



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

燃費およびポンプ効率の向上を図りつつ、発電機によるエンジンのアシスト作用によって作業機の応答性を十分に確保するため、目標マッチング回転数 n_{p1} と現在のエンジン回転数 n との偏差 Δn が所定値以上となった場合にアシストが必要であると判定し、アシストが必要であると判定された時点 t_1 後、所定期間 T_1 の間、目標アシスト回転数 AN を、目標マッチング回転数 n_{p1} よりも大きい高回転目標マッチング回転数 hAN に設定し、その後漸次目標マッチング回転数 n_{p1} に近づく目標アシスト回転数 AN に設定し、エンジン回転数 n が目標アシスト回転数 AN となるようにエンジンの出力をアシストする発電機にアシストトルク指令値を出力してエンジン回転数 n を制御する。

明 細 書

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

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26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F_e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、エンジンがアイドル

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 N_1 ）からエンジン目標回転数 N_2 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 M_1 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 27 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） 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 27 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（ M_1 ））の中心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 F_e 上のマッチング点 p_{t1} 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 p_{t2} 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 2007-218111 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、ハイブリッド油圧ショベルなどの建設機械で、上部旋回体を電

動旋回モータで駆動するものがある。ハイブリッド油圧ショベルでは、この電動旋回モータへキャパシタなどの蓄電装置から電力を供給（放電）して上部旋回体を旋回加速させ、上部旋回体を旋回減速させる際に電動旋回モータの回生によりキャパシタへ電力を供給（充電）させて、従来の油圧ショベルに比べて低い消費燃料率を達成している。さらに、ハイブリッド油圧ショベルでは、作業機の負荷などに応答して、エンジンの駆動によって駆動する発電機を発電作用（発電オン）させて、発電機により発電された電力をキャパシタへ供給（充電）、あるいは、発電機により発電された電力を電動旋回モータの旋回加速のために供給したりする。また、発電機は、ハイブリッド油圧ショベルの負荷に応じてエンジンの出力を補うアシスト作用を行い、低い燃料消費率を達成している。

[0007] ここで、図28に示すように、作業機動作を開始する前のエンジン回転数はマッチング点M P Oであって低いアイドル回転数であり、低負荷で、油圧ポンプの斜板角も小さくポンプ容量が最低の状態となっている。この状態から作業機動作を開始する場合、油圧ポンプのポンプ容量はすぐに大きくすることができず漸次大きくなるため、直ちにエンジン回転数を大きくして油圧ポンプから吐き出される作動油の吐出量を確保したい。たとえば、領域E 1で示す目標無負荷最大回転数 n_{p2} 近傍のエンジン回転数まで大きくしたい。しかし、燃費効率およびポンプ効率の改善のため、目標マッチング回転数（目標アシスト回転数） n_{p1} はエンジン回転数が低い回転数となるように制御される。したがって、エンジン負荷の増大に伴い、矢印A 1に示すように、エンジン回転数が十分に大きくならないうちに、エンジン回転数は目標アシスト回転数 n_{p1} に到達して安定してしまう。この結果、発電機がエンジンのアシストを行っているにもかかわらず、油圧ポンプから作業機の油圧アクチュエータ（油圧シリンダ）に十分に作動油が供給されず、作業機の応答性を十分に確保することができないという問題点が考えられる。

[0008] この問題点を解決する方策として、目標アシスト回転数を高く設定することが考えられる。たとえば、図29に示すように、無負荷最大回転数 n_{p2}

から引かれるドループ線DLと目標マッチングルートMLとの交点における回転数 $n_{p2'}$ を目標アシスト回転数に設定すると、高いエンジン回転数に伴い油圧ポンプが駆動するため作業機の応答性は良くなる。つまり、エンジン負荷の増大に伴い、矢印A2に示すようにマッチング点MPOからマッチング点MP4へとエンジン出力が変化する。しかし、目標アシスト回転数 $n_{p2'}$ でのマッチング点MP4は、高出力の位置にあり、発電機はエンジンへのアシストを継続し続けるため、トルク増大分 ΔT に相当する無駄なエネルギーを消費してしまうという問題点が考えられる。

[0009] この発明は、上記に鑑みてなされたものであって、燃費およびポンプ効率の向上を図りつつ、発電機によるエンジンのアシスト作用によって作業機の応答性を十分に確保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。

課題を解決するための手段

[0010] 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、エンジンと、前記エンジンの出力をアシストする発電機と、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、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、前記目標マッチング回転数と現在のエンジン回転数との偏差が所定値以上となった場合にアシストが必要であると判定するアシスト判定手段と、アシストが必要であると判定された後、目標アシスト回転数を、前記目標マッチング回転数よりも大きい予め決定された上限の目標アシスト回転数に設定し、その後漸次前記目標マッチング回転数

に近づく目標アシスト回転数に設定するアシスト回転数設定手段と、を備え、前記エンジン制御手段は、前記エンジン回転数が前記目標アシスト回転数となるように前記発電機にアシストトルク指令値を出力して該エンジン回転数を制御することを特徴とする。

[0011] 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、前記アシスト回転数設定手段は、前記アシストが必要であると判定された時点から所定時間、前記目標アシスト回転数を上限の目標アシスト回転数に設定し、所定時間経過後、所定の回転数減少率で前記目標マッチング回転数までエンジン回転数を減少させる目標アシスト回転数に設定することを特徴とする。

[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、前記検出手段の検出結果をもとにエンジン負荷を演算する負荷演算手段を備え、前記アシスト回転数設定手段は、前記上限の目標アシスト回転数以下で、前記エンジン負荷の増加に応じて前記目標アシスト回転数を減少する設定を行うことを特徴とする。

[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、前記上限の目標アシスト回転数は、前記無負荷最大回転数のドループ線と目標マッチングルートとの交点におけるエンジン回転数であ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、前記偏差の所定値は、作業機械の運転状態に応じて決定されることを特徴とする。

[0015] 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、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、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、前記目標マッチング回転数と現在のエンジン回転数との偏差が所定値以上となった場合にアシストが必要であると判定するアシスト判定ステップと、アシストが必要であると判定された後、目標アシスト回転数を、前記目標マッチング回転数よりも大きい上限の目標アシスト回転数に設定し、その後漸次前記目標マッチング回転数に近づく目標アシスト回転数に設定するアシスト回転数設定ステップと、を含み、前記エンジン制御ステップは、前記エンジン回転数が前記目標アシスト回転数となるようにエンジンの出力をアシストする発電機にアシストトルク指令値を出力して該エンジン回転数を制御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、上記の発明において、前記アシスト回転数設定ステップは、前記アシストが必要であると判定された時点から所定時間、前記目標アシスト回転数を上限の目標アシスト回転数に設定し、所定時間経過後、所定の回転数減少率で前記目標マッチング回転数までエンジン回転数を減少させる目標アシスト回転数に設定することを特徴とする。

[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、前記検出手段の検出結果をもとにエンジン負荷を演算する負荷演算ステップを含み、前記アシスト回転数設定ステップは、前記上限の目標アシスト回転数以下で、前記エンジン負荷の増加に応じて前記目標アシスト回転数を減少する設定を行うことを特徴とする。

[0018] この発明によれば、エンジンへのアシストが必要であると判定された後、目標アシスト回転数を、目標マッチング回転数よりも大きい、予め決定された上限の目標アシスト回転数に設定し、その後漸次前記目標マッチング回転数に近づく目標アシスト回転数に設定し、エンジン回転数が前記目標アシスト回転数となるように発電機へアシストトルク指令値を出力して該エンジン

回転数を制御するようにしているので、燃費およびポンプ効率の向上を図りつつ、発電機のアシスト作用によって作業機の応答性を十分に確保することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]図1は、この発明の実施の形態にかかるハイブリッド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3]図3は、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、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、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、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、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16]図16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ばらつきの状態を示すトルク線図である。

[図17]図17は、この発明の実施の形態における、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18]図18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19]図19は、この発明の実施の形態における、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20]図20は、アシスト状態を判定するフローを示す図である。

[図21]図21は、この発明の実施形態による作業機動作開始時のアシスト制御を示すタイムチャートである。

[図22]図22は、図21に示したアシスト制御によるエンジンの作動点の変化を示すトルク線図である。

[図23]図23は、目標アシスト回転数の設定制御フローを示す図である。

[図24]図24は、目標アシスト回転数からアシストトルクを演算するフローを示す図である。

[図25]図25は、目標アシスト回転数の他の設定制御フローを示す図である。

[図26]図26は、従来のエンジン制御を説明するトルク線図である。

[図27]図27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28]図28は、作業機動作開始時の従来のアシスト制御によるエンジンの作動点を示すトルク線図である。

[図29]図 2 9 は、作業機動作開始時の従来の他のアシスト制御によるエンジンの作動点を示すトルク線図である。

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] [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ハイブリッド油圧ショベル 1 の全体構成を示している。このハイブリッド油圧ショベル 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、一对の走行装置 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、右走行モータおよび左走行モータ（走行モータ 2 1）によって履帯 4 b を駆動することによってハイブリッド油圧ショベル 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、旋回モータ 2 4 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、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] 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 1 1、アーム 1 2、バケット 1 3、ブームシリンダ 1 4、アームシリンダ 1 5、およびバケットシリンダ 1 6 を有する。ブーム 1 1 の基端部は、上部旋回体 5 に回転可能に連結される。また、ブーム 1 1 の先端部は、アーム 1 2 の基端部に回転可能に連結される。アーム 1 2 の先端部は、バケット 1 3 に回転可能に連結される。ブームシリンダ 1 4、アームシリンダ 1 5、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、ハイブリッド油圧ショベル１は、駆動源としてのエンジン１７、油圧ポンプ１８、発電機１９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および発電機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動手段を介して回転駆動するものであってもよい。油圧駆動系としては、コントロールバルブ２０、ブームシリンダ１４、アームシリンダ１５、バケットシリンダ１６、走行モータ２１などを有し、油圧ポンプ１８が油圧源となってこれらを駆動する。

[0025] 電動駆動系は、キャパシタ２２、インバータ２３、および旋回モータ２４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２

5 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 23 a 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 23 a 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 23 a 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。

[0026] 油圧駆動系および電動駆動系は、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。

[0027] 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。

[0028] 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。

[0029] モード切替部 29 は、ハイブリッド油圧ショベル 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、ハイブリッド油圧ショベル 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。

[0030] 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 1 8 のポンプ吐出圧力を検出するためのポンプ圧検出部 2 0 a 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 3 3 に入力される。なお、エンジンコントローラ 3 0 とポンプコントローラ 3 3 とは、相互に情報の授受が行われるように C A N (Controller Area Network) のような車内 L A N で接続されている。

[0031] [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 3 0 は、レバー操作量、作業モード、旋回速度、燃料調整ダイヤル（スロットルダイヤル） 2 8 の設定値などの情報（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） E L となり、エンジンの出力を制限する曲線である。

[0032] 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 E L とポンプ吸収トルク線 P L との交点（マッチング点） M P 1 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 M P 1 は、目標マッチングルート M L 上にもたせることが好ましい。この目標マッチング点 M P 1 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 1 0 0 0 r p m 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 1 7 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。

[0033] 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 1 4, 1 5, 1 6 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 3 0 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） 2 8 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、2 0 5 0 r p m 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 MP 1 から高回転側のマッチング点 MP 2 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。

[0034] 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。

[0035] [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。

[0036] 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）218に出力される。

[0037] 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D105、D106、およびモード切替部29によって設定された作業モードD104の4つの情報を用いて、ハイブリッド油圧ショベル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218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、ハイブリッド油圧ショベル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、ハイブリッド油圧ショベル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
。

[0038] 他方、燃料調整ダイヤル２８（スロットルダイヤルＤ１０３）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Ｄ１０３）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２１８に出力される。

[0039] ここで、電気駆動の旋回モータ２４を搭載したハイブリッド油圧ショベル
１は、旋回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、旋回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Ｄ１０３）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、旋回モータ回転数Ｄ
１０１から旋回モータ回転数・無負荷回転数削減量変換テーブル２１４によ
って求められる無負荷回転数削減量を減算部２１５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）２１７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Ｄ１０３）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２１７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）２１８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２１７でゼロ値２１
６との最大値選択を行い、最小値選択部２１８へ負の値が与えられないよう

にしている。

[0040] 最小値選択部 218 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、旋回モータ回転数 D101 とから求めた無負荷回転数リミット値を考慮した、スロットルダイヤル D103 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。

[0041] 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。

[0042] 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 D104 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 D104 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。

[0043] 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 231 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 D105, D106 と作業モード D104 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 D108 からファン馬力演算ブロック 234 が演算したファン馬力が加算部 238 によって加算される。旋回モータ回転数 D

101 および旋回モータトルクD102を入力パラメータとして用いて旋回馬力演算ブロック230が旋回馬力を演算し、エンジン回転数D108を用いてファン馬力演算ブロック234がファン馬力を演算する。旋回馬力とファン馬力は、それぞれ減算部237および加算部238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D109は、減算部237を介してポンプ出力リミット値に加算される。これら加算された値（以下、加算値）と、燃料調整ダイヤル28（スロットルダイヤルD103）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235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）239に出力される。最小値選択部239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。

[0044] なお、旋回馬力は、次式、

$$\text{旋回馬力 (kW)} = 2\pi \div 60 \times \text{旋回モータ回転数} \times \text{旋回モータトルク} \div 1000 \times \text{係数 (設定値)}$$

を演算することで求めることができる。また、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、

$$\text{ファン馬力} = \text{ファン定格馬力} \times (\text{エンジン回転数} / \text{ファン定格時エンジン回転数})^3$$

を用いて簡易的に演算することで求められる。なお、旋回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8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旋回モータ24を用いるので、旋回馬力を求めてポンプ出力リミット値から旋回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233で、ゼロ値232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 232 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 D109 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 233 に入力されても、ゼロ値 232 との最小値選択により、最小値選択部 233 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。

[0045] 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 ($-K_i$) 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D 2 4 0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2 4 2は、エンジンコントローラ3 0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D 1 0 7と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D 1 0 8とをもとに、次式

$$\text{エンジン実出力 (kW)} = 2 \pi \div 60 \times \text{エンジン回転数} \times \text{エンジントルク} \div 1000$$

を用いて演算しエンジン実出力を求める。

[0046] 図1 0はマッチング最小回転数演算ブロック1 5 0の詳細制御フローである。図1 0に示すように、マッチング最小回転数演算ブロック1 5 0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D 1 5 0を演算する。マッチング最小回転数D 1 5 0は、各レバー値信号D 1 0 0を、レバー値・マッチング最小回転数変換テーブル2 5 1で変換した各値がマッチング最小回転数D 1 5 0の候補値となり、それぞれ最大値選択部(MAX選択)2 5 7に出力される。

[0047] 一方、無負荷回転数・マッチング回転数変換テーブル2 5 2は、目標マッチング回転数 n_{p1} と同じように、無負荷最大回転数 n_{p2} 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 n_{p2}' として、無負荷最大回転数演算ブロック1 1 0で求められた無負荷最大回転数D 2 1 0(n_{p2})を変換し出力する(図1 4参照)。さらに、このマッチング回転数 n_{p2}' 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D 1 5 0の候補値として最大値選択部(MAX選択)2 5 7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。

[0048] また、旋回モータ回転数・マッチング最小回転数変換テーブル2 5 0は、旋回モータ回転数D 1 0 1をマッチング最小回転数D 1 5 0の候補値として変換して最大値選択部2 5 7に出力する。旋回モータ回転数D 1 0 1は、図

2の旋回モータ24の旋回モータ回転数（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、この旋回モータ回転数・マッチング最小回転数変換テーブル250は、図10に示すように旋回モータ回転数D101がゼロのときマッチング最小回転数を大きくし、旋回モータ回転数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モータ回転数D101の変換を行う。

[0049] ここで、発電機19は、最大に出力できるトルクの限界値（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256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）257に出力する。なお、発電機出力D109の後段に配置されるゲート255は、発電機出力D109が負であるので、発電機出力D109を正の値に変換するために設けられている。

[0050] 最大値選択部257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。

[0051] 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 n_{p2} 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 n_{p1} 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、ハイブリッド油圧ショベル1のオペレータにとってハイブリッド油圧ショベル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 5 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ハイブリッド油圧ショベル 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 5 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 5 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。

[0052] 図 1 4 に示すトルク線図について補足説明する。図 1 4 のグラフ中に示す、HP 1 ~ HP 5 は図 2 7 に示す等馬力線 J に相当し、ps は馬力単位 (ps) 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 1 4 は、馬力が HP 3 ps と HP 4 ps 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。

[0053] 図 1 1 は目標マッチング回転数演算ブロック 1 6 0 の詳細制御フローである。図 1 1 に示すように、目標マッチング回転数演算ブロック 1 6 0 は、図 3 に示した、目標マッチング回転数 np 1 (D 2 6 0) を演算する。目標マッチング回転数 D 2 6 0 は、エンジン目標出力 D 2 4 0 (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 1 7 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 2 4 0 との交点で目標マッチング回転数 D 2 6 0 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267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D240（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D240（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）269に出力する。

[0054] 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D150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267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）269で、マッチング最小回転数D150とエンジン目標出力D240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D260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、MP1ではなくMP1' となって、目標マッチング回転数D260は、 n_{p1} ではなく n_{p1}' 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D210と同様に、目標マッチング回転数D260は、燃料調整ダイヤル28（スロットルダイヤルD103）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268は、燃料調整ダイヤル28（スロットルダイヤルD103）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D103）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D103）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D260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D260の候補値と、最大値選択部269で選択された目標マッチング回転数D260の候補値とが最小値選択部（MIN選択）270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 2 6 0が出力される。

[0055] ここで、目標マッチング回転数D 2 6 0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D 2 3 0は、図8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D 2 3 0を用いて図9に示すようにエンジン目標出力D 2 4 0が決定される。さらに、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にエンジン目標出力D 2 4 0が入力されて、目標マッチング回転数D 2 6 0が決定される。また、発電機19が要求される発電機出力D 1 0 9によって目標マッチング回転数D 2 6 0の値は変化する。

[0056] 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D 2 4 0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D 1 0 9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D 2 6 0が大きく変動してしまう。

[0057] 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260がエンジン回転数D 1 0 8を用いて、次式、

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

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266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267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D 1 0 9の後段の最小値選択部（MIN選択）2 6 2は、要求される発電機出力がない場合（エンジン1 7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2 6 1との比較を行う。したがって、エンジン目標出力D 2 4 0に何も加算しないようになる。また、最大値選択部（MAX選択）2 6 5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D 2 4 0に加算は不要となる。よって、最大値選択部2 6 5に負の値が入力され、ゼロ値2 6 4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2 6 5はゼロ出力する。

[0058] 図1 2はエンジン回転数指令値演算ブロック1 7 0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1 2に示すように、エンジン回転数指令値演算ブロック1 7 0は、2つの油圧ポンプ1 8の斜板角センサ1 8 aが検出した斜板角をもとに求められたポンプ容量D 1 1 0, D 1 1 1をもとに、平均部2 7 1がポンプ容量D 1 1 0, D 1 1 1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2 7 3が、エンジン回転数指令値D 2 7 0（無負荷最大回転数 n_{p2} ）を求める。すなわち、エンジン回転数指令選択ブロック2 7 3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 2 7 0を無負荷最大回転数 n_{p2} （D 2 1 0）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} （D 2 6 0）と目標マッチング点MP 1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D 2 6 0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2 7 2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。

[0059] 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、エンジン回転数が変化しない範囲を設けるようにしてもよい。

[0060] 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 $D108$ 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 $D108$ 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 283 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 284 に入力する。ここで、エンジン目標出力 D 240 からファン馬力のみでなく、発電機出力 D 109 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 284 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）282 でゼロ値 281 との比較で最小値が選択されて、選択された値が演算部 283 によってエンジン目標出力 D 240 に加算されるということは、実質、エンジン目標出力 D 240 から発電機出力 D 109 を減算することになる。

[0061] この目標マッチング回転数およびトルク演算ブロック 284 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 D 260 が入力される。目標マッチング回転数 D 260 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 284 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 285 に出力される。

[0062] ポンプ吸収トルク演算ブロック 285 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 284 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 D 108 と、目標マッチング回転数 D 260 とが入力される。ポンプ吸収トルク演算ブロック 285 では、次式に示すように

$$\begin{aligned} & \text{ポンプ吸収トルク} = \text{ポンプ目標マッチングトルク} \\ & \quad - K_p \times (\text{目標マッチング回転数} - \text{エンジン回転数}) \end{aligned}$$

が演算され、演算結果であるポンプ吸収トルク指令値 D 280 が出力される。ここで、 K_p は、制御ゲインである。

[0063] 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 $D108$ が目標マッチング回転数 $D260$ 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 $D280$ は増加し、逆に、実際のエンジン回転数 $D108$ が目標マッチング回転数 $D260$ に比して小さい場合には、ポンプ吸収トルク指令値 $D280$ 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 $D240$ 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 $D260$ 近傍の回転数で安定しエンジン 17 が駆動することになる。

[0064] 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 15 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。

[0065] 図 11 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 11 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 $Ma \rightarrow Mb \rightarrow Mc$ のように移行していたが、この実施の形態では、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がなくなる。

[0066] また、エンジン回転数指令値演算ブロック170では、エンジン回転数指令値D270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、本実施の形態によれば、油圧ポンプ18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17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EL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、ハイブリッド油圧ショベル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、従来のハイブリッド油圧ショベルに比べて、燃費を10%低減可能といった仕様である。

[0067] すなわち、図16に示すように、従来は、ポンプ吸収トルク線PLと目標マッチング回転数との交点を目標マッチング点MP1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DL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、ハイブリッド油圧ショベル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、本実施の形態によれば、図17に示すように、ポンプ吸収トルク線PL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ELとの交点を目標マッチング点MP1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MP 1は、エンジン出力指令値曲線EL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。

[0068] なお、従来のエンジン制御では、図18に示すように、エンジン17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MP 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TL、および目標マッチング点MP 1を通るドループ線DLを経由していたため、過渡時のエンジン出力は、図18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、本実施の形態によれば、図19に示すように、ポンプ吸収トルク線PLとエンジン出力指令値曲線ELとの交点を目標マッチング点MP 1としているため、過渡時は、図19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ELに沿って目標マッチング点MP 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。

[0069] [エンジンアシスト制御]

ここで、上述したように、キャパシタ22は、旋回モータ24の減速時の回生作用によって生じた電気エネルギーを蓄積（充電）し、発電機19により発電された電気エネルギーを蓄積（充電）する。蓄積された電気エネルギーを作業の場面に応じて発電機19に供給（放電）することによってエンジン17を加速（アシスト）することができる。

[0070] エンジンコントローラ30は、まず、図20に示すアシスト状態判定部によって、エンジン17へのアシストが必要であるか否かを判断する。このアシスト状態判定部では、まず、偏差演算部310が、目標マッチング回転数 n_{p1} から現在のエンジン回転数 n を減算した回転数の偏差 Δn を求める。現在のエンジン回転数 n は、図示しない回転センサによって検出される。そして、アシスト判定部320は、この偏差 Δn をもとにアシスト状態D33

0を判定出力する。この偏差 Δn が閾値 Δn_2 以上となる場合、アシストフラグを「1」にしてアシスト中とするアシスト状態に設定し、この偏差 Δn が閾値 Δn_1 以下となる場合に、アシストフラグを「0」にして非アシスト中とするアシスト状態に設定する。すなわち、アシスト状態の設定にヒステリシス特性を持たせている。なお、アシスト判定部320は、キャパシタ22内に蓄積されている電気エネルギーが所定値以下である場合、強制的に非アシスト中として判定する。

[0071] ここで、この実施の形態では、作業機動作開始前の非アシスト中のアシスト状態から、作業機動作開始後のアシスト中のアシスト状態に移行する場合に、作業機3の応答性を十分に確保するアシスト制御を行うようにしている。すなわち、非アシストのアシスト状態からアシスト中のアシスト状態への立ち上がり時における作業機の応答性を十分に確保するようにしている。

[0072] 具体的に、図21を用いて以下に説明する。図21(b)に示すように、時点 t_1 で非アシスト中からアシスト中に移行した場合、エンジンコントローラ30は、図21(a)に示すように、目標アシスト回転数 A_N を、目標マッチング回転数 n_{p1} よりも大きい予め決定された上限の目標アシスト回転数（高回転目標マッチング回転数） hA_N に設定する。その後、エンジンコントローラ30は、時点 t_1 から予め決定された所定期間 T_1 の間、この高回転目標マッチング回転数 hA_N を目標アシスト回転数に設定し続ける。この所定期間 T_1 はタイマによって計時される。さらに、この所定期間 T_1 が終了する時点 t_2 から、予め決定された回転数減少率 AN_r で、目標マッチング回転数 n_{p1} まで目標アシスト回転数 A_N を減少させる。回転数減少率 AN_r は、単位時間あたりに減少させる回転数（rpm）の量である。なお、図21(a)の曲線 L_n は、実エンジン回転数の時間変化を示している。

[0073] このようなアシスト制御を行うと、図22に示すように、作業動作開始直後、作業動作開始前のマッチング点 MP_0 （図21，図22の(1)の状態）のエンジン回転数から、目標マッチング回転数 n_{p1} に影響されず、急激

に高回転目標マッチング回転数 hAN まで上昇する（図 2 1，図 2 2 の（2）の状態）。その後、所定期間 $T1$ 、高回転目標マッチング回転数 hAN が維持され、所定期間 $T1$ 経過時（図 2 1，図 2 2 の（3）の状態）から、暫時、目標アシスト回転数 AN は、目標マッチング回転数 $np1$ まで減少し、負荷の増大とともに目標マッチング点 $MP1$ で安定する（図 2 1，図 2 2 の（4）の状態）。つまり、エンジン回転数は、矢印 $A3$ に示すような変化をして目標マッチング点 $MP1$ に到達する。このようなアシスト制御を行うことによって、作業機 3 の高い応答性を確保できるとともに、無駄なエネルギー消費を抑えることができる。

[0074] ここで、上述した目標アシスト回転数 AN の設定制御について詳細に説明する。この設定制御は、図 2 3 に示す目標アシスト回転数設定部によって行われる。図 2 3 において、判定部 $S101$ ， $S102$ には、アシスト状態判定部からアシスト状態 $D330$ が入力される。判定部 $S101$ は、アシスト状態 $D330$ がアシスト中で、アシスト中になった時点 $t1$ から所定期間 $T1$ 以内であれば「T」をスイッチ $SW1$ に出力し、所定期間 $T1$ 経過後であれば「F」をスイッチ $SW1$ に出力する。一方、判定部 $S102$ は、アシスト状態 $D330$ がアシスト中であれば「T」をスイッチ $SW2$ に出力し、非アシスト中であれば「F」をスイッチ $SW2$ に出力する。

[0075] スイッチ $SW1$ には、微小時間毎にフィードバックされる目標アシスト回転数 AN ($D320$) から回転数減少率 ANr ($D310$) を減算した回転数が「F」端子に入力され、高回転目標マッチング回転数 hAN ($D311$) が「T」端子に入力される。このため、スイッチ $SW1$ は、所定期間 $T1$ 内であれば高回転目標マッチング回転数 hAN ($D311$) をスイッチ $SW2$ の「T」端子に出力し、所定期間 $T1$ 経過後であれば、漸次、回転数減少率 ANr ($D310$) で減少した目標アシスト回転数を「T」端子に出力させる。

[0076] スイッチ $SW2$ には、スイッチ $SW1$ からの出力が「T」端子に入力され、目標マッチング回転数 $np1$ ($D260$) が「F」端子に入力される。し

たがって、スイッチSW2は、アシスト中であればスイッチSW1から入力された上記いずれかの回転数を出し、非アシスト中であれば目標マッチング回転数 n_{p1} を出力する。そして、最大値選択部（MAX選択）101は、スイッチSW2から入力された上記いずれかの回転数と目標マッチング回転数 n_{p1} との大きい方を最小値選択部（MIN選択）102に出力する。最小値選択部102は、入力された回転数と高回転目標マッチング回転数 h_{AN} との小さい方を目標アシスト回転数 A_N として出力する。すなわち、アシスト中であれば、高回転目標マッチング回転数 h_{AN} と目標マッチング回転数 n_{p1} との間の回転数を目標アシスト回転数 A_N （D230）として出力する。そして、その目標アシスト回転数 A_N の出力の時間の経過に対する変化は、図21（a）に示した目標アシスト回転数の波形のようになる。

[0077] このようにして設定された目標アシスト回転数 A_N は、図24に示す、ハイブリッドコントローラ23a内のアシストトルク演算部に入力される。アシストトルク演算部は、まず、入力された目標アシスト回転数 A_N （D320）から現在のエンジン回転数 n （D108）を減算する（回転数差の演算）。最大値選択部（MAX選択）201は、この減算した回転数と、ゼロ値との大きい方を演算器202に出力する。ゼロ値と比較するのは、現在のエンジン回転数 n が目標アシスト回転数 A_N を越える場合は、アシストする必要がないからである。演算器202は、入力された回転数差にアシストゲイン K_{as} を乗算し、トルク値に変換したアシストトルクD340を出力する。ハイブリッドコントローラ23aは演算されたアシストトルクD340に応じて、キャパシタ22に蓄積された電気エネルギーを発電機19に供給（放電）してエンジン17の出力をアシストする。

[0078] この実施の形態では、アシスト中になった直後から所定期間 T_1 、目標アシスト回転数 A_N を高回転目標マッチング回転数 h_{AN} に設定し、所定期間 T_1 経過後、漸次、目標マッチング回転数 n_{p1} まで減少させるようにしている。このようなアシスト制御を行うため、作業機3の高い応答性を確保できるとともに、無駄なエネルギー消費を抑えることができる。

[0079] なお、図23に示した目標アシスト回転数設定部に替えて、図25に示すように、エンジン負荷状態をもとに目標アシスト回転数AN(D320)を設定するようにしてもよい。エンジン負荷は、実際には油圧ポンプ18のポンプ負荷であり、ポンプ負荷が大きい場合には、目標アシスト回転数AN(D320)を小さくし、ポンプ負荷が小さい場合には、目標アシスト回転数AN(D320)を大きく設定しようとするものである。

[0080] 図25において、まず、エンジン負荷演算ブロック301は、エンジン回転数D108、ポンプ圧力D105、D106、およびポンプ容量D110、D111をもとに、エンジン負荷を演算する。具体的は、まず、ポンプ吐出量を

ポンプ吐出量 [L/min]

$$= (\text{エンジン回転数 [rpm]} \times \text{平均ポンプ容量 [cc/rev]}) / 60$$

として求め、このポンプ吐出量を用いてエンジン負荷を、次式を用いて求める。

エンジン負荷 [kW]

$$= (\text{ポンプ吐出量 [L/min]} \times \text{平均ポンプ圧力 [MPa]}) / 60$$

[0081] 演算器302は、エンジン目標出力D240から上述したエンジン負荷を減算した出力にゲインKpを乗算して回転数に変換した値を出力する。入力された目標マッチング回転数np1(D260)には、この変換した値が加算され、加算された回転数は、最大値選択部(MAX選択)303に入力される。最大値選択部303は、目標マッチング回転数np1(D260)と加算された回転数とのうちの大きい方を最小値選択部(MIN選択)304に出力する。最小値選択部304は、この入力された回転数と高回転目標マッチング回転数hAN(D311)とのうちの小さい方を最終的な目標アシスト回転数AN(D320)として出力する。

[0082] このようにエンジン負荷を求めて設定した目標アシスト回転数AN(D320)を用いても、作業機3の高い応答性を確保できるとともに、無駄なエ

エネルギー消費を抑えることができる。また、図25のエンジン負荷演算ブロック301が演算するエンジン負荷は、油圧ポンプ18のポンプ容量の情報（斜板角センサ18aの検出値）のみを用いて求めてもよい。

[0083] なお、高回転目標マッチング回転数 n_{AN} は、無負荷最大回転数 n_{p2} のドループ線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 $n_{p2'}$ とすることが好ましい。

[0084] また、図20を用いて説明した偏差 Δn の閾値 Δn_2 は、ハイブリッド油圧ショベル1（作業機械）の運転状態、特に作業パターンや作業モードに応じて予め決定されることが好ましい。

[0085] なお、本実施の形態では、作業機械としてハイブリッド油圧ショベル1を例として説明したが、ホイールローダの走行用油圧モータを走行用電動モータに変えたハイブリッドホイールローダにも適用可能である。つまり、ハイブリッドホイールローダは、エンジンと発電機とキャパシタ（蓄電装置）を備え、キャパシタからの電気エネルギーあるいは発電機からの電気エネルギーを走行用電動モータに供給することで走行し、減速時に走行用電動モータが回生作用して電気エネルギーをキャパシタに供給（充電）するような作業機械である。本発明を用い、ハイブリッドホイールローダによる作業の場面に応じて発電機がエンジンの出力をアシストし、油圧ポンプの駆動によって作業機を動作させることで、燃費およびポンプ効率の向上を図りつつ、アシスト作用によって作業機の応答性を十分に確保することができる。

符号の説明

- [0086]
- 1 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

- 1 3 バケット
- 1 4 ブームシリンダ
- 1 5 アームシリンダ
- 1 6 バケットシリンダ
- 1 7 エンジン
- 1 8 油圧ポンプ
- 1 8 a 斜板角センサ
- 1 9 発電機
- 2 0 コントロールバルブ
- 2 0 a ポンプ圧検出部
- 2 1 走行モータ
- 2 2 キャパシタ
- 2 3 インバータ
- 2 3 a ハイブリッドコントローラ
- 2 4 旋回モータ
- 2 5 回転センサ
- 2 6 操作レバー
- 2 7 レバー操作量検出部
- 2 8 燃料調整ダイヤル
- 2 9 モード切替部
- 3 0 エンジンコントローラ
- 3 2 コモンレール制御部
- 3 3 ポンプコントローラ

請求の範囲

[請求項1]

エンジンと、
前記エンジンの出力をアシストする発電機と、
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、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、
前記目標マッチング回転数と現在のエンジン回転数との偏差が所定値以上となった場合にアシストが必要であると判定するアシスト判定手段と、
アシストが必要であると判定された後、目標アシスト回転数を、前記目標マッチング回転数よりも大きい予め決定された上限の目標アシスト回転数に設定し、その後漸次前記目標マッチング回転数に近づく目標アシスト回転数に設定するアシスト回転数設定手段と、
を備え、
前記エンジン制御手段は、前記エンジン回転数が前記目標アシスト回転数となるように前記発電機にアシストトルク指令値を出力して該エンジン回転数を制御する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]

前記アシスト回転数設定手段は、前記アシストが必要であると判定

された時点から所定時間、前記目標アシスト回転数を上限の目標アシスト回転数に設定し、所定時間経過後、所定の回転数減少率で前記目標マッチング回転数までエンジン回転数を減少させる目標アシスト回転数に設定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] 前記検出手段の検出結果をもとにエンジン負荷を演算する負荷演算手段を備え、

前記アシスト回転数設定手段は、前記上限の目標アシスト回転数以下で、前記エンジン負荷の増加に応じて前記目標アシスト回転数を減少する設定を行う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4] 前記上限の目標アシスト回転数は、前記無負荷最大回転数のドループ線と目標マッチングルートとの交点におけるエンジン回転数であ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] 前記偏差の所定値は、作業機械の運転状態に応じて決定されることを特徴とする請求項 1 ～ 4 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、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、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、

前記目標マッチング回転数と現在のエンジン回転数との偏差が所定値以上となった場合にアシストが必要であると判定するアシスト判定ステップと、

アシストが必要であると判定された後、目標アシスト回転数を、前記目標マッチング回転数よりも大きい上限の目標アシスト回転数に設定し、その後漸次前記目標マッチング回転数に近づく目標アシスト回転数に設定するアシスト回転数設定ステップと、

を含み、

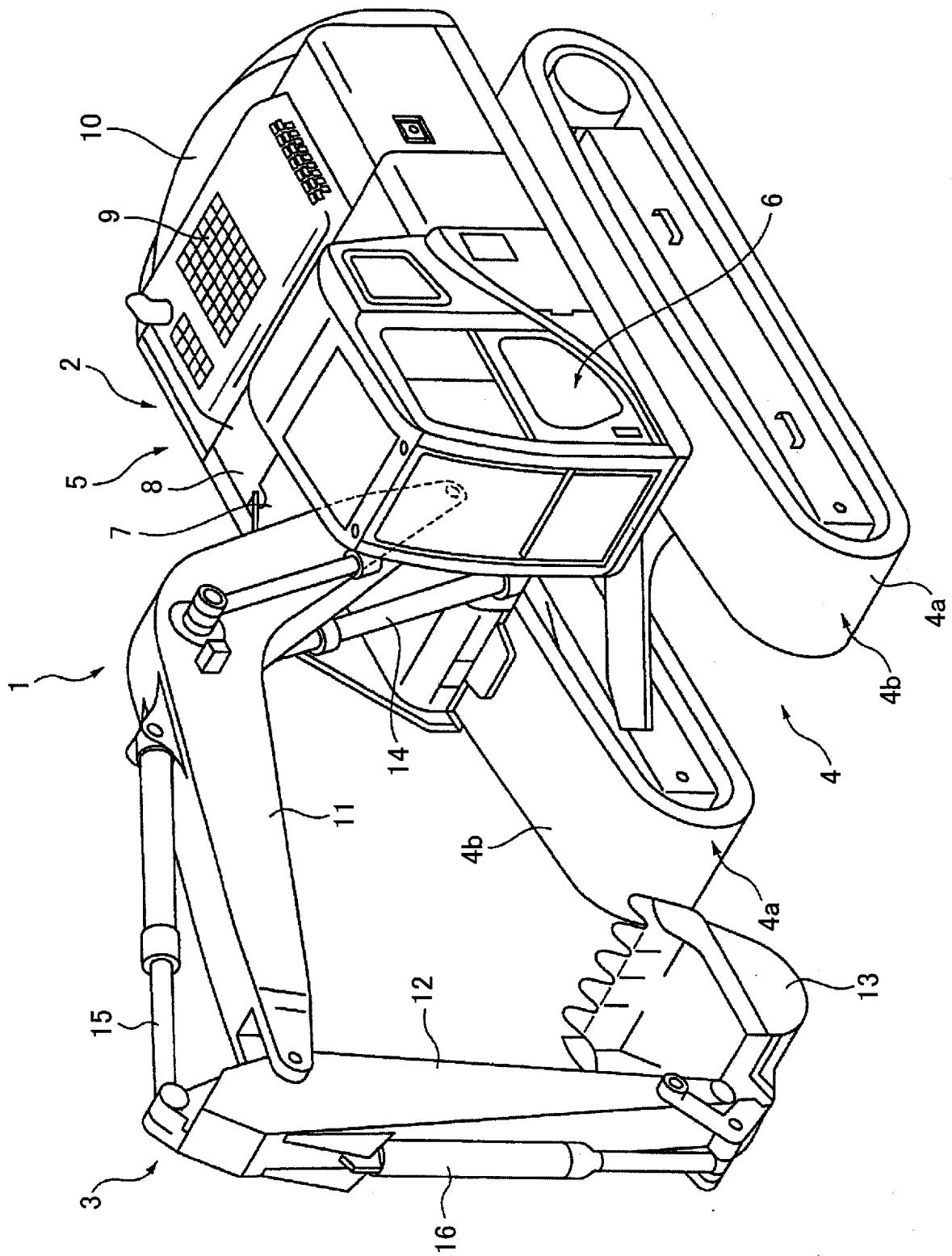
前記エンジン制御ステップは、前記エンジン回転数が前記目標アシスト回転数となるようにエンジンの出力をアシストする発電機にアシストトルク指令値を出力して該エンジン回転数を制御することを特徴とする作業機械のエンジン制御方法。

[請求項7] 前記アシスト回転数設定ステップは、前記アシストが必要であると判定された時点から所定時間、前記目標アシスト回転数を上限の目標アシスト回転数に設定し、所定時間経過後、所定の回転数減少率で前記目標マッチング回転数までエンジン回転数を減少させる目標アシスト回転数に設定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。

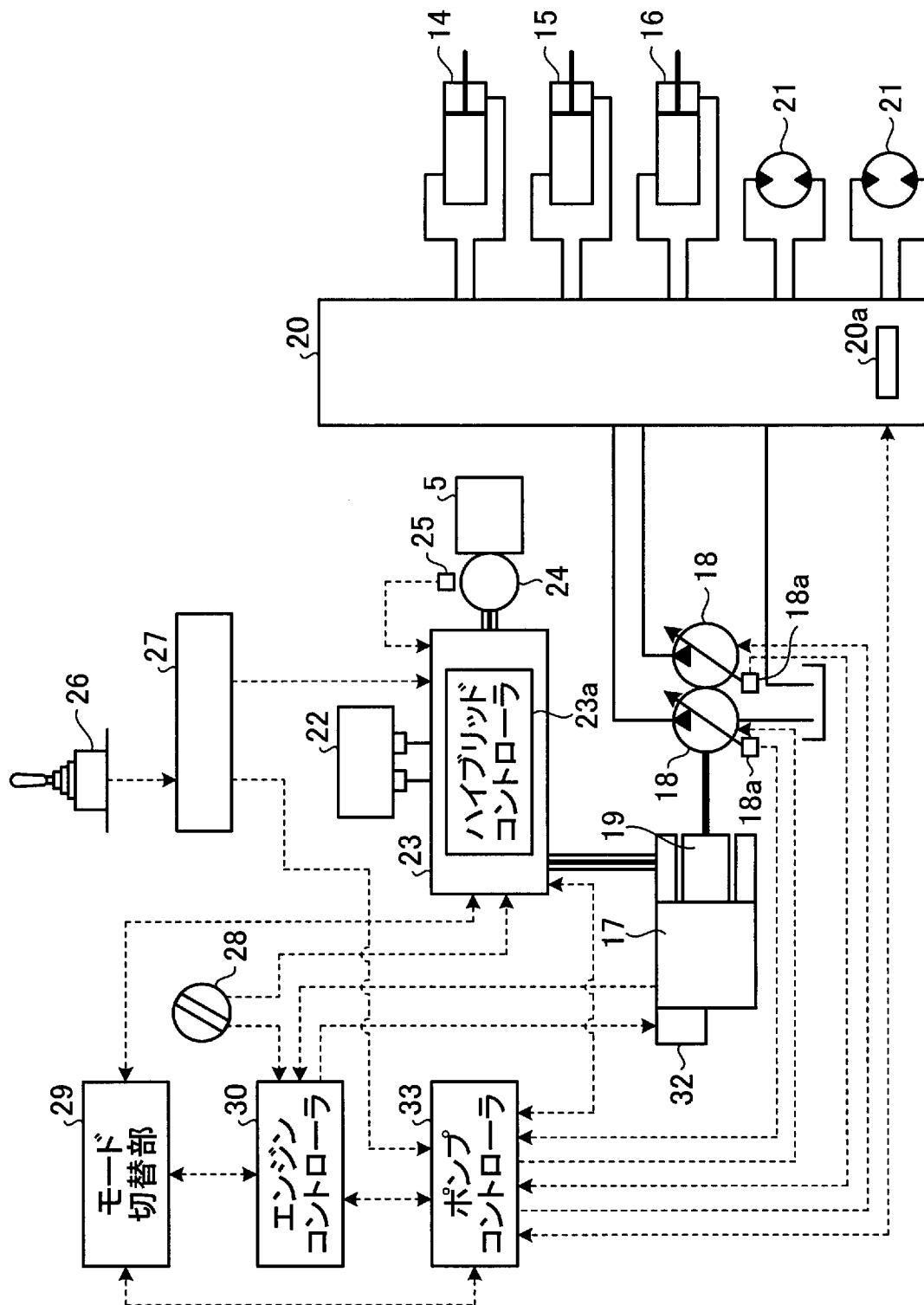
[請求項8] 前記検出手段の検出結果をもとにエンジン負荷を演算する負荷演算ステップを含み、

前記アシスト回転数設定ステップは、前記上限の目標アシスト回転数以下で、前記エンジン負荷の増加に応じて前記目標アシスト回転数を減少する設定を行う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。

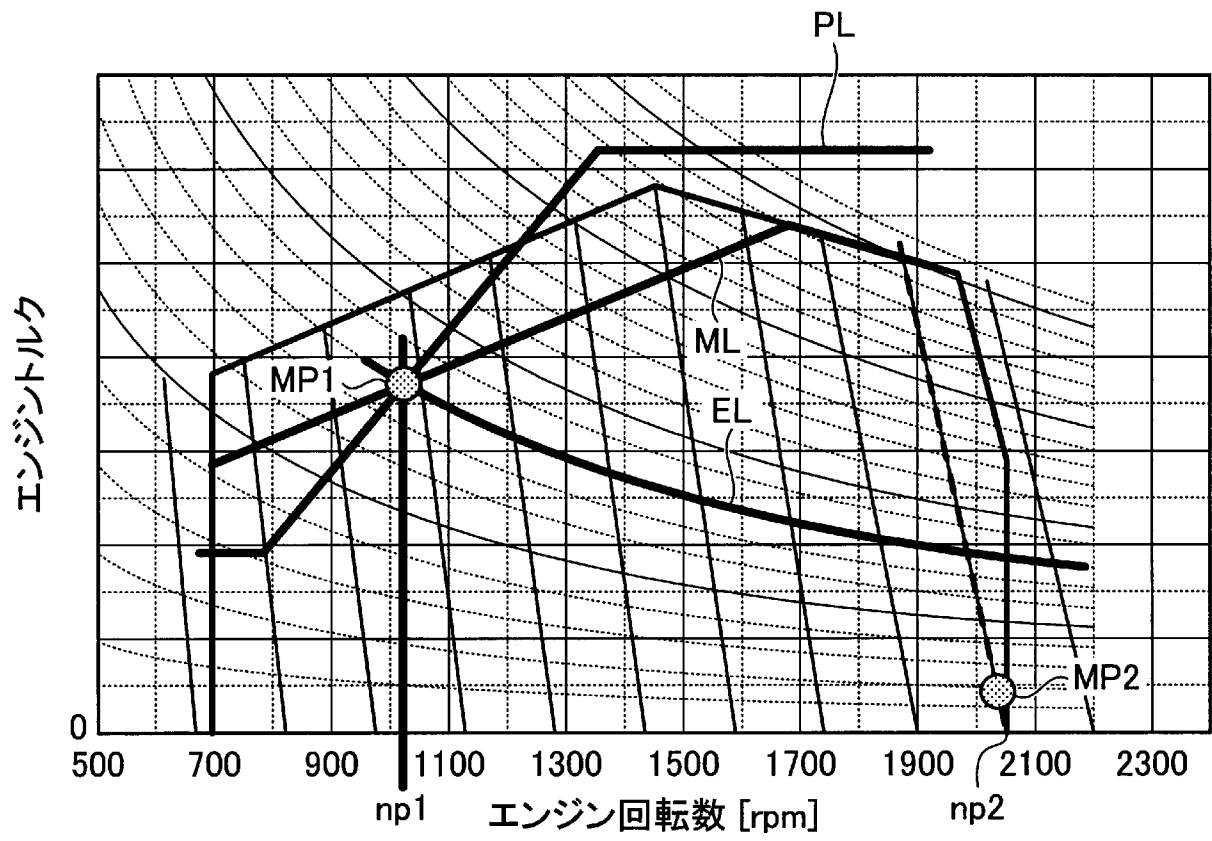
[図1]



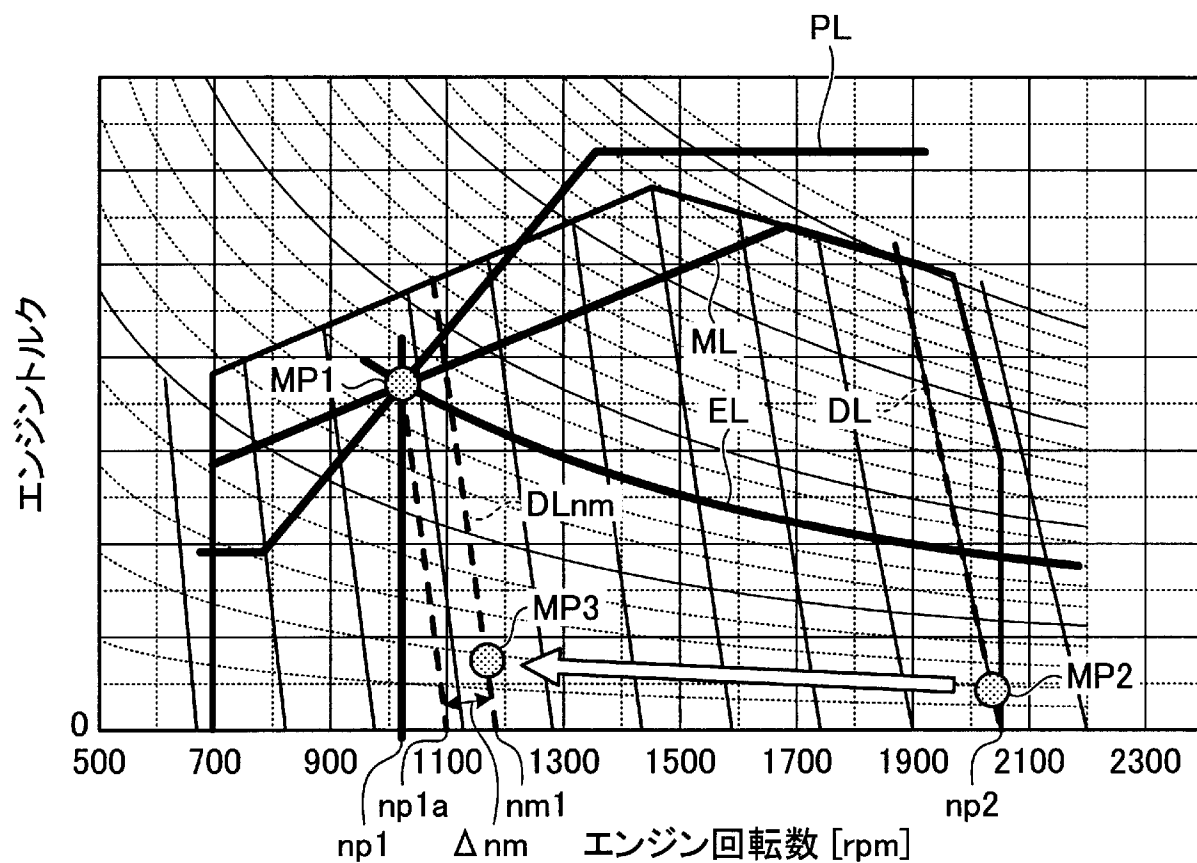
[図2]



[図3]



[図4]

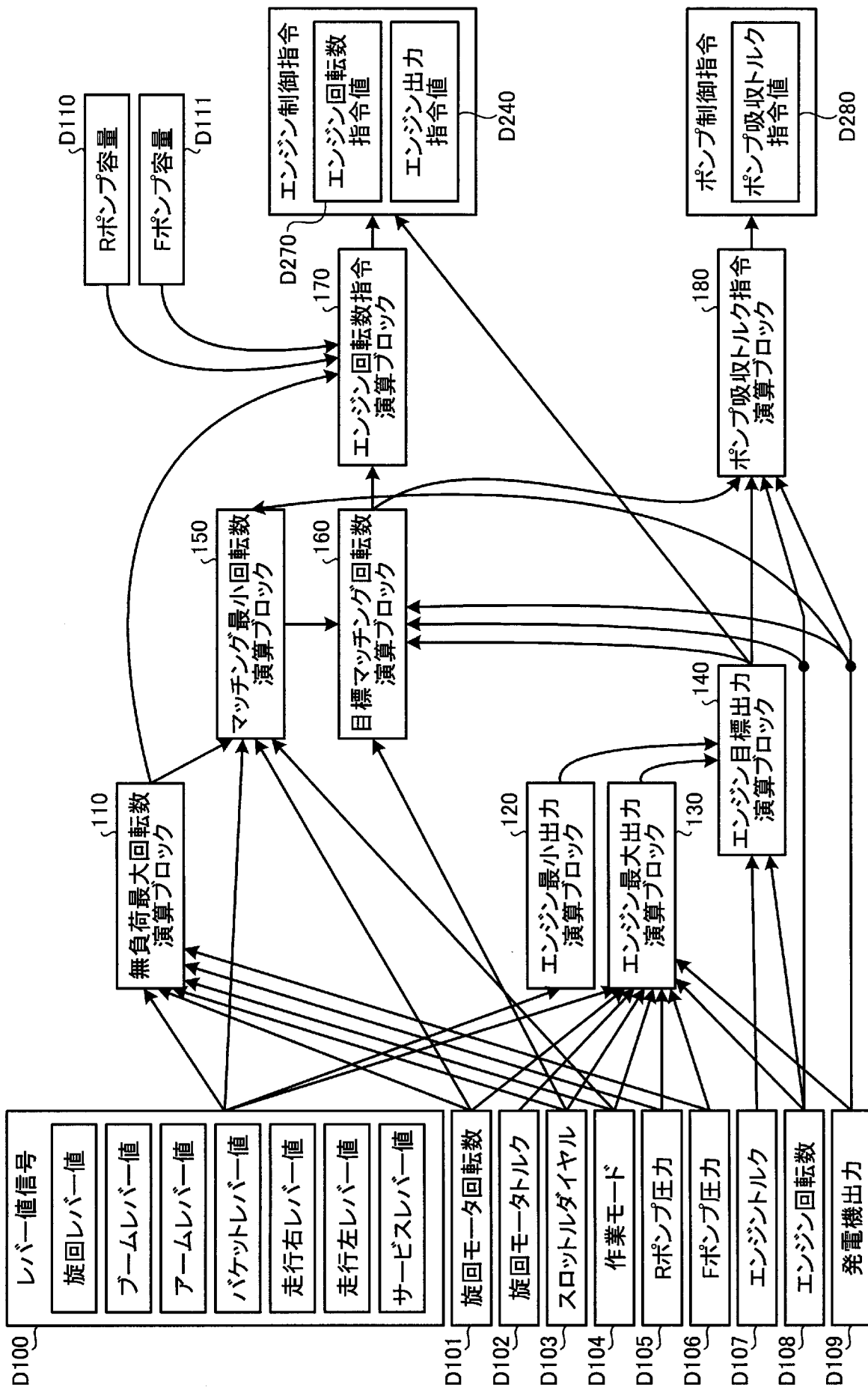


np1: 目標マッチング回転数 nm1: 無負荷最小回転数

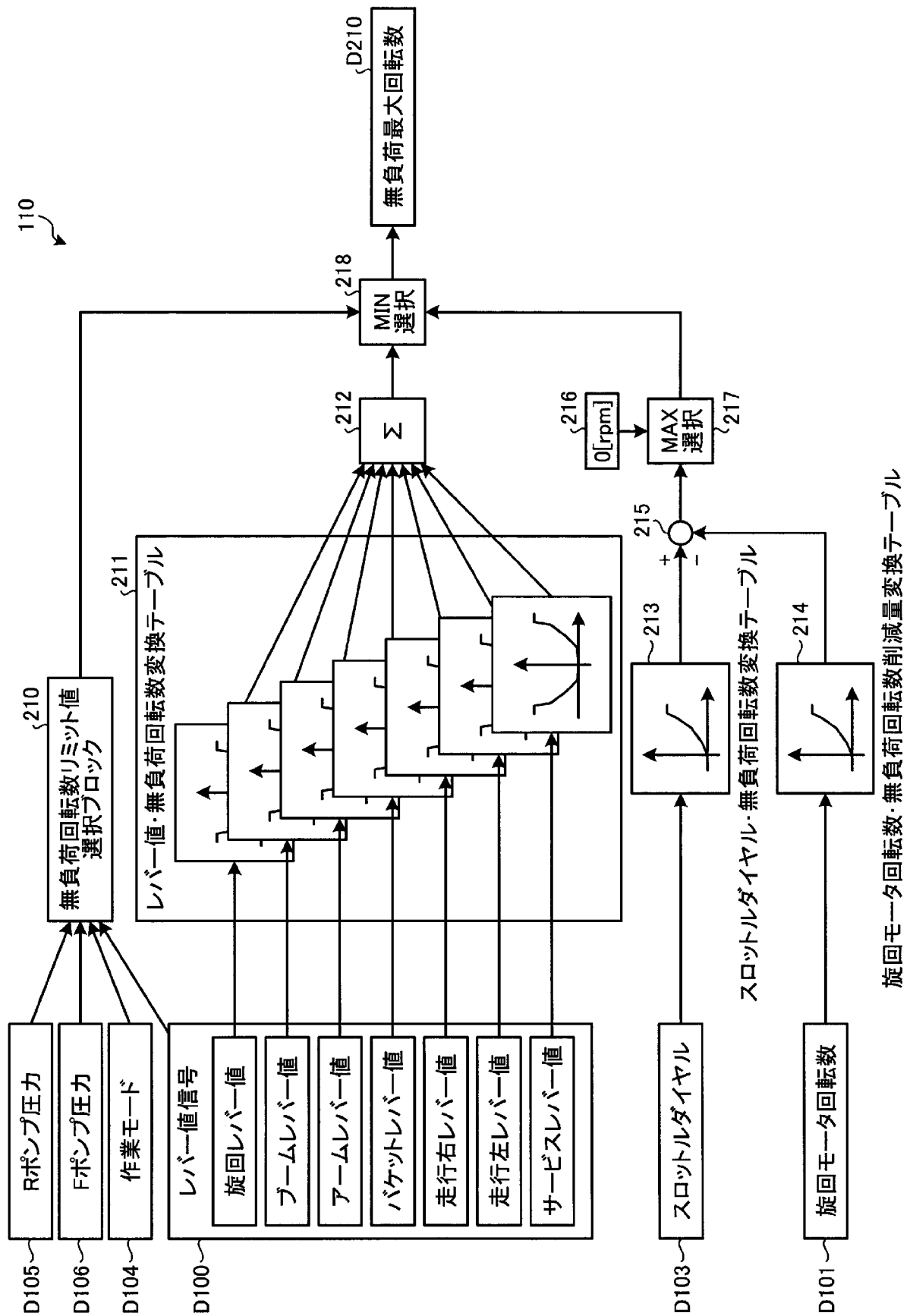
np1a: 無負荷回転数

np2: 無負荷最大回転数

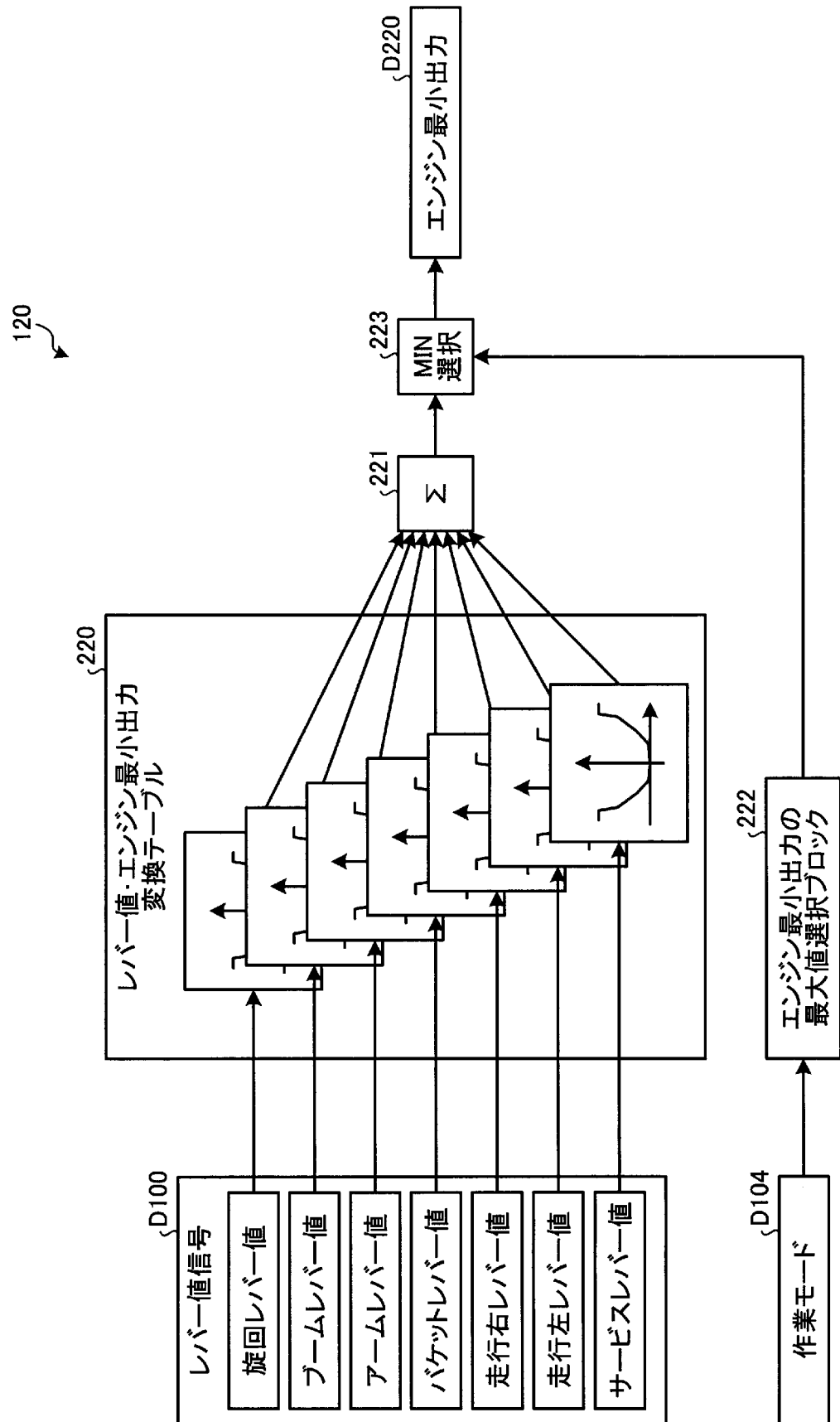
[図5]



[図6]



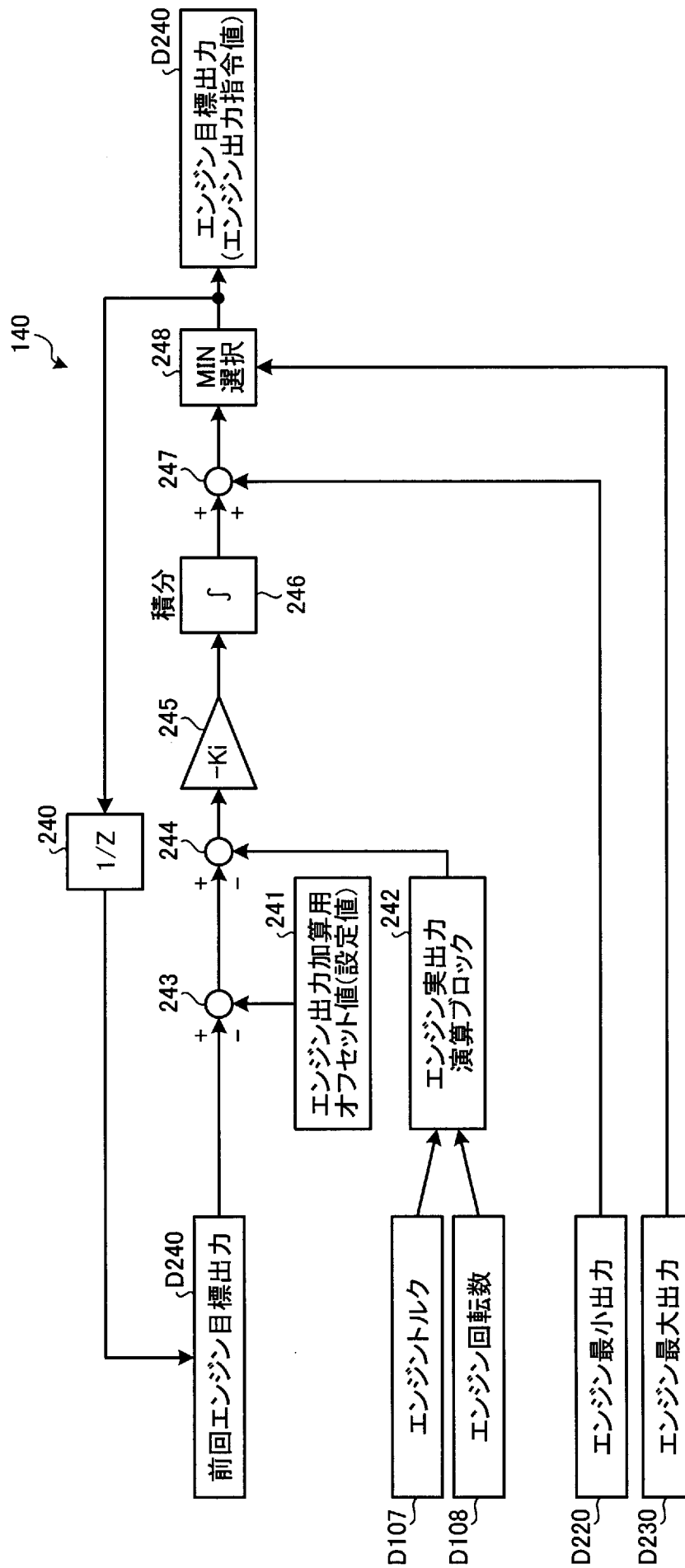
[図7]



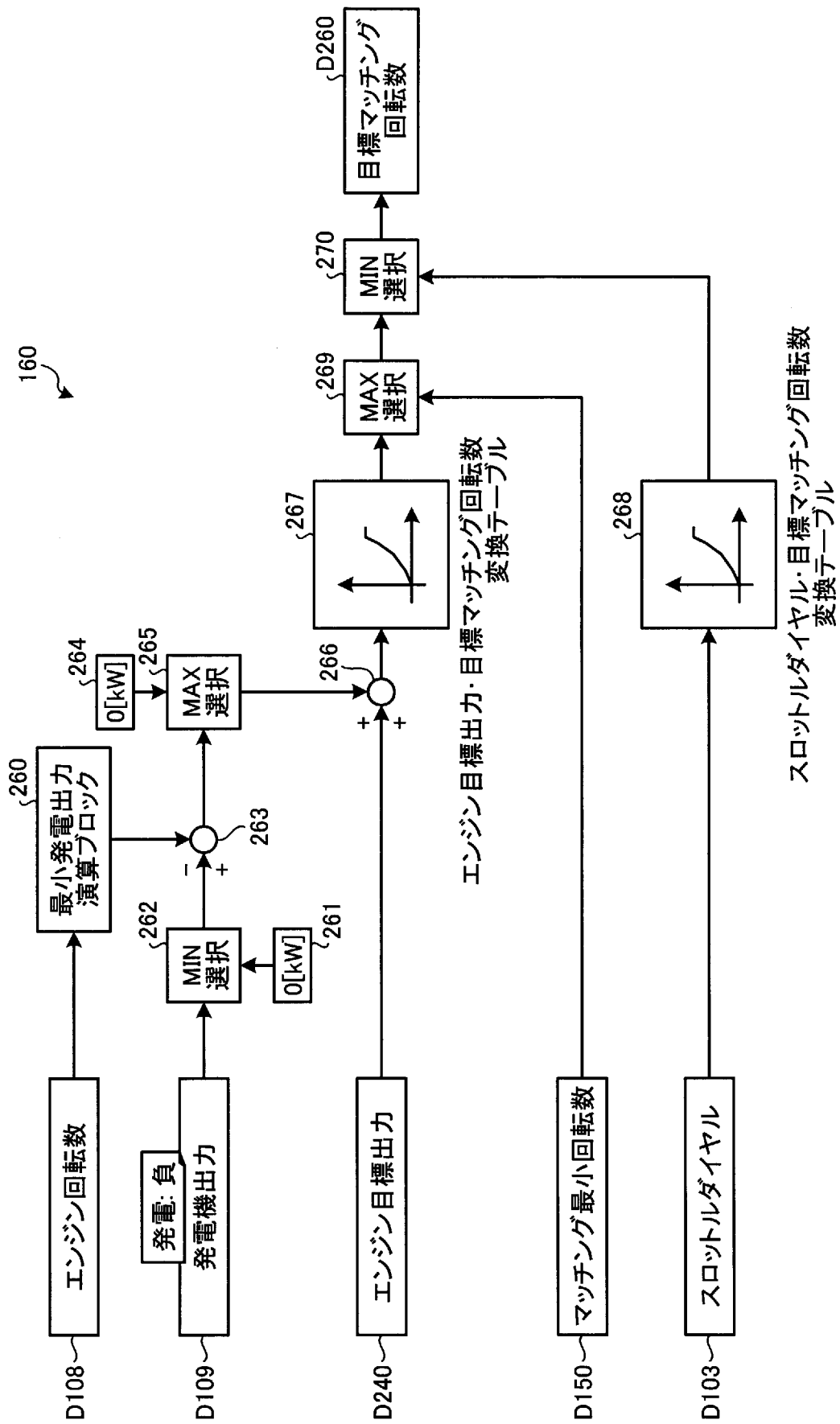
130



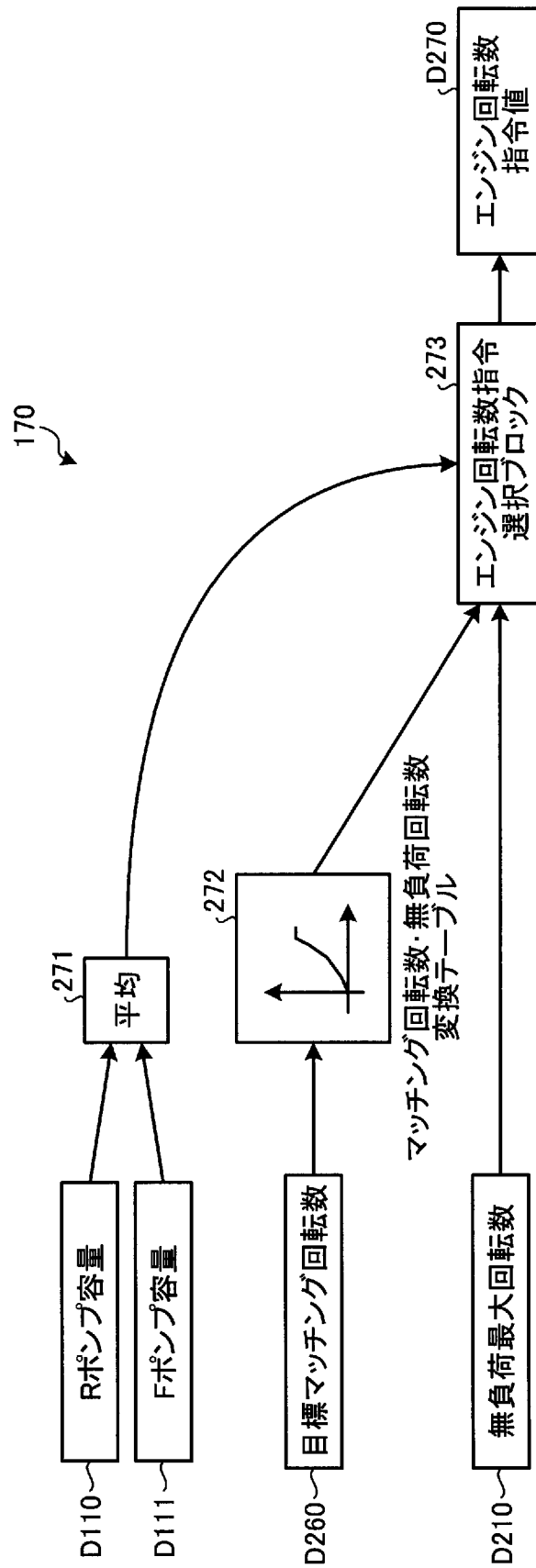
[図9]



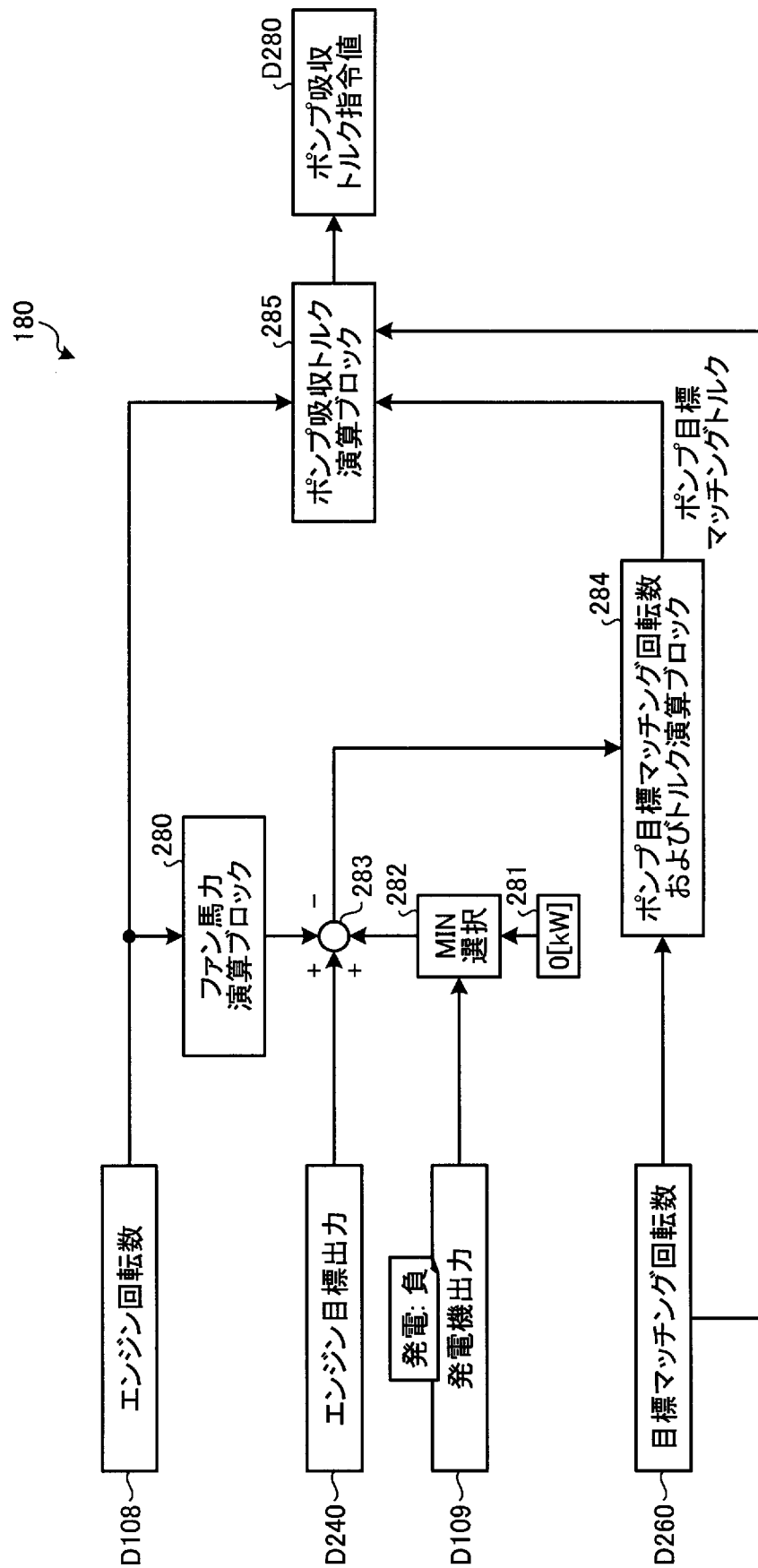
[図11]



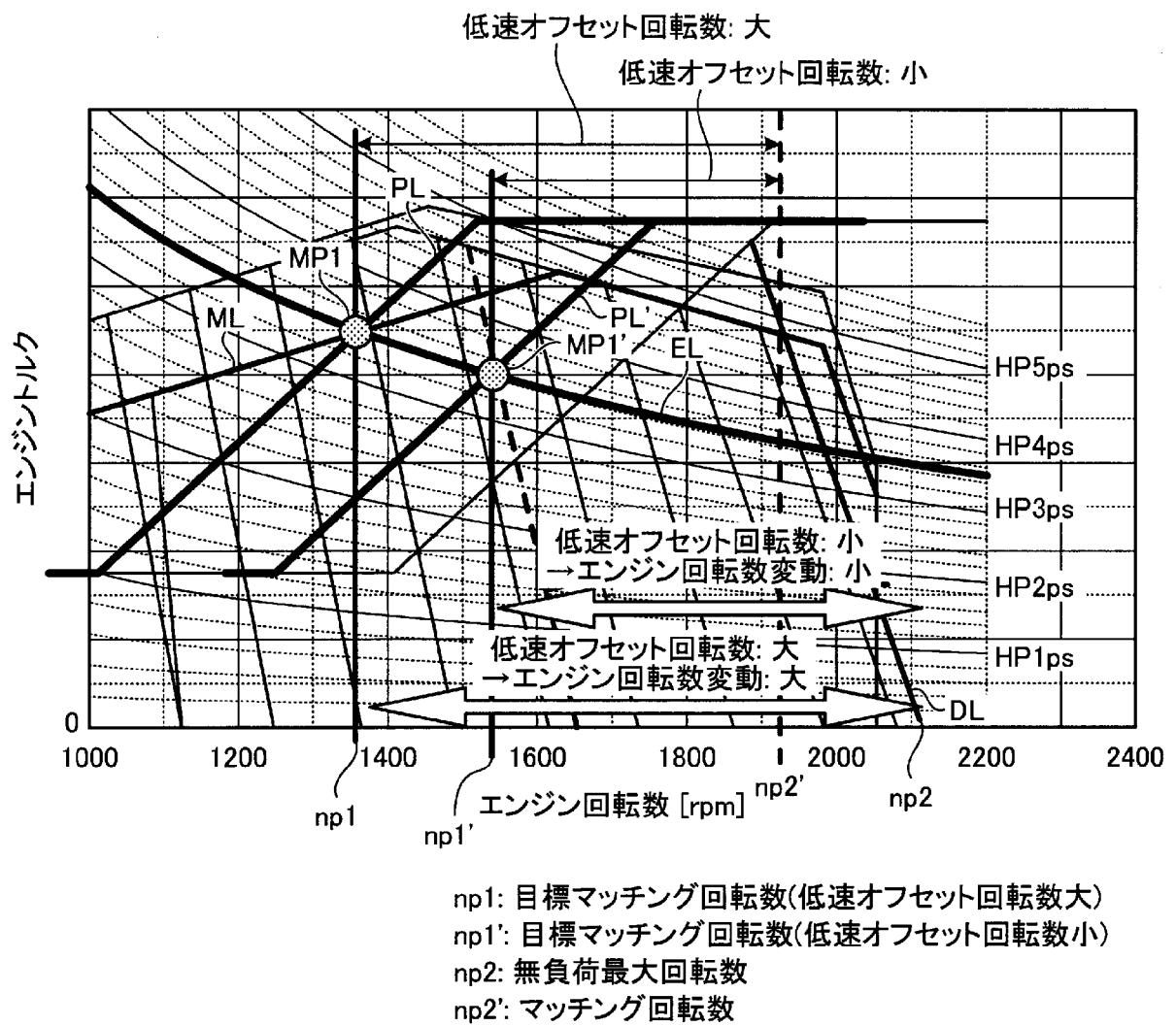
[図12]



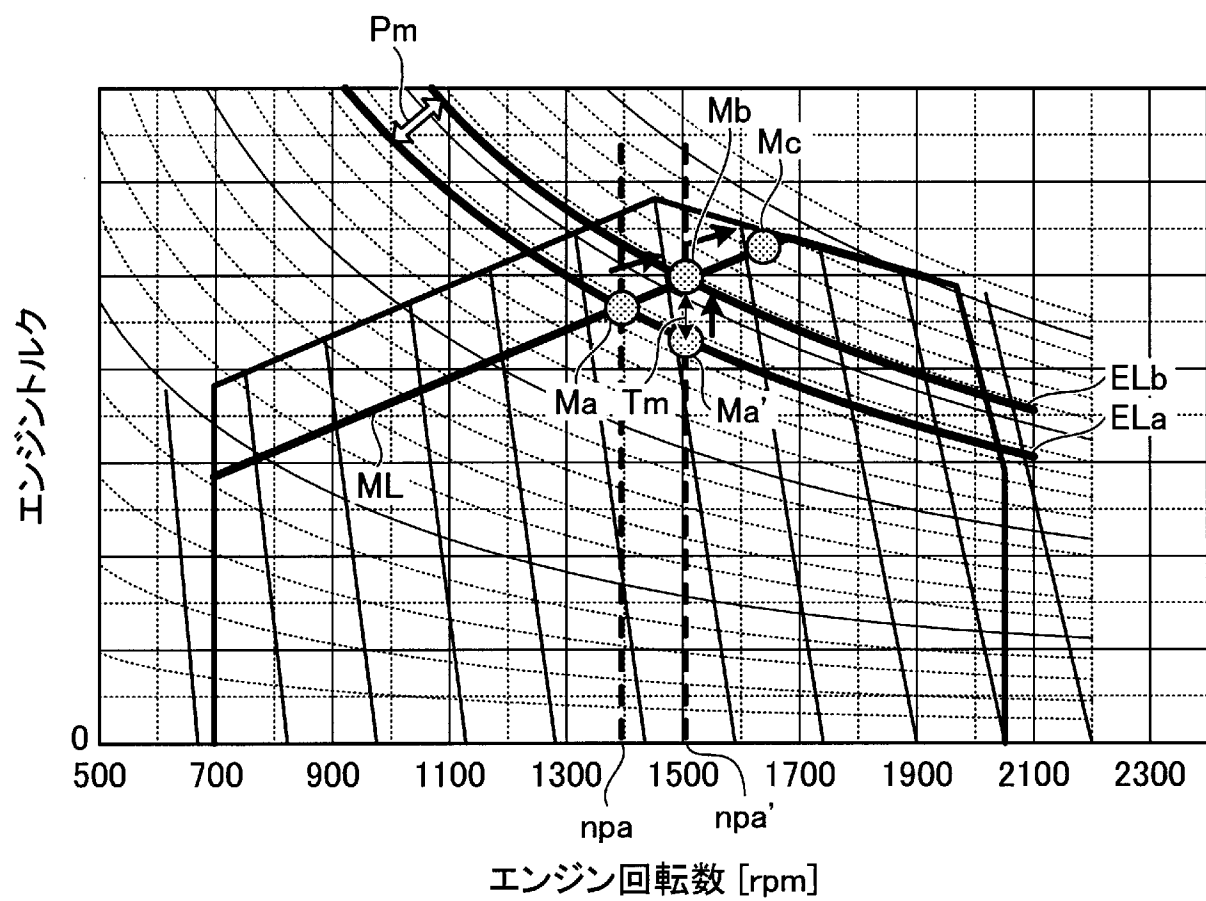
[図13]



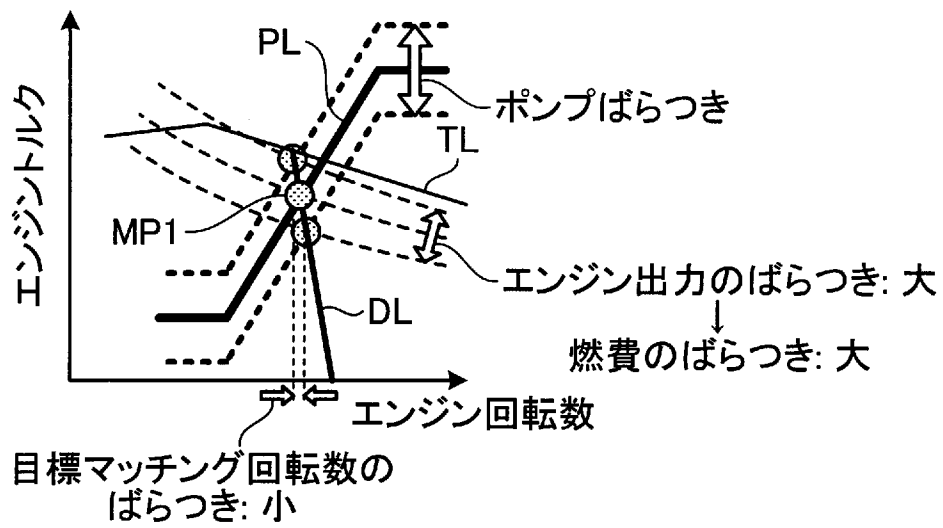
[図14]



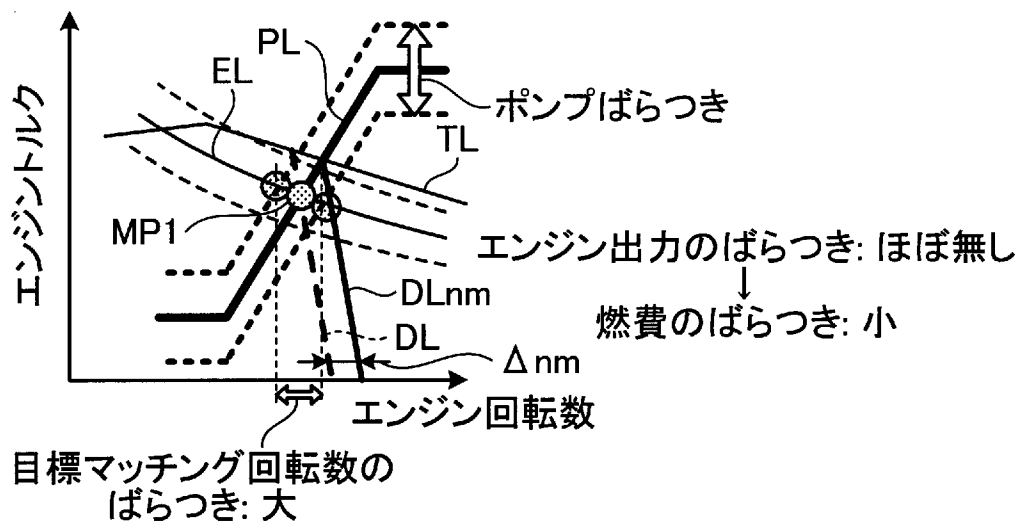
[図15]



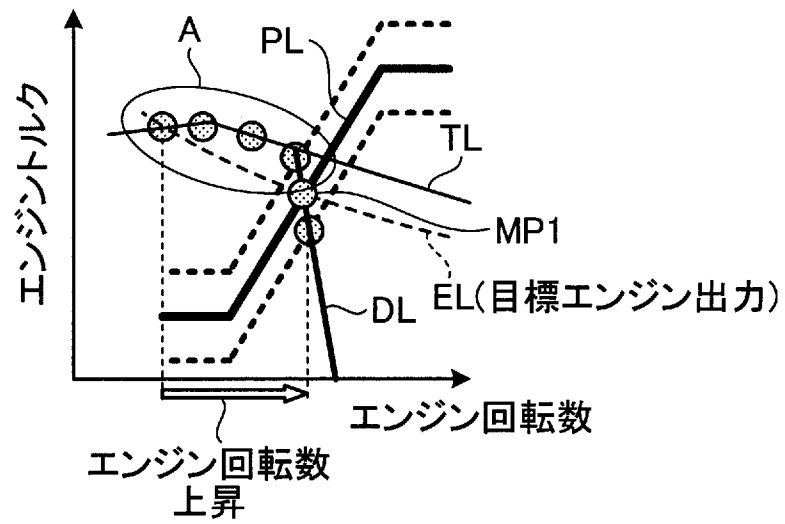
[図16]



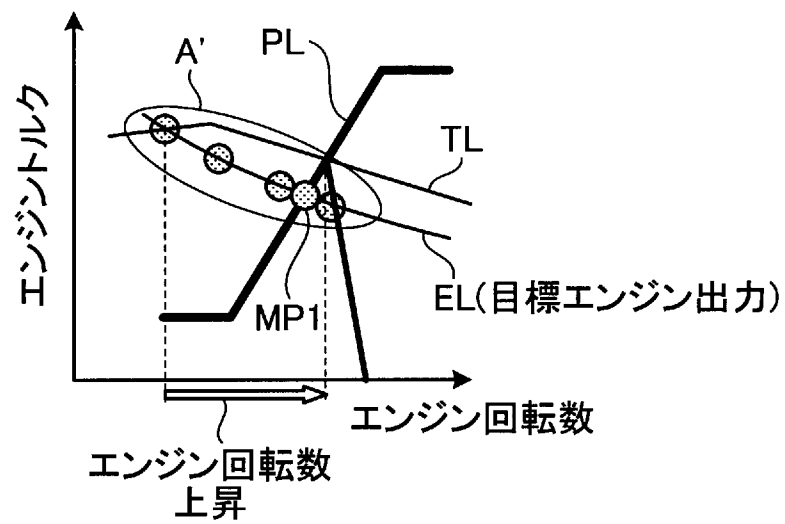
[図17]



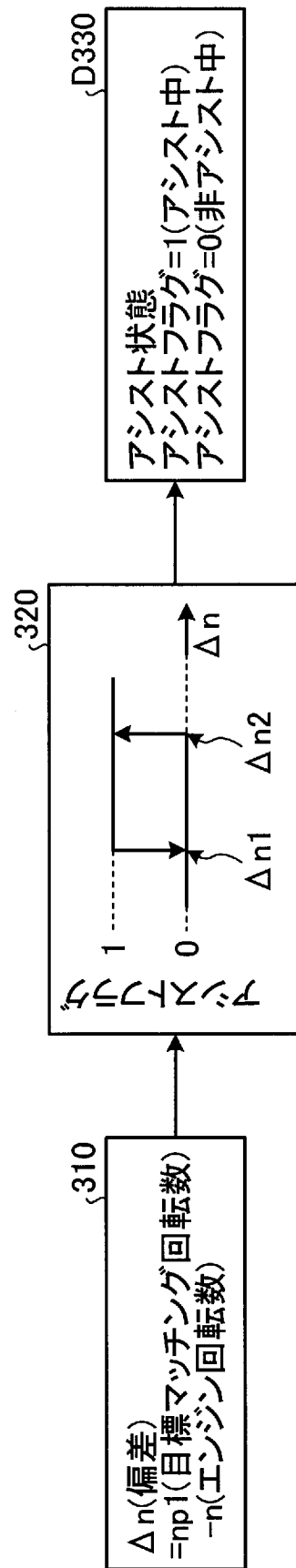
[図18]



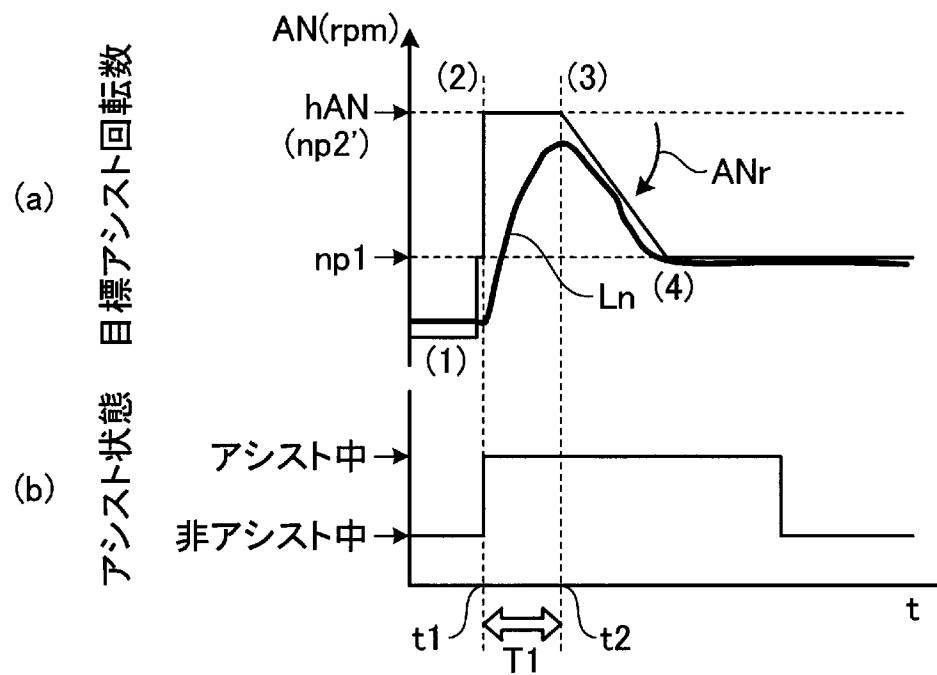
[図19]



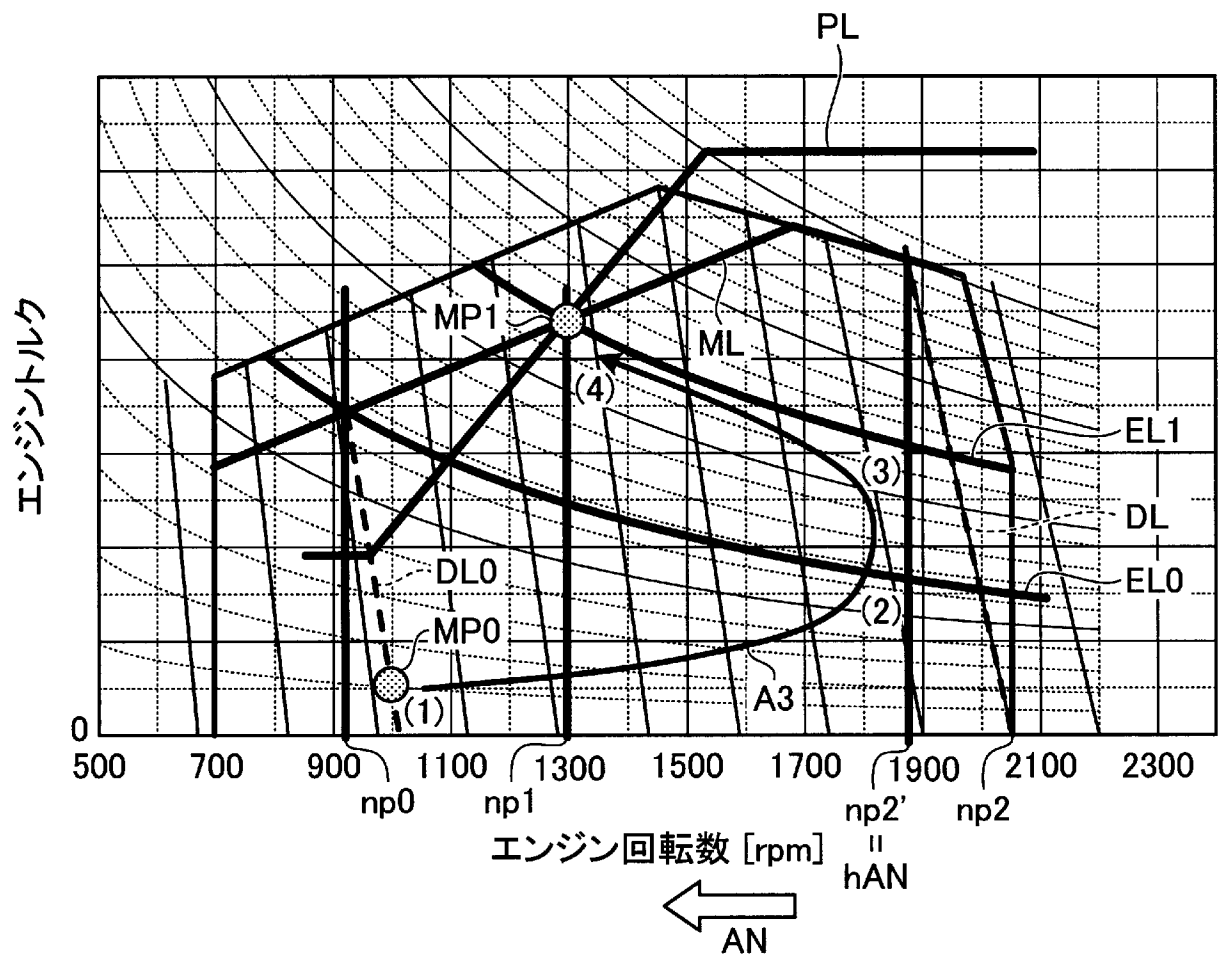
[図20]



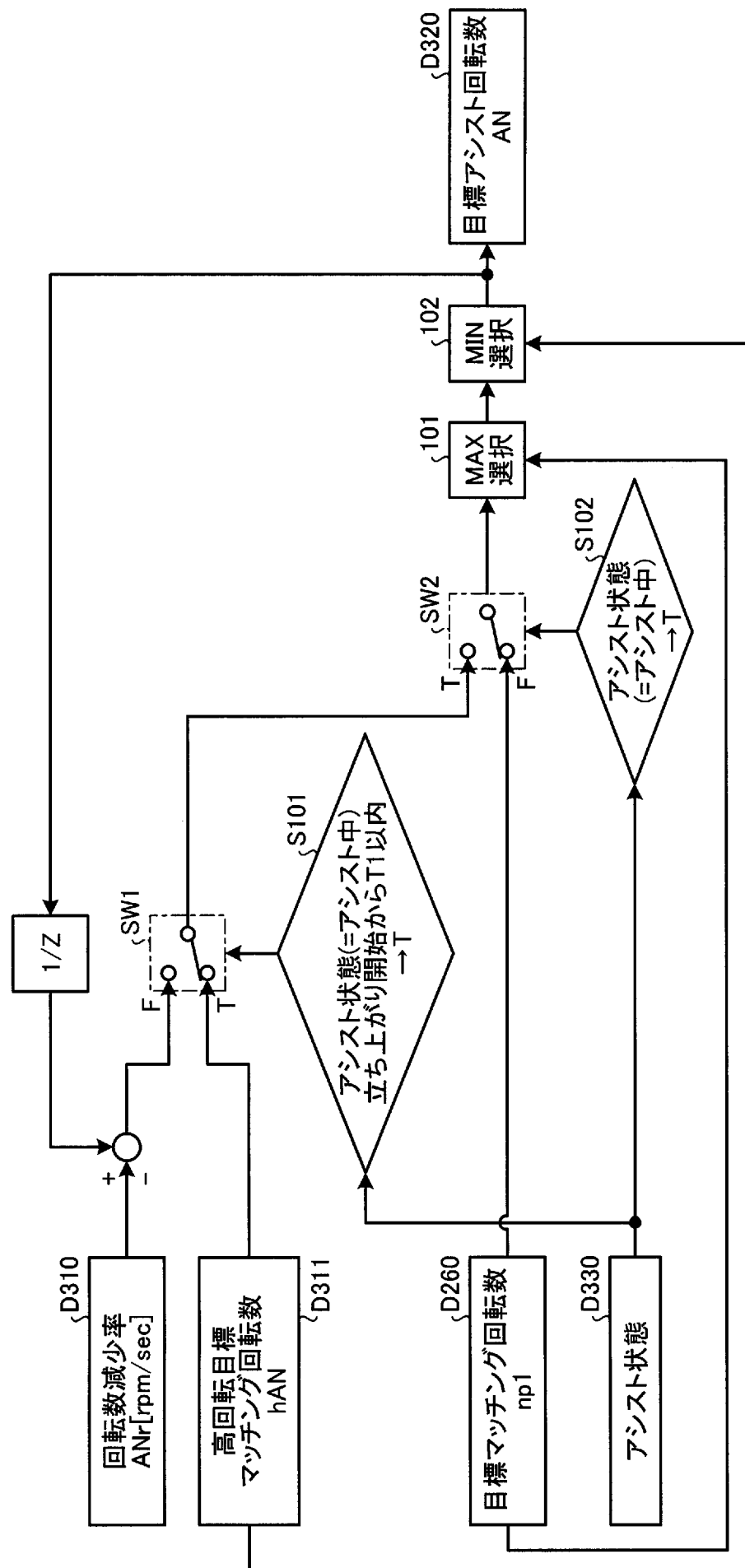
[図21]



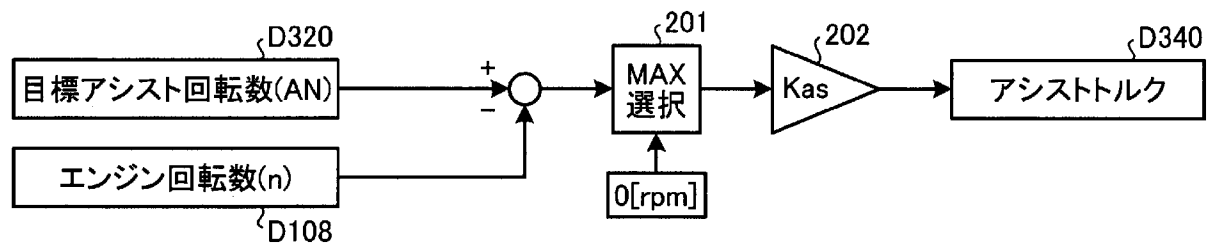
[図22]



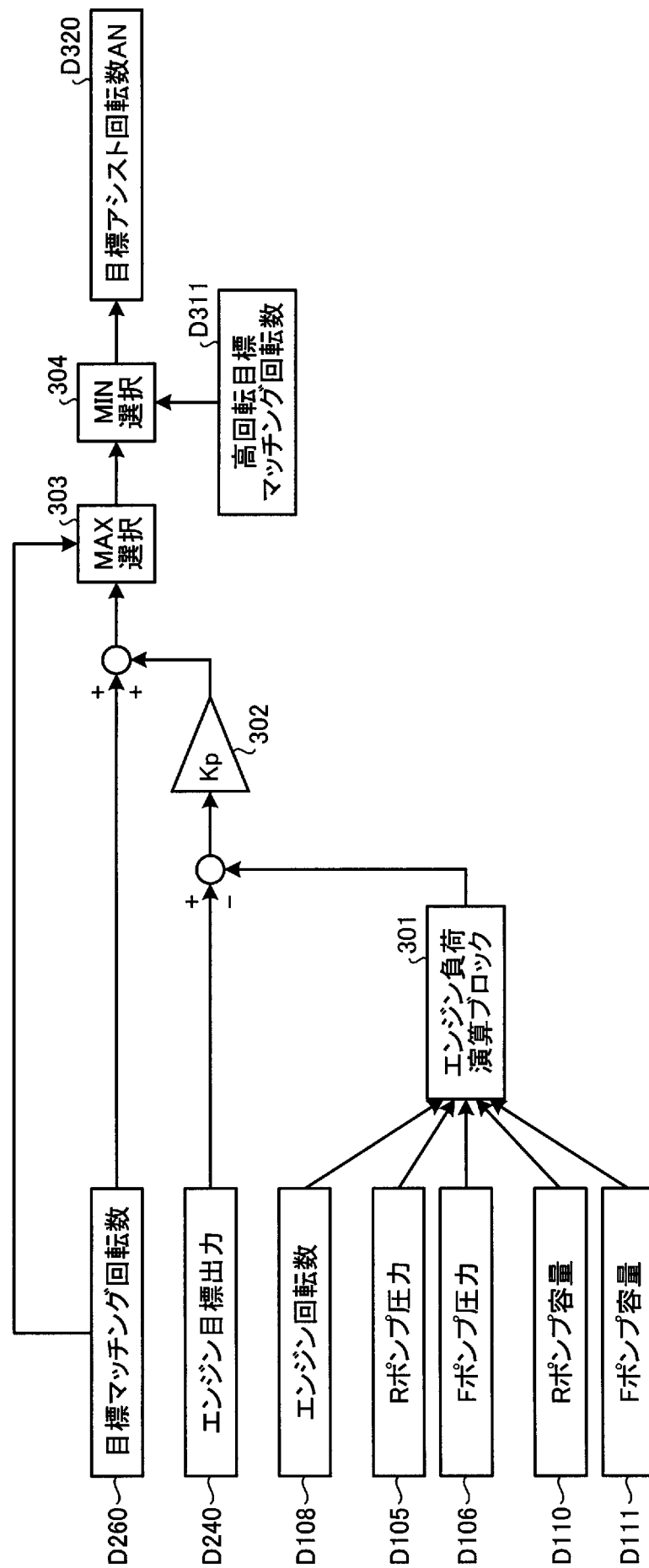
[図23]



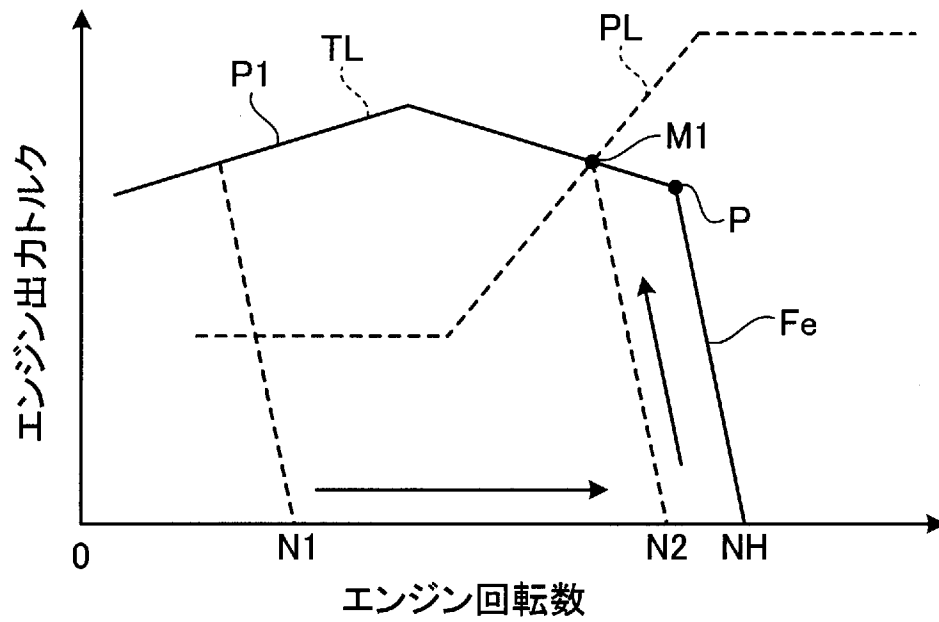
[図24]



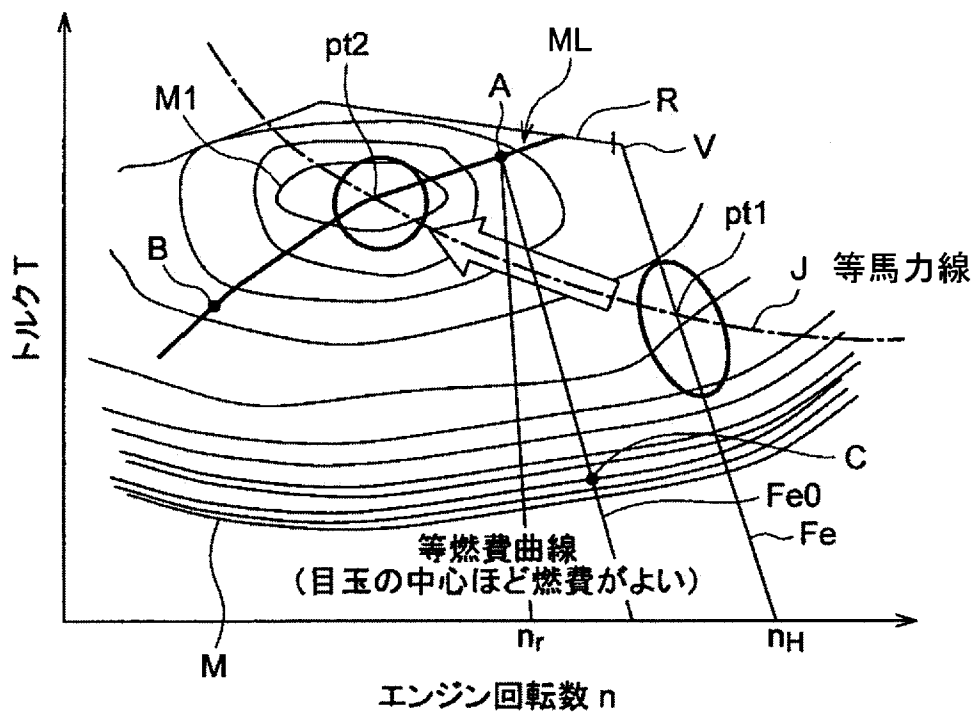
[図25]



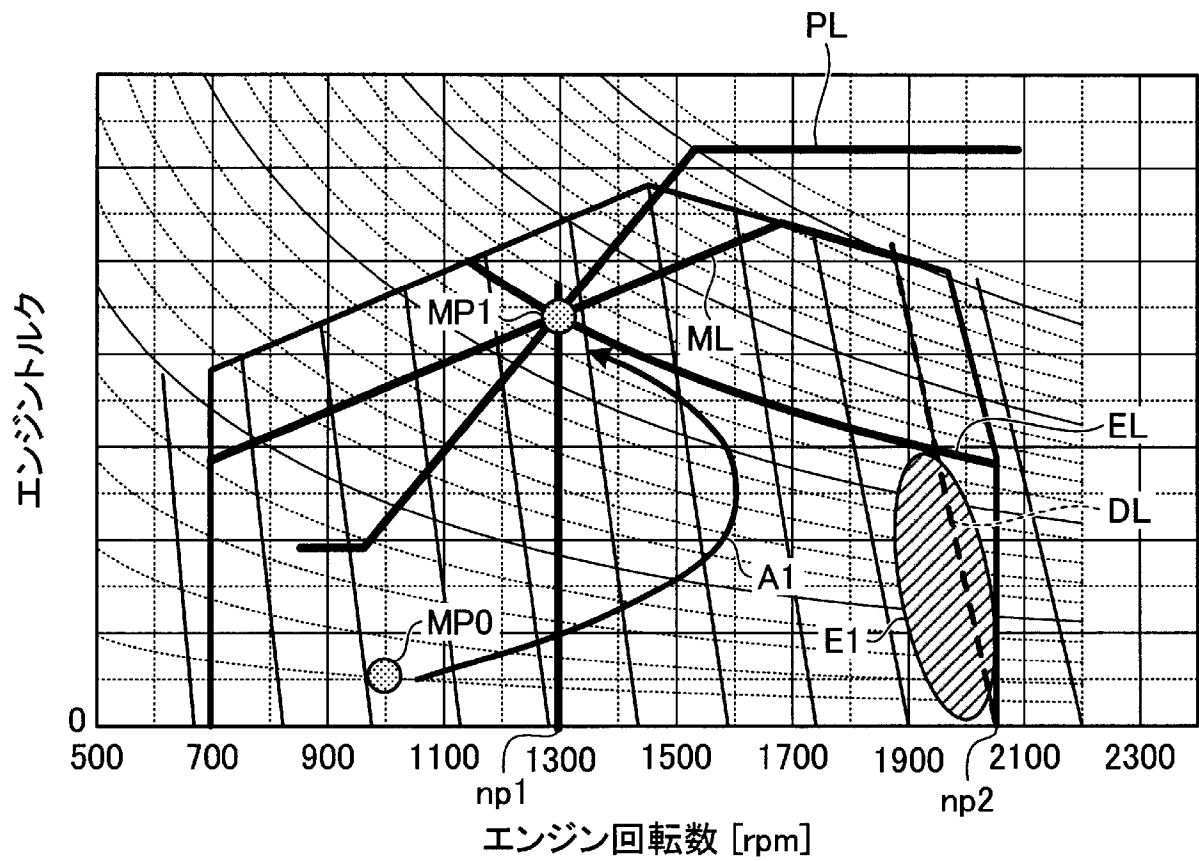
[図26]



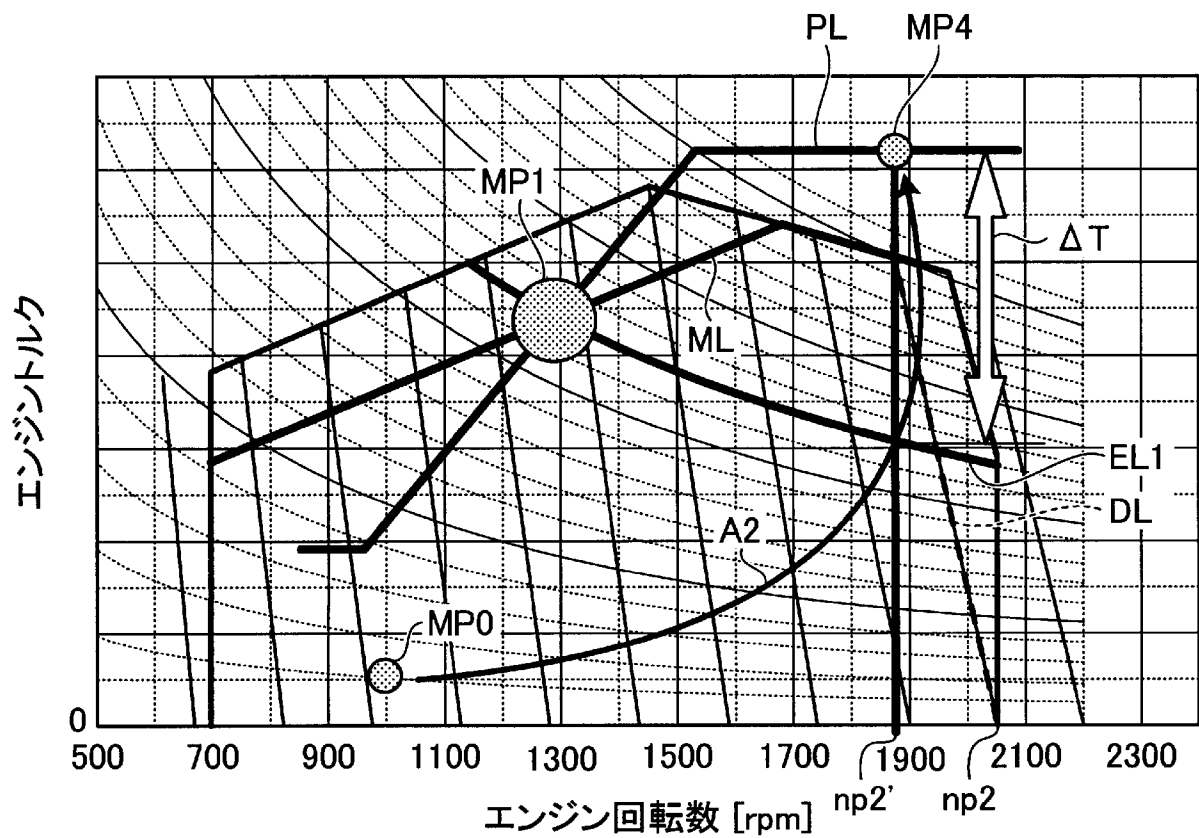
[図27]



[図28]



[図29]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/060259

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D29/06(2006.01)i, F02D29/00(2006.01)i, F02D45/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02D29/06, F02D29/00, F02D45/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/157511 A1 (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 30 December 2009 (30.12.2009), abstract; paragraphs [0006] to [0013], [0067] to [0085]; fig. 4 to 8 & EP 2314848 A1 & US 2011/0098873 A1 & CN 102076943 A	1-8
A	JP 2011-047342 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 10 March 2011 (10.03.2011), abstract; claims 1 to 11; paragraph [0024]; fig. 6 (Family: none)	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
29 June, 2012 (29.06.12)Date of mailing of the international search report
10 July, 2012 (10.07.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/060259

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-027985 A (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.), 29 January 2003 (29.01.2003), paragraphs [0034] to [0037]; fig. 3 (Family: none)	1-8
A	JP 2008-049761 A (Shin Caterpillar Mitsubishi Ltd.), 06 March 2008 (06.03.2008), abstract; claims 1 to 5; fig. 3 (Family: none)	1-8
A	JP 2005-081973 A (Komatsu Ltd.), 31 March 2005 (31.03.2005), abstract; claim 1; paragraphs [0034] to [0039]; fig. 5 to 8 (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. F02D29/06 (2006.01)i, F02D29/00 (2006.01)i, F02D45/00 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. F02D29/06, F02D29/00, F02D45/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2009/157511 A1 (住友重機械工業株式会社) 2009. 12. 30, 要約, 段落【0006】 - 【0013】, 【0067】 - 【0085】, 図 4-8 & EP 2314848 A1 & US 2011/0098873 A1 & CN 102076943 A	1-8
A	JP 2011-047342 A (住友重機械工業株式会社) 2011. 03. 10, 要約, 請求項 1-11, 段落【0024】, 図 6 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2003-027985 A (日立建機株式会社) 2003. 01. 29, 段落【0034】 - 【0037】, 図 3 (ファミリーなし)	1-8

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 9 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

米澤 篤

3 Z

4 1 3 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-049761 A (新キャタピラー三菱株式会社) 2008. 03. 06, 要約, 請求項 1-5, 図 3 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2005-081973 A (株式会社小松製作所) 2005. 03. 31, 要約, 請求項 1, 段落【0034】 - 【0039】, 図 5-8 (ファミリーなし)	1-8