

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-82644
(P2012-82644A)

(43) 公開日 平成24年4月26日(2012.4.26)

(51) Int.Cl.

E02F 9/20 (2006.01)

F 1

E O 2 F 9/20

Z

テーマコード(参考)

2 D 0 0 3

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願2010-231086 (P2010-231086)

(22) 出願日

平成22年10月14日 (2010.10.14)

(71) 出願人 000005522

日立建機株式会社

東京都文京区後楽二丁目5番1号

(74) 代理人 100100310

弁理士 井上 学

(74) 代理人 100098660

弁理士 戸田 裕二

(74) 代理人 100094271

弁理士 渡邊 孝弘

(74) 代理人 100091720

弁理士 岩崎 重美

(72) 発明者 泉 枝穂

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号

株式会社日立製作所

日立研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】建設機械

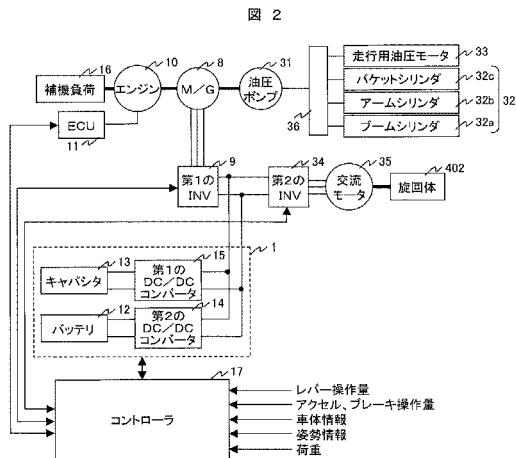
(57) 【要約】

【課題】電動化による効率向上のため、キャパシタ又はバッテリに負担なく充放電を行う電源システムを提供する。

【解決手段】予め作業機械の状態を把握しエネルギーを算出して、次の動作を予測し、キャパシタに充電するエネルギー量を決定し、それに伴いDC/DCコンバータを制御する。これにより、従来のバッテリ(鉛蓄電池)における回生時の損失を減らすことが可能となり、効率が向上する。

【効果】本発明によれば、回生エネルギーを高効率で回収でき、バッテリやキャパシタの寿命を悪化させることなく、効率向上が可能となる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

エンジンと、前記エンジンによって駆動する油圧ポンプと、前記エンジンと前記油圧ポンプとに連結する発電可能なモータジェネレータと、前記油圧ポンプから吐出する油によって駆動する油圧作業装置と、前記油圧作業装置が設置される旋回体と、前記旋回体を駆動する交流モータと、前記モータジェネレータおよび／または前記交流モータに電力を供給、ならびに、前記モータジェネレータおよび／または前記交流モータから回生される電力を充電するキャパシタを有する電源システムと、前記電源システムを制御するコントローラと、を有する建設機械において、

前記コントローラは、オペレーターの現操作に基づいて、前記油圧作業装置および／または前記旋回体の次動作を推定する動作推定部と、推定された次動作に基づいて、前記モータジェネレータおよび／または前記交流モータから回生される電力量を算出するエネルギー算出部と、算出された電力量に基づいて、前記キャパシタの目標電圧を設定するキャパシタ制御部と、を有することを特徴とする建設機械。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の建設機械において、

前記キャパシタ制御部は、前記キャパシタの現電圧を検出するキャパシタ状態検出部と、算出された電力量と検出された現電圧に基づいて、前記キャパシタに対する充放電指令を算出するキャパシタ充放電指令算出部と、作成された充放電指令に基づいて、前記キャパシタの目標電圧を設定するキャパシタ目標電圧設定部と、を有することを特徴とする建設機械。

20

【請求項 3】

請求項 1 に記載の建設機械において、

前記キャパシタ制御部は、前記エンジンの回転数、前記交流モータのトルク指令、および／または、前記モータジェネレータのトルク指令に基づいて、前記キャパシタの目標電圧を補正することを特徴とする建設機械。

30

【請求項 4】

請求項 1 に記載の建設機械において、

前記コントローラは、オペレーターの現操作に応じて前記旋回体から要求される電力量を算出する車体制御部を有することを特徴とする建設機械。

30

【請求項 5】

エンジンと油圧ポンプとに連結する発電可能なモータジェネレータおよび／または前記油圧ポンプから吐出する油によって駆動する油圧作業装置が設置される旋回体を駆動する交流モータ、に電力を供給する、ならびに、前記モータジェネレータおよび／または前記交流モータから回生される電力を充電する、キャパシタを有する電源システムと、前記電源システムを制御するコントローラと、を有する建設機械において、

前記コントローラは、オペレーターの現操作に基づいて、前記油圧作業装置および／または前記旋回体の次動作を推定し、推定された次動作に基づいて、前記モータジェネレータおよび／または前記交流モータから回生される電力量を算出し、算出された電力量に基づいて、前記キャパシタの目標電圧を設定することを特徴とする建設機械。

40

【請求項 6】

請求項 5 に記載の建設機械において、

前記コントローラは、算出された電力量に基づいて、前記キャパシタに対する充放電指令を作成し、作成された充放電指令に基づいて、前記キャパシタの目標電圧を設定することを特徴とする建設機械。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の建設機械において、

前記コントローラは、前記交流モータの回転速度に基づいて、電力量を算出することを特徴とする建設機械。

50

【請求項 8】

請求項 5 に記載の建設機械において、

前記コントローラは、キャパシタの現電圧と前記キャパシタの目標電圧とを比較し、前記キャパシタの現電圧が前記キャパシタの目標電圧より大きい場合には、前記旋回体を駆動する交流モータに、予め、前記キャパシタに充電されている電力を供給することを特徴とする建設機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エンジンと電源システムとを備えた建設機械に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

従来、油圧ショベルなどの建設機械は、油圧ポンプをエンジンの出力トルクによって駆動し、油圧作業装置（バケットシリンダ、アームシリンダ、ブームシリンダ）を駆動していた。

【0003】

そして、近年、燃費の向上、排ガスの抑制、騒音の低減を目的として、エンジン、発電機（モータジェネレータ）、電動機（交流モータ）、蓄電装置（バッテリ）等を備えたハイブリッド建設機械が提案されている。

【0004】

例えば、軽負荷時に発電機で発電した電力や制動時に得られる回生電力をバッテリに充電し、重負荷時に充電された電力をバッテリから放電し、使用する。

20

【0005】

特に、バッテリに鉛バッテリを使用するハイブリッド建設機械では、鉛バッテリの回生効率が悪いため、制動時に得られる回生電力を鉛バッテリに充電することが、効率よく行われない。

【0006】

例えば、特許文献1には、ハイブリッド自動車に関するものではあるが、鉛バッテリとキャパシタとを組合せて電源システムを構成し、エネルギーをキャパシタに蓄積し、蓄積したエネルギーを負荷に供給することで回生効率の向上を図っているものが記載されている。そして、特許文献1には、キャパシタの目標電圧を、低速時には大きくするように、また、高速時には小さくするように、制御するために、車速を検出し、車速に応じてキャパシタの目標蓄電率を変更することが記載されている。

30

【0007】

また、特許文献2には、ハイブリット車両の速度が低いときには、蓄電部の充電状態が高めに設定され、ハイブリット車両の速度が高いときには、蓄電部の充電状態が低めに設定されることが記載されている。

【0008】

さらには、特許文献3には、ハイブリット作業機械において、運動エネルギー及び位置エネルギーが大きい時には蓄電部の充放電閾値を小さく設定し、運動エネルギー及び位置エネルギーが小さい時には蓄電部の充放電閾値を大きく設定することが記載されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開平09-224302号公報

【特許文献2】特開平11-164402号公報

【特許文献3】特開2002-359935号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

一般的に、自動車を電動化する場合は、その電動化の対象は走行部である。

50

【0011】

しかしながら、建設機械の電動化は、旋回部や油圧作業装置を、油圧を用いて駆動する場合とバッテリやキャパシタに蓄電されている電力を用いて駆動する場合とを併用するシステムであり、走行部に留まらない。

【0012】

つまり、建設機械の電動化は、旋回体を駆動するために用いる交流モータを用いて電動化し、油圧作業装置を駆動する油圧ポンプの駆動をアシストするために用いるモータジェネレータを用いて電動化するものである。

【0013】

このように、建設機械を電動化する場合には、その電動化の対象が、単に走行部に留まるものではなく、バッテリやキャパシタに対する充放電制御も単一的ではなく、旋回部や油圧作業装置の駆動も考慮する必要がある。

10

【0014】

また、キャパシタとバッテリとを併用するシステムにおいては、キャパシタに電力を有效地に充電する必要がある。

【0015】

そこで、本発明は、こうした旋回部や油圧作業装置の駆動を考慮し、キャパシタに電力を有效地に充電することができる建設機械を提供するものである。

20

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明の一実施態様である建設機械は、エンジンと、エンジンによって駆動する油圧ポンプと、エンジンと油圧ポンプとに連結する発電可能なモータジェネレータと、油圧ポンプから吐出する油によって駆動する油圧作業装置、たとえば、バケットシリンダ、アームシリンダ、ブームシリンダと、油圧作業装置が設置される旋回体と、旋回体を駆動する交流モータと、モータジェネレータおよび／または交流モータ（好ましくは交流モータ）に電力を供給、ならびに、モータジェネレータおよび／または交流モータ（好ましくは交流モータ）から回生される電力を充電するキャパシタおよびバッテリ（バッテリとしては、鉛蓄電池やリチウムイオン電池が使用可能であるが、特に、鉛蓄電池が好ましい。）を有する電源システムと、電源システムを制御するコントローラと、を有するものである。

30

【0017】

そして、コントローラは、オペレータの現操作や測定される荷重等に基づいて、油圧作業装置および／または旋回体の次動作（特に、旋回体の次操作が好ましい。）を推定する動作推定部と、推定された次動作に基づいて、モータジェネレータおよび／または交流モータ（好ましくは交流モータ）から回生される電力量を算出するエネルギー算出部と、算出された電力量に基づいて、キャパシタの目標電圧を設定するキャパシタ制御部と、を有することが好ましい。

【0018】

なお、コントローラは、オペレータの現操作に応じて、油圧作業装置および／または旋回体（好ましくは旋回体）から要求される電力量を算出する車体制御部を有することが好ましい。

40

【0019】

そして、キャパシタ制御部は、キャパシタの現電圧を検出するキャパシタ状態検出部と、算出された電力量と検出された現電圧とにに基づいて、キャパシタに対する充放電指令を算出するキャパシタ充放電指令算出部と、作成された充放電指令に基づいて、キャパシタの目標電圧を設定するキャパシタ目標電圧設定部と、を有することが好ましい。

【0020】

そして、キャパシタ制御部は、エンジンの回転数、交流モータのトルク指令、および／または、モータジェネレータのトルク指令に基づいて、キャパシタの目標電圧を補正することができることが好ましい。

【0021】

50

また、本発明の一実施態様である建設機械は、エンジンと油圧ポンプとに連結する発電可能なモータジェネレータおよび／または油圧ポンプから吐出する油によって駆動する油圧シリンダが設置される旋回体を駆動する交流モータ、に電力を供給する、ならびに、モータジェネレータおよび／または交流モータから回生される電力を充電する、キャパシタとバッテリとを有する電源システムと、電源システムを制御するコントローラと、を有するものである。

【0022】

なお、バッテリとしては、鉛バッテリやリチウム電池が使用可能であるが、特に、鉛バッテリが好ましい。

【0023】

また、モータジェネレータおよび／または交流モータに電力を供給する場合やモータジェネレータおよび／または交流モータから回生される電力を充電する場合においては、いずれも、交流モータに対して電力を供給し、交流モータから回生される電力を充電することが好ましい。

【0024】

そして、コントローラは、オペレータの現操作や測定される荷重等に基づいて、油圧制御装置および／または旋回体の次動作を推定し、推定された次動作に基づいて、モータジェネレータおよび／または交流モータ（好ましくは交流モータ）から回生される電力量を算出し、算出された電力量に基づいて、キャパシタの目標電圧を設定することが好ましい。

【0025】

そして、コントローラは、算出された電力量に基づいて、キャパシタに対する充放電指令を作成し、作成された充放電指令に基づいて、キャパシタの目標電圧を設定することが好ましい。

【0026】

さらに、コントローラは、交流モータの回転速度、つまりオペレータの現操作や測定される荷重等に基づいて変化する物理量に基づいて、電力量を算出するものである。

【0027】

なお、電力量はエネルギー量を用いて算出することも可能である。

【0028】

また、コントローラは、キャパシタの現電圧とキャパシタの目標電圧とを比較し、キャパシタの現電圧がキャパシタの目標電圧より大きい場合には、予め、キャパシタに充電されている電力を供給（放電）することが、特に好ましい。

【0029】

そして、放電する対象としては、モータジェネレータや交流モータであるが、特に、交流モータが好ましい。

【0030】

なお、コントローラが、オペレータの現操作や測定される荷重等に基づいて、油圧作業装置や旋回体の次動作を推定する場合について、以下に説明する。

【0031】

たとえば、オペレータのレバー操作に基づいて、油圧作業装置や旋回体が駆動する。つまり、オペレータのレバー操作量（レバー操作信号）を検出することにより、油圧作業装置や旋回体の駆動量が推定できる。

【0032】

そして、建設機械の場合はその動き（駆動）が、建設作業のための駆動にほぼ限定されるため、この推定された油圧作業装置や旋回体の駆動（駆動量）に基づいて、油圧作業装置や旋回体の次動作が推定できる。この油圧作業装置や旋回体の次動作に基づいて、モータジェネレータや交流モータから回生される電力量が推定される。

【0033】

このように、必要な電力をバッテリおよびキャパシタにおいて効率よく充放電するため

10

20

30

40

50

には、予め蓄電率を制御しておく必要がある。

【0034】

そこで、本発明では、建設機械の現動作から次動作を予測するとともに、次動作において交流モータやモータジェネレータにおいて発電時や駆動時における電力を、現在の車体の情報を用いて算出し、さらに、この算出電力を用いて、バッテリおよびキャパシタの充電目標電圧の算出を行い、その目標電圧になるように予め充放電を行う。

【0035】

現動作から次動作を予測することは、建設機械の特有の性質といえる。つまり、走行部のみならず、旋回部や油圧作業装置の駆動についても考慮する必要があるためである。

【0036】

たとえば、現動作が旋回力行動作である場合は、次動作が旋回回生動作であることが予測される。一方、現動作としてエンジンの回転数が小さいときには、アイドリング状態であったり、フロント作業が軽負荷状態であることが予測できるため、次動作は力行動作であることが予測できる。

【0037】

つまり、本発明は、現動作から次動作における交流モータやモータジェネレータにおいての発電時や駆動時における電力を算出する。これにより、キャパシタやバッテリが予め充放電すべき電力量を算出することができる。

【発明の効果】

【0038】

こうした本発明によって、こうした旋回部や油圧作業装置の駆動を考慮し、キャパシタに電力を有効に、そしてエネルギー効率よく充電可能な建設機械を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】本実施形態を適用した油圧ショベルの構成を示す図である。

【図2】油圧ショベルのシステム構成を示す図である。

【図3】コントローラの制御ロジックの概要を示す図である。

【図4】キャパシタ制御部の制御ロジックを表す図である。

【図5】旋回レバー・パイロット圧、旋回体速度、エネルギーE、およびキャパシタ電圧と時間との関係を表す図である。

【図6】旋回部の力行動作におけるパワーフローの一例を表す図である。

【図7】旋回部の回生動作におけるパワーフローの一例を表す図である。

【発明を実施するための形態】

【0040】

以下、図1～図7を用いて、本発明の一つの実施形態を説明する。

【0041】

図1は、本実施形態を適用した油圧ショベル（建設機械の代表例）の構成を示す図である。

【0042】

図1において、油圧ショベル2は、走行体401、旋回体402を有する。

【0043】

走行体401は、走行用油圧モータ33により駆動される。

【0044】

旋回体402は、交流モータ35により駆動され、走行体401に対して旋回可能に形成される。

【0045】

また、旋回体402の前部一方の片側（たとえば前方を向いて左側）には運転席403が設置され、旋回体402の前部他方の片側（たとえば前方を向いて右側）にはブーム405、アーム406、バケット407を有する多関節構造の作業部400が設置されている。

10

20

30

40

50

【0046】

ブーム405、アーム406、バケット407は、それぞれ、ブームシリンダ32a、アームシリンダ32b、バケットシリンダ32cにより、それぞれ駆動する。

【0047】

図2は、油圧ショベルのシステム構成を示す図である。

【0048】

図2において、油圧ショベルのシステムは、エンジンコントローラ(ECU)11により制御されるエンジン10と、エンジン10と油圧ポンプ31とに連結する発電可能なモータジェネレータ(M/G)8と、モータジェネレータ(M/G)8で発生する動力を制御するためにモータジェネレータ(M/G)8に接続されている第1のインバータ(INV)9と、を有している。10

【0049】

ここで、モータジェネレータ(M/G)8は、力行時にはエンジン10をアシストし、エンジン10に接続された油圧ポンプ31やエアコン等の補機負荷16を駆動し、回生時には発電を行う。

【0050】

発電された電力(エネルギー)は、第1のインバータ9によって直流に変換され、電源システム1に供給する。なお、発電された電力を旋回体402で消費することも可能であるが、電源システム1のキャパシタ13に充電することが好みしい。

【0051】

なお、第1のインバータ9は、直流電力を交流電力に、交流電力を直流電力に変換するものである。

【0052】

さらに、油圧ショベルのシステムは、油圧ポンプ31と、油圧ポンプ31から供給される油の流れを制御することでフロント作業装置32および走行用油圧モータ33を駆動するコントロールバルブ36と、を具備している。

【0053】

コントロールバルブ36は、油圧ポンプ31から供給される油の流れを制御し、ブームシリンダ32a、アームシリンダ32b、バケットシリンダ32c、走行用油圧モータ33に作動油を供給する。30

【0054】

ここで、フロント作業装置(油圧作業装置)32は、ブームシリンダ32a、アームシリンダ32bおよびバケットシリンダ32cからなり、旋回体402に設置されている。

【0055】

旋回体402には、交流モータ35が接続され、交流モータ35は旋回体402を駆動する。

【0056】

また、交流モータ35には、交流モータ35を駆動するための第2のインバータ(INV)34が接続されている。

【0057】

旋回体402は、減速機を有しており、交流モータ35の軸出力を增速して旋回体402を駆動する。交流モータ35は、モータジェネレータであり、力行時にはモータ(電動機)として動作して駆動力を発生し、旋回体402における制動時にはジェネレータ(発電機)として動作して電力を回生する。40

【0058】

なお、第2のインバータ34は、直流電力を交流電力に、交流電力を直流電力に変換するものである。

【0059】

さらに、油圧ショベルのシステムは、電源システム1を有する。

【0060】

10

20

30

40

50

電源システム1は、バッテリ12、キャパシタ13、バッテリ12に接続された第1のDC/DCコンバータ15、およびキャパシタ13に接続された第2のDC/DCコンバータ14を有する。なお、バッテリ12やキャパシタ13は、電気エネルギーを蓄積する蓄電装置である。

【0061】

バッテリ12には、電圧が170V～360Vの鉛蓄電池を使用する。なお、鉛蓄電池の代わりに、リチウムイオン電池でも使用可能である。

【0062】

キャパシタ13には、電気二重層コンデンサを使用し、電圧が400V程度、容量が1000F程度のものを想定している。なお、キャパシタ13は、バッテリ12として240Vの鉛蓄電池を用いる場合、建設機械の作業量および1日の作業時間にも左右されるが、120Ah程度の容量が必要である。10

【0063】

第1のDC/DCコンバータ15および第2のDC/DCコンバータ14は、昇降圧チョッパであり、電源システム1から入出力する電力量（エネルギー量）に応じて、それぞれ、バッテリ12とキャパシタ13との電圧を直流バス電圧になるように出力を制御し、インバータと蓄電装置との間の電力変換を行う直流電力変換機である。

【0064】

なお、第1のDC/DCコンバータ15は、キャパシタ13と第1のインバータ9および第2のインバータ34との間の電力変換を、第2のDC/DCコンバータ14は、バッテリ12と第1のインバータ9および第2のインバータ34との間の電力変換を行う。20

【0065】

つまり、電源システム1は、蓄電装置（キャパシタ13、バッテリ12）と、直流と交流との間の電力変換を行う電力変換器（第1のDC/DCコンバータ15、第2のDC/DCコンバータ14）とを有するものである。

【0066】

そして、コントローラ17は、蓄電装置（キャパシタ13、バッテリ12）からの放電または充電する電流を算出し、それに伴い電力変換機（第1のDC/DCコンバータ15、第2のDC/DCコンバータ14）を制御する。

【0067】

なお、コントローラ17には、オペレータ現操作、車体情報および荷重が入力される。30

【0068】

オペレータ現操作としては、運転席403におけるレバー、アクセル、ブレーキ操作量が入力される。また、車体情報としては、走行部401における速度や加速度、旋回体402における情報として旋回速度や旋回している際の作業部400の姿勢情報がある。

【0069】

作業部400の姿勢情報は、ドライバのレバー操作量によって得ることができ、ブーム、アーム、バケットに対する操作量より、旋回体402の慣性モーメントとして定義することができる。

【0070】

また、荷重としては、測定された負荷荷重が入力される。

【0071】

コントローラ17は、不図示のエンジンコントローラ、モータコントローラおよびバッテリコントローラと、通信手段を介して接続されており、オペレータの操作量、電源システム1の蓄電状態や車体情報など、各パラメータに応じて、エネルギーの流れを決定し、エンジン10、モータジェネレータ（M/G）8、交流モータ35や電源システム1を制御する。

【0072】

このように本実施例は、油圧ショベルを建設機械の代表例として説明したが、内燃機関（エンジン）と電源システムとを備えた産業車両や建設機械にも適用可能である。例えば40

10

20

30

40

50

、油圧ショベルのほか、ホイールローダ、フォークリフト等にも適用可能である。

【0073】

また、本実施例において、バッテリ（鉛蓄電池）とキャパシタと含む電源システムを用いるが、鉛蓄電池は充電時における損失が大きいため、回生エネルギーを効率よく鉛蓄電池に回収することができず、鉛蓄電池への充放電を大電流で繰り返すと、劣化を進めてしまい寿命が短くなる傾向にあった。

【0074】

このため、回生エネルギーを電源システム1に充電する場合には、可能な限りキャパシタ13に充電することが望ましい。これにより充電によるエネルギー効率を向上させることができる。

10

【0075】

以上のように、本実施例によれば、油圧ショベル2が旋回動作を繰り返したり、フロント作業による作業部400の昇降を繰り返したりするようなシーンにおいて、キャパシタ13の入出力が最適となるように管理する。

【0076】

このため、予め、油圧ショベルの状態を把握し、エネルギー量を算出して、次の動作を予測し、キャパシタ13に充電するエネルギー量を決定し、それに伴いDC/DCコンバータを制御する。

【0077】

これにより、鉛蓄電池における回生時の損失を減らすことが可能となり、エネルギー効率が向上する。

20

【0078】

なお、油圧ショベル2の旋回動作について説明したが、走行動作や掘削動作、他の建設機械や産業車両においても同様に適用することができる。

【0079】

例えば、ホイールローダにおける前進と後退、土砂の積載、積み降し動作、または、フォークリフトにおける走行、リフト動作などにも適用できる。

30

【0080】

建設機械では自動車と異なり、その動作が定まっているため、予め次の動作を把握して適切にエネルギー収支を管理することができる。

【0081】

図3は、コントローラ17の制御ロジックの概要を示す図である。

【0082】

コントローラ17には、レバー、アクセル、ブレーキ操作量、車体情報、姿勢情報および荷重が入力情報として入力される。

40

【0083】

レバー、アクセル、ブレーキ操作量は、運転席403におけるオペレータの現操作によって決定するものである。また、車体情報は、走行体401における速度や加速度、また、旋回体402に関する情報としては旋回速度や旋回している際の作業部400の姿勢情報がある。

【0084】

作業部400の姿勢情報は、オペレータのレバー操作量によって得ることができ、ブーム、アーム、バケットに対する操作量より、旋回体402の慣性モーメントとして定義することができる。

【0085】

また、荷重としては測定された負荷荷重が入力される。

【0086】

これらの入力情報は、車体制御部20において、油圧ポンプ31、エンジン10、交流モータ35およびモータジェネレータ26で必要とされる出力を算出するために使用される。この必要とされる出力は、それぞれ、油圧ポンプ制御部21、エンジン制御部22、

50

交流モータ制御部23およびM/G(モータジェネレータ)制御部26によって用いられ、その各部での必要出力に応じて、エンジン制御部22、旋回制御部23およびM/G制御部26において、それぞれ、エンジン目標回転数We*、交流モータトルク指令Tm*およびモータトルク指令Tm2*を設定し、各部を駆動する。

【0087】

エネルギー算出部24では、モータジェネレータ(M/G)8および交流モータ35から回生される電力量(回生エネルギー)を算出する。

【0088】

ここで、回生エネルギーの求め方を、旋回体402について述べる。

【0089】

エネルギー算出部24では、油圧ショベル2の持つ位置エネルギーEpと運動エネルギーEvとの和を、回生エネルギーとして算出する。

【0090】

位置エネルギーEpと運動エネルギーEvとは、コントローラ17に入力されるオペレータの現操作、車体情報および荷重を用いる。

【0091】

旋回体402における運動エネルギーEv1は、旋回速度m[rad/s]より、下記の式(1)で算出可能である。

$$Ev_1 = (1/2) \cdot I_1 \cdot m^2 \quad \dots (1)$$

【0092】

ここで、I1は、慣性モーメントを表しており、旋回する際ににおける油圧ショベルのフロント部の姿勢によって、慣性モーメントは異なるため、ブーム405、アーム406、バケット407に対してそれぞれレバー操作量、又は、パイロット圧に応じた慣性モーメントを予め定義しておく。

【0093】

同様に、エンジン回転数e[rad/s]を用いて、エンジン10の回転による運動エネルギーも次式にて算出できる。

$$Ev_2 = K_2 \cdot (1/2) \cdot I_2 \cdot e^2 \quad \dots (2)$$

【0094】

ここで、I2はエンジンの慣性モーメントを表している。K2は予め設定した定数を表しており、例えばエンジン10のt[s]前における回転数や、ブースト圧に応じて決めるものである。

【0095】

以上より、運動エネルギーEvは、Ev1とEv2との和(Ev = Ev1 + Ev2)で算出される。

【0096】

また、位置エネルギーEpは、

$$Ep = K_3 \cdot St \quad \dots (3)$$

により算出できる。

【0097】

ここで、Stは、フロント部で回生を行う場合のブーム、アームのストローク[m]を表し、K3はあらかじめ設定されている定数である。

【0098】

このようにして算出した位置エネルギーEpと運動エネルギーEvと(Ev = Ev1 + Ev2)の和を、エネルギーEとして算出する。このエネルギーEを、回生される電力量とする。

【0099】

なお、実際は、回生される電力量としては、交流モータ35によるエネルギーが多くを占める。

【0100】

以上のように、車体制御部20において設定された各回転数および指令値と、各部で要

10

20

30

40

50

求される電力量の情報およびエネルギー算出部24において算出された回生されるエネルギーとは、動作推定部25に入力される。

【0101】

動作推定部25は、これらの情報を元に、油圧ショベルの走行部401、フロント作業装置32および旋回体402の次の動作を推定する。

【0102】

一般に、油圧ショベル2のような建設機械は、作業パターンがほぼ決まっている。そのため、現動作を元に次動作を推定しやすい。たとえば、走行体401では、車速が加速するようにオペレータが操作すると、次は減速すると推定される。作業部400においては、バケット407の位置が高くなるように操作すると、次の動作ではバケット407の位置は下がると推定される。また、旋回体402が旋回し力行する際には、次の動作は旋回が減速すると推定できる。本実施例では、特に、旋回体402の次操作を推定することが好みしい。10

【0103】

また、本実施例においては、旋回体402を電動化した場合について述べたが、走行部401やフロント作業装置32についても適用できる。

【0104】

例えば、走行部401においては、速度 v [m/s]より、走行による運動エネルギー $E_v = 1/2 \cdot m \cdot v^2$ として算出できる。また、フロント作業装置32において、例えば、ブームを電動化した場合には、バケットに積んだ土砂などの重量 m [g]や、作業部400部の姿勢情報から得られる高さ h [m]などにより、位置エネルギーを算出することにより、回生される電力量を求めることができる。20

【0105】

以上のように、算出された回生される電力量は、動作推定部25に入力され、オペレータの現操作とともに次動作を推定する。過充電することなくキャパシタ13に充電するキャパシタ制御部27においてキャパシタの目標電圧を設定する。

【0106】

ここで、キャパシタ目標電圧を設定する方法について、図4を用いて説明する。

【0107】

図4は、キャパシタ制御部の制御ロジックを表す図である。30

【0108】

図4に示されているように、キャパシタ制御部27は、キャパシタ充放電指令部40、キャパシタ状態検出部41およびキャパシタ目標電圧設定部42から構成されている。

【0109】

キャパシタ状態検出部41では、現在のキャパシタ電圧であるキャパシタの現電圧 V_0 を検出する。

【0110】

キャパシタ放電指令算出部40では、キャパシタ状態検出部41において検出された現電圧 V_0 と、エネルギー算出部24にて算出された回生エネルギーが入力され、キャパシタに対する放電指令を算出する。40

【0111】

キャパシタ目標電圧設定部42では、このように作成された放電指令に基づいて、キャパシタ目標電圧 V_c^* を決定する。

【0112】

ここで、キャパシタ放電指令算出部40で算出するキャパシタに対する放電指令は、エネルギー算出部24で算出した電力量の大きさに依存する。

【0113】

たとえば、電力量が大きい場合には、充電指令値を小さくする、又は、放電指令値を大きくする。これは回生する電力量が効率よくキャパシタに充電されるためには、予めキャパシタから放電させて充電可能な容量を大きくしておく必要があるからである。50

【0114】

つまり、予めキャパシタの放電を行うように放電指令値を大きく設定すればよい。たとえば、力行時においてエンジン回転数 e が高い場合には、重負荷作業中であると予測でき、キャパシタ 13 に充電することは不可能な状況であるため、充電電指令値は小さくする。また、ターボエンジンを使用している際には、ブースト圧もパラメータとして考慮して負荷の状態を予測することができる。

【0115】

逆に、電力量が小さい場合には、充電指令値を大きく、又は放電指令値を小さくするように、キャパシタ充放電指令を出力する。回生する電力量が小さい場合は、キャパシタの充電可能な容量を大きくする必要はないので、放電指令値を小さく設定すればよい。たとえば、エンジン回転数について、エンジン回転数 e が低い場合、つまり算出された電力量が小さい場合は、回生電力量が小さいため放電指令値は小さく設定すればよい。

10

【0116】

このようにキャパシタ充放電指令算出部 40 で設定された放電指令に従って放電を行うように、キャパシタ目標電圧算出部 42 において、キャパシタ目標電圧 V_c^* を算出する。キャパシタ目標電圧 V_c^* は、キャパシタ状態検出部 41 で検出したキャパシタの現電圧 V_0 と、エネルギー算出部 24 にて算出された回生エネルギーを構成している運動エネルギー E_v および位置エネルギー E_p を用いて次式によって算出される。

$$V_c^* = V_0 - E \quad \dots (4)$$

$$E = (K_p \cdot E_p + K_v \cdot E_v) \quad \dots (5)$$

20

【0117】

ここで、 K_p 、 K_v はあらかじめ設定した定数を示している。

【0118】

式(4)から自明のように、エネルギー算出部において算出された電力量が大きいほど、次の動作に備えてキャパシタ目標電圧 V_c^* を低くし、エネルギーが小さいほどキャパシタ目標電圧 V_c^* を高く制御すればよい。

【0119】

なお、このキャパシタ制御部 27 は、エンジン目標回転数 W_e^* 、交流モータトルク指令 T_m^* およびモータトルク指令 T_{m2}^* に基づいて、キャパシタ目標電圧 V_c^* を補正することも考えられる。

30

【0120】

図 5 は、旋回レバー・パイロット圧、旋回体速度、エネルギー E 、およびキャパシタ電圧と時間との関係を表す図である。

【0121】

図 5 は、キャパシタ目標電圧を制御した際の、旋回レバー・パイロット圧、旋回体速度、エネルギー E 、およびキャパシタ電圧と時間との関係である。

【0122】

図 5において、旋回レバーを操作しない間、旋回体の速度がゼロになっているため、このときの運動エネルギーはゼロである。よって、式(4)で算出する目標電圧 V_c^* を高めに設定する。次に、旋回レバー・パイロット圧が最大となるように、旋回レバーを操作した際には、それに伴い旋回体の速度が上昇する。よって、このときの運動エネルギーは大きくなり、目標電圧 V_c^* が小さくなる。この目標電圧値は、実際のショベルの仕様に合わせ、旋回体の最高回転数や出力し得る最大トルクに基づき、予め、式(5)の定数 K_v を設定しておけばよい。

40

【0123】

次に、旋回体速度が最高速度で旋回しているところから、レバーを中立に戻すと、旋回体は減速する。減速すると共に、運動エネルギーに応じて、キャパシタの目標電圧値 V_c^* を上げるように出力する。

【0124】

以上は、旋回速度が最高速に達するようなレバー操作を行った場合の説明であるが、旋

50

回速度が小さい場合も同様である。旋回速度が小さい場合には、運動エネルギーも小さくなるため、数式(4)において算出されるキャパシタ目標電圧値 V_c^* の数値は、それに応じて変化する。力行動作の場合には、目標電圧値 V_b^* を高くするが、図5における1回目の旋回動作よりも小さい値に設定される。旋回中の速度も2回目は小さいため、レバーを中立に戻して回生動作する際には、回生できるエネルギー量も小さくなる。

【0125】

ところで、図3に示されているバッテリ制御部28は、建設機械の作業時間終了時にバッテリのSOCが0に近づくように、予めバッテリ目標電圧 V_b^* が設定されている。よってバッテリ12は、エネルギー算出部で算出された回生される電力量によらず、設定されているバッテリ目標電圧 V_b^* に従い、放電のみを行うことで、バッテリ目標電圧 V_b^* を制御する。
10

【0126】

一方、前述したように、キャパシタ13が設定したキャパシタ目標電圧 V_c^* に制御されるために、本発明ではキャパシタ13の放電を予め行う。この制御によりキャパシタ電圧を制御しており、図3を参照しながら説明する。

【0127】

動作推定部25は、キャパシタがキャパシタ目標電圧設定部42にて設定されたキャパシタ目標電圧 V_c^* とを満たすように放電する電力量を、優先的に交流モータ35に放電されるように制御する。この時、車体制御部20で算出された各部の要求出力を満たすように放電が行われており、動作推定部25は各部への供給電力量の流れ(パワーフロー)を決定する役割を果たす。
20

【0128】

図6は、旋回体402、交流モータ35および第2のインバータ34からなる旋回部が力行動作の際、動作推定部25により決定されたパワーフローに基づき、キャパシタに充電されている電力が、優先的に交流モータ35に放電されることを示したものである。

【0129】

キャパシタ13からの放電電力量が、旋回部で必要とされる要求パワー P_s を全てキャパシタ13から全て賄える場合には、(1)で示すようなパワーフローに基づき、各部を制御する。

【0130】

また、キャパシタ13の電圧が低い状態であるなど、キャパシタ13で全エネルギーを賄うことができない場合には、(1)及び(2)で示すようなパワーフローとして、モータジェネレータ(M/G)8で発電したパワーも用いることが可能である。
30

【0131】

また、上述したバッテリ制御部28において、バッテリの状態が高SOCであったり、エンジン出力が不足している場合には、(3)で示すようなパワーフローとし、バッテリ電力を用いて交流モータ35を駆動するように制御しても良い。

【0132】

これらのパワーフローは、何れもキャパシタ13とバッテリ12の状態に基づくものであり、上述したとおり、キャパシタ制御部27やバッテリ制御部28において算出した充放電指令値を満たすように決定する。
40

【0133】

このように決定したパワーフローに基づいて、各部へ電力は制御され、それに伴いモータジェネレータ(M/G)8へのトルク指令と、交流モータ35へのトルク指令が行われる。

【0134】

以上のように、予めキャパシタ13の放電が行われた後、旋回部やモータジェネレータからの回生電力がキャパシタに充電される際のパワーフローの一例について、図7を用いて説明する。

【0135】

10

20

30

40

50

キャパシタ13への充電が可能な場合には、(1)のようなパワーフローに従うように、各部を制御する。ただし、旋回力行時には、旋回動作と共に複合動作として、フロント作業を行う可能性もある。その場合、旋回による回生される電力量がキャパシタへの充電指令に対して大きければ、(1)及び(2)のパワーフローとし、旋回モータで回生したエネルギーでモータジェネレータ(M/G)8を駆動してエンジンをアシストし、ポンプ31の出力に使用することも可能である。

【0136】

また、キャパシタ13の蓄電状態が低くなり、充電指令が出力された場合には、(1)及び(3)で示すようなパワーフローとし、モータジェネレータ(M/G)8で発電したパワーも用いることが可能である。いずれも、キャパシタのキャパシタ目標電圧 V_c^* を満たすようにパワーフローを決定するものである。10

【0137】

以上の説明では、旋回体の力行および回生動作例を示したが、その他の部分、例えば走行動作やフロント部のブーム動作が電動化された場合についても本実施例における電源システム1の制御方法については適用可能である。

【産業上の利用可能性】

【0138】

本発明は、エンジンと電源システムとを備えた建設機械に関するものであって、油圧ショベル、ホイールローダ、フォークリフト等に利用可能である。

【符号の説明】

【0139】

- 1 電源システム
- 8 モータジェネレータ(M/G)
- 9 第1のインバータ
- 10 エンジン
- 12 バッテリ
- 13 キャパシタ
- 14 第2のDC/DCコンバータ
- 15 第1のDC/DCコンバータ
- 17 コントローラ
- 32 フロント作業装置
- 33 走行用油圧モータ
- 34 第2のインバータ
- 35 交流モータ
- 36 コントロールバルブ
- 400 作業部
- 402 旋回体

10

20

30

【図 1】

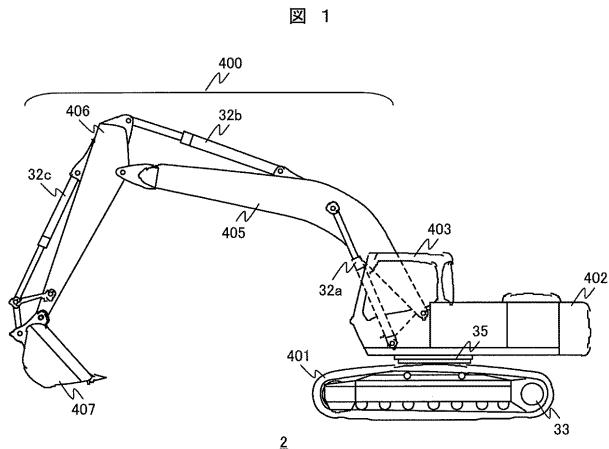


図 1

【図 2】

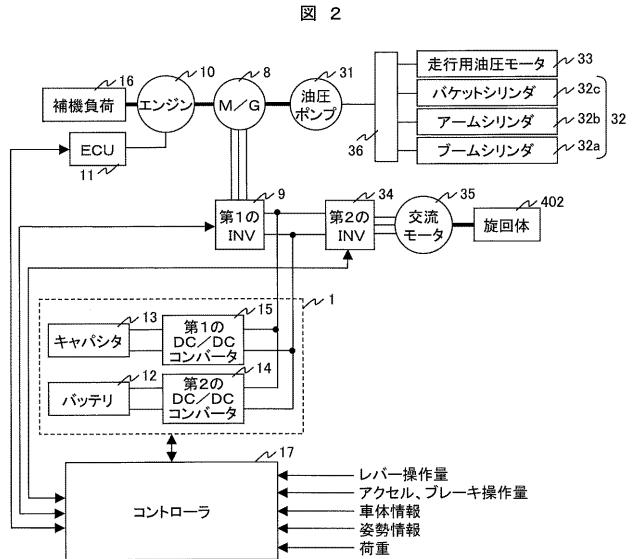


図 2

【図 3】

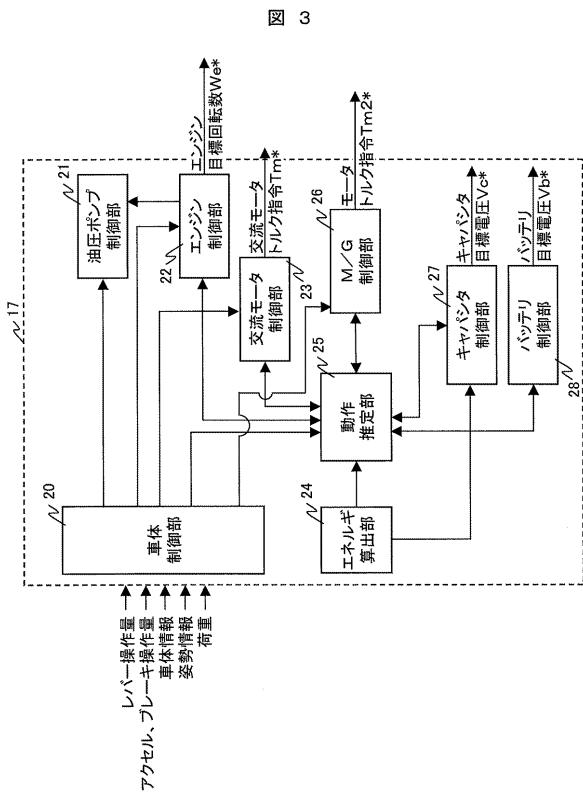


図 3

【図 4】

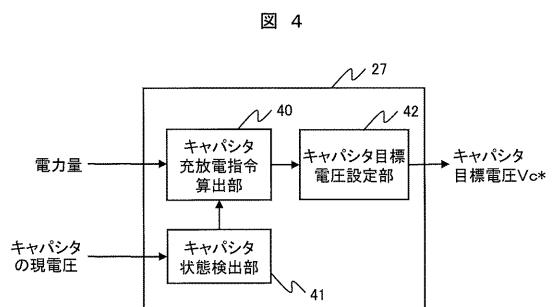
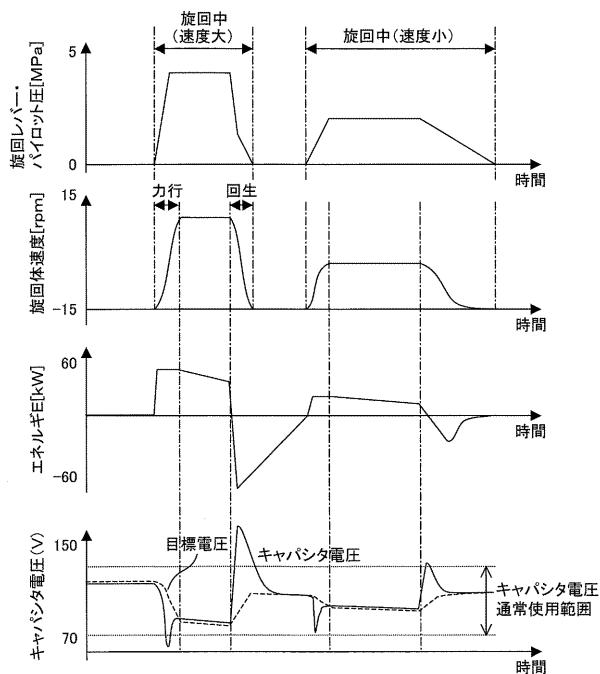


図 4

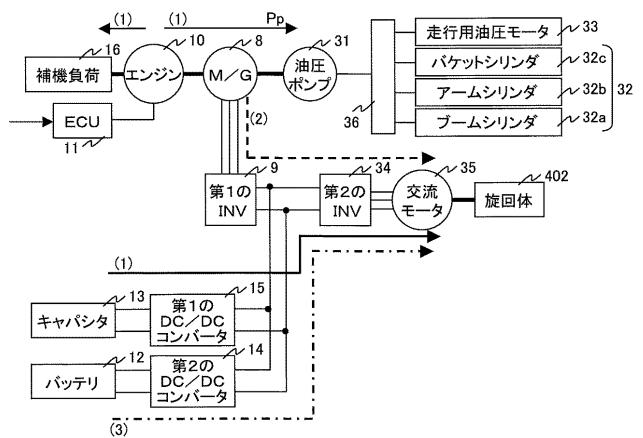
【図 5】

図 5



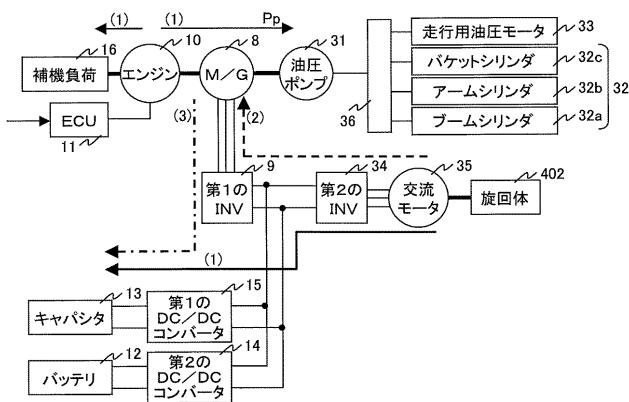
【図 6】

図 6



【図 7】

図 7



フロントページの続き

(72)発明者 石田 誠司
茨城県日立市大みか町七丁目 1番 1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 梶田 勇輔
茨城県土浦市神立町 650 番地 日立建機株式会社土浦工場内

(72)発明者 佐竹 英敏
茨城県土浦市神立町 650 番地 日立建機株式会社土浦工場内

(72)発明者 枝村 学
茨城県土浦市神立町 650 番地 日立建機株式会社土浦工場内

(72)発明者 藤島 一雄
茨城県土浦市神立町 650 番地 日立建機株式会社土浦工場内

(72)発明者 佐々木 正貴
茨城県日立市大みか町七丁目 1番 1号 株式会社日立製作所日立研究所内

F ターム(参考) 2D003 AA01 AB02 AB03 AB04 BA05 CA10 DA04 DB03