

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5198660号
(P5198660)

(45) 発行日 平成25年5月15日 (2013. 5. 15)

(24) 登録日 平成25年2月15日 (2013. 2. 15)

(51) Int. Cl.	F I
E O 2 F 9/20 (2006. 01)	E O 2 F 9/20 Z
H O 1 M 10/44 (2006. 01)	H O 1 M 10/44 P
H O 1 M 10/48 (2006. 01)	H O 1 M 10/48 P
H O 2 J 7/00 (2006. 01)	H O 2 J 7/00 A

請求項の数 12 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2011-518541 (P2011-518541)	(73) 特許権者	000002107
(86) (22) 出願日	平成22年6月8日 (2010. 6. 8)		住友重機械工業株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/059696		東京都品川区大崎二丁目1番1号
(87) 国際公開番号	W02010/143628	(74) 代理人	100070150
(87) 国際公開日	平成22年12月16日 (2010. 12. 16)		弁理士 伊東 忠彦
審査請求日	平成23年12月8日 (2011. 12. 8)	(72) 発明者	川島 宏治
(31) 優先権主張番号	特願2009-137970 (P2009-137970)		神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重
(32) 優先日	平成21年6月9日 (2009. 6. 9)		機械工業株式会社 横須賀製造所内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	杉山 祐太
			神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重
			機械工業株式会社 横須賀製造所内
		審査官	藤澤 和浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハイブリッド式ショベル及びその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

下部走行体と、
 該下部走行体の上で旋回動作を行なう上部旋回体と、
 該上部旋回体上に一端が回動自在に取り付けられたブームと、
 該ブームの他端に一端が回動自在に取り付けられたアームと、
 該アームの他端に回動自在に取り付けられた作業要素と
 を備えたハイブリッド式ショベルであって、
 前記上部旋回体に備えられ、駆動力を発生するエンジンと、
 前記上部旋回体に備えられ、前記エンジンの駆動力で回転するメインポンプと、
 前記上部旋回体に備えられ、前記エンジンへのアシスト動作と、前記エンジンから伝達
 された駆動力で発電動作とを行う電動発電機と、
 前記上部旋回体に備えられ、制御装置からの制御信号により、前記電動発電機のアシス
 ト動作と発電動作との切替を制御する電動発電機制御部と、
 前記上部旋回体に備えられ、蓄電可能な第1の蓄電器と、
 前記上部旋回体に備えられ、前記電動発電機制御部に電氣的に接続された蓄電可能な第
 2の蓄電器と、
 前記上部旋回体に備えられ、前記第1の蓄電器と前記第2の蓄電器との間を電氣的に接
 続し、外部からの制御信号により、前記第1の蓄電器と前記第2の蓄電器との間の充放電
 動作を制御する充放電制御部と、

10

20

前記上部旋回体に備えられ、前記第2の蓄電器に電氣的に接続され、少なくとも機械的エネルギーから電気エネルギーを発生させる回生動作が可能で、該回生動作により発生した電気エネルギーを前記第2の蓄電器に蓄電可能なモータとを有し、

前記制御装置は、前記上部旋回体に備えられ、前記電動発電機制御部と前記充放電制御部とのうち少なくとも一方に制御信号を供給するとともに、

前記制御装置は、前記第1の蓄電器及び前記第2の蓄電器の少なくとも一方の蓄電目標値を、前記モータが回生動作を行なう前に低減するハイブリッド式ショベル。

【請求項2】

請求項1記載のハイブリッド式ショベルであって、

前記制御装置は、前記モータが回生動作を行なう期間には、前記蓄電目標値を、該回生動作を行なう前に設定されていた値よりも高い値に設定するハイブリッド式ショベル。

10

【請求項3】

請求項1又は2記載のハイブリッド式ショベルであって、

前記制御装置は、前記電動発電機が電動動作を行なう期間には、前記蓄電目標値を、該電動動作が行なわれる前の値よりも低い値に設定するハイブリッド式ショベル。

【請求項4】

請求項1乃至3のうちいずれか一項記載のハイブリッド式ショベルであって、前記制御装置は、前記モータが力行動作を行う期間には、前記蓄電目標値を、該力行動作が行なわれる前の値より低い値に設定するハイブリッド式ショベル。

20

【請求項5】

請求項1乃至3のうちいずれか一項記載のハイブリッド式ショベルであって、

前記モータはブーム回生用モータであって、ブームの角度を検出する角度検出部を更に有し、

前記制御装置は、

該角度検出部が検出したブームの角度に基づいて推定回生エネルギーを演算する推定回生エネルギー演算部と、

該推定回生エネルギー演算部で演算した推定回生エネルギーに基づいて前記蓄電目標値を決定する蓄電目標値決定部と、

該蓄電目標値決定部にて決定した前記蓄電目標値が設定されるように、前記電動発電機制御部と前記充放電制御部のうち少なくとも一方を制御する蓄電目標値制御部と

30

を含むハイブリッド式ショベル。

【請求項6】

請求項5記載のハイブリッド式ショベルであって、

前記推定回生エネルギー演算部は、前記ブームの位置エネルギーに基づいて前記ブームの推定回生エネルギーを演算により求めるハイブリッド式ショベル。

【請求項7】

請求項1、2及び4のうちいずれか一項記載のハイブリッド式ショベルであって、

前記モータは旋回用モータであって、前記上部旋回体の旋回速度を検出する旋回速度検出部を更に有し、

前記制御装置は、

40

該旋回速度検出部が検出した旋回速度に基づいて推定回生エネルギーを演算する推定回生エネルギー演算部と、

該推定回生エネルギー演算部で演算した推定回生エネルギーに基づいて前記蓄電目標値を決定する蓄電目標値決定部と、

該蓄電目標値決定部にて決定した前記蓄電目標値が設定されるように、前記電動発電機制御部と前記充放電制御部のうち少なくとも一方を制御する蓄電目標値制御部と

を含むハイブリッド式ショベル。

【請求項8】

請求項7記載のハイブリッド式ショベルであって、

前記推定回生エネルギー演算部は、前記上部旋回体の運動エネルギーに基づいて前記上部旋

50

回体の推定回生エネルギーを演算により求めるハイブリッド式ショベル。

【請求項 9】

請求項 7 記載のハイブリッド式ショベルであって、
作業要素としてリフティングマグネットを更に有し、

前記推定回生エネルギー演算部は、該リフティングマグネットが吸着動作を行なっている間は、前記リフティングマグネットの推定回生エネルギーを一定に位置するハイブリッド式ショベル。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のうちいずれか一項記載のハイブリッド式ショベルであって、

前記制御装置は、前記モータが回生運転を行なうと推定される前の前記第 1 の蓄電器の充電比を 95% 以上となるように制御するハイブリッド式ショベル。

10

【請求項 11】

請求項 1 乃至 6 のうちいずれか一項記載のハイブリッド式ショベルであって、

前記制御装置は、前記モータが回生運転を行なうと推定される前の前記第 2 の蓄電器の電圧を前記第 1 の蓄電器の電圧より高い値に設定するハイブリッド式ショベル。

【請求項 12】

駆動力を発生するエンジンと、

該エンジンの駆動力で回転するメインポンプと、

前記エンジンへのアシスト動作と、前記エンジンから伝達された駆動力で発電動作とを行う電動発電機と、

20

制御装置からの制御信号により、前記電動発電機のアシスト動作と発電動作との切替を制御する電動発電機制御部と、

蓄電可能な第 1 の蓄電器と、

前記電動発電機制御部に電氣的に接続された蓄電可能な第 2 の蓄電器と、

前記第 1 の蓄電器と前記第 2 の蓄電器との間を電氣的に接続し、外部からの制御信号により、前記第 1 の蓄電器と前記第 2 の蓄電器との間の充放電動作を制御する充放電制御部と、

前記第 2 の蓄電器に電氣的に接続され、機械的エネルギーから電気エネルギーを発生させる回生動作が可能で、該回生動作により発生した電気エネルギーを前記第 2 の蓄電器に蓄電可能なモータと

30

を有するハイブリッド式ショベルの制御方法であって、

前記制御装置は、前記電動発電機制御部と前記充放電制御部とのうち少なくとも一方に制御信号を供給するとともに、

前記制御装置は、前記第 1 の蓄電器及び前記第 2 の蓄電器の少なくとも一方の蓄電目標値を、前記モータが回生動作を行なう前に低減するように制御するハイブリッド式ショベルの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はハイブリッド式ショベルに係り、特に、電気負荷により発生する回生電力を蓄電器に充電するハイブリッド式ショベルに関する。

40

【背景技術】

【0002】

一般的に、ハイブリッド式ショベルは、ブーム、アーム、及びバケット等の作業要素を搭載した上部旋回体を備え、上部旋回体を回転させながらブーム及びアームを駆動し、バケットを目的の作業位置まで移動する。

【0003】

上部旋回体を回転させるための旋回機構の動力源として電動モータを用い、電動モータで旋回機構を駆動して上部旋回体を加速し回転させるハイブリッド式ショベルが提案されている（例えば、特許文献 1 参照。）。上部旋回体を減速する際には、電動モータを発電

50

機として機能させて発電し、得られた回生電力は蓄電器に蓄積される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-218003号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ハイブリッド式ショベルにおいて、大きな回生電力が発生して蓄電器に供給されると過電圧となり、上限値を超えて蓄電器が過充電となってしまうおそれがある。蓄電器が過充電となると過電圧状態となり、蓄電器の劣化が促進される。このため、蓄電器の寿命が短くなってしまう。

10

【0006】

そこで、本発明は、蓄電器の蓄電目標値、若しくは、DCバスの蓄電目標値の少なくともいずれか一方を可変に制御することで、大きな回生電力が発生しても過充電を防止することができる技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明によれば、下部走行体と、該下部走行体の上で旋回動作を行なう上部旋回体と、該上部旋回体上に一端が回動自在に取り付けられたブームと、該ブームの他端に一端が回動自在に取り付けられたアームと、該アームの他端に回動自在に取り付けられた作業要素とを備えたハイブリッド式ショベルであって、該上部旋回体に備えられ、駆動力を発生するエンジンと、該上部旋回体に備えられ、該エンジンから伝達された駆動力で発電動作を行う電動発電機と、該上部旋回体に備えられ、外部からの制御信号により、該電動発電機の動作を制御する電動発電機制御部と、該上部旋回体に備えられ、蓄電可能な第1の蓄電器と、該上部旋回体に備えられ、該電動発電機制御部に電氣的に接続された蓄電可能な第2の蓄電器と、該上部旋回体に備えられ、該第1の蓄電器と該第2の蓄電器との間を電氣的に接続し、外部からの制御信号により、該第1の蓄電器と該第2の蓄電器との間の充放電動作を制御する充放電制御部と、該上部旋回体に備えられ、該第2の蓄電器に電氣的に接続され、少なくとも機械的エネルギーから電気エネルギーを発生させる回生動作が可能で、該回生動作により発生した電気エネルギーを該第2の蓄電器に蓄電可能なモータと、該上部旋回体に備えられ、該電動発電機制御部と該充放電制御部とのうち少なくとも一方に制御信号を供給する制御装置とを有し、該制御装置は、該第1の蓄電器及び該第2の蓄電器の少なくとも一方の蓄電目標値を、該モータが回生動作を行なう前に低減するハイブリッド式ショベルが提供される。

20

30

【0008】

また、駆動力を発生するエンジンと、該エンジンから伝達された駆動力で発電動作を行う電動発電機と、外部からの制御信号により、該電動発電機の動作を制御する電動発電機制御部と、蓄電可能な第1の蓄電器と、該電動発電機制御部に電氣的に接続された蓄電可能な第2の蓄電器と、該第1の蓄電器と該第2の蓄電器との間を電氣的に接続し、外部からの制御信号により、該第1の蓄電器と該第2の蓄電器との間の充放電動作を制御する充放電制御部と、該第2の蓄電器に電氣的に接続され、機械的エネルギーから電気エネルギーを発生させる回生動作が可能で、該回生動作により発生した電気エネルギーを該第2の蓄電器に蓄電可能なモータと、該電動発電機制御部と該充放電制御部とのうち少なくとも一方に制御信号を供給する制御装置とを有するハイブリッド式ショベルの制御方法であって、該第1の蓄電器及び該第2の蓄電器の少なくとも一方の蓄電目標値を、該モータが回生動作を行なう前に低減するように制御するハイブリッド式ショベルの制御方法が提供される。

40

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、回生電力が生じると推定される場合には蓄電器の蓄電目標値を下げて

50

おくことで、蓄電器の過充電を抑制することができる。すなわち、ハイブリッド式ショベルの運転状況に応じて蓄電器の蓄電目標値を変更することで、蓄電器が過充電となることを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】ハイブリッド式ショベルの側面図である。

【図2】第1実施形態によるハイブリッド式ショベルの駆動系の構成を示すブロック図である。

【図3】蓄電系の構成を示すブロック図である。

【図4】蓄電系の回路図である。

【図5】SOCの目標値を設定する処理のフローチャートである。

【図6】推定回生電力を算出する処理のフローチャートである。

【図7】推定ブーム回生電力を説明するための図である。

【図8】回生見込み目標値を算出する処理のフローチャートである。

【図9】掘削・積込み作業においてSOC目標値を設定する処理を説明するための図である。

【図10】シリーズ型のハイブリッド式ショベルの駆動系の構成を示すブロック図である。

【図11】第2実施形態によるハイブリッド式ショベルの駆動系の構成を示すブロック図である。

【図12】第2実施形態による蓄電系の等価回路図である。

【図13】(A)及び(B)は、それぞれ第2実施形態における第1の比較例、第1の実施例によるハイブリッド式ショベルの制御方法を示すタイミングチャートである。

【図14】(A)及び(B)は、それぞれ第2実施形態における第2の比較例、第2の実施例によるハイブリッド式ショベルの制御方法を示すタイミングチャートである。

【図15】全ての駆動部が油圧によって作動する構成のハイブリッド式ショベルの駆動系を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

図1は、本発明が適用されるハイブリッド式ショベルを示す側面図である。

【0012】

ハイブリッド式ショベルの下部走行体1には、旋回機構2を介して上部旋回体3が搭載されている。上部旋回体3には、ブーム4が取り付けられている。ブーム4の先端に、アーム5が取り付けられ、アーム5の先端にバケット6が取り付けられている。ブーム4、アーム5及びバケット6は、ブームシリンダ7、アームシリンダ8、及びバケットシリンダ9によりそれぞれ油圧駆動される。上部旋回体3には、キャビン10が設けられ、且つエンジン等の動力源が搭載される。

【0013】

図2は、本発明の第1実施形態によるハイブリッド式ショベルの駆動系の構成を示すブロック図である。図2において、機械的動力系は二重線、高圧油圧ラインは実線、パイロットラインは破線、電気駆動・制御系は実線でそれぞれ示されている。

【0014】

機械式駆動部としてのエンジン11と、アシスト駆動部としての電動発電機12は、変速機13の2つの入力軸にそれぞれ接続されている。変速機13の出力軸には、油圧ポンプとしてメインポンプ14及びパイロットポンプ15が接続されている。メインポンプ14には、高圧油圧ライン16を介してコントロールバルブ17が接続されている。

【0015】

コントロールバルブ17は、ハイブリッド式ショベルにおける油圧系の制御を行う制御装置である。下部走行体1用の油圧モータ1A（右用）及び1B（左用）、ブームシリンダ7、アームシリンダ8、及びバケットシリンダ9は、高圧油圧ラインを介してコントロ

10

20

30

40

50

ールバルブ 17 に接続される。

【0016】

電動発電機 12 には、インバータ 18 A を介して、蓄電器としてのキャパシタを含む蓄電系 120 が接続される。蓄電系 120 には、インバータ 20 を介して電動作業要素としての旋回用電動機 21 が接続されている。旋回用電動機 21 の回転軸 21 A には、レゾルバ 22、メカニカルブレーキ 23、及び旋回変速機 24 が接続される。また、パイロットポンプ 15 には、パイロットライン 25 を介して操作装置 26 が接続される。旋回用電動機 21 と、インバータ 20 と、レゾルバ 22 と、メカニカルブレーキ 23 と、旋回変速機 24 とで負荷駆動系が構成される。

【0017】

操作装置 26 は、レバー 26 A、レバー 26 B、ペダル 26 C を含む。レバー 26 A、レバー 26 B、及びペダル 26 C は、油圧ライン 27 及び 28 を介して、コントロールバルブ 17 及び圧力センサ 29 にそれぞれ接続される。圧力センサ 29 は、電気系の駆動制御を行うコントローラ 30 に接続されている。

【0018】

本実施形態では、ブーム回生電力を得るためのブーム回生用モータ 300（発電機 300 とも称する）がインバータ 18 C を介して蓄電系 120 に接続されている。発電機 300 は、ブームシリンダ 7 から吐出される作動油により駆動される油圧モータ 310 によって駆動される。発電機 300 は、ブーム 4 が重力に従って下げられるときにブームシリンダ 7 から吐出される作動油の圧力を利用して、ブーム 4 の位置エネルギーを電気エネルギーに変換する。なお、図 2 において、説明の便宜上、油圧モータ 310 と発電機 300 は離れた位置に示されているが、実際には、発電機 300 の回転軸は油圧モータ 310 の回転軸に機械的に接続されている。

【0019】

すなわち、油圧モータ 310 は、ブーム 4 が下げられるときにブームシリンダ 7 から吐出される作動油によって回転されるように構成されており、ブーム 4 が重力に従って下げられるときのエネルギーを回転力に変換するために設けられている。油圧モータ 310 は、コントロールバルブ 17 とブームシリンダ 7 の間の油圧配管 7 A に設けられており、上部旋回体 3 内の適当な場所に取り付けることができる。

【0020】

発電機 300 で発電された電力は、回生電力としてインバータ 18 C を経て蓄電系 120 に供給される。発電機 300 とインバータ 18 C とで負荷駆動系が構成される。

【0021】

なお、本実施形態では、ブーム 4 の角度を検出するためのブーム角度センサ 7 B がブーム 4 の支持軸に取り付けられている。ブーム角度センサ 7 B は、検出したブーム角度 θ B をコントローラ 30 に供給する。

【0022】

図 3 は蓄電系 120 の構成を示すブロック図である。蓄電系 120 は、蓄電器としてのキャパシタ 19 と、昇降圧コンバータと DC バス 110 とを含む。第 2 の蓄電器としての DC バス 110 は、第 1 の蓄電器としてのキャパシタ 19、電動発電機 12、及び旋回用電動機 21 の間での電力の授受を制御する。キャパシタ 19 には、キャパシタ電圧値を検出するためのキャパシタ電圧検出部 112 と、キャパシタ電流値を検出するためのキャパシタ電流検出部 113 が設けられている。キャパシタ電圧検出部 112 とキャパシタ電流検出部 113 によって検出されるキャパシタ電圧値とキャパシタ電流値は、コントローラ 30 に供給される。

【0023】

昇降圧コンバータ 100 は、電動発電機 12、発電機 300、及び旋回用電動機 21 の運転状態に応じて、DC バス電圧値を一定の範囲内に収まるように昇圧動作と降圧動作を切り替える制御を行う。DC バス 110 は、インバータ 18 A、18 C、及び 20 と昇降圧コンバータ 100 との間に配設されており、キャパシタ 19、電動発電機 12、発電

10

20

30

40

50

機 300、及び旋回用電動機 21 の間での電力の授受を行う。

【0024】

図 2 に戻り、コントローラ 30 は、ハイブリッド式ショベルの駆動制御を行う主制御部としての制御装置である。コントローラ 30 は、CPU (Central Processing Unit) 及び内部メモリを含む演算処理装置で構成され、CPU が内部メモリに格納された駆動制御用のプログラムを実行することにより実現される装置である。

【0025】

コントローラ 30 は、圧力センサ 29 から供給される信号を速度指令に変換し、旋回用電動機 21 の駆動制御を行う。圧力センサ 29 から供給される信号は、旋回機構 2 を旋回させるために操作装置 26 を操作した場合の操作量を表す信号に相当する。

10

【0026】

コントローラ 30 は、電動発電機 12 の運転制御（電動（アシスト）運転又は発電運転の切り替え）を行うとともに、昇降圧制御部としての昇降圧コンバータ 100 を駆動制御することによるキャパシタ 19 の充放電制御を行う。コントローラ 30 は、キャパシタ 19 の充電状態、電動発電機 12 の運転状態（電動（アシスト）運転又は発電運転）、及び旋回用電動機 21 の運転状態（力行運転又は回生運転）に基づいて、昇降圧コンバータ 100 の昇圧動作と降圧動作の切替制御を行い、これによりキャパシタ 19 の充放電制御を行う。

【0027】

この昇降圧コンバータ 100 の昇圧動作と降圧動作の切替制御は、DC バス電圧検出部 111 によって検出される DC バス電圧値、キャパシタ 電圧検出部 112 によって検出されるキャパシタ 電圧値、及びキャパシタ 電流検出部 113 によって検出されるキャパシタ 電流値に基づいて行われる。

20

【0028】

以上のような構成において、アシストモータである電動発電機 12 が発電した電力は、インバータ 18A を介して蓄電系 120 の DC バス 110 に供給され、昇降圧コンバータ 100 を介してキャパシタ 19 に供給される。旋回用電動機 21 が回生運転して生成した回生電力は、インバータ 20 を介して蓄電系 120 の DC バス 110 に供給され、昇降圧コンバータ 100 を介してキャパシタ 19 に供給される。また、ブーム回生用の発電機 300 が発電した電力は、インバータ 18C を介して蓄電系 120 の DC バス 110 に供給され、昇降圧コンバータ 100 を介してキャパシタ 19 に供給される。

30

【0029】

旋回用電動機 21 の回転速度（角速度 ω ）はレゾルバ 22 により検出される。また、ブーム 4 の角度（ブーム角度 θB ）はブーム 4 の支持軸に設けられたロータリエンコーダ等のブーム角度センサ 7B により検出される。コントローラ 30 は、旋回用電動機 21 の角速度 ω に基づいて推定旋回回生電力（エネルギー）を演算で求め、また、ブーム角度 θB に基づいて推定ブーム回生電力（エネルギー）を演算で求める。そして、コントローラ 30 は、演算で求めた推定旋回回生電力と推定ブーム回生電力とに基づいて、SOC の回生見込み目標値を演算により求める。コントローラ 30 は、キャパシタ 19 の SOC を、求めた回生見込み目標値に近づけるようにハイブリッド式ショベルの各部を制御する。

40

【0030】

図 4 は、蓄電系 120 の回路図である。昇降圧コンバータ 100 は、リアクトル 101、昇圧用 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 102A、降圧用 IGBT 102B、キャパシタ 19 を接続するための電源接続端子 104、インバータ 105 を接続するための出力端子 106、及び、一対の出力端子 106 に並列に挿入される平滑用のコンデンサ 107 を備える。昇降圧コンバータ 100 の出力端子 106 とインバータ 18A、18C、20 との間は、DC バス 110 によって接続される。

【0031】

リアクトル 101 の一端は昇圧用 IGBT 102A 及び降圧用 IGBT 102B の中間点に接続され、他端は電源接続端子 104 に接続される。リアクトル 101 は、昇圧用 I

50

G B T 1 0 2 A のオン／オフに伴って生じる誘導起電力を D C バス 1 1 0 に供給するために設けられている。

【 0 0 3 2 】

昇圧用 I G B T 1 0 2 A 及び降圧用 I G B T 1 0 2 B は、M O S F E T (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) をゲート部に組み込んだバイポーラトランジスタで構成され、大電力の高速スイッチングが可能な半導体素子である。昇圧用 I G B T 1 0 2 A 及び降圧用 I G B T 1 0 2 B は、コントローラ 3 0 により、ゲート端子に P W M 電圧が印加されることによって駆動される。昇圧用 I G B T 1 0 2 A 及び降圧用 I G B T 1 0 2 B には、整流素子であるダイオード 1 0 2 a 及び 1 0 2 b が並列接続される。

【 0 0 3 3 】

キャパシタ 1 9 は、昇降圧コンバータ 1 0 0 を介して D C バス 1 1 0 との間で電力の授受が行えるように、充放電可能な蓄電器であればよい。なお、図 4 には、蓄電器としてキャパシタ 1 9 を示すが、キャパシタ 1 9 の代わりに、リチウムイオン電池等の充放電可能な二次電池、リチウムイオンキャパシタ、又は、電力の授受が可能なその他の形態の電源を蓄電器として用いてもよい。

【 0 0 3 4 】

電源接続端子 1 0 4 及び出力端子 1 0 6 は、キャパシタ 1 9 及びインバータ 1 0 5 が接続可能な端子であればよい。一対の電源接続端子 1 0 4 の間には、キャパシタ 電圧を検出するキャパシタ 電圧検出部 1 1 2 が接続される。一対の出力端子 1 0 6 の間には、D C バス電圧を検出する D C バス電圧検出部 1 1 1 が接続される。

【 0 0 3 5 】

キャパシタ 電圧検出部 1 1 2 は、キャパシタ 1 9 の電圧値(vbat_det)を検出する。D C バス電圧検出部 1 1 1 は、D C バス 1 1 0 の電圧(以下、D C バス電圧:vdc_det)を検出する。平滑用のコンデンサ 1 0 7 は、出力端子 1 0 6 の正極端子と負極端子との間に挿入され、D C バス電圧を平滑化するための蓄電素子である。この平滑用のコンデンサ 1 0 7 によって、D C バス 1 1 0 の電圧は予め定められた電圧に維持されている。キャパシタ 電流検出部 1 1 3 は、キャパシタ 1 9 に流れる電流の値を検出する検出手段であり、電流検出用の抵抗器を含む。すなわち、キャパシタ 電流検出部 1 1 3 は、キャパシタ 1 9 に流れる電流値(ibat_det)を検出する。

【 0 0 3 6 】

昇降圧コンバータ 1 0 0 において、D C バス 1 1 0 を昇圧する際には、昇圧用 I G B T 1 0 2 A のゲート端子に P W M 電圧が印加され、降圧用 I G B T 1 0 2 B に並列に接続されたダイオード 1 0 2 b を介して、昇圧用 I G B T 1 0 2 A のオン／オフに伴ってリアクトル 1 0 1 に発生する誘導起電力が D C バス 1 1 0 に供給される。これにより、D C バス 1 1 0 が昇圧される。

【 0 0 3 7 】

D C バス 1 1 0 を降圧する際には、降圧用 I G B T 1 0 2 B のゲート端子に P W M 電圧が印加され、降圧用 I G B T 1 0 2 B、インバータ 1 0 5 を介して供給される回生電力が D C バス 1 1 0 からキャパシタ 1 9 に供給される。これにより、D C バス 1 1 0 に蓄積された電力がキャパシタ 1 9 に充電され、D C バス 1 1 0 が降圧される。

【 0 0 3 8 】

なお、実際には、コントローラ 3 0 と昇圧用 I G B T 1 0 2 A 及び降圧用 I G B T 1 0 2 B との間には、昇圧用 I G B T 1 0 2 A 及び降圧用 I G B T 1 0 2 B を駆動する P W M 信号を生成する駆動部が存在するが、図 4 では省略する。このような駆動部は、電子回路又は演算処理装置のいずれでも実現することができる。

【 0 0 3 9 】

上述のような構成のハイブリッド式ショベルにおいて、キャパシタ 1 9 の充電率 S O C を常に高い状態に維持することで、蓄電器からの電力で電気負荷をエネルギー効率の良い状態で駆動することができる。

【 0 0 4 0 】

従来のハイブリッド式ショベルでは、電気負荷等から大きな回生電力が発生して蓄電器に供給されても蓄電器が過充電とならないように、蓄電器の目標SOCを例えば80%と小さく設定していた。すなわち、不意の発電や回生により大きな電力が蓄電器に供給されても、それを吸収してもまだSOCが100%とはならないように、余裕をもって目標SOCを例えば70%に設定していた。これにより、蓄電器のSOCは常に70%以下となるように制御され、蓄電器の出力電圧はSOCが70%以下に対応する低い電圧であった。

【0041】

ここで、蓄電器の目標SOCを従来よりも高い値とすれば、蓄電器の出力電圧も高くなり、電気負荷を効率的に駆動することができる。すなわち、蓄電器の出力電圧を高くして従来よりも高い電圧で電気負荷を駆動することで、電気負荷を従来よりも効率的に駆動することができる。

10

【0042】

また、蓄電器を小型化して蓄電系にかかる費用を削減するために蓄電容量の小さな蓄電器を用いる場合、蓄電器の目標SOCを高く設定することで、なるべく多くの電力を蓄電器に保持することができる。例えば、蓄電器としてキャパシタを用いた場合には、小型のキャパシタを用いるとともに目標SOCを高く設定することで、従来の蓄電量を減少することなくキャパシタを小さくすることができる。

【0043】

ここで、ハイブリッド式ショベルの駆動システムにおける駆動部の通常時に運転状況や蓄電器の充電量及び充電率を考慮すると、蓄電器のSOCを90%以下としておけば、通常の使用において問題無いことがわかった。したがって、蓄電器の目標SOCを90%に設定することで、電気負荷を高電圧で効率的に駆動できるとともに、蓄電器を小型化してコストダウンすることができる。

20

【0044】

ただし、蓄電器の目標SOCを90%というように高い値に設定した場合、例えば、蓄電器のSOCが高くなっている状態で大きな回生電力が発生すると、過充電となるおそれがある。そこで、以下に説明する第1実施形態では、蓄電器（キャパシタ）の充電率（SOC）を可変制御している。すなわち、大きな回生電力が生じると予測される場合は、SOCを予め下げておくことで、回生電力を吸収してもSOCがシステムの上限值を超えないように制御する。

30

【0045】

次に、第1実施形態によるハイブリッド式ショベルにおけるキャパシタ 19の充電率（SOC）を制御する方法について説明する。

【0046】

第1実施形態では、上部旋回体3の減速時に旋回用電動機21が発電機として機能し、回生電力（旋回回生電力）を生成して蓄電系120に供給するものとする。加えて、ブーム4を下げるときにブームシリンダ7からの戻りの作動油を用いて発電機300を駆動して発電し、回生電力（ブーム回生電力）を蓄電系120に供給するものとする。

【0047】

本実施形態では、蓄電器としてのキャパシタ 19のSOCをなるべく高い領域で使用することで、蓄電量を常に大きくしてキャパシタ 19の放電電圧を高い状態に維持しておき、電力の不足を防止しながら、キャパシタ 19から高い電圧で放電してエネルギー効率を高めている。この際、大きな旋回回生電力やブーム回生電力が発生してキャパシタ 19に供給されると、SOCが高い状態でさらに大きな電力が充電されるため、キャパシタ 19が過充電状態となってしまう。

40

【0048】

そこで、本実施形態では、旋回回生電力やブーム回生電力が生成されることを予め予測しておき、そのような時にはキャパシタ 19のSOCを下げておくことで、キャパシタ 19が過充電状態となることを抑制する。すなわち、旋回回生電力及びブーム回生電力の

50

推定値を演算により求め、推定旋回回生電力（推定旋回回生エネルギー）と推定ブーム回生電力（ブーム回生エネルギー）に基づいてSOCの目標値を決定して変更する。通常はSOCの目標値はシステムの制御条件に基づいて一定の値に設定されているが、本実施形態では、SOCの目標値は、これから生成されると予測される推定回生電力（推定回生エネルギー）に基づいて随時変更されることとなる。

【0049】

図5はSOCの目標値を設定する処理のフローチャートである。まず、ステップS1において、推定回生電力QAを算出する。本実施形態では、推定回生電力QAは、推定旋回回生電力（推定旋回回転エネルギー）QSと推定ブーム回生電力（推定ブーム位置エネルギー）QBとを合算したものとなる。

10

【0050】

続いて、ステップS2において、推定回生電力QAがゼロより大きいかが判定される。すなわち、推定回生電力QAがあるか否かが判定される。推定回生電力QAがゼロである（すなわち、旋回、ブーム以外の走行、バケット、アームを駆動させる場合には、回生電力が発生しないと推定される）場合は、処理はステップS3に進む。ステップS3では、蓄電目標値としてのSOC目標値SOCtgをシステム制御上限値SOCculに設定し、今回の処理は終了される。システム制御上限値SOCculは、ハイブリッド式ショベルの制御により決まるSOCの上限値であり、SOCの検出値がシステム制御上限値SOCculを超えた場合には、キャパシタ19がオーバーフローしている判断される。

【0051】

20

一方、推定回生電力QAがゼロより大きい（すなわち、回生電力が発生すると推定される）場合は、処理はステップS4に進む。ステップS4では、算出した推定回生電力QAに基づいて、回生見込み目標値SOCetgを算出する。回生見込み目標値SOCetgは、推定回生電力QAがキャパシタ19に供給されても、キャパシタ19のSOCが上述のシステム制御上限値SOCculより大きくならないようなSOCの値であり、システム制御上限値SOCculより小さな値である。

【0052】

ステップS4にて回生見込み目標値SOCetgが算出されると、続いて処理はステップS5に進む。ステップS5では、蓄電目標値としてのSOC目標値SOCtgを回生見込み目標値SOCetgに設定し、今回の処理は終了される。回生見込み目標値SOCetgは推定回生電力QAの値に応じてより変化する値であり、SOC目標値SOCtgも推定回生電力QAの値に応じて変化することとなる。

30

【0053】

なお、上述のステップS3の処理及びステップS5の処理は、コントローラ30の蓄電目標値制御部で行なわれる。

【0054】

次に、上述のステップS1における推定回生電力QAの算出処理について説明する。推定回生電力QAの算出は、コントローラ30の推定回生エネルギー演算部により行なわれる。

図6は推定回生電力QAを算出する処理のフローチャートである。まず、ステップS11において、推定ブーム回生電力QBが算出される。推定ブーム回生電力QBは、ブーム4の位置エネルギーにより決まる。すなわち、推定ブーム回生電力QBは、ブーム4が上げられた位置における位置エネルギーが推定ブーム回生電力QBとなる。

40

【0055】

図7は推定ブーム回生電力QBを説明するための図である。ハイブリッド式ショベルのブーム4が上げられると、ブーム4、アーム5、バケット6の重量を持ち上げた分の位置エネルギーが蓄えられる。その後、ブーム4が下げられると、蓄えられた位置エネルギーが放出され（ブームシリンダ7の戻り作動油）、ブーム回生用の油圧モータ310が駆動される。これに伴い、ブーム回生用の発電機300が駆動されて発電が行なわれる。この発電により得られる電力がブーム回生電力となる。本実施形態では、ブーム回生電力が生成さ

50

れる前に、ブーム 4 が持ち上げられた位置（高さ）からブーム 4 が水平となる位置まで下げられたときに発生するブーム回生電力を、推定ブーム回生電力 Q_B として算出する。

【0056】

ブーム 4 の地面からの高さ H は、ブーム 4 の支持点からブーム 4 の先端までの距離 R_B に $\sin \theta_B$ を掛け、それに地面からブーム 4 の支持点までの距離（高さ） R_S を加えて算出することができる（ $H = R_B \times \sin \theta_B + R_S$ ）ここで、ブーム角度 θ_B は上述のブーム角度センサ 7 B で検出した値である。ブーム 4 が上げられてからブーム 4 が下げられる位置は、ブーム 4 が水平となる位置とは限らないが、ブーム 4 が水平となる位置まで下げられるという推定のもとで回生電力を求めておけば、ブーム 4 が持ち上げられた位置から得られる最大の回生電力に近い値となる。

10

【0057】

以上のように、推定ブーム回生電力 Q_B は、ブーム 4、アーム 5、バケット 6 の重量にバケット 6 に入る土砂の最大重量を加えた重量 m に、重力加速度 g を掛け、さらにブーム 4 の先端の地面からの高さ H を掛けて算出することができる。

【0058】

$$\begin{aligned} Q_B &= m \times g \times H \\ &= m \times g \times (R_B \times \sin \theta_B + R_S) \end{aligned}$$

以上のように、ステップ S 1 1 において推定ブーム回生電力 Q_B を算出したら、処理はステップ S 1 2 に進む。ステップ S 1 2 では、推定旋回回生電力 Q_S の算出が行なわれる。推定旋回回生電力 Q_S の算出は以下の式に基づいて算出することができる。

20

【0059】

$$Q_S = 1/2 \times M_i \times \omega^2$$

ここで、 M_i は上部旋回体 3 の慣性モーメントであり、ブーム 4 及びアーム 5 を伸ばした状態における最大値としておく。 ω は上部旋回体 3 の旋回運動の角速度である。角速度 ω はリゾルバ 2 2 が検出した旋回用電動機 2 1 の回転速度から求めることができる。

【0060】

ステップ S 1 2 において推定旋回回生電力 Q_S を算出したら、処理はステップ S 1 3 に進む。ステップ S 1 3 では、推定ブーム回生電力 Q_B と推定旋回回生電力 Q_S とを加算して推定回生電力を演算により求める（ $Q_A = Q_B + Q_S$ ）。

【0061】

30

次に、図 5 におけるステップ S 4 の処理について説明する。ステップ S 4 の処理は、回生見込み目標値 $SO C e t g$ を算出する処理である。回生見込み目標値 $SO C e t g$ は、コントローラ 3 0 の蓄電目標値決定部により行なわれる。図 8 は回生見込み目標値 $SO C e t g$ を算出する処理のフローチャートである。まず、ステップ S 4 1 において、キャパシタ 1 9 の充電率（ $SO C$ ）がシステム制御上限値 $SO C c t 1$ となったときの、キャパシタ 1 9 に蓄積されている電力である蓄電仕事量 Q_{max} を算出する。蓄電仕事量 Q_{max} は、システム制御上、キャパシタ 1 9 に蓄積できる最大電力に相当する。キャパシタを用いた場合、蓄電仕事量 Q_{max} は、以下の式を用いて算出することができる。

【0062】

$$\begin{aligned} Q_{max} &= 1/2 \times C \times V^2 \\ &= 1/2 \times C \times (360 \times \sqrt{SO C c t 1})^2 \end{aligned}$$

40

ここで、 C はキャパシタ 1 9 の静電容量である。

【0063】

次に、ステップ S 4 2 において、蓄電仕事量 Q_{max} から推定回生電力 Q_A を減算することで、キャパシタ 1 9 に蓄積しておくことのできる電力の目標値 Q を算出する（ $Q = Q_{max} - Q_A$ ）。

【0064】

そして、ステップ S 4 3 において、電力の目標値 Q から回生見込み目標値 $SO C e t g$ を求める。回生見込み目標値 $SO C e t g$ は以下の式により算出することができる。

【0065】

50

$$SOC_{etg} = 2 \times Q / (C \times 360^2)$$

以上のようにして回生見込み目標値 SOC_{etg} を算出したら、図 5 に示すステップ S5 において、SOC 目標値 SOC_{tg} を回生見込み目標値 SOC_{etg} に設定する。

【0066】

ここで、ハイブリッド式ショベルで行なう掘削・積込み作業における SOC 目標値の設定について説明する。図 9 は掘削・積込み作業において SOC 目標値 SOC_{tg} を設定する処理を説明するための図である。図 9 における時刻 0 ～ t_4 までの作業時においては、推定回生電力 Q_A が見込めるため、蓄電目標値としての SOC 目標値 SOC_{tg} に、回生見込み目標値 SOC_{etg} が設定される。

【0067】

掘削・積込み作業において、ブーム 4 の高さ H は図 9 (a) に示すように推移する。推定ブーム回生電力 Q_B は上述のようにブーム 4 の高さ H に比例するから ($Q_B = m \times g \times H$)、推定ブーム回生電力 Q_B は図 9 (b) に示すようにブーム 4 の高さ H と同じパターンとなる。ここで、ブーム 4 の高さ H がピークとなる時刻以降は、ブーム 4 が下げられるので、ブーム回生電力が発生することとなる。

【0068】

一方、掘削・積込み作業において、上部旋回体 3 の旋回速度は、旋回用電動機 21 の角速度 ω に比例し、掘削・積込み作業において図 9 (c) に示すように推移する。推定旋回回生電力 Q_S は、上述のように旋回用電動機 21 の角速度 ω の二乗に比例するから ($Q_S = 1/2 \times M_i \times \omega^2$)、推定旋回回生電力 Q_S は図 9 (d) に示すように推移する。ここで、旋回速度 ω がピークとなる時刻以降は、旋回速度が減速動作になるので、旋回回生電力が発生することとなる。なお、旋回速度のマイナス方向（負の値）は逆回転を意味するものであるため、推定旋回回生電力は旋回速度の絶対値で算出する。

【0069】

推定回生電力 Q_A は、推定ブーム回生電力 Q_B と推定旋回回生電力 Q_S との和であり、図 9 (e) に示すように、図 9 (b) と図 9 (d) を合成したパターンとなる。

【0070】

そして、回生見込み目標値 SOC_{etg} は、推定回生電力 Q_A がキャパシタ 19 に供給されて充電された場合に、システム制御上で許容されるキャパシタ 19 の最大充電率（システム制御上限値 SOC_{cul} ）となるような値に設定される。したがって、回生見込み目標値 SOC_{etg} は、システム制御上限値 SOC_{cul} から推定回生電力 Q_A を減算した値となり、推定回生電力 Q_A を反転してゼロをシステム制御上限値 SOC_{cul} に合わせたものとなり、図 9 (f) に示すようなパターンとなる。

【0071】

図 9 (f) において、時刻 $t = 0$ でのキャパシタ 19 の蓄電電圧値が、定格電圧に対して 100% とした場合について説明する。時刻 0 ～ t_{10} においては、ブーム 4 が上昇されるとともに、旋回動作が実行されている。このため、演算された推定回生電力の増加に応じて、SOC 目標値 SOC_{tg} （この場合、回生見込み目標値 SOC_{etg} ）が下げられる。回生見込み目標値 SOC_{etg} が下げられるため、システム制御上限値 SOC_{cul} まで蓄電（充電）されていた電力は、回生見込み目標値 SOC_{etg} の低下分だけ放電される。この際に放電される電力はブーム 4 の上昇や旋回の力行運転に使用することができる。

【0072】

図 9 (f) において、時刻 $t_1 \sim t_3$ においては、ブーム 4 が下がり旋回速度も低減するため、演算された推定回生電力も低下する。これに伴い、SOC 目標値 SOC_{tg} （この場合、回生見込み目標値 SOC_{etg} ）は上昇する。同時に、ブーム 4 が下げられるためブーム回生電力が発生するとともに、旋回電動機も制動運転（減速運転）されるため旋回回生電力も発生するが、これら回生電力は、回生見込み目標値 SOC_{etg} の上昇分だけキャパシタ 19 に充電することができる。

【0073】

10

20

30

40

50

同様に、時刻 $t_3 \sim t_{11}$ においては、回生見込み目標値 SOC_{etg} が低下し、回生見込み目標値 SOC_{etg} の低下分だけ放電が行なわれる。また、時刻 $t_{11} \sim t_4$ においては、回生見込み目標値 SOC_{etg} が上昇し、回生見込み目標値 SOC_{etg} の上昇分だけ充電が行なわれる。

【0074】

ここで、キャパシタ 19 の静電容量を C 、蓄電電圧（端子間電圧）を V とすると、キャパシタ 19 に蓄電される蓄電エネルギー E は、 $E = (1/2)CV^2$ で表わされる。したがって、蓄電電圧 V を高くすれば同じエネルギーを保持するためのキャパシタ 19 の容量を小さくできる。例えば、従来は、 SOC がシステム制御上限値を超えないようにするため、回生電力に十分に考慮して SOC 目標値を決定していた。すなわち、大きな回生電力が発生してもそれを吸収できるように、従来の SOC 目標値は、充電電圧（ V ）が定格電圧（ V_{max} ）に対して例えば 67%（ $=V/V_{max}$ ：充電比）となるように設定されていた。ここで、システム制御上限値において、充電電圧が定格電圧に対して 100%（ $=V/V_{max}$ ：充電比）となる SOC に設定される。

【0075】

ところで、 $E = (1/2)CV^2$ で表わされるようにキャパシタ 19 に蓄電される充電電圧値 V を $\sqrt{2}$ 倍にして高くすると、静電容量を $1/2$ にしても同一の蓄電エネルギー E を得ることができる。言い換えれば、充電電圧値 V を $\sqrt{2}$ 倍に高くすれば、キャパシタの静電容量を $1/2$ に低減することができる。

【0076】

具体的には、従来は充電電圧が定格電圧に対して 67% となる SOC を用いて制御を行っていたのに対し、 SOC を $\sqrt{2}$ 倍にした 95% とすることで、同じ蓄電エネルギーを維持した状態で、キャパシタ 19 の容量を $1/2$ とすることができる。すなわち、充電率 SOC を 95% とすることで、 SOC を 67% とした場合と同じ蓄電エネルギーを維持しながら、 $1/2$ の静電容量のキャパシタを用いることができる。ここで、充電比が 95% の場合には、 SOC は電圧 V の二乗の比で表されるため、 SOC は約 90% となる（ $SOC = (1/2)CV^2 / (1/2)CV_{max}^2$ ）。

【0077】

図 9（f）では、 SOC を 90%（充電比 95%）として説明したが、回生電力の見込みが無い状態において、設定される SOC （充電比）は高い方が静電容量を小さくできるので望ましい。

【0078】

本実施形態では、回生電力の見込みが無い状態において SOC は約 90%（充電比が 95%）以上で制御することができる。すなわち、従来よりもキャパシタ容量を半分にすることができる。したがって、本実施形態をハイブリッド式ショベルに適用することで、キャパシタ 19 の選択の自由度が大きくなる。また、 SOC の目標値を可変制御するため、回生電力が発生する見込みがある場合には、予め SOC の比率を低減しておくことができるため、過充電を防止することができる。

【0079】

なお、図 9（f）からわかるように、本実施形態において求められる回生見込み目標値 SOC_{etg} は、回生電力が発生しないと推定される際には（ $QA = 0$ ）従来の SOC 目標上限値よりも高いシステム制御上限値 SOC_{cul} に等しくなる。また、本実施形態において求められる回生見込み目標値 SOC_{etg} は、回生電力が発生すると推定される際には（ $QA > 0$ ）、システム制御上限値 SOC_{cul} から推定回生電力 QA がキャパシタ 19 に充電された場合に上昇する充電率をシステム制御上限値 SOC_{cul} から減算した値となる。これにより、キャパシタ 19 の充電率をシステム制御上限値 SOC_{cul} に近い値に維持しながら、回生電力がキャパシタ 19 に供給されてもキャパシタ 19 の充電率がシステム制御上限値 SOC_{cul} を超えることが無いように制御することができる。

【0080】

上述の実施形態では、推定回生電力 Q_A を推定ブーム回生電力 Q_B と推定旋回回生電力 Q_S とを合算した値としたが、必ずしも推定ブーム回生電力 Q_B と推定旋回回生電力 Q_S とを合算する必要はない。例えば、ブーム回生機能を有していないショベルであれば、推定旋回回生電力 Q_S のみを推定回生電力 Q_A として用いてもよい。あるいは、バケットの代わりにリフティングマグネットをアームの先端に取り付けたリフマグ式ショベルのように、旋回回生及びブーム回生以外の回生機能として、リフマグ回生機能を有する場合は、推定リフマグ回生電力 Q_L も合算した推定回生電力 Q_A を求めることとすればよい。リフティングマグネットからの回生電力は、リフティングマグネットをオフにしたときに流れる逆電流であり、ほぼ一定の電流値である。したがって、推定リフマグ回生電力 Q_L は、固定値として設定しておくことができる。また、時刻0から t_{10} においてキャパシタ19の電圧値が蓄電目標値よりも小さい場合には、キャパシタ19への充電が行なわれる。同様に、時刻 $t_3 \sim t_{11}$ においても、キャパシタ19の電圧値が蓄電目標値よりも小さい場合には、キャパシタ19への充電が行なわれる。

10

【0081】

さらに、回生見込みが無い場合において、蓄電目標値はシステム制御上限値と等しい値に設定している。しかしながら、回生の見込みが無い場合において、蓄電目標値は、システム上限値から数%余裕を持たせた値に設定してもよい。また、蓄電目標値は、予め定められた範囲で設定してもよい。

【0082】

上述の実施形態では、エンジン11と電動発電機12とを油圧ポンプであるメインポンプ14に接続してメインポンプを駆動する、いわゆるパラレル型のハイブリッド式ショベルに本発明を適用した例について説明した。本実施形態は、図10に示すようにエンジン11で電動発電機12を駆動し、電動発電機12が生成した電力を蓄電系120に蓄積してから蓄積した電力のみによりメインポンプ14を駆動する、いわゆるシリーズ型のハイブリッド式ショベルにも適用することもできる。この場合、電動発電機12は、本実施形態ではエンジン11によって駆動させることによる発電運転のみを行なう発電機としての機能を備えている。

20

【0083】

次に、本発明の第2実施形態について説明する。

【0084】

図11は、第2実施形態によるハイブリッド式ショベルの駆動系の構成を示すブロック図である。図11において、図2に示す構成部品と同等な部品には同じ符号を付し、その説明は省略する。

30

【0085】

図11に示す構成のハイブリッド式ショベルにおいて、エンジン11に加わる負荷が大きい場合には、電動発電機12が電気エネルギーを機械的エネルギーに変換してエンジン11をアシストするアシスト運転を行う。電動発電機12の機械的エネルギーが変速機13を介してメインポンプ14に伝達されることにより、エンジン11に加わる負荷が軽減される。一方、エンジン11に加わる負荷が小さい場合には、エンジン11の駆動力が変速機13を介して電動発電機12に伝達されることにより、電動発電機12が発電運転される。電動発電機12のアシスト運転と発電運転との切り替え等の制御は、電動発電機12に接続（電氣的に接続）されたインバータ18Aを用いて行われる。インバータ18Aは、コントローラ30からの制御信号により制御される。

40

【0086】

コントローラ30は、中央処理装置（CPU）及び内部メモリを含む。CPUは、内部メモリに格納されている駆動制御用プログラムを実行する。コントローラ30は、表示装置（図示せず）に、各種装置の劣化状態等を表示することにより、運転者の注意を喚起する。

【0087】

電動発電機12の電気系統の入出力端子が、インバータ18Aを介してDCバス110

50

に接続されている。DCバス110は、コンバータ（バッテリー充放電回路）100を介してキャパシタ19に接続されている。キャパシタ19は、たとえば直列接続された複数の電気二重層コンデンサを含む。DCバス110の電圧は、コンバータ100を用いて制御することができる。例えば、コンバータ100に充電電流を流すことにより、DCバス110の電気エネルギーがキャパシタ19に移動し、DCバス110の電圧は降下する。逆に、コンバータ100に放電電流を流すことにより、キャパシタ19の電気エネルギーがDCバス110に移動し、DCバス110の電圧は上昇する。このようにコンバータ100は、キャパシタ19とDCバス110との間の充放電動作を制御する。

【0088】

このように、キャパシタ19は蓄電可能な第1の蓄電器に相当し、DCバス110も蓄電可能な第2の蓄電器に相当する。そして、コンバータ100はキャパシタ19とDCバス110との間を電氣的に接続し、外部からの信号によりキャパシタ19とDCバスとの間の充放電動作を制御する充放電制御部に相当する。キャパシタ19、コンバータ100、DCバス110を含む蓄電系120は上部旋回耐3に搭載されている。

【0089】

また、DCバス110は、インバータ18Cを介してブーム回生用モータ300と接続されている。ブーム回生用油圧モータ300は、ブーム回生用発電機300と接続され、油圧モータ310の駆動力により発電を行うことができる。ブーム回生用発電機300で生成された電気エネルギーは、三相交流を直流に変換するインバータ18Cを介してDCバス110に供給される。更に、DCバス110は、他のインバータ20を介して旋回用電動機21に接続されている。インバータ20を通して、DCバス110と旋回用電動機21との間で電気エネルギーの授受が行われる。インバータ20、18C、コンバータ100は、コントローラ30からの制御信号により制御される。

【0090】

図12は、本実施形態における蓄電系120の等価回路図である。昇降圧コンバータ100は、第1の蓄電器であるキャパシタ19の充放電電流を制御する。第2の蓄電器としてのDCバス110は、平滑用コンデンサ107を含む。コンバータ100の一对の電源接続端子103A、103Bにキャパシタ19が接続されており、一对の出力端子106A、106BにDCバス110の平滑用コンデンサ107が接続されている。一方の電源接続端子103B、及び一方の出力端子106Bは接地されている。

【0091】

DCバス110は、インバータ18A、18C、20を介して、電動発電機12、旋回用電動機21及びブーム回生用油圧モータ310に接続されている。

【0092】

電動発電機12が発電運転されている期間は、電動発電機12によって発電された電力を、インバータ18Aを介してキャパシタ19またはDCバス110に供給することができる。電動発電機12がアシスト運転されている期間は、必要な電力を、キャパシタ19またはDCバス110からインバータ18Aを介して電動発電機12に供給することができる。

【0093】

旋回用電動機21には、キャパシタ19またはDCバス110から電気エネルギーが供給される。また、旋回用電動機21で発生した回生エネルギーは、キャパシタ19またはDCバス110に蓄電される。

【0094】

平滑用コンデンサ107の両端に発生している電圧が、電圧計111により検出され、検出結果がコントローラ30に入力される。電圧計111による検出値と、DCバス110の目標値とに基づいて、コンバータ100は、DCバスの電圧が一定になるように制御する。

【0095】

なお、コントローラ30は、下部走行体1、旋回機構2、ブーム4、アーム5、及びバ

10

20

30

40

50

ケット 6 のいずれも動作しておらず、キャパシタ 19、DC バス 110 の充電及び放電のいずれも行われていない状態（非運転状態）を検出することができる。

【0096】

昇圧用の絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（IGBT）102A のコレクタと、降圧用の IGBT 102B のエミッタとが相互に接続された直列回路が、出力端子 106A と 106B との間に接続されている。昇圧用 IGBT 102A のエミッタが接地され、降圧用 IGBT 102B のコレクタが、高圧側の出力端子 106A に接続されている。昇圧用 IGBT 102A と降圧用 IGBT 102B の相互接続点が、リアクトル 101 を介して、高圧側の電源接続端子 103A に接続されている。

【0097】

昇圧用 IGBT 102A 及び降圧用 IGBT 102B に、それぞれダイオード 102a、102b が、エミッタからコレクタに向かう向きが順方向になる向きで並列接続されている。

【0098】

電源接続端子 103A と 103B との間に接続された電圧計 112 が、キャパシタ 19 の端子間電圧を測定する。リアクトル 101 に直列に挿入された電流計 113 が、キャパシタ 19 の充放電電流を検出する。電圧及び電流の検出結果は、コントローラ 30 に入力される。

【0099】

コントローラ 30 は、昇圧用 IGBT 102A 及び降圧用 IGBT 102B のゲート電極に制御用のパルス幅変調（PWM）電圧を印加する。

【0100】

以下、昇圧動作（放電動作）について説明する。昇圧用 IGBT 102A のゲート電極に PWM 電圧を印加すると、昇圧用 IGBT 102A のオフ時に、リアクトル 101 に、高圧側の電源接続端子 103A から昇圧用 IGBT 102A のコレクタに向かって電流を流す向きの誘導起電力が発生する。この起電力が、ダイオード 102b を介して DC バス 110 に印加される。これにより、DC バス 110 は昇圧される。

【0101】

次に、降圧動作（充電動作）について説明する。降圧用 IGBT 102B のゲート電極に PWM 電圧を印加すると、降圧用 IGBT 102B のオフ時に、リアクトル 101 に、降圧用 IGBT 102B のエミッタから高圧側の電源接続端子 103A に向かって電流を流す向きの誘導起電力が発生する。この誘導起電力により、キャパシタ 19 が充電される。このようにして、DC バス 110 を、常時、一定電圧としておくことができる。

【0102】

次に、図 13（A）及び（B）を参照しながら、第 2 実施形態における第 1 の比較例及び第 1 の実施例によるハイブリッド型作業機械の制御方法について説明する。これらの制御方法による制御は、コントローラ 30 によって行われる。

【0103】

図 13（A）は、第 1 の比較例による制御方法を示すタイミングチャートである。「ブームレバー」及び「ブーム 4 角度」のグラフを参照すると、ショベルの運転者が、時刻 t1 から時刻 t2 までの間、操作装置 26 のブームレバーを「上げ」状態に維持することにより、ブーム 4 は上部旋回体 3 に対して、徐々に上方向に持ち上げられる。例えば時刻 t2 においてブーム 4 はそのストローク上限まで上昇する（力行動作）。時刻 t2 において、運転者はブームレバーを中立位置に戻し、時刻 t3 までその状態を維持する。ブーム 4 はその間、ストローク上限の位置で静止する。その後、時刻 t3 から時刻 t4 まで、運転者がブームレバーを「下げ」状態に維持することにより、ブーム 4 は徐々に下降し、例えば、時刻 t4 においてもとの位置（時刻 t1 における位置、下がりきった位置）に戻る（回生動作）。

【0104】

「DC バス 110 目標電圧」、「メインポンプ 14 設定」、「電動発電機 12 出力状態

10

20

30

40

50

」、及び「コンバータ１００電流状態」のチャートを参照すると、第１の比較例による制御方法においては、ブーム４の上昇をエンジン１１の駆動力のみで行い、電動発電機１２は、電動（アシスト）運転を行わない。このため、ＤＣバス１１０は一定電圧（高圧状態ＶＭ）に維持される。なお、以下の説明において、「ＤＣバス１１０目標電圧」とは、ＤＣバス１１０の電圧を近づける目標値を指す。

【０１０５】

このため、時刻ｔ１から時刻ｔ２までの間、「ＤＣバス１１０目標電圧」、「メインポンプ１４設定」、「電動発電機１２出力状態」、及び「コンバータ１００電流状態」はすべて一定に維持される。すなわち、「ＤＣバス１１０目標電圧」は高圧状態ＶＭのままであり、「メインポンプ１４設定」は低出力状態ＰＮのままである。また、電動発電機１２は、アシスト動作も発電動作も行わず、コンバータ１００は充放電を行わない。なお、コンバータ１００が充放電しないため、キャパシタ１９の電圧は変化しない。

10

【０１０６】

ブーム４が静止している時刻ｔ２から時刻ｔ３においても、「ＤＣバス１１０目標電圧」、「メインポンプ１４設定」、「電動発電機１２出力状態」、及び「コンバータ１００電流状態」はすべて一定に保たれる。

【０１０７】

時刻ｔ３から時刻ｔ４までの間、ブーム４が下降することにより、ブーム回生用油圧モータ３１０に駆動力（トルク）が発生する。駆動力はブーム回生用発電機３００に伝達され、発電機３００で発電が行われる（回生動作）。発生した電気エネルギーは、インバータ１８Ｃ、ＤＣバス１１０、及びコンバータ１００を経由してキャパシタ１９に蓄電される。したがって、この期間、ＤＣバス１１０は高圧状態ＶＭのまま変化せず、コンバータ１００は充電動作を行う。時刻ｔ３から時刻ｔ４において、発電機３００で発電されたエネルギーが、コンバータ１００の充電動作でキャパシタ１９に蓄えられることを、図１３（Ａ）では「ブーム回生用モータ１３１出力状態」のチャートから「コンバータ１００電流状態」の行へ向かう矢印で概念的に示している。なお、メインポンプ１４設定は低出力状態ＰＮのままであり、電動発電機１２は、アシスト動作も発電動作も行わない。このように、コンバータ１００は、ＤＣバス１１０を高圧状態ＶＭのまま一定に維持しようと、キャパシタ１９との間で充放電制御を実施する。したがって、充放電の際に電力消費（エネルギー損失）が生じてしまう。

20

30

【０１０８】

図１３（Ａ）の充電率ＳＯＣのチャートは、第１の比較例において、回生電力が発生する見込みが無い状態においてＳＯＣを９０％に制御する場合のＳＯＣの変化を示している。この場合、時刻ｔ３から時刻ｔ４までの間において、ブーム下げ動作に伴ってブーム回生電力が発生すると、キャパシタ１９に充電される電力が上昇し、ＳＯＣが上昇する。もともと、ＳＯＣは９０％と高い目標値に設定されているため、時刻ｔ３から時刻ｔ４までの間において、ＳＯＣはシステム制御上限値（ＳＯＣが１００％）を超えてしまい、キャパシタ１９は過充電となってしまう。

【０１０９】

図１３（Ｂ）は、第２実施形態における第１の実施例による制御方法を示すタイミングチャートである。「ブームレバー」及び「ブーム４角度」のチャートは、図１３（Ａ）に示す第１の比較例と同じである。

40

【０１１０】

第１の実施例による制御方法においては、エンジン１１の駆動力と、電動発電機１２のアシスト動力とを用いて、ブーム４を上昇させる。また、電動発電機１２をアシスト運転させるために、キャパシタ１９ではなく、ＤＣバス１１０に蓄えられている電気エネルギーを使用する。

【０１１１】

このため、ブーム４上昇中の時刻ｔ１から時刻ｔ２において、「電動発電機１２出力状態」はアシストとなり、蓄電目標値としての「ＤＣバス１１０目標電圧」は低圧状態ＶＬ

50

に設定される。また、コンバータ100は充放電を行わない。更に、電動発電機12がアシスト運転をするため、メインポンプ14は高出力を発生可能な状態（高出力状態）PHに移行する。

【0112】

なお、「DCバス110目標電圧」のチャートに、実際のDCバス110の電圧計111により検出した電圧値を点線で示した。時刻t1から時刻t2においては、電動発電機12によってエンジン11をアシストするので、DCバス110の電圧は、高圧状態VMから徐々に減少し、時刻t2において低圧状態VLとなる。図13（B）において、DCバス110の電圧減少分で電動発電機12のアシスト動作が行われることを、「DCバス110目標電圧」のチャートから「電動発電機12出力状態」のチャートに向かう矢印で概念的に示している。

10

【0113】

ブーム4がストローク上限位置に保持されている時刻t2から時刻t3においては、電動発電機12は、アシスト動作も発電動作も行わない。ここで、キャパシタ19及びDCバス110に蓄電されている電気エネルギーは変化しない。したがって、コンバータ100は充放電動作を行わず、DCバス110の目標電圧及び実際電圧は低圧状態VLに保たれる。また、メインポンプ14は低出力状態PNとなる。このように、DCバス110が低圧状態VLに保たれ、キャパシタ19との充放電制御がなされないので、電力損失を防止することができる。

【0114】

20

時刻t3から時刻t4にかけて、ブーム4が下降し、ブーム4の位置エネルギーがブーム回生用油圧モータ310、及びブーム回生用モータ（発電機）300を介して電気エネルギーに変換される（回生動作）。変換された電気エネルギーは、キャパシタ19ではなく、DCバス110に蓄電される。

【0115】

ここで、コンバータ100はキャパシタとの間で充放電動作を行わない。一方、DCバス110の目標電圧は高圧状態VMとされる。このため、時刻t3から時刻t4におけるDCバス110の実際電圧は、低圧状態VLから徐々に上昇する。しかし、時刻t1から時刻t2においてブーム4が上昇するため、DCバス110から放電された電気エネルギーは、ブーム4の下降により完全には回収されず、時刻t4におけるDCバス110の実際電圧は、高圧状態VMよりも低い電圧となる。ブーム回生用モータ300で発電された電気エネルギーがDCバス110に蓄えられ、DCバス110の電圧が上昇することを、図13（B）において矢印で概念的に示している。なお、メインポンプ14は低出力状態PNのままである。

30

【0116】

時刻t4から時刻t5においては、DCバス110の電圧を高圧状態VMまでの不足分を回復させる。このためDCバス110目標電圧は高圧状態VMのままとされ、この目標電圧値VMが実現されるまで、コンバータ100が放電動作を行う。キャパシタ19の電気エネルギーが、コンバータ100の放電動作によりDCバス110に蓄えられることを、図13（B）では「コンバータ100電流状態」のチャートから「DCバス110目標電圧」のチャートへ向かう矢印で概念的に示している。

40

【0117】

図13（B）の充電率SOCのチャートは、第1の実施例におけるDCバス110の電圧の変化に伴って変化するSOCを示している。第1の実施例においては、時刻t3から時刻t4までの間において回生電力が発生したときには、ブーム回生電力をDCバス110に蓄積してDCバス110の電圧が上昇するように制御が行なわれる。このため、キャパシタ19には回生電力が供給されず、キャパシタ19のSOCを高い状態のままに維持することができる。すなわち、回生電力をDCバス110に蓄積することで、回生電力をキャパシタ19に充電しないように制御し、SOCが高くなっているキャパシタ19にさらに回生電力が充電されて過充電となることを防止している。

50

【0118】

なお、時刻 t_4 から時刻 t_5 の間においてのみ、DCバス110の電圧を回復させるために、キャパシタ19は僅かに放電してDCバスに110に電力を供給する。そして、時刻 t_5 以降に電動発電機12を発電運転してキャパシタ19の充電を行ない、キャパシタ19の充電率SOCが目標充電率(90%)となるように制御を行なう。この場合、電圧比に換算すると約95%となる。また、時刻 t_4 から時刻 t_5 の間において、キャパシタ19の充電率が目標充電率よりも小さい場合には、キャパシタ19への充電が行なわれる。

【0119】

上述の第2実施形態における第1の実施例による制御方法は、時刻 t_1 から時刻 t_2 において、DCバス110に蓄えられている電気エネルギーを用いて電動発電機12のアシスト運転を行い、アシスト駆動力をエンジン11の駆動力に加えてブーム4を上昇させる。ブーム4を上昇させる際に、メインポンプ14が放出するエネルギーの一部が電動発電機12から供給されるため、エンジン11の負荷を減少させることができる。これによりブーム4上昇時のポンプ馬力設定(メインポンプ14設定)を大きくすることができる。このためブーム4を上昇させるパワーを大きくすることができる。

10

【0120】

また、電動発電機12をアシスト運転させる電気エネルギーをキャパシタ19ではなく、DCバスから供給するため、コンバータ100における電力消費を抑止する(エネルギー損失を少なくする)ことができる。

20

【0121】

更に、時刻 t_3 から時刻 t_4 において、ブーム4の下降に伴って発生するエネルギーがキャパシタ19ではなく、DCバス110に蓄電される。したがってこの期間においてもコンバータ100における電力消費が抑止される。

【0122】

また、時刻 t_4 から時刻 t_5 におけるコンバータ100の放電動作により、キャパシタ19の電気エネルギーをDCバス110に移し、DCバス110の電圧状態を一定(高圧状態VM)に保つことで、再度ブーム4を上昇させる必要がある場合など、事情に応じて、迅速にDCバス110のエネルギーを使用することができる。なお、時刻 t_5 以降の、DCバス110の一定保持電圧(高圧状態VM)は、たとえばキャパシタ19の保持電圧よりも高い電圧にする。

30

【0123】

次に、図14(A)及び(B)を参照しながら、第2実施形態における第2の比較例及び第2の実施例によるハイブリッド式ショベルの制御方法について説明する。これらの制御方法による制御は、コントローラ30によって行われる。

【0124】

図14(A)は、第2の比較例による制御方法を示すタイミングチャートである。「旋回レバー」、「上部旋回体3旋回角度」及び「旋回用電動機21出力状態」のチャートを参照すると、作業機械の運転者が、時刻 t_1 から時刻 t_3 までの間、操作装置26の旋回レバーを「正転」状態に維持することにより、上部旋回体3が初期値から目標値まで旋回する。上部旋回体3は、時刻 t_1 において、停止状態から初速度ゼロから正転方向に旋回を開始し、時刻 t_4 において目標位置に到達して、終速度ゼロとなって旋回を終了する。時刻 t_1 から時刻 t_2 においては、上部旋回体3の旋回角速度は、徐々に増加する。時刻 t_2 から時刻 t_3 においては、上部旋回体3は等角速度で旋回する。時刻 t_3 から時刻 t_4 においては、上部旋回体3の旋回角速度は、徐々に減少する。旋回用電動機21は、時刻 t_1 から時刻 t_2 においては電気エネルギーから回転力を発生して、上部旋回体3を旋回させる力行動作を行い、時刻 t_3 から時刻 t_4 においては、上部旋回体3の回転運動から電気エネルギーを発生する回生動作を行う。時刻 t_2 から時刻 t_3 においては、力行、回生のいずれの動作も行わない。

40

【0125】

50

「コンバータ１００電流状態」のチャートを参照すると、第２の比較例による制御方法では、ＤＣバス１１０の電圧を維持するため、旋回用電動機２１の力行動作はキャパシタ１９に蓄えられている電気エネルギーを用いて行う。また、旋回用電動機２１の発生する回生エネルギーはキャパシタ１９に蓄電する。このため、時刻ｔ１から時刻ｔ２にかけての力行運転においては、コンバータ１００は放電動作を行い、キャパシタ１９に蓄えられている電気エネルギーを放出する。また、時刻ｔ３から時刻ｔ４の期間は、コンバータ１００は充電動作を行い、発生する回生エネルギーをキャパシタ１９に蓄電する。

【０１２６】

「電動発電機１２出力状態」のチャートを参照すると、時刻ｔ３から時刻ｔ４にキャパシタ１９に蓄電される回生エネルギーは、時刻ｔ１から時刻ｔ２にキャパシタ１９から放出されるエネルギーよりも小さい。このため、キャパシタ１９の電圧レベルを一定にする目的で、時刻ｔ３から時刻ｔ４にかけて電動発電機１２は、不足分を補うように発電動作を行う。電動発電機１２で発電された電気エネルギーは、コンバータ１００の充電動作によりキャパシタ１９に蓄えられる。

10

【０１２７】

「ＤＣバス１１０目標電圧」のチャートを参照すると、上述のように、第２の比較例においては、キャパシタ１９のエネルギーで力行運転を行い、発生する回生エネルギーをキャパシタ１９に蓄電する。このため、ＤＣバス１１０の目標電圧は高圧状態ＶＭのまま変化しない。このように、コンバータ１００は、ＤＣバス１１０を高圧状態ＶＭのまま一定に維持するために、キャパシタ１９との間で充放電制御を実施する。したがって、充放電の際に電力消費（エネルギー損失）が生じてしまう。

20

【０１２８】

図１４（Ｂ）は、第２の実施例による制御方法を示すタイミングチャートである。「旋回レバー」、「上部旋回体３旋回角度」及び「旋回用電動機２１出力状態」のチャートの折れ線または曲線は、図１４（Ａ）に示す第２の比較例と同じである。

【０１２９】

第２実施形態における第２の実施例による制御方法においては、旋回用電動機２１の力行動作を、キャパシタ１９及びＤＣバス１１０に蓄えられている電気エネルギーを用いて実施する。また、旋回用電動機２１が回生動作により発生するエネルギーを、キャパシタ１９ではなく、ＤＣバス１１０に蓄電する。

30

【０１３０】

蓄電目標値としての「ＤＣバス１１０目標電圧」、「電動発電機１２出力状態」、及び「コンバータ１００電流状態」のチャートを参照すると、時刻ｔ１から時刻ｔ２にかけての力行運転には、ＤＣバス１１０の電気エネルギーが利用されるため、ＤＣバス１１０の目標電圧は、高圧状態ＶＭから低圧状態ＶＬに移行する。また、コンバータ１００が放電動作を行うことで、キャパシタ１９の電気エネルギーも力行運転に使用される。電動発電機１２は、アシスト動作も発電動作も行わない。ＤＣバス１１０の実際電圧は、時刻ｔ１における高圧状態ＶＭから徐々に減少し、時刻ｔ２において低圧状態ＶＬとなる。

【０１３１】

上部旋回体３が等角速度で旋回する時刻ｔ２から時刻ｔ３においては、旋回用電動機２１は、電気エネルギーの供給を受けることもなく、回生エネルギーを発生することもない。ＤＣバス１１０の目標電圧及び実際電圧は、低圧状態ＶＬのままとなる。コンバータ１００は充放電を行わず、電動発電機１２はアシスト動作も発電動作も行わない。このように、ＤＣバス１１０が低圧状態ＶＬに保たれ、キャパシタ１９との充放電制御がなされないの、電力損失を防止することができる。

40

【０１３２】

時刻ｔ３から時刻ｔ４において、旋回用電動機２１は、上部旋回体３の回転運動から回生エネルギーを発生する（回生動作）。ＤＣバス１１０の目標電圧は、低圧状態ＶＬから高圧状態ＶＭに切り替えられ、回生エネルギーは、ＤＣバス１１０に蓄えられる。コンバータ１００の充放電動作、及び電動発電機１２のアシストまたは発電動作は行われな

50

バス 110 の実際電圧は、時刻 t_3 から時刻 t_4 まで低圧状態 V_L から徐々に上昇するが、高圧状態 V_M には至らない。

【0133】

時刻 t_4 から時刻 t_5 においては、DC バス 110 の電圧を高圧状態 V_M まで回復させる。このため DC バス 110 目標電圧は高圧状態 V_M のままとされ、この目標電圧値 V_M が実現されるまで、コンバータ 100 が放電動作を行う。

【0134】

図 14 (B) における充電率 (SOC) のチャートを参照すると、第 2 実施例では、DC バス 110 の電圧を可変制御するために、キャパシタ 19 の SOC を高い状態で維持することができる。時刻 t_2 から時刻 t_3 までの間では、低下したキャパシタ 19 の電圧を回復させるべく、電動発電機 12 の発電運転を行ない、キャパシタ 19 に充電を行なう。

10

【0135】

第 2 の実施例による制御方法においては、力行運転のエネルギーを DC バス 110 から供給する。力行運転のエネルギーのすべてをキャパシタ 19 から供給する第 2 の比較例と比べ、コンバータ 100 を流れる電流を小さくすることができる。したがって、電力消費を抑止することができる。

【0136】

また、時刻 t_3 から時刻 t_4 における旋回用電動機 21 の回生動作により発生するエネルギーがキャパシタ 19 ではなく、DC バス 110 に蓄電される。したがってこの期間においてもコンバータ 100 における電力消費が抑止される。

20

【0137】

また、時刻 t_4 から時刻 t_5 におけるコンバータ 100 の放電動作により、キャパシタ 19 の電気エネルギーを DC バス 110 に移し、DC バス 110 の電圧状態を一定 (高圧状態 V_M) に保つことで、再度旋回動作を行う必要がある場合など、状況に応じて、迅速に DC バス 110 のエネルギーを使用することができる。なお、時刻 t_5 以降の、DC バス 110 の一定保持電圧 (高圧状態 V_M) は、たとえばキャパシタ 19 の保持電圧よりも高圧にする。すなわち、時刻 t_5 以降において、低下したキャパシタ 19 の電圧を回復させるように、電動発電機 12 を発電運転し、キャパシタ 19 の充電を行なう。

【0138】

第 2 の実施形態の第 1、第 2 の実施例による制御方法においては、それぞれブーム 4 の下降、旋回用電動機 21 の回生動作に伴って回収可能なエネルギーを予測し、少なくとも回収可能なエネルギーを放出して、ブーム 4 の上昇、旋回用電動機 21 の力行動作を行う。ブームシリンダはストロークが決まっているため、ブーム 4 を上げた後、上げた分だけのブーム 4 下げ動作が入る。このため、このブーム 4 下げ動作によって発生するエネルギーに対応するエネルギーを放出することができる。同様に、旋回用電動機 21 によって加速された上部旋回体 3 は、減速して停止する。このため、上部旋回体 3 の減速に伴って発生するエネルギーに対応するエネルギーを放出することができる。また、時刻 t_1 から時刻 t_2 の間において、キャパシタ 19 の充電率が目標充電率よりも小さい場合には、キャパシタ 19 への充電が行なわれる。同様に、時刻 t_4 から時刻 t_5 の間においても、キャパシタ 19 の充電率が目標充電率よりも小さい場合には、キャパシタ 19 への充電が行なわれる。

30

40

【0139】

以上、実施例に沿って本発明の第 2 実施形態について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0140】

たとえば実施例においては、ブーム 4 の上下と、上部旋回体 3 の旋回とを異時に行ったが、これらを同時に行う場合には、たとえばブーム 4 からの回生エネルギーは DC バス 110 に蓄え、上部旋回体 3 からの回生エネルギーはキャパシタ 19 に蓄える制御を行うことができる。両回生エネルギーとともにキャパシタ 19 に蓄える場合、コンバータ 100 を流れる電流が大きくなりエネルギー損失が増大するが、ブーム 4 からの回生エネルギーを DC バス 110 に蓄える制御を行うと、コンバータ 100 におけるエネルギー損失を抑制することが

50

できる。

【0141】

また、実施例においてはハイブリッド式ショベルを用いたが、例えばクレーンであってもよい。この場合、クレーンの巻上げ、巻下しを、ブームの上げ下げと同様に考えることができる。クレーンがブームに対応し、クレーンの巻上げ用モータがブーム回生用モータに対応する。

【0142】

また、図15に示すように全ての駆動部が油圧によって作動する構成のハイブリッド式ショベルにも本発明を適用することができる。図15に示す構成のハイブリッド知己ショベルでは、エンジン11の余剰出力により電動発電機12で発電された発電電力、及び、
10
ブーム回生モータ300によって発電された発電電力が、蓄電系120に蓄電される。蓄電系120に蓄電された蓄電電力は、エンジン11の出力をアシストするために用いられる。

【0143】

本発明は上述の具体的に開示された実施例に限られず、本発明の範囲を逸脱することなく様々な変形例、改良例がなされるであろう。

【0144】

本出願は2009年6月9日出願の優先権主張日本特許出願2009-137970号に基づくものであり、その全内容はここに援用される。

【産業上の利用可能性】

20

【0145】

本発明は、発電機でエンジンをアシストするハイブリッド式ショベルに適用可能である。

【符号の説明】

【0146】

- 1 下部走行体
- 1 A、1 B 油圧モータ
- 2 旋回機構
- 3 上部旋回体
- 4 ブーム
- 5 アーム
- 6 バケット
- 7 ブームシリンダ
- 7 A 油圧配管
- 7 B ブーム角度センサ
- 8 アームシリンダ
- 9 バケットシリンダ
- 10 キャビン
- 11 エンジン
- 12 電動発電機
- 13 変速機
- 14 メインポンプ
- 15 パイロットポンプ
- 16 高圧油圧ライン
- 17 コントロールバルブ
- 18、18 A、18 B、20 インバータ
- 19 キャパシタ
- 21 旋回用電動機
- 22 レゾルバ
- 23 メカニカルブレーキ

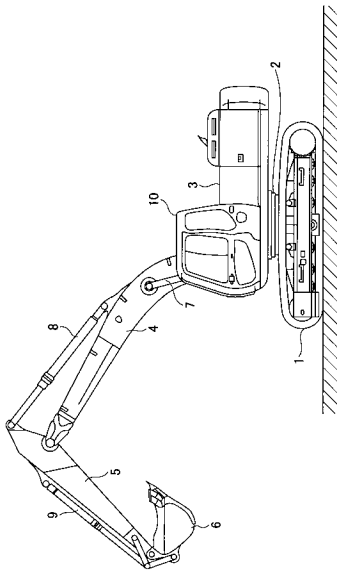
30

40

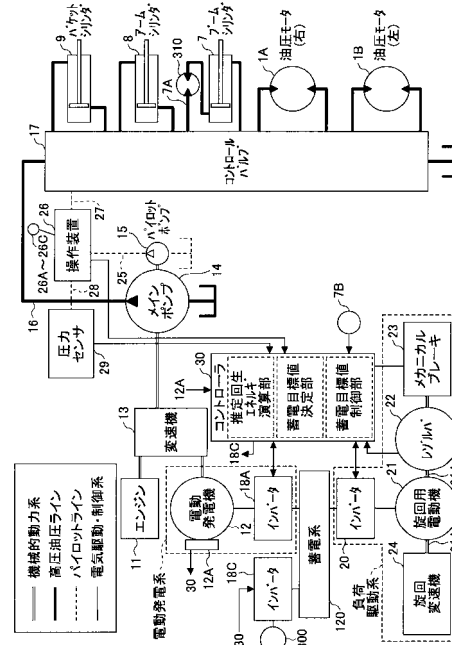
50

2 4	旋回変速機	
2 5	パイロットライン	
2 6	操作装置	
2 6 A、2 6 B	レバー	
2 6 C	ペダル	
2 6 D	ボタンスイッチ	
2 7	油圧ライン	
2 8	油圧ライン	
2 9	圧力センサ	
3 0	コントローラ	10
3 5	表示装置	
1 0 0	昇降圧コンバータ	
1 0 1	リアクトル	
1 0 2 A	昇圧用 I G B T	
1 0 2 B	降圧用 I G B T	
1 0 4	電源接続端子	
1 0 5	インバータ	
1 0 6	出力端子	
1 0 7	コンデンサ	
1 1 0	D C バス	20
1 1 1	D C バス電圧検出部	
1 1 2	キャパシタ電圧検出部	
1 1 3	キャパシタ電流検出部	
1 2 0	蓄電系	
3 0 0	ブーム回生用モータ（発電機）	
3 1 0	ブーム回生用油圧モータ	

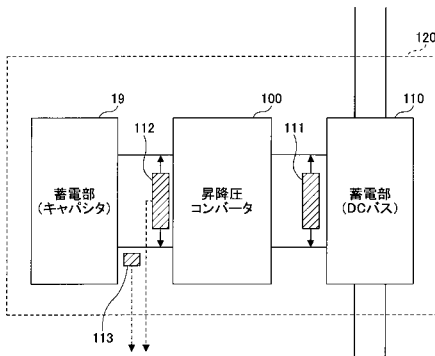
【図 1】



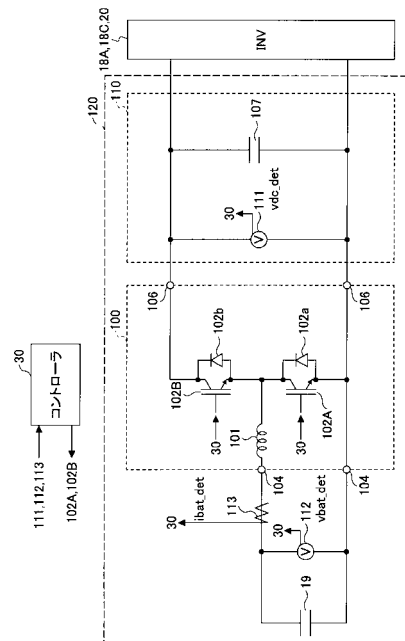
【図 2】



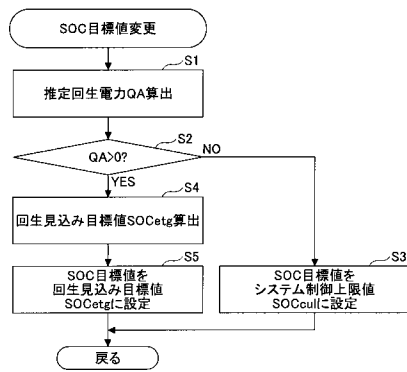
【図 3】



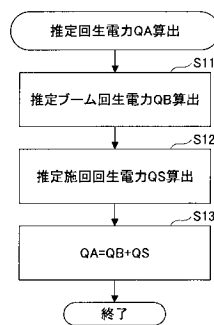
【図 4】



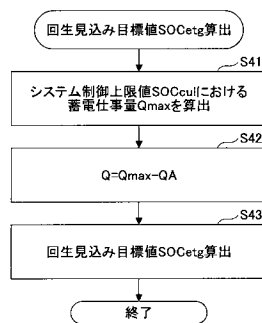
【図 5】



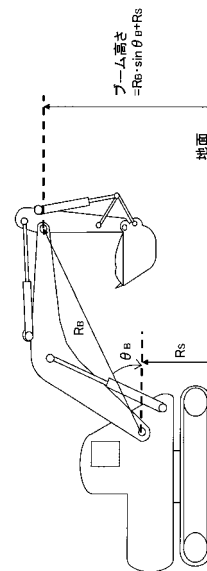
【図 6】



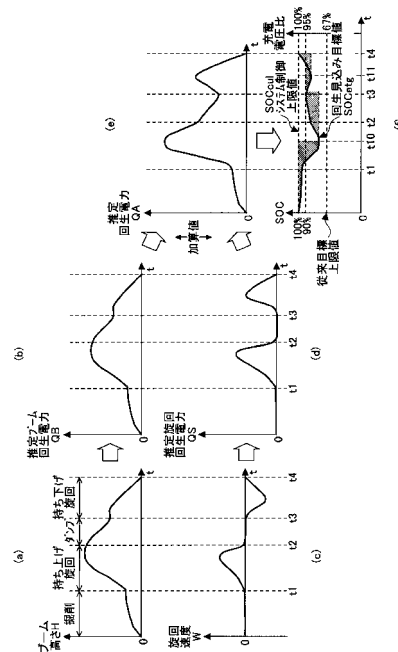
【図 8】



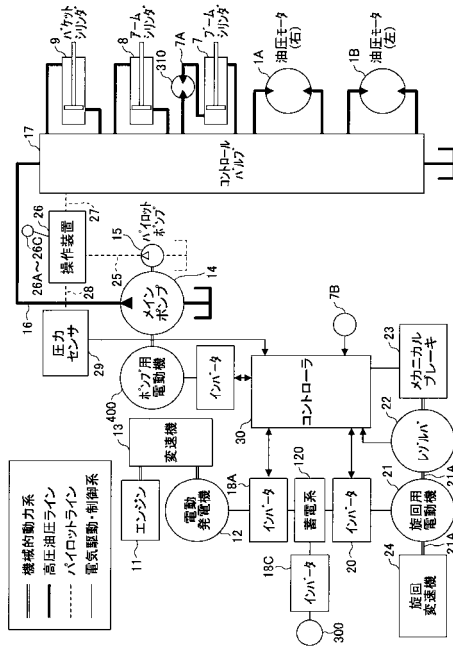
【図 7】



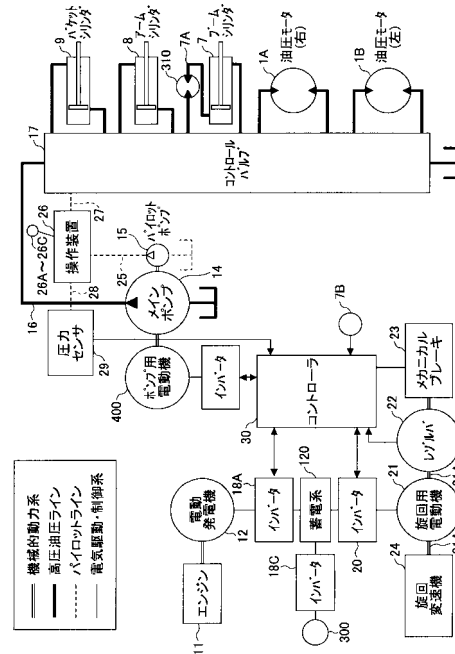
【図 9】



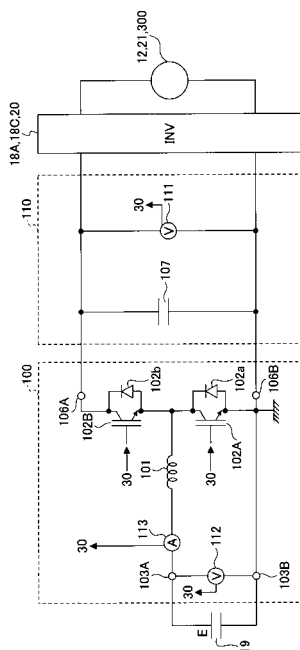
【図 10】



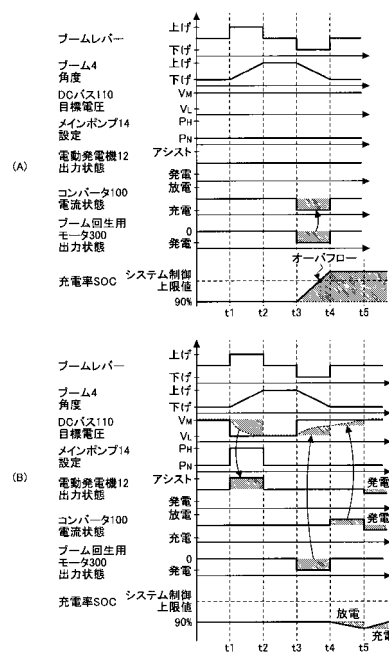
【図 1 1】



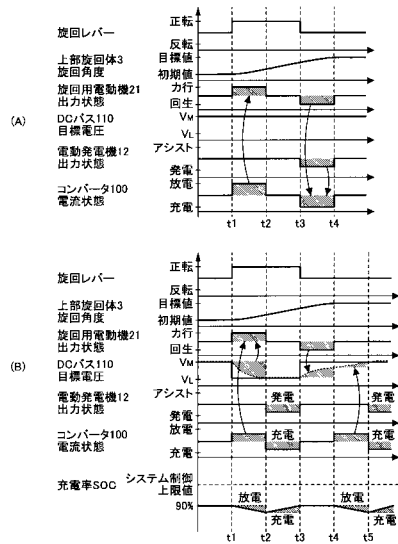
【図 1 2】



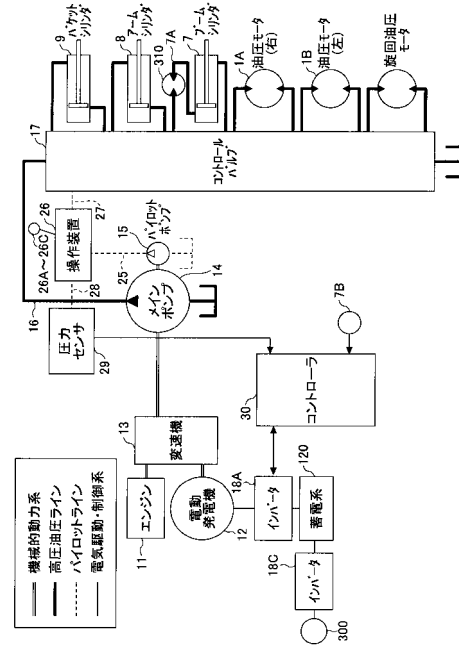
【图 1 3】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2002-359935 (JP, A)
特開 2007-059810 (JP, A)
特開 2008-038503 (JP, A)
特開 2004-201411 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E02F 9/20

H01M 10/44

H01M 10/48

H02J 7/00