

【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とに基づいて、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。

【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。

【請求項 8】

50

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。

【背景技術】

10

【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（パケットシリンダ、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（バッテリー）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ーに充電し、重負荷時に充電された電力をバッテリーから放電し、使用する。

20

【0005】

特に、バッテリーに鉛バッテリーを使用するハイブリッド建設機械では、鉛バッテリーの回生効率が悪いので、制動時に得られる回生電力を鉛バッテリーに充電することが、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、鉛バッテリー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 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

【 0 0 1 1 】

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ー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。

【 0 0 1 2 】

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。

【 0 0 1 3 】

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、バッテリー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。

【 0 0 1 4 】

また、キャパシタとバッテリー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効に充電する必要がある。

【 0 0 1 5 】

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効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。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 6 】

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ー（バッテリーとしては、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。

【 0 0 1 7 】

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。

【 0 0 1 8 】

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。

【 0 0 1 9 】

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。

【 0 0 2 0 】

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。

【 0 0 2 1 】

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ー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、バッテリーとしては、鉛バッテリーやリチウム電池が使用可能であるが、特に、鉛バッテリーが好ましい。

【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ー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。

【 0 0 3 4 】

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、バッテリー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。

【 0 0 3 5 】

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。

【 0 0 3 6 】

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、アイドル状態であったり、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。

【 0 0 3 7 】

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ー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 】

【 0 0 3 8 】

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 】

【 0 0 3 9 】

【 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 】

【 0 0 4 0 】

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。

【 0 0 4 1 】

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。

【 0 0 4 2 】

図 1 において、油圧ショベル 2 は、走行体 4 0 1、旋回体 4 0 2 を有する。

【 0 0 4 3 】

走行体 4 0 1 は、走行用油圧モータ 3 3 により駆動される。

【 0 0 4 4 】

旋回体 4 0 2 は、交流モータ 3 5 により駆動され、走行体 4 0 1 に対して旋回可能に形成される。

【 0 0 4 5 】

また、旋回体 4 0 2 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 4 0 3 が設置され、旋回体 4 0 2 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 4 0 5、アーム 4 0 6、バケット 4 0 7 を有する多関節構造の作業部 4 0 0 が設置されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

ブーム 4 0 5、アーム 4 0 6、バケット 4 0 7 は、それぞれ、ブームシリンダ 3 2 a、アームシリンダ 3 2 b、バケットシリンダ 3 2 c により、それぞれ駆動する。

【 0 0 4 7 】

図 2 は、油圧ショベルのシステム構成を示す図である。

【 0 0 4 8 】

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 (E C U) 1 1 により制御されるエンジン 1 0 と、エンジン 1 0 と油圧ポンプ 3 1 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 (I N V) 9 と、を有している。

10

【 0 0 4 9 】

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 1 0 をアシストし、エンジン 1 0 に接続された油圧ポンプ 3 1 やエアコン等の補機負荷 1 6 を駆動し、回生時には発電を行う。

【 0 0 5 0 】

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 4 0 2 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 1 3 に充電することが好ましい。

【 0 0 5 1 】

20

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。

【 0 0 5 2 】

さらに、油圧ショベルのシステムは、油圧ポンプ 3 1 と、油圧ポンプ 3 1 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 3 2 および走行用油圧モータ 3 3 を駆動するコントロールバルブ 3 6 と、を具備している。

【 0 0 5 3 】

コントロールバルブ 3 6 は、油圧ポンプ 3 1 から供給される油の流れを制御し、ブームシリンダ 3 2 a、アームシリンダ 3 2 b、バケットシリンダ 3 2 c、走行用油圧モータ 3 3 に作動油を供給する。

30

【 0 0 5 4 】

ここで、フロント作業装置 (油圧作業装置) 3 2 は、ブームシリンダ 3 2 a、アームシリンダ 3 2 b およびバケットシリンダ 3 2 c からなり、旋回体 4 0 2 に設置されている。

【 0 0 5 5 】

旋回体 4 0 2 には、交流モータ 3 5 が接続され、交流モータ 3 5 は旋回体 4 0 2 を駆動する。

【 0 0 5 6 】

また、交流モータ 3 5 には、交流モータ 3 5 を駆動するための第 2 のインバータ (I N V) 3 4 が接続されている。

【 0 0 5 7 】

40

旋回体 4 0 2 は、減速機を有しており、交流モータ 3 5 の軸出力を増速して旋回体 4 0 2 を駆動する。交流モータ 3 5 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 4 0 2 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。

【 0 0 5 8 】

なお、第 2 のインバータ 3 4 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。

【 0 0 5 9 】

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。

【 0 0 6 0 】

50

電源システム 1 は、バッテリー 1 2、キャパシタ 1 3、バッテリー 1 2 に接続された第 1 の DC / DC コンバータ 1 5、およびキャパシタ 1 3 に接続された第 2 の DC / DC コンバータ 1 4 を有する。なお、バッテリー 1 2 やキャパシタ 1 3 は、電気エネルギーを蓄積する蓄電装置である。

【 0 0 6 1 】

バッテリー 1 2 には、電圧が 1 7 0 V ~ 3 6 0 V 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。

【 0 0 6 2 】

キャパシタ 1 3 には、電気二重層コンデンサを使用し、電圧が 4 0 0 V 程度、容量が 1 0 0 0 F 程度のものを想定している。なお、キャパシタ 1 3 は、バッテリー 1 2 として 2 4 0 V 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、1 2 0 A h 程度の容量が必要である。

【 0 0 6 3 】

第 1 の DC / DC コンバータ 1 5 および第 2 の DC / DC コンバータ 1 4 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、バッテリー 1 2 とキャパシタ 1 3 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。

【 0 0 6 4 】

なお、第 1 の DC / DC コンバータ 1 5 は、キャパシタ 1 3 と第 1 のインバータ 9 および第 2 のインバータ 3 4 との間の電力変換を、第 2 の DC / DC コンバータ 1 4 は、バッテリー 1 2 と第 1 のインバータ 9 および第 2 のインバータ 3 4 との間の電力変換を行う。

【 0 0 6 5 】

つまり、電源システム 1 は、蓄電装置（キャパシタ 1 3、バッテリー 1 2）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 1 5、第 2 の DC / DC コンバータ 1 4）とを有するものである。

【 0 0 6 6 】

そして、コントローラ 1 7 は、蓄電装置（キャパシタ 1 3、バッテリー 1 2）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 1 5、第 2 の DC / DC コンバータ 1 4）を制御する。

【 0 0 6 7 】

なお、コントローラ 1 7 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。

【 0 0 6 8 】

オペレータ現操作としては、運転席 4 0 3 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 4 0 1 における速度や加速度、旋回体 4 0 2 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 4 0 0 の姿勢情報がある。

【 0 0 6 9 】

作業部 4 0 0 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 4 0 2 の慣性モーメントとして定義することができる。

【 0 0 7 0 】

また、荷重としては、測定された負荷荷重が入力される。

【 0 0 7 1 】

コントローラ 1 7 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ーコントローラと、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 1 0、モータジェネレータ（M / G）8、交流モータ 3 5 や電源システム 1 を制御する。

【 0 0 7 2 】

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

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。

【 0 0 7 3 】

また、本実施例において、バッテリー（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。

【 0 0 7 4 】

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 1 3 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

【 0 0 7 5 】

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 4 0 0 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 1 3 の入出力が最適となるように管理する。

【 0 0 7 6 】

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 1 3 に充電するエネルギー量を決定し、それに伴い D C / D C コンバータを制御する。

【 0 0 7 7 】

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

【 0 0 7 8 】

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。

【 0 0 7 9 】

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。

【 0 0 8 0 】

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。

30

【 0 0 8 1 】

図 3 は、コントローラ 1 7 の制御ロジックの概要を示す図である。

【 0 0 8 2 】

コントローラ 1 7 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。

【 0 0 8 3 】

レバー、アクセル、ブレーキ操作量は、運転席 4 0 3 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 4 0 1 における速度や加速度、また、旋回体 4 0 2 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 4 0 0 の姿勢情報がある。

40

【 0 0 8 4 】

作業部 4 0 0 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 4 0 2 の慣性モーメントとして定義することができる。

【 0 0 8 5 】

また、荷重としては測定された負荷荷重が入力される。

【 0 0 8 6 】

これらの入力情報は、車体制御部 2 0 において、油圧ポンプ 3 1、エンジン 1 0、交流モータ 3 5 およびモータジェネレータ 2 6 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 2 1、エンジン制御部 2 2、

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 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^* 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、油圧シヨベル 2 の持つ位置エネルギー E_p と運動エネルギー E_v 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 E_p と運動エネルギー E_v 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 E_{v1} は、旋回速度 m [rad/s] より、下記の数式 (1) で算出可能である。

$$E_{v1} = (1/2) \cdot I_1 \cdot m^2 \quad \dots (1)$$

【0092】

ここで、 I_1 は、慣性モーメントを表しており、旋回する際における油圧シヨ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。

$$E_{v2} = K_2 \cdot (1/2) \cdot I_2 \cdot e^2 \quad \dots (2)$$

【0094】

ここで、 I_2 はエンジンの慣性モーメントを表している。 K_2 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 E_v は、 E_{v1} と E_{v2} との和 ($E_v = E_{v1} + E_{v2}$) で算出される。

【0096】

また、位置エネルギー E_p は、

$$E_p = K_3 \cdot S_t \quad \dots (3)$$

により算出できる。

【0097】

ここで、 S_t 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、 K_3 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 E_p と運動エネルギー E_v と ($E_v = E_{v1} + E_{v2}$) 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 2 4 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 2 5 に入力される。

【0101】

動作推定部 2 5 は、これらの情報を元に、油圧ショベルの走行部 4 0 1、フロント作業装置 3 2 および旋回体 4 0 2 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 4 0 1 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 4 0 0 においては、バケット 4 0 7 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 4 0 7 の位置は下がると推定される。また、旋回体 4 0 2 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 4 0 2 の次操作を推定することが好ましい。

【0103】

また、本実施例においては、旋回体 4 0 2 を電動化した場合について述べたが、走行部 4 0 1 やフロント作業装置 3 2 についても適用できる。

【0104】

例えば、走行部 4 0 1 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 3 2 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 4 0 0 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。

【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 2 5 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 1 3 に充電するキャパシタ制御部 2 7 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。

【0108】

図 4 に示されているように、キャパシタ制御部 2 7 は、キャパシタ充放電指令部 4 0、キャパシタ状態検出部 4 1 およびキャパシタ目標電圧設定部 4 2 から構成されている。

【0109】

キャパシタ状態検出部 4 1 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 4 0 では、キャパシタ状態検出部 4 1 において検出された現電圧 V_0 と、エネルギー算出部 2 4 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。

【0111】

キャパシタ目標電圧設定部 4 2 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_0^* を決定する。

【0112】

ここで、キャパシタ放電指令算出部 4 0 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 2 4 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。

【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】

数式(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、数式(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、数式(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_{c}^{*} 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ー制御部28は、建設機械の作業時間終了時にバッテリーのSOCが0に近づくように、予めバッテリー目標電圧 V_{b}^{*} が設定されている。よってバッテリー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ー目標電圧 V_{b}^{*} に従い、放電のみを行うことで、バッテリー目標電圧 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、上述したバッテリー制御部28において、バッテリーの状態が高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、バッテリー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とバッテリー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やバッテリー制御部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】

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。

20

【符号の説明】

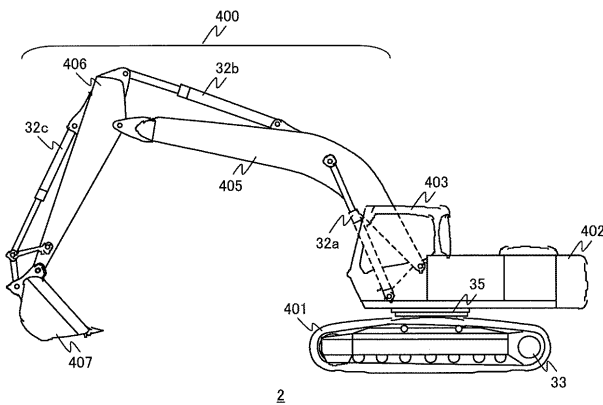
【0139】

- 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

30

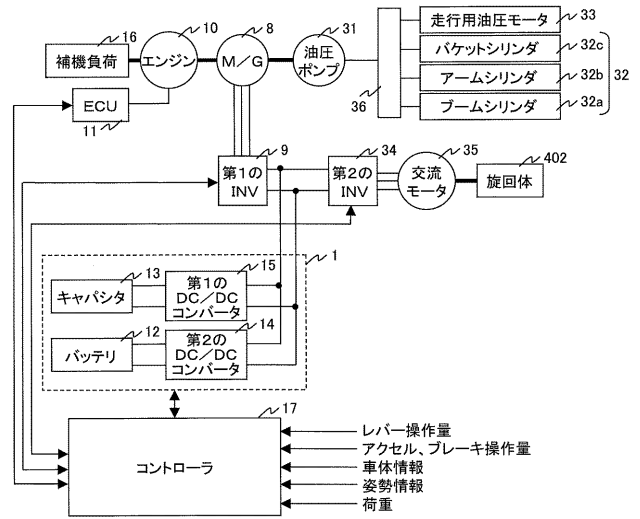
【 図 1 】

圖 1



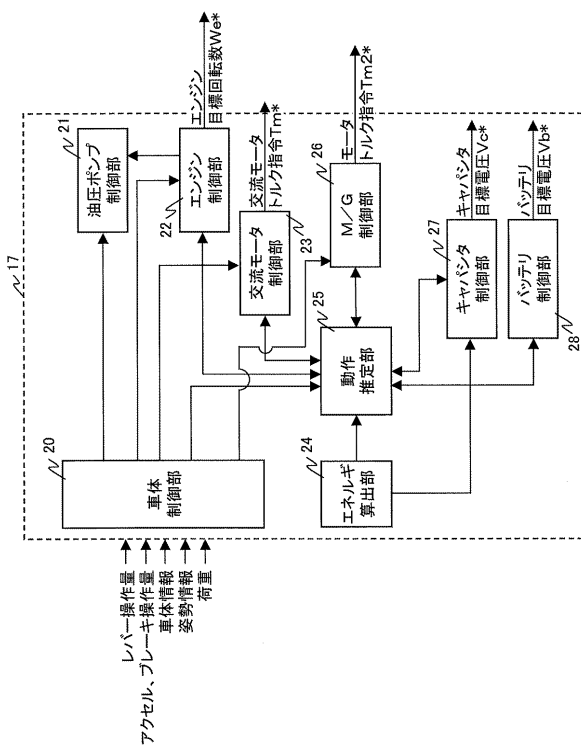
【 図 2 】

図 2



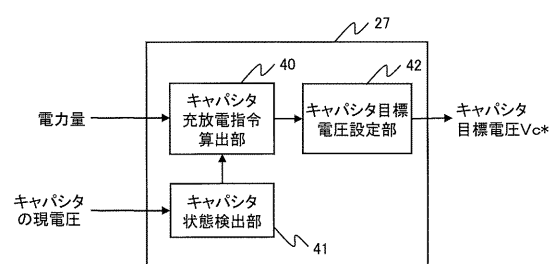
【 図 3 】

図 3



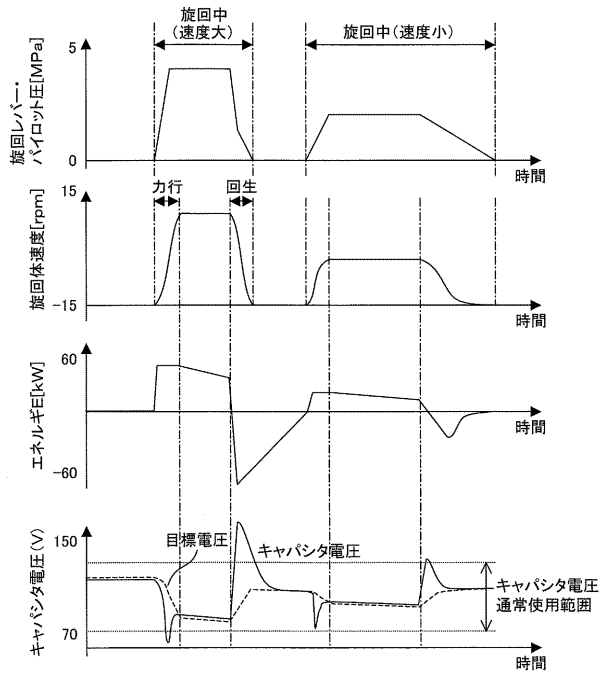
【 図 4 】

图 4



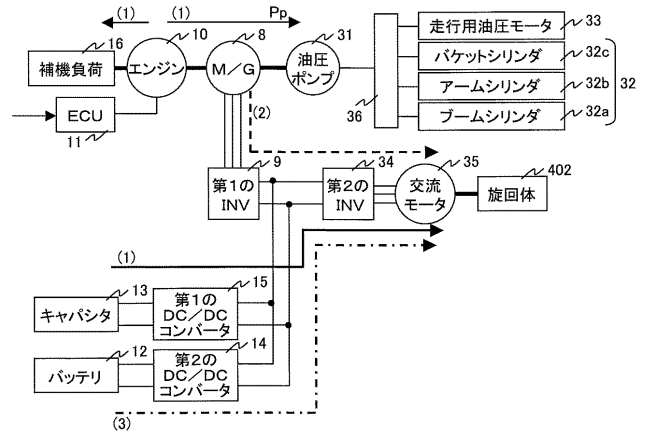
【図 5】

図 5



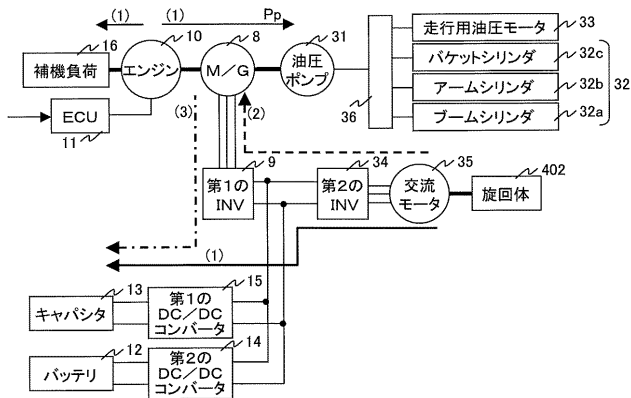
【図 6】

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 6 5 0 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 6 5 0 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 6 5 0 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 6 5 0 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