

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6304152号
(P6304152)

(45) 発行日 平成30年4月4日(2018.4.4)

(24) 登録日 平成30年3月16日(2018.3.16)

(51) Int. Cl.

F I

HO2J	50/12	(2016.01)	HO2J	50/12	
HO2J	7/00	(2006.01)	HO2J	7/00	3O1D
B6OL	11/18	(2006.01)	B6OL	11/18	C
B6OM	7/00	(2006.01)	B6OM	7/00	X
HO2M	7/48	(2007.01)	HO2M	7/48	M

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2015-138461 (P2015-138461)
 (22) 出願日 平成27年7月10日(2015.7.10)
 (65) 公開番号 特開2017-22873 (P2017-22873A)
 (43) 公開日 平成29年1月26日(2017.1.26)
 審査請求日 平成29年6月23日(2017.6.23)

(73) 特許権者 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 110001195
 特許業務法人深見特許事務所
 (72) 発明者 三澤 崇弘
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 審査官 小池 堂夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非接触送電装置及び電力伝送システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

受電装置へ非接触で送電するように構成された送電部と、
 駆動周波数に応じた送電電力を前記送電部へ供給する電圧形のインバータと、
 前記インバータを制御する制御部とを備え、
 前記制御部は、
 前記インバータの出力電圧のデューティを調整することによって前記送電電力を目標電力に制御する第1の制御と、
 前記駆動周波数を調整することによって、前記出力電圧の立上り時における前記インバータの出力電流を示すターンオン電流を制御する第2の制御とを実行し、
 前記制御部は、前記第2の制御による前記駆動周波数の調整中に、前記インバータから前記送電部に供給される電流が所定の制限値を超過した場合には、前記第1の制御における前記目標電力を低下させる、非接触送電装置。

【請求項2】

前記制御部は、前記第2の制御による前記駆動周波数の調整中に前記電流が前記制限値を超過した場合には、前記制限値に対する前記電流の超過量に比例した補正量を前記目標電力から差引くことによって前記目標電力を低下させる、請求項1に記載の非接触送電装置。

【請求項3】

前記制御部は、前記超過量の積分値に比例した補正量を前記目標電力からさらに差引く

ことによって前記目標電力を低下させる、請求項 2 に記載の非接触送電装置。

【請求項 4】

送電装置と、

受電装置とを備え、

前記送電装置は、

受電装置へ非接触で送電するように構成された送電部と、

駆動周波数に応じた送電電力を前記送電部へ供給する電圧形のインバータと、

前記インバータを制御する制御部とを含み、

前記制御部は、

前記インバータの出力電圧のデューティを調整することによって前記送電電力を目標電力に制御する第 1 の制御と、

前記駆動周波数を調整することによって、前記出力電圧の立上り時における前記インバータの出力電流を示すターンオン電流を制御する第 2 の制御とを実行し、

前記制御部は、前記第 2 の制御による前記駆動周波数の調整中に、前記インバータから前記送電部に供給される電流が所定の制限値を超過した場合には、前記第 1 の制御における前記目標電力を低下させる、電力伝送システム。

【請求項 5】

前記制御部は、前記第 2 の制御による前記駆動周波数の調整中に前記電流が前記制限値を超過した場合には、前記制限値に対する前記電流の超過量に比例した補正量を前記目標電力から差引くことによって前記目標電力を低下させる、請求項 4 に記載の電力伝送システム。

【請求項 6】

前記制御部は、前記超過量の積分値に比例した補正量を前記目標電力からさらに差引くことによって前記目標電力を低下させる、請求項 5 に記載の電力伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、非接触送電装置及び電力伝送システムに関し、特に、受電装置へ非接触で送電する非接触送電装置における電力制御技術に関する。

【背景技術】

【0002】

特開 2014 - 207795 号公報（特許文献 1）は、給電装置（送電装置）から車両（受電装置）へ非接触で給電する非接触給電システムを開示する。この非接触給電システムでは、給電装置は、送電コイルと、インバータと、制御部とを備える。送電コイルは、車両に搭載された受電コイルへ非接触で送電する。インバータは、駆動周波数に応じた交流電流を生成して送電コイルへ出力する。制御部は、バッテリーへの充電電力指令とバッテリーへの出力電力とを車両側から取得し、出力電力が充電電力指令に追従するようにインバータの駆動周波数をフィードバック制御する（特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2014 - 207795 号公報

【特許文献 2】特開 2013 - 154815 号公報

【特許文献 3】特開 2013 - 146154 号公報

【特許文献 4】特開 2013 - 146148 号公報

【特許文献 5】特開 2013 - 110822 号公報

【特許文献 6】特開 2013 - 126327 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

10

20

30

40

50

インバータが、電圧形のインバータであり、駆動周波数に応じた送電電力を送電部へ供給する場合に、インバータ出力電圧のデューティ (duty) を調整することによって送電電力を制御することができる。また、インバータの駆動周波数を調整することによって、インバータ出力電圧の立上り時におけるインバータ出力電流を示すターンオン電流を制御することができる。

【0005】

なお、電圧形インバータにおいては、出力電圧の立上り時に出力電圧と同符号の出力電流 (正のターンオン電流) が流れると、インバータの還流ダイオードにリカバリー電流が流れることが知られている。リカバリー電流が流れると、還流ダイオードが発熱し、損失が増大する。そこで、インバータの駆動周波数を調整してターンオン電流を目標値 (たとえば0以下) に制御することにより、リカバリー電流の発生が抑えられる。

10

【0006】

しかしながら、インバータの駆動周波数を調整して所望のインバータ動作点を探索している過程で、インバータから送電部に供給される電流が所定の制限値 (定格電流等) を超過し、過電流が発生する可能性がある。このような過電流を抑制するとの課題及びその解決手段について、上記の特許文献1では特に検討されていない。

【0007】

それゆえに、この発明の目的は、受電装置へ非接触で送電する非接触送電装置において、インバータから送電部に供給される電流が過電流となるのを抑制することである。

【0008】

また、この発明の別の目的は、送電装置から受電装置へ非接触で送電する電力伝送システムにおいて、送電装置のインバータから送電部に供給される電流が過電流となるのを抑制することである。

20

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明によれば、非接触送電装置は、送電部と、電圧形のインバータと、インバータを制御する制御部とを備える。送電部は、受電装置へ非接触で送電するように構成される。インバータは、駆動周波数に応じた送電電力を送電部へ供給する。制御部は、第1の制御と、第2の制御とを実行する。第1の制御は、インバータの出力電圧のデューティ (duty) を調整することによって送電電力を目標電力に制御するものである (送電電力制御)。第2の制御は、インバータの駆動周波数を調整することによって、出力電圧の立上り時におけるインバータの出力電流を示すターンオン電流を目標値に制御するものである (ターンオン電流制御)。なお、ターンオン電流の目標値は、たとえば、インバータの還流ダイオードにリカバリー電流が生じない範囲に設定される。そして、制御部は、第2の制御による駆動周波数の調整中に、インバータから送電部に供給される電流 (以下「送電電流」とも称する。) が所定の制限値を超過した場合には、第1の制御における目標電力を低下させる。

30

【0010】

また、この発明によれば、電力伝送システムは、送電装置と、受電装置とを備える。送電装置は、送電部と、電圧形のインバータと、インバータを制御する制御部とを含む。送電部は、受電装置へ非接触で送電するように構成される。インバータは、駆動周波数に応じた送電電力を送電部へ供給する。制御部は、第1の制御 (送電電力制御) と、第2の制御 (ターンオン電流制御) とを実行する。そして、制御部は、第2の制御による駆動周波数の調整中に送電電流が所定の制限値を超過した場合には、第1の制御における目標電力を低下させる。

40

【0011】

上記の各発明においては、インバータの駆動周波数の調整中に送電電流が制限値を超過した場合に、目標電力を低下させることによって送電電流が抑制される。したがって、これらの発明によれば、送電電流が過電流となるのを抑制することができる。

【0012】

50

なお、インバータから送電部に供給される電流（送電電流）とは、送電部に流れる電流であってもよいし、インバータの出力電流であってもよい。また、送電電流が制限値を超過するとは、送電電流の実効値が制限値を超過するものとしてもよいし、送電電流の最大値（ピーク値）が制限値を超過するものとしてもよい。

【0013】

好ましくは、制御部は、第2の制御による駆動周波数の調整中に送電電流が制限値を超過した場合には、制限値に対する送電電流の超過量に比例した補正量を目標電力から差引くことによって目標電力を低下させる。

【0014】

このような構成とすることにより、簡易な構成で、制限値を超える過電流を迅速に抑制することができる。

【0015】

好ましくは、制御部は、超過量の積分値に比例した補正量を目標電力から差引くことによって目標電力を低下させる。

【0016】

このような構成とすることにより、送電電流が制限値を超えるような大きさになる場合に、送電電流が制限値に制御される。したがって、この発明によれば、過電流を確実に抑制し、かつ、目標電力の低下量を最小限に抑えることができる。

【発明の効果】

【0017】

この発明によれば、受電装置へ非接触で送電する非接触送電装置において、インバータから送電部に供給される電流が過電流となるのを抑制することができる。

【0018】

また、この発明によれば、送電装置から受電装置へ非接触で送電する電力伝送システムにおいて、送電装置のインバータから送電部に供給される電流が過電流となるのを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】この発明の実施の形態による非接触送電装置が適用される電力伝送システムの全体構成図である。

【図2】図1に示す送電部及び受電部の回路構成の一例を示した図である。

【図3】図1に示すインバータの回路構成を示した図である。

【図4】インバータのスイッチング波形と、出力電圧及び出力電流の波形とを示した図である。

【図5】電源ECUにより実行される送電電力制御及びターンオン電流制御の制御ブロック図である。

【図6】図5に示す目標電力補正部の制御ブロック図である。

【図7】送電電力及びターンオン電流の等高線の一例を示した図である。

【図8】電源ECUにより実行されるインバータの動作点探索処理を説明するためのフローチャートである。

【図9】目標電力補正部の他の構成を示す制御ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一又は相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

【0021】

図1は、この発明の実施の形態による非接触送電装置が適用される電力伝送システムの全体構成図である。図1を参照して、この電力伝送システムは、送電装置10と、受電装置20とを備える。受電装置20は、たとえば、送電装置10から供給され蓄えられた電力を用いて走行可能な車両等に搭載され得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

送電装置 1 0 は、力率改善 (P F C (Power Factor Correction)) 回路 2 1 0 と、インバータ 2 2 0 と、フィルタ回路 2 3 0 と、送電部 2 4 0 とを含む。また、送電装置 1 0 は、電源 E C U (Electronic Control Unit) 2 5 0 と、通信部 2 6 0 と、電圧センサ 2 7 0 と、電流センサ 2 7 2 , 2 7 4 とをさらに含む。

【 0 0 2 3 】

P F C 回路 2 1 0 は、交流電源 1 0 0 (たとえば系統電源) から受ける交流電力を整流及び昇圧してインバータ 2 2 0 へ供給するとともに、入力電流を正弦波に近づけることで力率を改善することができる。この P F C 回路 2 1 0 には、公知の種々の P F C 回路を採用し得る。なお、P F C 回路 2 1 0 に代えて、力率改善機能を有しない整流器を採用して

10

【 0 0 2 4 】

インバータ 2 2 0 は、P F C 回路 2 1 0 から受ける直流電力を、所定の伝送周波数を有する送電電力 (交流) に変換する。インバータ 2 2 0 によって生成された送電電力は、フィルタ回路 2 3 0 を通じて送電部 2 4 0 へ供給される。インバータ 2 2 0 は、電圧形インバータであり、インバータ 2 2 0 を構成する各スイッチング素子に逆並列に還流ダイオードが接続されている。インバータ 2 2 0 は、たとえば単相フルブリッジ回路によって構成される。

【 0 0 2 5 】

フィルタ回路 2 3 0 は、インバータ 2 2 0 と送電部 2 4 0 との間に設けられ、インバータ 2 2 0 から発生する高調波ノイズを抑制する。フィルタ回路 2 3 0 は、たとえば、インダクタ及びキャパシタを含む L C フィルタによって構成される。

20

【 0 0 2 6 】

送電部 2 4 0 は、伝送周波数を有する交流電力 (送電電力) をインバータ 2 2 0 からフィルタ回路 2 3 0 を通じて受け、送電部 2 4 0 の周囲に生成される電磁界を通じて、受電装置 2 0 の受電部 3 1 0 へ非接触で送電する。送電部 2 4 0 は、たとえば、受電部 3 1 0 へ非接触で送電するための共振回路を含む。共振回路は、コイルとキャパシタとによって構成され得るが、コイルのみで所望の共振状態が形成される場合には、キャパシタを設けなくてもよい。

【 0 0 2 7 】

電圧センサ 2 7 0 は、インバータ 2 2 0 の出力電圧を検出し、その検出値を電源 E C U 2 5 0 へ出力する。電流センサ 2 7 2 は、インバータ 2 2 0 の出力電流を検出し、その検出値を電源 E C U 2 5 0 へ出力する。電圧センサ 2 7 0 及び電流センサ 2 7 2 の検出値に基づいて、インバータ 2 2 0 から送電部 2 4 0 へ供給される送電電力 (すなわち、送電部 2 4 0 から受電装置 2 0 へ出力される電力) を検出することができる。電流センサ 2 7 4 は、送電部 2 4 0 に流れる電流を検出し、その検出値を電源 E C U 2 5 0 へ出力する。

30

【 0 0 2 8 】

なお、送電電力の検出には、電流センサ 2 7 2 に代えて電流センサ 2 7 4 を用いてもよいし、P F C 回路 2 1 0 とインバータ 2 2 0 との間の直流ラインにおいて電圧及び電流を検出することにより送電電力を算出してもよい。

40

【 0 0 2 9 】

電源 E C U 2 5 0 は、C P U (Central Processing Unit)、記憶装置、入出力バッファ等を含み (いずれも図示せず)、各種センサや機器からの信号を受けるとともに、送電装置 1 0 における各種機器の制御を行なう。一例として、電源 E C U 2 5 0 は、送電装置 1 0 から受電装置 2 0 への電力伝送の実行時に、インバータ 2 2 0 が送電電力 (交流) を生成するようにインバータ 2 2 0 のスイッチング制御を行なう。各種制御については、ソフトウェアによる処理に限られず、専用のハードウェア (電子回路) で処理することも可能である。

【 0 0 3 0 】

電源 E C U 2 5 0 により実行される主要な制御として、電源 E C U 2 5 0 は、送電装置

50

10 から受電装置 20 への電力伝送の実行時に、送電電力を目標電力に制御するためのフィードバック制御（以下「送電電力制御」とも称する。）を実行する。具体的には、電源 ECU250 は、インバータ 220 の出力電圧のデューティ（duty）を調整することによって、送電電力を目標電力に制御する。なお、出力電圧のデューティとは、出力電圧波形（矩形波）の周期に対する正（又は負）の電圧出力時間の比として定義される。インバータ 220 のスイッチング素子（オン/オフデューティ 0.5）の動作タイミングを変化させることによって、インバータ出力電圧のデューティを調整することができる。目標電力は、たとえば、受電装置 20 の受電状況に基づいて生成され得る。この実施の形態では、受電装置 20 において、受電電力の目標値と検出値との偏差に基づいて送電電力の目標電力が生成され、受電装置 20 から送電装置 10 へ送信される。

10

【0031】

また、電源 ECU250 は、上記の送電電力制御を実行するとともに、インバータ 220 におけるターンオン電流を目標値に制御するためのフィードバック制御（以下「ターンオン電流制御」とも称する。）を実行する。具体的には、電源 ECU250 は、インバータ 220 の駆動周波数（スイッチング周波数）を調整することによって、ターンオン電流を目標値に制御する。ターンオン電流とは、インバータ 220 の出力電圧の立上り時におけるインバータ 220 の出力電流の瞬時値である。ターンオン電流が正であると、インバータ 220 の還流ダイオードに逆方向のリカバリー電流が流れ、還流ダイオードにおいて発熱すなわち損失が発生する。そこで、ターンオン電流制御の上記目標値（ターンオン電流目標値）は、インバータ 220 の還流ダイオードにリカバリー電流が生じない範囲に設定され、基本的には 0 以下の所定値とされる（力率が良くなる「0」が理想的であるが、マージンをとって負値に設定してもよく、また、リカバリー電流による損失が問題とならない程度に小さい正值に設定してもよい。）。

20

【0032】

さらに、この実施の形態に従う送電装置 10 においては、インバータ 220 から送電部 240 に供給される電流が過電流とならないように、電源 ECU250 は、ターンオン電流制御によるインバータ駆動周波数の調整中に、インバータ 220 から送電部 240 に供給される電流が所定の制限値（たとえば定格電流）を超過した場合には、送電電力制御における目標電力を低下させる。この目標電力の調整を含めた送電電力制御及びターンオン電流制御については、後ほど詳しく説明する。

30

【0033】

なお、上記において、インバータ 220 から送電部 240 に供給される電流は、以下では、送電部 240 に流れる電流（電流センサ 274 によって検出される。）とするが、インバータ 220 の出力電流（電流センサ 272 によって検出される。）であってもよい。

【0034】

通信部 260 は、受電装置 20 の通信部 370 と無線通信するように構成され、受電装置 20 から送信される送電電力の目標値（目標電力）を受信するほか、送電の開始/停止や受電装置 20 の受電状況等の情報を受電装置 20 とやり取りする。

【0035】

一方、受電装置 20 は、受電部 310 と、フィルタ回路 320 と、整流部 330 と、リレー回路 340 と、蓄電装置 350 とを含む。また、受電装置 20 は、充電 ECU360 と、通信部 370 と、電圧センサ 380 と、電流センサ 382 とをさらに含む。

40

【0036】

受電部 310 は、送電装置 10 の送電部 240 から出力される電力（交流）を非接触で受電する。受電部 310 は、たとえば、送電部 240 から非接触で受電するための共振回路を含む。共振回路は、コイルとキャパシタとによって構成され得るが、コイルのみで所望の共振状態が形成される場合には、キャパシタを設けなくてもよい。受電部 310 は、受電した電力をフィルタ回路 320 を通じて整流部 330 へ出力する。

【0037】

フィルタ回路 320 は、受電部 310 と整流部 330 との間に設けられ、受電時に発生

50

する高調波ノイズを抑制する。フィルタ回路320は、たとえば、インダクタ及びキャパシタを含むLCフィルタによって構成される。整流部330は、受電部310によって受電された交流電力を整流して蓄電装置350へ出力する。

【0038】

蓄電装置350は、再充電可能な直流電源であり、たとえばリチウムイオン電池やニッケル水素電池などの二次電池によって構成される。蓄電装置350は、整流部330から出力される電力を蓄える。そして、蓄電装置350は、その蓄えられた電力を図示しない負荷駆動装置等へ供給する。なお、蓄電装置350として大容量のキャパシタも採用可能である。

【0039】

リレー回路340は、整流部330と蓄電装置350との間に設けられ、送電装置10による蓄電装置350の充電時にオンされる。なお、特に図示しないが、整流部330と蓄電装置350との間（たとえば、整流部330とリレー回路340との間）に、整流部330の出力電圧を調整するDC/DCコンバータを設けてもよい。

【0040】

電圧センサ380は、整流部330の出力電圧（受電電圧）を検出し、その検出値を充電ECU360へ出力する。電流センサ382は、整流部330からの出力電流（受電電流）を検出し、その検出値を充電ECU360へ出力する。電圧センサ380及び電流センサ382の検出値に基づいて、受電部310による受電電力（すなわち、蓄電装置350の充電電力）を検出することができる。なお、受電電力の検出については、受電部310とフィルタ回路320との間の電力線、又はフィルタ回路320と整流部330との間の電力線において、電圧及び電流を検出することにより受電電力を検出してもよい。

【0041】

充電ECU360は、CPU、記憶装置、入出力バッファ等を含み（いずれも図示せず）、各種センサや機器からの信号を受けるとともに、受電装置20における各種機器の制御を行なう。各種制御については、ソフトウェアによる処理に限られず、専用のハードウェア（電子回路）で処理することも可能である。

【0042】

充電ECU360により実行される主要な制御として、充電ECU360は、送電装置10からの受電中に、受電装置20における受電電力が所望の目標値となるように、送電装置10における送電電力の目標値（目標電力）を生成する。具体的には、充電ECU360は、受電電力の検出値と目標値との偏差に基づいて、送電装置10における送電電力の目標値を生成する。そして、充電ECU360は、生成された送電電力の目標値（目標電力）を通信部370によって送電装置10へ送信する。

【0043】

通信部370は、送電装置10の通信部260と無線通信するように構成され、充電ECU360において生成される送電電力の目標値（目標電力）を送電装置10へ送信するほか、電力伝送の開始/停止に関する情報を送電装置10とやり取りしたり、受電装置20の受電状況（受電電圧や受電電流、受電電力等）を送電装置10へ送信したりする。

【0044】

図2は、図1に示した送電部240及び受電部310の回路構成の一例を示した図である。図2を参照して、送電部240は、コイル242と、キャパシタ244とを含む。キャパシタ244は、送電電力の力率を補償するために設けられ、コイル242に直列に接続される。受電部310は、コイル312と、キャパシタ314とを含む。キャパシタ314は、受電電力の力率を補償するために設けられ、コイル312に直列に接続される。なお、このような回路構成は、SS方式（一次直列二次直列方式）とも称される。

【0045】

なお、特に図示しないが、送電部240及び受電部310の構成は、このようなSS方式のものに限定されない。たとえば、受電部310において、コイル312にキャパシタ314が並列接続されるSP方式（一次直列二次並列方式）や、さらに送電部240にお

10

20

30

40

50

いて、コイル 2 4 2 にキャパシタ 2 4 4 が並列接続される P P 方式（一次並列二次並列方式）等も採用され得る。

【 0 0 4 6 】

再び図 1 を参照して、この電力伝送システムにおいては、インバータ 2 2 0 からフィルタ回路 2 3 0 を通じて送電部 2 4 0 へ送電電力（交流）が供給される。送電部 2 4 0 及び受電部 3 1 0 の各々は、コイルとキャパシタとを含み、伝送周波数において共振するように設計されている。送電部 2 4 0 及び受電部 3 1 0 の共振強度を示す Q 値は、1 0 0 以上であることが好ましい。

【 0 0 4 7 】

送電装置 1 0 において、インバータ 2 2 0 から送電部 2 4 0 へ送電電力が供給されると、送電部 2 4 0 のコイルと受電部 3 1 0 のコイルとの間に形成される電磁界を通じて、送電部 2 4 0 から受電部 3 1 0 へエネルギー（電力）が移動する。受電部 3 1 0 へ移動したエネルギー（電力）は、フィルタ回路 3 2 0 及び整流部 3 3 0 を通じて蓄電装置 3 5 0 へ供給される。

10

【 0 0 4 8 】

図 3 は、図 1 に示したインバータ 2 2 0 の回路構成を示した図である。図 3 を参照して、インバータ 2 2 0 は、電圧型インバータであり、電力用半導体スイッチング素子（以下、単に「スイッチング素子」とも称する。） $Q_1 \sim Q_4$ と、還流ダイオード $D_1 \sim D_4$ とを含む。直流側の端子 T_1, T_2 には、PFC 回路 2 1 0（図 1）が接続され、交流側の端子 T_3, T_4 には、フィルタ回路 2 3 0 が接続される。

20

【 0 0 4 9 】

スイッチング素子 $Q_1 \sim Q_4$ は、たとえば、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）、バイポーラトランジスタ、MOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）、GTO（Gate Turn Off thyristor）等によって構成される。還流ダイオード $D_1 \sim D_4$ は、それぞれスイッチング素子 $Q_1 \sim Q_4$ に逆並列に接続される。

【 0 0 5 0 】

端子 T_1, T_2 間には、PFC 回路 2 1 0 から出力される直流電圧 V_1 が印加される。そして、スイッチング素子 $Q_1 \sim Q_4$ のスイッチング動作に伴なって、端子 T_3, T_4 間に出る出力電圧 V_o 及び出力電流 I_o が生じる（図中、矢印で示される方向を正值とする）。この図 3 では、一例として、スイッチング素子 Q_1, Q_4 が ON であり、スイッチング素子 Q_2, Q_3 が OFF である状態が示されており、この場合の出力電圧 V_o はほぼ電圧 V_1 （正值）となる。

30

【 0 0 5 1 】

図 4 は、インバータ 2 2 0 のスイッチング波形と、出力電圧 V_o 及び出力電流 I_o の波形とを示した図である。図 4 とともに図 3 を参照して、時刻 $t_4 \sim t_8$ の 1 周期を例に説明する。時刻 t_4 において、スイッチング素子 Q_2, Q_4 がそれぞれ OFF, ON の状態で、スイッチング素子 Q_1 が OFF から ON に切替わるとともにスイッチング素子 Q_3 が ON から OFF に切替わると（図 3 に示される状態）、インバータ 2 2 0 の出力電圧 V_o が 0 から V_1 （正值）に立上がる。

40

【 0 0 5 2 】

時刻 t_5 において、スイッチング素子 Q_1, Q_3 がそれぞれ ON, OFF の状態で、スイッチング素子 Q_2 が OFF から ON に切替わるとともにスイッチング素子 Q_4 が ON から OFF に切替わると、出力電圧 V_o は 0 となる。

【 0 0 5 3 】

時刻 t_6 において、スイッチング素子 Q_2, Q_4 がそれぞれ ON, OFF の状態で、スイッチング素子 Q_1 が ON から OFF に切替わるとともにスイッチング素子 Q_3 が OFF から ON に切替わると、出力電圧 V_o は $-V_1$ （負値）となる。

【 0 0 5 4 】

時刻 t_7 において、スイッチング素子 Q_1, Q_3 がそれぞれ OFF, ON の状態で、ス

50

スイッチング素子 Q 2 が ON から OFF に切替わるとともにスイッチング素子 Q 4 が OFF から ON に切替わると、出力電圧 V_o は再び 0 となる。

【 0 0 5 5 】

そして、時刻 t_4 から 1 周期後の時刻 t_8 において、スイッチング素子 Q 2 , Q 4 がそれぞれ OFF , ON の状態で、スイッチング素子 Q 1 が OFF から ON に切替わるとともにスイッチング素子 Q 3 が ON から OFF に切替わると、出力電圧 V_o が 0 から V_1 (正值) に立上がる (時刻 t_4 と同じ状態) 。

【 0 0 5 6 】

この図 4 では、出力電圧 V_o のデューティが 0 . 2 5 である場合が示されている。そして、スイッチング素子 Q 1 , Q 3 のスイッチングタイミングと、スイッチング素子 Q 2 , Q 4 のスイッチングタイミングとを变化させることによって、出力電圧 V_o のデューティを变化させることができる。たとえば、図 4 に示されるケースに対して、スイッチング素子 Q 2 , Q 4 のスイッチングタイミングを早めると、出力電圧 V_o のデューティを 0 . 2 5 よりも小さくすることができ (最小値は 0)、スイッチング素子 Q 2 , Q 4 のスイッチングタイミングを遅めると、出力電圧 V_o のデューティを 0 . 2 5 よりも大きくすることができる (最大値は 0 . 5) 。

【 0 0 5 7 】

この出力電圧 V_o のデューティを調整することによって、送電電力を变化させることができる。定性的には、デューティを大きくすることによって送電電力を増加させることができ、デューティを小さくすることによって送電電力を減少させることができる。そこで、この実施の形態では、電源 E C U 2 5 0 は、出力電圧 V_o のデューティを調整することによって、送電電力を目標電力に制御する送電電力制御を実行する。

【 0 0 5 8 】

また、出力電圧 V_o の立上り時 (時刻 t_4 や時刻 t_8) における出力電流 I_o の瞬時値 I_t は、上述のターンオン電流に相当する。このターンオン電流 I_t の値は、PFC回路 2 1 0 からインバータ 2 2 0 に与えられる電圧 V_1 やインバータ 2 2 0 の駆動周波数 (スイッチング周波数) によって変化し、ここでは正のターンオン電流 I_t が流れる場合が示されている。

【 0 0 5 9 】

正のターンオン電流 I_t が流れると、スイッチング素子 Q 3 に逆並列に接続される還流ダイオード D 3 (図 3) に逆方向の電流すなわちリカバリ電流が流れる。還流ダイオード D 3 にリカバリ電流が流れると、還流ダイオード D 3 の発熱が大きくなり、インバータ 2 2 0 の損失が大きくなる。ターンオン電流 I_t が 0 以下であれば、還流ダイオード D 3 にリカバリ電流は流れず、インバータ 2 2 0 の損失は抑制される。

【 0 0 6 0 】

インバータ 2 2 0 の駆動周波数 (スイッチング周波数) が変化するとターンオン電流 I_t が変化するので、インバータ 2 2 0 の駆動周波数を調整することによって、ターンオン電流 I_t を制御し得る。そこで、この実施の形態では、電源 E C U 2 5 0 は、インバータ 2 2 0 の駆動周波数を調整することによって、ターンオン電流 I_t を目標値に制御するターンオン電流制御を実行する。そして、ターンオン電流 I_t の目標値は、インバータ 2 2 0 においてリカバリ電流が生じないように、基本的に 0 以下の値とされる。

【 0 0 6 1 】

再び図 1 を参照して、上述のように、この実施の形態では、インバータ 2 2 0 の出力電圧のデューティを調整することによって、インバータ 2 2 0 から送電部 2 4 0 へ供給される送電電力が目標電力に制御される (送電電力制御)。また、インバータ 2 2 0 においてリカバリ電流が生じないように、インバータ 2 2 0 の駆動周波数 (スイッチング周波数) を調整することによって、ターンオン電流が 0 以下の目標値に制御される (ターンオン電流制御) 。

【 0 0 6 2 】

ここで、インバータ 2 2 0 の駆動周波数を調整して所望のインバータ動作点を探索して

10

20

30

40

50

いる過程で、送電部 240 に流れる電流 I_s が所定の制限値（定格電流等）を超過し、送電部 240 に過電流が生じる可能性がある（なお、電流 I_s は交流であり、制限値との比較については、電流 I_s の実効値を用いてもよいし、電流 I_s の最大値（ピーク値）を用いてもよい。以下では、電流 I_s はその実効値を示すものとする。）。送電部 240 のコイル 242 と受電部 310 のコイル 312 との結合係数 k は、受電装置 20 の負荷を電流 I_s で除算した値に比例するので（受電装置 20 の負荷を V_R として、 $k = V_R / I_s$ ）、特に結合係数 k が小さい場合には、電流 I_s が大きくなり過電流が生じ得る。

【0063】

そこで、この実施の形態に従う送電装置 10 では、インバータ 220 の駆動周波数を調整して所望のインバータ動作点を探索している場合に、送電部 240 に流れる電流 I_s が制限値を超過したときは、送電電力制御における目標電力を低下させる。これにより、送電部 240 に流れる電流 I_s が抑制され、送電部 240 に過電流が生じるのを抑制することができる。以下、電源 ECU 250 により実行される送電電力制御及びターンオン電流制御の詳細について説明する。

10

【0064】

図 5 は、電源 ECU 250 により実行される送電電力制御及びターンオン電流制御の制御ブロック図である。図 5 を参照して、電源 ECU 250 は、目標電力補正部 450 と、演算部 410、430 と、コントローラ 420、440 とを含む。目標電力補正部 450、演算部 410、コントローラ 420 及び制御対象のインバータ 220 によって構成されるフィードバックループが、送電電力制御を構成する。一方、演算部 430、コントローラ 440 及びインバータ 220 によって構成されるフィードバックループが、ターンオン電流制御を構成する。

20

【0065】

目標電力補正部 450 は、送電電力の目標値を示す目標電力 P_{sr} と、送電部 240 に流れる電流 I_s の検出値とを受け取る。電流 I_s は、電流センサ 274（図 1）によって検出される。そして、電流 I_s が所定の制限値（たとえば電流 I_s の定格値）を超過すると、目標電力補正部 450 は、その超過量に応じて目標電力 P_{sr} を低下させ、低下補正後の目標電力 P_{sra} を演算部 410 へ出力する。

【0066】

図 6 は、図 5 に示した目標電力補正部 450 の詳細な制御ブロック図である。図 6 を参照して、目標電力補正部 450 は、演算部 452、458 と、フィルタ部 454 と、補正量算出部 456 とを含む。

30

【0067】

演算部 452 は、送電部 240 に流れる電流 I_s の制限値 I_{su} （たとえば定格値）から電流 I_s の検出値を減算し、その演算値をフィルタ部 454 へ出力する。フィルタ部 454 は、演算部 452 から受ける演算値について、負値についてはそのまま出力し、正值については 0 を出力する。すなわち、電流 I_s が制限値 I_{su} を超過しているとき、フィルタ部 454 は超過量を負値として出力し、電流 I_s が制限値 I_{su} よりも小さいときは、フィルタ部 454 の出力は 0 となる。

【0068】

補正量算出部 456 は、フィルタ部 454 の出力を受けて目標電力 P_{sr} の補正量を算出する。具体的には、補正量算出部 456 は、比例項 460 によって構成される。比例項 460 は、フィルタ部 454 の出力に所定の比例ゲイン K_P を乗算することによって、制限値 I_{su} に対する電流 I_s の超過量に比例した目標電力 P_{sr} の補正量（低下量）を算出する。なお、この比例項 460 は、正のゲインを持っており、したがって、補正量算出部 456 の出力は、制限値 I_{su} に対する電流 I_s の超過量に比例した負値となる。

40

【0069】

演算部 458 は、補正量算出部 456 の出力を目標電力 P_{sr} に加算し、その演算結果を目標電力 P_{sra} として出力する。なお、補正量算出部 456 の出力は、制限値 I_{su} に対する電流 I_s の超過量に比例した負値であるので、目標電力 P_{sra} は、目標電力 P

50

s_r よりも、制限値 I_{su} に対する電流 I_s の超過量に比例した小さい値となる。

【0070】

再び図5を参照して、演算部410は、目標電力補正部450による補正後の目標電力 P_{sra} から送電電力 P_s の検出値を減算し、その演算値をコントローラ420へ出力する。なお、送電電力 P_s は、たとえば、電圧センサ270及び電流センサ272（図1）の検出値に基づいて算出され得るが、PFC回路210（図1）とインバータ220との間の直流ラインにおいて検出される電圧及び電流に基づいて算出されてもよい。

【0071】

コントローラ420は、目標電力 P_{sra} と送電電力 P_s との偏差に基づいて、インバータ220の出力電圧 V_o のデューティ指令値を生成する。コントローラ420は、たとえば、目標電力 P_{sra} と送電電力 P_s との偏差を入力とするPI制御（比例積分制御）等を実行することによって操作量を算出し、その算出された操作量をデューティ指令値とする。これにより、送電電力 P_s が目標電力 P_{sra} に近づくように出力電圧 V_o のデューティが調整され、送電電力 P_s が目標電力 P_{sra} に制御される。

10

【0072】

なお、この実施の形態では、受電装置20において、受電電力の目標値と検出値との偏差に基づいて目標電力 P_{sr} が生成されるものとしている。したがって、送電装置10において、制限値 I_{su} に対する電流 I_s の超過量に応じて目標電力を低下させることにより送電電力 P_s が低下すると、受電装置20において受電電力が低下し、その結果、受電装置20において生成される目標電力 P_{sr} が増加してしまう。そこで、この実施の形態では、制限値 I_{su} に対する電流 I_s の超過量に応じて目標電力を低下させているときは、たとえば、受電電力に基づいて生成される目標電力 P_{sr} の増加を許容しないこととしている。

20

【0073】

一方、ターンオン電流制御について、演算部430は、ターンオン電流の目標値 I_{tr} からターンオン電流 I_t の検出値を減算し、その演算値をコントローラ440へ出力する。なお、ターンオン電流の目標値 I_{tr} は、上述のように基本的に0以下の値とされる。また、ターンオン電流 I_t の検出値は、電圧センサ270（図1）により出力電圧 V_o の立上りが検知されたときの電流センサ272（図1）の検出値（瞬時値）である。

【0074】

コントローラ440は、ターンオン電流の目標値 I_{tr} とターンオン電流 I_t との偏差に基づいて、インバータ220の駆動周波数（スイッチング周波数）指令値を生成する。コントローラ440は、たとえば、ターンオン電流の目標値 I_{tr} とターンオン電流 I_t との偏差を入力とするPI制御等を実行することによって操作量を算出し、その算出された操作量を上記の周波数指令値とする。これにより、ターンオン電流 I_t が目標値 I_{tr} に近づくようにインバータ220の駆動周波数が調整され、ターンオン電流 I_t が目標値 I_{tr} に制御される。

30

【0075】

なお、インバータ220の出力電圧 V_o のデューティを調整する送電電力制御と、インバータ220の駆動周波数を調整するターンオン電流制御とは互いに干渉する。送電電力制御によって調整されるデューティによっては、ターンオン電流制御によってターンオン電流 I_t を目標値 I_{tr} に制御できない場合もあり得る。

40

【0076】

図7は、送電電力 P_s 及びターンオン電流 I_t の等高線の一例を示した図である。図7を参照して、横軸はインバータ220の駆動周波数（スイッチング周波数）を示し、縦軸はインバータ220の出力電圧 V_o のデューティを示す。

【0077】

線 $PL1$ 、 $PL2$ の各々は、送電電力 P_s の等高線を示す。線 $PL1$ によって示される送電電力は、線 $PL2$ によって示される送電電力よりも大きい。図から分かるように、ある送電電力を実現するデューティは、周波数依存性を示す。線 $IL1$ は、ターンオン電流

50

の等高線を示す。図示される線 $IL1$ は、ターンオン電流が 0 以下の所定値となる等高線であり（ここでは、一例としてターンオン電流が 0 となる等高線が示されている。）、デューティが増大し、かつ、周波数が低下するにつれて、ターンオン電流は小さくなる（負方向へ増大）。

【0078】

斜線で示される領域 S は、インバータ 220 においてリカバリー電流が生じる領域である。すなわち、領域 S に含まれるインバータ 220 の動作点では、ターンオン電流が 0 よりも大きくなり、インバータ 220 においてリカバリー電流が生じる。以下では、この領域 S を「禁止帯 S 」とも称する。なお、この実施の形態では、禁止帯 S の境界は、ターンオン電流が 0 のラインではなく、小さい正值のターンオン電流は許容するものとしている。

10

【0079】

動作点 $P0$ は、インバータ 220 の動作点の目標値である。すなわち、線 $PL1$ 、 $IL1$ がそれぞれ目標電力 Ps_r 及びターンオン電流目標値 I_{tr} を示す場合に、インバータ 220 は、線 $PL1$ 、 $IL1$ の交点である動作点 $P0$ に制御される。太線で示されるラインは、インバータ 220 の起動処理の実行時における動作点の推移を示したものである。禁止帯 S は、図示されるように、デューティが小さいときに拡大する傾向にある。そこで、インバータ 220 の起動時（デューティが 0 から増大する送電電力立上げ時）には、動作点が禁止帯 S を速やかに通過するように、デューティを調整する送電電力制御のゲインが大ききされる。これにより、動作点は、太線で示されるように推移する。

20

【0080】

目標電力 Ps_r を実現する線 $PL1$ に動作点が達すると、インバータ 220 の駆動周波数が調整されて動作点が目標の $P0$ まで推移する。基本的には、動作点は、目標電力 Ps_r を維持しつつ（線 $PL1$ を辿りつつ）目標の $P0$ まで推移する（点線 A ）。しかしながら、ここでは、インバータ 220 の駆動周波数の調整中に、送電部 240 に流れる電流 I_s が制限値（定格値）を超過したために、その超過量に応じて目標電力 Ps_r が下げられ、その結果、動作点は線 B のように推移している。これにより、送電部 240 に過電流が生じるのを抑制することができる。

【0081】

図 8 は、図 1 に示した電源 $ECU250$ により実行されるインバータ 220 の動作点探索処理を説明するためのフローチャートである。なお、このフローチャートに示される処理は、所定時間毎又は所定条件の成立時にメインルーチンから呼び出されて実行される。

30

【0082】

図 8 を参照して、電源 $ECU250$ は、送電装置 10 から受電装置 20 への送電の開始指示が有ったか否かを判定する（ステップ $S10$ ）。この送電開始指示は、送電装置 10 又は受電装置 20 において利用者による指示に基づくものであってもよいし、タイマー等による充電開始時刻の到来に伴ない発生させてもよい。送電開始指示が無いときは（ステップ $S10$ において NO ）、電源 $ECU250$ は、以降の一連の処理を実行することなくステップ $S80$ へ処理を移行する。

【0083】

40

ステップ $S10$ において送電開始指示が有ったものと判定されると（ステップ $S10$ において YES ）、電源 $ECU250$ は、送電電力 P_s の目標電力 Ps_r 及びターンオン電流 I_t の目標値 I_{tr} （初期値）を設定する（ステップ $S20$ ）。なお、目標電力 Ps_r は、上述のように受電装置 20 の受電状況に基づいて生成されるところ、送電が開始されていないこの時点では、予め定められた初期値に設定される。ターンオン電流目標値 I_{tr} の初期値には、たとえば 0 が設定される。

【0084】

目標電力 Ps_r 及びターンオン電流目標値 I_{tr} （初期値）が設定されると、電源 $ECU250$ は、送電電力制御及びターンオン電流制御を実行する（ステップ $S30$ ）。なお、送電電力制御の実行に伴ない送電装置 10 から受電装置 20 への送電が開始されると、

50

受電装置 20 の受電状況に応じて目標電力 P_{sr} が修正され、受電装置 20 において受電電力が目標値に近づくと、目標電力 P_{sr} も安定する。

【0085】

送電電力制御及びターンオン電流制御が実行されると、電源 ECU 250 は、送電部 240 に流れる電流 I_s の検出値を電流センサ 274 (図 1) から取得する (ステップ S40)。そして、電源 ECU 250 は、検出された電流 I_s が所定の制限値 (たとえば定格電流等) を超過しているか否かを判定する (ステップ S50)。上述のように、送電電力制御によって送電電力を目標電力に制御しつつ、インバータ 220 の駆動周波数を調整して所望のインバータ動作点 (ターンオン電流目標値) を探索している過程で、送電部 240 に流れる電流 I_s が制限値 (定格電流等) を超える場合がある。この過電流は、特に、送電部 240 のコイル 242 と受電部 310 のコイル 312 との結合係数 k が小さい場合に生じやすい。

10

【0086】

ステップ S50 において電流 I_s が制限値を超過していると判定されると (ステップ S50 において YES)、電源 ECU 250 は、送電電力制御の目標電力を所定量低下させる (ステップ S60)。具体的には、図 5 及び図 6 に示した目標電力補正部 450 において、制限値 I_{su} に対する電流 I_s の超過量に比例した量 (超過量に所定の比例ゲイン K_P を乗算した値) が目標電力の低下量として算出される。ステップ S50 において電流 I_s は制限値以下であると判定されたときは (ステップ S50 において NO)、ステップ S60 に示される処理は実行されずにステップ S70 へ処理が移行する。

20

【0087】

次いで、電源 ECU 250 は、インバータ 220 の動作点の探索が完了したか否かを判定する (ステップ S70)。基本的には、ステップ S20 において設定された目標電力及びターンオン電流目標値の初期値が動作点探索の目標動作点であるが、ステップ S60 において目標電力の低減が実施されているときは、低減された目標電力及びターンオン電流目標値が目標動作点となる。

【0088】

そして、インバータ 220 の動作点が所望の目標動作点に到達し、動作点の探索が完了したものと判定されると (ステップ S70 において YES)、ステップ S80 へ処理が移行する。一方、ステップ S70 において動作点の探索がまだ完了していないと判定されると (ステップ S70 において NO)、電源 ECU 250 は、ステップ S30 へ処理を戻し、送電電力制御及びターンオン電流制御が継続して実行される。

30

【0089】

以上のように、この実施の形態においては、インバータ 220 の駆動周波数の調整中に、送電部 240 に流れる電流 I_s (インバータ 220 の出力電流でもよい。) が制限値 I_{su} を超過した場合に、目標電力 P_{sr} を低下させることによって電流 I_s が抑制される。したがって、この実施の形態によれば、送電部 240 に過電流が生じるのを抑制することができる。

【0090】

また、この実施の形態によれば、制限値 I_{su} に対する電流 I_s の超過量に比例して目標電力 P_{sr} を低下させるので、簡易な構成で、制限値を超える過電流を迅速に抑制することができる。

40

【0091】

なお、上記の実施の形態では、目標電力補正部 450 の補正量算出部 456 (図 6) は、比例項 460 によって構成されるものとしたが、積分項をさらに含んでもよい。

【0092】

図 9 は、目標電力補正部 450 の他の構成を示す制御ブロック図である。なお、この図 9 は、図 6 に対応するものである。図 9 を参照して、目標電力補正部 450 の補正量算出部 456 は、比例項 460 に加えて、積分項 462 と、積分ゲイン項 464 と、演算部 466 とをさらに含んで構成される。積分項 462 は、フィルタ部 454 の出力の積分値を

50

出力する。積分ゲイン項 464 は、積分項 462 の出力に所定の積分ゲイン K_I を乗算して出力する。演算部 466 は、比例項 460 の出力に積分ゲイン項 464 の出力を加算することによって、目標電力 P_{sr} の補正量（低下量）を算出する。なお、積分ゲイン項 464 は、正のゲインを持っており、したがって、積分ゲイン項 464 の出力は、制限値 I_{su} に対する電流 I_s の超過量の積分値に比例した負値となる。

【0093】

演算部 458 は、補正量算出部 456 の出力を目標電力 P_{sr} に加算し、その演算結果を目標電力 P_{sra} として出力する。なお、補正量算出部 456 の演算部 466 の出力は、制限値 I_{su} に対する電流 I_s の超過量に比例した負値と、その超過量の積分値に比例した負値との和であるので、目標電力 P_{sra} は、超過量に比例した値と超過量の積分値に比例した値との合計分だけ目標電力 P_{sr} よりも小さい値となる。

10

【0094】

この構成によれば、目標電力補正部 450 が積分項を含むので、送電部 240 に流れる電流 I_s が制限値 I_{su} を超えるような大きさになる場合に、電流 I_s が制限値 I_{su} に制御される。したがって、電流 I_s が過電流になるのを確実に抑制し、かつ、目標電力 P_{sr} の低下量を最小限に抑えることができる。

【0095】

なお、目標電力補正部 450 の構成は、図 6 や図 9 に示される構成に限定されるものではなく、比例制御や比例積分制御以外の制御手法を用いて目標電力 P_{sr} の補正量を算出してもよい。

20

【0096】

なお、上記において、電源 ECU 250 は、この発明における「制御部」の一実施例に対応する。また、送電電力制御は、この発明における「第 1 の制御」に対応し、ターンオン電流制御は、この発明における「第 2 の制御」に対応する。

【0097】

今回開示された実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

30

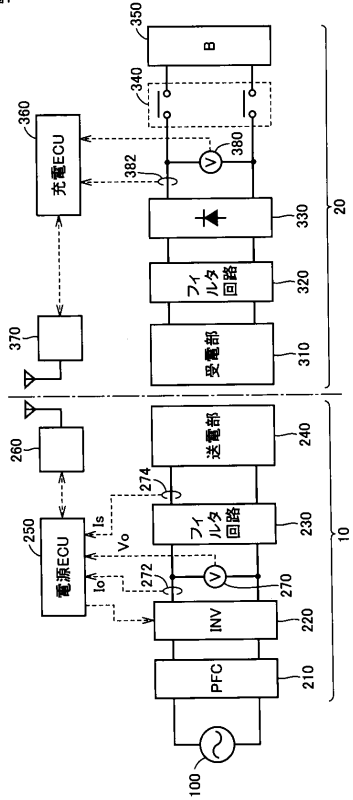
【0098】

10 送電装置、20 受電装置、100 交流電源、210 PFC 回路、220 インバータ、230, 320 フィルタ回路、240 送電部、242, 312 コイル、244, 314 キャパシタ、246, 316, 390 抵抗、250 電源 ECU、260, 370 通信部、270, 380 電圧センサ、272, 274, 382 電流センサ、310 受電部、330 整流部、340 リレー回路、350 蓄電装置、360 充電 ECU、410, 430, 452, 458, 466 演算部、420, 440 コントローラ、450 目標電力補正部、454 フィルタ部、456 補正量算出部、460 比例項、462 積分項、464 積分ゲイン項、Q1~Q4 スイッチング素子、D1~D4 還流ダイオード、T1~T4 端子。

40

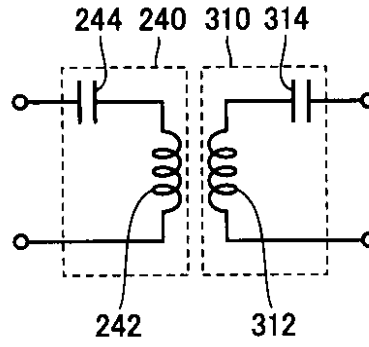
【図1】

図1



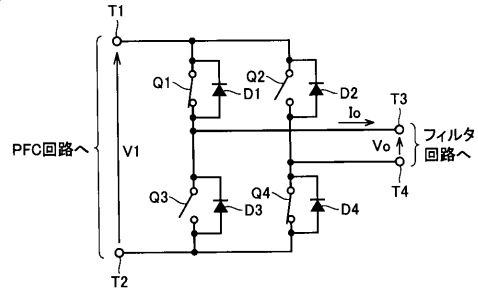
【図2】

図2



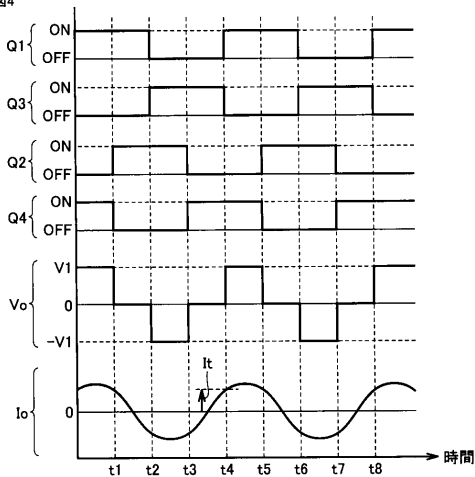
【図3】

図3



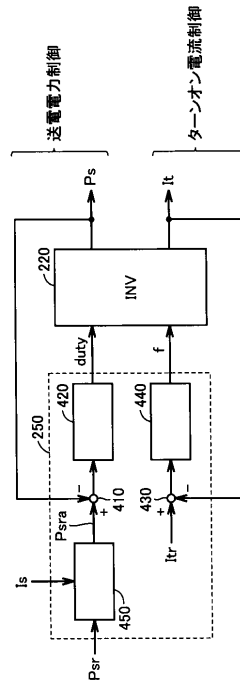
【図4】

図4



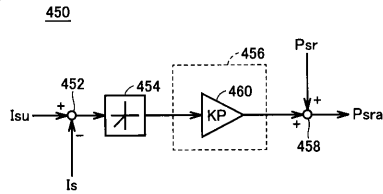
【図5】

図5



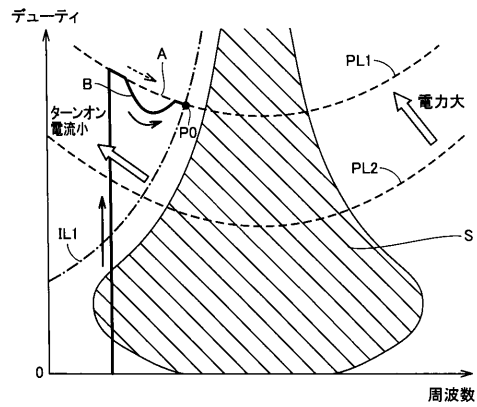
【図6】

図6



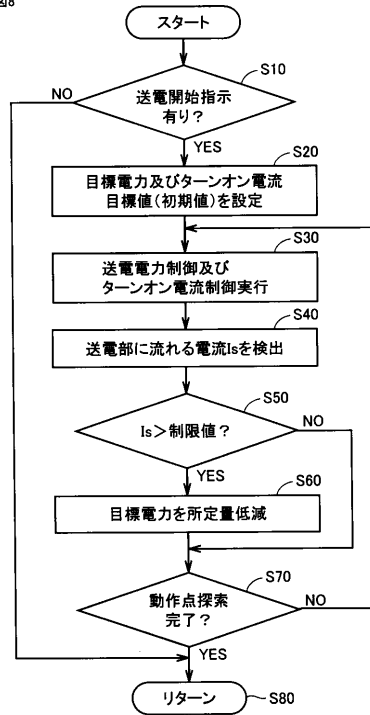
【図7】

図7



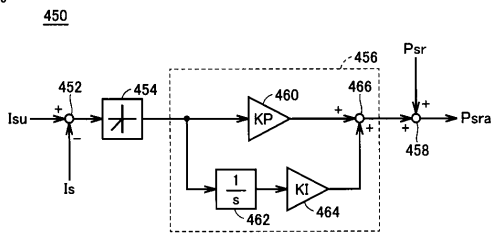
【図8】

図8



【図9】

図9



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-253964(JP,A)
国際公開第2013/111307(WO,A1)
特開2013-074685(JP,A)
特開2015-095915(JP,A)
特開2010-166693(JP,A)
特開2015-070703(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J 50/00 - 50/90
H02J 7/00
H02M 7/42 - 7/98
B60L 11/18
B60M 7/00