

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6501523号
(P6501523)

(45) 発行日 平成31年4月17日(2019.4.17)

(24) 登録日 平成31年3月29日(2019.3.29)

(51) Int. Cl. F I
HO2J 50/10 (2016.01) HO2J 50/10

請求項の数 38 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2014-555521 (P2014-555521)	(73) 特許権者	504448092
(86) (22) 出願日	平成25年2月1日(2013.2.1)		オークランド ユニサービシズ リミテッ ド
(65) 公表番号	特表2015-510385 (P2015-510385A)		AUCKLAND UNISERVICE S LIMITED
(43) 公表日	平成27年4月2日(2015.4.2)		ニュージーランド、オークランド、シモン ズ ストリート 49、レベル 10
(86) 国際出願番号	PCT/NZ2013/000009	(74) 代理人	100091502
(87) 国際公開番号	W02014/007656		弁理士 井出 正威
(87) 国際公開日	平成26年1月9日(2014.1.9)	(72) 発明者	ジェームズ、ジェイソン エドワード イ アン
審査請求日	平成28年1月29日(2016.1.29)		ニュージーランド、0604 オークラン ド、チチランギ、チチランギ ロード 2 31シー
(31) 優先権主張番号	597987		
(32) 優先日	平成24年2月2日(2012.2.2)		
(33) 優先権主張国	ニュージーランド(NZ)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 誘導電力伝達システムのためのVAR制御

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

誘導電力伝達(IPT)システムの一次導体のリアクタンスを制御する方法であって、それと誘導結合されたピックアップによって生じる前記一次導体の可変リアクタンスを検知することと、

前記検知されたリアクタンスに依存して前記一次導体と誘導結合された補償装置の共振回路に関連する第1リアクタンス素子を制御して、制御された補償リアクタンスを反射させて、前記一次導体の前記リアクタンスを改善することと、

達成された反射リアクタンスの大きさまたは大きさの範囲について前記補償装置によって取り出される電力の大きさまたは大きさの範囲を決定し、前記一次導体から前記補償装置によって取り出される電力を最小化するように制御された補償リアクタンスを提供するために前記第1リアクタンス素子を制御することと、を含む、方法。

【請求項2】

前記IPTシステムの動作より前に、受動的な補償手段を選択的に活性化して、前記一次導体のリアクタンスの略一定の成分を改善し、それによって前記制御された補償リアクタンスが最小化されるステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記受動補償手段を選択的に活性化するステップは、コンデンサを前記一次導体と直列に結合するか、前記一次導体を供給する電源の周波数を調整することを含む、請求項2に記載の方法。

10

20

【請求項 4】

前記第 1 リアクタンス素子は、容量性リアクタンスを反射させて、前記一次導体の誘導性リアクタンスを改善するように動作可能である、請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 1 リアクタンス素子は、誘導性リアクタンスを反射させて、前記一次導体の容量性リアクタンスを改善するように動作可能である、請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

前記第 1 リアクタンス素子は、前記 I P T システムの動作周波数で直列インダクタと共振し、それによって前記一次導体と誘導結合された前記共振回路の誘導性ピックアップを短絡するように選択されたコンデンサを備える、請求項 1 または 3 に記載の方法。

10

【請求項 7】

前記第 1 リアクタンス素子は、前記 I P T システムの動作周波数についての周波数の範囲にわたって直列インダクタと共振する実効静電容量を有するように制御可能であるように選択されたコンデンサを備える、請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 8】

前記コンデンサは、前記動作周波数で、0 から前記直列インダクタと共振する静電容量の少なくとも 2 倍までの実効静電容量を有するように制御可能であるように選択される、請求項 7 に記載の方法。

20

【請求項 9】

前記検知リアクタンスに依存して前記共振回路に関連する第 2 リアクタンス素子を制御するステップをさらに含み、前記第 1 リアクタンス素子は、容量性リアクタンスを反射させて、前記一次導体の誘導性リアクタンスを改善するように動作可能であり、前記第 2 リアクタンス素子は、誘導性リアクタンスを反射させて、前記一次導体の容量性リアクタンスを改善するように動作可能である、請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 10】

前記一次導体を容量性リアクタンスの方にバイアスするステップをさらに含み、それによって前記第 2 リアクタンス素子は、前記第 1 リアクタンス素子に優先して支配的または排他的に動作されて、高調波を最小化する、請求項 9 に記載の方法。

30

【請求項 11】

制御リアクタンスを選択された動作周波数で一次導体に反射させるための誘導電力伝達 (I P T) 補償回路であって、

使用時に前記一次導体と誘導結合するための、ピックアップコイルと同調コンデンサとを備える共振回路と、

前記共振回路と結合され、補償リアクタンスを前記一次導体に反射させるように動作可能である制御可能リアクタンス素子と、

前記制御可能リアクタンス素子を制御して、それと誘導結合されたピックアップによって生じる前記一次導体の検知リアクタンスを補償するように動作する制御手段と、

を備え、前記制御装置は、達成された反射リアクタンスの大きさまたは大きさの範囲に対する前記補償回路によって取り出される電力の大きさまたは大きさの範囲の関係を用いて前記制御可能リアクタンス素子を制御し、それによって前記一次導体から取り出される電力を最小化して前記一次導体のリアクタンスを改善するようにされた、回路。

40

【請求項 12】

前記制御可能リアクタンス素子は、インダクタと直列に制御可能コンデンサを備え、前記制御可能コンデンサおよび直列インダクタは、前記制御可能コンデンサが誘導性リアクタンスと容量性リアクタンスとの両方を選択的に反射させるように制御され得るように選択される、請求項 11 に記載の I P T 補償回路。

【請求項 13】

前記制御可能リアクタンス素子は、実質的に誘導性リアクタンスまたは容量性リアク

50

ンスの一方を反射させるように動作可能であり、前記補償回路は、実質的に誘導性リアクタンスまたは容量性リアクタンスの他方を反射させるように動作可能である第2制御可能リアクタンス素子をさらに備える、請求項11に記載のIPT補償回路。

【請求項14】

制御リアクタンスを選択された動作周波数で一次導体に反射させるための誘導電力伝達(IPT)補償回路であって、

使用時に前記一次導体と誘導結合するための、ピックアップコイルと同調コンデンサとを備える共振回路と、

前記共振回路と結合され、容量性リアクタンスを前記一次導体に反射させるように動作可能である第1切替手段と、

前記共振回路と結合され、誘導性リアクタンスを前記一次導体に反射させるように動作可能である第2切替手段と、

前記第1切替手段および前記第2切替手段の動作を制御するように構成される制御手段とを備え、前記制御手段は、達成された反射リアクタンスの大きさまたは大きさの範囲に対する前記補償回路によって取り出される電力の大きさまたは大きさの範囲の関係をを用いて前記第1切替手段および前記第2切替手段を制御して、それぞれ前記一次導体の誘導性リアクタンスおよび容量性リアクタンスを前記一次導体から取り出される電力を最小化するように補償するようにされた、回路。

10

【請求項15】

前記制御手段は、前記一次導体のリアクタンスを検知するための検知手段を備える、請求項14に記載のIPT補償回路。

20

【請求項16】

前記第1切替手段は、前記ピックアップコイル開回路電圧と前記ピックアップコイル電流との間の位相角を選択的に変更するように構成される、請求項14または15に記載のIPT補償回路。

【請求項17】

前記第1切替手段は、選択された期間略一定の同調コンデンサ電圧を維持することによって前記位相角を変化させるように構成される、請求項16に記載のIPT補償回路。

【請求項18】

前記第1切替手段は、前記選択された期間に前記同調コンデンサ電圧をほぼ0Vでクランプするように構成される、請求項17に記載のIPT補償回路。

30

【請求項19】

前記IPT補償回路は、前記選択された動作周波数でまたはその近くで共振するように同調される複数の追加リアクタンス素子を備える第2共振回路をさらに備え、前記第2切替手段は、前記複数の追加リアクタンス素子の1つを選択的に減結合するように構成される、請求項14ないし18のいずれか1項に記載のIPT補償回路。

【請求項20】

前記第1切替手段および前記第2切替手段は、各々交流スイッチを備える、請求項14ないし19のいずれか1項に記載のIPT補償回路。

【請求項21】

前記ピックアップコイルおよび前記コンデンサは並列に設けられる、請求項14ないし20のいずれか1項に記載のIPT補償回路。

40

【請求項22】

前記第1切替手段は、前記共振回路と並列に設けられる、請求項21に記載のIPT補償回路。

【請求項23】

前記第2共振回路の前記追加リアクタンス素子は、前記ピックアップコイルおよび前記同調コンデンサと並列に共に設けられる直列インダクタおよびコンデンサを備え、前記第2切替手段は、前記追加コンデンサを選択的に減結合するように動作可能である、請求項19に直接的または間接的に依存する場合の、請求項21または22に記載のIPT補償

50

回路。

【請求項 2 4】

前記同調コンデンサは、前記選択された動作周波数で前記ピックアップコイルおよび追加インダクタの前記組み合わせられたインピーダンスと共振するように選択される、請求項 2 3 に記載の I P T 補償回路。

【請求項 2 5】

前記ピックアップコイルおよび同調コンデンサは、直列に設けられる、請求項 1 4 ないし 2 0 のいずれか 1 項に記載の I P T 補償回路。

【請求項 2 6】

前記第 1 切替手段は、前記共振回路と直列に設けられる、請求項 2 5 に記載の I P T 補償回路。

10

【請求項 2 7】

前記第 2 共振回路の前記追加リアクタンス素子は、ピックアップコイルおよび前記コンデンサと直列に共に設けられる並列インダクタおよびコンデンサを備え、第 2 切替手段は、前記追加インダクタを選択的に減結合するように動作可能である、請求項 1 9 に直接的または間接的に依存する場合の、請求項 2 5 または 2 6 に記載の I P T 補償回路。

【請求項 2 8】

前記同調コンデンサは、前記選択された動作周波数で、前記ピックアップコイルおよび前記追加コンデンサと共振するように選択される、請求項 2 7 に記載の I P T 補償回路。

【請求項 2 9】

20

一次導体と電氣的に結合された電源と、使用時に前記一次導体と誘導結合された請求項 1 1 ないし 2 8 のいずれか 1 項に記載の補償回路とを備える、誘導電力伝達 (I P T) システム。

【請求項 3 0】

前記電源および / または一次導体は、前記一次導電路を再同調して、一定のまたは緩慢に変化するリアクタンスを実質的に改善する、請求項 2 9 に記載の I P T システム。

【請求項 3 1】

前記補償回路の出力は、前記電源の直流バスと電氣的に結合される、請求項 2 9 または 3 0 に記載の I P T システム。

【請求項 3 2】

30

第 1 共振回路を形成するピックアップコイルと同調コンデンサとを備える誘導電力伝達 (I P T) 補償回路を制御する方法であって、

前記補償回路が使用時に誘導結合される一次導体の容量性または誘導性リアクタンスを検知するステップと、

検知した誘導性リアクタンスを補償するために、前記補償回路の第 1 切替手段を選択的に動作して、容量性リアクタンスを前記一次導体に反射させるステップと、

検知した容量性リアクタンスを補償するために、前記補償回路の第 2 切替手段を選択的に動作して、誘導性リアクタンスを前記一次導体に反射させるステップと、

達成された反射容量性リアクタンスまたは反射誘導性リアクタンスの大きさまたは大きさの範囲について前記補償回路によって取り出される電力の大きさまたは大きさの範囲を決定し、前記一次導体から前記補償回路によって取り出される電力を最小化するように反射容量性リアクタンスまたは反射誘導性リアクタンスを提供するために前記第 1 切替手段または前記第 2 切替手段を制御するステップと、を含む、方法。

40

【請求項 3 3】

前記第 1 切替手段を選択的に動作させるステップは、前記補償回路のピックアップコイル開回路電圧とピックアップコイル電流との間の位相角を変化させることを含む、請求項 3 2 に記載の方法。

【請求項 3 4】

前記第 1 切替手段を選択的に動作させるステップは、前記 I P T 補償回路の共振回路の電流をクランプすることを含む、請求項 3 2 または 3 3 に記載の方法。

50

【請求項 35】

前記第2切替手段を選択的に動作させるステップは、第2共振回路を形成する複数の追加リアクタンス素子の1つを選択的に減結合することを含む、請求項32ないし34のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 36】

二次誘導電力伝達(IPT)共振器回路に電力を伝達して、公称同調状態および前記同調状態内の許容差を有するIPTシステムを形成するように動作可能である一次IPT共振器回路であって、前記一次IPT共振器回路の同調は調整可能であり、前記一次IPT共振器回路は、前記二次IPT共振器回路に信号を提供し、前記二次IPT共振器回路が反射インピーダンスを前記一次IPT共振器回路に与えて前記IPTシステムの同調状態を前記システムの前記公称同調状態にまたは前記公称状態の前記許容差内に調整することができるように動作可能であり、前記信号は、前記一次IPT共振器回路内の可変リアクタンスと、前記反射インピーダンスについて前記一次IPT共振器回路から前記二次IPT共振器回路によって取り出される電力とに依存している、一次IPT共振器回路。

10

【請求項 37】

前記一次IPT共振器回路は、前記一次IPT共振器回路の同調を調整するために、1つ以上の制御可能無効成分および/または前記システムの周波数を増分するように動作可能な1つ以上の成分を備える、請求項36に記載の一次IPT共振器回路。

【請求項 38】

補償回路および1つ以上の他のピックアップ回路に誘導結合することによって電力を供給するために一次導体と結合するための誘導電力伝達システム(IPT)電源であって、無効負荷を検知し、前記検知した無効負荷を前記補償回路に伝達するための検知手段を備える、電源。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、誘導電力伝達(IPT)システムに関する。より詳細には、本発明は、IPTシステムにおける無効電力を制御して、該システムの導電性トラック上に反射された不要な無効電力(すなわち、VAR(ボルト・アンペア無効電力))を補償することに関する。

30

【背景技術】

【0002】

誘導電力伝達(IPT)システムは、工業等において広く用いられており、交流電源と、該交流電源によって供給される一次導回路またはトラックと、使用時に誘導結合されたIPTピックアップとの間で、電力を無線で伝達する。IPTピックアップ回路は、交流(AC)を処理して、電力を負荷に与える。

【0003】

そのようなシステムの例は、国際公開第2010/030195号および第2011/046453号で開示され、その両方の内容を、参照により本明細書に組み込む。

【0004】

例えば、国際公開第2010/030195号は、並列同調IPTピックアップを開示しており、共に共振回路を形成する並列ピックアップコイルおよび同調コンデンサと、ピックアップコイル誘起電圧と同調コンデンサ電圧との間の位相角を変化させるための制御器とを備え、それによって該ピックアップの出力に制御された交流電源を与える。

40

【0005】

国際公開第2011/046453号は、直列同調IPTピックアップを開示しており、ピックアップコイルインダクタ電流を制御し、それによってピックアップコイル開回路電圧とピックアップコイルインダクタ電流との間の位相角を変化させるように構成された制御器と共に、直列のピックアップコイルおよび同調コンデンサを備える。

【0006】

50

国際公開第2010/030195号および第2011/046453号で開示されたピックアップによる位相角の変化の結果、容量性負荷がトラックに反射されることが当業者には理解されるであろう。

【0007】

国際公開第2012/030238号に記載された回路等の他のピックアップ制御器により、誘導性負荷がトラックに反射されてもよい。

【0008】

上述のピックアップ回路トポロジーおよびそれらの反射負荷を図1～4に示す。これらの回路は、通常は、所望の動作に依存して、制御された交流共振を交流負荷か直流負荷のいずれかに与えるために使用される。そのような回路では、その目的は、動作中トラックに後方反射された結果として生じるボルト・アンペア無効(VAR)負荷が、この制御技術の望ましくないが必要な側面であると考えられる状態で、制御された有効電力を負荷に与えることにある。反射された無効負荷は、一定ではない(出力負荷に対する制御行動により変化する)と容易に回避することができず、それゆえ受動的な補償を用いて容易に除去することができない。

【0009】

図1(b)、2(b)、3(c)および4(c)に図示するように、VARの大きさは、取り出される電力と同程度に著しく大きいことがある。したがって、高度に結合された負荷では、あるいは先行技術の制御器を用いて動作する多くの弱く結合された負荷がある用途では(例えば、照明リグでは)、これらのVARの全てを加算すると、著しく大きくなり、システム設計において無視することができない可能性がある。

【0010】

どのIPTシステムにおいても、不要のVARを、システム設計中に制御または考慮する必要がある。共振型電源の出力でのLCLネットワークトポロジーを使用する固定周波数システムでは、無効成分の各々は、注意深く選択され、電源の設計された動作周波数での共振に同調される。そのため、トラック上に反射される任意の容量性または誘導性リアクタンスは、望ましくないことだが、トラックの交流電流の周波数を離調する。追加されたインダクタンスは、電源インバーターのブリッジに対する容量性負荷として現れる一方、任意の容量性負荷は、誘導性であるように見える。Kissin M., Huang C., Covic G. A. および Boys J. T) 著の「固定周波数LCL共振型電源の同調点の検出(Detection of the tuned point of a fixed frequency LCL resonant power supply)、米国電気電子学会(IEEE Trans. Power Electronics Society)、24, no. 4, pp. 1140~1143、2009年4月に記載されるように、大部分の制御器は、そのような離調に敏感であり、電源の設計を何度も特定することなく、せいぜいこのようなトラック同調においてほぼ10%の変動しか扱うことができないが、定格負荷は、一定の反射VARを有すると仮定され、それによりシステムを、ブリッジのみが誘導性装荷を感知することを保証するように構成することができる。先行技術の制御器を使用する照明システムにとって、あるいは例えば、理想的には整列されない高度に結合された動的負荷から離調が生じる電気車両(EV)用途にとって、受動的な補償が十分ではないこともあり、能動的な補償が必要とされることもある。

【0011】

したがって、例えば、(例えば、老化および温度による)コンデンサの劣化、(例えば、EV無線充電用途での)送信機パッドと受信器パッドとの望ましくない整列、あるいは負荷を供給するために並列同調ピックアップではなく直列同調ピックアップを使用することにより、予想されるVAR変化が緩慢に起こるかまたは著しく長い間存在している用途では、切り替えられたコンデンサの使用等のゆっくりした補償スキームを、補償手段として使用することができる。しかしながら、移動車両に対する照明制御または電力制御におけるような他の用途では、VAR変化は同じように著しいが急速に変化しており、ゆっく

10

20

30

40

50

りした補償手段は必要な時間内に反応することができず、電源の早期運転停止が生じることがある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

したがって、本発明の目的は、動作中急激に変化していることもある不要なVARを補償するために一次導体上に後方反射される制御されたVARを生成する装置および/または方法を提供すること、あるいは少なくとも人々に公知の装置または方法の有用な代替を提供することにある。

【0013】

本発明のさらなる目的は、以下の説明から明らかとなるう。

【課題を解決するための手段】

【0014】

第1の態様では、本発明は、広範には、誘導電力伝達(IPT)システムにおいて、上記IPTシステムの一次導電路に誘導結合された補償装置を用いてVARを補償する方法にあると言え、上記方法は、上記補償装置を制御して、一次電源から取り出す電力を最小化しつつ、上記一次導電路に通電する上記一次電源によって感知されるリアクタンスを補償することを含む。

【0015】

好ましくは、上記方法は、上記一次電源から取り出された電力の範囲に対して、反射されたリアクタンスの範囲を決定するステップを含む。

【0016】

好ましくは、上記方法は、上記補償装置を反射されたインピーダンスの上記範囲内とするように、上記一次導電路を戻すことをさらに含む。

【0017】

好ましくは、上記一次導電路を戻すステップは、コンデンサを上記一次導体と直列に結合または減結合するか、上記一次電源の周波数を増分することを含む。

【0018】

好ましくは、上記方法は、上記一次電源によって感知される上記リアクタンスを検知し、上記検知したリアクタンスに依存して上記補償装置を制御することをさらに含む。

【0019】

好ましくは、上記方法は、上記補正装置によって与えられる上記リアクタンスの大きさを変化させる前に、上記検知されたリアクタンスが第1閾値に達した時を検出するステップをさらに含む。

【0020】

第2の態様では、本発明は、広範には、誘導電力伝達(IPT)システムの上記一次導体のリアクタンスを制御する方法にあると言え、上記方法は、

上記一次導体の可変リアクタンスを検知することと、

上記検知されたリアクタンスに依存して上記一次導体と誘導結合された共振回路に関連する第1リアクタンス素子を制御して、制御された補償リアクタンスを反射させ、上記一次導体の上記リアクタンスを改善することを含む。

【0021】

好ましくは、上記方法は、上記IPTシステムの動作より前に、受動的な補償手段を選択的に活性化して、上記一次導体のリアクタンスの略一定の成分を改善し、それによって上記制御された補償リアクタンスが最小化されるステップをさらに含む。

【0022】

好ましくは、上記受動的な補償手段を選択的に活性化するステップは、コンデンサを上記一次導体と直列に設けるか、上記一次導体を供給する電源の周波数を増分することを含む。

【0023】

10

20

30

40

50

好ましくは、上記第1リアクタンス素子は、容量性リアクタンスを反射させて、上記一次導体の誘導性リアクタンスを改善するように動作可能である。

【0024】

代替的に、上記第1リアクタンス素子は、誘導性リアクタンスを反射させて、上記一次導体の容量性リアクタンスを改善するように動作可能であってもよい。

【0025】

好ましくは、上記第1リアクタンス素子は、上記IPTシステムの動作周波数で直列インダクタと共振し、それによって上記一次導体と誘導結合された上記共振回路の誘導性ピックアップを短絡するように選択されたコンデンサを備える。

【0026】

代替的に、上記第1リアクタンス素子は、上記IPTシステムの動作周波数についての周波数の範囲にわたって直列インダクタと共振する実効静電容量を有するように制御可能であるように選択されたコンデンサを備えてもよい。より詳細には、上記コンデンサは、上記動作周波数で0から上記直列インダクタと共振する静電容量の少なくとも2倍までの実効静電容量を有するように制御可能であるように選択されてもよい。

【0027】

好ましくは、第2の態様の上記方法は、上記検知されたリアクタンスに依存して上記共振回路に関連する第2リアクタンス素子を制御するステップをさらに含み、上記第1リアクタンス素子は、容量性リアクタンスを反射させて、上記一次導体の誘導性リアクタンスを改善するように動作可能であり、上記第2リアクタンス素子は、誘導性リアクタンスを反射させて、上記一次導体の容量性リアクタンスを改善するように動作可能である。

【0028】

好ましくは、上記方法は、上記一次導体を容量性リアクタンスの方にバイアスするステップをさらに含み、それによって上記第2リアクタンス素子は、上記第1リアクタンス素子に優先して支配的または排他的に動作されて、高調波を最小化する。

【0029】

第3の態様では、本発明は、広範には、制御されたリアクタンスを選択された動作周波数で一次導体に反射させるための誘導電力伝達(IPT)補償回路にあると言え、上記回路は、

使用時に上記一次導体と誘導結合するための、ピックアップコイルおよび同調コンデンサを備える共振回路と、

上記共振回路と結合され、補償リアクタンスを上記一次導体に反射させるように動作可能である制御可能リアクタンス素子と、

上記制御可能リアクタンス素子を制御して、検知されたリアクタンスを補償し、それによって上記一次導体のリアクタンスを改善するように動作可能な制御手段とを備える。

【0030】

好ましくは、上記補償回路は、上記一次導体のリアクタンスを検知するための検知手段をさらに備える。

【0031】

好ましくは、上記制御可能リアクタンス素子は、インダクタと直列に制御可能コンデンサを備え、上記制御可能コンデンサおよび直列インダクタは、上記制御可能コンデンサが誘導性リアクタンスと容量性リアクタンスとの両方を選択的に反射させるように制御され得るように選択される。

【0032】

代替的に、上記制御可能リアクタンス素子は、実質的に誘導性リアクタンスまたは容量性リアクタンスの一方を反射させるように動作可能であり、上記補償回路は、実質的に誘導性リアクタンスまたは容量性リアクタンスの他方を反射させるように動作可能な第2制御可能リアクタンス素子をさらに備える。

【0033】

第4の態様では、本発明は、広範には、制御されたリアクタンスを選択された動作周波

10

20

30

40

50

数で一次導体に反射させるための誘導電力伝達 (I P T) 補償回路にあると言え、上記回路は、

使用時に上記一次導体と誘導結合するための、ピックアップコイルおよび同調コンデンサを備える共振回路と、

上記共振回路と結合され、容量性リアクタンスを上記一次導体に反射させるように動作可能である第 1 切替手段と、

上記共振回路と結合され、誘導性リアクタンスを上記一次導体に反射させるように動作可能である第 2 切替手段と、

上記第 1 切替手段および第 2 切替手段の動作を制御して、それぞれ上記一次導体の誘導性リアクタンスおよび容量性リアクタンスを補償するように構成される制御手段とを備える。

10

【 0 0 3 4 】

好ましくは、上記制御手段は、上記一次導体のリアクタンスを検知するための検知手段を備える。

【 0 0 3 5 】

好ましくは、上記第 1 切替手段は、上記ピックアップコイル開回路電圧と上記ピックアップコイル電流との間の位相角を選択的に変化させるように構成される。

【 0 0 3 6 】

好ましくは、上記第 1 切替手段は、選択された期間略一定の同調コンデンサを維持することによって上記位相角を変化させるように構成される。

20

【 0 0 3 7 】

好ましくは、上記第 1 切替手段は、上記選択された期間に上記同調コンデンサ電圧をほぼ 0 V でクランプするように構成される。

【 0 0 3 8 】

好ましくは、上記 I P T 補償回路は、上記選択された動作周波数でまたはその近くで共振するように同調される複数の追加リアクタンス素子を備える第 2 共振回路をさらに備え、上記第 2 切替手段は、上記複数の追加リアクタンス素子の 1 つを選択的に減結合するように構成される。

【 0 0 3 9 】

好ましくは、上記第 1 切替手段および上記第 2 切替手段は、各々交流スイッチを備える。

30

【 0 0 4 0 】

好ましくは、上記ピックアップコイルおよび同調コンデンサは、並列に設けられる。

【 0 0 4 1 】

好ましくは、上記第 1 切替手段は、上記共振回路と並列に設けられる。

【 0 0 4 2 】

好ましくは、上記第 2 共振回路の上記追加リアクタンス素子は、共に上記ピックアップコイルおよび同調コンデンサと並列に共に設けられる直列インダクタおよびコンデンサを備え、上記第 2 切替手段は、上記追加コンデンサを選択的に減結合するように動作可能である。

40

【 0 0 4 3 】

好ましくは、上記同調コンデンサは、上記選択された動作周波数で上記ピックアップコイルおよび追加インダクタの上記組み合わせられたインピーダンスと共振するように選択される。

【 0 0 4 4 】

好ましくは、上記ピックアップコイルおよび同調コンデンサは、直列に設けられる。

【 0 0 4 5 】

好ましくは、上記第 1 切替手段は、上記共振回路と直列に設けられる。

【 0 0 4 6 】

好ましくは、上記第 2 共振回路の上記追加リアクタンス素子は、共に上記ピックアップ

50

コイルおよび同調コンデンサと直列に共に設けられる並列インダクタおよびコンデンサを備え、第2切替手段は、上記追加インダクタを選択的に減結合するように動作可能である。

【0047】

好ましくは、上記同調コンデンサは、上記選択された動作周波数で上記ピックアップコイルおよび上記追加コンデンサと共振するように選択される。

【0048】

第5の態様では、本発明は、広範には、一次導体と電氣的に結合される電源と、使用時に上記一次導体と誘導結合された本発明の第3または第4の態様による補償回路とを備える、誘導電力伝達 (IPT) システムにあると言ってもよい。

【0049】

好ましくは、上記電源および/または一次導体は、上記一次導電路を再同調して、一定のまたは緩慢に変化するリアクタンスを実質的に改善するように動作可能である。

【0050】

好ましくは、上記補償回路の出力は、上記電源の直流 (DC) バスと電氣的に結合される。

【0051】

第6の態様では、本発明は、広範には、第1共振回路を形成するピックアップコイルと同調コンデンサとを備える誘導電力伝達 (IPT) 補償回路を制御する方法にあると言え、上記方法は、

上記補償回路が使用時に誘導結合される一次導体の容量性または誘導性リアクタンスを検知するステップと、

検知した誘導性リアクタンスを補償するために、上記補償回路の第1切替手段を選択的に動作して、容量性リアクタンスを上記一次導体に反射させるステップと、

検知した容量性リアクタンスを補償するために、上記補償回路の第2切替手段を選択的に動作して、誘導性リアクタンスを上記一次導体に反射させるステップとを含む。

【0052】

好ましくは、上記第1切替手段を選択的に動作させるステップは、上記補償回路のピックアップコイル開回路電圧とピックアップコイル電流との間の位相角を変化させることを含む。

【0053】

好ましくは、上記第1切替手段を選択的に動作させるステップは、上記IPT補償回路の共振回路の電流をクランプすることを含む。

【0054】

好ましくは、上記第2切替手段を選択的に動作させるステップは、第2共振回路を形成する複数の追加リアクタンス素子の1つを選択的に減結合することを含む。

【0055】

第7の態様では、本発明は、広範には、IPTシステムの上記一次導電路との結合のための誘導電力伝達 (IPT) 補償回路にあると言え、上記回路は、上記IPTシステムの一次電源によって感知される上記無効負荷の指示を受けるための手段と、上記一次電源から取り出す電力を最小化しつつ、上記補償回路を制御して、上記リアクタンスを補償するための制御手段とを備える。

【0056】

第8の態様では、本発明は、広範には、二次IPT共振器に電力を伝達して、公称同調状態および上記同調状態内の許容差を有するIPTシステムを形成するように動作可能である一次誘導電力伝達 (IPT) 共振器にあると言え、上記一次共振器回路の同調は、上記二次IPT共振器の同調範囲が、上記IPTシステムの同調状態を上記システムの上記公称同調状態にまたは上記公称状態の上記許容差内に調整することができるように調整可能である。

【0057】

10

20

30

40

50

好ましくは、上記一次回路は、上記一次共振器の同調を調整するために、1つ以上の制御可能無効成分および/または上記システムの周波数を増分するように動作可能な1つ以上の成分を備える。

【0058】

第9の態様では、本発明は、広範には、補償回路および1つ以上の他のピックアップ回路に誘導的に電力を供給するために一次導体と結合するための誘導電力伝達(IPT)電源にあると言え、上記電源は、上記補償回路の出力から電力を受けるための直流バスを備える。

【0059】

第10の態様では、本発明は、広範には、補償回路および1つ以上の他のピックアップ回路に誘導的に電力を供給するために一次導体と結合するための誘導電力伝達(IPT)電源にあると言え、上記電源は、無効負荷を検知し、上記検知した無効負荷を上記補償回路に伝えるための検知手段を備える。

【0060】

本発明のさらなる態様は、その新規の態様全てにおいて考慮されるべきであるが、以下の説明から明らかとなる。

【0061】

本発明の複数の実施形態を、図面を参照して一例によって説明する。

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1-a】図1(a)は、本発明によって利用されてもよい公知の並列同調IPTピックアップ回路トポロジーの回路図である。

【図1-b】図1(b)は、図1(a)の回路の正規化反射負荷のグラフである。

【図2-a】図2(a)は、本発明によって利用されてもよい公知の直列同調IPTピックアップ回路トポロジーの回路図である。

【図2-b】図2(b)は、図2(a)の回路の正規化反射負荷のグラフである。

【図3-a】図3(a)は、追加共振タンク付きの並列同調IPTピックアップ回路の回路図である。

【図3-b】図3(b)は、図3(a)の回路の等価基本モデルの回路図である。

【図3-c】図3(c)は、図3(b)の基本モデルを用いる K_L の選択に基づく図3(a)の回路の正規化反射負荷のグラフである。

【図4-a】図4(a)は、追加共振タンク付きの直列同調IPTピックアップ回路の回路図である。

【図4-b】図4(b)は、図4(a)の回路の等価基本モデルの回路図である。

【図4-c】図4(c)は、図4(a)の回路の正規化反射負荷のグラフである。図

【図4-d】図4(d)は、図4(a)の回路の反射されたVARの評価のために用いられる回路の図である。

【図5-a】図5(a)および図5(b)は、図4(a)の回路の正規化反射負荷を、 $Q = 2.3$ および $K_C = 1$ について(a)測定した値と(b)シュミレーションした値との比較を提供する。

【図5-b】図5(a)に関して上述したとおりである。

【図6】本発明による並列同調IPT補償回路の回路図である。

【図7】本発明による直列同調IPT補償回路の回路図である。

【図8】本発明によるIPT補償回路を組み込んでいるIPTシステムの図である。

【図9】本発明の補償回路のさらなる実施形態の正規化無効負荷および抵抗性負荷のグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0063】

説明全体にわたって、異なる実施形態において、同じ参照番号を同じ特徴に言及するために用いる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 4 】

多くのIPTシステムでは、(ピックアップ回路の一次導体と誘導コイルとの間の)空隙が安定しており、システムと同調が基本的に一定であり、そのためVAR負荷がほぼ一定であると予想できる。しかしながら、(動いているおよび/または静止している車両に誘導的に電力を供給する)道路用システム等の他のIPTシステムにおいてはこれが当てはまらない。システムが完全に同調されない限り、実負荷が変動して、VARにわずかな変化を生じることがあるが、空隙は、広範囲にわたって変動することがあり、そのような変動により、VAR要求が大きく変化する。さらに、それぞれの「充電パッド」(送電機および受信器、あるいは一次導体およびピックアップコイル)は、常に完全に整列されているわけではなく、VARを変化させ、この変化は補償される必要がある。地面上のパッドおよび車両上のパッドは、同じ製造業者によって製造されなくてもよく、別々に、すなわち直列対並列でまたはその逆で同調されてもよく、それゆえ予測ができないオフセットVAR負荷があってもよい。システムにおいて、接地パッドに異物金属が付着して、これによりエラーが発生するにちがいないが、エラーがどれくらい大きいかを予測するのは不可能である。これらの状況全てにおいて、VAR負荷は、正しい値にあらかじめ設定することができず、よってシステムを正しく同調するVAR負荷制御器が、それがどんな状態にあるかにかかわらず必要である。全てのエラーが加算される場合には、必要なVAR補正は、最大で7.5%までのオフ周波数であるシステムに対応するほぼ10~15%程度であってもよいと思われる。

10

【 0 0 6 5 】

本発明によれば、一次電源ブリッジ電流は、好ましくは、一次電源インバータスイッチがそれらの設計限界のどれくらい近くで動作しているかを判定するためにモニターされる。このフィードバックは、一次電源の出力と、好ましくは主トラックインダクタンスと直列に誘導結合された補償手段を活性化するために用いられる。そのような補償手段は、好ましくは、切り替えの遅い補償素子と切り替えの早い補償素子との両方の組み合わせを含む。切り替えられたコンデンサ(図面には示さず)等の(一般に、動作中一次回路の内にまたは一次回路から外に容易に切替えることができない)切り替えの遅いすなわち受動的な補償、あるいは動作より前に電源の周波数に小さな変更を加えることを、略一定の公知のすなわち緩慢に変動している離調システムまたは大きく離調したシステムを補償するために用いることができるが、組み合わせでは、必要に応じてかつ必要な場合にさらなる補償のいくつかの手段を提供するために、本発明によって(通常、より大きさが小さい)能動的な高速に変動している補償回路も提供される。このように、受動的なすなわち切り替えの遅い補償は、一次導体における任意のリアクタンスの大部分を改善するために必要とされるような「粗い」補正を提供する一方、高速に作動する補償は、それが生じるのに伴い「細かい」制御を提供し、可変リアクタンスを改善するように働く。したがって、一実施形態において、本発明は、必要な公称リアクタンスがシステムの動作中に一次電源によって典型的に感知されるように、一次配置を同調するまたは準備することを含む。公称リアクタンスは、一次と結合される(本明細書でさらに説明するような)1つ以上の補償回路を、別途一次電源によって感知されてもよい不要なVARを補償するために、反射リアクタンスの有効範囲を一次に提供するために用いることができる。理想的には、一次は、電源が無効負荷を感知しないように同調される。しかしながら、実施において、典型的には、一次電源のインバタブリッジが、効率的な動作のために容量性負荷ではなくわずかな誘導性負荷を感知するのが望ましい。したがって、一次導体配置を同調する際には、ユーザは、成分を追加してもよく、またはその他動作中に、一次電源が容量性負荷を感知する可能性があまり高くないようにシステムの一次側を設計してもよい。この手法に関する欠点は、システムに対する無効装荷の変動に不確実性があるいくつかの用途では、さらなる粗調整が必要なこともあるということである。この調整を提供するための手段を、以下でさらに論じる。そのような調整は、制御システムによってまたは手動で行われてもよい。一実施形態では、そのような調整が望ましいとして検出される場合には、例えば、静電容量の内(または外)への切り替えを容易にするためにシステムの電源を切る。

20

30

40

50

【0066】

一例では、本発明は、システムまたは他の要因によって供給されている負荷からリアクタンスの変化の同調を外すように制御可能に動作可能である結合補償装置を提供することによって、一次電源で感知されるリアクタンスの微調整が可能になる。

【0067】

さらに、一次パッドまたはトラックのリアクタンスを、用いられるべきである結合補償回路の性質に依存してバイアスさせることができ、またその逆もできる。一例では、一次は、さらなるバイアスを用いて設定することができ、補償回路は、それが必要とされるときには該さらなるバイアスインダクタンスを補償するように動作することができる。例えば、補償装置は、制御可能反射補償静電容量を提供して、一次パッドまたはトラック配置の誘導バイアスを補償するために用いられてもよい。公称負荷条件下では、補償装置は、反射静電容量に、選択された制御範囲の中央にある公称「オフセット」を供給する。さらなる容量性負荷を受けると、それに応じて補償装置は、反射静電容量の大きさを、そのオフセット以下に低下させる。同様に、さらなる誘導性負荷を、一次によって受ける場合には、補償装置は、補償すべき反射静電容量の大きさを大きくする。

【0068】

同様に、容量性バイアスが最初は一次パッドまたはトラック上に存在するようなシステムである場合には、反射されたインダクタンスの制御可能範囲を、一次パッドまたはトラックに提供するように設計される補償装置を用いることができる。

【0069】

さらに、本書類の開示から分かるように、名目上は一次に反射リアクタンスをほとんどまたは全く供給しない補償装置が提供されてもよく、すなわち該装置は、有効補償に何が必要であるかによって、システムの一次側に容量性リアクタンスと誘導性リアクタンスの両方を選択的に反射させることができるようにオフセットを有さなくてもよい。

【0070】

本発明の一実施形態では、制御装置および制御方法は、一次に後方反射されたリアクタンス上の変化を実現する前に達するかまたは超えなければならない1以上の閾値を提供することを含む。一例では、一次電源によって感知されるようなリアクタンスは、補償装置がオフセット値または公称値からの反射リアクタンスの変化を提供する前に、第1閾値に達しなければならないまたは越えなければならない。同様に、いったん補償装置が、オフセット値を超えて反射リアクタンスを提供するように動作可能であると、一次電源によって感知されるリアクタンスの変化は、制御システムが、与えられた反射リアクタンスの大きさを再び変化させる前に、二次閾値に達する必要がある場合がある。このように、本実施形態は、システムが所望の安定性を有することを保証するためにある程度のヒステリシスを提供し、一次のリアクタンスの一定の（おそらく不必要な）変化を防ぐことによって効率を高めることができる。

【0071】

本発明による結合補正装置が、有効制御範囲で動作することを保証するために、さまざまな方法を用いて上述の一次の粗同調を行ってもよい。一例では、例えばコンデンサなどの個々の部品は、一次電源によって感知される必要な公称リアクタンスに達するように一次パッドまたはトラックと（例えば直列に）接続されてもよい。他の例では、他のシステムパラメータは、一次電源の周波数に対する漸進的变化のように、他のシステムパラメータが変更されてもよい。この例では、システムは、固定周波数条件下でまだ動作している。公称動作周波数が、必要な負荷により好適であり、ひいては結合補償装置を、それらが一次から取り出す電力にとって最も有効であるような位置により良く置くように、漸進的変更（便宜上本書類では調整と呼ぶ）を行うことができる。一例では、周波数の漸進的変化は、システムによっては、動作周波数の例えば1%～5%であってもよい。

【0072】

図1(a)および図2(a)の公知の並列および直列トポロジーについての正規化反射インピーダンス特性を、それぞれ負荷依存品質係数 Q_2 の異なる値で、図1(b)および

10

20

30

40

50

図 2 (b) に示す。抵抗成分と無効成分の両方は、以下の係数 Z_t に対して正規化される：

【数 1】

$$Z_t = \omega M^2 / L_2 \quad (1)$$

【0073】

上記式において、 L_2 は、二次コイルのインダクタンスであり、 M は、トラックと L_2 との間の相互インダクタンスであり、 ω は、IPT システムの動作周波数である。係数 Z_t は、トラック上に戻す結合回路の伝達インピーダンスであり、磁気結合および電力伝達能力の直接的尺度である。0 の位相遅延 θ は、各 Q_2 値について、図 2 (b) 上の半円の右側の点としてプロットされている。 θ が増加するのに伴い、インピーダンス点は、左側の方へ半円に沿って移動する。一次電源によって供給された実電力または虚電力を、インピーダンス値が非正規化および次の方程式 (2) および (3) に代入された後、容易に決定することができる：

【数 2】

$$P = \text{Re}(Z_t) I_1^2 \quad (2)$$

【数 3】

$$\text{VAR} = \text{Im}(Z_t) I_1^2 \quad (3)$$

【0074】

$\theta = 0$ の場合には、抵抗性負荷のみがトラック上に後方反射され、実電力は、ピックアップを駆動するために電源によって供給される。位相角 θ が増加して、ピックアップの出力電力を低減するのに伴い、真負荷と容量性負荷の両方は、一次トラック上に反射され、電源は、実電力と容量性 VAR の両方を供給しなければならない。 θ が 180° に向かって増加すると、無効負荷と抵抗性負荷の両方が、0 まで減少する。図 1 (b) に示す並列トポロジーについては、反射インピーダンスは、直列トポロジーと非常に類似しており、唯一の違いが、 -1 の正規化値で初期インピーダンスがオフセットされるということである。

【0075】

図 3 (a) および図 4 (a) の修正回路については、それぞれ図 3 (b) および図 4 (b) に示す簡略化された回路を用いて同様の分析を行うことができ、その結果図 3 (c) および図 4 (c) に示すようなこれらの回路の各々について同様の正規化反射インピーダンスが生じる。その結果は、 K_c および K_L の値とは無関係であり、ここで K_L は、図 3 の回路におけるインダクタ L_2 および L_3 の比を表し、同様に K_c は、図 4 の回路におけるコンデンサ C_2 および C_3 の比を表す。図示したように、図 3 および図 4 の修正回路は、容量性ではなく誘導性である実質的に同一の反射 VAR を生じる。

【0076】

本書類において上などで論じたインピーダンス曲線などから分かるように、反射補償リアクタンスによってもたらされる利益のために、補償装置によって一次から取り出される実電力にはコストがかかる。本発明の補償回路によって一次導体から取り出される電力を最小にするとともに、最大リアクタンスを反射させるために、それぞれ比較的著しい無効負荷を、抵抗性負荷のわずかな増加と共に生じることがある図 1 (b)、図 2 (b)、図 3 (c) および図 4 (c) のグラフの左側の方へ補償回路を動作させるのが望ましい。すなわち、補償回路は、好ましくは、放物線の公称無効負荷対公称抵抗性負荷のグラフの実質的に直線の領域、あるいは最も大きな傾斜または勾配を有する放物線の領域で動作される。例えば、傾きが、誘導性リアクタンスについてはほぼ 1 以上および / または容量性

10

20

30

40

50

リアクタンスについてはほぼ-1以下である領域で補償回路を動作させる方が好ましい。このように、補償回路によって生じる負荷は、抵抗性負荷に対する比較的小さい変化によって無効負荷を変化させるために、主に抵抗性ではなく無効性であるべきである。

【0077】

よって、上で論じたように、離調による一次導体の任意の予想リアクタンスは、好ましくは、IPTシステムが動作を始める前に受動的な補償によって大きく改善される。このことは、能動的な高速に変動している補償回路が生じるはずの制御されたVARの量を低下させ、抵抗性負荷および切替損失のため補償回路によって取り出される電力を最小にする。したがって、一実施形態では、本発明は、達成された反射リアクタンスの大きさまたは大きさの範囲について補償装置によって取り出される電力の大きさまたは大きさの範囲を決定することと、装置によって一次から取り出される最小電力にとって有効な反射リアクタンスを提供するために補償装置を設計することおよび/または動作させることとを含む。このようにして、本方法は、一次電源から取り出す電力を最小化しつつ、補償装置を制御して、一次導回路のリアクタンスを補償することを含む。

10

【0078】

測定およびシミュレーションされた正規化反射性負荷を比較する図5(a)および図5(b)に一例として示すように、反射負荷を、その動作周波数で固定電流を用いてトラックを駆動することによって、実際の回路において容易に測定することができる。それと誘導結合された図1(a)、図2(a)、図3(a)または図4(a)のいずれかのピックアップ回路を有するトラックの任意の部分は、(本明細書では C_1 を用いて)同調を外れることがあり、電圧と電流の両方およびそれらの相対位相角を、ちょうどトラックのこの部分にわたって測定することができる。この結果を公知の回路パラメータについて予想されるものと比較することで、図5では、図5(a)の測定値と図5(b)の予想値とがきわめてよく一致していることが分かる。

20

【0079】

図1~図4のリアクタンスピックアップ回路は、限られた状況では、IPTシステム全体の同調要因を制御するために用いられてもよい。これらの回路が二次照明制御器として必要とされる照明用途については、所望の結果を達成するために別々のピックアップで異なるピックアップ回路トポロジーが用いられてもよく、それによって反射リアクタンスは効果的に互いに同調を外れる。例えば、1つの照明ハウジングでは、2つの半電力光(1つの1000Wの光ではなく2つの500Wの光)を分類することが可能であり、その第1の光は、図1(a)の回路によって駆動され、その第2の光は、図3(a)の回路によって駆動される。動作において、両方のピックアップの遅延角が基本的に同一に維持される場合には、二つの光を、オン状態からオフ状態まで十分変化させて、必要な光(電力)出力を得ることができるとともに、トラックに反射されるVARが効果的に相殺される。すなわち、第1ピックアップ回路の容量性リアクタンスは、第2ピックアップ回路の誘導性リアクタンスによって相殺される。しかしながら、各々そのようなピックアップ用制御器の目的は、依然として出力電力を制限することである。さらに、そのような配置は、必ずしも実用的とは限らずかつ/またはそのような配置の結果、ピックアップコイル、コンデンサ、インダクタ、スイッチ、および/またはダイオードを含む部品が不必要に重複する。

30

40

【0080】

全体としてIPTシステムを動作させる場合に、電源によって感知される不要なVARを除去するために、制御された反射VARを生じてトラック上に戻すために用いることができる。本発明のある実施形態は、高速に作動するピックアップ制御器に、それにより容量性VAR負荷と誘導性VAR負荷のいずれかを、1つの補償回路によってトラック上に後方反射されることが可能にする新規トポロジーを提供し、それによって電源とも誘導結合された1つ以上の他のピックアップ回路によって反射される誘導性負荷または容量性負荷を補償する。補償回路によって生じるVARのレベルを、制御器の遅延角か回路の品質係数Qのいずれかを調整することによって調整することができる。生じたVARは、所

50

与の遅延角についてQと共に必然的に急速に増加し、より大きな遅延角は、トラックから取り出されるべきより多くの電力を必要とするので、本発明による制御器は、好ましくは、制限された遅延角のみを必要とする適度に大きいQ（典型的には、10未満であるが、任意の好適なQ値が、本発明の要旨を逸脱しない範囲で用いられてもよい）で動作するように設計され、それによって取り出された正規化電力を低下させる。一例として、遅延角が小さいという条件で、10のQについて、VARの3～4倍を、取り出された電力と比較して作成することができる。

【0081】

2つの可能な補償回路トポロジーを、本発明の概念をはっきり理解できるように、一例として以下で説明する。当業者は、代替的に、異なる部品配置を、本発明の要旨を逸脱することなく用いてもよいことを理解するだろう。

10

【0082】

並列同調IPTピックアップ

本発明による高速に作動するIPT補償回路の第1例を、図6に示す。

【0083】

補償回路は、使用時にVLF～LFの範囲の周波数（典型的には、中出力から高出力用途については10～140kHz）で動作しているトラック（図示せず）等のIPT一次導体に緩結合されるピックアップコイルまたはインダクタ L_2 を備える。同調コンデンサ C_2 は、ピックアップインダクタンスと並列に設けられ、それと共に共振回路を形成する。コンデンサ C_3 および L_3 を備える追加直列リアクタンス素子は、共にピックアップインダクタ L_2 および同調コンデンサ C_2 と並列に設けられ、トラック周波数で共振するように同調される第2共振回路を形成する。

20

【0084】

ピックアップインダクタ L_2 は、以下に説明するように、並列同調コンデンサ C_2 およびインダクタ L_3 によってトラック周波数で共振するように同調され、そのため L_2 が共振している場合には、電力は、一次導体から補償回路に伝達される。

【0085】

直流出力を負荷に供給するために、補償回路は、好ましくは、インダクタ L_{DC} およびコンデンサ C_{DC} を備える出力フィルタと共に、同調コンデンサ C_2 と並列に整流器も含む。

30

【0086】

図示の実施形態において、図示のように配置されるMOSFETスイッチ S_1 および S_2 とダイオード D_1 および D_2 とを備える第1切替手段すなわち交流スイッチが、ピックアップインダクタ L_2 および同調コンデンサ C_2 と並列に設けられる。

【0087】

一次導体からピックアップコイルおよびそれと結合される負荷までの電力伝達中に、第1交流スイッチは、開回路（すなわち、非導電）状態に維持される。しかしながら、国際公開第2010/030195号でさらに詳細に記載されるが、第1交流スイッチは、位相角が当然生じるのと強制的に異なる値にされるように、回路の作動を選択的に中断させるように動作されてもよい。図1(b)に示すように、位相角が変化されるのに伴い、送達された電力を、0（スイッチが完全にオンである時）からスイッチが完全にオフである最大値まで増加することができる。これに関連して、一次回路上に置かれる無効負荷は、最初は容量性であり、この容量性リアクタンスは、半電力点で最大まで増加し、次にスイッチが全開になるまで減少する。この作動中、以下で説明する第2切替手段または交流スイッチは、短絡下に保持する必要がある。

40

【0088】

コンデンサ C_3 および L_3 を備える追加直列リアクタンス素子は、共にピックアップインダクタ L_2 、同調コンデンサ C_2 、および第1交流スイッチと並列に設けられる。図示したように配置されるMOSFETスイッチ S_3 および S_4 とダイオード D_3 および D_4 とを備える図示の実施形態では、第2切替手段すなわち交流スイッチは、追加コンデン

50

サ C_3 と並列に設けられて、コンデンサを選択的に分流または減結合する。一次導体からピックアップコイルおよびそれと結合される負荷までの電力伝達中、第2交流スイッチは、短絡回路（すなわち、導電）状態に維持され、追加コンデンサ C_3 を分流する。

【0089】

第1交流スイッチが開回路のままであり、第2交流スイッチも開回路である場合には、 L_3 および C_3 は、共振し、ピックアップインダクタ L_2 にわたって短絡を生じる。このような有効短絡が生じる場合には、負荷に送達された電力も、図3(c)に示すように0となる。図6の同調コンデンサ C_2 が、トラック周波数で、 L_2 および L_3 の組み合わせられた並列インピーダンスと共振するように選択されるなら、第1交流スイッチが開回路であり、第2交流スイッチが短絡されている場合には、並列共振タンク（ピックアップインダクタ L_2 および同調コンデンサ C_2 ）によって感知されるように、 L_3 、 C_3 、および交流スイッチの組み合わせられたリアクタンスが、単に X_{L_3} （すなわち、 L_3 のリアクタンス）となることを観察することができる。そのため、負荷に送達される電力は、 C_2 、 L_2 、および L_3 の組み合わせられた並列インピーダンスがトラック周波数で共振しているので、最大となる。したがって、第1交流スイッチが開いているという条件で、第2交流スイッチが動作可能（すなわち、短絡）状態であると、電力が負荷に供給され、第2交流スイッチが動作不可能（すなわち、開回路）状態であると、電力が一次導体から伝達されず、そのため電力は負荷に供給されず、あるいは少なくとも負荷への電力の供給（すなわち、出力）が、実質的に低減されるか防止される。

【0090】

したがって、国際公開第2012/030238号に記載されるように、第2交流スイッチは、各半周期中に共振電流をクランプする方法を用いて、回路の作動を中断するように選択的に動作されて、図3(b)に示すように、コンデンサ C_3 の実効リアクタンスを変化させてもよい。この作動は、隣接するインダクタコンデンサ対（ L_3 および C_3 ）のインピーダンスを変化させ、その結果、図3(c)に示すように、伝達された電力と一次上に後方反射されたVAR負荷も両方変動する。

【0091】

第1交流スイッチと第2交流スイッチとの両方が開いている状態では、電力伝達がなく、反射されたVAR負荷は、(-1の正規化値では)容量性である。第2交流スイッチは、共振周期中に時間が長くなるのに伴って閉じるので、電力伝達とVAR負荷の両方は増加するように示される。補償回路のQが十分である（好ましくは2より大きい）という条件で、VAR負荷は、(図示するように)誘導性となり、次に第2スイッチが全共振周期中に完全に閉じるまで、最終的に-1まで低下される。

【0092】

図6の補償回路を用いる際に、デフォルトで容量性リアクタンスを有するように、故意に一次導体の同調をバイアスさせるのが好ましく、それによって補償回路の第2交流スイッチが、第1交流スイッチに優先して支配的または排他的に動作されて、高調波を最小にする。

【0093】

直列同調IPTピックアップ

本発明によるIPT補償回路の第2例を、図2(a)および図4(a)の直列同調回路の態様を組み合わせ、図7に示す。

【0094】

補償回路は、コンデンサ C_{L_2P} によって分流される場合には、ピックアップが結合されるトラックの動作周波数でわずかに小さい（例えば、 $L_2' = 0.9L_2$ ）実効インダクタンス L_2' を形成するピックアップコイルまたはインダクタ L_2 を備える。この等価インダクタンスは、実効ピックアップインダクタ L_2' と直列に設けられ（それと共に共振回路を形成する）同調コンデンサ C_2 、および以下でさらに説明するような追加コンデンサ C_3 によってトラック周波数で共振するように同調され、それにより L_2' が共振しており、電力が一次導体から補償回路に伝達される。

【0095】

直流出力を負荷に供給するために、補償回路は、好ましくは、整流器およびフィルタコンデンサ C_{DC} も含む。これが直列同調システムであるので、直流インダクタは必要ではない。

【0096】

スイッチ S_1 および S_2 とダイオード D_1 および D_2 とを備える第1交流スイッチは、同調コンデンサ C_2 と出力整流器との間に直列に設けられる。国際公開第2011/046453号でさらに詳細に記載されているが、これらのスイッチは、ピックアップコイル開回路電圧とピックアップコイルインダクタ電流との間の位相を、選択された期間に共振回路に電流が流れるのを実質的に防ぐことによって変化させるように動作される。

10

【0097】

コンデンサ C_3 と等価インダクタ L_3' とを備える追加並列リアクタンス素子(L_3 と C_{L_3P} との並列な組み合わせを備える)は、共に出力整流器とピックアップインダクタ L_2 との間に直列に設けられ、第2共振回路を形成する。スイッチ S_3 および S_4 とダイオード D_3 および D_4 とを備える第2交流スイッチは、第2交流スイッチが追加インダクタ L_3 を減結合するように動作可能であるように、等価インダクタ L_3' と直列に設けられる。すなわち、直列インダクタ L_3 および第2交流スイッチは、共に追加コンデンサ C_3 と並列に設けられる。

【0098】

コンデンサ C_{L_2P} および C_{L_3P} は、第1交流スイッチおよび第2交流スイッチがどのような時点で開いても、電流に経路を設けるための有効スナバコンデンサとして用いられる。

20

【0099】

実効インダクタ L_3' がトラック周波数で C_3 と共振するように選択されるとする。第1交流スイッチと第2交流スイッチの両方がオンである(すなわち、閉じているまたは導電性である)と、コンデンサ C_3 およびインダクタ L_3' は、トラック周波数で並列共振回路を形成し、共に回路の残りの部分への開回路として現れ、それによって負荷に送達される電力を0まで低下させる。ここでコンデンサ C_2 は、コンデンサ C_3 および実効ピックアップインダクタ L_2' と直列である場合には、トラック周波数で共振するように選択されるとする。第1交流スイッチがオンであり、第2交流スイッチがオフである(すなわち、開いているまたは非導電性である)と、実効インダクタ L_3' は、回路の残りの部分から減結合され、 C_2 、 C_3 および実効ピックアップインダクタ L_2' がトラック周波数で共振しているので、負荷に送達される電力が最大である。したがって、この実施形態では、第1交流スイッチが閉じており、第2交流スイッチが非動作(すなわち、開)状態である場合には、電力が負荷に供給される。第1交流スイッチが開いているか、第2交流スイッチが動作可能(すなわち、閉じた)状態のいずれかである場合には、電力は一次導体から伝達されず、そのため電力は負荷に供給されず、あるいは少なくとも負荷への電力の供給(すなわち、出力)は、実質的に低減されるか防止される。

30

【0100】

図7の直列同調IPTピックアップを、好適なVAR制御器として動作させるために、生成されたVARの実電力に対する比が、図2(b)および図4(c)に示すように最大であるゼロ電力伝達条件に近いいずれかの交流スイッチを動作させるのが望ましい。

40

【0101】

第1交流スイッチが閉じており、第2交流スイッチも最初閉じている場合には、電力がトラックから取り出されず、VARは、前で説明したように、トラック上に後方反射される。(国際公開第2012/030238号にさらに詳細に記載するように)、第2交流スイッチを、共振波形の各半周期にわたって長時間開かせる場合には、第2交流スイッチが開いている期間が短いという条件で、(図4(c)に示すように)この動作のため一次トラック上で感知されるVAR装荷は、誘導性となり、取り出された電力より著しく大きくなる。

50

【 0 1 0 2 】

第2交流スイッチが開いており、第1交流スイッチが最初開いている場合には、前で説明したように、電力またはVARが生成されない。第1交流スイッチを、共振波形の各半周期にわたって長時間閉じさせる場合には、国際公開第2011/046453号に記載され図2(b)に示すように、トラックにかかるVAR装荷は、第1交流スイッチが閉じている期間が短いという条件で、ますます容量性となり、取り出される電力より著しく大きくなる。

【 0 1 0 3 】

図6の補償回路は、一般に、インダクタの電流が遮断されず、最小限の保護が必要とされるので、図7の補償回路より好ましい。

10

【 0 1 0 4 】

他の実施形態

本発明の他の実施形態では、例えば、高速に作動する補償回路が、一次導体の容量性または誘導性リアクタンスの1つのみを補償するのに必要とされることが予想される図1(a)、図2(a)、図3(a)または図4(a)に示すように、ピックアップ回路は、1つの制御可能リアクタンス素子(すなわち、コンデンサまたはインダクタを選択的に短絡するように作動する1つの交流スイッチ)のみを備えてもよく、例えば本書類において前で論じたように一次に誘導性または容量性バイアスが設けられてもよい、あるいは一次が誘導性または容量性バイアスを有してもよい。このように、補償回路は、ピックアップの出力電力を単に規制して、それと結合する負荷を供給するのではなく、一次導体のリアクタンスを検知し、リアクタンス素子を制御して、同等の無効負荷を発生させ、一次導体のリアクタンスを改善するように構成された制御器を備えるという点で先行技術のピックアップ回路と異なる。

20

【 0 1 0 5 】

1つの制御可能リアクタンス素子を有する補償回路が可能である場合には、図1(a)および図3(a)の並列同調回路は、一般に、制御作動下でインダクタ電流を遮断しないので好ましい。より特定のには、図3(a)の回路は、より低い全高調波歪(THD)を示すので好ましい。

【 0 1 0 6 】

1つの制御可能リアクタンス素子を有する並列同調IPTピックアップ

さらに他の実施形態では、図3(a)の回路は、実際には、いずれかの方向により小さいVAR制御範囲があるにもかかわらず、誘導性リアクタンスが容量性リアクタンスのいずれかを、必要に応じて一次導体に選択的に反射させるように制御されることがある。このことは、(交流スイッチによって変化させられる)追加無効成分 L_3 および C_3 の組み合わせられた作動が異なる範囲にわたって変動するように、成分を選択することによって達成することができる。

30

【 0 1 0 7 】

より特定のには、追加インダクタ L_3 が所望されるより小さくまたは C_3 が別途所望されるより大きい場合には、交流スイッチがオフであると、追加インダクタおよびコンデンサによって形成される共振回路は動作周波数で同調されず、ピックアップインダクタ L_3 は短絡されない。交流スイッチをこのように用いて、実効 C_3 が動作周波数で L_3 と共振して、ピックアップインダクタ L_2 を短絡する所望の制御範囲の中央の動作点を通過するようにコンデンサ C_3 を制御することができる。交流スイッチの作動を調整することによって、 C_3 の実効値を、誘導性リアクタンスが容量性リアクタンスのいずれかを一次導体に反射させるために、いずれかの方向に移動させることができる。例えば、成分が、好ましくは選択され、交流スイッチが、0から、追加コンデンサ C_3 が動作周波数で追加インダクタ L_3 と共振する静電容量の2倍までの実効静電容量を生じさせるように制御される。

40

【 0 1 0 8 】

本質的に、このことは、容量性範囲と誘導性範囲の両方を掃引することができるように

50

図3(a)の回路をバイアスし、それゆえ図6の回路の第1交流スイッチはもはや必要とされない。

【0109】

本実施形態による回路のシュミレーションされた正規化反射インピーダンスのグラフを図9に示し、誘導性リアクタンスと容量性リアクタンスとのいずれかを必要に応じて反射させるために、該回路を用いることができることを明らかにする。

【0110】

容量性範囲と誘導性範囲の両方を掃引することができるように、補償装置回路の成分値が選択されてもよいというこの手法は、図3に限られず、本明細書において例えば図1、図2および図4に開示する他の回路の好適な設計または再構成で実現することができる。 10

【0111】

制御

上記のことから、本発明の回路は、好ましくは、第1交流スイッチおよび/または第2交流スイッチを自動的に動作させるためのある形の制御器または制御手段を備えることが明らかとなる。第1交流スイッチおよび第2交流スイッチの動作が、好ましくは、例えば、主電源から取り出される電力、一次導体の電流、および/または電源のインバーターブリッジの電流を備えることがあるフィードバックに基づく。したがって、補償回路、より詳細には、制御手段は、好ましくは、制御戦略にとって必要なフィードバックを得るための、特に一次導体のリアクタンスを検知するためのセンサまたは検知手段を備える。代替的に、IPTシステム、より詳細には、電源の一次側は、無効負荷を検知し、このフィードバックを補償回路に伝えるためのセンサを備えてもよい。好ましくは、制御器により、あるヒステリシスが、例えば、第1交流スイッチおよび第2交流スイッチの動作間の不必要な切替えを回避することができる。 20

【0112】

本明細書で説明する方法を行う好適な制御手段の設計および実施は、制御システム工学の分野における当業者の実施可能な範囲内にあり、それゆえ本明細書では詳細に説明しない。例えば、制御手段は、一次導体の電圧と電流との間の位相角を検知し、第1交流スイッチおよび第2交流スイッチを動作して、その位相角および結果として生じる無効電力を排除するまたは少なくとも改善するように構成されてもよい。 30

【0113】

制御手段は、作動増幅器および論理装置を含む別々の電子部品または集積回路を含んでもよい1つ以上の部品からなる単にハードウェアベースの制御器として実現されてもよい。上記に代えて、あるいは上記に加えて、制御手段は、少なくとも部分的には、プログラム可能論理装置(PLD)またはフィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ(FPGA)等の再構成可能なまたはプログラム可能なハードウェアコンポーネントを用いるソフトウェアベースの制御器、あるいは第1スイッチおよび第2スイッチを制御し、本明細書で説明した方法を行うようにプログラムされたソフトウェアを実行するマイクロコンピュータまたは汎用パーソナルコンピュータ(PC)を備えてもよいプロセッサとして実現されてもよい。 40

【0114】

しかしながら、好ましくは、本発明は、上記部品の組み合わせを用いて埋め込みシステムとして実現されるだろう。

【0115】

システム設計

図6および図7の回路についてVARおよび取り出された電力の実際の大きさは、二次回路のQに依存し、それと共に増加する。

【0116】

回路の動作Qを、システム設計で規定することができる。図6の回路が、並列同調VAR制御器であるので、スイッチの作動は、動作中インダクタ電流を遮断せず、それゆえ該 50

回路は、実際の動作においては、操作させ、高電力までスケーリングさせるのがより容易である。その結果、該回路は、構成するのが容易であり、高電力用途にとって好ましい。

【0117】

一例として、図6の回路について、(整流器への入力で)同調交流電圧と一次から結合される開回路電圧との比が、最大動作Qを規定する。

【0118】

IPT電源と結合される図6または図7のいずれかの補償回路(あるいは本明細書で論じた他の回路)を含むIPTシステムを、図8に一例として示す。負荷(負荷 Z_L で表される照明装置または電気車両等)を供給する1つ以上のピックアップ回路は、使用時に、一次トラックインダクタ L_1 と誘導結合されてもよい。補償回路は、上記のように、それらのピックアップ回路によって反射された不要のVARを補償する。補償回路の動作は、電源の検知手段から無線で(例えば、無線周波数通信によって)または(補償回路が、電源と一体化されてもよく、あるいは電源に実質的に隣接して設けられてもよいので)有線接続によって伝えられてもよい電源からのフィードバックに基づいて制御される。

【0119】

補償回路整流器の出力を、点A、Bで一次トラックを供給するインバーターの直流バスと電氣的に結合することができる。主整流器の出力での直流コンデンサが大きい場合には、この直流バス電圧は、名目上一定であり、その結果図6の整流器への入力で最大同調交流電圧を固定する。そのため、回路の最大動作Qも固定される。したがって、動作中、トラックからのVAR制御器によって取り出される電力は、当然電源の直流バスコンデンサに流れ込むが、インバーターブリッジ損失は、要求されたさらなる電力のためわずかに増加する。その結果、VAR制御器の交流スイッチは、それらの全制御範囲の0~10%または0~5%の間でのみ(利用可能な制御の分解能に依存して)動作すべきであり、それによりこのようなさらなる損失を犠牲にしてVARの3~4倍を生成することができる。

【0120】

上記に代えて、あるいは上記に加えて、補償回路からの電力出力を、それと電氣的に結合される負荷を供給するために用いてもよい。

【0121】

用途

本発明の補償回路の用途は、一次電源および導体が並列同調二次システムに対して設計される場合に(またその逆でもよい)、使用されている直列同調二次システム(すなわち、電気車両のピックアップ)により一次トラックインダクタンスが変化しているようであるEVシステムを含むが、これに限定されない。その場合、(例えば、EV充電規格によって必要とされることもあるような)通信を介する二次システムの所与の知識または他の手段、「粗い」補償が、最初に、コンデンサを一次導体と直列に切り替えるか、動作前に一次をほぼ補償するために電源の周波数を調整することによって活性化されてもよい。

【0122】

他の例の用途は、収集負荷が、トラック上の1つの大きなVAR変動に類似しているように作動するマテリアル・ハンドリングシステム(多重二次結合システムを有する)、携帯電話またはラップトップコンピュータ等のコンシューマデバイスのための低電力充電システム、あるいは二次作動が脱同調VARsを生成する照明用途を含んでもよい。

【0123】

以上から、補償回路、IPT電源、IPTシステム、および/またはVAR制御方法が提供され、それにより容量性リアクタンスおよび/または誘導性リアクタンスを一次導体に選択的に反射させることができ、システムにおいてそれぞれ可変誘導性リアクタンスまたは容量性リアクタンス(またはVAR)を補償することができる。その結果、一次導体の交流電流の離調が最小化され、成分定格要求が低下されてもよい。

【0124】

文脈上明白に他に解釈すべき場合を除いて、説明全体にわたり、「備える」との用語等は、排他的なまたは網羅的な意味ではなく、包括的な意味で解釈される、すなわち「を含

10

20

30

40

50

むがこれに限定されるものではない」という意味で解釈されるべきである。

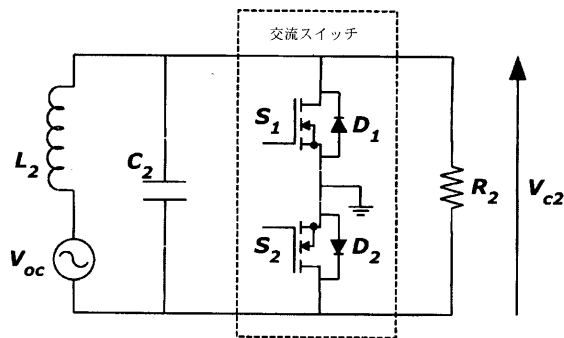
【0125】

本発明を一例によって、その可能な実施形態を参照して説明してきたが、本発明の要旨を逸脱することなく、その修正または改善が行われてもよいことを理解すべきである。本発明は、広範には、本出願の明細書において個別的にまたは全体的に言及または図示した構成要素、要素および特徴に、該構成要素、要素および特徴のうち2つ以上の任意のまたは全ての組み合わせにあると言ってもよい。さらに、公知の均等物を有する本発明の特定の構成要素または整数に言及してきたが、そのような均等物を、個々に記載したかのように本明細書に組み込む。

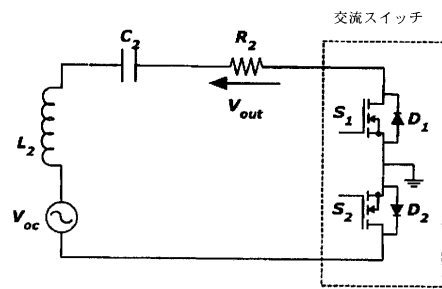
【0126】

明細書全体にわたる先行技術の議論は、そのような先行技術が広く公知である、あるいは当該分野において共通の一般知識の一部をなすということを承認するものと決して考えるべきではない。

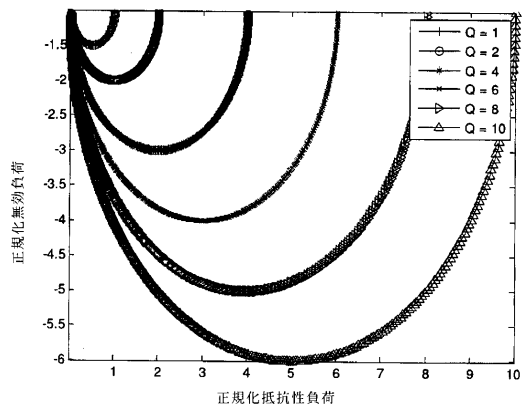
【図1-a】



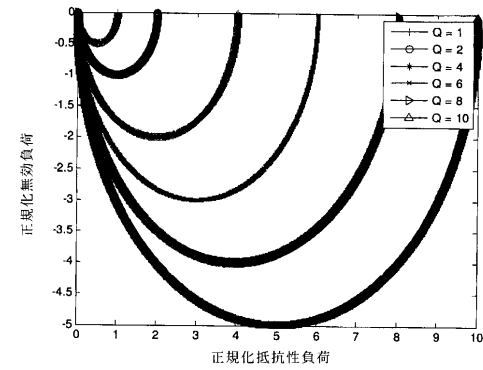
【図2-a】



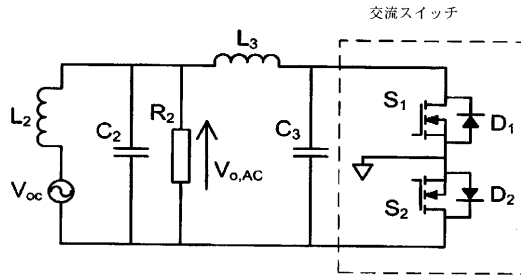
【図1-b】



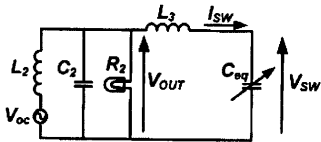
【図2-b】



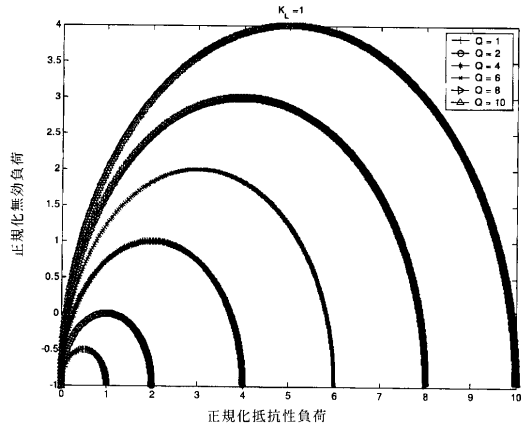
【図3 - a】



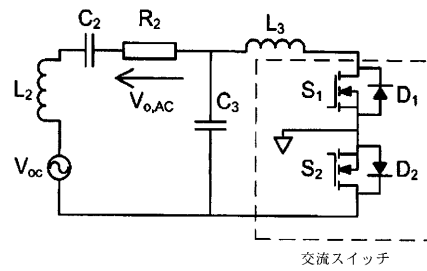
【図3 - b】



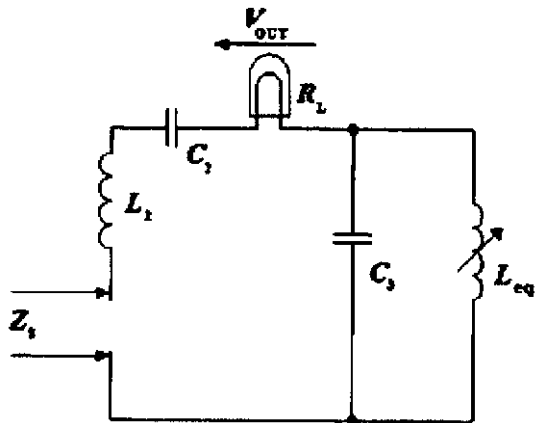
【図3 - c】



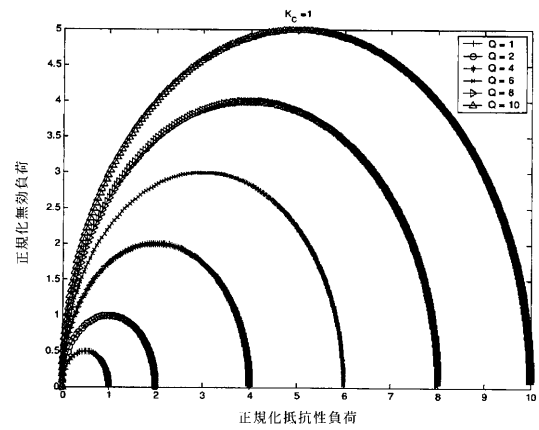
【図4 - a】



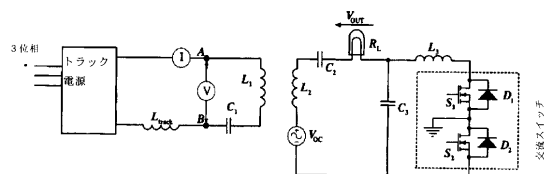
【図4 - b】



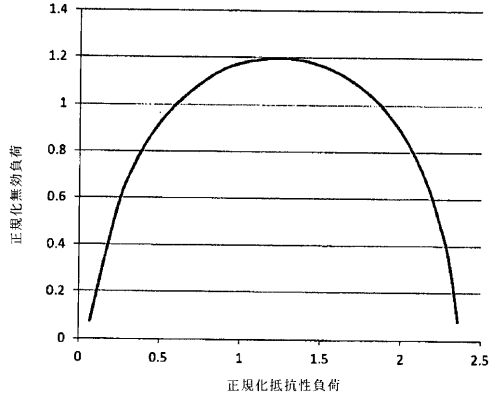
【図4 - c】



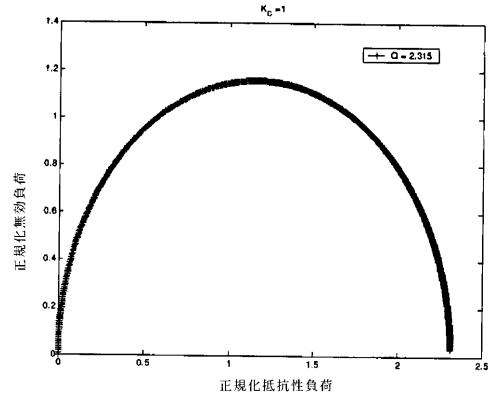
【図4 - d】



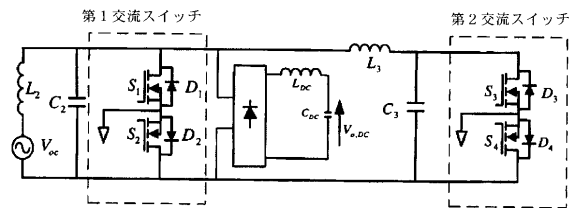
【図 5 - a】



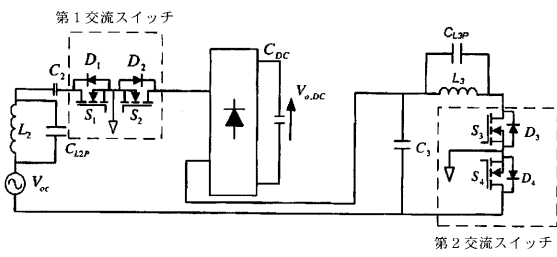
【図 5 - b】



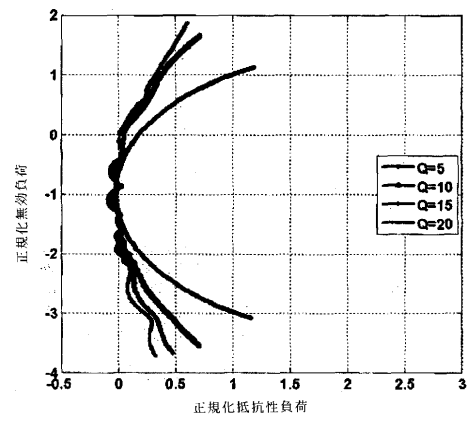
【図 6】



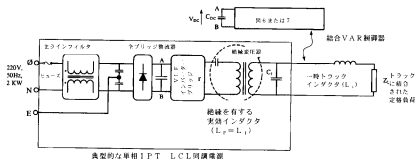
【図 7】



【図 9】



【図 8】



フロントページの続き

- (72)発明者 コビック, グラント アンソニー
ニュージーランド、1025 オークランド、サンドリンガム、ハイバーストック ロード 28
- (72)発明者 ボーイズ, ジョン タルボット
ニュージーランド、0632 オークランド、アルバニー、サマーフィールド レーン 5

審査官 永井 啓司

- (56)参考文献 特開2011-205761(JP, A)
米国特許第06515878(US, B1)
特開2009-201211(JP, A)
特開2000-184625(JP, A)
国際公開第2011/145953(WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02J50/00-50/90