

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 7 部門第 4 区分
 【発行日】平成 18 年 4 月 27 日 (2006.4.27)

【公開番号】特開 2004-56992 (P2004-56992A)
 【公開日】平成 16 年 2 月 19 日 (2004.2.19)
 【年通号数】公開・登録公報 2004-007
 【出願番号】特願 2003-140950 (P2003-140950)
 【国際特許分類】

H 0 2 M 3/155 (2006.01)

H 0 2 M 7/21 (2006.01)

【F I】

H 0 2 M 3/155 H

H 0 2 M 7/21 A

【手続補正書】

【提出日】平成 18 年 2 月 28 日 (2006.2.28)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力直流電圧を供給する入力直流電源と、
 前記入力直流電圧が入力され所定のオン期間とオフ期間でスイッチング動作する主スイッチ回路と、
 前記主スイッチ回路のスイッチング動作により磁気エネルギーの蓄積と放出を繰り返すインダクタと、
 同期スイッチ回路を有し、前記主スイッチ回路または前記インダクタの電圧を整流平滑して出力直流電圧を負荷に供給する整流平滑回路と、
 前記出力直流電圧と基準電圧を比較して誤差信号を出力する誤差増幅回路と、
 前記誤差信号に基づいて前記主スイッチ回路及び前記同期スイッチ回路のオンオフ期間を調整し、前記主スイッチ回路を駆動制御するスイッチ制御回路と、
 前記負荷が軽負荷状態であることを検出する軽負荷検出回路と、
 出力電力の急減状態を検出する出力電力急減検出回路と、
 前記スイッチ制御回路の出力と前記軽負荷検出回路の出力と前記出力電力急減検出回路の出力とが入力される同期スイッチ駆動回路と、を具備する D C - D C コンバータであって、
 前記同期スイッチ駆動回路が、
 (1) 前記軽負荷検出回路が軽負荷状態であることを検出し、且つ前記出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出しないとき前記同期スイッチ回路をオフ状態とし、
 (2) 前記軽負荷検出回路が軽負荷状態であることを検出し、且つ前記出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出したとき前記スイッチ制御回路からの出力に応じて前記同期スイッチ回路をオンオフ動作状態とし、
 (3) 前記軽負荷検出回路が軽負荷状態を検出せず、且つ前記出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出しないとき前記スイッチ制御回路からの出力に応じて前記同期スイッチ回路をオンオフ動作状態とし、
 (4) 前記軽負荷検出回路が軽負荷状態を検出せず、且つ前記出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出したとき前記スイッチ制御回路からの出力に応じて前

記同期スイッチ回路をオンオフ動作状態とするDC-DCコンバータ。

【請求項2】

出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出した過渡応答時に、出力電力を低下させるように誤差信号を強制的に変更する第1の過渡応答動作回路を有する請求項1に記載のDC-DCコンバータ。

【請求項3】

スイッチ制御回路がオフセット信号を出力するオフセット信号源を有し、出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出した過渡応答時に、出力電力を低下させるように前記オフセット信号を強制的に変更する第2の過渡応答動作回路を有する請求項1又は2に記載のDC-DCコンバータ。

【請求項4】

入力直流電圧を供給する入力直流電源と、

前記入力直流電圧が入力され所定のオン期間とオフ期間でスイッチング動作する主スイッチ回路と、

前記主スイッチ回路のスイッチング動作により磁気エネルギーの蓄積と放出を繰り返すインダクタと、

同期スイッチ回路を有し、前記主スイッチ回路または前記インダクタの電圧を整流平滑して出力直流電圧を負荷に供給する整流平滑回路と、

前記出力直流電圧と基準電圧を比較して誤差信号を出力する誤差増幅回路と、

前記誤差信号に基づいて前記主スイッチ回路及び前記同期スイッチ回路のオンオフ期間を調整し、前記主スイッチ回路及び前記同期スイッチ回路を駆動する制御回路と、

出力電力の急減状態を検出する出力電力急減検出回路と、

前記出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出した過渡応答時に、前記出力電力を低下させるように前記誤差信号を強制的に変更する第1の過渡応答動作回路と、

を具備することを特徴とするDC-DCコンバータ。

【請求項5】

制御回路がオフセット信号を出力するオフセット信号源を有し、

出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出した過渡応答時に、前記出力電力を低下させるように前記オフセット信号を強制的に変更する第2の過渡応答動作回路をさらに具備する請求項4に記載のDC-DCコンバータ。

【請求項6】

入力直流電圧を供給する入力直流電源と、

前記入力直流電圧が入力され所定のオン期間とオフ期間でスイッチング動作する主スイッチ回路と、

前記主スイッチ回路のスイッチング動作により磁気エネルギーの蓄積と放出を繰り返すインダクタと、

前記主スイッチ回路または前記インダクタの電圧を整流平滑して出力直流電圧を負荷に供給する整流平滑回路と、

前記出力直流電圧と基準電圧を比較して誤差信号を出力する誤差増幅回路と、

前記誤差信号に基づいて前記主スイッチ回路のオンオフ期間を調整し、前記主スイッチ回路を駆動制御する制御回路と、

出力電力の急減状態を検出する出力電力急減検出回路と、

入力直流電圧と出力直流電圧を比較する入出力比較回路と、

DC-DCコンバータの入出力間に並列に接続された回生スイッチ回路を有し、前記出力直流電圧が前記入力直流電圧より高く、且つ前記出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出した過渡応答時に、前記回生スイッチ回路をオン状態とする高速応答回路と、

を具備することを特徴とするDC-DCコンバータ。

【請求項7】

出力電力急減検出回路が、出力直流電圧の制御目標となる出力目標電圧に対して所定の

電圧だけ高い出力上限電圧を設定するよう構成されており、前記出力上限電圧と前記出力直流電圧とを比較する比較回路を有して、前記比較回路の出力に基づき、前記出力直流電圧が前記出力上限電圧より高い期間を前記過渡応答時として検出するよう構成された請求項 1、4、5 又は 6 のいずれかに記載の DC - DC コンバータ。

【請求項 8】

DC - DC コンバータに接続された負荷から、出力電力の急減状態を示す信号が入力されるよう構成された請求項 1、4、5 又は 6 のいずれかに記載の DC - DC コンバータ。

【請求項 9】

入力直流電圧を供給する入力直流電源と、

前記入力直流電圧が入力され所定のオン期間とオフ期間でスイッチング動作する主スイッチ回路と、

前記主スイッチ回路のスイッチング動作により磁気エネルギーの蓄積と放出を繰り返すインダクタと、

同期スイッチ回路を有し、前記主スイッチ回路または前記インダクタの電圧を整流平滑して出力直流電圧を負荷に供給する整流平滑回路と、

前記出力直流電圧と基準電圧を比較して誤差信号を出力する誤差増幅回路と、

前記誤差信号に基づいて前記主スイッチ回路及び前記同期スイッチ回路のオンオフ期間を調整し、前記主スイッチ回路を駆動制御するスイッチ制御回路と、

前記負荷が軽負荷状態であることを検出する軽負荷検出回路と、

前記スイッチ制御回路の出力と、前記軽負荷検出回路の出力と、出力電力の急減状態か否かを示す信号が入力される同期スイッチ駆動回路と、を具備する DC - DC コンバータであって、

(1) 前記軽負荷検出回路が軽負荷状態であることを検出し、且つ前記出力電力が急減状態でないとき前記同期スイッチ回路をオフ状態とし、

(2) 前記軽負荷検出回路が軽負荷状態であることを検出し、且つ前記出力電力が急減状態であるとき前記スイッチ制御回路からの出力に応じて前記同期スイッチ回路をオンオフ動作状態とし、

(3) 前記軽負荷検出回路が軽負荷状態を検出せず、且つ前記出力電力が急減状態でないとき前記スイッチ制御回路からの出力に応じて前記同期スイッチ回路をオンオフ動作状態とし、

(4) 前記軽負荷検出回路が軽負荷状態を検出せず、且つ前記出力電力が急減状態であるとき前記スイッチ制御回路からの出力に応じて前記同期スイッチ回路をオンオフ動作状態とする DC - DC コンバータ。

【請求項 10】

入力直流電圧を供給する入力直流電源と、

前記入力直流電圧が入力され所定のオン期間とオフ期間でスイッチング動作する主スイッチ回路と、

前記主スイッチ回路のスイッチング動作により磁気エネルギーの蓄積と放出を繰り返すインダクタと、

同期スイッチ回路を有し、前記主スイッチ回路または前記インダクタの電圧を整流平滑して出力直流電圧を負荷に供給する整流平滑回路と、

前記出力直流電圧と基準電圧を比較して誤差信号を出力する誤差増幅回路と、

前記誤差信号に基づいて前記主スイッチ回路及び前記同期スイッチ回路のオンオフ期間を調整し、前記主スイッチ回路及び前記同期スイッチ回路を駆動する制御回路と、

出力電力を急減させることを示す信号が負荷側から入力された過渡応答時に、前記出力電力を低下させるように前記誤差信号を強制的に変更する第 1 の過渡応答動作回路と、

を具備することを特徴とする DC - DC コンバータ。

【請求項 11】

制御回路がオフセット信号を出力するオフセット信号源を有し、

出力電力を急減させることを示す信号が負荷側から入力された過渡応答時に、前記出力

電力を低下させるように前記オフセット信号を強制的に変更する第2の過渡応答動作回路をさらに具備する請求項10に記載のDC-DCコンバータ。

【請求項12】

入力直流電圧を供給する入力直流電源と、

前記入力直流電圧が入力され所定のオン期間とオフ期間でスイッチング動作する主スイッチ回路と、

前記主スイッチ回路のスイッチング動作により磁気エネルギーの蓄積と放出を繰り返すインダクタと、

前記主スイッチ回路または前記インダクタの電圧を整流平滑して出力直流電圧を負荷に供給する整流平滑回路と、

前記出力直流電圧と基準電圧を比較して誤差信号を出力する誤差増幅回路と、

前記誤差信号に基づいて前記主スイッチ回路のオンオフ期間を調整し、前記主スイッチ回路を駆動制御する制御回路と、

入力直流電圧と出力直流電圧を比較する入出力比較回路と、

DC-DCコンバータの入出力間に並列に接続された回生スイッチ回路を有し、前記出力直流電圧が前記入力直流電圧より高く、且つ出力電力を急減させることを示す信号が負荷側から入力された過渡応答時に、前記回生スイッチ回路をオン状態とする高速応答回路と、

を具備することを特徴とするDC-DCコンバータ。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために本発明のDC-DCコンバータは、入力直流電圧を供給する入力直流電源と、

前記入力直流電圧が入力され所定のオン期間とオフ期間でスイッチング動作する主スイッチ回路と、

前記主スイッチ回路のスイッチング動作により磁気エネルギーの蓄積と放出を繰り返すインダクタと、

同期スイッチ回路を有し、前記主スイッチ回路または前記インダクタの電圧を整流平滑して出力直流電圧を負荷に供給する整流平滑回路と、

前記出力直流電圧と基準電圧を比較して誤差信号を出力する誤差増幅回路と、

前記誤差信号に基づいて前記主スイッチ回路及び前記同期スイッチ回路のオンオフ期間を調整し、前記主スイッチ回路を駆動制御するスイッチ制御回路と、

前記負荷が軽負荷状態であることを検出する軽負荷検出回路と、

出力電力の急減状態を検出する出力電力急減検出回路と、

前記スイッチ制御回路の出力と前記軽負荷検出回路の出力と前記出力電力急減検出回路の出力とが入力される同期スイッチ駆動回路と、を具備するDC-DCコンバータであって、

前記同期スイッチ駆動回路が、

(1) 前記軽負荷検出回路が軽負荷状態であることを検出し、且つ前記出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出しないとき前記同期スイッチ回路をオフ状態とし、

(2) 前記軽負荷検出回路が軽負荷状態であることを検出し、且つ前記出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出したとき前記スイッチ制御回路からの出力に応じて前記同期スイッチ回路をオンオフ動作状態とし、

(3) 前記軽負荷検出回路が軽負荷状態を検出せず、且つ前記出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出しないとき前記スイッチ制御回路からの出力に応じて前記同期

スイッチ回路をオンオフ動作状態とし、

(4) 前記軽負荷検出回路が軽負荷状態を検出せず、且つ前記出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出したとき前記スイッチ制御回路からの出力に応じて前記同期スイッチ回路をオンオフ動作状態とする。上記のように構成されたDC-DCコンバータは、出力電力の急減状態を認識したとき電力回生動作を行うよう構成されており、何らかの条件変化によって出力直流電圧が出力目標電圧から離れても、負荷の状況に依らず、出力目標電圧へ到達する応答速度を大幅に向上させる。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

また、他の観点の発明によるDC-DCコンバータは、入力直流電圧を供給する入力直流電源と、

前記入力直流電圧が入力され所定のオン期間とオフ期間でスイッチング動作する主スイッチ回路と、

前記主スイッチ回路のスイッチング動作により磁気エネルギーの蓄積と放出を繰り返すインダクタと、

同期スイッチ回路を有し、前記主スイッチ回路または前記インダクタの電圧を整流平滑して出力直流電圧を負荷に供給する整流平滑回路と、

前記出力直流電圧と基準電圧を比較して誤差信号を出力する誤差増幅回路と、

前記誤差信号に基づいて前記主スイッチ回路及び前記同期スイッチ回路のオンオフ期間を調整し、前記主スイッチ回路及び前記同期スイッチ回路を駆動制御する制御回路と、

出力電力の急減状態を検出する出力電力急減検出回路と、

前記出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出した過渡応答時に、前記出力電力を低下させるように前記誤差信号を強制的に変更する第1の過渡応答動作回路と、を具備する。上記のように構成されたDC-DCコンバータは、何らかの条件変化によって出力直流電圧が出力目標電圧より高くなっても、負荷の状況に依らず、出力直流電圧が出力目標電圧に到達する応答速度を大幅に向上することができる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

さらに、上記のDC-DCコンバータにおいて、制御回路がオフセット信号を出力するオフセット信号源を有し、

出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出した過渡応答時に、前記出力電力を低下させるように前記オフセット信号を強制的に変更する第2の過渡応答動作回路をさらに具備するよう構成してもよい。上記のように構成されたDC-DCコンバータは、何らかの条件変化によって出力直流電圧が出力目標電圧より高くなっても、負荷の状況に依らず、出力直流電圧が出力目標電圧に到達する応答速度を大幅に向上することができる。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

また、他の観点の発明によるDC-DCコンバータは、入力直流電圧を供給する入力直

流電源と、

前記入力直流電圧が入力され所定のオン期間とオフ期間でスイッチング動作する主スイッチ回路と、

前記主スイッチ回路のスイッチング動作により磁気エネルギーの蓄積と放出を繰り返すインダクタと、

前記主スイッチ回路または前記インダクタの電圧を整流平滑して出力直流電圧を負荷に供給する整流平滑回路と、

前記出力直流電圧と基準電圧を比較して誤差信号を出力する誤差増幅回路と、

前記誤差信号に基づいて前記主スイッチ回路のオンオフ期間を調整し、前記主スイッチ回路を駆動制御する制御回路と、

出力電力の急減状態を検出する出力電力急減検出回路と、

入力直流電圧と出力直流電圧を比較する入出力比較回路と、

ＤＣ－ＤＣコンバータの入出力間に並列に接続された回生スイッチ回路を有し、前記出力直流電圧が前記入力直流電圧より高く、且つ前記出力電力急減検出回路が出力電力の急減状態を検出した過渡応答時に、前記回生スイッチ回路をオン状態とする高速応答回路と、を具備する。上記のように構成されたＤＣ－ＤＣコンバータは、何らかの条件変化によって出力直流電圧が出力目標電圧より高くなっても、負荷の状況に依らず、出力直流電圧が出力目標電圧に到達する応答速度を大幅に向上することができる。

【手続補正６】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】００１４

【補正方法】変更

【補正の内容】

【００１４】

さらに、他の観点の発明によるＤＣ－ＤＣコンバータは、入力直流電圧を供給する入力直流電源と、

前記入力直流電圧が入力され所定のオン期間とオフ期間でスイッチング動作する主スイッチ回路と、

前記主スイッチ回路のスイッチング動作により磁気エネルギーの蓄積と放出を繰り返すインダクタと、

同期スイッチ回路を有し、前記主スイッチ回路または前記インダクタの電圧を整流平滑して出力直流電圧を負荷に供給する整流平滑回路と、

前記出力直流電圧と基準電圧を比較して誤差信号を出力する誤差増幅回路と、

前記誤差信号に基づいて前記主スイッチ回路及び前記同期スイッチ回路のオンオフ期間を調整し、前記主スイッチ回路を駆動制御するスイッチ制御回路と、

前記負荷が軽負荷状態であることを検出する軽負荷検出回路と、

前記スイッチ制御回路の出力と、前記軽負荷検出回路の出力と、出力電力の急減状態か否かを示す信号が入力される同期スイッチ駆動回路と、を具備するＤＣ－ＤＣコンバータであって、

（１）前記軽負荷検出回路が軽負荷状態であることを検出し、且つ前記出力電力が急減状態でないとき前記同期スイッチ回路をオフ状態とし、

（２）前記軽負荷検出回路が軽負荷状態であることを検出し、且つ前記出力電力が急減状態であるとき前記スイッチ制御回路からの出力に応じて前記同期スイッチ回路をオンオフ動作状態とし、

（３）前記軽負荷検出回路が軽負荷状態を検出せず、且つ前記出力電力が急減状態でないとき前記スイッチ制御回路からの出力に応じて前記同期スイッチ回路をオンオフ動作状態とし、

（４）前記軽負荷検出回路が軽負荷状態を検出せず、且つ前記出力電力が急減状態であるとき前記スイッチ制御回路からの出力に応じて前記同期スイッチ回路をオンオフ動作状態とする。上記のように構成されたＤＣ－ＤＣコンバータは、出力電力の急減を知らせる

外部信号が入力されるよう構成されているため、外部信号が入力される期間中においては常に電力回生動作を行うよう構成することにより、応答時間を大幅に短縮することができる、且つ回路の簡素化を達成することができる。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0015】

また、他の観点の発明によるDC-DCコンバータは、入力直流電圧を供給する入力直流電源と、

前記入力直流電圧が入力され所定のオン期間とオフ期間でスイッチング動作する主スイッチ回路と、

前記主スイッチ回路のスイッチング動作により磁気エネルギーの蓄積と放出を繰り返すインダクタと、

同期スイッチ回路を有し、前記主スイッチ回路または前記インダクタの電圧を整流平滑して出力直流電圧を負荷に供給する整流平滑回路と、

前記出力直流電圧と基準電圧を比較して誤差信号出力する誤差増幅回路と、

前記誤差信号に基づいて前記主スイッチ回路及び前記同期スイッチ回路のオンオフ期間を調整し、前記主スイッチ回路及び前記同期スイッチ回路を駆動する制御回路と、

出力電力の急減状態を示す信号が負荷側から入力された過渡応答時に、前記出力電力を低下させるように前記誤差信号を強制的に変更する第1の過渡応答動作回路と、を具備する。上記のように構成されたDC-DCコンバータは、出力電力の急減を知らせる外部信号が入力されるよう構成されているため、外部信号が入力される期間中においては常に電力回生動作を行うよう構成することにより、応答時間を大幅に短縮することができ、且つ回路の簡素化を達成することができる。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

さらに、上記のDC-DCコンバータにおいて、制御回路がオフセット信号を出力するオフセット信号源を有し、

出力電力の急減状態を示す信号が負荷側から入力された過渡応答時に、前記出力電力を低下させるように前記オフセット信号を強制的に変更する第2の過渡応答動作回路をさらに具備するよう構成してもよい。上記のように構成されたDC-DCコンバータは、出力電力の急減を知らせる外部信号が入力されるよう構成されているため、外部信号が入力される期間中においては常に電力回生動作を行うよう構成することにより、応答時間を大幅に短縮することができ、且つ回路の簡素化を達成することができる。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

また、他の観点の発明によるDC-DCコンバータは、入力直流電圧を供給する入力直流電源と、

前記入力直流電圧が入力され所定のオン期間とオフ期間でスイッチング動作する主スイッチ回路と、

前記主スイッチ回路のスイッチング動作により磁気エネルギーの蓄積と放出を繰り返すインダクタと、

前記主スイッチ回路または前記インダクタの電圧を整流平滑して出力直流電圧を負荷に供給する整流平滑回路と、

前記出力直流電圧と基準電圧を比較して誤差信号を出力する誤差増幅回路と、

前記誤差信号に基づいて前記主スイッチ回路のオンオフ期間を調整し、前記主スイッチ回路を駆動制御する制御回路と、

入力直流電圧と出力直流電圧を比較する入出力比較回路と、

ＤＣ－ＤＣコンバータの入出力間に並列に接続された回生スイッチ回路を有し、前記出力直流電圧が前記入力直流電圧より高く、且つ出力電力の急減状態を示す信号が負荷側から入力された過渡応答時に、前記回生スイッチ回路をオン状態とする高速応答回路と、を具備する。上記のように構成されたＤＣ－ＤＣコンバータは、出力電力の急減を知らせる外部信号が入力されるよう構成されているため、外部信号が入力される期間中においては常に電力回生動作を行うよう構成することにより、応答時間を大幅に短縮することができる、且つ回路の簡素化を達成することができる。

発明の新規な特徴は添付の請求の範囲に特に記載したものに他ならないが、構成及び内容の双方に関して本発明は、他の目的や特徴と合わせて図面と共に以下の詳細な説明を読むことにより、より良く理解され評価されるであろう。

【手続補正１０】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】００９７

【補正方法】変更

【補正の内容】

【００９７】

また、本発明のＤＣ－ＤＣコンバータは、出力直流電圧の制御目標となる出力目標電圧に対して所定の電圧だけ高い出力上限電圧を設定し、出力上限電圧と出力直流電圧との比較結果を出力する出力電力急減検出のための比較回路を設け、出力直流電圧が出力上限電圧より高い場合、出力直流電圧を低下させるように誤差信号を強制的に変更して、電力回生動作によって回生される電力がより大きくなる過渡応答動作モードで動作するよう構成されている。このため、本発明のＤＣ－ＤＣコンバータは、応答時間を短縮することができるという優れた効果を奏する。

【手続補正１１】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】００９８

【補正方法】変更

【補正の内容】

【００９８】

さらに、本発明のＤＣ－ＤＣコンバータは、出力直流電圧の制御目標となる出力目標電圧に対して所定の電圧だけ高い出力上限電圧を設定し、出力上限電圧と出力直流電圧との比較結果を出力する出力電力急減検出比較回路を設け、出力直流電圧が出力上限電圧より高く、入力直流電圧より出力直流電圧の方が高い場合、出力直流電圧が低下するように誤差信号及びオフセット信号を強制的に変更している。このため、本発明のＤＣ－ＤＣコンバータは、電力回生動作によって回生される電力がより大きくなる過渡応答動作モードで動作するため、応答時間を短縮することができる。また、本発明においては、昇降圧可能なＤＣ－ＤＣコンバータを過渡応答動作モードで昇圧動作させることによって、スイッチング損失が減少して高効率となるという効果を奏する。