

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6618452号
(P6618452)

(45) 発行日 令和1年12月11日 (2019. 12. 11)

(24) 登録日 令和1年11月22日 (2019. 11. 22)

(51) Int. Cl.	F 1
B 6 O W 10/26 (2006. 01)	B 6 O W 10/26 9 0 0
B 6 O W 10/08 (2006. 01)	B 6 O W 10/08 9 0 0
B 6 O W 20/13 (2016. 01)	B 6 O W 20/13 Z H V
B 6 O W 20/00 (2016. 01)	B 6 O W 20/00 9 0 0
E O 2 F 9/20 (2006. 01)	E O 2 F 9/20 Z
請求項の数 7 (全 29 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2016-218934 (P2016-218934)	(73) 特許権者	000005522
(22) 出願日	平成28年11月9日 (2016. 11. 9)		日立建機株式会社
(65) 公開番号	特開2018-75958 (P2018-75958A)		東京都台東区東上野二丁目16番1号
(43) 公開日	平成30年5月17日 (2018. 5. 17)	(74) 代理人	110002457
審査請求日	平成31年2月26日 (2019. 2. 26)		特許業務法人広和特許事務所
		(74) 代理人	100079441
			弁理士 広瀬 和彦
		(72) 発明者	日田 真史
			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	井村 進也
			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
		審査官	鶴江 陽介
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハイブリッド建設機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

エンジンと、

前記エンジンに機械的に接続された発電電動機と、

前記発電電動機を発電作用させたときに充電し、前記発電電動機を力行作用させたときに放電する蓄電装置と、

前記エンジンおよび前記発電電動機のトルクで駆動する油圧ポンプと、

前記油圧ポンプから供給される作動油によって駆動する複数の油圧アクチュエータと、

前記エンジンおよび前記発電電動機の出力を制御するコントローラとを備えたハイブリッド建設機械において、

前記蓄電装置の温度を検出する蓄電装置温度検出器と、

前記作動油の温度を検出する作動油温度検出器とをさらに備え、

前記コントローラは、

前記蓄電装置温度検出器によって検出した温度によって前記蓄電装置が低温状態であると判断したときに、前記蓄電装置の温度が低くなるに従って大きい値とする第1の車体速度低減量を決定する第1の車体速度低減量決定部と、

前記作動油温度検出器によって検出した温度によって前記作動油が低温状態であると判断したときに、前記作動油の温度が低くなるに従って大きい値とする第2の車体速度低減量を決定する第2の車体速度低減量決定部と、

前記第1の車体速度低減量と前記第2の車体速度低減量との和に基づいて車体速度を低

下させるように車体動作を制御する車体動作制御部とを有することを特徴とするハイブリッド建設機械。

【請求項 2】

前記コントローラは、前記蓄電装置温度検出器によって検出した温度によって前記蓄電装置が低温状態であると判断したときに、前記蓄電装置の温度が低くなるに従って前記蓄電装置の放電電力最大値を小さくする放電電力最大値調整部をさらに有し、

前記車体動作制御部は、前記エンジンの最大出力と前記放電電力最大値との和である最大出力加算値から、前記第 1 の車体速度低減量と前記第 2 の車体速度低減量との和である減少出力加算値を減算した値を超えないように、前記発電電動機を制御することを特徴とする請求項 1 に記載のハイブリッド建設機械。

10

【請求項 3】

前記コントローラは、前記蓄電装置温度検出器によって検出した温度によって前記蓄電装置が低温状態であると判断したときに、前記蓄電装置の温度が低くなるに従って前記蓄電装置の充電電力最大値を小さくする充電電力最大値調整部をさらに有し、

前記車体動作制御部は、充電電力が前記充電電力最大値を超えないように、前記発電電動機を制御することを特徴とする請求項 2 に記載のハイブリッド建設機械。

【請求項 4】

前記充電電力最大値の絶対値は、前記放電電力最大値の絶対値よりも小さい値に設定されたことを特徴とする請求項 3 に記載のハイブリッド建設機械。

【請求項 5】

20

前記コントローラは、前記蓄電装置の現在から過去一定時間の電流二乗積算値を算出する電流二乗積算値算出部と、

前記電流二乗積算値が予め決められた第 1 の基準値を超えた場合に、超えた量が大きくなるに従って前記第 1 の車体速度低減量よりも車体速度を低下させる車体速度低減量調整部とをさらに有することを特徴とする請求項 1 に記載のハイブリッド建設機械。

【請求項 6】

前記コントローラは、前記蓄電装置の現在から過去一定時間の電流二乗積算値を算出する電流二乗積算値算出部と、

前記電流二乗積算値が予め決められた第 1 の基準値よりも大きな値である第 2 の基準値を超えた場合に、前記蓄電装置の充電電力最大値をさらに小さくする充電電力最大値低減部とをさらに有することを特徴とする請求項 3 に記載のハイブリッド建設機械。

30

【請求項 7】

前記コントローラは、前記蓄電装置の現在から過去一定時間の電流二乗積算値を算出する電流二乗積算値算出部と、

前記電流二乗積算値が予め決められた第 1 の基準値よりも大きな値である第 3 の基準値を超えた場合に、前記蓄電装置の放電電力最大値をさらに小さくする放電電力最大値低減部とをさらに有することを特徴とする請求項 2 に記載のハイブリッド建設機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、エンジンと発電電動機が搭載されたハイブリッド建設機械に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、エンジンと油圧ポンプに機械的に結合された発電電動機と、リチウムイオンバッテリー等の蓄電装置を備えたハイブリッド建設機械が知られている（例えば、特許文献 1、2 参照）。このようなハイブリッド建設機械では、発電電動機は、エンジンの駆動力によって発電した電力を蓄電装置に充電する、または蓄電装置の電力を用いて力行することによってエンジンをアシストする、という役割を担う。また、多くのハイブリッド建設機械では、発電電動機とは別個に電動モータを備え、この電動モータによって油圧アクチュエータの動作を代行またはアシストさせている。例えば電動モータによって旋回動作を行

50

うときには、電動モータへの電力供給によって上部旋回体の旋回動作やアシストを行うと共に、旋回停止時の制動エネルギーを回生して蓄電装置の充電を行っている。

【0003】

このようなハイブリッド建設機械では、発電電動機や旋回電動モータの出力を大きくすることで、燃費低減効果を高めることができる。しかしながら、発電電動機等の出力を大きくすると、蓄電装置の放電能力、容量、温度等の制約により、十分な電力を供給できない場合がある。この場合、蓄電装置からの電力供給を継続すると、蓄電装置の酷使に繋がり、蓄電装置の劣化を早めることになる。

【0004】

また、リチウムイオンバッテリーのように化学反応を利用した蓄電装置は、低温状態では常温状態に比べて出力が低下する。このような低温状態で、低下した出力の範囲内で充電と放電を繰り返しても、蓄電装置を酷使することになり、蓄電装置に大きな性能劣化が生じる。

【0005】

このような問題点を考慮した制御装置が知られている。例えば特許文献1には、蓄電装置の温度に応じて出力可能な最大の充放電電力の値を算出し、算出した値の範囲内で蓄電装置を使用する構成が開示されている。

【0006】

また、特許文献2には、蓄電装置の劣化を抑制するために、電流二乗積算値が所定の値を超えると、その増加量に応じて放電量を制限する構成が開示されている。このとき、電流二乗積算値は、現在から過去一定時間までの蓄電装置の使用量を示すものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2015-35841号公報

【特許文献2】特開2006-149181号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、低温状態であっても、建設機械は暖機動作または通常作業を行う。このため、低温状態でも、車体の動作性能が可能な限り確保されていることが好ましい。しかしながら、一般的に蓄電装置が低温となるのは外気温が低温であることが原因であるため、このときの作動油温度も同様に低温になっている。作動油は低温状態で粘度が上昇するため、ポンプの引摺りトルクは常温時よりも増加する。これに対し、特許文献1に記載されたハイブリッド建設機械では、低温状態で蓄電装置の最大放電電力を低下させる。このため、車体の動作性能を確保するために、低温状態で油圧ポンプを駆動すると、ポンプ引摺りトルクの増加にアシストモータが対応できず、エンジン回転数が一時的に低下するようなラグダウンを引き起こす虞れがある。

【0009】

一方、低温状態では、電流二乗積算値の最大値は非常に小さくなる傾向がある。従って、電流二乗積算値は、最大値付近まで増加する場合でも、最大値に対して減少する場合でも、常温時よりも速い速度で変動する。このため、特許文献2に開示されたように、電流二乗積算値の上限値に近付いた後に電力を制限するような制御を行うと、車体速度の増加と減少が頻繁に切り換わり、オペレータに操作ストレスを与えるという問題がある。

【0010】

本発明は上述した従来技術の問題に鑑みなされたもので、本発明の目的は、低温状態で蓄電装置の適切な利用が可能なハイブリッド建設機械を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するために、本発明は、エンジンと、前記エンジンに機械的に接続され

10

20

30

40

50

た発電電動機と、前記発電電動機を発電作用させたときに充電し、前記発電電動機を力行作用させたときに放電する蓄電装置と、前記エンジンおよび前記発電電動機のトルクで駆動する油圧ポンプと、前記油圧ポンプから供給される作動油によって駆動する複数の油圧アクチュエータと、前記エンジンおよび前記発電電動機の出力を制御するコントローラとを備えたハイブリッド建設機械において、前記蓄電装置の温度を検出する蓄電装置温度検出器と、前記作動油の温度を検出する作動油温度検出器とをさらに備え、前記コントローラは、前記蓄電装置温度検出器によって検出した温度によって前記蓄電装置が低温状態であると判断したときに、前記蓄電装置の温度が低くなるに従って大きい値とする第１の車体速度低減量を決定する第１の車体速度低減量決定部と、前記作動油温度検出器によって検出した温度によって前記作動油が低温状態であると判断したときに、前記作動油の温度が低くなるに従って大きい値とする第２の車体速度低減量を決定する第２の車体速度低減量決定部と、前記第１の車体速度低減量と前記第２の車体速度低減量との和に基づいて車体速度を低下させるように車体動作を制御する車体動作制御部とを有することを特徴としている。

10

【発明の効果】

【００１２】

本発明によれば、低温状態で蓄電装置の適切な利用が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】本発明の実施の形態によるハイブリッド油圧ショベルを示す正面図である。

20

【図２】図１中のキャブ内を示す要部斜視図である。

【図３】図１中のハイブリッド油圧ショベルに適用する油圧システムと電動システムを示すブロック図である。

【図４】図２中のハイブリッドコントロールユニットを示すブロック図である。

【図５】図４中の電流二乗積算比率演算部を示すブロック図である。

【図６】図４中の最大電力演算部を示すブロック図である。

【図７】図４中の発電電動機要求出力演算部を示すブロック図である。

【図８】図４中の最大出力演算部を示すブロック図である。

【図９】図８中の低温減少出力演算部を示すブロック図である。

【図１０】図８中の発電電動機出力制限ゲイン演算部を示すブロック図である。

30

【図１１】図８中の発電電動機最大出力演算部を示すブロック図である。

【図１２】図８中の最大合計出力演算部を示すブロック図である。

【図１３】図４中の出力指令演算部を示すブロック図である。

【図１４】バッテリー温度が低温状態で作動油温度が常温状態となったときのエンジンと発電電動機の出力の一例を示す説明図である。

【図１５】バッテリー温度が常温状態で作動油温度が低温状態となったときのエンジンと発電電動機の出力の一例を示す説明図である。

【図１６】バッテリー温度および作動油温度がいずれも低温状態となったときのエンジンと発電電動機の出力の一例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

40

【００１４】

以下、本発明の実施の形態によるハイブリッド建設機械としてハイブリッド油圧ショベルを例に挙げて、添付図面に従って説明する。

【００１５】

図１ないし図１６は本発明の実施の形態を示している。ハイブリッド油圧ショベル１（以下、油圧ショベル１という）は、後述のエンジン２０と発電電動機２７とを備えている。この油圧ショベル１は、自走可能なクローラ式の下部走行体２と、下部走行体２上に設けられた旋回装置３と、下部走行体２上に旋回装置３を介して旋回可能に搭載された上部旋回体４と、上部旋回体４の前側に設けられ掘削作業等を行う多関節構造の作業装置１２とにより構成されている。このとき、下部走行体２と上部旋回体４とは、油圧ショベル１

50

の車体を構成している。

【 0 0 1 6 】

上部旋回体 4 は、旋回フレーム 5 上に設けられエンジン 2 0 等が収容された建屋カバー 6 と、オペレータが搭乗するキャブ 7 とを備えている。図 2 に示すように、キャブ 7 内には、オペレータが着座する運転席 8 が設けられると共に、運転席 8 の周囲には、操作レバー、操作ペダル等からなる走行操作装置 9 と、操作レバー等からなる旋回操作装置 1 0 と、操作レバー等からなる作業操作装置 1 1 とが設けられている。また、キャブ 7 内には、エンジン制御ダイヤル 3 9 が設けられている。

【 0 0 1 7 】

走行操作装置 9 は、例えば運転席 8 の前側に配置されている。また、旋回操作装置 1 0 は、例えば運転席 8 の左側に配置された操作レバーのうち前後方向の操作部分が該当する。さらに、作業操作装置 1 1 は、運転席 8 の左側に配置された操作レバーのうち左右方向の操作部分（アーム操作）と、運転席 8 の右側に配置された操作レバーのうち前後方向の操作部分（ブーム操作）と左右方向の操作部分（バケット操作）とが該当する。なお、操作レバーの操作方向と旋回動作や作業動作との関係は、前述したものに限らず、油圧ショベル 1 の仕様等に応じて適宜設定される。

【 0 0 1 8 】

ここで、操作装置 9 ~ 1 1 には、これらの操作量（レバー操作量 O A）を検出する操作量センサ 9 A ~ 1 1 A がそれぞれ設けられている。これらの操作量センサ 9 A ~ 1 1 A は、複数の油圧アクチュエータ（油圧モータ 2 5 , 2 6、シリンダ 1 2 D ~ 1 2 F）を駆動させる操作量を検出する操作量検出部を構成している。操作量センサ 9 A ~ 1 1 A は、例えば下部走行体 2 の走行操作、上部旋回体 4 の旋回操作、作業装置 1 2 の俯仰動操作（掘削操作）等のような車体の操作状態を検出する。

【 0 0 1 9 】

このとき、操作量センサ 9 A は、前進操作量と後進操作量とを含む走行レバー・ペダルの操作量を検出している。操作量センサ 1 0 A は、左旋回操作量と右旋回操作量とを含む旋回レバーの操作量を検出している。操作量センサ 1 1 A は、ブーム上げ操作量およびブーム下げ操作量を含むブームレバーの操作量と、アーム上げ操作量およびアーム下げ操作量を含むアームレバーの操作量と、バケットクラウド操作量およびバケットダンプ操作量を含むバケットレバーの操作量と、を検出している。レバー操作量 O A は、これらの操作量を含んでいる。

【 0 0 2 0 】

図 1 に示すように、作業装置 1 2 は、例えばブーム 1 2 A、アーム 1 2 B、バケット 1 2 C と、これらを駆動するブームシリンダ 1 2 D、アームシリンダ 1 2 E、バケットシリンダ 1 2 F とによって構成されている。ブーム 1 2 A、アーム 1 2 B、バケット 1 2 C は、互いにピン結合されている。作業装置 1 2 は、旋回フレーム 5 に取付けられ、シリンダ 1 2 D ~ 1 2 F を伸長または縮小することによって、俯仰動する。

【 0 0 2 1 】

ここで、油圧ショベル 1 は、発電電動機 2 7 等を制御する電動システムと、作業装置 1 2 等の動作を制御する油圧システムとを搭載している。以下、油圧ショベル 1 のシステム構成について図 3 を参照して説明する。

【 0 0 2 2 】

エンジン 2 0 は、旋回フレーム 5 に搭載されている。このエンジン 2 0 は、例えばディーゼルエンジン等の内燃機関によって構成されている。エンジン 2 0 の出力側には、後述の油圧ポンプ 2 2 と発電電動機 2 7 とが機械的に直列接続して取付けられ、これら油圧ポンプ 2 2 と発電電動機 2 7 とは、エンジン 2 0 によって駆動される。ここで、エンジン 2 0 の作動はエンジンコントロールユニット 2 1（以下、E C U 2 1 という）によって制御されている。E C U 2 1 は、ハイブリッドコントロールユニット 3 7（以下、H C U 3 7 という）からのエンジン出力指令 P e に基づいて、エンジン 2 0 の出力トルク、回転速度（エンジン回転数）等を制御する。なお、エンジン 2 0 の最大出力は、例えば油圧ポンプ

10

20

30

40

50

２２の最大動力よりも小さくなっている。

【００２３】

油圧ポンプ２２は、エンジン２０に機械的に接続されている。この油圧ポンプ２２は、エンジン２０単独のトルクによって駆動可能である。また、油圧ポンプ２２は、エンジン２０のトルクに発電電動機２７のアシストトルクを加えた複合トルク（合計トルク）によっても駆動可能である。この油圧ポンプ２２は、タンク（図示せず）内に貯溜された作動油を加圧し、走行油圧モータ２５、旋回油圧モータ２６、作業装置１２のシリンダ１２Ｄ～１２Ｆ等に圧油として吐出する。また、タンクには、作動油温度Ｔ_oを検出する作動油温度センサ２３が設けられている。作動油温度センサ２３は、作動油温度Ｔ_oに応じた信号をＨＣＵ３７に向けて出力する。なお、作動油温度センサ２３は、タンクとは異なる位置に設けられてもよい。

10

【００２４】

油圧ポンプ２２は、コントロールバルブ２４を介して油圧アクチュエータとしての走行油圧モータ２５、旋回油圧モータ２６、シリンダ１２Ｄ～１２Ｆに接続されている。これらの油圧モータ２５、２６、シリンダ１２Ｄ～１２Ｆは、油圧ポンプ２２からの圧油によって駆動する。コントロールバルブ２４は、走行操作装置９、旋回操作装置１０、作業操作装置１１に対する操作に応じて、油圧ポンプ２２から吐出された圧油を走行油圧モータ２５、旋回油圧モータ２６、シリンダ１２Ｄ～１２Ｆに供給または排出する。

【００２５】

具体的には、走行油圧モータ２５には、走行操作装置９の操作に応じて油圧ポンプ２２から圧油が供給される。これにより、走行油圧モータ２５は、下部走行体２を走行駆動させる。旋回油圧モータ２６には、旋回操作装置１０の操作に応じて油圧ポンプ２２から圧油が供給される。これにより、旋回油圧モータ２６は、上部旋回体４を旋回動作させる。シリンダ１２Ｄ～１２Ｆには、作業操作装置１１の操作に応じて油圧ポンプ２２から圧油が供給される。これにより、シリンダ１２Ｄ～１２Ｆは、作業装置１２を俯仰動させる。

20

【００２６】

発電電動機２７（モータジェネレータ）は、エンジン２０に機械的に接続されている。この発電電動機２７は、例えば同期電動機等によって構成される。発電電動機２７は、エンジン２０を動力源に発電機として働き蓄電装置３１や旋回電動モータ３４への電力供給を行う発電と、蓄電装置３１や旋回電動モータ３４からの電力を動力源にモータとして働きエンジン２０および油圧ポンプ２２の駆動をアシストする力行との２通りの役割を果たす。従って、エンジン２０のトルクには、状況に応じて発電電動機２７のアシストトルクが追加され、これらのトルクによって油圧ポンプ２２は駆動する。この油圧ポンプ２２から吐出される圧油によって、作業装置１２の動作や車両の走行等が行われる。

30

【００２７】

発電電動機２７は、第１のインバータ２８を介して一対の直流母線２９Ａ、２９Ｂに接続されている。第１のインバータ２８は、例えばトランジスタ、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（ＩＧＢＴ）等からなる複数のスイッチング素子を用いて構成されている。第１のインバータ２８は、モータジェネレータコントロールユニット３０（以下、ＭＧＣＵ３０という）によって、各スイッチング素子のオン／オフが制御される。直流母線２９Ａ、２９Ｂは、正極側と負極側とで対をなし、例えば数百Ｖ程度の直流電圧が印加されている。

40

【００２８】

発電電動機２７の発電時には、第１のインバータ２８は、発電電動機２７からの交流電力を直流電力に変換して蓄電装置３１や旋回電動モータ３４に供給する。発電電動機２７の力行時には、第１のインバータ２８は、直流母線２９Ａ、２９Ｂの直流電力を交流電力に変換して発電電動機２７に供給する。そして、ＭＧＣＵ３０は、ＨＣＵ３７からの発電電動機出力指令Ｐ_{mg}等に基づいて、第１のインバータ２８の各スイッチング素子のオン／オフを制御する。これにより、ＭＧＣＵ３０は、発電電動機２７の発電時の発電電力や力行時の駆動電力を制御する。

50

【 0 0 2 9 】

蓄電装置 3 1 は、発電電動機 2 7 に電氣的に接続されている。この蓄電装置 3 1 は、例えばリチウムイオンバッテリーからなる複数個のセル（図示せず）によって構成され、直流母線 2 9 A , 2 9 B に接続されている。

【 0 0 3 0 】

蓄電装置 3 1 は、発電電動機 2 7 の発電時には発電電動機 2 7 から供給される電力を充電し、発電電動機 2 7 の力行時（アシスト駆動時）には発電電動機 2 7 に向けて駆動電力を供給する。また、蓄電装置 3 1 は、旋回電動モータ 3 4 の回生時には旋回電動モータ 3 4 から供給される回生電力を充電し、旋回電動モータ 3 4 の力行時には旋回電動モータ 3 4 に向けて駆動電力を供給する。このように、蓄電装置 3 1 は、発電電動機 2 7 によって発生した電力を蓄電することに加え、油圧シヨベル 1 の旋回制動時に旋回電動モータ 3 4 が発生した回生電力を吸収し、直流母線 2 9 A , 2 9 B の電圧を一定に保つ。

10

【 0 0 3 1 】

蓄電装置 3 1 は、バッテリーコントロールユニット 3 2（以下、BCU 3 2 という）によって制御される。BCU 3 2 は、蓄電装置状態検出部を構成している。この BCU 3 2 は、蓄電率 SOC を検出する。このとき、蓄電率 SOC は、蓄電装置 3 1 の蓄電量に対応した値になる。また、BCU 3 2 は、例えば蓄電装置 3 1 の充電や放電の電流を検出する電流センサと電圧を検出する電圧センサ（いずれも図示せず）を備えている。BCU 3 2 は、蓄電装置 3 1 の電流 Ib と電圧 Vb を検出する。BCU 3 2 は、蓄電率 SOC、電流 Ib、電圧 Vb 等を HCU 3 7 に向けて出力する。蓄電装置 3 1 には、バッテリー温度 Tb を検出するバッテリー温度センサ 3 3 が設けられている。バッテリー温度センサ 3 3 は、バッテリー温度 Tb に応じた信号を HCU 3 7 に向けて出力する。なお、バッテリー温度センサ 3 3 は、BCU 3 2 に設けられてもよい。バッテリー温度センサ 3 3 は、BCU 3 2 を通じて間接的にバッテリー温度 Tb を HCU 3 7 に出力してもよく、直接的に HCU 3 7 に出力してもよい。

20

【 0 0 3 2 】

なお、本実施の形態では、蓄電装置 3 1 には、例えば電圧が 3 5 0 V、放電容量が 5 A h、蓄電率 SOC の適正使用範囲が例えば 3 0 % 以上 7 0 % 以下、適正使用セル温度が - 2 0 以上 6 0 以下に設定されたリチウムイオンバッテリーを用いるものとする。蓄電率 SOC の適正使用範囲等は、上述した値に限らず、蓄電装置 3 1 の仕様等に応じて適宜設定される。

30

【 0 0 3 3 】

ここで、エンジン 2 0 の最大出力は、最大ポンプ吸収動力よりも小さい。この場合、エンジン 2 0 が最大ポンプ吸収動力に対して十分に大きな出力をもつときに比べて、車体動作時の発電電動機 2 7 の力行によるエンジンアシストの寄与する割合は大きい。このため、蓄電装置 3 1 は、激しく充電と放電を繰り返す。

【 0 0 3 4 】

蓄電装置 3 1 は、一般的に過度な充電や放電を行うと、劣化が促進し、出力が低下する。蓄電装置 3 1 の劣化速度は、充電や放電を行うときの蓄電率 SOC や、充電や放電そのものの強度によって異なる。例えば、リチウムイオンバッテリー等の蓄電装置 3 1 には、メーカによって蓄電率やセル温度に適正な使用範囲が定められている（例えば、蓄電率で 3 0 % 以上 7 0 % 以下、セル温度で - 2 0 以上 6 0 以下）。この範囲を超えて蓄電装置 3 1 を使用すると、劣化速度が大きく増加する。

40

【 0 0 3 5 】

旋回電動モータ 3 4（旋回電動機）は、発電電動機 2 7 または蓄電装置 3 1 からの電力によって駆動される。この旋回電動モータ 3 4 は、例えば三相誘導電動機によって構成され、旋回油圧モータ 2 6 と共に旋回フレーム 5 に設けられている。旋回電動モータ 3 4 は、旋回油圧モータ 2 6 と協働して旋回装置 3 を駆動する。このため、旋回装置 3 は、旋回油圧モータ 2 6 と旋回電動モータ 3 4 の複合トルクによって駆動し、上部旋回体 4 を旋回駆動する。

50

【 0 0 3 6 】

旋回電動モータ 3 4 は、第 2 のインバータ 3 5 を介して直流母線 2 9 A , 2 9 B に接続されている。旋回電動モータ 3 4 は、蓄電装置 3 1 や発電電動機 2 7 からの電力を受けて回転駆動する力行と、旋回制動時の余分なトルクで発電して蓄電装置 3 1 を蓄電する回生との 2 通りの役割を果たす。このため、力行時の旋回電動モータ 3 4 には、発電電動機 2 7 等からの電力が直流母線 2 9 A , 2 9 B を介して供給される。これにより、旋回電動モータ 3 4 は、旋回操作装置 1 0 の操作に応じて回転トルクを発生させて、旋回油圧モータ 2 6 の駆動をアシストすると共に、旋回装置 3 を駆動して上部旋回体 4 を旋回動作させる。

【 0 0 3 7 】

10

第 2 のインバータ 3 5 は、第 1 のインバータ 2 8 と同様に、複数のスイッチング素子を用いて構成されている。第 2 のインバータ 3 5 は、旋回電動モータコントロールユニット 3 6 (以下、R M C U 3 6 という) によって各スイッチング素子のオン / オフが制御される。旋回電動モータ 3 4 の力行時には、第 2 のインバータ 3 5 は、直流母線 2 9 A , 2 9 B の直流電力を交流電力に変換して旋回電動モータ 3 4 に供給する。旋回電動モータ 3 4 の回生時には、第 2 のインバータ 3 5 は、旋回電動モータ 3 4 からの交流電力を直流電力に変換して蓄電装置 3 1 等に供給する。

【 0 0 3 8 】

R M C U 3 6 は、H C U 3 7 からの旋回電動モータ出力指令 P_{er} 等に基づいて、第 2 のインバータ 3 5 の各スイッチング素子のオン / オフを制御する。これにより、R M C U 3 6 は、旋回電動モータ 3 4 の回生時の回生電力や力行時の駆動電力を制御する。また、R M C U 3 6 は、旋回電動モータ 3 4 の回生電力や駆動電力を検出し、これらを旋回電動モータ出力 P_{0er} として H C U 3 7 に出力する。旋回電動モータ出力 P_{0er} は、R M C U 3 6 によって検出するものに限らず、例えば現在の旋回電動モータ出力指令 P_{er} に基づいて、H C U 3 7 が推定 (算出) してもよい。

20

【 0 0 3 9 】

H C U 3 7 は、例えば E C U 2 1、M G C U 3 0、R M C U 3 6 等と共にコントローラを構成し、エンジン 2 0 および発電電動機 2 7 の出力を制御する。この H C U 3 7 は、例えばマイクロコンピュータによって構成されると共に、C A N 3 8 (Controller Area Network) 等を用いて E C U 2 1、M G C U 3 0、R M C U 3 6、B C U 3 2 に電氣的に接続されている。H C U 3 7 は、E C U 2 1、M G C U 3 0、R M C U 3 6、B C U 3 2 と通信しながら、エンジン 2 0、発電電動機 2 7、旋回電動モータ 3 4、蓄電装置 3 1 を制御する。

30

【 0 0 4 0 】

H C U 3 7 には、C A N 3 8 等を通じて、バッテリー温度 T_b 、作動油温度 T_o 、蓄電率 SOC 、電流 I_b 、電圧 V_b 、旋回電動モータ出力 P_{0er} 、その他車体情報 V_I 等が入力される。また、H C U 3 7 には、操作量センサ 9 A ~ 1 1 A が接続されている。これにより、H C U 3 7 には、各種の操作量を含むレバー操作量 O_A が入力される。さらに、H C U 3 7 には、エンジン制御ダイヤル 3 9 が接続され、エンジン制御ダイヤル 3 9 によって設定されたエンジン 2 0 の目標回転数 e が入力される。

40

【 0 0 4 1 】

H C U 3 7 は、蓄電率 SOC 等に基づいて、蓄電装置 3 1 の出力を制御する。ここで、H C U 3 7 は、蓄電率 SOC に定められた基準値となる目標値 SOC_0 を有している。一例を挙げると、蓄電率 SOC の目標値 SOC_0 は 5 0 % である。

【 0 0 4 2 】

エンジン制御ダイヤル 3 9 は、回転可能なダイヤルによって構成され、ダイヤルの回転位置に応じてエンジン 2 0 の目標回転数 e を設定する。このエンジン制御ダイヤル 3 9 は、キャブ 7 内に位置して、オペレータによって回転操作され、目標回転数 e に応じた指令信号を出力する。

【 0 0 4 3 】

50

次に、HCU37の具体的な構成について、図4を参照して説明する。HCU37は、電流二乗積算比率演算部40と、最大電力演算部50と、発電電動機要求出力演算部60と、最大出力演算部70と、出力指令演算部80とを備えている。

【0044】

まず、電流二乗積算比率演算部40の具体的な構成について、図5を参照して説明する。

【0045】

充電や放電の強度の指標には、電流二乗積算値ISCを用いることが一般的である。電流二乗積算値ISCは、現在時刻から遡る過去の一定時間Tにどれくらい電流の入力や出力があったかを、電流の二乗をT時間積算することで表す指標である。このとき、時間Tは、複数設定されることが多い。この指標は、蓄電装置31の仕様等に応じて適宜設定される。従って、電流二乗積算値の上限値ISCmaxを超えて、蓄電装置31を使用すれば、蓄電装置31の劣化が促進される。このため、蓄電装置31は、可能な限り電流二乗積算値の上限値ISCmaxを超えないように、使用される。以下では、一例として、時間Tが100秒に設定された場合を例に挙げて説明する。

【0046】

電流二乗積算比率演算部40は、電流二乗積算値算出部41と、上限値演算部42と、比率演算部43と、百分率変換部44とを備えている。電流二乗積算値算出部41は、蓄電装置31の現在から過去一定時間Tの電流二乗積算値ISCを算出する。具体的には、電流二乗積算値算出部41は、BCU32から出力される電流Ibに基づいて、過去100秒の電流二乗積算値ISCを算出する。

【0047】

上限値演算部42は、バッテリー温度センサ33から出力されるバッテリー温度Tbに基づいて、電流二乗積算値の上限値ISCmaxを算出する。具体的には、上限値演算部42は、バッテリー温度Tbに基づいて、電流二乗積算値の上限値ISCmaxを演算するために、例えばテーブルT1を有する。テーブルT1は、バッテリー温度Tbの低下に応じて徐々に上限値ISCmaxを小さくする。特に、-20程度の低温状態では、上限値ISCmaxは非常に小さい値になる。この場合、僅かな電流Ibの入力または出力でも、電流二乗積算値ISCは、上限値ISCmaxに到達してしまう。

【0048】

比率演算部43は、電流二乗積算値ISCを上限値ISCmaxによって除算し、電流二乗積算値ISCの現在値と上限値ISCmaxとの比率を求める。百分率変換部44は、比率演算部43からの出力値に100を掛けて、百分率に変換された電流二乗積算比率Riscを算出する。このとき、電流二乗積算比率Riscが100%を超えないように、蓄電装置31の使用は制御される。

【0049】

次に、最大電力演算部50の具体的な構成について、図6を参照して説明する。

【0050】

最大電力演算部50は、最大放電電力演算部51と、最大充電電力演算部52とを備えている。最大電力演算部50は、バッテリー温度Tbに基づいて、最大放電電力Pd-maxおよび最大充電電力Pc-maxを算出する。

【0051】

最大放電電力演算部51は、バッテリー温度Tbによって蓄電装置31が低温状態であると判断したときに、バッテリー温度Tbが低くなるに従って、最大放電電力Pd-maxを小さくする。具体的には、最大放電電力演算部51は、バッテリー温度Tbが常温Tb2（例えばTb2=25）よりも低下したとき（Tb<Tb2）、蓄電装置31が低温状態であると判断する。この最大放電電力演算部51は、バッテリー温度Tbに基づいて、最大放電電力Pd-maxを演算するために、例えば最大放電電力テーブルT2を有する。このテーブルT2は、バッテリー温度Tbが常温Tb2よりも低下したときに、バッテリー温度Tbの低下に応じて、過放電とならない範囲で最大放電電力Pd-maxを徐々に減少させる。なお、低温状態を判定する

温度（常温 T_{b2} ）は、上述した値に限らず、蓄電装置 31 の仕様等に応じて、適宜設定される。

【0052】

最大充電電力演算部 52 は、バッテリー温度 T_b によって蓄電装置 31 が低温状態であると判断したときに、バッテリー温度 T_b が低くなるに従って、最大充電電力 P_{c-max} を小さくする。具体的には、最大充電電力演算部 52 は、バッテリー温度 T_b が常温 T_{b2} よりも低下したとき（ $T_b < T_{b2}$ ）、蓄電装置 31 が低温状態であると判断する。この最大充電電力演算部 52 は、バッテリー温度 T_b に基づいて、最大充電電力 P_{c-max} を演算するために、例えば最大充電電力テーブル T3 を有する。このテーブル T3 は、バッテリー温度 T_b が常温 T_{b2} よりも低下したときに、バッテリー温度 T_b の低下に応じて、過充電とならない範囲で最大充電電力 P_{c-max} を徐々に減少させる。このとき、最大充電電力 P_{c-max} は負値になる。このため、テーブル T3 は、バッテリー温度 T_b の低下に応じて、最大充電電力 P_{c-max} の絶対値を徐々に小さくする。

10

【0053】

このとき、低温領域では、最大放電電力 P_{d-max} よりも最大充電電力 P_{c-max} の方が絶対値が小さくなるように、テーブル T2, T3 は設定されている。これにより、発電電動機 27 の力行作用を優先することになるので、急峻な油圧負荷の変動に耐え易くなっている。

【0054】

次に、発電電動機要求出力演算部 60 の具体的な構成について、図 7 を参照して説明する。

20

【0055】

発電電動機要求出力演算部 60 は、蓄電装置 31 の状況に応じて、発電電動機 27 を適切に動作（力行動作または発電動作）させるために、発電電動機要求出力 P_{mg1} を決定する。発電電動機要求出力演算部 60 は、蓄電率 $SO C$ が目標値 $SO C0$ を下回る（ $SO C < SO C0$ ）ときに、発電電動機 27 に発電を要求し、蓄電率 $SO C$ が目標値 $SO C0$ を上回る（ $SO C > SO C0$ ）ときに、発電電動機 27 に力行を要求する。なお、目標値 $SO C0$ は、予め設定されていてもよく、各種の入力装置を用いてオペレータが適宜設定してもよい。

【0056】

発電電動機要求出力演算部 60 は、蓄電率偏差演算部 61 と、蓄電率要求出力演算部 62 と、加算器 63 とを備えている。この発電電動機要求出力演算部 60 には、蓄電率 $SO C$ と、旋回電動モータ出力 P_{0er} とが入力される。

30

【0057】

蓄電率偏差演算部 61 は、蓄電率 $SO C$ と目標蓄電率設定値である目標値 $SO C0$ との差を演算し、蓄電率偏差 $SO C$ （ $SO C = SO C - SO C0$ ）を出力する。

【0058】

蓄電率要求出力演算部 62 は、蓄電率 $SO C$ に応じて、発電電動機 27 に要求する出力として、蓄電率要求出力 P_{soc1} を出力する。具体的には、蓄電率要求出力演算部 62 は、蓄電率偏差 $SO C$ に基づいて、蓄電率要求出力 P_{soc1} を演算するために、例えばテーブル T4 を有する。

40

【0059】

蓄電率偏差 $SO C$ が 0 となったとき（ $SO C = 0$ ）には、テーブル T4 は、蓄電率要求出力 P_{soc1} を最小値（例えば $P_{soc1} = 0 \text{ kW}$ ）に設定する。このとき、蓄電率 $SO C$ は目標値 $SO C0$ となっており、蓄電率 $SO C$ に応じた発電電動機 27 の動作は不要である。

【0060】

蓄電率偏差 $SO C$ が負値の場合（ $SO C < 0$ ）には、テーブル T4 は、蓄電率偏差 $SO C$ の絶対値の大きさに応じて、発電要求となった蓄電率要求出力 P_{soc1} を設定する。一方、蓄電率偏差 $SO C$ が正值の場合（ $SO C > 0$ ）には、テーブル T4 は、蓄電率偏差 $SO C$ の絶対値の大きさに応じて、力行要求となった蓄電率要求出力 P_{soc1} を設

50

定する。

【 0 0 6 1 】

加算器 6 3 には、蓄電装置 3 1 の蓄電率 SOC に基づく蓄電率要求出力 P_{soc1} と、反転入力部 6 3 A によって旋回電動モータ出力 P_{0er} の符号が反転した値 ($-P_{0er}$) とが入力される。加算器 6 3 は、蓄電率要求出力 P_{soc1} に対して、旋回電動モータ出力 P_{0er} に -1 を掛けた値を加算し、この加算値を算出する。発電要求と力行要求に対して、旋回電動モータ出力 P_{0er} に応じた分が優先的に実行される。加算器 6 3 は、この点を考慮した処理を行っている。

【 0 0 6 2 】

具体的に説明すると、蓄電率要求出力 P_{soc1} が力行要求で、かつ旋回電動モータ 3 4 が力行状態では、旋回電動モータ出力 P_{0er} に応じた値を、放電電力である蓄電率要求出力 P_{soc1} から低下させる。蓄電率要求出力 P_{soc1} が発電要求で、かつ旋回電動モータ 3 4 が発電状態では、旋回電動モータ出力 P_{0er} に応じた値を、発電電力である蓄電率要求出力 P_{soc1} から低下させる。

【 0 0 6 3 】

一方、蓄電率要求出力 P_{soc1} が力行要求で、かつ旋回電動モータ 3 4 が発電状態では、旋回電動モータ出力 P_{0er} に応じた値を、放電電力である蓄電率要求出力 P_{soc1} から上昇させる。蓄電率要求出力 P_{soc1} が発電要求で、かつ旋回電動モータ 3 4 が力行状態では、旋回電動モータ出力 P_{0er} に応じた値を、発電電力である蓄電率要求出力 P_{soc1} から上昇させる。

【 0 0 6 4 】

加算器 6 3 は、発電電動機要求出力 P_{mg1} を加算値 ($P_{soc1} - P_{0er}$) に設定する。但し、加算器 6 3 は、力行側の加算値が最大力行出力を超えるときには、発電電動機要求出力 P_{mg1} を最大力行出力に設定する。加算器 6 3 は、発電側の加算値が最大発電出力を超えるときには、発電電動機要求出力 P_{mg1} を最大発電出力に設定する。加算器 6 3 は、旋回電動モータ出力 P_{0er} を考慮した発電電動機要求出力 P_{mg1} を出力する。

【 0 0 6 5 】

次に、最大出力演算部 7 0 の具体的な構成について、図 8 ないし図 1 2 を参照して説明する。

【 0 0 6 6 】

図 8 に示すように、最大出力演算部 7 0 は、低温減少出力演算部 7 1 と、発電電動機出力制限ゲイン演算部 7 2 と、エンジン最大出力演算部 7 3 と、発電電動機最大出力演算部 7 4 と、最大合計出力演算部 7 5 とを有している。この最大出力演算部 7 0 には、作動油温度 T_o と、バッテリー温度 T_b と、電圧 V_b と、エンジン目標回転数 e と、最大放電電力 P_{d-max} と、最大充電電力 P_{c-max} と、電流二乗積算比率 R_{isc} とが入力される。

【 0 0 6 7 】

図 9 に示すように、低温減少出力演算部 7 1 は、第 1 の車体速度低減量決定部としてのバッテリー低温減少出力演算部 7 1 A と、第 2 の車体速度低減量決定部としての作動油低温減少出力演算部 7 1 B とを備えている。

【 0 0 6 8 】

バッテリー低温減少出力演算部 7 1 A は、バッテリー温度 T_b と電圧 V_b とに基づいて、第 1 の車体速度低減量としてのバッテリー低温減少出力 P_{bL} を演算する。このバッテリー低温減少出力演算部 7 1 A は、バッテリー温度センサ 3 3 によって検出したバッテリー温度 T_b によって蓄電装置 3 1 が低温状態であると判断したときに、バッテリー温度 T_b が低くなるに従って大きい値とするバッテリー低温減少出力 P_{bL} を決定する。具体的には、バッテリー低温減少出力演算部 7 1 A は、バッテリー温度 T_b が常温 T_{b2} よりも低下したとき ($T_b < T_{b2}$)、蓄電装置 3 1 が低温状態であると判断する。

【 0 0 6 9 】

バッテリー低温減少出力演算部 7 1 A は、バッテリー低温減少電流演算部 7 1 A 1 と、出力換算部 7 1 A 2 とを備えている。バッテリー低温減少電流演算部 7 1 A 1 は、バッテリー温度 T

10

20

30

40

50

bに基づいてバッテリー減少電流 I_{bL} を演算するために、テーブル T5 を有する。テーブル T5 は、車体使用時の仕様上の最低温度 T_{b1} [] から常温 T_{b2} [] に亘ってバッテリー減少電流 I_{bL} を算出する。テーブル T5 は、最低温度 T_{b1} と常温 T_{b2} との間の温度 T_{b3} [] ($T_{b1} < T_{b3} < T_{b2}$) のときの最大放電電流と、常温 T_{b2} における電流二乗積算値の上限値 I_{SCmax} とに基づいて作成されている。具体的には、テーブル T5 は、温度 T_{b3} における蓄電装置 31 の最大放電電流と常温 T_{b2} における電流二乗積算値の上限値 I_{SCmax} を積算時間 T で割って平方根をとった値 (常温 T_{b2} のときの電流実効値の上限値) の値とのうち小さい方と、温度 T_{b3} における電流実効値の上限値との差に基づいて作成されている。このとき、バッテリー減少電流 I_{bL} は、バッテリー温度 T_b の低下に伴って電流実効値の上限値が低下するときに、この上限値の低下量に応じて蓄電装置 31 の電流 I_b を制限するものである。

10

【0070】

このため、テーブル T5 は、バッテリー温度 T_b が常温 T_{b2} 以上に上昇 ($T_b > T_{b2}$) すると、バッテリー減少電流 I_{bL} (電流 I_b の制限値) を最小値 I_1 (例えば $I_1 = 0$ [A]) に設定する。テーブル T5 は、バッテリー温度 T_b が最低温度 T_{b1} 以下に低下 ($T_b < T_{b1}$) すると、バッテリー減少電流 I_{bL} を最大値 I_2 に設定する。また、バッテリー温度 T_b が常温 T_{b2} と最低温度 T_{b1} の間の値 ($T_{b1} < T_b < T_{b2}$) となるときには、テーブル T5 は、バッテリー温度 T_b が低下するに従って、バッテリー減少電流 I_{bL} を最小値 I_1 から増加させる。即ち、バッテリー温度 T_b が常温 T_{b2} よりも低下すると、テーブル T5 は、常温 T_{b2} からの低下度合いに応じて、バッテリー減少電流 I_{bL} を最小値 I_1 と最大値 I_2 との間の値に設定する。ここで、常温 T_{b2} および最低温度 T_{b1} は、車体使用時の仕様等に応じて予め決められている。例えば、常温 T_{b2} は 25 で、最低温度 T_{b1} は -20 に設定されている。

20

【0071】

出力換算部 71A2 は、バッテリー低温減少電流演算部 71A1 から出力されるバッテリー減少電流 I_{bL} に、蓄電装置 31 の電圧 V_b と、出力の次元となるように所定の係数 (効率 $Eff / 1000$) とを掛ける。これにより、出力換算部 71A2 は、バッテリー温度 T_b に応じたバッテリー低温減少出力 P_{bL} [kW] を算出する。

【0072】

作動油低温減少出力演算部 71B は、作動油温度 T_o とエンジン目標回転数 n_e とに基づいて、第 2 の車体速度低減量としての作動油低温減少出力 P_{oL} を演算する。この作動油低温減少出力演算部 71B は、作動油温度センサ 23 によって検出した作動油温度 T_o によって作動油が低温状態であると判断したときに、作動油温度 T_o が低くなるに従って大きい値とする作動油低温減少出力 P_{oL} を決定する。具体的には、作動油低温減少出力演算部 71B は、作動油温度 T_o が常温 T_{o2} よりも低下したとき ($T_o < T_{o2}$)、作動油が低温状態であると判断する。

30

【0073】

作動油低温減少出力演算部 71B は、作動油低温減少トルク演算部 71B1 と、出力換算部 71B2 とを備えている。作動油低温減少トルク演算部 71B1 は、作動油温度 T_o に基づいて作動油減少トルク N_{oL} を演算するために、テーブル T6 を有する。テーブル T6 は、最低温度 T_{o1} と常温 T_{o2} との間の温度 T_{o3} [] ($T_{o1} < T_{o3} < T_{o2}$) のときの引摺りトルクと、常温 T_{o2} における引摺りトルクとに基づいて作成されている。具体的には、テーブル T6 は、常温 T_{o2} における引摺りトルクを基準値とし、その基準値に対する温度 T_{o3} における引摺りトルクの増加量に基づいて作成されている。このとき、作動油減少トルク N_{oL} は、作動油温度 T_o の低下に伴って引摺りトルクが増加するときに、この引摺りトルクの増加量に応じて油圧機器の出力トルクを制限するものである。

40

【0074】

このため、テーブル T6 は、作動油温度 T_o が常温 T_{o2} 以上に上昇 ($T_o > T_{o2}$) すると、作動油減少トルク N_{oL} (トルクの制限値) を最小値 N_1 (例えば $N_1 = 0$ [Nm]) に設定する。テーブル T6 は、作動油温度 T_o が閾値となる最低温度 T_{o1} 以下に低下 ($T_o < T_{o1}$) すると、作動油減少トルク N_{oL} を最大値 N_2 に設定する。また、作動油温度 T_o が常温 T_{o2}

50

と最低温度 T_{o1} の間の値 ($T_{o1} < T_o < T_{o2}$) となるときには、テーブル T6 は、作動油温度 T_o が低下するに従って、作動油減少トルク NoL を最小値 $N1$ から増加させる。即ち、作動油温度 T_o が常温 T_{o2} よりも低下すると、テーブル T6 は、常温 T_{o2} からの低下度合いに応じて、作動油減少トルク NoL を最小値 $N1$ と最大値 $N2$ との間の値に設定する。ここで、常温 T_{o2} および最低温度 T_{o1} は、車体使用時の仕様等に応じて予め決められている。例えば常温 T_{o2} は、常温 T_{b2} と同じ値に設定され、最低温度 T_{o1} は最低温度 T_{b1} と同じ値に設定されている。但し、常温 T_{o2} は、常温 T_{b2} と異なる値でもよい。同様に、最低温度 T_{o1} は、最低温度 T_{b1} と異なる値でもよい。

【0075】

出力換算部 71B2 は、作動油低温減少トルク演算部 71B1 から出力される作動油減少トルク NoL に、エンジン目標回転数 $e[rpm]$ と、出力の次元となるように所定の係数 ($2 / 60 / 1000$) とを掛ける。これにより、出力換算部 71B2 は、作動油温度 T_o に応じた作動油低温減少出力 $Pol[kW]$ を算出する。

【0076】

図 10 に示すように、発電電動機出力制限ゲイン演算部 72 は、力行制限ゲイン演算部 72A と、発電制限ゲイン演算部 72B とを有している。発電電動機出力制限ゲイン演算部 72 には、電流二乗積算比率 $Risc$ が入力される。

【0077】

力行制限ゲイン演算部 72A は、電流二乗積算比率 $Risc$ に基づいて力行制限ゲイン $Kmgm$ を演算するために、テーブル T7 を有している。このとき、力行制限ゲイン $Kmgm$ は、発電電動機 27 の力行によって電流二乗積算比率 $Risc$ が上限値 $Rm2$ まで上昇するのを抑制するために、発電電動機 27 の力行出力を制限するものである。力行制限ゲイン演算部 72A は、テーブル T7 を用いて電流二乗積算比率 $Risc$ に応じた力行制限ゲイン $Kmgm$ を演算する。なお、上限値 $Rm2$ は、第 3 の基準値であり、例えば 100% である。

【0078】

テーブル T7 は、電流二乗積算比率 $Risc$ が上限値 $Rm2$ まで上昇 ($Risc = Rm2$) すると、力行制限ゲイン $Kmgm$ を最小値 (例えば $Kmgm = 0$) に設定する。テーブル T7 は、電流二乗積算比率 $Risc$ が閾値となる適正基準値 $Rm1$ 以下に低下 ($Risc = Rm1$) すると、力行制限ゲイン $Kmgm$ を最大値 (例えば $Kmgm = 1$) に設定する。また、電流二乗積算比率 $Risc$ が上限値 $Rm2$ と適正基準値 $Rm1$ の間の値 ($Rm1 < Risc < Rm2$) となるときには、テーブル T7 は、電流二乗積算比率 $Risc$ が上昇するに従って、力行制限ゲイン $Kmgm$ を低下させる。即ち、電流二乗積算比率 $Risc$ が適正基準値 $Rm1$ よりも上昇すると、テーブル T7 は、適正基準値 $Rm1$ からの上昇度合いに応じて、力行制限ゲイン $Kmgm$ を最小値と最大値との間の値に設定する。ここで、適正基準値 $Rm1$ は、上限値 $Rm2$ から予め決められた余裕を持って大きな値に設定されている。例えば上限値 $Rm2$ が 100% となるときに、適正基準値 $Rm1$ は 90% 程度の値に設定されている。

【0079】

従って、力行制限ゲイン演算部 72A は、最大ゲイン設定部 72A1 と、ゲイン低下設定部 72A2 と、最小ゲイン設定部 72A3 とを有している。最大ゲイン設定部 72A1 は、電流二乗積算比率 $Risc$ が適正基準値 $Rm1$ 以下のときに力行制限ゲイン $Kmgm$ を最大値に設定する。ゲイン低下設定部 72A2 は、電流二乗積算比率 $Risc$ が適正基準値 $Rm1$ と上限値 $Rm2$ との間の範囲内にあるときに電流二乗積算比率 $Risc$ が大きくなるに従って力行制限ゲイン $Kmgm$ を低下させる。最小ゲイン設定部 72A3 は、電流二乗積算比率 $Risc$ が上限値 $Rm2$ 以上のときに力行制限ゲイン $Kmgm$ を最小値に設定する。

【0080】

発電制限ゲイン演算部 72B は、電流二乗積算比率 $Risc$ に基づいて発電制限ゲイン $Km gg$ を演算するために、テーブル T8 を有している。このとき、発電制限ゲイン $Km gg$ は、発電電動機 27 の発電によって電流二乗積算比率 $Risc$ が上限値 $Rg2$ まで上昇するのを抑制するために、発電電動機 27 の発電出力を制限するものである。発電制限ゲイン演算部 72B は、テーブル T8 を用いて電流二乗積算比率 $Risc$ に応じた発電制限ゲイン $Km gg$ を演

10

20

30

40

50

算する。なお、上限値 R_{g2} は、第 2 の基準値であり、例えば上限値 R_{m2} と同じ値（例えば $R_{g2} = 100\%$ ）である。

【0081】

テーブル T8 は、電流二乗積算比率 R_{isc} が上限値 R_{g2} まで上昇（ $R_{isc} = R_{g2}$ ）すると、発電制限ゲイン K_{mgi} を最小値（例えば $K_{mgi} = 0$ ）に設定する。テーブル T8 は、電流二乗積算比率 R_{isc} が閾値となる適正基準値 R_{g1} 以下に低下（ $R_{isc} = R_{g1}$ ）すると、発電制限ゲイン K_{mgi} を最大値（例えば $K_{mgi} = 1$ ）に設定する。また、電流二乗積算比率 R_{isc} が上限値 R_{g2} と適正基準値 R_{g1} の間の値（ $R_{g1} < R_{isc} < R_{g2}$ ）となるときには、テーブル T8 は、電流二乗積算比率 R_{isc} が上昇するに従って、発電制限ゲイン K_{mgi} を低下させる。即ち、電流二乗積算比率 R_{isc} が適正基準値 R_{g1} よりも上昇すると、テーブル T8 は、適正基準値 R_{g1} からの上昇度合いに応じて、発電制限ゲイン K_{mgi} を最小値と最大値との間の値に設定する。

10

【0082】

従って、発電制限ゲイン演算部 72B は、最大ゲイン設定部 72B1 と、ゲイン低下設定部 72B2 と、最小ゲイン設定部 72B3 とを有している。最大ゲイン設定部 72B1 は、電流二乗積算比率 R_{isc} が適正基準値 R_{g1} 以下のときに発電制限ゲイン K_{mgi} を最大値に設定する。ゲイン低下設定部 72B2 は、電流二乗積算比率 R_{isc} が適正基準値 R_{g1} と上限値 R_{g2} との間の範囲内にあるときに電流二乗積算比率 R_{isc} が大きくなるに従って発電制限ゲイン K_{mgi} を低下させる。最小ゲイン設定部 72B3 は、電流二乗積算比率 R_{isc} が上限値 R_{g2} 以上のときに発電制限ゲイン K_{mgi} を最小値に設定する。

20

【0083】

ここで、適正基準値 R_{g1} は、上限値 R_{g2} から予め決められた余裕を持って小さな値に設定されている。例えば適正基準値 R_{g1} は、適正基準値 R_{m1} と同じ値に設定されている。適正基準値 R_{g1} 、 R_{m1} は、いずれも第 1 の基準値となっている。

【0084】

なお、発電制限用の適正基準値 R_{g1} は、力行制限用の適正基準値 R_{m1} と同じ値になる場合を例示したが、これらは互いに異なる値でもよい。同様に、発電制限用の上限値 R_{g2} は、力行制限用の上限値 R_{m2} と同じ値になる場合を例示したが、これらは互いに異なる値でもよい。

【0085】

30

エンジン最大出力演算部 73 は、エンジン目標回転数 e とエンジン最大出力 P_{e-max} との対応関係を示したテーブル（図示せず）を有している。このとき、エンジン最大出力 P_{e-max} は、エンジン目標回転数 e でエンジン 20 が駆動したときの、エンジン 20 から供給可能な最大出力を示している。エンジン最大出力演算部 73 は、エンジン目標回転数 e に基づいてエンジン最大出力 P_{e-max} を演算し、算出したエンジン最大出力 P_{e-max} を出力する。

【0086】

図 11 に示すように、発電電動機最大出力演算部 74 は、発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ を算出する発電電動機最大力行出力算出部 74A と、発電電動機最大発電出力 $P_{mgi-max}$ を算出する発電電動機最大発電出力算出部 74B とを備えている。

40

【0087】

発電電動機最大力行出力算出部 74A は、エンジン目標回転数 e と、最大放電電力 P_{d-max} と、力行制限ゲイン K_{mgi} とに基づいて、発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ を算出する。

【0088】

この発電電動機最大力行出力算出部 74A は、力行最大出力算出部 74A1 と、最小値選択部 74A2 と、乗算部 74A3 とを備えている。力行最大出力算出部 74A1 は、エンジン最大出力演算部 73 と同様に、エンジン目標回転数 e に対する発電電動機 27 の力行最大出力を算出するテーブル（図示せず）を有している。力行最大出力算出部 74A1 は、エンジン 20 の目標回転数 e に基づいて、発電電動機 27 の力行最大出力を算出す

50

る。

【 0 0 8 9 】

最小値選択部 7 4 A2は、目標回転数 e から決定した力行最大出力と、蓄電装置 3 1 の最大放電電力 P_{d-max} にインバータ 2 8 および発電電動機 2 7 の効率を作用（乗算）させた値とを比較し、これらの最小値を選択する。

【 0 0 9 0 】

乗算部 7 4 A3は、最小値選択部 7 4 A2によって選択された最小値に力行制限ゲイン K_{mgm} を作用（乗算）させ、この乗算値を、発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ として出力する。このとき、発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ は、蓄電装置 3 1 の放電電力最大値に相当する。

10

【 0 0 9 1 】

このとき、発電電動機最大力行出力算出部 7 4 A および最小ゲイン設定部 7 2 A3は、放電電力最大値低減部 9 2 を構成している。この放電電力最大値低減部 9 2 は、電流二乗積算比率 R_{isc} が予め決められた適正基準値 R_{m1} よりも大きな値である上限値 R_{m2} を超えた場合（ $R_{isc} > R_{m2}$ ）には、上限値 R_{m2} よりも小さい場合に比べて、発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ をさらに小さくする。

【 0 0 9 2 】

また、発電電動機最大発電出力算出部 7 4 B は、エンジン目標回転数 e と、最大充電電力 P_{c-max} と、発電制限ゲイン K_{mgg} とに基づいて、発電電動機最大発電出力 $P_{mgg-max}$ を算出する。

20

【 0 0 9 3 】

この発電電動機最大発電出力算出部 7 4 B は、発電最大出力算出部 7 4 B1と、最大値選択部 7 4 B2と、乗算部 7 4 B3とを備えている。発電最大出力算出部 7 4 B1は、エンジン最大出力演算部 7 3 と同様に、エンジン目標回転数 e に対する発電電動機 2 7 の発電最大出力を算出するテーブル（図示せず）を有している。発電最大出力算出部 7 4 B1は、エンジン 2 0 の目標回転数 e に基づいて、発電電動機 2 7 の発電最大出力を算出する。

【 0 0 9 4 】

最大値選択部 7 4 B2は、目標回転数 e から決定した発電最大出力と、蓄電装置 3 1 の最大充電電力 P_{c-max} にインバータ 2 8 および発電電動機 2 7 の効率を作用させた値とを比較し、これらの最大値を算出する。このとき、発電最大出力と最大充電電力 P_{c-max} は、いずれも負値であるため、これらのうちで絶対値の小さい方が最大値になる。

30

【 0 0 9 5 】

乗算部 7 4 B3は、最大値選択部 7 4 B2によって選択された最大値に発電制限ゲイン K_{mgg} を作用（乗算）させ、この乗算値を、発電電動機最大発電出力 $P_{mgg-max}$ として出力する。このとき、発電電動機最大発電出力 $P_{mgg-max}$ は、蓄電装置 3 1 の充電電力最大値に相当する。

【 0 0 9 6 】

このとき、発電電動機最大発電出力算出部 7 4 B および最小ゲイン設定部 7 2 B3は、充電電力最大値低減部 9 3 を構成している。この充電電力最大値低減部 9 3 は、電流二乗積算比率 R_{isc} が予め決められた適正基準値 R_{g1} よりも大きな値である上限値 R_{g2} を超えた場合（ $R_{isc} > R_{g2}$ ）には、上限値 R_{g2} よりも小さい場合に比べて、発電電動機最大発電出力 $P_{mgg-max}$ をさらに小さくする。

40

【 0 0 9 7 】

図 1 2 に示すように、最大合計出力演算部 7 5 は、加算器 7 5 A , 7 5 B と、減算器 7 5 C とを備えている。加算器 7 5 A は、エンジン最大出力 P_{e-max} と発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ の和である最大出力加算値（ $P_{e-max} + P_{mgm-max}$ ）を算出する。加算器 7 5 B は、作動油低温減少出力 P_{oL} とバッテリー低温減少出力 P_{bL} との和である減少出力加算値（ $P_{oL} + P_{bL}$ ）を算出する。減算器 7 5 C は、最大出力加算値（ $P_{e-max} + P_{mgm-max}$ ）から減少出力加算値（ $P_{oL} + P_{bL}$ ）を減算する。これにより、最大合計出力演算部 7 5 は

50

、以下の数 1 式に示すように、最大出力加算値から減少出力加算値を減算した減算値を、最大合計出力 P_{t-max} として算出する。

【 0 0 9 8 】

【 数 1 】

$$P_{t-max} = (P_{e-max} + P_{mgm-max}) - (P_{oL} + P_{bL})$$

【 0 0 9 9 】

このとき、最大合計出力演算部 7 5、発電電動機最大力行出力算出部 7 4 A およびゲイン低下設定部 7 2 A 2 は、車体速度低減量調整部 9 1 を構成している。この車体速度低減量調整部 9 1 は、電流二乗積算比率 R_{isc} が予め決められた適正基準値 R_{m1} を超えた場合
($R_{isc} > R_{m1}$) に、超えた量が大きくなるに従ってバッテリー低温減少出力 P_{bL} よりも車体速度を低下させる。

10

【 0 1 0 0 】

次に、出力指令演算部 8 0 の具体的な構成について、図 1 3 を参照して説明する。

【 0 1 0 1 】

出力指令演算部 8 0 は、バッテリー低温減少出力 P_{bL} と作動油低温減少出力 P_{oL} との和に基づいて、車体動作を制御する。ここで、出力指令演算部 8 0 は、充電電力が最大充電電力 P_{c-max} を超えないように、発電電動機 2 7 を制御する。また、出力指令演算部 8 0 は、放電電力が最大放電電力 P_{d-max} を超えないように、発電電動機 2 7 を制御する。

【 0 1 0 2 】

20

出力指令演算部 8 0 は、ポンプ推定入力演算部 8 1 と、発電電動機力行発電要求判定部 8 2 と、発電電動機力行出力演算部 8 3 と、発電電動機発電出力演算部 8 4 と、発電電動機出力指令演算部 8 5 と、エンジン出力指令演算部 8 6 とを有している。この出力指令演算部 8 0 には、各レバー操作量 O_A と、その他車体情報 V_I と、最大合計出力 P_{t-max} と、発電電動機要求出力 P_{mg1} と、エンジン最大出力 P_{e-max} と、発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ と、発電電動機最大発電出力 $P_{mgg-max}$ とが入力される。

【 0 1 0 3 】

ポンプ推定入力演算部 8 1 は、各レバー操作量 O_A に応じて車体を動作させるために必要なポンプ推定入力 P_p と旋回電動モータ出力指令 P_{er} とを演算する。ポンプ推定入力演算部 8 1 は、ポンプ推定入力 P_p と旋回電動モータ出力指令 P_{er} とを演算するとき、
その他車体情報 V_I と、最大合計出力 P_{t-max} とを考慮する。このため、ポンプ推定入力演算部 8 1 には、その他車体情報 V_I と、各レバー操作量 O_A と、最大合計出力 P_{t-max} とが入力される。ポンプ推定入力演算部 8 1 は、各レバー操作量 O_A とその他車体情報 V_I とに基づいて目標とする動作に必要なポンプ出力を推定する。ポンプ推定入力演算部 8 1 は、このポンプ出力にポンプ効率や補機負荷等を考慮して、予備的なポンプ推定入力を計算する。このとき、ポンプ推定入力演算部 8 1 は、各レバー操作量 O_A のうち旋回の操作量に応じて、旋回電動モータ 3 4 を動作させるための旋回電動モータ出力指令 P_{er} も計算する。具体的には、ポンプ推定入力演算部 8 1 は、旋回油圧モータ 2 6 に比べて、旋回電動モータ 3 4 が優先的に旋回動作の出力を負担するように、旋回電動モータ出力指令 P_{er} を算出する。次に、ポンプ推定入力演算部 8 1 は、最大合計出力 P_{t-max} と予備的なポンプ推定入力とを比較し、値の小さい方を最終的なポンプ推定入力 P_p として出力する。ポンプ推定入力演算部 8 1 で行われる計算は、蓄電装置 3 1 が低温状態で電流二乗積算比率 R_{isc} を増加させないように、車体速度を低下させることに相当する。

30

40

【 0 1 0 4 】

発電電動機力行発電要求判定部 8 2 には、発電電動機要求出力 P_{mg1} が入力される。発電電動機要求出力 P_{mg1} が正の値の場合 ($P_{mg1} > 0$)、発電電動機力行発電要求判定部 8 2 は、発電電動機力行要求出力 P_{mgm1} を発電電動機要求出力 P_{mg1} の値に設定する ($P_{mgm1} = P_{mg1}$) と共に、発電電動機発電要求出力 P_{mgg1} を 0 に設定する ($P_{mgg1} = 0$)。逆に、発電電動機要求出力 P_{mg1} が負の値の場合 ($P_{mg1} < 0$)、発電電動機力行発電要求判定部 8 2 は、発電電動機力行要求出力 P_{mgm1} を 0 に設定する ($P_{mgm1} = 0$) と共に、発電電

50

動機発電要求出力 P_{mgg1} を発電電動機要求出力 P_{mg1} の値に設定する ($P_{mgm1} = P_{mg1}$)。発電電動機力行発電要求判定部 82 は、これらの発電電動機力行要求出力 P_{mgm1} と発電電動機発電要求出力 P_{mgg1} とを出力する。

【0105】

発電電動機力行出力演算部 83 には、ポンプ推定入力 P_p と、エンジン最大出力 P_{e-max} と、発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ と、発電電動機力行要求出力 P_{mgm1} とが入力される。発電電動機力行出力演算部 83 は、ポンプ推定入力 P_p とエンジン最大出力 P_{e-max} とを比較する。発電電動機力行出力演算部 83 は、ポンプ推定入力 P_p がエンジン最大出力 P_{e-max} よりも大きい場合 ($P_p > P_{e-max}$) には、ポンプ推定入力 P_p とエンジン最大出力 P_{e-max} との差を発電電動機力行出力指令 P_{mgm} とする。但し、発電電動機力行出力指令 P_{mgm} は、発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ よりも大きくならないように調整される。

10

【0106】

一方、発電電動機力行出力演算部 83 は、エンジン最大出力 P_{e-max} がポンプ推定入力 P_p よりも大きい場合 ($P_p < P_{e-max}$) には、発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ と発電電動機力行要求出力 P_{mgm1} とのうち最小のものを選択し、発電電動機力行出力指令 P_{mgm} とする。

【0107】

これにより、発電電動機力行出力演算部 83 は、油圧負荷に対してエンジン 20 の出力で不足する部分を発電電動機 27 の力行出力によって担保する。その上で、発電電動機力行出力演算部 83 は、発電電動機力行要求出力 P_{mgm1} を満たすように、発電電動機 27 の力行動作を制御する。これにより、発電電動機 27 は、可能な限り力行要求に従うことになる。

20

【0108】

発電電動機発電出力演算部 84 には、ポンプ推定入力 P_p と、エンジン最大出力 P_{e-max} と、発電電動機最大発電出力 $P_{mgg-max}$ と、発電電動機発電要求出力 P_{mgg1} とが入力される。

【0109】

このように、発電電動機発電出力演算部 84 は、ポンプ推定入力 P_p とエンジン最大出力 P_{e-max} とを比較する。発電電動機発電出力演算部 84 は、ポンプ推定入力 P_p がエンジン最大出力 P_{e-max} よりも大きい場合 ($P_p > P_{e-max}$) は、0 となった発電電動機発電出力指令 P_{mgg} を出力する。この場合、エンジン 20 は、油圧負荷への対応で全ての出力が消費されるから、発電動作を行う余裕がない。このため、発電電動機発電出力指令 P_{mgg} は 0 に設定され、発電電動機 27 が発電動作を行うことはない。

30

【0110】

一方、エンジン最大出力 P_{e-max} がポンプ推定入力 P_p よりも大きい場合 ($P_p < P_{e-max}$) は、エンジン最大出力 P_{e-max} とポンプ推定入力 P_p との差と、発電電動機最大発電出力 $P_{mgg-max}$ と、発電電動機発電要求出力 P_{mgg1} とのうち、その絶対値が最小のものを選択し、発電電動機発電出力指令 P_{mgg} とする。

【0111】

これにより、発電電動機発電出力演算部 84 は、油圧負荷に対応しながら、可能な限り発電電動機発電要求出力 P_{mgg1} を満たすように、発電電動機 27 の発電動作を制御する。

40

【0112】

発電電動機出力指令演算部 85 は、発電電動機力行出力指令 P_{mgm} と発電電動機発電出力指令 P_{mgg} とを加算する。発電電動機出力指令演算部 85 は、この加算値を、発電電動機出力指令 P_{mg} として出力する。

【0113】

エンジン出力指令演算部 86 は、ポンプ推定入力 P_p から発電電動機出力指令 P_{mg} を減算する。エンジン出力指令演算部 86 は、この減算値を、エンジン出力指令 P_e として出力する。

【0114】

50

出力指令演算部 80 は、発電電動機要求出力演算部 60 からの出力の要求に加えて、操作量センサ 9A ~ 11A によって検出したレバー操作量 OA に基づいて、蓄電装置 31 の出力を制御する。また、出力指令演算部 80 のポンプ推定入力演算部 81 は、各レバー操作量 OA に応じたポンプ推定入力 Pp を算出する。このとき、出力指令演算部 80 の発電電動機力行出力演算部 83 は、ポンプ推定入力 Pp の確保を優先させた発電電動機力行出力指令 Pmgm を出力する。同様に、出力指令演算部 80 の発電電動機発電出力演算部 84 は、ポンプ推定入力 Pp の確保を優先させた発電電動機発電出力指令 Pmgi を出力する。このため、車体速度の低下を抑制して、オペレータに操作ストレスや違和感を与える機会を減少させることができる。

【0115】

10

本実施の形態によるハイブリッド油圧ショベル 1 は上述のような構成を有する。次に、低温状態での HCU 37 によるエンジン 20 と蓄電装置 31 との間の出力の負担割合の制御について、図 14 ないし図 16 を参照しつつ説明する。図 14 ないし図 16 中では、エンジン最大出力 Pe-max は 60 kW とし、蓄電装置 31 の常温状態での最大放電電力 Pd-max は 40 kW としている。このとき、最大合計出力 Pt-max は、バッテリー温度 Tb および作動油温度 To の両方が常温状態であるときには、100 kW である。

【0116】

なお、前述した値は、エンジン最大出力 Pe-max や最大放電電力 Pd-max の一例を示したものであり、油圧ショベル 1 の仕様等によって適宜変更される。また、説明を簡略化するために、旋回動作は行わず、旋回電動モータ 34 は力行と回生のいずれも実行しないものとする。これに加え、蓄電率 SOC には余裕があり、充電は不要な状態であるとする。

20

【0117】

第 1 に、バッテリー温度 Tb が低温状態にあり、作動油温度 To が常温状態にある場合について、HCU 37 の制御内容を、図 14 を参照して説明する。

【0118】

寒冷地で建設機械を起動する場合、実際の作業前に一時的にラジエータ室の吸気に目張りをすることによって、機械室内の放熱効果を抑制した状態で車体の暖機運転を行うことがある。このとき、作動油温度 To は速やかに上昇するが、バッテリー温度 Tb は同等の速度で上昇するとは限らない。車体システムの設計に依存する話ではあるが、作動油温度 To が常温まで上昇していても、バッテリー温度 Tb がまだ低温領域にある、という状況は十分にありえる。

30

【0119】

このとき、最大電力演算部 50 は、バッテリー温度 Tb に応じて、常温状態に比べて減少した最大放電電力 Pd-max (例えば Pd-max = 20 kW) を出力する。このため、システムが出力可能なパワーは、エンジン最大出力 Pe-max に、最大放電電力 Pd-max に基づく発電電動機最大力行出力 Pmgm-max を加算した値として、例えば 80 kW になる。また、最大出力演算部 70 の低温減少出力演算部 71 は、バッテリー温度 Tb に応じて、常温状態に比べて増加したバッテリー低温減少出力 Pbl (例えば、Pbl = 10 kW) を出力する。これに対し、最大出力演算部 70 の低温減少出力演算部 71 は、作動油温度 To に応じて、常温状態における作動油低温減少出力 Pol (例えば Pol = 0 kW) を出力する。

40

【0120】

これにより、最大合計出力 Pt-max は、常温状態に比べて低下し、バッテリー低温減少出力 Pbl および最大放電電力 Pd-max によって、例えば 70 kW になる。このため、HCU 37 の出力指令演算部 80 は、エンジン 20 が 60 kW を負担し、蓄電装置 31 が 10 kW を負担するように、常温状態に比べて車体速度を低下させる。

【0121】

第 2 に、バッテリー温度 Tb が常温状態にあり、作動油温度 To が低温状態にある場合について、HCU 37 の制御内容を、図 15 を参照して説明する。

【0122】

建設機械には、蓄電装置 31 の暖機を行う機能を備えたものが存在する。このような暖

50

機機能には、例えば充放電の繰り返しによって、蓄電装置 31 の自己発熱を利用するもの、または、エンジン 20 の排熱を蓄電装置 31 に供給するもの等が考えられる。このような蓄電装置 31 の暖機機能は、車体の暖機動作を行わなくても機能するため、例えばエンジンだけ始動して暫く放置した場合には、バッテリー温度 T_b が常温まで上昇しても、作動油温度 T_o がまだ低温領域にある、という状況は十分にありえる。

【0123】

このとき、最大電力演算部 50 は、バッテリー温度 T_b に応じて、常温状態における最大放電電力 P_{d-max} (例えば $P_{d-max} = 40 \text{ kW}$) を出力する。このため、システムが出力可能なパワーは、エンジン最大出力 P_{e-max} に、最大放電電力 P_{d-max} に基づく発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ を加算した値として、例えば 100 kW になる。また、最大出力演算部 70 の低温減少出力演算部 71 は、バッテリー温度 T_b に応じて、常温状態におけるバッテリー低温減少出力 P_{bL} (例えば、 $P_{bL} = 0 \text{ kW}$) を出力する。これに対し、最大出力演算部 70 の低温減少出力演算部 71 は、作動油温度 T_o に応じて、常温状態に比べて増加した作動油低温減少出力 P_{oL} (例えば $P_{oL} = 20 \text{ kW}$) を出力する。

10

【0124】

これにより、最大合計出力 P_{t-max} は、常温状態に比べて低下し、作動油低温減少出力 P_{oL} および最大放電電力 P_{d-max} によって、例えば 80 kW になる。このため、HCU 37 の出力指令演算部 80 は、エンジン 20 が 60 kW を負担し、蓄電装置 31 が 20 kW を負担するように、常温状態に比べて車体速度を低下させる。

20

【0125】

第 3 に、バッテリー温度 T_b と作動油温度 T_o がいずれも低温状態にある場合について、HCU 37 の制御内容を、図 16 を参照して説明する。

【0126】

建設機械を寒冷地で起動した直後は、外気温に応じて、バッテリー温度 T_b と作動油温度 T_o がいずれも低温状態になっていることがある。このとき、最大電力演算部 50 は、バッテリー温度 T_b に応じて、常温状態に比べて低下した最大放電電力 P_{d-max} (例えば $P_{d-max} = 20 \text{ kW}$) を出力する。このため、システムが出力可能なパワーは、エンジン最大出力 P_{e-max} に、最大放電電力 P_{d-max} に基づく発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ を加算した値として、例えば 80 kW になる。また、最大出力演算部 70 の低温減少出力演算部 71 は、バッテリー温度 T_b に応じて、常温状態に比べて増加したバッテリー低温減少出力 P_{bL} (例えば、 $P_{bL} = 10 \text{ kW}$) を出力する。これに加え、最大出力演算部 70 の低温減少出力演算部 71 は、作動油温度 T_o に応じて、常温状態に比べて増加した作動油低温減少出力 P_{oL} (例えば $P_{oL} = 20 \text{ kW}$) を出力する。

30

【0127】

これにより、最大合計出力 P_{t-max} は、常温状態に比べて低下し、作動油低温減少出力 P_{oL} および最大放電電力 P_{d-max} によって、例えば 50 kW になる。このとき、最大合計出力 P_{t-max} は、エンジン最大出力 P_{e-max} よりも低下している。このため、HCU 37 の出力指令演算部 80 は、エンジン 20 だけで 50 kW を負担するように、常温状態に比べて車体速度を低下させる。

【0128】

40

次に、HCU 37 の制御内容によって得られる効果について、詳細に説明する。

【0129】

一般的に、電流二乗積算値の上限値 I_{SCmax} は、バッテリー温度 T_b の低下に応じて徐々に値が小さくなる。特に、例えば -20 程度の低温状態では、僅かな電流 I_b が蓄電装置 31 に入力または出力されるときでも、電流二乗積算値 I_{SC} は上限値 I_{SCmax} に達してしまう。このため、蓄電装置 31 を使用するときには、この点に留意する必要がある。HCU 37 は、任意の温度で電流二乗積算値 I_{SC} が上限値 I_{SCmax} を超えないように、蓄電装置 31 の使用を制御する。

【0130】

ところで、燃費を考慮して小型のエンジン 20 を採用したときには、蓄電装置 31 の使

50

用頻度が高くなる。このため、負荷の大きい作業を連続して行う場合、電流二乗積算値 I_{SC} の過度な上昇が起きる可能性がある。その場合、蓄電装置 31 の劣化を回避するために、車体速度を低減させて、蓄電装置 31 の使用を緩和させることが一般的である。

【0131】

しかしながら、バッテリー温度 T_b が低温状態では、電流二乗積算値の上限値 I_{SCmax} は、非常に小さくなる。このため、電流二乗積算値 I_{SC} の増加に応じて車体速度を低下させた場合には、僅かな動作でも車体速度が低下するのに対し、短時間の休止でも車体速度の低下状態から復帰する。この結果、車体速度の低下と回復が早い周期で繰り返されるから、オペレータに大きな操作違和感を与えることが予想される。

【0132】

従って、低温状態では、電流二乗積算値 I_{SC} を増加させない必要がある。このためには、蓄電装置 31 の使用量である放電量または充電量を減少させればよい。

【0133】

蓄電装置 31 の放電量を減少させることは、発電電動機 27 の力行作用を減少させることに他ならないが、このときには次のような問題が生じる。例えば発電電動機 27 の力行出力を直接的に制限してしまうと、油圧負荷に急峻な変動が生じたときには、負荷の変動に応じてエンジン 20 の出力を変化させる必要がある。しかしながら、エンジン 20 の出力の応答速度は発電電動機 27 に比べて遅いため、油圧負荷を担保しきれずに、エンジン 20 に過度なラグダウンや急停止が生じるという問題がある。

【0134】

これらに加え、低温状態では蓄電装置 31 の性能低下に加えて、粘度が増加する作動油の影響も考慮する必要がある。作動油の粘度増加は油圧ポンプ 22 の引摺りトルク増加を発生させるため、作動油温度 T_o が低温状態では、油圧ポンプ 22 に対する入力が常温状態と同量であっても、得られるポンプ出力は小さくなる。従って、このようなポンプ出力の減少分を考慮せずに車体を動作させたときも、エンジン 20 に過度なラグダウンや急停止が生じることがある。

【0135】

これに対し、本実施の形態では、低温状態で蓄電装置 31 の使用を減少させるために、車体速度を制限する方法と、電力そのものを制限する方法との 2 種類の方法を併用している。

【0136】

車体速度を制限する方法は、低温減少出力演算部 71 が算出する作動油低温減少出力 P_{oL} およびバッテリー低温減少出力 P_{bL} によって実現している。電力を制限する方法は、最大電力演算部 50 が算出する最大放電電力 P_{d-max} および最大充電電力 P_{c-max} によって実現している。

【0137】

そして、発電電動機最大出力演算部 74 は、最大放電電力 P_{d-max} および最大充電電力 P_{c-max} に基づいて、発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ および発電電動機最大発電出力 $P_{mzg-max}$ を算出する。最大合計出力演算部 75 は、作動油低温減少出力 P_{oL} 、バッテリー低温減少出力 P_{bL} および発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ を考慮して、最大合計出力 P_{t-max} を算出する。出力指令演算部 80 は、最大合計出力 P_{t-max} を超えないように、車体速度を制御する。これに加え、出力指令演算部 80 は、発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ および発電電動機最大発電出力 $P_{mzg-max}$ を超えないように、蓄電装置 31 の放電電力および充電電力を制御する。

【0138】

この結果、バッテリー温度 T_b や作動油温度 T_o が低温状態のときには、最大合計出力 P_{t-max} によって車体速度を低下させることができる。一方、発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ によって、発電電動機 27 の力行動作を制限するものの、ある程度の力行動作を許容させることができる。これにより、エンジン 20 および蓄電装置 31 によって供給可能な出力の範囲内となるように、車体速度を低下させることができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 9 】

このとき、最大合計出力 P_{t-max} は、作動油低温減少出力 P_{oL} とバッテリー低温減少出力 P_{bL} との和に応じた出力が減少している。このため、最大合計出力 P_{t-max} によって、蓄電装置 31 の出力に限らず、エンジン 20 を含めた全体の出力も低下させることができる。従って、例えば車体速度をエンジン 20 の最大出力よりも低下させることができるから、蓄電装置 31 の使用頻度を低下させることができる。この結果、電流二乗積算値 $I S C$ の増加を抑制できるから、電流二乗積算値 $I S C$ が上限値 $I S C_{max}$ に到達し難くなる。これにより、車体速度の低下と回復が早い周期で繰り返すことがなくなり、オペレータの操作違和感を低減することができる。

【 0 1 4 0 】

10

これに加え、車体速度の低下によって蓄電装置 31 の使用量が低下する。このため、蓄電装置 31 は、その放電量が最大放電電力 P_{d-max} によって制限されるものの、ある程度の使用は許容することができる。従って、油圧負荷が急峻に変動したときには、油圧負荷の変動分を発電電動機 27 の力行作用によって負担することができ、エンジン 20 のラグダウンや急停止を抑制することができる。

【 0 1 4 1 】

また、作動油温度 T_o が低温状態となったときには、バッテリー低温減少出力 P_{bL} とは別個の作動油低温減少出力 P_{oL} によって車体速度を低下させることができる。従って、低温状態で作動油の粘度が増加して、油圧ポンプ 22 の出力が減少したときでも、その減少分を考慮して、車体速度を低下させることができる。この結果、エンジン 20 に対する過度な負荷を抑制することができる。

20

【 0 1 4 2 】

かくして、本実施の形態によれば、 $H C U 37$ は、バッテリー温度センサ 33 (蓄電装置温度センサ) によって検出した温度によって蓄電装置 31 が低温状態であると判断したときに、バッテリー温度 T_b が低くなるに従って大きい値とするバッテリー低温減少出力 P_{bL} (第1の車体速度低減量) を決定するバッテリー低温減少出力演算部 71 A (第1の車体速度低減量決定部) と、作動油温度センサ 23 によって検出した温度によって作動油が低温状態であると判断したときに、作動油温度 T_o が低くなるに従って大きい値とする作動油低温減少出力 P_{oL} (第2の車体速度低減量) を決定する作動油低温減少出力演算部 71 B (第2の車体速度低減量決定部) と、バッテリー低温減少出力 P_{bL} と作動油低温減少出力 P_{oL} との和に基づいて車体動作を制御する出力指令演算部 80 (車体動作制御部) とを有している。即ち、出力指令演算部 80 は、バッテリー低温減少出力 P_{bL} と作動油低温減少出力 P_{oL} との和を減少させた状態で、車体を動作させる。

30

【 0 1 4 3 】

従って、 $H C U 37$ は、バッテリー温度 T_b が低いときには、電流二乗積算値 $I S C$ に拘らず、車体速度を低減されることができる。これにより、低温であることによる電流二乗積算値 $I S C$ の速い変化に由来する車体速度変動を抑えて、オペレータの操作ストレスを低減すると共に、エンジン 20 のラグダウンや急停止 (エンジンストール) を防ぎつつ、蓄電装置 31 の劣化抑制効果を高めることができる。

【 0 1 4 4 】

40

これに加え、 $H C U 37$ は、バッテリー温度 T_b が低いことによるバッテリー低温減少出力 P_{bL} と、作動油温度 T_o が低いことによる作動油低温減少出力 P_{oL} とを別々に計算し、これらの合計速度低減量を車体速度に反映させて車体制御を行う。これにより、作動油温度 T_o は低い但しバッテリー温度 T_b が高い状態、またはその逆の状態等でも適切な速度低減を行うことができ、車体動作性能を確保することができる。

【 0 1 4 5 】

$H C U 37$ は、バッテリー温度センサ 33 によって検出したバッテリー温度 T_b によって蓄電装置 31 が低温状態であると判断したときに、バッテリー温度 T_b が低くなるに従って蓄電装置 31 の充電電力最大値としての発電電動機最大発電出力 $P_{m g g - m a x}$ を小さくする最大充電電力演算部 52 (充電電力最大値調整部) をさらに有し、出力指令演算部 80 は、

50

充電電力が発電電動機最大発電出力 $P_{mgg-max}$ を超えないように、発電電動機 27 を制御する。

【0146】

具体的には、最大充電電力演算部 52 は、バッテリー温度 T_b が低いときに、電流二乗積算値 I_{SC} に拘らず、発電電動機 27 の発電出力を制限する。これにより、電流二乗積算値 I_{SC} の増加を抑えることができる。

【0147】

これに加え、 $HCU37$ は、バッテリー温度 T_b が低いときには、電流二乗積算値 I_{SC} に拘らず、発電電動機 27 の発電出力を力行出力に対して優先的に制限する最大電力演算部 50 を備えている。即ち、低温領域では、最大放電電力 P_{d-max} (発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$) よりも最大充電電力 P_{c-max} (発電電動機最大発電出力 $P_{mgg-max}$) の方が絶対値が小さくなっている。これにより、車体速度の低減量を最低限にしつつ、電流二乗積算値 I_{SC} の増加を抑えることができる。また、発電電動機 27 の力行作用を優先することになるので、急峻な油圧負荷の変動に耐え易くなっている。

【0148】

$HCU37$ は、バッテリー温度センサ 33 によって検出したバッテリー温度 T_b によって蓄電装置 31 が低温状態であると判断したときに、バッテリー温度 T_b が低くなるに従って蓄電装置 31 の放電電力最大値としての発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ を小さくする最大放電電力演算部 51 (放電電力最大値調整部) をさらに有し、出力指令演算部 80 は、エンジン最大出力 P_{e-max} と発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ との和である最大出力加算値から、バッテリー低温減少出力 P_{bL} と作動油低温減少出力 P_{oL} との和である減少出力加算値を減算した値を超えないように、発電電動機 27 を制御する。

【0149】

具体的には、最大放電電力演算部 51 は、バッテリー温度 T_b が低いときに、電流二乗積算値 I_{SC} に拘らず、発電電動機 27 の力行出力を制限する。このとき、出力指令演算部 80 は、バッテリー温度 T_b に応じて低下した発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ に基づいて、システムが出力可能なパワーである最大出力加算値を低下させる。これに加え、出力指令演算部 80 は、この低下したパワーからバッテリー低温減少出力 P_{bL} と作動油低温減少出力 P_{oL} との和である減少出力加算値を減算した値を超えないように、発電電動機 27 を制御する。これにより、電流二乗積算値 I_{SC} の増加を抑えることができる。

【0150】

また、 $HCU37$ は、蓄電装置 31 の現在から過去一定時間 T の電流二乗積算値 I_{SC} を算出する電流二乗積算値算出部 41 と、電流二乗積算値 I_{SC} に応じた電流二乗積算比率 R_{isc} が予め決められた適正基準値 R_{m1} を超えた場合に、超えた量が大きくなるに従ってバッテリー低温減少出力 P_{bL} を大きくする第 1 の車体速度低減量調整部 91 とをさらに有している。

【0151】

即ち、 $HCU37$ は、バッテリー温度 T_b の低下に応じて車体速度が低減されている状態で、蓄電装置 31 の電流二乗積算値 I_{SC} が大きくなってしまった場合には、車体速度をさらに低下させる制御を行う。これにより、予期しない動作により電流二乗積算値 I_{SC} が大きくなってしまった場合でも、さらなる電流二乗積算値 I_{SC} の増加を防ぐことができる。

【0152】

$HCU37$ は、電流二乗積算比率 R_{isc} が適正基準値 R_{g1} よりも大きな値である上限値 R_{g2} を超えた場合に、蓄電装置 31 の充電電力最大値である発電電動機最大発電出力 $P_{mgg-max}$ をさらに小さくする充電電力最大値低減部 93 をさらに有している。このとき、 $HCU37$ は、バッテリー温度 T_b の低下に応じて、発電電動機 27 による発電が制限されている状態で、蓄電装置 31 の電流二乗積算値 I_{SC} が大きくなってしまった場合、発電電動機 27 の発電をさらに低下させる制御を行う。これにより、予期しない動作により電流二乗積算値 I_{SC} が大きくなってしまった場合で、電流二乗積算値 I_{SC} の過度な増加を

防ぐことができ、蓄電装置 31 の劣化を抑制することができる。

【0153】

さらに、HCU37は、電流二乗積算比率 R_{isc} が予め決められた適正基準値 R_{m1} よりも大きな値である上限値 R_{m2} を超えた場合に、蓄電装置 31 の放電電力最大値である発電電動機最大力行出力 $P_{mgm-max}$ をさらに小さくする放電電力最大値低減部 92 をさらに有している。このとき、HCU37は、バッテリー温度 T_b または作動油温度 T_o の低下に応じて車体速度が低減されている状態で、蓄電装置 31 の電流二乗積算値 I_{SC} がさらに大きくなってしまった場合に、発電電動機 27 の力行を制限する制御を行う。これにより、予期しない動作により電流二乗積算値 I_{SC} が大きくなってしまった場合でも、電流二乗積算値 I_{SC} の過度な増加を防ぐことができ、蓄電装置 31 の劣化に対する抑制効果を向上させることができる。

10

【0154】

なお、前記実施の形態では、エンジン 20 の最大出力を油圧ポンプ 22 の最大動力よりも小さくしたが、エンジン 20 の最大出力は、油圧ショベル 1 の仕様等に応じて適宜設定される。このため、エンジン 20 の最大出力は、油圧ポンプ 22 の最大動力と同程度でもよく、油圧ポンプ 22 の最大動力よりも大きくてもよい。

【0155】

前記実施の形態では、蓄電装置 31 にリチウムイオンバッテリーを使用した例で説明したが、必要な電力を供給可能な二次電池（例えばニッケルカドミウムバッテリー、ニッケル水素バッテリー）を採用してもよい。また、蓄電装置と直流母線との間に DC - DC コンバータ等の昇降圧装置を設けてもよい。

20

【0156】

前記実施の形態では、ハイブリッド建設機械としてクローラ式のハイブリッド油圧ショベル 1 を例に挙げて説明した。本発明はこれに限らず、エンジンと油圧ポンプに連結された発電電動機と、蓄電装置とを備えたハイブリッド建設機械であればよく、例えばホイール式のハイブリッド油圧ショベル、ハイブリッドホイールローダ等の各種の建設機械に適用可能である。

【符号の説明】

【0157】

- 1 ハイブリッド油圧ショベル（ハイブリッド建設機械）
- 2 下部走行体
- 4 上部旋回体
- 12 作業装置
- 12D ブームシリンダ（油圧アクチュエータ）
- 12E アームシリンダ（油圧アクチュエータ）
- 12F バケットシリンダ（油圧アクチュエータ）
- 20 エンジン
- 22 油圧ポンプ
- 23 作動油温度センサ（作動油温度検出器）
- 25 走行油圧モータ（油圧アクチュエータ）
- 26 旋回油圧モータ（油圧アクチュエータ）
- 27 発電電動機
- 31 蓄電装置
- 32 バッテリーコントロールユニット
- 33 バッテリー温度センサ（蓄電装置温度検出器）
- 34 旋回電動モータ（旋回電動機）
- 37 ハイブリッドコントロールユニット（コントローラ）
- 40 電流二乗積算比率演算部
- 41 電流二乗積算値算出部
- 50 最大電力演算部

30

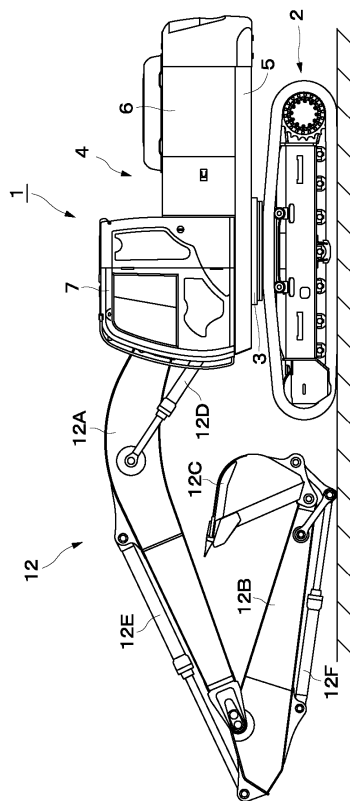
40

50

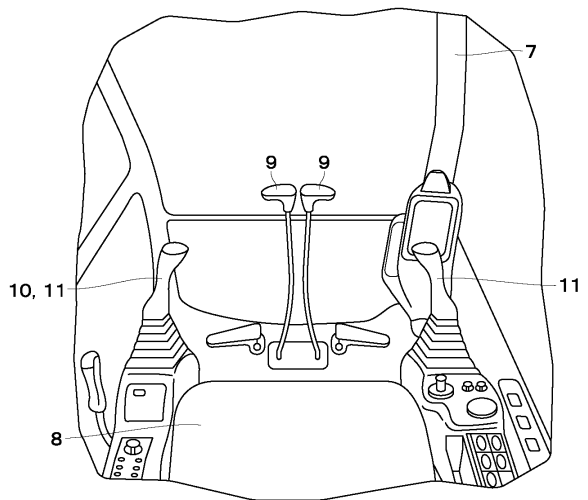
- 5 1 最大放電電力演算部（放電電力最大値調整部）
- 5 2 最大充電電力演算部（充電電力最大値調整部）
- 7 0 最大出力演算部
- 7 1 低温減少出力演算部
- 7 1 A バッテリ低温減少出力演算部（第 1 の車体速度低減量決定部）
- 7 1 B 作動油低温減少出力演算部（第 2 の車体速度低減量決定部）
- 7 2 発電電動機出力制限ゲイン演算部
- 7 2 A 力行制限ゲイン演算部
- 7 2 B 発電制限ゲイン演算部
- 7 4 発電電動機最大出力演算部
- 7 5 最大合計出力演算部
- 8 0 出力指令演算部（車体動作制御部）
- 9 1 車体速度低減量調整部
- 9 2 放電電力最大値低減部
- 9 3 充電電力最大値低減部

10

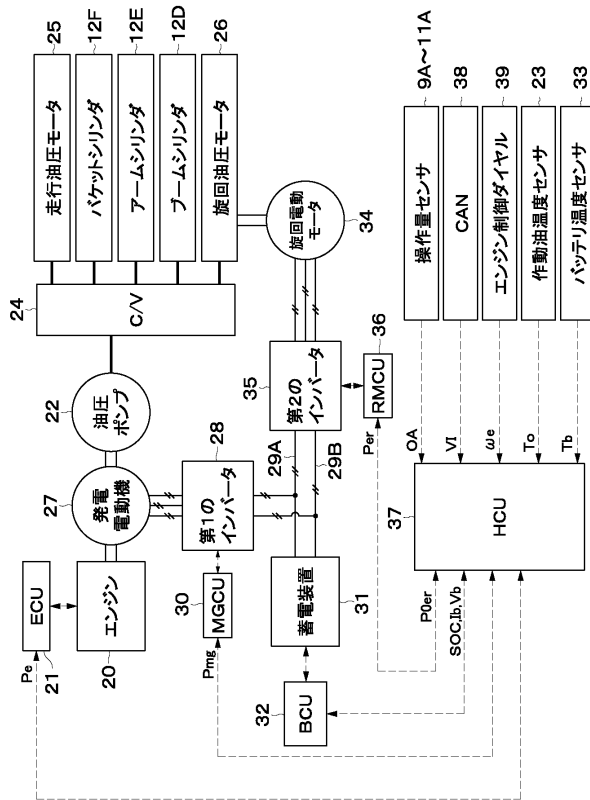
【図 1】



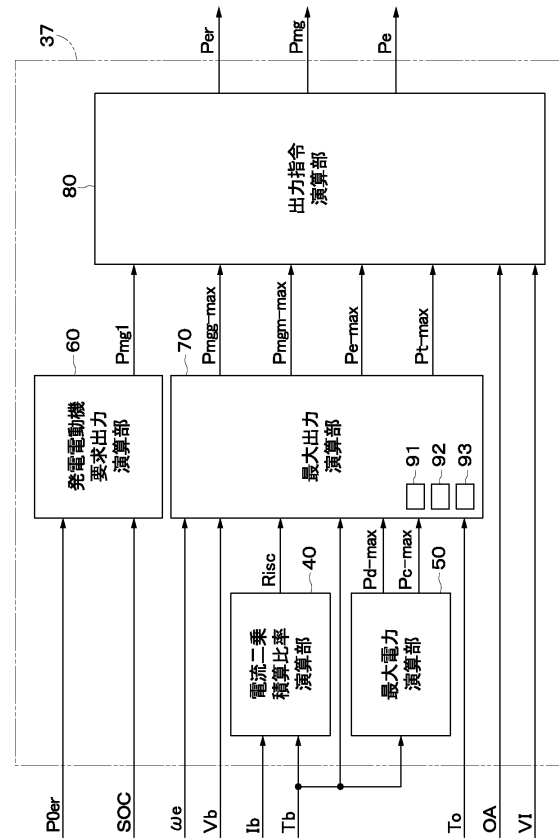
【図 2】



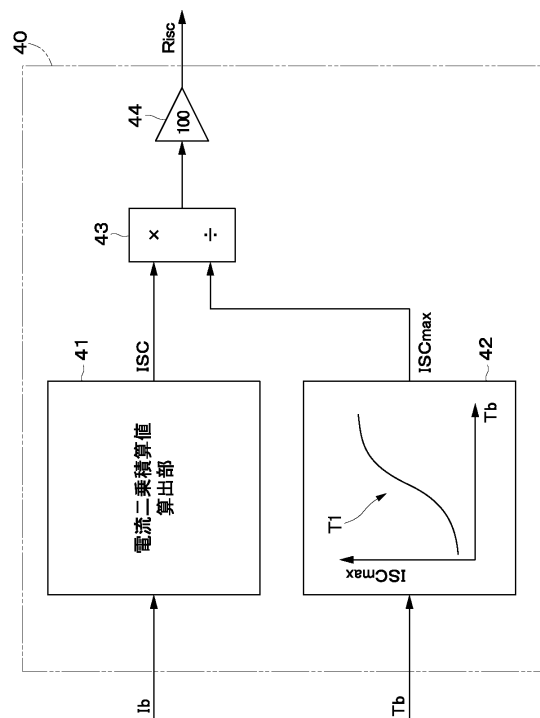
【図3】



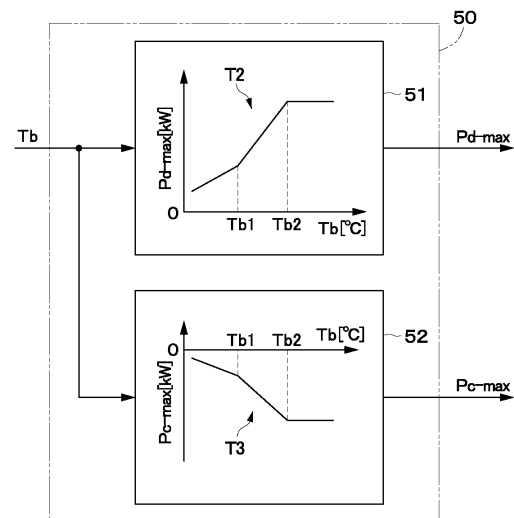
【図4】



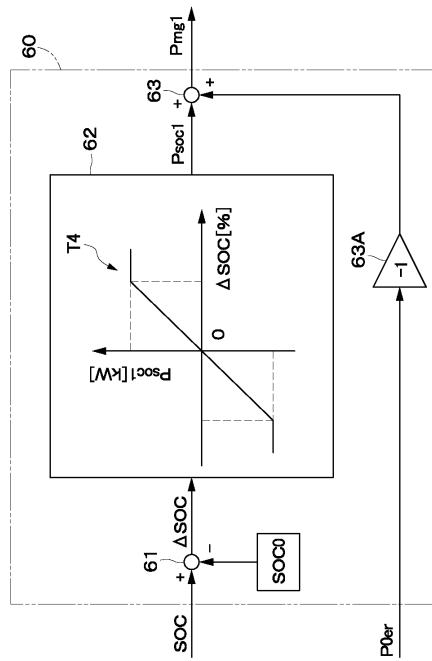
【図5】



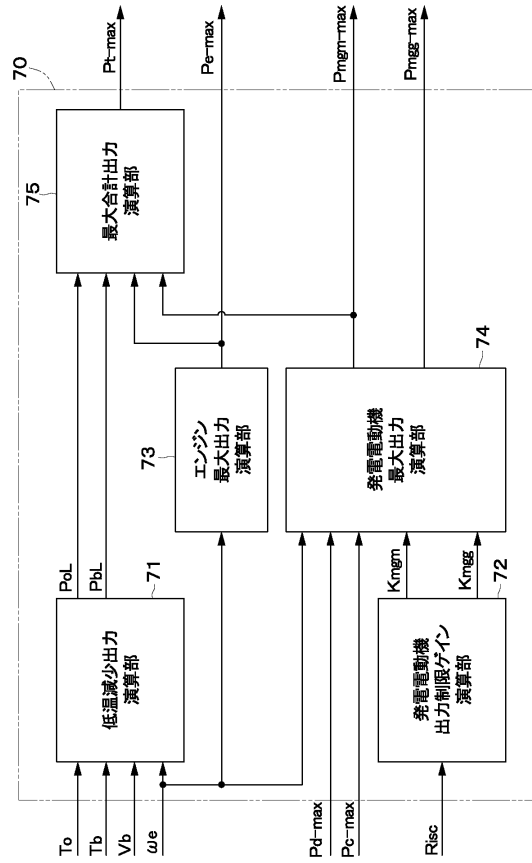
【図6】



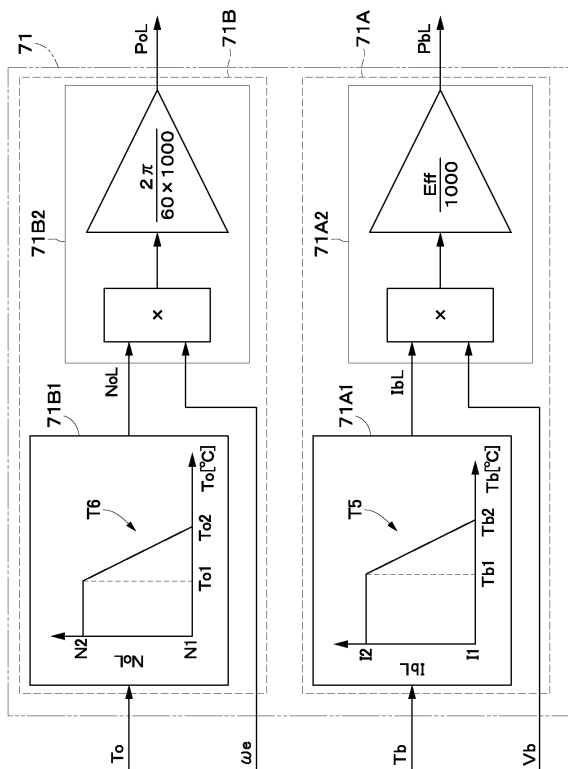
【図 7】



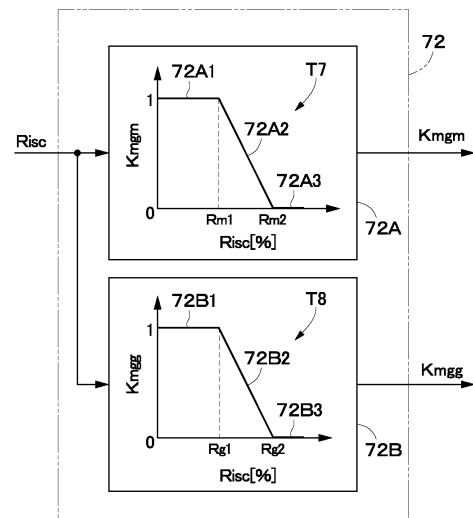
【図 8】



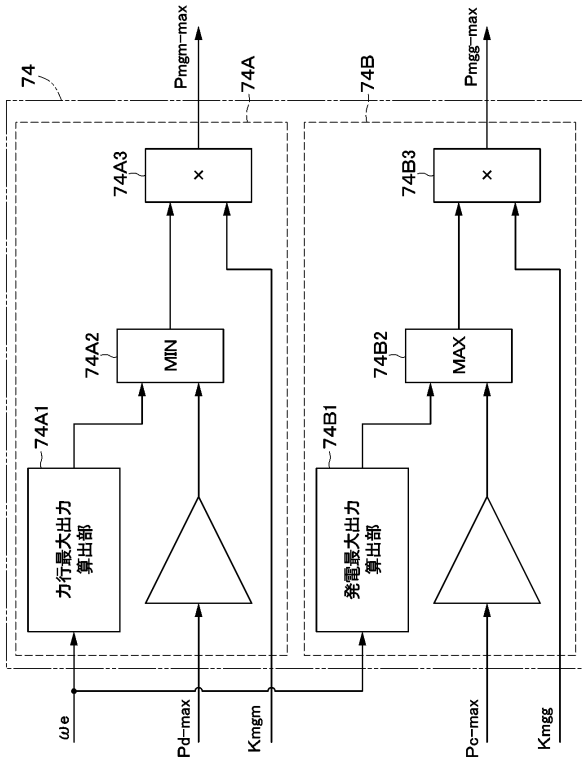
【図 9】



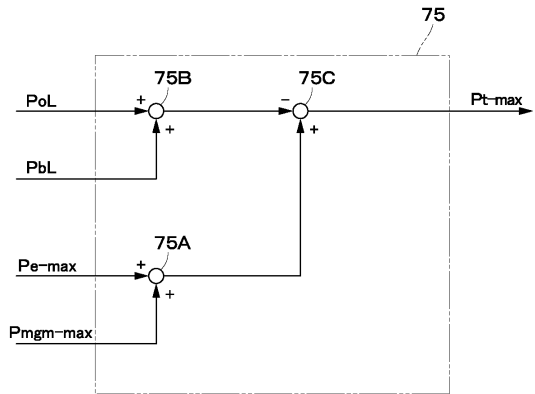
【図 10】



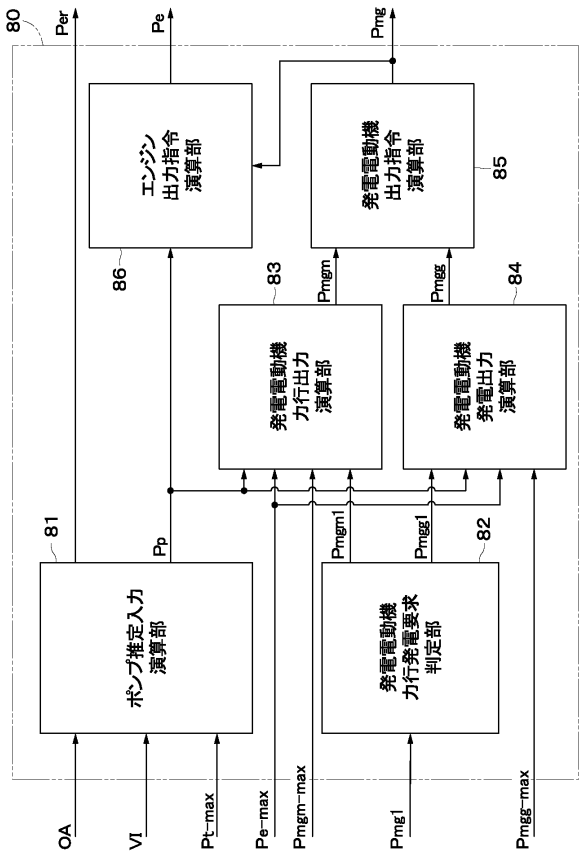
【図 1 1】



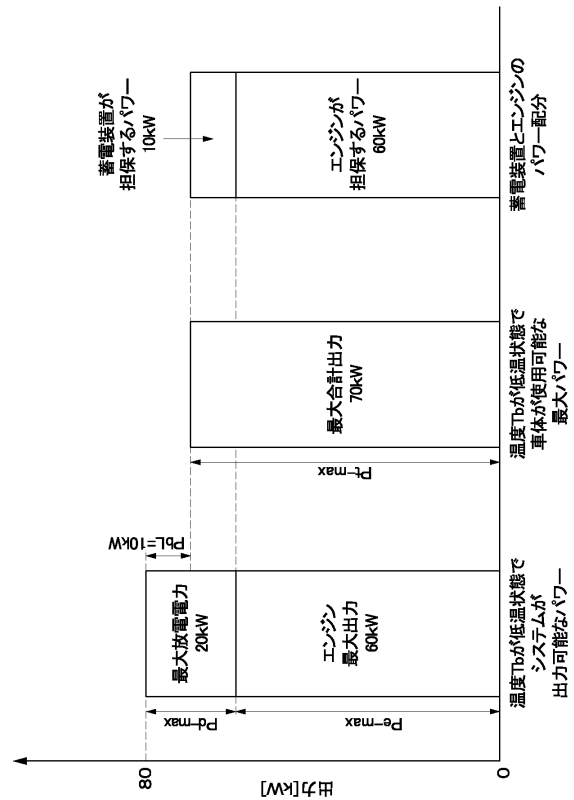
【図 1 2】



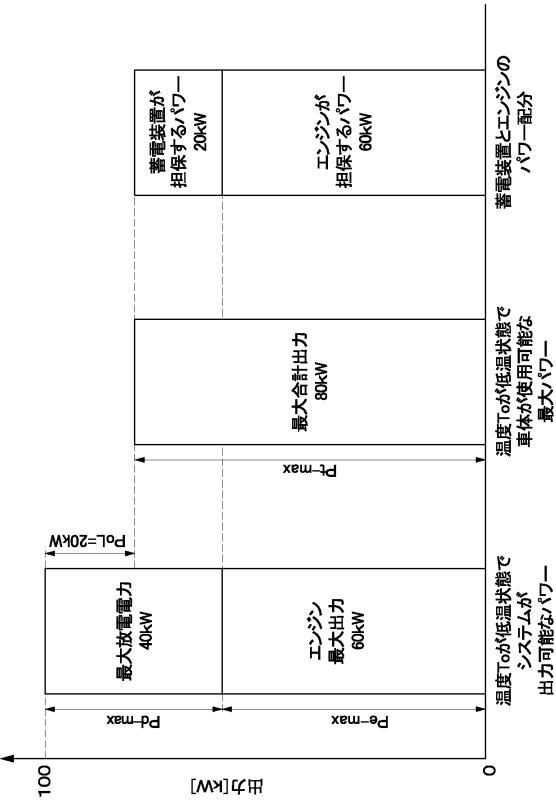
【図 1 3】



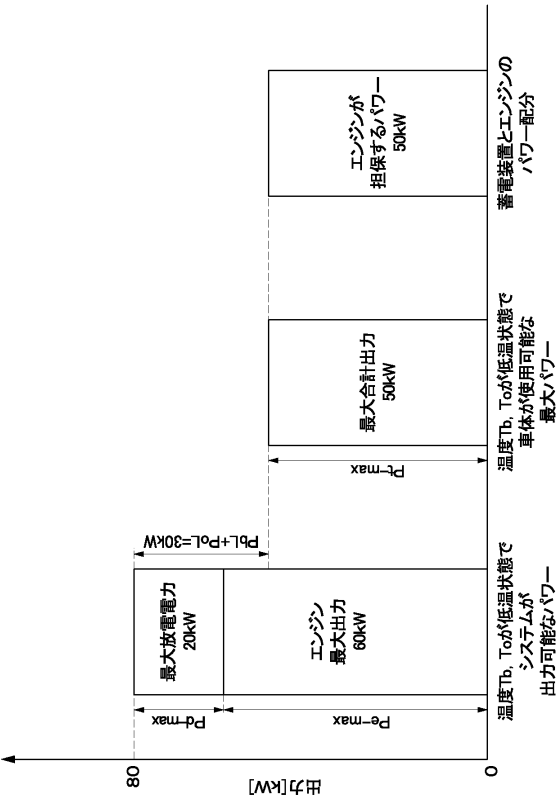
【図 1 4】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
H 0 2 J	7/00	(2006.01)	H 0 2 J	7/00	P
H 0 2 J	7/04	(2006.01)	H 0 2 J	7/04	L
H 0 1 M	10/44	(2006.01)	H 0 1 M	10/44	P
H 0 1 M	10/48	(2006.01)	H 0 1 M	10/48	3 0 1
B 6 0 L	50/60	(2019.01)	H 0 1 M	10/48	P
B 6 0 L	50/16	(2019.01)	B 6 0 L	50/60	
B 6 0 L	3/00	(2019.01)	B 6 0 L	50/16	
			B 6 0 L	3/00	S

(56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 3 5 8 4 1 (J P , A)
 特開 2 0 0 6 - 1 4 9 1 8 1 (J P , A)
 特開 2 0 1 5 - 8 6 6 6 4 (J P , A)
 特開 2 0 0 7 - 3 2 6 4 0 4 (J P , A)
 米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 1 4 2 1 6 8 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 6 0 W 1 0 / 0 0 - 2 0 / 5 0
 B 6 0 L 1 / 0 0 - 3 / 1 2
 B 6 0 L 7 / 0 0 - 1 3 / 0 0
 B 6 0 L 1 5 / 0 0 - 1 5 / 4 2
 B 6 0 L 5 0 / 0 0 - 5 8 / 4 0
 E 0 2 F 9 / 2 0
 H 0 1 M 1 0 / 4 4
 H 0 1 M 1 0 / 4 8
 H 0 2 J 7 / 0 0
 H 0 2 J 7 / 0 4