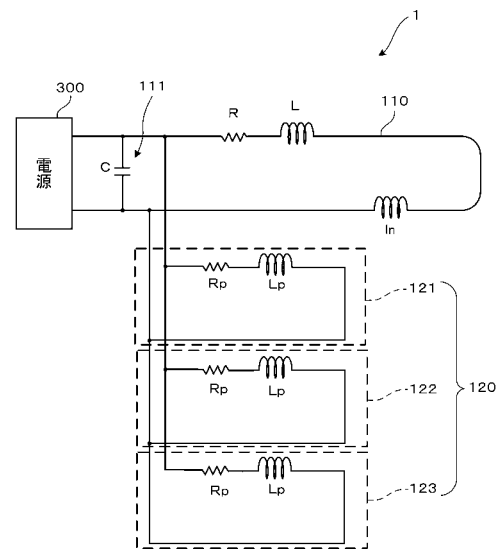
(54) 【発明の名称】 電力供給システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】非接触の電力供給を行う給電線のインダクタンスの変化を抑制する。

【解決手段】給電線110には共振コンデンサ111が接続されており、これによって給電線110と共に共振回路が構成されている。また、給電線110には給電線模擬ユニット120が並列に接続されている。電源300はインバータ回路によって所定の周波数の交流電流を給電線110に出力する。電源300のスイッチング周波数は、給電線110、給電線模擬ユニット120及び共振コンデンサ111からなる回路の共振周波数と一致するように調整されている。給電線110から移動体が電力供給を受ける際に、給電線110には誘導性のリアクタンス成分 l_n が発生するが、かかる l_n に並列にリアクトル L_p 及び抵抗器 R_p が接続されているため、 l_n の影響が抑制されている。

【選択図】 図10



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軌道に沿って走行する移動体へと非接触で電力を供給する電力供給システムであって、前記軌道に沿って敷設された給電線と、
 所定の周波数で前記給電線に電力を供給するスイッチング電源と、
 前記給電線と共に共振回路を構成するように前記給電線に接続されたコンデンサと、
 前記移動体への電力供給を行わない領域に配置された非給電回路とを備えており、
 前記非給電回路が、前記給電線の誘導性リアクタンスと前記移動体が前記給電線から電力供給を受ける際に前記給電線に生じる誘導性リアクタンスとに対して並列になるように前記給電線に常に接続されたリアクトルを有していることを特徴とする電力供給システム

10

【請求項 2】

前記非給電回路が、前記リアクトルに直列に接続された抵抗器を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の電力供給システム。

【請求項 3】

複数の前記非給電回路が設けられており、
 前記複数の非給電回路が、互いに並列になるように前記給電線に常に接続されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の電力供給システム。

【請求項 4】

前記給電線を介して前記移動体へと通信信号を送信する通信装置をさらに備えていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の電力供給システム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、軌道に沿って走行する移動体に電力を供給する電力供給システムに関する。

【背景技術】

【0002】

製造工場等において、天井等に軌道を敷設し、その軌道上を移動体に走行させるシステムを設置することがある。例えば、特許文献 1 は、軌道上を移動体に走行させることで、製造装置間で荷物を搬送するものである。

30

【0003】

このようなシステムにおいて、軌道に沿って給電線を敷設し、軌道上を走行する車両などの移動体に給電線から非接触で電力を供給することがある。例えば、給電線に所定周波数の電力を供給することによって給電線の周囲に磁束を発生させ、かかる磁束を電力に変換させることによって移動体に電力を供給する。この場合、給電線に電力を供給する電源出力側の力率を改善するために、給電線にコンデンサを接続することにより、給電線のインダクタンスとコンデンサとで共振回路を構成することがなされている。そして、電源のスイッチング周波数を、上記の共振回路の共振周波数に一致させる。これによって、電源出力側の力率が 1 となり、移動体に有効に電力が供給されることとなる。すなわち、移動体に必要な電力と給電線の抵抗成分による損失分に相当する電力のみが電源から出力され、無効電力がなくなる。また、電源インバータがほぼゼロ電圧でスイッチングすることから、電圧サージなどのノイズの発生も抑制される。

40

【0004】

【特許文献 1】特開 2005 - 243729 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

給電線を流れる電流により発生する磁界には、移動体上に供給される起電力として寄与

50

する磁束と寄与しない磁束とが含まれる。後者の磁束は給電線の自己インダクタンスとは異なる新たなインダクタンス（以降「漏れインダクタンス」と称す）として給電線に追加される。かかる漏れインダクタンスによって、給電線のインダクタンスは、移動体の台数にほぼ比例して増減する。給電線のインダクタンスが変動すると、電源出力の電流及び電圧間に位相ずれが発生し、電源出力の力率が悪化する。このため、移動体への電力供給が有効になされなくなるおそれがある。また、低力率時においては、大電流が流れている回路をスイッチが開閉することとなる。このため、スイッチングの際に高周波成分の電圧が給電線 110 に発生する電圧サージが給電線電流に重畳されることがある。かかる電圧サージは種々の問題をもたらすおそれがある。例えば給電線を利用した通信がなされている場合には、かかる電圧サージの高調波成分のうち、通信信号の周波数帯域の成分を移動体が正常な通信信号と誤って認識することで、通信障害が発生することがある。

10

【0006】

本発明の目的は、給電線のインダクタンスの変化が抑制された電力供給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】**【0007】**

本発明の電力供給システムは、軌道に沿って走行する移動体へと非接触で電力を供給する電力供給システムであって、前記軌道に沿って敷設された給電線と、所定の周波数で前記給電線に電力を供給するスイッチング電源と、前記給電線と共に共振回路を構成するように前記給電線に接続されたコンデンサと、前記移動体への電力供給を行わない領域に配置された非給電回路とを備えており、前記非給電回路が、前記給電線の誘導性リアクタンスと前記移動体が前記給電線から電力供給を受ける際に前記給電線に生じる誘導性リアクタンスとに対して並列になるように前記給電線に常に接続されたリアクトルを有している。

20

【0008】

本発明の電力供給システムによると、給電線に並列にリアクトルが常に接続されている。したがって、給電線から電力供給を受けている移動体の数が増減しても、コンデンサの容量成分と共に共振回路を構成することとなるインダクタンス成分の変化量が抑制される。したがって、移動体への電力供給が有効になされなかったり、スイッチング電源において電圧サージが発生したりといった問題が生じるのが抑制される。

30

【0009】

また、本発明においては、前記非給電回路が、前記リアクトルに直列に接続された抵抗器を有していることが好ましい。リアクトルのみを接続した場合、共振の鋭さを表すQ値が必要以上に大きくなる可能性がある。しかし、抵抗器を挿入することにより、Q値を任意に設定することができ、Q値が必要以上に大きくなりにくいようにすることができるので、共振周波数の変化に対する電源力率の変化を抑制することができる。

【0010】

また、本発明においては、複数の前記非給電回路が設けられており、前記複数の非給電回路が、互いに並列になるように前記給電線に常に接続されていることが好ましい。この構成によると、給電線に複数のリアクトルが並列に接続されるので、コンデンサの容量成分と共に共振回路を構成することとなるインダクタンス成分の変化がより効果的に抑制される。

40

【0011】

また、本発明においては、前記給電線を介して前記移動体へと通信信号を送信する通信装置をさらに備えていてもよい。給電線のインダクタンスが増減すると電源のスイッチングにおいて電圧サージが発生し、その電圧サージが給電線電流に重畳された結果、通信障害が発生するおそれがある。上記のように給電線を通じて通信がなされる場合に本発明を適用すると、給電線のインダクタンス変化が抑制されるため、移動体との間に通信障害が発生するのが抑制される。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【0012】

以下、本発明の好適な実施形態の一例について図面を参照しつつ説明する。図1は、本実施形態に係る搬送システム1000の全体の構成を示す概略図である。

【0013】

搬送システム1000は、例えば半導体基板製造工場等に設置され、半導体基板が収容された容器を各製造装置（不図示）間で搬送するためのものである。搬送システム1000は、天井等に敷設された軌道100を有している。軌道100上には複数の移動体200が設置されており、各移動体200は軌道100上を走行することが可能である。また、各移動体200は、半導体基板が収容された容器99を把持することができ、一の製造装置から他の製造装置へと軌道100上を走行しつつ容器99を搬送する。

10

【0014】

搬送システム1000は、移動体200に電力を供給するための電源300及び給電線110を有する電力供給システム1を有している。給電線110は軌道100内に敷設されており、軌道100に沿って延びている。電源300が給電線110に電圧を印加することで電流を流すと給電線110の周囲に磁束が発生する。後述のように、移動体200は電力供給を受けるための受電トランス211を有しており、給電線110と磁氣的に結合することによって電力供給を受けるように構成されている。

【0015】

また、搬送システム1000は、移動体200の運行管理装置401と、運行管理装置401及び各移動体200を結ぶ通信局402とを有している。通信局402は電源300が給電線110に流す電流にさらに通信信号を重畳することによって、各移動体200との間で通信信号を送受信する。運行管理装置401は通信局402を介して移動体200から各種の情報を受信し、移動体200の状況を把握する。そして、移動体200へと運行指令を送信して、移動体200の運行を管理する。

20

【0016】

図2は、電源300及び給電線110の回路図の一例である。電源300は、ダイオード整流回路301、電圧制御回路305、電圧制御部306、インバータ回路302、スイッチング制御部304及び供給トランス303を有している。電源300は、交流電源399から電力供給を受けるように構成されている。交流電源399から電源300に入力された交流電流は、ダイオード整流回路301によって整流される。そして、かかる整流された電流は、平滑コンデンサC0及び電圧制御回路305を介して直流電流として、インバータ回路302に供給される。電圧制御回路305は、スイッチS5、DCリアクトルL0及びダイオードDを有している。電圧制御部306は、電源300からの出力電圧が一定になるようにスイッチS5のスイッチングを制御している。なお、給電線110の電流が一定になるようにスイッチS5を制御するような構成であってもよい。

30

【0017】

インバータ回路302はスイッチS1～S4を有しており、スイッチS1～S4のスイッチングはスイッチング制御部304によって制御されている。インバータ回路302に供給された直流は、スイッチング制御部304のスイッチング制御によって、一定の周波数を有する交流に変換され、供給トランス303を介して給電線110へと供給される。

40

【0018】

給電線110は軌道100の規模に応じた長さを有しており、固有のインダクタンスを有している。軌道100の規模が大きくなり、給電線110が例えば100m程度の長さになると、給電線110固有のインダクタンスは非常に大きいものとなる。本実施形態においては、給電線110全体のインダクタンスをLとする。

【0019】

また、給電線110には、容量Cの共振コンデンサ111が接続されている。給電線110は誘導性負荷となるため、電源300の出力にそのまま接続すると、力率が非常に低く、移動体200に有効に電力を供給することが困難となる。このため、給電線110及び共振コンデンサ111からなる共振回路を構成することが一般的に行われている。これ

50

によって、電源 300 に発生する無効電圧や無効電力が補償される。例えば、後述の給電線模擬ユニット 120 が接続されていないとすると、共振回路の共振周波数 $(= 1 / (2 \pi \sqrt{LC}))$ がスイッチング制御部 304 により決定された給電線電流の周波数 f とほぼ同一となると、上記の無効電圧や無効電力をほぼ完全に補償することができる。つまり、電源 300 の出力側の力率はほぼ 1 となり、移動体 200 に有効に電力が供給される。また、インバータ回路 302 はほぼゼロ電圧でスイッチングしており、これによって電圧サージなどが発生しにくくなっている。さらに、給電線 110 に所定の大きさの電流が流れるように、電源 300 によって共振コンデンサ 111 の電圧が一定に制御されている。

【0020】

図 3 は、移動体 200 と給電線 110 とを示したものである。移動体 200 は受電トランス 211 を有している。本実施形態において受電トランス 211 は、1 台の移動体 200 についてそれぞれ左右に 1 つずつの計 2 つずつ設置されている。移動体 200 は、受電トランス 211 が給電線 110 側のトランス（不図示）から所定の距離だけ離隔するように軌道 100 に設置されている。給電線 110 に電流を流すと、給電線 110 の周囲に生じた磁束が受電トランス 211 と鎖交し、受電トランス 211 に誘導起電力が生じる。これによって、給電線 110 から電力供給を受けることができる。

【0021】

また、各受電トランス 211 に隣接して通信トランス 212 が設置されている。通信トランス 212 は、給電線 110 側のトランスと磁氣的に結合して通信信号を送受信する。これによって、移動体 200 の動作状況等を運行管理装置 401 へと送信すると共に、運行管理装置 401 からの運行指令を受信する。受電トランス 211 及び通信トランス 212 のいずれも、E 型トランスによって構成されている。

【0022】

次に、移動体 200 において、給電線 110 から電力供給を受ける際の受電回路の回路方式について説明する。給電線 110 から電力供給を受ける際に、E 型トランスなどを用いる場合には、受電トランス 211 と給電線 110 側のトランスとの間隙が大きく、これらの磁氣的な結合の度合いが低いことがある。この場合には漏れインダクタンスが大きく、無効になる電力が大きくなる。かかる無効電力を解消し、有効に電力を転送するために、受電トランス 211 に共振コンデンサを接続することで共振回路を構成することが行われている。そして、その共振周波数は、給電線 110 に流れる電流の周波数に一致させるのが一般的である。

【0023】

受電トランス 211 と共振コンデンサとで共振回路を構成する場合には、並列共振回路及び直列共振回路の 2 つの方式のいずれかが用いられる。図 4 (a) は並列共振回路の場合を示し、図 4 (b) は直列共振回路の場合を示している。給電線 110 側、つまり一次側のインダクタンスを L_a とし、移動体側、つまり二次側のインダクタンスを L_b とし、共振コンデンサの容量を C_2 とする。負荷は、移動体を走行させるためのモータ駆動回路などであり、その大きさを R_2 とする。このとき、図 4 (a) 及び図 4 (b) の回路は、図 5 (a) 及び図 5 (b) の回路と等価となる。図 5 において、 M は給電線 110 及び移動体 200 間の相互インダクタンスである。そして、移動体 200 側の共振回路の共振周波数が給電線 110 側の周波数 f と等しい大きさに調整されているとすると、給電線 110 側から見たインピーダンスは、数式 1 及び数式 2 のように表される。数式 1 は図 5 (a) の回路に、数式 2 は図 5 (b) の回路に対応している。なお、 $j = \sqrt{-1}$ であり、 j は虚数単位である。

【0024】

10

20

30

40

【数 1】

$$Z = \left(\frac{M}{L_a} \right)^2 \cdot R_2 + j\omega \cdot \left(L_a - \frac{M^2}{L_b} \right)$$

【0025】

【数 2】

$$Z = \frac{\omega^2 M^2}{R_2} + j\omega \cdot L_a$$

10

【0026】

ここで、 $L_a > 0$ 、 $L_a - M^2 / L_b > 0$ であるので、数式 1 及び数式 2 のいずれの虚数部も正となる。つまり、図 4 の並列共振回路及び直列共振回路のいずれにおいても、給電線 110 のインピーダンスには誘導性のリアクタンス成分が表れることとなる。なお、移動体 200 の共振回路の部品誤差により、この誘導性のリアクタンス成分はさらに増加する場合もある。

【0027】

したがって、移動体 200 に並列共振回路及び直列共振回路のいずれの方式が採用されているにせよ、移動体 200 が給電線 110 に入線すると、移動体 200 ごとに給電線 110 に誘導性のリアクタンス成分が表れる。なお、「移動体が給電線 110 に入線する」とは、受電トランス 211 が給電線 110 の磁束と鎖交し、移動体 200 への電力供給が開始することを意味している。

20

【0028】

図 6 は、2つの移動体が給電線 110 に入線することによって、それぞれインダクタンス l_1 及び l_2 の誘導性リアクタンス成分が生じている様子が示されている。このように移動体が入線するたびに誘導性リアクタンス成分が生じることで、給電線 110 全体のインダクタンスが、 L から $L' = L + l_1 + l_2 + \dots$ に変化する。このとき、給電線 110 のインダクタンスが増加するため、給電線 110 のインピーダンスが増加する。

【0029】

これによって、以下のような問題が生じるおそれがある。給電線 110 のインピーダンスが増加すると、給電線 110 側の共振回路の共振周波数がずれるのに対し、インバータ回路 302 のスイッチング周波数は、一定周波数の交流電流を出力するように調整されている。したがって、給電線 110 側の共振回路の共振周波数と電源 300 の出力電力の周波数との間にずれが生じる。これらの周波数が完全に一致しているときには、移動体に必要な電力と給電線の抵抗成分による損失分に相当する電力のみが電源から出力される。これに対して、これらの周波数間にずれが生じると、電源出力には単なる抵抗成分のみならず、インダクタンス成分や、場合によってはキャパシタンス成分が見えたりする。これによって、電源出力の電流及び電圧間に位相ずれが生じ、電源出力の力率が低下して、移動体 200 への電力供給が有効になされなくなるおそれがある。また、低力率時においては、大電流が流れている回路をスイッチが開閉することとなる。このため、スイッチングの際に高周波成分の電圧が給電線 110 に発生する、電圧サージが生じることがある。このような高周波成分は、移動体と運行管理装置 401 との間でなされる通信の信頼性を著しく劣化させ、通信障害を発生させるおそれがある。これによって、運行管理が実施できなくなるおそれもある。

30

40

【0030】

また、スイッチングと出力側の交流電圧とのずれにより、インバータ回路 302 のスイッチ $S_1 \sim S_4$ に過大な電圧が加わり、スイッチ $S_1 \sim S_4$ が正常に動作しなくなるおそれもある。

【0031】

以上の問題を抑制するため、本発明者は以下のような解析を行った。図 7 (a) 及び図

50

7 (b) は、給電線の構成が互いに異なる 2 つの電力供給システムをそれぞれ示している。図 7 (a) の電力供給システムには、1 つの電源 3 0 0 に対して 1 系統の給電線 1 1 0 が設けられている。移動体 2 0 0 は、1 系統の給電線 1 1 0 から電力供給を受ける。一方で、図 7 (b) は、1 つの電源 3 0 0 に対して給電線 1 1 0 a ~ 1 1 0 d の 4 系統が設けられている。つまり、互いに並列になるように電源 3 0 0 に接続された給電線 1 1 0 a ~ 1 1 0 d が設けられている。移動体 2 0 0 は、給電線 1 1 0 a ~ 1 1 0 d のそれぞれにおいて電力供給を受けることができる。ただし、以下では、4 系統のうちの 1 系統のみに移動体 2 0 0 が入線する場合を想定している。

【 0 0 3 2 】

本発明者は、図 7 (b) の 4 系統の給電線を有する場合においては、図 7 (a) の 1 系統の給電線を有する場合と比べて、給電線側の共振回路の共振周波数に移動体 2 0 0 の入線が与える影響が小さいことに気付いた。具体的には、4 系統の給電線を用いる場合は、1 系統の給電線を用いる場合と比べて、移動体 2 0 0 がいずれか 1 系統に入線してきたときの電源 3 0 0 の出力電圧及び出力電流間に生じる位相ずれの大きさが抑制されることに気付いた。

10

【 0 0 3 3 】

そこで、図 7 (a) 及び図 7 (b) とそれぞれ等価な図 8 (a) 及び図 8 (b) の回路構成を想定し、以下のとおりに、給電線に入線している移動体 2 0 0 の台数と、電源 E の出力電圧及び出力電流間に生じる位相ずれの大きさとの関係を算出した。図 8 (a) 及び図 8 (b) において、 $L_1 \sim L_4$ は、1 系統目 ~ 4 系統目の給電線のインダクタンス値をそれぞれ示している。また、 $R_1 \sim R_4$ は、1 系統目 ~ 4 系統目の給電線の抵抗値をそれぞれ示している。ここで、 $L_1 = L_2 = L_3 = L_4$ 、 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ とする。また、 C 及び C' は、図 8 (a) 及び図 8 (b) の各共振回路の共振コンデンサを示し、移動体 2 0 0 が入線していないときの共振周波数が 2 つの共振回路において互いに一致するように設定されている。さらに、 l_n は、移動体 2 0 0 の入線によって給電線に生じる誘導性のリアクタンス成分を示している。かかるリアクタンス成分は、移動体 2 0 0 の台数に比例して増加すると想定している。

20

【 0 0 3 4 】

そして、移動体 2 0 0 の台数に応じた l_n の値から、図 8 (a) 及び図 8 (b) の共振回路のそれぞれのインピーダンス値を算出し、その算出値と電源 E の出力電圧の設定値及びスイッチング周波数とに基づいて、移動体 2 0 0 の台数を変化させた場合の電源の出力電流及び電圧間の位相ずれを算出した。図 9 のグラフはその結果を示すものである。図 9 において、横軸は移動体の台数を表し、縦軸は位相ずれの大きさを表している。曲線 C 1 は図 8 (a) の共振回路の結果を示し、曲線 C 2 は図 8 (b) の共振回路の結果を示している。図 9 のグラフは、4 系統の給電線を有する電力供給システムにおいては、1 系統の給電線を有する電力供給システムに比べて、電源の出力電圧と出力電流との位相ずれが抑制されることを示している。

30

【 0 0 3 5 】

つまり、電力供給システムが有するある 1 系統の給電線に移動体 2 0 0 が入線する場合、1 系統のみを有する電力供給システムにおいては、給電線のインダクタンスが $L_1 + l_n$ に変化する。これに対して、4 系統を有する電力供給システムにおいては、移動体 2 0 0 が入線していない給電線のインダクタンス $L_2 \sim L_4$ が並列に接続されているため、給電線の全体のインピーダンスは $L_1 + l_n$ 、 L_2 、 L_3 及び L_4 を並列に接続した場合の合成インピーダンスとなる。これによって、給電線全体のインピーダンスの変動が抑制されることとなる。

40

【 0 0 3 6 】

以上の解析から、本実施形態の電力供給システム 1 は、移動体 2 0 0 の入線によるインダクタンスの変動を抑制するため、図 2 に示すような給電線模擬ユニット 1 2 0 を有している。本実施形態の電力供給システム 1 は、給電線を 1 系統のみ有している。給電線模擬ユニット 1 2 0 は、かかる電力供給システムにおいて、多系統の給電線を有する場合と擬

50

似的に同等の回路を実現するためのものである。なお、給電線模擬ユニット120は、給電線110とは異なり、移動体200への電力供給に直接には関わらない回路である。つまり、給電線模擬ユニット120から発生した磁束が移動体200への電力供給に用いられないような領域に配置されている。

【0037】

給電線模擬ユニット120は、図10に示すように、模擬回路(非給電回路)121~123を有している。模擬回路121~123は、それぞれ1系統の給電線を擬似的に給電線110に並列に接続するための回路である。模擬回路121~123のそれぞれは、互いに直列に接続されたリアクトル L_p 及び抵抗器 R_p を有している。そして、模擬回路121~123同士は互いに並列に接続されている。給電線模擬ユニット120は、給電線110に移動体200が入線したことで誘導性のリアクタンス成分 l_n が生じた場合に、 l_n に対して模擬回路121~123が並列になるように給電線110に常時接続されている。

10

【0038】

なお、本実施形態においては、 $L_p = L$ に設定されており、 R_p は給電線110が有する抵抗値 R と同じ大きさに設定されている。また、電源300においてスイッチング周波数は、給電線110、コンデンサ111及び給電線模擬ユニット120からなる回路の共振周波数とほぼ一致するように設定されている。これによって、インダクタンス値 L 及び抵抗値 R を有する給電線が4系統設けられた回路構成と同等の回路構成が実現している。

【0039】

以上のとおり、給電線110に給電線模擬ユニット120を接続することにより、多系統の給電線が設けられた電力供給システムと同等の回路構成が実現する。したがって、上記の解析において示されたとおり、移動体200が給電線110に入線しても、給電線110に表れる誘導性のリアクタンス成分の影響が抑制され、電源300の出力電圧及び出力電流間の位相ずれも抑制される。これによって、給電線110から移動体200への給電効率が低下するのが抑制される。

20

【0040】

また、給電線110側の共振回路の共振周波数がずれるのが抑制される。したがって、インバータ回路302のスイッチングにおいて、電圧が高いところでスイッチが切り替わるような事態が抑制され、電圧サージが生じにくくなり、移動体200と運行管理装置401との間で通信障害が生じにくくなる。また、スイッチングと出力側の交流電圧に位相ずれが発生しにくくなるため、スイッチ $S_1 \sim S_4$ が破損するような事態も抑制される。

30

【0041】

以下、本実施形態の別の構成例について説明する。以上のような給電線模擬ユニット120は、給電線110に生じる誘導性のリアクタンスを移動体の台数に応じて補償するような構成と共に組み合わせて用いられることが好ましい。

【0042】

図11は、移動体の台数に応じて給電線110に生じる誘導性のリアクタンスを補償するような構成の一例である。この構成は、移動体220に搭載されている。移動体220は、移動体200の受電トランス211と通信トランス212に加えて、補助トランス213を有している。補助トランス213にはコンデンサ214が接続されている。

40

【0043】

そして、コンデンサ214の容量は、移動体220が給電線110に入線した際に、給電線110のインピーダンスに容量性のリアクタンス成分が発生するように調整されている。図12(a)は、補助トランス213と給電線110とが磁氣的に結合した回路と等価な回路の構成を示す回路図である。ここで、コンデンサ214の容量を C_3 とし、給電線110側及び補助トランス213のインダクタンスを L_c 及び L_d とし、補助トランス213及び給電線110間の相互インダクタンスを M_1 としている。

【0044】

図12(b)のグラフにおいて、横軸は C_3 を表し、縦軸は図12(a)の回路におい

50

て補助トランス 2 1 3 の入力から見たインピーダンスの虚数部を表している。つまり、図 1 2 (b) は、コンデンサ 2 1 4 の容量を変化させた場合に給電線 1 1 0 に表れるリアクタンス成分の変化を示している。なお、図 1 2 (b) のグラフは所定の条件下での計算結果の一例である。

【 0 0 4 5 】

図 1 2 (b) のグラフによると、C 3 が小さいときにはインピーダンスの虚数部は正値を示す。すなわち、給電線 1 1 0 には誘導性のリアクタンス成分が表れる。C 3 を大きくしていくとインピーダンスの虚数部が増加してゆくが、C 3 がある値を超えると急に低下し、負値を示すようになる。つまり、給電線 1 1 0 に容量性のリアクタンス成分が表れるようになる。さらに C 3 を大きくしていくと、インピーダンスの虚数部が再び増加し始め、ある一定値まで漸近的に増加していく。このように、C 3 を適切に設定することによって、図 1 2 (b) のグラフの極小値から 0 までの範囲内で給電線 1 1 0 に適切な大きさの容量性のリアクタンス成分を発生させ得ることが、図 1 2 (b) のグラフによって示されている。

10

【 0 0 4 6 】

これに基づいて、C 3 の大きさは、移動体 2 2 0 が給電線 1 1 0 に入線した際に給電線 1 1 0 に表れる誘導性のリアクタンス成分をちょうど打ち消すような大きさに調整することができる。例えば、移動体 2 2 0 の受電回路として図 1 1 のような直列共振回路が採用されているとする。このとき、数式 2 より、移動体 2 2 0 が入線するごとに誘導性のリアクタンス成分 L_a が給電線 1 1 0 に発生する。一方で、補助トランス 2 1 3 に接続されたコンデンサ 2 1 4 によって、容量性のリアクタンス成分 C_a が移動体 2 2 0 ごとに給電線 1 1 0 に発生する。そして、かかるリアクタンス成分 C_a を、下記の数式 3 を満たすような大きさに調整することにより、移動体 2 2 0 が給電線 1 1 0 に入線した際に給電線 1 1 0 に表れる誘導性のリアクタンス成分 L_a によるインピーダンス $X_L = j L_a$ と、容量性のリアクタンス成分 C_a によるインピーダンス $X_C = j / (C_a)$ とを、移動体 2 2 0 ごとに互いに打ち消しあうように構成することができる。

20

【 0 0 4 7 】

【 数 3 】

$$j\omega \cdot L_a + \frac{1}{j\omega C_a} = j(\omega L_a - \frac{1}{\omega C_a}) = 0$$

30

【 0 0 4 8 】

以上の構成を移動体 2 2 0 に追加することにより、移動体 2 2 0 の入線による誘導性リアクタンス成分の影響を実質的に補償することができる。しかし、実際には、受電トランス 2 1 1 やコンデンサ 2 1 4 などの特性誤差などにより、上記の誘導性のリアクタンス成分が完全には補償されないことがある。また、かかる特性誤差をあらかじめ予想し、もっとも特性誤差が大きい場合を考慮したときに誘導性のリアクタンス成分と容量性のリアクタンス成分とがちょうど一致するように設計することがある。この場合、特性誤差が予想より小さいときには、誘導性のリアクタンスが容量性のリアクタンスを多少上回ることとなる。

40

【 0 0 4 9 】

補助トランス 2 1 3 及びコンデンサ 2 1 4 の追加により、誘導性のリアクタンス成分がほぼ完全に保証された場合には、例えば移動体 2 2 0 への電力供給が不可能になったり、実用に向かないほど無効電力が発生したりするほどではないこともある。しかし、完全には補償し切れなかった残りの誘導性のリアクタンス成分により、インバータ回路 3 0 2 のスイッチングにおいて電圧サージなどのノイズが発生する場合、運行管理装置 4 0 1 及び移動体 2 2 0 間の通信障害が、十分に改善されないおそれがある。

【 0 0 5 0 】

これに対して、本実施形態の給電線模擬ユニット 1 2 0 を適用することにより、補償し切れなかった誘導性のリアクタンス成分の影響が抑制されるため、運行管理装置 4 0 1 及

50

び移動体 220 間の通信障害を抑制することができる。このように、本実施形態の給電線模擬ユニット 120 は、移動体 220 の台数に応じて誘導性のリアクタンス成分を補償する構成と組み合わせて適用することが好ましい。かかる構成によっても補償し切れなかった誘導性のリアクタンス成分の影響を、給電線模擬ユニット 120 を採用することによって一律に抑制することが可能だからである。

【0051】

<その他の変形例>

以上は、本発明の好適な実施形態についての説明であるが、本発明は上述の実施形態に限られるものではなく、課題を解決するための手段に記載された範囲の限りにおいて様々な変更が可能なものである。

10

【0052】

例えば、上述の実施形態においては、模擬回路 121 ~ 123 のそれぞれにおいてリアクトル及び抵抗器の両方が設けられている。しかし、各模擬回路にリアクトルのみが設けられていてもよい。この場合でも、給電線 110 に発生した誘導性のリアクタンス成分に対してリアクトルが並列に接続されているので、誘導性のリアクタンス成分の影響を抑制することができる。なお、模擬回路 121 ~ 123 のように抵抗器が設けられていることにより、Q 値を任意に設定することができ、Q 値が必要以上に大きくなるようにすることができるので、共振周波数の変化に対する電源力率の変化を抑制することができる。

【0053】

また、上述の実施形態においては、給電線模擬ユニット 120 に模擬回路 121 ~ 123 の 3 つの模擬回路が含まれているが、1 つでも 2 つでもよいし、4 つ以上でもよい。

20

【0054】

また、上述の実施形態においては、模擬回路 121 ~ 123 は、リアクトルのインダクタンス値 L_p が L と一致し、抵抗器の抵抗値 R_p が R と一致するように設定されている。これによって、自己インダクタンスが L であり抵抗値が R である給電線を 4 系統設けた場合と同等の回路構成が実現されている。しかし、模擬回路のリアクトルが L 以外のインダクタンス値を有していてもよいし、抵抗器も R 以外の抵抗値を有していてもよい。

【0055】

また、上述の実施形態の電力供給システム 1 においては、給電線 110 が 1 系統のみ設けられていることを想定しているが、もともと多系統の給電線が設けられている場合に本発明が適用されてもよい。この場合には、例えばいずれかの給電線に給電線模擬ユニット 120 が接続されてもよいし、各給電線に給電線模擬ユニット 120 が接続されてもよい。

30

【0056】

また、上述の実施形態においては、移動体 200 の受電回路にコンデンサ C_2 が設けられ、共振回路として実現されているが、かかる共振コンデンサが設けられていなくてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図 1】本発明の一実施形態である電力供給システムの全体の構成を示す概略図である。

40

【図 2】図 1 の電源及び給電線の回路図である。

【図 3】図 1 の移動体の構成を示す図である。

【図 4】図 1 の移動体の受電回路の回路図である。

【図 5】図 4 の回路と等価な回路の回路図である。

【図 6】2 つの移動体が給電線に入線した場合に発生する誘導性リアクタンスを示す、電力供給システムの回路図である。

【図 7】図 7 (a) は給電線を 1 系統設けた場合の電力供給システムの回路図であり、図 7 (b) は給電線を 4 系統設けた場合の電力供給システムの回路図である。

【図 8】図 7 の回路と等価な回路の回路図である。

【図 9】図 8 の回路において、給電線に入線している移動体の台数と、電源の出力電圧及

50

び出力電流間の位相ずれとの関係を示すグラフである。

【図10】給電線模擬ユニットの回路構成を具体的に示した本実施形態の電力供給システムの回路図である。

【図11】移動体の回路構成に係る別の実施形態を示す回路図である。

【図12】図12(a)は図11の補助トランス及び給電線と等価な回路の回路図である。図12(b)は、図12(a)においてC3をさまざまに変更した場合に、給電線から見たインピーダンスの虚部の変化を示すグラフである。

【符号の説明】

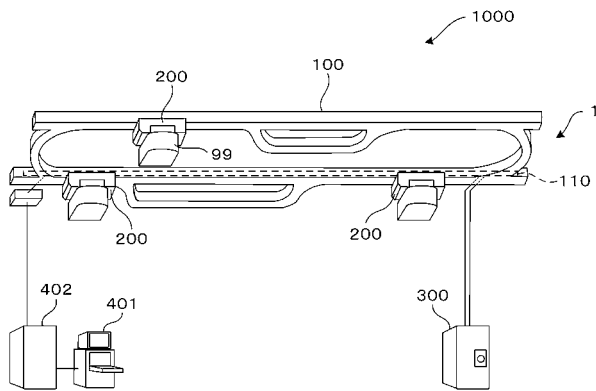
【0058】

- 1 電力供給システム
- 100 軌道
- 110 給電線
- 111 共振コンデンサ
- 120 給電線模擬ユニット
- 200 移動体
- 211 受電トランス
- 212 通信トランス
- 213 補助トランス
- 300 電源
- 1000 搬送システム
- 121-123 模擬回路
- 110、110a-110d 給電線

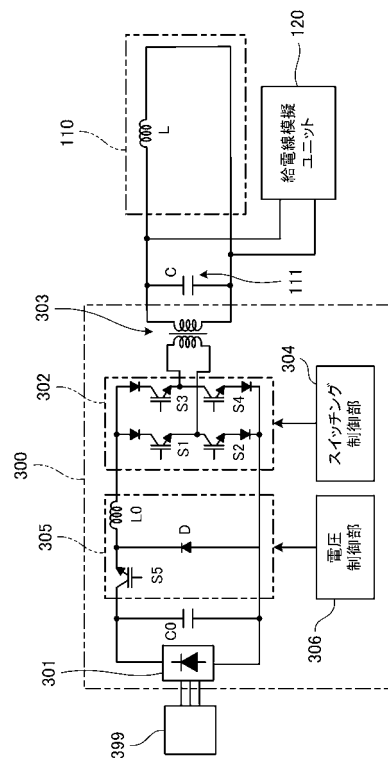
10

20

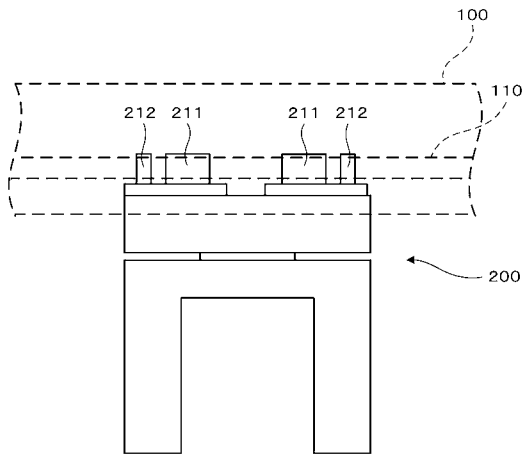
【図1】



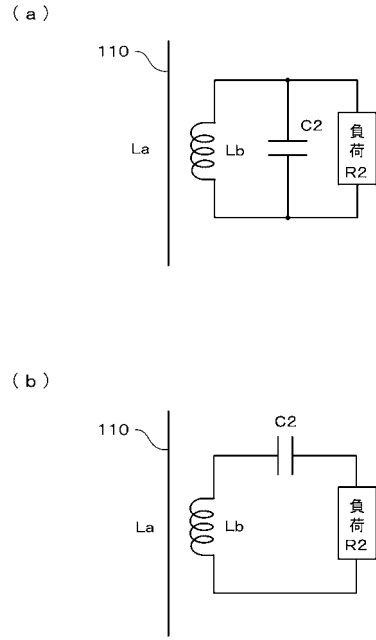
【図2】



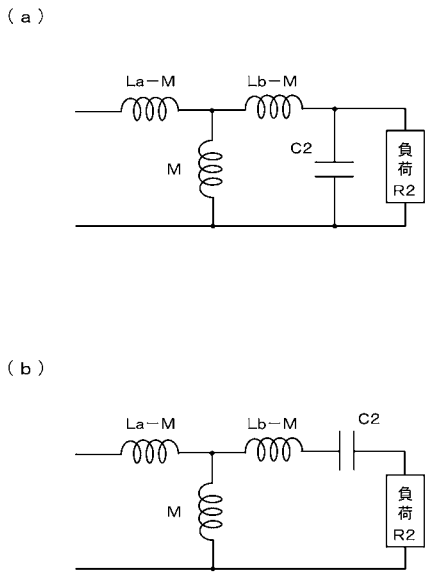
【 図 3 】



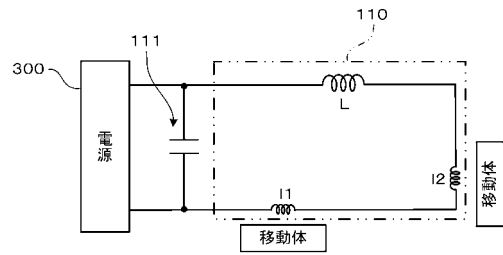
【 図 4 】



【 図 5 】

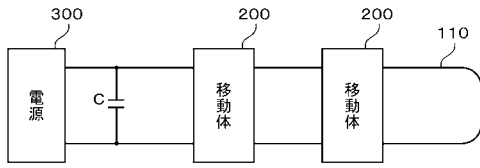


【 図 6 】

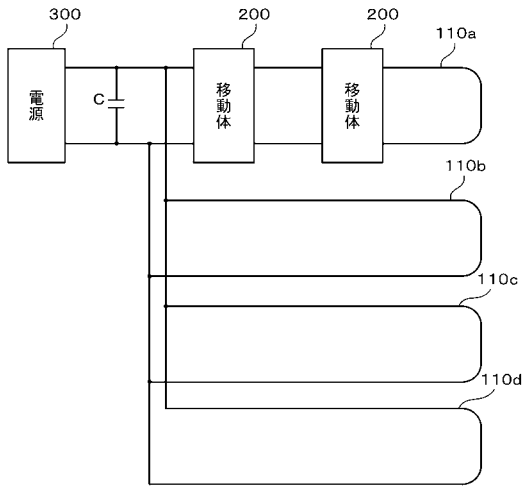


【 図 7 】

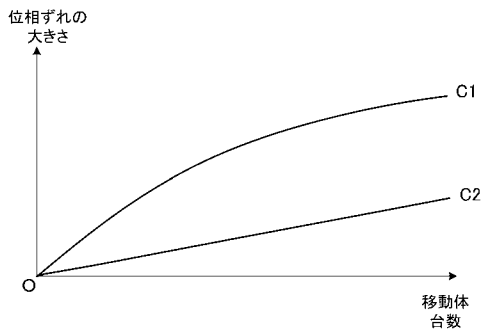
(a)



(b)

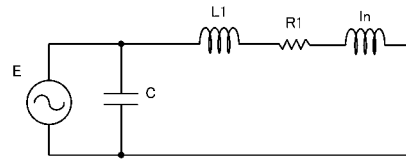


【 図 9 】

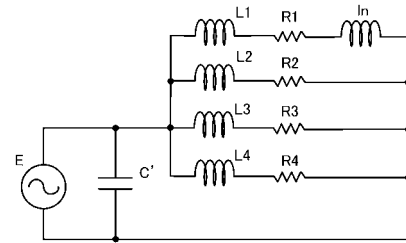


【 図 8 】

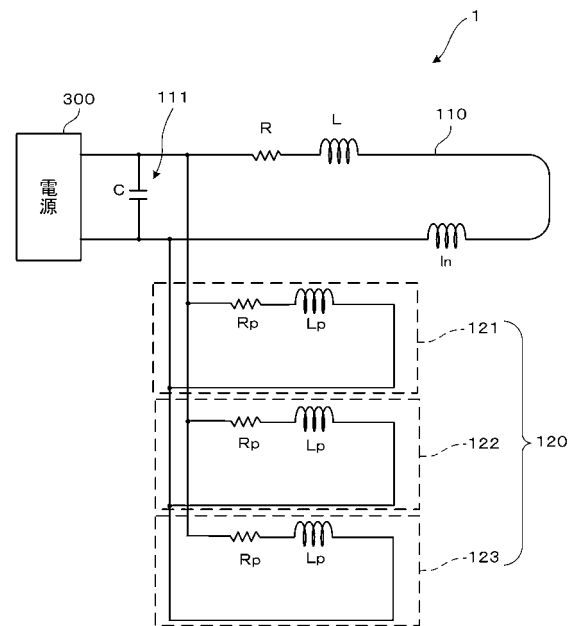
(a)



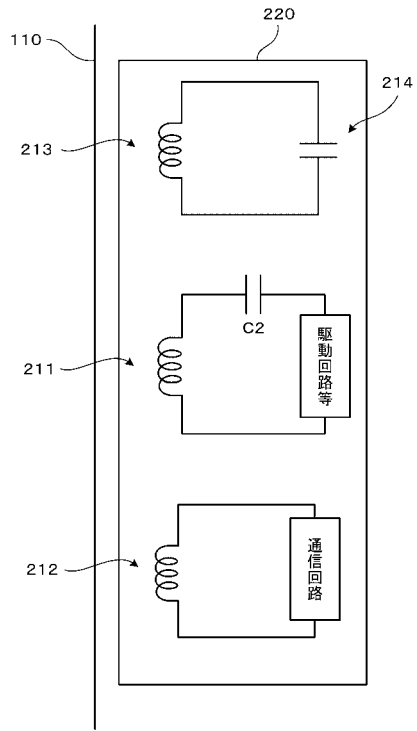
(b)



【 図 10 】



【図 1 1】



【図 1 2】

