

(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2012-241585

(P2012-241585A)

(43) 公開日 平成24年12月10日(2012.12.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2D 29/04 (2006.01)	FO2D 29/04 H	3G093
FO2D 29/00 (2006.01)	FO2D 29/00 B	3G301
FO2D 41/04 (2006.01)	FO2D 41/04 380F	

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2011-111387 (P2011-111387)	(71) 出願人	000001236
(22) 出願日	平成23年5月18日 (2011.5.18)		株式会社小松製作所
			東京都港区赤坂二丁目3番6号
		(74) 代理人	100089118
			弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	河口 正
			神奈川県平塚市四之宮三丁目25番1号
			株式会社小松製作所開発本部内
		(72) 発明者	末廣 孝雄
			神奈川県平塚市四之宮三丁目25番1号
			株式会社小松製作所開発本部内
		(72) 発明者	村上 健太郎
			神奈川県平塚市四之宮三丁目25番1号
			株式会社小松製作所開発本部内

最終頁に続く

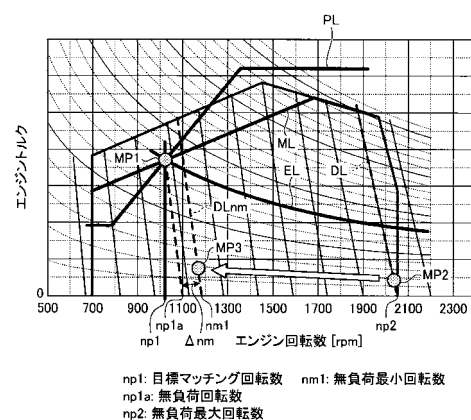
(54) 【発明の名称】 作業機械のエンジン制御装置およびそのエンジン制御方法

(57) 【要約】

【課題】 低燃費と作業性の向上とを両立すること。

【解決手段】 作業機械の運転状態を検出する検出手段と、前記運転状態をもとに、作業機械の負荷が抜けた場合に最大限上げられるエンジンの回転数である無負荷最大回転数 $np2$ を演算する無負荷最大回転数演算手段と、前記運転状態をもとに、作業機械に負荷が加わった場合に上げられるエンジンの回転数である目標マッチング回転数 $np1$ を前記無負荷最大回転数とは別に演算する目標マッチング回転数演算手段と、前記運転状態をもとに、最大限出力することができるエンジン目標出力 EL を演算するエンジン目標出力演算手段と、エンジン目標出力 EL の制限下で、無負荷最大回転数 $np2$ と目標マッチング回転数 $np1$ との間でエンジン回転数を制御するエンジン制御手段と、を備える。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

作業機械の運転状態を検出する検出手段と、

前記運転状態をもとに、作業機械の負荷が抜けた場合に最大限上げられるエンジンの回転数である無負荷最大回転数を演算する無負荷最大回転数演算手段と、

前記運転状態をもとに、負荷が加わった場合に上げられるエンジンの回転数である目標マッチング回転数を前記無負荷最大回転数とは別に演算する目標マッチング回転数演算手段と、

前記運転状態をもとに、最大限出力することができるエンジン目標出力を演算するエンジン目標出力演算手段と、

前記エンジン目標出力の制限下で、前記無負荷最大回転数と前記目標マッチング回転数との間でエンジン回転数を制御するエンジン制御手段と、

を備えたことを特徴とする作業機械のエンジン制御装置。

【請求項 2】

予めエンジン回転数の変動幅を設定する変動幅設定手段と、

前記無負荷最大回転数から前記変動幅分の回転数下げたエンジンの回転数を最小回転数制限値とし、前記運転状態をもとに、負荷が加わった場合に最低限上げなければならないエンジンの回転数であるマッチング最小回転数を演算するマッチング最小回転数演算手段と、

を備え、

前記エンジン制御手段は、前記エンジン目標出力の制限下で、前記無負荷最大回転数と前記マッチング最小回転数との間でエンジン回転数を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の作業機械のエンジン制御装置。

【請求項 3】

前記エンジン制御手段は、前記目標マッチング回転数に下限回転数オフセット値を加えたエンジン回転数をエンジン回転数指令値として出力することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の作業機械のエンジン制御装置。

【請求項 4】

可変容量型油圧ポンプと、

前記可変容量型油圧ポンプのポンプ容量を検出する容量検出手段と、

を備え、

前記エンジン制御手段は、前記ポンプ容量が閾値以上である場合、エンジン回転数を上げ、ポンプ容量が閾値未満の場合、エンジン回転数を下げたエンジン回転数指令値を出力することを特徴とする請求項 1～3 のいずれか一つに記載の作業機械のエンジン制御装置。

【請求項 5】

前記マッチング最小回転数演算手段は、前記作業機械の旋回体の回転数を検出する回転数検出手段による検出値がゼロに近い場合にはマッチング最小回転数を上げ、前記回転数検出手段による検出値が大きくなるに従ってマッチング最小回転数を下げた値を最小回転数制限値とし、前記運転状態をもとに、作業機械に負荷が加わった場合に最低限上げなければならないエンジンの回転数であるマッチング最小回転数を演算することを特徴とする請求項 2 に記載の作業機械のエンジン制御装置。

【請求項 6】

作業機械の運転状態を検出する検出ステップと、

前記運転状態をもとに、作業機械の負荷が抜けた場合に最大限上げられるエンジンの回転数である無負荷最大回転数を演算する無負荷最大回転数演算ステップと、

前記運転状態をもとに、作業機械に負荷が加わった場合に上げられるエンジンの回転数である目標マッチング回転数を前記無負荷最大回転数とは別に演算する目標マッチング回転数演算ステップと、

前記運転状態をもとに、最大限出力することができるエンジン目標出力を演算するエン

10

20

30

40

50

ジン目標出力演算ステップと、

前記エンジン目標出力の制限下で、前記無負荷最大回転数と前記目標マッチング回転数との間でエンジン回転数を制御するエンジン制御ステップと、

を含むことを特徴とする作業機械のエンジン制御方法。

【請求項 7】

予めエンジン回転数の変動幅を設定する変動幅設定ステップと、

前記無負荷最大回転数から前記変動幅分の回転数下げたエンジンの回転数を最小回転数制限値とし、前記運転状態をもとに、作業機械に負荷が加わった場合に最低限上げなければならないエンジンの回転数であるマッチング最小回転数を演算するマッチング最小回転数演算ステップと、

を含み、

前記エンジン制御ステップは、前記エンジン目標出力の制限下で、前記無負荷最大回転数と前記マッチング最小回転数との間でエンジン回転数を制御することを特徴とする請求項 6 に記載の作業機械のエンジン制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、油圧ショベル、ブルドーザ、ダンプトラック、ホイールローダなどの建設機械を含む作業機械のエンジン制御装置およびそのエンジン制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

作業機械に用いられるディーゼルエンジン（以下、エンジン）のエンジン制御において、作業機械のオペレータが、運転室内に設けられた燃料調整ダイヤル（スロットルダイヤル）を任意に設定すると、エンジンコントローラは、燃料噴射システムに対し、設定に応じた燃料噴射量をエンジンに噴射するための制御信号を出力する。そして、エンジンコントローラは、燃料調整ダイヤル（スロットルダイヤル）で設定されたエンジン目標回転数が維持されるように、作業機械に取り付けられた作業機の負荷変動に対応した制御信号を燃料噴射システムに出力し、エンジン回転数を調整する。また、エンジンコントローラあるいはポンプコントローラは、エンジン目標回転数に応じた油圧ポンプの目標吸収トルクを算出する。この目標吸収トルクは、エンジンの出力馬力と油圧ポンプの吸収馬力とが釣り合うように設定される。

【0003】

通常のエンジン制御について、図 27 を用いて説明する。エンジンは、エンジンの最大出力トルク線 P1 と最大のエンジン回転数から引かれるエンジンドループ線 Fe から成り立つ、エンジン出力トルク線 TL を超えないように制御される。そして、エンジンコントローラは、たとえば作業機械が油圧ショベルなどの場合、上部旋回体の旋回動作や作業機動作のために操作される操作レバーの操作量と作業機等の負荷とに応じてエンジン回転数を変化させるための制御信号を生成する。たとえば、エンジン目標回転数が N2 に設定されている状態で土砂等の掘削操作が行われると、エンジンがアイドリング動作している時のエンジン回転数（アイドリング回転数 N1）からエンジン目標回転数 N2 に移行する。この際、燃料噴射システムは、エンジンコントローラからの制御信号を受けて、この移行に応じて燃料をエンジンに噴射し、作業機動作等が行われて負荷が増加すると、エンジン回転数とエンジン出力トルクとが、可変容量型油圧ポンプ（典型的には斜板式油圧ポンプ）のポンプ吸収トルク線 PL とエンジン出力トルク線 TL の交点に相当する、マッチング点 M1 に到達するように、エンジン回転数が移行する。なお、定格点 P では、エンジン出力は最大となる。

【0004】

ここで、エンジンの燃費効率および油圧ポンプのポンプ効率を改善するため、図 28 に示すように、燃料消費率の良い領域を通る目標エンジン運転線（目標マッチングルート）

10

20

30

40

50

MLを設け、この目標マッチングルートML上にエンジン出力とポンプ吸収トルクとのマッチング点を設けるようにするエンジン制御装置がある。図28において、曲線Mは、エンジンの等燃費曲線を示し、曲線Mの中心（目玉（M1））に行くほど燃料消費率に優れる。また、曲線Jは、油圧ポンプで吸収される馬力が等馬力になっている等馬力曲線を示している。したがって、同じ馬力を得る場合、エンジンドループ線Fe上のマッチング点pt1でマッチングさせるよりも、目標マッチングルートML上のマッチング点pt2でマッチングさせる方が、燃料消費率は優れる。また、油圧ポンプの流量Qは、エンジン回転数nとポンプ容量qとの積（ $Q = n \cdot q$ ）であり、同じ作動油流量を得るなら、エンジン回転数を低くしてポンプ容量を大きくする方がポンプ効率に優れることになる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2007-120426号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述した目標マッチングルートMLを用いてエンジン制御を行う場合、図29のトルク線図に示すように、たとえば、目標マッチングルートML上の目標マッチング回転数n1でのマッチング点M1でマッチングさせようとする、無負荷時のエンジン回転数は、マッチング点M1を通るドループ線DL1に拘束された低回転数n2（例えば、1100rpm近傍）のところに定められる。そして、負荷がかかるとドループ線DL1に沿ってエンジントルクが増加してマッチング点M1でマッチングする。すなわち、目標マッチングルートML上でエンジン出力とポンプ吸収トルクとをマッチングさせようとする、エンジン出力（目標マッチング点M1）とエンジン回転数（無負荷時のエンジン回転数n2）とがドループ線DL1によって連動して決まる。

【0007】

ここで、作業機械によって大きな岩を動かすなどの作業時に、作業機に負荷がかかった場合、図29に示すドループ線DL1に沿ってエンジントルクが上昇してマッチング点M1に移行する。ここで、作業機出力が得られて、作業には好都合であるが、大きな岩を動かして終えて負荷が抜けた直後でも、エンジンは、ドループ線DL1に拘束された低回転のエンジン回転数で駆動する。この低回転数で油圧ポンプが回転し、油圧ポンプの斜板の斜板角は、ある所定値（最大容量）よりは大きくならないため、油圧ポンプから吐き出される作動油流量が作業機の油圧シリンダに十分供給されない。したがって、このような場合に、オペレータの作業機を速く動かしして作業したいという意思に作業機が対応できず、操作上の違和感が生じるという問題点があった。

【0008】

この問題点を解決するための第1の方策として、図30のトルク線図に示すように、無負荷時のエンジン回転数を高回転数n11（例えば、2050rpm近傍）のところに設定し、エンジン回転数に対して油圧ポンプが吸収可能な最大トルクを示すポンプ吸収トルク線をPL1として設定するとする。そのようにすると、負荷が低い場合には、マッチング点M11でエンジン出力馬力とポンプ吸収馬力がマッチングする。したがって、油圧ポンプの斜板角が任意であってもエンジン回転数が高いため、油圧ポンプから作業機の油圧シリンダに吐き出される作動油流量が確保され、作業機速度の充足を図ることができる。その後、作業機に負荷が加わった場合、ドループ線DL2に沿ってエンジントルクが上昇し、マッチング点M1と同じ等馬力曲線EL1上のマッチング点M12でマッチングすることで所望とする作業機出力を得ることができる。しかし、このような制御を行うと、図28で示した等燃費曲線の目玉M1から外れた、燃費の悪い位置でエンジンが駆動するため、低燃費を図ることができないという問題が考えられる。

【0009】

また、上述した問題点を解決するための第2の方策として、図30のトルク線図に示す

10

20

30

40

50

ように、ポンプ吸収トルク線を P L 2 に設定し、マッチング点 M 1 2 に替えて、目標マッチングルート M L 上にマッチング点 M 1 3 を設定するとする。作業機に負荷がかかった場合、エンジンの出力は、マッチング点 M 1 1 からドループ線 D L 2 に沿ってマッチング点 M 1 3 でマッチングする。この場合、等燃費曲線の目玉 M 1 に近い位置でマッチングすることになるが、馬力の高い等馬力曲線 E L 2 上のエンジン出力でエンジンが駆動することとなるため、必要以上のエネルギー消費が行われ、低回転かつ低出力のマッチング点 M 1 に比して燃費は悪化することが考えられる。

【0010】

この発明は、上記に鑑みてなされたものであって、低燃費と作業性の向上とを両立することができる作業機械のエンジン制御装置およびそのエンジン制御方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0011】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、この発明にかかる作業機械のエンジン制御装置は、作業機械の運転状態を検出する検出手段と、前記運転状態をもとに、作業機械の負荷が抜けた場合に最大限上げられるエンジンの回転数である無負荷最大回転数を演算する無負荷最大回転数演算手段と、前記運転状態をもとに、負荷が加わった場合に上げられるエンジンの回転数である目標マッチング回転数を前記無負荷最大回転数とは別に演算する目標マッチング回転数演算手段と、前記運転状態をもとに、最大限出力することができるエンジン目標出力を演算するエンジン目標出力演算手段と、前記エンジン目標出力の制限下で、前記無負荷最大回転数と前記目標マッチング回転数との間でエンジン回転数を制御するエンジン制御手段と、を備えたことを特徴とする。

20

【0012】

また、この発明にかかる作業機械のエンジン制御装置は、上記の発明において、予めエンジン回転数の変動幅を設定する変動幅設定手段と、前記無負荷最大回転数から前記変動幅分の回転数下げたエンジンの回転数を最小回転数制限値とし、前記運転状態をもとに、負荷が加わった場合に最低限上げなければならないエンジンの回転数であるマッチング最小回転数を演算するマッチング最小回転数演算手段と、を備え、前記エンジン制御手段は、前記エンジン目標出力の制限下で、前記無負荷最大回転数と前記マッチング最小回転数との間でエンジン回転数を制御することを特徴とする。

30

【0013】

また、この発明にかかる作業機械のエンジン制御装置は、上記の発明において、前記エンジン制御手段は、前記目標マッチング回転数に下限回転数オフセット値を加えたエンジン回転数をエンジン回転数指令値として出力することを特徴とする。

【0014】

また、この発明にかかる作業機械のエンジン制御装置は、上記の発明において、可変容量型油圧ポンプと、前記可変容量型油圧ポンプのポンプ容量を検出する容量検出手段と、を備え、前記エンジン制御手段は、前記ポンプ容量が閾値以上である場合、エンジン回転数を上げ、ポンプ容量が閾値未満の場合、エンジン回転数を下げたエンジン回転数指令値を出力することを特徴とする。

40

【0015】

また、この発明にかかる作業機械のエンジン制御装置は、上記の発明において、前記マッチング最小回転数演算手段は、前記作業機械の旋回体の回転数を検出する回転数検出手段による検出値がゼロに近い場合にはマッチング最小回転数を上げ、前記回転数検出手段による検出値が大きくなるに従ってマッチング最小回転数を下げた値を最小回転数制限値とし、前記運転状態をもとに、前記作業機械に負荷が加わった場合に最低限上げなければならないエンジンの回転数であるマッチング最小回転数を演算することを特徴とする。

【0016】

また、この発明にかかる作業機械のエンジン制御方法は、作業機械の運転状態を検出する検出ステップと、前記運転状態をもとに、作業機械の負荷が抜けた場合に最大限上げら

50

れるエンジンの回転数である無負荷最大回転数を演算する無負荷最大回転数演算ステップと、前記運転状態をもとに、作業機械の負荷が加わった場合に上げられるエンジンの回転数である目標マッチング回転数を前記無負荷最大回転数とは別に演算する目標マッチング回転数演算ステップと、前記運転状態をもとに、最大限出力することができるエンジン目標出力を演算するエンジン目標出力演算ステップと、前記エンジン目標出力の制限下で、前記無負荷最大回転数と前記目標マッチング回転数との間でエンジン回転数を制御するエンジン制御ステップと、を含むことを特徴とする。

【0017】

また、この発明にかかる作業機械のエンジン制御方法は、上記の発明において、予めエンジン回転数の変動幅を設定する変動幅設定ステップと、前記無負荷最大回転数から前記変動幅分の回転数下げたエンジンの回転数を最小回転数制限値とし、前記運転状態をもとに、作業機械に負荷が加わった場合に最低限上げなければならないエンジンの回転数であるマッチング最小回転数を演算するマッチング最小回転数演算ステップと、を含み、前記エンジン制御ステップは、前記エンジン目標出力の制限下で、前記無負荷最大回転数と前記マッチング最小回転数との間でエンジン回転数を制御することを特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

この発明によれば、エンジン目標出力の制限下で、無負荷最大回転数と目標マッチング回転数との間でエンジン回転数を制御するようにしているので、低燃費と作業性の向上とを両立することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】図1は、この発明の実施の形態1にかかる油圧ショベルの全体構成を示す斜視図である。

【図2】図2は、図1に示した油圧ショベルの制御系の構成を示す模式図である。

【図3】図3は、エンジンコントローラあるいはポンプコントローラによるエンジン制御内容を説明するトルク線図である。

【図4】図4は、エンジンコントローラあるいはポンプコントローラによるエンジン制御内容を説明するトルク線図である。

【図5】図5は、エンジンコントローラあるいはポンプコントローラによる全体制御フローを示す図である。

【図6】図6は、図5に示した無負荷最大回転数演算ブロックの詳細制御フローを示す図である。

【図7】図7は、図5に示したエンジン最小出力演算ブロックの詳細制御フローを示す図である。

【図8】図8は、図5に示したエンジン最大出力演算ブロックの詳細制御フローを示す図である。

【図9】図9は、図5に示したエンジン目標出力演算ブロックの詳細制御フローを示す図である。

【図10】図10は、図5に示したマッチング最小回転数演算ブロックの詳細制御フローを示す図である。

【図11】図11は、図5に示した目標マッチング回転数演算ブロックの詳細制御フローを示す図である。

【図12】図12は、図5に示したエンジン回転数指令値演算ブロックの詳細制御フローを示す図である。

【図13】図13は、図5に示したポンプ吸収トルク指令値演算ブロックの詳細制御フローを示す図である。

【図14】図14は、エンジンコントローラあるいはポンプコントローラによるエンジン制御内容を説明するトルク線図である。

【図15】図15は、従来のエンジン制御における、ポンプばらつきによるエンジン出力

10

20

30

40

50

ばらつきの状態を示すトルク線図である。

【図 16】図 16 は、この発明の実施の形態 1 における、ポンプばらつきによるエンジン出力ばらつきの状態を示すトルク線図である。

【図 17】図 17 は、従来のエンジン制御における、過渡時のエンジン出力移行状態を示すトルク線図である。

【図 18】図 18 は、この発明の実施の形態 1 における、過渡時のエンジン出力移行状態を示すトルク線図である。

【図 19】図 19 は、この発明の実施の形態 2 であるハイブリッド油圧ショベルの制御系の構成を示す模式図である。

【図 20】図 20 は、この発明の実施の形態 2 のエンジンコントローラあるいはポンプコントローラ、ハイブリッドコントローラによる全体制御フローを示す図である。

【図 21】図 21 は、図 20 に示した無負荷最大回転数演算ブロックの詳細制御フローを示す図である。

【図 22】図 22 は、図 20 に示したエンジン最大出力演算ブロックの詳細制御フローを示す図である。

【図 23】図 23 は、図 20 に示したマッチング最小回転数演算ブロックの詳細制御フローを示す図である。

【図 24】図 24 は、図 20 に示した目標マッチング回転数演算ブロックの詳細制御フローを示す図である。

【図 25】図 25 は、図 20 に示したポンプ吸収トルク指令値演算ブロックの詳細制御フローを示す図である。

【図 26】図 26 は、発電オン／オフ時の目標マッチング回転数の設定状態を示すトルク線図である。

【図 27】図 27 は、従来のエンジン制御を説明するトルク線図である。

【図 28】図 28 は、目標マッチングルートを用いた従来のエンジン制御を説明するトルク線図である。

【図 29】図 29 は、従来のエンジン制御を説明するトルク線図である。

【図 30】図 30 は、従来のエンジン制御を説明するトルク線図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、添付図面を参照してこの発明を実施するための形態について説明する。

【0021】

(実施の形態 1)

[全体構成]

まず、図 1 および図 2 は、作業機械としての一例である油圧ショベル 1 の全体構成を示している。この油圧ショベル 1 は、車両本体 2 と作業機 3 とを備えている。車両本体 2 は、下部走行体 4 と上部旋回体 5 とを有する。下部走行体 4 は、一対の走行装置 4 a を有する。各走行装置 4 a は、履帯 4 b を有する。各走行装置 4 a は、右走行モータと左走行モータ（走行モータ 2 1）とによって履帯 4 b を駆動することによって油圧ショベル 1 を走行あるいは旋回させる。

【0022】

上部旋回体 5 は、下部走行体 4 上に旋回可能に設けられ、旋回油圧モータ 3 1 が駆動することによって旋回する。また、上部旋回体 5 には、運転室 6 が設けられる。上部旋回体 5 は、燃料タンク 7 と作動油タンク 8 とエンジン室 9 とカウンタウエイト 1 0 とを有する。燃料タンク 7 は、エンジン 1 7 を駆動するための燃料を貯留する。作動油タンク 8 は、油圧ポンプ 1 8 からブームシリンダ 1 4 などの油圧シリンダや旋回油圧モータ 3 1、走行モータ 2 1 などの油圧機器へ吐出される作動油を貯留する。エンジン室 9 は、エンジン 1 7 や油圧ポンプ 1 8 などの機器を収納する。カウンタウエイト 1 0 は、エンジン室 9 の後方に配置される。

【0023】

10

20

30

40

50

作業機 3 は、上部旋回体 5 の前部中央位置に取り付けられ、ブーム 11、アーム 12、バケット 13、ブームシリンダ 14、アームシリンダ 15、およびバケットシリンダ 16 を有する。ブーム 11 の基端部は、旋回体 5 に回転可能に連結される。また、ブーム 11 の先端部は、アーム 12 の基端部に回転可能に連結される。アーム 12 の先端部は、バケット 13 に回転可能に連結される。ブームシリンダ 14、アームシリンダ 15、およびバケットシリンダ 16 は、油圧ポンプ 18 から吐出された作動油によって駆動する油圧シリンダである。ブームシリンダ 14 は、ブーム 11 を動作させる。アームシリンダ 15 は、アーム 12 を動作させる。バケットシリンダ 16 は、バケット 13 を動作させる。

【0024】

図 2 において、油圧ショベル 1 は、駆動源としてのエンジン 17、油圧ポンプ 18 を有する。エンジン 17 としてディーゼルエンジンが用いられ、油圧ポンプ 18 として可変容量型油圧ポンプ（例えば斜板式油圧ポンプ）が用いられる。エンジン 17 の出力軸には、油圧ポンプ 18 が機械的に結合されており、エンジン 17 を駆動することで、油圧ポンプ 18 が駆動する。

【0025】

油圧駆動系は、車両本体 2 に設けられた運転室 6 に設けられる作業機レバー、走行レバー、旋回レバーなどの操作レバー 26 の操作に応じて駆動する。操作レバー 26 の操作量は、レバー操作量検出部 27 によって電気信号に変換される。レバー操作量検出部 27 は、圧力センサによって構成される。操作レバーの操作に応じて発生するパイロット油圧を圧力センサが検知し、圧力センサが出力する電圧等をレバー操作量に換算することによってレバー操作量を求める。レバー操作量は、電気信号としてポンプコントローラ 33 へ出力される。なお、操作レバー 26 が電気式レバーである場合には、レバー操作量検出部 27 は、ポテンショメータなどの電氣的検出手段によって構成され、レバー操作量に応じて発生する電圧等をレバー操作量に換算してレバー操作量を求める。

【0026】

運転室 6 内には、燃料調整ダイヤル（スロットルダイヤル）28 およびモード切替部 29 が設けられる。燃料調整ダイヤル（スロットルダイヤル）28 は、エンジン 17 への燃料供給量を設定するためのスイッチであり、燃料調整ダイヤル（スロットルダイヤル）28 の設定値は、電気信号に変換されてエンジンコントローラ 30 に出力される。

【0027】

エンジンコントローラ 30 は、CPU（数値演算プロセッサ）などの演算装置やメモリ（記憶装置）で構成される。エンジンコントローラ 30 は、燃料調整ダイヤル（スロットルダイヤル）28 の設定値に基づいて、制御指令の信号を生成し、コモンレール制御部 32 が制御信号を受信し、エンジン 17 への燃料噴射量を調整する。すなわち、エンジン 17 は、コモンレール式による電子制御が可能なエンジンであり、燃料噴射量を適切にコントロールすることで狙いとする出力を出すことが可能であり、ある瞬間のエンジン回転数における出力可能なトルクを自由に設定することが可能である。

【0028】

モード切替部 29 は、油圧ショベル 1 の作業モードをパワーモードまたはエコノミーモードに設定する部分であり、たとえば運転室 6 中に設けられる操作ボタンやスイッチ、またはタッチパネルで構成され、油圧ショベル 1 のオペレータがそれらの操作ボタンなどを操作することで作業モードを切り替えることができる。パワーモードとは、大きな作業量を維持しながら燃費を抑えたエンジン制御およびポンプ制御を行う作業モードであり、エコノミーモードとは、さらに燃費を抑えつつ軽負荷作業で作業機 3 の動作速度を確保するようにエンジン制御およびポンプ制御を行う作業モードである。このモード切替部 29 による設定（作業モードの切り替え）では、電気信号がエンジンコントローラ 30、ポンプコントローラ 33 に出力される。なお、パワーモードでは、エンジン 17 の回転数および出力トルクが比較的高い領域でエンジン 17 の出力トルクと油圧ポンプ 18 の吸収トルクとをマッチングさせる。また、エコノミーモードでは、パワーモードの場合と比較して低いエンジン出力でマッチングさせる。

【0029】

ポンプコントローラ33は、エンジンコントローラ30、モード切替部29、レバー操作量検出部27から送信された信号を受信して、油圧ポンプ18の斜板角を傾倒制御して油圧ポンプ18からの作動油の吐出量を調整するための制御指令の信号を生成する。なお、ポンプコントローラ33には、油圧ポンプ18の斜板角を検出する斜板角センサ18aからの信号が入力される。斜板角センサ18aが斜板角を検出することで、油圧ポンプ18のポンプ容量を演算することができる。コントロールバルブ20内には、油圧ポンプ18のポンプ吐出圧力を検出するためのポンプ圧検出部20aが設けられている。検出されたポンプ吐出圧力は、電気信号に変換されてポンプコントローラ33に入力される。なお、エンジンコントローラ30とポンプコントローラ33とは、相互に情報の授受が行われるようにCAN (Controller Area Network) のような車内LANで接続されている。

【0030】

[エンジン制御の概要]

まず、図3に示すトルク線図を参照してエンジン制御の概要について説明する。エンジンコントローラ30は、レバー操作量、作業モードおよび燃料調整ダイヤル（スロットルダイヤル）28の設定値、上部旋回体5の旋回速度（旋回回転数）などの情報（運転状態を示す信号）を取得し、エンジン出力指令値を求める。このエンジン出力指令値は、トルク線図上の等馬力曲線（エンジン出力指令値曲線）ELとなり、エンジンの出力を制限する曲線である。

【0031】

そして、作業機3に負荷がかかっている場合、エンジン出力をドループ線に拘束させず、エンジン出力指令値曲線ELとポンプ吸収トルク線PLとの交点（マッチング点）MP1でエンジン出力と油圧ポンプ出力とをマッチングさせて作業機3を動作させる。なお、このマッチング点MP1は、目標マッチングルートML上にもたせることが好ましい。この目標マッチング点MP1でのエンジン回転数は、目標マッチング回転数 n_{p1} であり、たとえば、図3では1000rpm近傍となる。これにより、作業機3は十分な出力を得ることができるとともに、エンジン17は低回転数で駆動するため、燃料消費を低く抑えることができる。

【0032】

一方、作業機3の負荷が抜けた場合であって、作業機3の油圧シリンダ14, 15, 16への作動油流量が必要な場合、すなわち作業機3の動作速度の確保が必要な場合、エンジンコントローラ30は、レバー操作量、上部旋回体5の旋回回転数、燃料調整ダイヤル（スロットルダイヤル）28の設定値等の情報に対応した無負荷最大回転数 n_{p2} （たとえば図3では、2050rpm近傍）を決定し、目標マッチング回転数 n_{p1} と無負荷最大回転数 n_{p2} との間のエンジン回転数範囲内でエンジンドループを制御してエンジン17を駆動させる。このような制御を行うことによって、作業機3の負荷がかかった状態から負荷が抜けた状態に移行した場合、低回転側のマッチング点MP1から高回転側のマッチング点MP2に移行することから、油圧ポンプ18から吐き出される作動油流量を十分に油圧シリンダ14, 15, 16に供給することができ、作業機3の動作速度を確保することができる。また、エンジン出力指令値曲線ELによってエンジン出力が制限されるため、無駄なエネルギーを消費しない。なお、無負荷最大回転数 n_{p2} は、エンジンが出力可能な最大回転数に限らない。

【0033】

ここで、作業機3の負荷がさらに抜けた場合、そのままエンジン17を高回転域で駆動させると燃料消費され燃費が悪化することとなる。したがって、負荷が抜けた場合であって、たとえばバケット13のみの動作のように、油圧ポンプ18からの作動油の吐出流量および吐出圧力を多く必要としない場合、すなわちポンプ容量に余裕がある場合、図4に示すように、高回転域のドループ線DLを低回転域にシフトさせる制御を行う。上記のように、ポンプ容量は、斜板角センサ18aによって検出され、この検出値の大小によってドループ線をシフトする。たとえば、ポンプ容量が所定値よりも大きいと検出された場合

には作動油流量を必要としているため、ドループ線DLを高回転域にシフトさせてエンジン回転数を上げ、ポンプ容量が所定値よりも小さいと検出された場合には作動油流量を必要としていないため、ドループ線DLを低回転域にシフトさせてエンジン回転数を下げる。このような制御を行うことによって、高回転域でのエンジン駆動による無駄な燃料消費を抑えることができる。

【0034】

[エンジン制御の詳細]

図5は、エンジンコントローラ30あるいはポンプコントローラ33による全体制御フローを示している。エンジンコントローラ30あるいはポンプコントローラ33は、最終的にエンジン制御指令としてのエンジン回転数指令値とエンジン出力指令値を演算し、ポンプ制御指令としてポンプ吸収トルク指令値を演算する。

10

【0035】

無負荷最大回転数演算ブロック110は、図6に示した詳細制御フローによって、エンジン回転数指令値の上限値となる値である無負荷最大回転数D210 (np2)を演算する。油圧ポンプ18のポンプ容量が最大の状態では、油圧ポンプ18の流量（油圧ポンプ吐出流量）はエンジン回転数とポンプ容量との積であり、油圧ポンプ18の流量（油圧ポンプ吐出流量）はエンジン回転数に比例するため、無負荷最大回転数D210と油圧ポンプ18の流量（ポンプ最大吐出量）は比例関係にあることになる。このため、まず、無負荷最大回転数D210の候補値として、各レバー値信号D100（レバー操作量）によって求めた無負荷回転数の総和を総和部212によって求める。各レバー値信号D100（各レバー操作量を示す信号）としては、旋回レバー値、ブームレバー値、アームレバー値、バケットレバー値、走行右レバー値、走行左レバー値、サービスレバー値がある。このサービスレバー値は、新たな油圧アクチュエータを接続できる油圧回路を有する場合における、この油圧アクチュエータを操作するレバー操作量を示す値である。各レバー値信号は、図6に示すようなレバー値・無負荷回転数変換テーブル211で無負荷回転数に変換され、この変換された値を総和部212によって求めた総和の無負荷回転数が最小値選択部（MIN選択）214に出力される。

20

【0036】

一方、無負荷回転数リミット値選択ブロック210は、各操作レバー値信号D100の操作量、油圧ポンプ18の吐出圧力であるポンプ圧力D104、D105、およびモード切替部29によって設定された作業モードD103の4つの情報を用いて、作業機械1のオペレータが、現在どのような操作パターン（作業パターン）を実行しているかを判定し、予め設定されている操作パターンに対する無負荷回転数リミット値を選択し決定する。この決定された無負荷回転数リミット値は、最小値選択部214に出力される。この操作パターン（作業パターン）の判定とは、たとえば、アームレバーが掘削方向に傾倒しており、ポンプ圧力も、ある設定値よりも高い場合、油圧ショベル1は重掘削作業を実行しようとしていると判定し、旋回レバーが傾倒しているとともにブームレバーが上げ方向に傾倒しているような複合操作の場合、油圧ショベル1はホイスト旋回作業を実行しようとしていると判定するものである。このように、操作パターン（作業パターン）の判定とは、そのときにオペレータが実行しようとしている操作を推定することである。なお、ホイスト旋回作業とは、バケット13で掘削した土砂をブーム11を上げながら上部旋回体5を旋回させ、所望の旋回停止の位置でバケット13の土砂を排土するような作業である。

30

40

【0037】

他方、燃料調整ダイヤル28（スロットルダイヤルD102）の設定状態（設定値）からも無負荷最大回転数の候補値を決定する。すなわち、燃料調整ダイヤル28（スロットルダイヤルD102）の設定値を示す信号を受けて、設定値はスロットルダイヤル・無負荷回転数変換テーブル213で、無負荷最大回転数の候補値に変換され、最小値選択部214に出力される。

【0038】

最小値選択部214は、レバー値信号D100から求めた無負荷回転数と無負荷回転数

50

リミット値選択ブロック210で求めた無負荷回転数リミット値とスロットルダイヤルD102の設定値から求めた無負荷回転数との3つの値のなかから最小値を選択し、無負荷最大回転数D210 (np2) を出力する。

【0039】

図7はエンジン最小出力演算ブロック120の詳細制御フローである。図7に示すように、エンジン最小出力演算ブロック120は、エンジン出力指令値の下限となる値であるエンジン最小出力D220を演算する。レバー値・エンジン最小出力変換テーブル220は、無負荷最大回転数の演算と同様に、各レバー値信号D100をエンジン最小出力に変換し、総和部221がこれらの総和を最小値選択部(MIN選択)223に出力する。

【0040】

一方、エンジン最小出力の最大値選択ブロック222は、モード切替部29によって設定される作業モードD103に対応した上限値を最小値選択部223に出力する。最小値選択部223は、各レバー値信号D100に対応したエンジン最小出力の総和と、作業モードD103に対応した上限値とを比較し、最小値を選択してエンジン最小出力D220として出力する。

【0041】

図8はエンジン最大出力演算ブロック130の詳細制御フローである。図8に示すように、エンジン最大出力演算ブロック130は、エンジン出力指令値の上限となる値であるエンジン最大出力D230を演算する。ポンプ出力リミット値選択ブロック230は、無負荷最大回転数演算ブロック110による演算と同様に、各レバー値信号D100の操作量とポンプ圧力D104、D105と作業モードD103の設定値の情報を用いて、現在の操作パターンを判定し、その操作パターン毎にポンプ出力リミット値を選択する。この選択されたポンプ出力リミット値に、図示しない回転数センサによって検出されたエンジン回転数D107からファン馬力演算ブロック231が演算したファン馬力が加算部233によって加算される。その加算された値(以下、加算値)と、燃料調整ダイヤル28(スロットルダイヤルD102)の設定値に応じてスロットルダイヤル・エンジン出力リミット変換テーブル232によって変換したエンジン出力リミット値とが、最小値選択部(MIN選択)234に出力される。最小値選択部234は、加算値とエンジン出力リミット値のうちの最小値を選択し、エンジン最大出力D230として出力する。なお、ファンとは、エンジン17を冷却するためのラジエータの近傍に設けられたファンであり、ラジエータに向かって空気を送風させるものであり、エンジン17の駆動に連動して回転駆動するものである。なお、ファン馬力は、次式、

ファン馬力 = ファン定格馬力 × (エンジン回転数 / ファン定格時エンジン回転数) ^ 3
を用いて簡易的に演算することで求められる。

【0042】

図9はエンジン目標出力演算ブロック140の詳細制御フローである。図9に示すように、エンジン目標出力演算ブロック140は、エンジン目標出力D240を演算する。減算部243は、前回演算して求めた前回エンジン目標出力D240から固定値として設定されているエンジン出力加算用オフセット値241を減じる。減算部244は、この減算した値から、エンジン実出力演算ブロック242で演算したエンジン実出力を減算した偏差を求める。乗算部245は、この偏差に、あるゲイン(-Ki)を乗じた値を乗算し、積分部246がこの乗算値を積分する。加算部247は、この積分値に、エンジン最小出力演算ブロック120で演算して求められたエンジン最小出力D220を加算する。最小値選択部(MIN選択)248は、この加算値と、エンジン最大出力演算ブロック130で演算して求められたエンジン最大出力D230とのうちの最小値をエンジン目標出力D240として出力する。エンジン目標出力D240は、図5に示すようにエンジン制御指令のエンジン出力指令値として用いられ、エンジン目標出力D240は、図3あるいは図4に示すエンジン出力指令値曲線ELを意味する。なお、エンジン実出力演算ブロック242は、エンジンコントローラ30が指令している燃料噴射量とエンジン回転数、大気温度などにより予測したエンジントルクD106と図示しない回転数センサによって検出さ

10

20

30

40

50

れたエンジン回転数 $D107$ とをもとに、次式

エンジン実出力 (kW) = $2\pi \div 60 \times$ エンジン回転数 $\times$ エンジントルク $\div 1000$
を用いて演算しエンジン実出力を求める。

【0043】

図10はマッチング最小回転数演算ブロック150の詳細制御フローである。図10に示すように、マッチング最小回転数演算ブロック150は、作業時に最低限上昇させなければならないエンジン回転数であるマッチング最小回転数 $D150$ を演算する。マッチング最小回転数 $D150$ は、各レバー値信号 $D100$ を、レバー値・マッチング最小回転数変換テーブル251で変換した各値がマッチング最小回転数 $D150$ の候補値となり、それぞれ最大値選択部 (MAX選択) 255に出力される。

10

【0044】

一方、無負荷回転数・マッチング回転数変換テーブル252は、目標マッチング回転数 $np1$ と同じように、無負荷最大回転数 $np2$ で交わるドループ線 DL と目標マッチングルート ML との交点におけるエンジン回転数をマッチング回転数 $np2'$ として、無負荷最大回転数演算ブロック110で求められた無負荷最大回転数 $D210$ ($np2$) を変換し出力する (図14参照)。さらに、このマッチング回転数 $np2'$ から低速オフセット回転数を減算し、その結果得られた値は、マッチング最小回転数 $D150$ の候補値として最大値選択部 (MAX選択) 255に出力される。低速オフセット回転数を用いる意義とその値の大小については、後述する。

【0045】

20

また、旋回回転数・マッチング最小回転数変換テーブル250は、旋回回転数 $D101$ をマッチング最小回転数 $D150$ の候補値として変換して最大値選択部255に出力する。旋回回転数 $D101$ は、図2の旋回油圧モータ31の旋回回転数 (速度) をレゾルバやロータリーエンコーダなどの回転センサで検出した値である。なお、この旋回回転数・マッチング最小回転数変換テーブル250は、図10に示すように旋回回転数 $D101$ がゼロのときマッチング最小回転数を大きくし、旋回回転数 $D101$ が大きくなるにしたがってマッチング最小回転数を小さくするような特性で旋回回転数 $D101$ の変換を行う。最大値選択部255は、これらのマッチング最小回転数のうちの最大値を選択してマッチング最小回転数 $D150$ として出力する。

【0046】

30

ここで、この実施の形態では、負荷が抜けた場合、エンジン回転数は、最大で無負荷最大回転数 $np2$ まで増加し、負荷が十分かかった場合、エンジン回転数は、目標マッチング回転数 $np1$ まで下がる。この場合、負荷の大小によってエンジン回転数は大きく変動することになる。このエンジン回転数の大きな変動は、油圧ショベル1のオペレータにとって油圧ショベル1の力が出ていないように感じるといった違和感 (力不足感) として、オペレータがとらえるおそれがある。したがって、図14に示すように、低速オフセット回転数を用い、この設定される低速オフセット回転数の大小によって、エンジン回転数の変動幅を変化させて違和感を除くことができる。すなわち、低速オフセット回転数を小さくすれば、エンジン回転数の変動幅は小さくなり、低速オフセット回転数を大きくすれば、エンジン回転数の変動幅は大きくなる。なお、上部旋回体2が旋回をしている状態や作業機3が掘削作業をしている状態などの油圧ショベル1の稼動状態によって、同じエンジン回転数の変動幅であってもオペレータの違和感の感じ方が異なる。上部旋回体2が旋回をしている状態では、作業機3が掘削作業をしている状態よりも多少エンジン回転数が下がってもオペレータは力不足とは感じにくいので、上部旋回体2が旋回している状態では、作業機3が掘削作業をしている状態よりもエンジン回転数がさらに下がるように設定しても問題はない。この場合、エンジン回転数が下がるため燃費は良くなる。なお、旋回に限らず、他のアクチュエータの動作に応じた、同様なエンジン回転数の変動幅設定は可能である。

40

【0047】

図14に示すトルク線図について補足説明する。図14のグラフ中に示す、 $HP1 \sim H$

50

P 5は図28に示す等馬力線Jに相当し、p sは馬力単位(p s)を示し、HP 1～HP 5へといくにつれて馬力が大きくなり、5本の曲線は例示的に示したものである。求められるエンジン出力指令値によって、等馬力曲線(エンジン出力指令値曲線)ELが求められ設定される。よって、この等馬力曲線(エンジン出力指令値曲線)ELは、HP 1～HP 5の5つに限らず無数存在し、その中から選択されるものである。図14は、馬力がHP 3 p sとHP 4 p sの間の馬力となる等馬力曲線(エンジン出力指令値曲線)ELが求められ設定されている場合を示している。

【0048】

図11は目標マッチング回転数演算ブロック160の詳細制御フローである。図11に示すように、目標マッチング回転数演算ブロック160は、図3に示した、目標マッチング回転数np 1(D 260)を演算する。目標マッチング回転数D 260は、エンジン目標出力D 240(エンジン出力指令値曲線EL)と目標マッチングルートMLとが交差するエンジン回転数である。目標マッチングルートMLは、あるエンジン出力でエンジン17が動作する際に燃料消費率が良い点を通るように設定されているため、この目標マッチングルートML上のエンジン目標出力D 240との交点で目標マッチング回転数D 260を決定するのが好ましい。このため、エンジン目標出力・目標マッチング回転数変換テーブル260では、エンジン目標出力演算ブロック140で求められたエンジン目標出力D 240(エンジン出力指令値曲線EL)の入力を受けて、エンジン目標出力D 240(エンジン出力指令値曲線EL)と目標マッチングルートMLとの交点での目標マッチング回転数を求め、最大値選択部(MAX選択)261に出力する。

【0049】

しかし、図10に示したマッチング最小回転数演算ブロック150で行われる演算によれば、エンジン回転数の変動幅を小さくする場合、マッチング最小回転数D 150が、エンジン目標出力・目標マッチング回転数変換テーブル260にて求めたマッチング回転数よりも大きくなる。このため、最大値選択部(MAX選択)261で、マッチング最小回転数D 150とエンジン目標出力D 240から求めたマッチング回転数とを比較し、最大値を選択し目標マッチング回転数D 260の候補値とすることで、目標マッチング回転数の下限を制限している。図14では、低速オフセット回転数を小とすれば、目標マッチングルートMLを外れるが、目標マッチング点は、MP 1ではなくMP 1'となっており、目標マッチング回転数D 260は、np 1ではなくnp 1'となる。また、無負荷最大回転数演算ブロック110で求めた無負荷最大回転数D 210と同様に、目標マッチング回転数D 260は、燃料調整ダイヤル28(スロットルダイヤルD 102)の設定値によっても上限が制限される。すなわち、スロットルダイヤル・目標マッチング回転数変換テーブル262は、燃料調整ダイヤル28(スロットルダイヤルD 102)の設定値の入力を受けて、燃料調整ダイヤル28(スロットルダイヤルD 102)の設定値に対応するドループ線(トルク線図上で燃料調整ダイヤル28(スロットルダイヤルD 102)の設定値に対応するエンジン回転数から引くことができるドループ線)と目標マッチングルートMLとの交点のマッチング回転数に変換した目標マッチング回転数D 260の候補値を出力し、この出力された目標マッチング回転数D 260の候補値と、最大値選択部261で選択された目標マッチング回転数D 260の候補値とが最小値選択部(MIN選択)263で比較され、最小値が選択されて、最終的な目標マッチング回転数D 260が出力される。

【0050】

図12はエンジン回転数指令値演算ブロック170の詳細制御フローである。以下、図4に示すトルク線図を参照しながら説明する。図12に示すように、エンジン回転数指令値演算ブロック170は、2つの油圧ポンプ18の斜板角センサ18aが検出した斜板角をもとに求められたポンプ容量D 110、D 111をもとに、平均部270がポンプ容量D 110、D 111を平均した平均ポンプ容量を算出し、この平均ポンプ容量の大きさに応じて、エンジン回転数指令選択ブロック272が、エンジン回転数指令値D 270(無負荷最大回転数np 2)を求める。すなわち、エンジン回転数指令選択ブロック272は、平均ポンプ容量が、ある設定値(閾値)よりも大きな場合は、エンジン回転数指令値D

270を無負荷最大回転数 n_{p2} ($D210$)に近づけるようにする。つまり、エンジン回転数を増大させる。一方、平均ポンプ容量が、ある設定値よりも小さな場合は、後述するエンジン回転数 n_{m1} に近づけるよう、つまりエンジン回転数を減少させる。目標マッチング回転数 n_{p1} ($D260$)と目標マッチング点MP1上のトルクとの交点からドループ線に沿って、エンジントルクをゼロのほうへ下ろした位置に相当するエンジン回転数を無負荷回転数 n_{p1a} として、その無負荷回転数 n_{p1a} に下限回転数オフセット値 Δn_m を加えた値としてエンジン回転数 n_{m1} を求める。なお、目標マッチング回転数 $D260$ に対応する無負荷回転数への変換は、マッチング回転数・無負荷回転数変換テーブル271によって変換される。したがって、エンジン回転数指令値 $D270$ は、ポンプ容量の状態によって、無負荷最小回転数 n_{m1} と無負荷最大回転数 n_{p2} との間で決まる。下限回転数オフセット値 Δn_m は、あらかじめ設定した値であって、エンジンコントローラ30のメモリに記憶されている。

【0051】

具体的に説明すると、平均ポンプ容量が、ある設定値 q_{com1} より大きな場合には、エンジン回転数指令値 $D270$ を無負荷最大回転数 n_{p2} に近づけるようにし、平均ポンプ容量が、ある設定値 q_{com1} よりも小さい場合には、次式、

エンジン回転数指令値 $D270$ = 目標マッチング回転数 n_{p1} を無負荷回転数に変換した回転数 n_{p1a} + 下限回転数オフセット値 Δn_m を用いて求める値に近づけるようにする。このようにして求められたエンジン回転数指令値 $D270$ によってドループ線を制御することができ、ポンプ容量に余裕がある場合（平均ポンプ容量がある設定値より小の場合）には、図4に示すように、エンジン回転数を下げる（エンジン回転数を n_{m1} （無負荷最小回転数）にする）ことが可能になり、燃料消費を抑えて燃費向上が可能になる。設定値 q_{com1} は、あらかじめ設定した値であって、ポンプコントローラ33のメモリに記憶されている。なお、設定値 q_{com1} は、エンジン回転数増加側とエンジン回転数減少側とに分けて2つの異なる設定値を設け、エンジン回転数が増えない範囲を設けるようにしてもよい。

【0052】

図13はポンプ吸収トルク指令値演算ブロック180の詳細制御フローである。図13に示すように、ポンプ吸収トルク指令値演算ブロック180は、現在のエンジン回転数 $D107$ とエンジン目標出力 $D240$ と目標マッチング回転数 $D260$ とを用いてポンプ吸収トルク指令値 $D280$ を求める。ファン馬力演算ブロック280は、エンジン回転数 $D107$ を用いてファン馬力を演算する。なお、ファン馬力は、先に述べた計算式を用いて求められるものである。減算部281は、エンジン目標出力演算ブロック140で求められたエンジン目標出力 $D240$ から、この求めたファン馬力を減算した出力（ポンプ目標吸収馬力）を、ポンプ目標マッチング回転数およびトルク演算ブロック282に入力する。この目標マッチング回転数およびトルク演算ブロック282には、さらに、目標マッチング回転数演算ブロック160で求められた目標マッチング回転数 $D260$ が入力される。目標マッチング回転数 $D260$ は、油圧ポンプ18の目標マッチング回転数（ポンプ目標マッチング回転数）とされる。そして、ポンプ目標マッチング回転数およびトルク演算ブロック282では、次式に示すように、

$$\begin{aligned} & \text{ポンプ目標マッチングトルク} \\ & = (60 \times 1000 \times (\text{エンジン目標出力} - \text{ファン馬力})) \\ & \quad / (2\pi \times \text{目標マッチング回転数}) \end{aligned}$$

が演算される。求められたポンプ目標マッチングトルクは、ポンプ吸収トルク演算ブロック283に出力される。

【0053】

ポンプ吸収トルク演算ブロック283は、ポンプ目標マッチング回転数およびトルク演算ブロック282から出力されたポンプ目標マッチングトルクと、回転センサにて検出されたエンジン回転数 $D107$ と、目標マッチング回転数 $D260$ とが入力される。ポンプ吸収トルク演算ブロック283では、次式に示すように

10

20

30

40

50

ポンプ吸収トルク＝ポンプ目標マッチングトルク

$$-K_p \times (\text{目標マッチング回転数} - \text{エンジン回転数})$$

が演算され、演算結果であるポンプ吸収トルク値 D 2 8 0 が出力される。ここで、 K_p は、制御ゲインである。

【0054】

このような制御フローが実行されることにより、実際のエンジン回転数 D 1 0 7 が目標マッチング回転数 D 2 6 0 に比して大きい場合には、上記の式からわかるようにポンプ吸収トルク指令値 D 2 8 0 は増加し、逆に、実際のエンジン回転数 D 1 0 7 が目標マッチング回転数 D 2 6 0 に比して小さい場合には、ポンプ吸収トルク指令値 D 2 8 0 は減少することになる。一方、エンジンの出力は、エンジン目標出力 D 2 4 0 が上限となるように制御しているため、結果的にエンジン回転数は、目標マッチング回転数 D 2 6 0 近傍の回転数で安定しエンジン 1 7 が駆動することになる。

【0055】

ここで、エンジン回転数指令値演算ブロック 1 7 0 では、エンジン回転数指令値 D 2 7 0 の最小値は、上述したように、

エンジン回転数指令値＝目標マッチング回転数 n_{p1} を無負荷回転数に変換した回転数 n_{p1a} ＋下限回転数オフセット値 Δn_m

の演算によって求められる値となり、目標マッチング回転数に対してエンジンのドループ線は、最低でも下限回転数オフセット値 Δn_m が加味された高い回転数のところで設定される。このため、本実施の形態 1 によれば、油圧ポンプ 1 8 の実際の吸収トルク（ポンプ実吸収トルク）がポンプ吸収トルク指令に対して多少ばらついた場合でも、ドループ線にはかからない範囲でマッチングすることになり、エンジン 1 7 のマッチング回転数が多少変動してもエンジン出力をエンジン出力指令値曲線 E L 上で制限しエンジン目標出力を一定に制御しているため、実際の吸収トルク（ポンプ実吸収トルク）がポンプ吸収トルク指令に対してばらつきを生じてもエンジン出力の変動を小さくすることが可能となる。この結果、燃費のばらつきも小さく抑えることができ、油圧ショベル 1 の燃費に対する仕様を満たすことができる。燃費に対する仕様とは、例えば、従来の油圧ショベルに比べて、燃費を 1 0 % 低減可能といった仕様である。

【0056】

すなわち、図 1 5 に示すように、従来は、ポンプ吸収トルク線 P L と目標マッチング回転数との交点を目標マッチング点 M P 1 としていたため、油圧ポンプの逐次の性能のばらつきが大きい場合、それに伴ってドループ線 D L 上でエンジン出力のばらつきも大きくなる。この結果、燃費のばらつきが大きく、油圧ショベル 1 の燃費に対する仕様を満たすことが難しい場合があった。これに対し、本実施の形態 1 によれば、図 1 6 に示すように、ポンプ吸収トルク線 P L と、等馬力曲線であってエンジン出力の上限を示すエンジン出力指令値曲線 E L との交点を目標マッチング点 M P 1 としており、油圧ポンプの逐次の性能のばらつきが大きい場合でも目標マッチング点 M P 1 は、エンジン出力指令値曲線 E L に沿ってばらつくこととなる。このため、エンジン出力のばらつきがほとんど無くなり、結果として、燃費のばらつきもほとんど無くなる。

【0057】

なお、従来のエンジン制御では、図 1 7 に示すように、エンジン 1 7 がアイドリング回転を行っている状態からエンジン回転数を上昇させて目標マッチング点 M P 1 にエンジン出力が移動する過渡時は、エンジン出力は最大出力トルク線 T L、および目標マッチング点 M P 1 を通るドループ線 D L を経由していたため、過渡時のエンジン出力は、図 1 7 中の囲み部 A で示すように目標エンジン出力よりも過剰に大きなものとなり、燃費が悪化していた。これに対し、本実施の形態 1 によれば、図 1 8 に示すように、ポンプ吸収トルク線 P L とエンジン出力指令値曲線 E L との交点を目標マッチング点 M P 1 としているため、過渡時は、図 1 8 中の囲み部 A' で示すように、エンジン出力はエンジン出力指令値曲線 E L に沿って目標マッチング点 M P 1 に移行する。このため、過渡時であっても目標エンジン出力と同じエンジン出力が得られるため、燃費が向上する。

【0058】

(実施の形態2)

実施の形態1では、上部旋回体2が油圧モータ（旋回油圧モータ31）で旋回し、作業機3が全て油圧シリンダ14, 15, 16で駆動するような構造を有した油圧ショベル1に対して本発明を適用した例であったが、本実施の形態2は、上部旋回体5を電動旋回モータで旋回させる構造を有した油圧ショベル1に対して本発明を適用した例である。以下、油圧ショベル1は、ハイブリッド油圧ショベル1として説明する。以下、特に断りがな

【0059】

ハイブリッド油圧ショベル1は、実施の形態1に示した油圧ショベル1と比較すると、上部旋回体2、下部走行体4、作業機3といった主要構成は同一である。しかし、ハイブリッド油圧ショベル1は、図19に示すように、エンジン17の出力軸には、油圧ポンプ18とは別に発電機19が機械的に結合されており、エンジン17を駆動することで、油圧ポンプ18および発電機19が駆動する。なお、発電機19は、エンジン17の出力軸に機械的に直結されていてもよいし、エンジン17の出力軸にかけられたベルトやチェーンなどの伝達手段を介して回転駆動するものであってもよい。また、油圧駆動系の油圧モータの旋回油圧モータ31に替えて、電動駆動する旋回モータ24を用い、それに伴い電動駆動系として、キャパシタ22、インバータ23を備える。発電機19によって発電される電力あるいはキャパシタ22から放電される電力が、電力ケーブルを介して旋回モータ24に供給されて上部旋回体5を旋回させる。すなわち、旋回モータ24は、発電機19から供給（発電）される電気エネルギーまたはキャパシタ22から供給（放電）される電気エネルギーで力行作用することで旋回駆動し、旋回減速する際に旋回モータ24は回生作用することによって電気エネルギーをキャパシタ22に供給（充電）する。この発電機19としては、たとえばSR（スイッチドリラクタンス）モータが用いられる。発電機19は、エンジン17の出力軸に機械的に結合されており、エンジン17の駆動によって発電機19のロータ軸を回転させることになる。キャパシタ22は、たとえば、電気二重層キャパシタが用いられる。キャパシタ22に代えて、ニッケル水素バッテリーやリチウムイオンバッテリーであってもよい。旋回モータ24には、回転センサ25が設けられ、旋回モータ24の回転速度を検出し、電気信号に変換して、インバータ23内に設けられたハイブリッドコントローラ23aに出力する。旋回モータ24としては、例えば埋め込み磁石同期電動機が用いられる。回転センサ25として、たとえばレゾルバやロータリーエンコーダなどが用いられる。なお、ハイブリッドコントローラ23aは、CPU（数値演算プロセッサなどの演算装置）やメモリ（記憶装置）などで構成されている。ハイブリッドコントローラ23aは、発電機19や旋回モータ24、キャパシタ22およびインバータ23に備えられた、サーミスタや熱電対などの温度センサによる検出値の信号を受けて、キャパシタ22などの各機器の過昇温を管理するとともに、キャパシタ22の充放電制御や発電機19による発電・エンジンのアシスト制御、旋回モータ24の力行・回生制御を行う。

【0060】

この実施の形態2によるエンジン制御は、実施の形態1とほぼ同じであり、以下、異なる制御部分について説明する。図20は、このハイブリッド油圧ショベル1のエンジン制御の全体制御フローを示している。図5に示した全体制御フローと異なるところは、旋回油圧モータ31の旋回回転数D101に替えて、旋回モータ24の旋回モータ回転数D301、旋回モータトルクD302を入力パラメータとし、さらに発電機出力D303を入力パラメータとして加えている。旋回モータ24の旋回モータ回転数D301は、無負荷最大回転数演算ブロック110およびエンジン最大出力演算ブロック130、さらにマッチング最小回転数演算ブロック150に入力される。旋回モータトルクD302は、エンジン最大出力演算ブロック130に入力される。また、発電機出力D303は、エンジン最大出力演算ブロック130、マッチング最小回転数演算ブロック150、目標マッチング回転数演算ブロック160、およびポンプ吸収トルク指令値演算ブロック180に入力

される。

【0061】

図21は、図6に対応する、実施の形態2における無負荷最大回転数演算ブロック110の制御フローを示している。電気駆動の回転モータ24を搭載したハイブリッド油圧ショベル1は、回転の駆動源として油圧を必要としない。このため、油圧ポンプ18から吐出される作動油のうち、回転の駆動分の油圧ポンプ18からの作動油吐出流量を減らしてもよい。したがって、燃料調整ダイヤル28（スロットルダイヤルD102）の設定値からスロットルダイヤル・無負荷回転数変換テーブル213によって求められる無負荷回転数から、回転モータ回転数D301から回転モータ回転数・無負荷回転数削減量変換テーブル310によって求められる無負荷回転数削減量を減算部311によって減じ、得られた回転数を無負荷最大回転数D210の候補値としている。なお、最大値選択部（MAX選択）313は、無負荷回転数削減量が燃料調整ダイヤル28（スロットルダイヤルD102）の設定値から求められる無負荷最大回転数よりも大きく、最大値選択部313へ入力される値が負の値となって、無負荷回転数リミット値選択ブロック210が出力する無負荷回転数リミット値との比較を行うための最小値選択部（MIN選択）314を通った結果、無負荷最大回転数が負の値にならないように、最大値選択部313でゼロ値312との最大値選択を行い、最小値選択部314へ負の値が与えられないようにしている。

10

【0062】

図22は、図8に対応する、実施の形態2におけるエンジン最大出力演算ブロック130の制御フローを示している。このエンジン最大出力演算ブロック130では、回転モータ回転数D301および回転モータトルクD302を入力パラメータとして用いて回転馬力演算ブロック330が回転馬力を演算し、エンジン回転数D107を用いてファン馬力演算ブロック335がファン馬力を演算する。回転馬力とファン馬力は、それぞれ減算部331および加算部336を介して、ポンプ出力リミット値に加算される。また、発電機19の発電機出力D107は、減算部334を介してポンプ出力リミット値に加算される。なお、回転馬力は、次式、

20

回転馬力（kW）＝ $2\pi \div 60 \times$ 回転モータ回転数 $\times$ 回転モータトルク $\div 1000 \times$ 係数（設定値）

を演算することで求めることができる。なお、回転馬力および発電機出力のポンプ出力リミット値への加算は、図22に示すように減算となっている。ハイブリッド油圧ショベル1は、エンジン17という駆動源とは異なる電気という駆動源で電動駆動する回転モータ24を用いるので、回転馬力を求めてポンプ出力リミット値から回転分を減算することが必要である。発電機出力は、発電機19が発電するときは、値の正負の符号を負と定義しており、最小値選択部333で、ゼロ値332との比較が行われ、ポンプ出力リミット値に対して、負の値を減算するから実質的に加算となる。発電機19がエンジン17の出力アシストを行う場合は、発電機出力は、値の正負は正となる。発電機19が発電する時は、発電機出力は、負の値であるため、ゼロ値332との最小値選択を行った後に、ポンプ出力リミットから負の発電機出力を減算し、実質的にポンプ出力リミットに発電機出力を加算することとなる。すなわち、発電機出力D303が負の値となったときのみに加算が行われる。発電機19によるエンジン17のアシストは、エンジン回転数を、ある所定の回転数から高い回転数に上昇させる必要があるときに作業機3の応答性を高めるために行われるが、このときのエンジン出力としてエンジン17のアシスト分の出力を抜いてしまうと、作業機3の応答性の改善に繋がらないため、エンジン17をアシストしたからといってエンジン最大出力を減じることは行わない。つまり、正の発電機出力が最小値選択部333に入力されても、ゼロ値332との最小値選択により、最小値選択部333からはゼロが出力され、ポンプ出力リミットから減算が行われることなく、エンジン最大出力D230が求められる。

30

40

【0063】

図23は、図10に対応する、実施の形態2におけるマッチング最小回転数演算ブロック150の制御フローを示している。発電機19は、最大に出力できるトルクの限界値（

50

発電機最大トルク) が設定されているため、ある程度大きな出力で発電を行うには、エンジン回転数を上昇させる必要がある。このため、随時に要求される発電機出力の大きさから、最低限上昇させなければならないエンジン回転数を、発電機出力・マッチング回転数変換テーブル 351 を用いて求め、この求められたエンジン回転数をマッチング最小回転数 D150 の候補値として最大値選択部 (MAX 選択) 352 に出力する。なお、発電機出力 D303 の後段に配置されるゲート 350 は、発電機出力 D303 が負であるので、発電機出力 D303 を正の値に変換するために設けられている。

【0064】

図 24 は、図 11 に対応する、実施の形態 2 における目標マッチング回転数演算ブロック 160 の制御フローを示している。まず、目標マッチング回転数 D260 は、基本的に、エンジン目標出力と目標マッチングルート ML との交点における回転数であるが、エンジン最大出力 D230 は、図 22 に示すようにポンプ出力リミット値にファン馬力と発電機出力とを加算した値であり、このエンジン最大出力 D230 を用いて図 9 に示すようにエンジン目標出力 D240 が決定される。さらに、図 24 に示すように目標マッチング回転数演算ブロック 160 にエンジン目標出力 D240 が入力されて、目標マッチング回転数 D260 が決定される。また、発電機 19 が要求される発電機出力 D303 によって目標マッチング回転数 D260 の値は変化する。

【0065】

ここで、発電機 19 は、小さな発電トルクで発電を行うと効率が悪い。このため、発電機 19 が、発電を行う場合、予め設定した最小発電トルク以上で発電を行うように制御する。この結果、発電機 19 が発電しない状態 (発電オフ) から発電する状態 (発電オン) に切り替わる際に、発電のオンとオフが最小発電トルクを境として切り替わるため発電機出力は不連続に変化する。つまり、エンジン目標出力 D240 と目標マッチングルート ML との交点でマッチング点を定めることから、この発電機出力 D303 の不連続な変化に応じて、発電オン／オフの切り替えで目標マッチング回転数 D260 が大きく変動してしまう。

【0066】

このため、目標マッチング回転数演算ブロック 160 は、最小発電出力演算ブロック 362 がエンジン回転数 D107 を用いて、次式、

最小発電出力 (kW) = $2\pi \div 60 \times \text{エンジン回転数} \times \text{最小発電トルク (値が負の設定値)} \div 1000$

を演算し最小発電出力を求めて、要求される発電機出力が求められた最小発電出力よりも小さい場合、最小発電出力に対して足りない出力分をエンジン目標出力に加算部 365 によって加算し、この加算したエンジン目標出力を用いて、エンジン目標出力・目標マッチング回転数変換テーブル 260 によって目標マッチング回転数の候補値として演算し、発電オン／オフに伴う回転数変動を防止する。なお、発電機出力 D303 の後段の最小値選択部 (MIN 選択) 361 は、要求される発電機出力がない場合 (エンジン 17 の出力アシストを行う場合など) にゼロ出力を行うためにゼロ値 360 との比較を行う。したがって、エンジン目標出力 D240 に何も加算しないようになる。また、最大値選択部 (MAX 選択) 364 は、要求される発電機出力が最小発電出力以上である場合に最小発電出力に不足はないことから、エンジン目標出力 D240 に加算は不要となる。よって、最大値選択部 364 に負の値が入力され、ゼロ値 363 との比較で最大値であるゼロが選択されて、最大値選択部 364 はゼロ出力する。

【0067】

図 25 は、図 13 に対応する、実施の形態 2 におけるポンプ吸収トルク指令値演算ブロック 180 の制御フローを示している。この場合、エンジン目標出力 D240 からファン馬力のみでなく、発電機出力 D303 を減算した出力 (ポンプ目標吸収馬力) を、ポンプ目標マッチング回転数およびトルク演算ブロック 282 に出力する。なお、要求される発電機出力の値の正負は、負であるから、最小値選択部 (MIN 選択) 381 でゼロ値 380 との比較で最小値が選択されて、選択された値が演算部 382 によってエンジン目標出

10

20

30

40

50

力 $D240$ に加算されるということは、実質、エンジン目標出力 $D240$ から発電機出力 $D303$ を減算することになる。

【0068】

ここで、上述した目標マッチング回転数演算ブロック160によって演算される目標マッチング回転数 $D260$ は、図26に示すように、発電オフの場合は、発電オフの場合におけるエンジン目標出力 $D240$ を示すエンジン出力指令値曲線 ELa と目標マッチングルート ML との交点が目標マッチング点 Ma となり、そのとき目標マッチング回転数 npa となる。また、最小発電出力 Pm の発電が行われる場合は、最小発電出力 Pm を満たすためのエンジン目標出力 $D240$ を示すエンジン出力指令値曲線 ELb となり、エンジン出力指令値曲線 ELb と目標マッチングルート ML との交点が目標マッチング点 Mb となり、そのとき目標マッチング回転数 npa' となる。

10

【0069】

図24に示したエンジン制御を行わなければ、最小発電出力 Pm 未満の発電では実際の発電出力が小さいため、発電のオン／オフによって目標マッチング点 Ma 、 Mb 間を頻繁に移行し、その際、目標マッチング回転数も頻繁に変化する。この実施の形態2では、最小発電出力 Pm 未満の発電である場合、発電オフの際は予め目標マッチング回転数を npa' にしているため、発電のオン／オフによって目標マッチング回転数が変動することがない。そして、発電オフ時の目標マッチング点は、エンジン出力指令値曲線 ELa と目標マッチング回転数 npa' との交点 Ma' となる。したがって、図24に示したエンジン制御を行わなければ、発電機出力の増大とともに、マッチング点が $Ma \rightarrow Mb \rightarrow Mc$ のように移行してしまうが、この実施の形態2では、発電機出力の増大とともに、マッチング点は $Ma' \rightarrow Mb \rightarrow Mc$ のように移行し、発電のオンオフが切り替わる程度の発電機出力の場合に目標マッチング回転数の変動はなく、ハイブリッド油圧ショベル1のオペレータが違和感を感じることもなくなる。

20

【符号の説明】

【0070】

- 1 油圧ショベル、ハイブリッド油圧ショベル
- 2 車両本体
- 3 作業機
- 4 下部走行体
- 5 上部旋回体
- 11 ブーム
- 12 アーム
- 13 バケット
- 14 ブームシリンダ
- 15 アームシリンダ
- 16 バケットシリンダ
- 17 エンジン
- 18 油圧ポンプ
- 18a 斜板角センサ
- 19 発電機
- 20 コントロールバルブ
- 20a ポンプ圧検出部
- 21 走行モータ
- 22 キャパシタ
- 23 インバータ
- 23a ハイブリッドコントローラ
- 24 旋回モータ
- 25 回転センサ
- 26 操作レバー

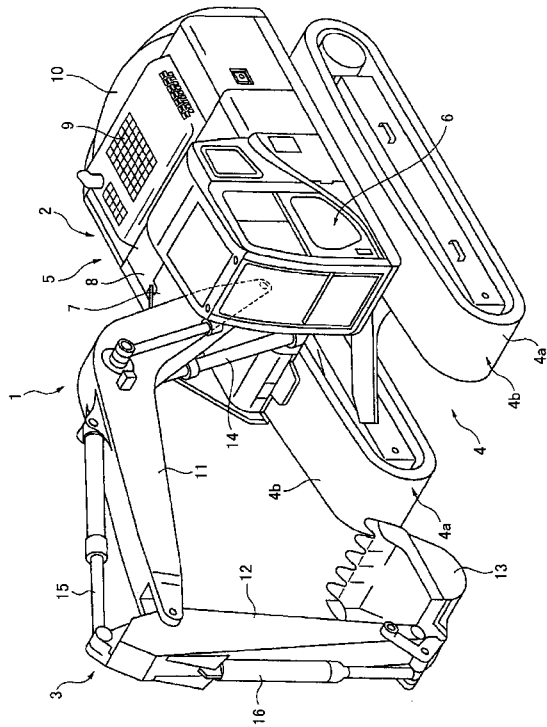
30

40

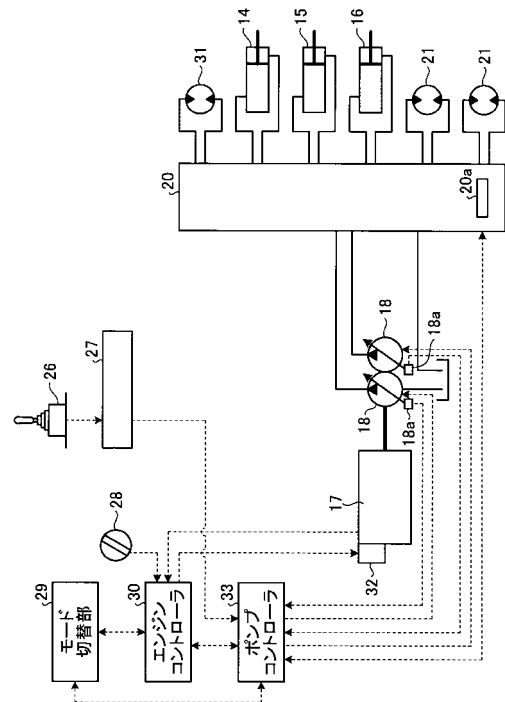
50

- 27 レバー操作量検出部
- 28 燃料調整ダイヤル
- 29 モード切替部
- 30 エンジンコントローラ
- 31 旋回油圧モータ
- 32 コモンレール制御部
- 33 ポンプコントローラ

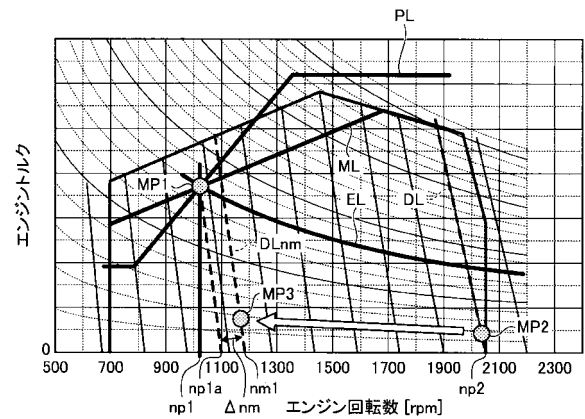
【図 1】



【図 2】

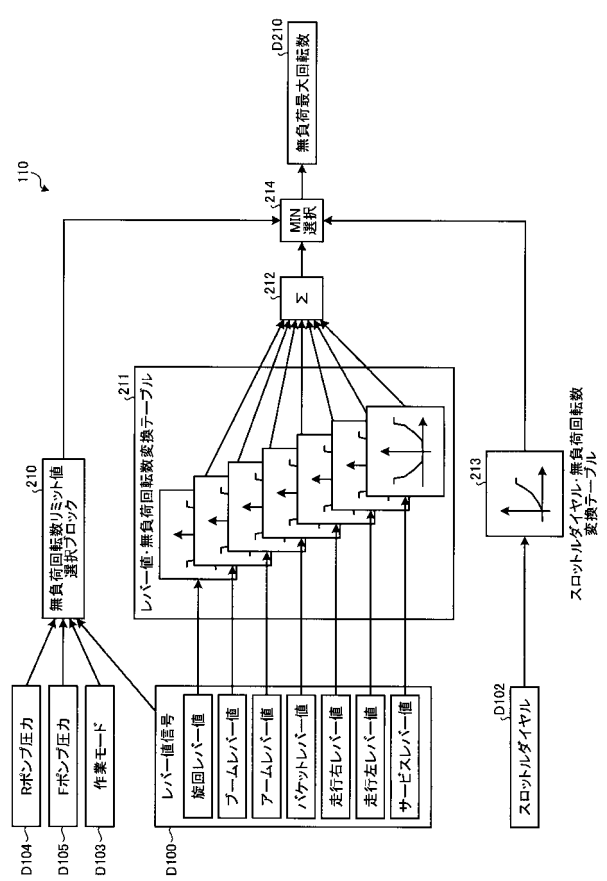


【図 4】

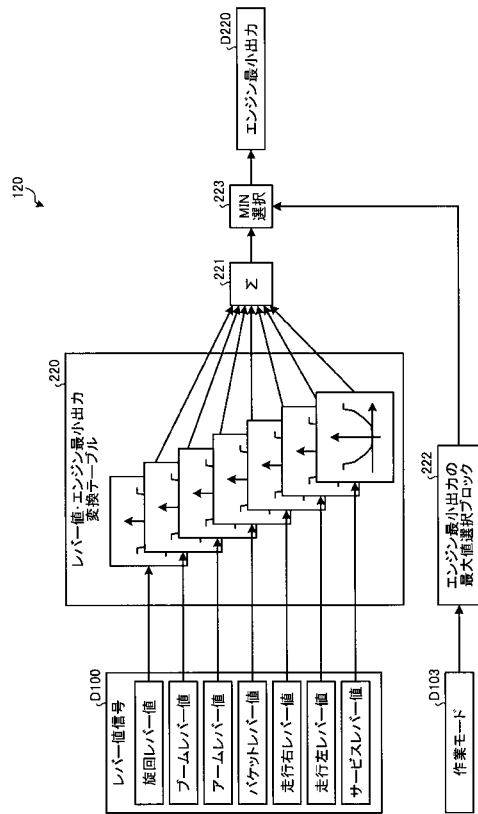


np1: 目標マッチング回転数 nm1: 無負荷最小回転数
np1a: 無負荷回転数
np2: 無負荷最大回転数

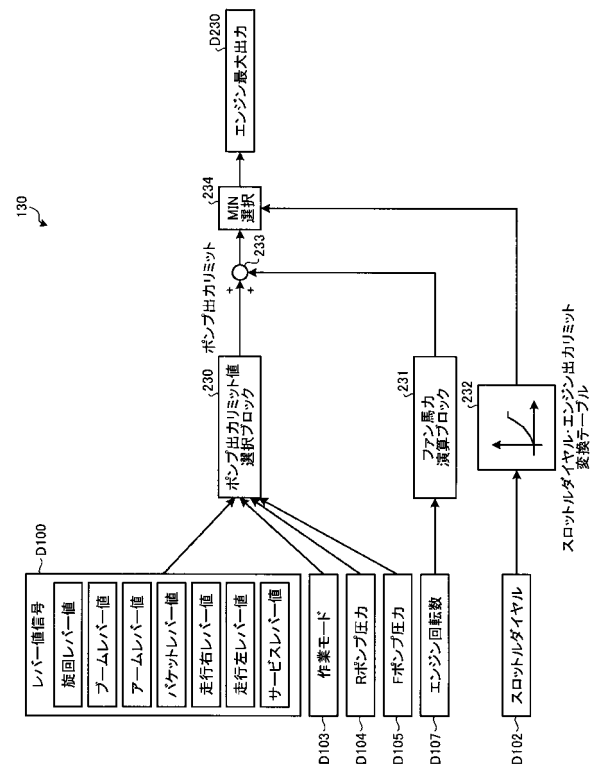
【图 6】



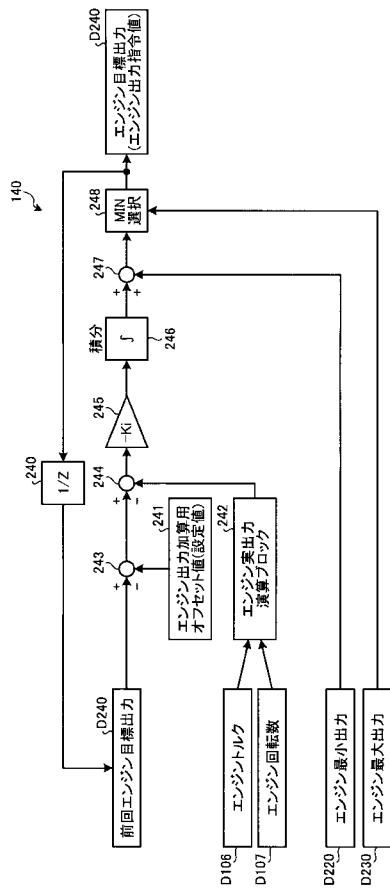
【図 7】



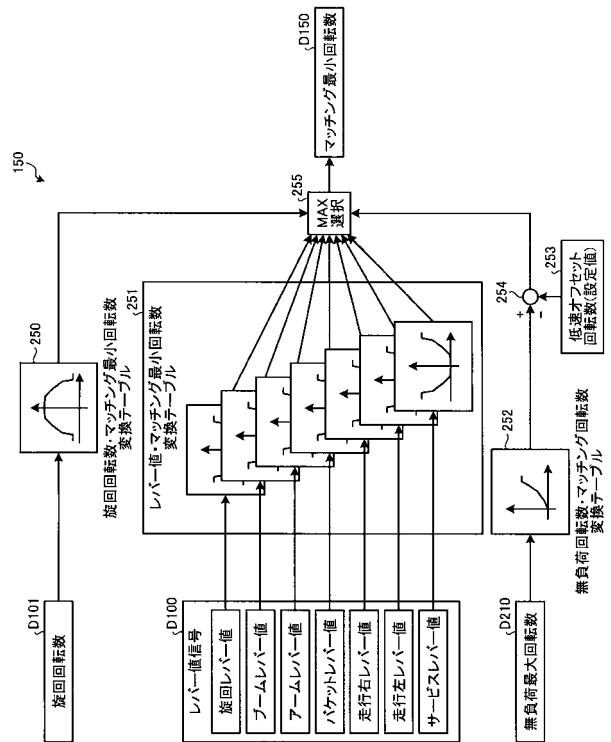
【図 8】



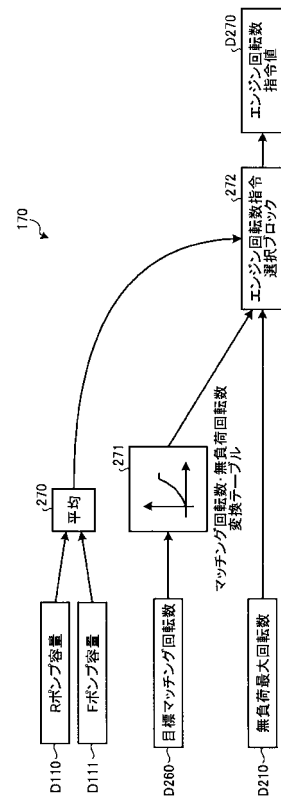
【図 9】



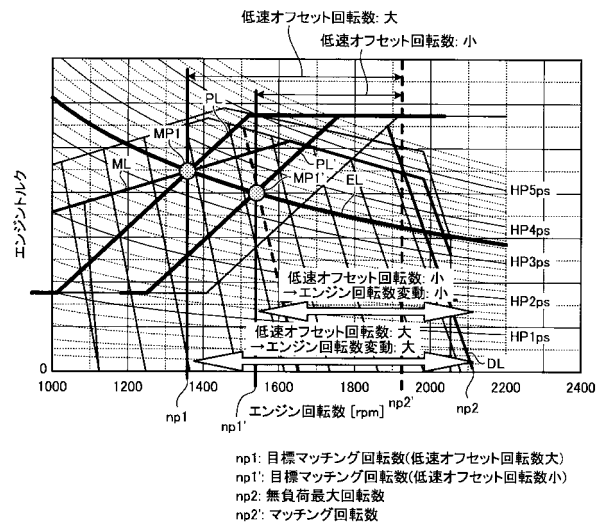
【図 10】



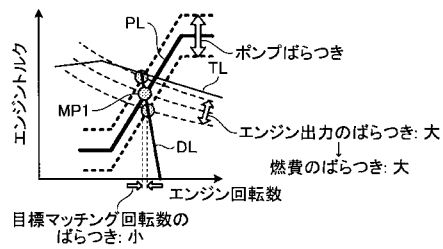
【図 1 2】



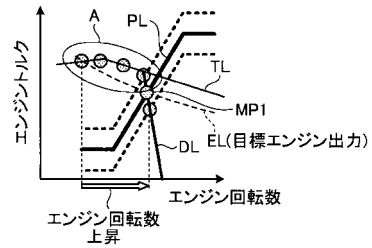
【 図 1 4 】



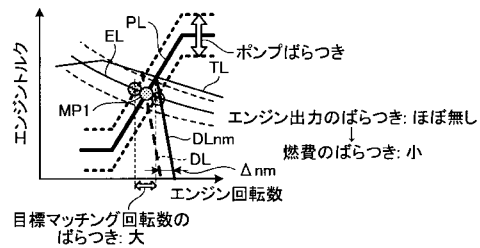
【図 15】



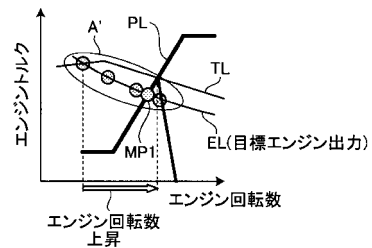
【図 17】



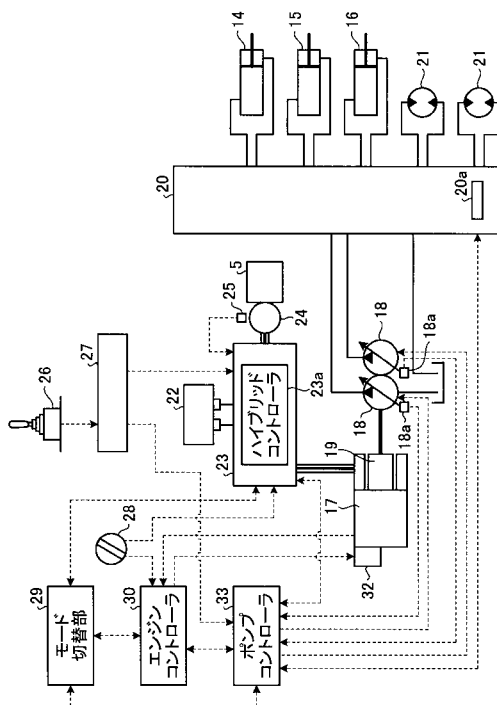
【図 16】



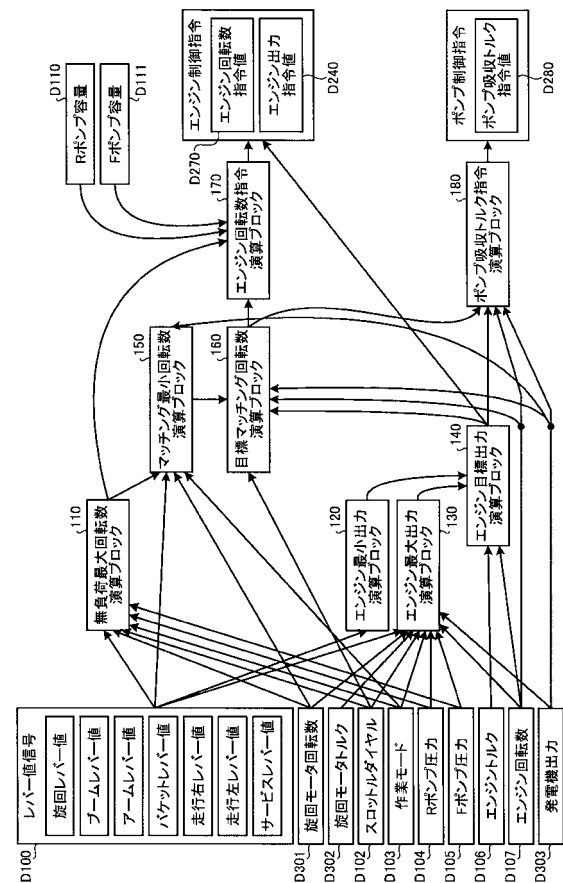
【図 18】



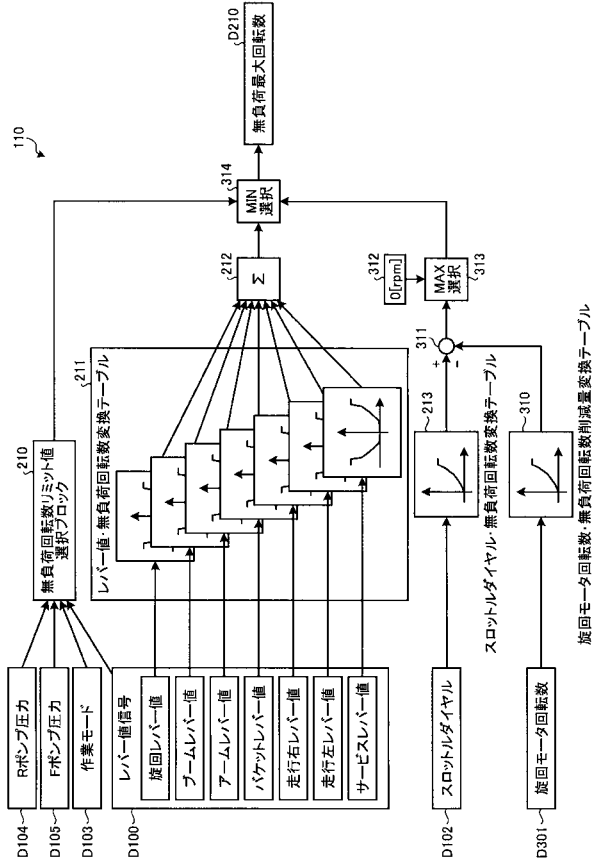
【図 19】



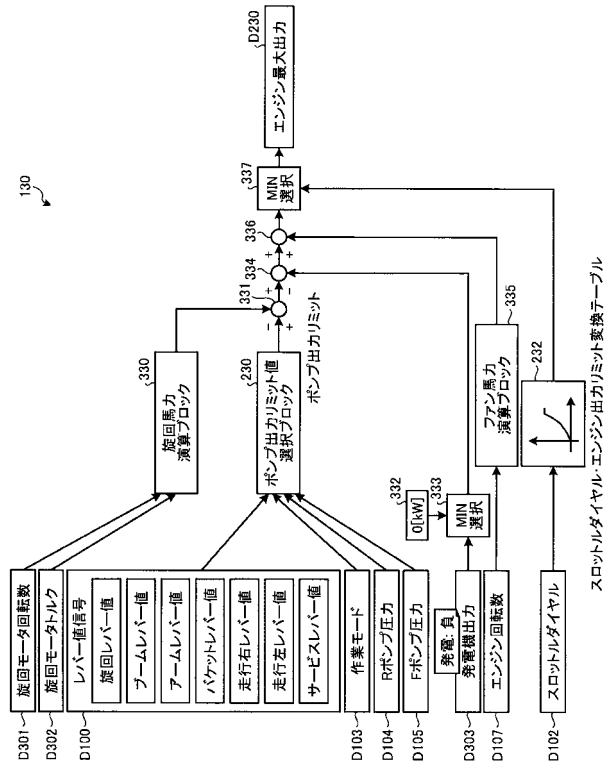
【図 20】



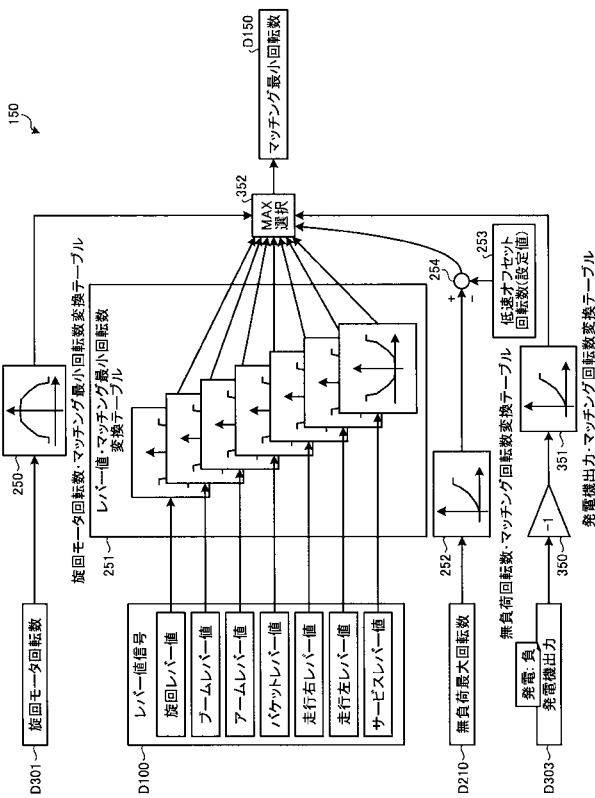
【図 2 1】



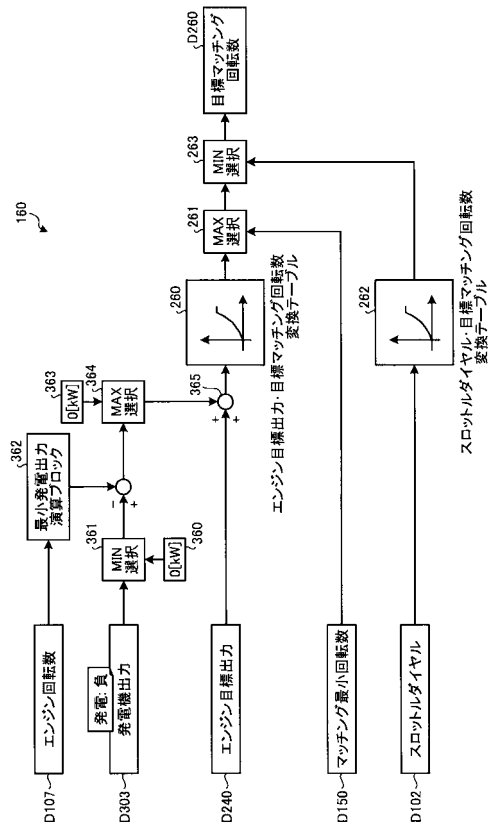
【図 2 2】



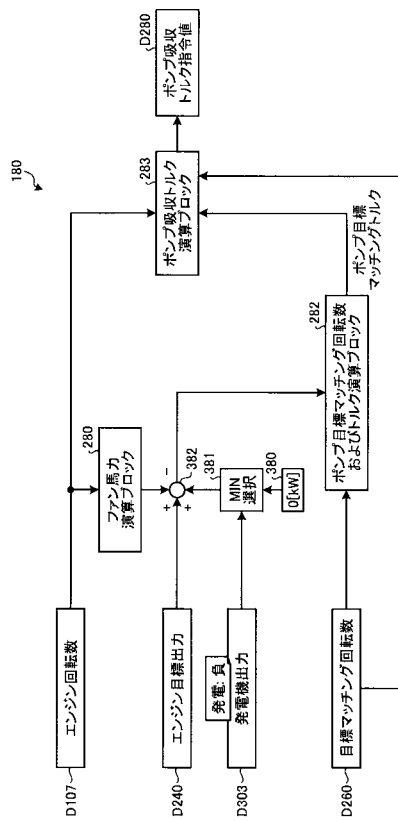
【図 2 3】



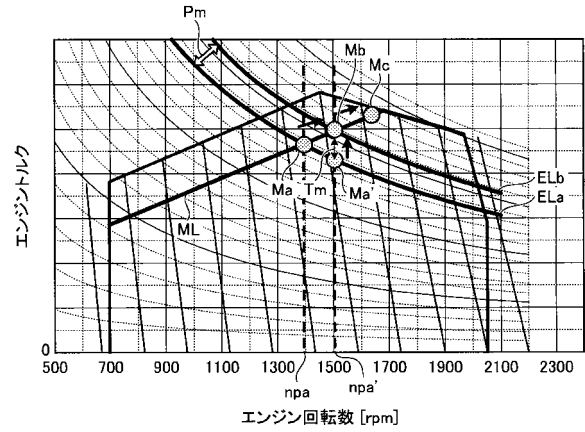
【図 2 4】



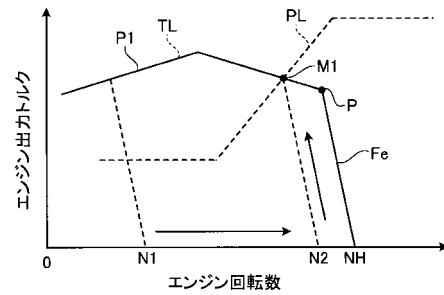
【図 25】



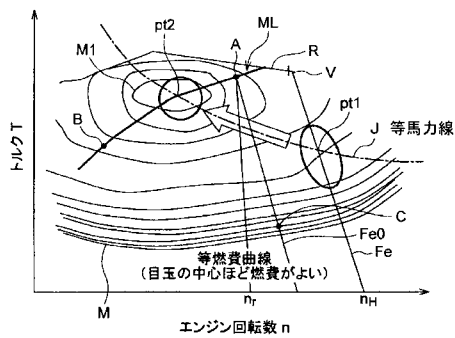
【図 26】



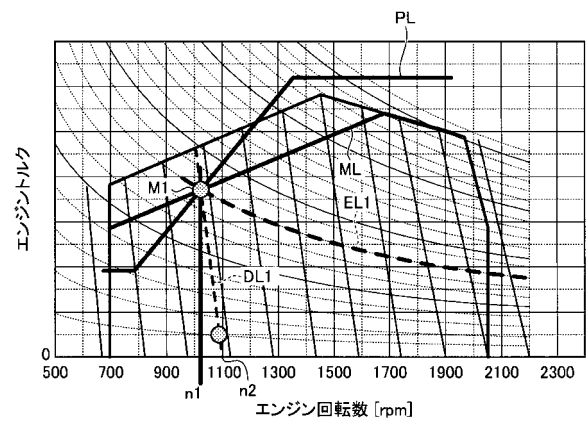
【図 27】



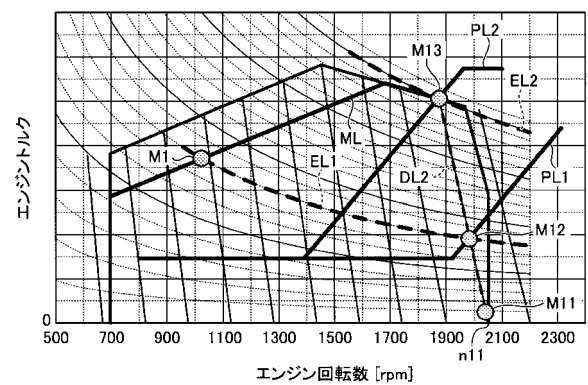
【図 28】



【図 29】



【図 30】



フロントページの続き

(72)発明者 森永 淳

神奈川県平塚市四之宮三丁目 2 5 番 1 号 株式会社小松製作所開発本部内

Fターム(参考) 3G093 AA08 AA15 BA15 BA19 CA05 CA11 DA01 DB21 DB22 DB27

EA03 EB05 FA07 FA08

3G301 HA28 JA02 JA03 KA06 KA11 KA25 ND02 NE18 NE20 PA17Z

PE01A PF11Z