

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4311681号
(P4311681)

(45) 発行日 平成21年8月12日 (2009. 8. 12)

(24) 登録日 平成21年5月22日 (2009. 5. 22)

(51) Int. Cl.

F I

B60W 10/08 (2006.01)

B60K 6/20 320

B60W 20/00 (2006.01)

B60K 6/46

B60K 6/46 (2007.10)

B60L 11/08 ZHV

B60L 11/08 (2006.01)

請求項の数 8 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2006-144403 (P2006-144403)
 (22) 出願日 平成18年5月24日 (2006. 5. 24)
 (65) 公開番号 特開2007-313994 (P2007-313994A)
 (43) 公開日 平成19年12月6日 (2007. 12. 6)
 審査請求日 平成20年7月2日 (2008. 7. 2)

(73) 特許権者 000005522
 日立建機株式会社
 東京都文京区後楽二丁目5番1号
 (74) 代理人 100077816
 弁理士 春日 譲
 (72) 発明者 田中 康雄
 茨城県土浦市神立町650番地
 日立建機株式会社
 土浦工場内
 (72) 発明者 安田 知彦
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気駆動ダンブトラックの駆動システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

原動機と、

この原動機の回転数とトルクを制御する電子ガバナと、

前記原動機により駆動される交流発電機と、

前記原動機により駆動される前記交流発電機以外の原動機負荷と、

前記交流発電機により電力が供給されて駆動する走行用の少なくとも2つの電動モータと、

前記交流発電機に接続され、それぞれ、前記電動モータを制御する少なくとも2つのインバータとを有する電気駆動ダンブトラックの駆動システムにおいて、

アクセルペダルの操作量に応じた目標回転数を計算する目標回転数計算手段と、

前記アクセルペダルの操作量に応じて前記インバータを制御し、前記電動モータを制御するモータ制御手段とを備え、

前記モータ制御手段は、

前記アクセルペダルの操作量に応じた第1モータ目標馬力を計算する第1モータ目標馬力計算手段と、

前記原動機の目標回転数が実回転数よりも予め定めた値だけ高い回転数よりも高いときは、前記走行用の電動モータで使用可能な最大馬力を減らすよう補正する加速馬力制御手段を有し、この加速馬力制御手段で補正した最大馬力により第2モータ目標馬力を求める第2モータ目標馬力計算手段と、

10

20

前記第 1 モータ目標馬力が前記第 2 モータ目標馬力を超えないように制限し第 3 モータ目標馬力を生成するモータ目標馬力制限手段と、

前記第 3 モータ目標馬力に基づいて前記 2 つの電動モータのそれぞれの第 1 モータ目標トルクを求め、前記インバータを制御するインバータ制御手段とを備えることを特徴とする駆動システム。

【請求項 2】

請求項 1 記載の電気駆動ダンブトラックの駆動システムにおいて、

前記加速馬力制御手段は、前記原動機の実回転数から目標回転数を差し引いた値を回転数偏差と定義するとき、前記回転数偏差が負の値の第 1 設定値より小さいときは前記最大馬力の補正量を所定の値とし、前記回転数偏差が前記第 1 設定値とこの第 1 設定値より大きい第 2 設定値との間にあるときは、前記回転数偏差が大きくなるにしたがって前記最大馬力の補正量を小さくし、前記回転数偏差が前記第 2 設定値より大きくなると前記最大馬力の補正量を 0 とすることを特徴とする駆動システム。

10

【請求項 3】

請求項 1 記載の電気駆動ダンブトラックの駆動システムにおいて、

前記加速馬力制御手段は、前記原動機の実回転数と加速馬力の第 1 関数に基づいてそのときの实回転数に応じた加速馬力を計算し、前記原動機の実回転数と目標回転数の偏差と加速馬力係数の第 2 関数に基づいてそのときの回転数偏差に応じた加速馬力係数を計算し、前記加速馬力と加速馬力係数を乗じて前記最大馬力の補正量を求めることを特徴とする駆動システム。

20

【請求項 4】

請求項 3 記載の電気駆動ダンブトラックの駆動システムにおいて、

前記第 1 関数は、前記実回転数が低いときは前記加速馬力は小さく、前記実回転数が高くなると前記加速馬力が増大するよう設定され、

前記第 2 関数は、前記原動機の実回転数から目標回転数を差し引いた値を前記回転数偏差と定義するとき、前記回転数偏差が負の値の第 1 設定値より小さいときは前記加速馬力係数は 1 であり、前記回転数偏差が前記第 1 設定値とこの第 1 設定値より大きい第 2 設定値との間にあるときは、前記回転数偏差が大きくなるにしたがって前記加速馬力係数が小さくなり、前記回転数偏差が前記第 2 設定値より大きくなると前記加速馬力係数が 0 となるよう設定されていることを特徴とする駆動システム。

30

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項記載の電気駆動ダンブトラックの駆動システムにおいて、

前記第 2 モータ目標馬力計算手段は、更に、前記原動機が出し得る最大出力馬力から前記交流発電機以外の原動機負荷の駆動に必要な損失馬力を差し引いて前記走行用の電動モータで使用可能な最大馬力を求める最大馬力計算手段を有することを特徴とする駆動システム。

【請求項 6】

請求項 5 記載の電気駆動ダンブトラックの駆動システムにおいて、

前記最大馬力計算手段は、前記原動機の実回転数と前記最大出力馬力の第 3 関数と前記原動機の実回転数と前記損失馬力の第 4 関数に基づいてそのときの目標回転数に応じた最大出力馬力と損失馬力を計算することを特徴とする駆動システム。

40

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項記載の電気駆動ダンブトラックの駆動システムにおいて、

前記第 2 モータ目標馬力計算手段は、更に、前記原動機の実回転数が前記目標回転数よりも高いときは前記走行用の電動モータで使用可能な最大馬力を増やし、前記原動機の実回転数が低くなるにしたがって前記増やした最大馬力を減らすよう補正するスピードセンシング制御手段を有し、このスピードセンシング制御手段で補正した最大馬力により前記第 2 モータ目標馬力を求めることを特徴とする駆動システム。

【請求項 8】

請求項 7 記載の電気駆動ダンブトラックの駆動システムにおいて、

50

前記スピードセンシング制御手段は、前記原動機の目標回転数が少なくとも最大回転数にあるときに機能し、それ以外のときは機能しないことを特徴とする駆動システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は電気駆動ダンプトラックの駆動システムに係わり、特に、原動機で発電機を駆動し、発電機で発生した電力で走行用電動モータを駆動し、走行を行う大型ダンプトラックの駆動システムに関する。

【背景技術】

【0002】

10

電気駆動ダンプトラックの駆動システムは、例えば特許文献1に記載のように、原動機と、この原動機の回転数とトルクを制御する電子ガバナと、原動機により駆動される交流発電機と、この交流発電機により電力が供給されて駆動し、例えば左右の後輪を駆動する2つの電動モータと、交流発電機に接続され、それぞれ、2つの電動モータ（例えば誘導モータ）を制御する2つのインバータと、アクセルペダルの操作量に応じた目標回転数を計算し、電子ガバナを制御するとともに、アクセルペダルの操作量に応じて2つのインバータを制御し、それぞれの電動モータを制御する制御装置とを備えている。

【0003】

【特許文献1】特開2001-107762号公報

【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1に記載のような電気駆動のダンプトラックにおいては、アクセルペダルの操作によって原動機と走行用の電動モータの両方を同時に制御するようになっている。この場合、原動機の制御では、アクセルペダルの操作量に応じた目標回転数を設定し、この目標回転数が得られるよう電子ガバナにより燃料噴射量を制御する。走行用の電動モータの制御では、アクセルペダルの操作量に応じて電動モータのトルク指令値を計算し、このトルク指令値が得られるようインバータにより供給電力を制御する。このようなダンプトラックにおいて、停車状態から走行を開始するため、アクセルペダルを大きく踏み込むと、電動モータのトルク指令値が急に増え、原動機の負荷（発電負荷）が急に増えるため、原動機の回転数がなかなか上昇せず、応答良く加速走行することができないという問題がある。

30

【0005】

また、特許文献1に記載のような電気駆動のダンプトラックにおいては、原動機は発電機を駆動するだけでなく、発電機以外の負荷を駆動する必要がある。発電機以外の負荷としては、例えば、ラジエータに送風するための冷却ファンや、ダンプトラックのベッセルを上下させたり、ステアリング操作するための油圧機器を駆動するための油圧ポンプや、上記走行用の電動モータや制御装置を冷却するための電動ファンを駆動するための第2の発電機などがある。このため制御装置は、発電機以外の原動機負荷の駆動に必要な馬力を損失馬力として予め設定し、原動機が出し得る最大の出力馬力からその損失馬力を差し引いた値を走行用の電動モータで使用可能な最大馬力（馬力の割当値）として設定し、この最大馬力を上限値として、この上限値を超えないよう電動モータの目標馬力を算出している。この場合、損失馬力として定常的に発生し得る値を設定すると、走行時に電動モータの消費馬力とそれ以外の原動機負荷の消費馬力（損失馬力の実際値）をトータルした全消費馬力が原動機の出力馬力を超え、原動機がストールしてしまう可能性があるため、損失馬力は余裕を持って大きめに設定しておく必要がある。その結果、原動機には余裕が有るのに走行用の電動モータの出力としてその余裕分を取り出せないという不具合があった。

40

【0006】

本発明の第1の目的は、走行加速時に、原動機と電動モータをバランス良く加速制御し、応答良く加速走行することができる電気駆動ダンプトラックの駆動システムを提供する

50

ことである。

【 0 0 0 7 】

本発明の第 2 の目的は、原動機のストールを防止し、かつ原動機の出力限界まで走行用の電動モータで原動機の出力馬力を利用することができる電気駆動ダンプトラックの駆動システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

(1) 上記第 1 の目的を達成するために、本発明は、原動機と、この原動機の回転数とトルクを制御する電子ガバナと、前記原動機により駆動される交流発電機と、前記原動機により駆動される前記交流発電機以外の原動機負荷と、前記交流発電機により電力が供給されて駆動する走行用の少なくとも 2 つの電動モータと、前記交流発電機に接続され、それぞれ、前記電動モータを制御する少なくとも 2 つのインバータとを有する電気駆動ダンプトラックの駆動システムにおいて、アクセルペダルの操作量に応じた目標回転数を計算する目標回転数計算手段と、前記アクセルペダルの操作量に応じて前記インバータを制御し、前記電動モータを制御するモータ制御手段とを備え、前記モータ制御手段は、前記アクセルペダルの操作量に応じた第 1 モータ目標馬力を計算する第 1 モータ目標馬力計算手段と、前記原動機の目標回転数が実回転数よりも予め定めた値だけ高い回転数よりも高いときは、前記走行用の電動モータで使用可能な最大馬力を減らすよう補正する加速馬力制御手段を有し、この加速馬力制御手段で補正した最大馬力により第 2 モータ目標馬力を求める第 2 モータ目標馬力計算手段と、前記第 1 モータ目標馬力が前記第 2 モータ目標馬力を超えないように制限し第 3 モータ目標馬力を生成するモータ目標馬力制限手段と、前記第 3 モータ目標馬力に基づいて前記 2 つの電動モータのそれぞれの第 1 モータ目標トルクを求め、前記インバータを制御するインバータ制御手段とを備えるものとする。

【 0 0 0 9 】

以上のように構成した本発明の駆動システムにおいては、アクセルペダルを踏み込んだ直後の走行加速初期時は、原動機の目標回転数のみが上昇して、目標回転数が実回転数よりも大きく増えるため、原動機の目標回転数は上記予め定めた値だけ高い回転数よりも高くなり、加速馬力制御手段は走行用の電動モータで使用可能な最大馬力を減らすよう補正し、その補正した最大馬力によって得られる第 2 モータ目標馬力も小さくなる。その結果、モータ目標馬力制限手段で得られる第 3 モータ目標馬力も小さくなり、原動機の負荷が減り、原動機は応答良く加速する。これにより原動機は交流発電機の発電量を増やし、走行モータも速やかに加速する。原動機の加速が進み、原動機の実回転数が目標回転数に近づき、原動機の目標回転数が予め定めた値だけ高い回転数よりも低くなると、加速馬力制御手段は走行用の電動モータで使用可能な最大馬力を補正せず、第 2 モータ目標馬力が増加するため、第 3 モータ目標馬力も増加する。これにより電動モータに配分される指令馬力が増加するため、電動モータは更に加速される。

【 0 0 1 0 】

このように本発明においては、走行加速時に、原動機と電動モータをバランス良く加速制御し、応答良く加速走行することができる。

【 0 0 1 1 】

(2) 上記 (1) において、好ましくは、前記加速馬力制御手段は、前記原動機の実回転数から目標回転数を差し引いた値を回転数偏差と定義するとき、前記回転数偏差が負の値の第 1 設定値より小さいときは前記最大馬力の補正量を所定の値とし、前記回転数偏差が前記第 1 設定値とこの第 1 設定値より大きい第 2 設定値との間にあるときは、前記回転数偏差が大きくなるにしたがって前記最大馬力の補正量を小さくし、前記回転数偏差が前記第 2 設定値より大きくなると前記最大馬力の補正量を 0 とする。

【 0 0 1 2 】

これにより上記 (1) で述べたように、アクセルペダルの踏み込み時に、原動機と電動モータをバランス良く加速制御し、応答良く加速走行することができる。

【 0 0 1 3 】

また、回転数偏差が第1設定値とこの第1設定値より大きい第2設定値との間にあるときは、回転数偏差が大きくなるにしたがって最大馬力の補正量を小さくするので、原動機の実回転数が目標回転数に近づくと最大馬力の補正量が徐々に減少するので、原動機の加速馬力が滑らかに減るよう補正され、応答良く滑らかに加速走行することができる。

【0014】

(3) また、上記(1)において、好ましくは、前記加速馬力制御手段は、前記原動機の実回転数と加速馬力の第1関数に基づいてそのときの实回転数に応じた加速馬力を計算し、前記原動機の実回転数と目標回転数の偏差と加速馬力係数の第2関数に基づいてそのときの回転数偏差に応じた加速馬力係数を計算し、前記加速馬力と加速馬力係数を乗じて前記最大馬力の補正量を求める。

10

【0015】

(4) 上記(3)において、好ましくは、前記第1関数は、前記実回転数が低いときは前記加速馬力は小さく、前記実回転数が高くなると前記加速馬力が増大するよう設定され、前記第2関数は、前記原動機の実回転数から目標回転数を差し引いた値を前記回転数偏差と定義するとき、前記回転数偏差が負の値の第1設定値より小さいときは前記加速馬力係数は1であり、前記回転数偏差が前記第1設定値とこの第1設定値より大きい第2設定値との間にあるときは、前記回転数偏差が大きくなるにしたがって前記加速馬力係数が小さくなり、前記回転数偏差が前記第2設定値より大きくなると前記加速馬力係数が0となるよう設定されている。

【0016】

20

(5) また、上記(1)～(4)において、好ましくは、前記第2モータ目標馬力計算手段は、更に、前記原動機が出し得る最大出力馬力から前記交流発電機以外の原動機負荷の駆動に必要な損失馬力を差し引いて前記走行用の電動モータで使用可能な最大馬力を求める最大馬力計算手段を有する。

【0017】

(6) 上記(5)において、好ましくは、前記最大馬力計算手段は、前記原動機の実回転数と前記最大出力馬力の第3関数と前記原動機の実回転数と前記損失馬力の第4関数に基づいてそのときの目標回転数に応じた最大出力馬力と損失馬力を計算する。

【0018】

(7) また、上記第2の目的を達成するために、本発明は、上記(1)～(6)の電気駆動ダンブトラックの駆動システムにおいて、前記第2モータ目標馬力計算手段は、更に、前記原動機の実回転数が前記目標回転数よりも高いときは前記走行用の電動モータで使用可能な最大馬力を増やし、前記原動機の実回転数が低くなるにしたがって前記増やした最大馬力を減らすよう補正するスピードセンシング制御手段を有し、このスピードセンシング制御手段で補正した最大馬力により前記第2モータ目標馬力を求めるものとする。

30

【0019】

以上のように構成した本発明の駆動システムでは、交流発電機以外の原動機負荷の消費馬力が少ない場合は、第2モータ目標馬力計算手段がそのことを回転数偏差で検出して走行用の電動モータで使用可能な最大馬力を増加するよう補正し、電動モータの目標馬力の制限値である第2モータ目標馬力を増加させるため、原動機の出力限界まで馬力を取り出し、電動モータを駆動することができる。また、交流発電機以外の原動機負荷の消費馬力が増加した場合は、第2モータ目標馬力計算手段がそのことを回転数偏差で検出し増やした最大馬力を減らすよう補正し、電動モータの目標馬力の制限値である第2のモータ目標馬力を小さくし、電動モータの消費馬力を減らすため、原動機の過負荷が防止され、原動機のストールを防止することができる。

40

【0020】

(8) 上記(7)において、好ましくは、前記スピードセンシング制御手段は、前記原動機の目標回転数が少なくとも最大回転数にあるときに機能し、それ以外のときは機能しないものとされている。

【0021】

50

これにより原動機の回転数が少なくとも最大回転数にあるときは、上記のように、第2モータ目標馬力計算手段は、回転数偏差に応じて走行用の電動モータで使用可能な最大馬力の補正を行い、電動モータの目標馬力の制限値である第2のモータ目標馬力を増減する制御（スピードセンシング制御）を行うため、原動機のストールを防止し、かつ原動機の出力限界まで走行用の電動モータで原動機の出力馬力を利用することができる。原動機の回転数が少なくとも最大回転数よりも低い場合は、第2モータ目標馬力計算手段は走行用の電動モータで使用可能な最大馬力の補正を行わず第2モータ目標馬力を計算するため、アクセルペダルをハーフ位置から踏み込み、踏み込み量を増やしたときはスピードセンシング制御による不具合は生じず、上記（1）の加速馬力制御手段によりアクセルペダルの踏み込みに応じてスムーズに応答良く電動モータを加速することができる。

10

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、走行加速時に、原動機と電動モータをバランス良く加速制御し、応答良く加速走行することができる。

【0023】

また、本発明によれば、原動機のストールを防止し、かつ原動機の出力限界まで走行用の電動モータで原動機の出力馬力を利用することができる。

【0024】

また、本発明によれば、原動機の目標回転数が少なくとも最大回転数にあるときは、上記のように原動機のストールを防止し、かつ原動機の出力限界まで走行用の電動モータで原動機の出力馬力を利用することができ、原動機の目標回転数が少なくとも最大回転数よりも低い場合は、不具合を生じることなく、アクセルペダルの踏み込みに応じて応答良くスムーズに電動モータを加速することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、本発明の一実施の形態を図面を用いて説明する。

【0026】

図1は、本発明の一実施の形態による電気駆動ダンブトラックの駆動システムの全体構成を示す図である。

【0027】

図1において、電気駆動ダンブトラックの駆動システムは、アクセルペダル1、リタードペダル2、シフトレバー16、全体制御装置3、原動機4、交流発電機5、その他の原動機負荷18、整流回路6、インバータ制御装置7、チョッパ回路8、グリッド抵抗9、コンデンサ10、抵抗11、左右の電動モータ（例えば誘導モータ）12R, 12L、減速機13R, 13L、タイヤ14R, 14L、電磁ピックアップセンサ15R, 15Lを備えている。インバータ制御装置7は、左右の電動モータ12R, 12Lのそれぞれに対するトルク指令演算部71R, 71L、モータ制御演算部72R, 72L、インバータ（スイッチング素子）73R, 73Lを有している。

30

【0028】

アクセルペダル1の操作信号pとリタードペダル2の操作信号qは全体制御装置3の入力となり、それぞれ駆動力、リタード力の大きさを制御する信号となる。

40

【0029】

アクセルペダル1を踏み込んでダンブトラックを前進又は後進させるときは、全体制御装置3から原動機4に対して目標回転数 N_r の指令を出力し、原動機4側では図示しない回転数センサにより実際の回転数 N_e が検出され、その信号が原動機4から制御装置3に戻される。原動機4は電子ガバナ4aを装着したディーゼルエンジンであり、電子ガバナ4aは目標回転数 N_r の指令を受け取ると、原動機4が目標回転数 N_r で回転するように燃料噴射量を制御する。

【0030】

原動機4には交流発電機5が接続されており、交流発電を行う。交流発電により発生し

50

た電力は整流回路 6 によって整流され、コンデンサ 10 に蓄電され、直流電圧値は V となる。交流発電機 5 は直流電圧 V を検出抵抗 11 で分圧された電圧値をフィードバックして当該電圧値が所定の一定電圧 V_0 となるように全体制御装置 3 によって制御される。

【0031】

交流発電機 5 により発生した電力はインバータ制御装置 7 を介して左右の電動モータ 12 R, 12 L に供給される。全体制御装置 3 は、整流回路 6 によって整流された直流電圧 V が所定の一定電圧 V_0 となるように交流発電機 5 を制御することで、電動モータ 12 R, 12 L に必要な電力が供給されるよう制御している。

【0032】

全体制御装置 3 からの左右の電動モータ 12 R, 12 L の指令馬力 M_R , M_L と電磁ピックアップ 15 R, 15 L により検出される各電動モータ 12 R, 12 L の回転速度 R , L とがインバータ制御装置 7 に入力され、インバータ制御装置 7 は、トルク指令演算部 71 R, 71 L、モータ制御演算部 72 R, 72 L、インバータ(スイッチング素子) 73 R, 73 L を介してすべり率 > 0 で各電動モータ 12 R, 12 L を駆動する。

【0033】

各電動モータ 12 R, 12 L にはそれぞれ減速機 13 R, 13 L を介して左右の後輪(タイヤ) 14 R, 14 L が接続されている。電磁ピックアップ 15 R, 15 L は通常は減速機 13 R, 13 L 内のギアの 1 枚の歯の周速を検出するセンサである。また、例えば、右側駆動系を例に取ると、電動モータ 12 R 内部の駆動軸や減速機 13 R とタイヤ 14 R を接続する駆動軸に検出用の歯車をつけ、その位置に設置しても構わない。

【0034】

走行中にアクセルペダル 1 を戻し、リタードペダル 2 を踏み込んだときは、交流発電機 5 が発電しないよう全体制御装置 3 は制御する。また、全体制御装置 3 からの馬力指令 M_R , M_L は負となり、インバータ制御装置 7 はすべり率 < 0 で各電動モータ 12 R, 12 L を駆動して走行する車体にブレーキ力を与える。この時、各電動モータ 12 R, 12 L は発電機として作用し、インバータ制御装置 7 に内蔵された整流機能によってコンデンサ 10 を充電するように働く。直流電圧値 V は予め設定された直流電圧値 V_1 以下になるようにチョッパ回路 8 が作動し、電流をグリッド抵抗 9 に流して電気エネルギーを熱エネルギーに変換する。

【0035】

ここで、原動機 4 のトルク特性について説明する。図 2 は、原動機 4 の回転数 N_e (実回転数) と出力トルク T_e の関係を示す図である。図 3 は、電子ガバナ 4a の燃料噴射特性を示す図である。

【0036】

本実施の形態の原動機 4 の電子ガバナ 4a は、少なくとも目標回転数 N_r が最大回転数(定格回転数) N_{rmax} に等しいとき、つまり $N_r = N_{rmax}$ (例えば 2000 rpm) では、燃料噴射量の制御がドループ制御となるように設定されている。目標回転数 N_r が最大回転数(定格回転数) N_{rmax} より低いとき、つまり $N_r < N_{rmax}$ では、ドループ制御でもアイソクロナス制御でも構わないが、好ましくは、回転数変動の少ないアイソクロナス制御に設定されている。

【0037】

図 2 において、直線 R_1 , R_2 , R_3 は電子ガバナ 4a の制御領域における原動機 4 のトルク特性であり、直線 R_1 は $N_r = N_{rmax}$ でドループ制御を設定した場合の特性、直線 R_2 は $N_r = N_{rmid} (< N_{max})$ でドループ制御を設定した場合の特性、直線 R_3 は $N_r = N_{rmid} (< N_{max})$ でアイソクロナス制御を設定した場合の特性である。

【0038】

ドループ制御について説明する。

【0039】

$N_r = N_{rmax}$ で、原動機 4 が領域 Y_0 の直線 R_1 上の A 点で動作しているとする。

この状態から原動機 4 にかかる負荷が増加すると、それに従って電子ガバナ 4 a は噴射燃料を増加させ、出力トルクを上げてゆき、原動機 4 の出力トルクが所定の大きさになると、例えば B 点でバランスする。更に、原動機負荷が増加すると Y 点に至る。Y 点は燃料噴射量が最大になる状態であり、これ以上原動機 4 の出力トルクを増加させることはできない。更に、原動機 4 にかかる負荷が増加すると領域 Y 1 の C 点に至り、やがてはストールを起こしてエンストに至る。このように領域 Y 0 (電子ガバナ 4 a の制御領域) は原動機 4 の出力に余裕がある状態を、領域 Y 1 (電子ガバナ 4 a の制御領域外) は原動機 4 の出力に余裕が無い状態を示している。

【0040】

ドループ制御の直線 R 1 は所定の勾配を有し、この直線 R 1 上では、電子ガバナ 4 a は原動機 4 の回転数 N_e を下げながら出力トルクを上げていくよう燃料噴射量を制御する。

10

【0041】

ドループ制御の直線 R 2 も同様であり、この直線 R 2 上では、電子ガバナ 4 a は原動機 4 の回転数 N_e を下げながら出力トルクを上げていくよう燃料噴射量を制御する。

【0042】

アイソクロナス制御では、図 2 の直線 R 3 に示すように、ドループ制御のように回転数の変化幅でトルクが変化するのではなく、理想的には常に $N_r = N_e$ の状態で動作するように燃料噴射量を制御する。ただし、実際の電子ガバナでは 10 ~ 20 rpm 程度の回転数の変化幅を持っている。

【0043】

20

$N_r = N_{rmax}$ でドループ制御を行うとき、電子ガバナ 4 a では目標回転数 N_r と実際の回転数 N_e との偏差である回転数偏差 N により、その $N (= N_e - N_r)$ がゼロとなるように燃料噴射量を制御する。図 3 は、そのときの回転数偏差 N と燃料噴射量 Q との関係を示したものであり、A 1 点、B 1 点、Y 1 点、C 1 点は図 2 の A 点、B 点、Y 点、C 点に対応している。電動モータ 12 R, 12 L の負荷トルクが増加し、回転数偏差 $N (> 0)$ が減少するに従い、燃料噴射量が A 1 点 B 1 点 Y 1 点と増加し、これに対応して、原動機 4 の動作点は A 点 B 点 Y 点と変化する。Y 1 点以上には燃料噴射量は増えないので、これ以上に原動機 4 の負荷が増加すると、動作点は Y 点 C 点となり、この状態から更に負荷が増加すればストールを起こすことになる。

【0044】

30

$N_r < N_{rmax}$ でアイソクロナス制御を行うときは、電子ガバナ 4 a は、そのときの目標回転数に対応する原動機 4 の最大出力トルクに対する現在の負荷トルクの割合 (負荷率) を計算し、その負荷率により $N (= N_e - N_r)$ がゼロとなるように燃料噴射量を制御する。

【0045】

以上は、通常の電気駆動ダンブトラックの基本構成と動作である。

【0046】

次に、本発明の特徴となる部分について説明する。

【0047】

本発明において、各構成機器の動作は全体制御装置 3 及びインバータ制御装置 7 内に組み込まれた、図示しないメモリ内の処理手順に従って演算処理される。図 4 はその処理手順を示す機能ブロック図であり、図 5 ~ 図 7 はその処理手順を示すフローチャートである。以下に、その処理手順を、主として図 5 ~ 図 7 に示すフローチャートに従い、補助的に図 4 の機能ブロック図を用いて説明する。

40

【0048】

図 5 ~ 7 において、START から処理が始まり、END まで処理すると再び START に戻るという処理フローになる。

【0049】

手順 101, 102 では、アクセルペダル操作量 (以下アクセル操作量という) p を読み込み、このアクセル操作量 p を、メモリ内の図 8 に示す関数 $F_r(p)$ で表されるアク

50

セル操作量対原動機目標馬力のデータマップに参照して、対応する原動機目標馬力 F_r を算出する（図4のブロック200）。関数 $F_r(p)$ は、アクセル操作量 p が無操作である0から最大の p_{max} まで変化すると、図8に示したように、原動機4の目標馬力 F_r は F_{min} から F_{max} まで変化するように設定されており、例えば、図8中でアクセル操作量が p_1 では $F_r = F_1$ である。また、アクセル操作量 p が最大の p_{max} より手前の X 点で原動機目標馬力 F_r は最大の F_{max} となる。 X 点のアクセル操作量 p_x は例えば最大操作量 p_{max} の90%程度である。

【0050】

手順103では、原動機目標馬力 F_r を、メモリ内の図9に示す関数 $N_r(F_r)$ で表される目標馬力対目標回転数のデータマップに参照して、対応する原動機3の目標回転数 N_r を算出する（図4のブロック202）。ここで、図9の関数 $N_r(F_r)$ は原動機4の回転数と出力馬力との関数 $f_r = f(N_r)$ （後述）の逆関数であり、例えば、図9中で原動機目標馬力が F_1 では $N_r = N_{r1}$ であり、 F_{max} では $N_r = N_{rmax}$ （例えば2000rpm）である。目標回転数 N_r は原動機4の電子ガバナ4aの指令となり、原動機4は目標回転数 N_r で回転するように駆動される。

10

【0051】

手順104では、シフトレバー16の位置の状態を示す状態量 F/R を入力する。シフトレバー16の切り換え位置には N （中立）、 F （前進）、 R （後進）の3位置があるが、中立位置では走行制御はしないので、ここでは状態量 F/R を入力する。この状態量 F/R は前進なら $F/R = 1$ 、後進なら $F/R = 0$ という値を持つ。

20

【0052】

手順105、106、107では、 F/R に応じて、電動モータ12R、12Lの基本目標馬力 M_{r1} を算出する。すなわち、 $F/R = 1$ の場合は、メモリ内の図10に示す関数 $h_F(p)$ で表される前進用のアクセル操作量対モータ目標馬力のデータマップを読み出し、アクセル操作量 p をこの関数 $h_F(p)$ に参照させ、対応するモータ目標馬力 $H(=M_{r1})$ を算出する（図4のブロック204、206）。 $F/R = 0$ の場合は、メモリ内の図11に示す関数 $h_R(p)$ で表される後進用のアクセル操作量対モータ目標馬力のデータマップを読み出し、アクセル操作量 p をこの関数 $h_R(p)$ に参照させ、対応するモータ目標馬力 $H(=M_{r1})$ を算出する（図4のブロック204、208）。この実施の形態では、図10に示す前進用の関数 $h_F(p)$ は、アクセル操作量 $p = 0$ ではモータ目標馬力 $H = 0$ で、少し踏み込んだ状態、すなわち図10中のA点から H が増加し、B点から H の増加の比率を上げて、アクセル操作量が最大値 p_{max} より手前のC点で、電動モータ12R、12Lで発生可能な最大馬力 H_{Fmax} となるように設定されている。図11に示す後進用の関数 $h_R(p)$ は、アクセル操作量 p が増加するに従いモータ目標馬力 H が増加するが、モータ目標馬力の最大値 H_{Rmax} は前進用の関数 $h_F(p)$ における最大値 H_{Fmax} より小さい値に設定されている。なお、前進用の関数 $h_F(p)$ で求めたモータ目標馬力に1より小さい正の定数を乗じて後進用のモータ目標馬力を求めてもよい。図10のC点におけるアクセル操作量 p_c は例えば最大操作量 p_{max} の95%程度である。

30

【0053】

手順109では、原動機4の実際の回転数 N_e を読み込み、手順110では、その原動機4の実際の回転数（実回転数） N_e をメモリ内の図12に示す関数 $f(N_e)$ で表される回転数対原動機最大出力馬力のデータマップと関数 $g(N_e)$ で表される回転数対その他原動機負荷損失馬力のデータマップに参照して、対応する原動機4の最大出力馬力 $f(N_e)$ とその他の原動機負荷18の損失馬力 $g(N_e)$ を算出する（図4のブロック210、212）。

40

【0054】

ここで、関数 $f(N_e)$ 及び $g(N_e)$ は次のように作成されたものである。図12において、関数 $f(N_e)$ は原動機4の出し得る最大出力馬力であり、関数 $f_1(N_e)$ と関数 $f_2(N_e)$ と関数 $f_3(N_e)$ の合成である。関数 $f_1(N_e)$ は原動機4の目標

50

回転数 N_r と出力馬力との関数 $f_r = f(N_r)$ に相当するものであり、原動機 4 の実回転数 N_e が N_{rmin} (例えば 750 rpm) から N_{rmax} (例えば 2000 rpm) まで変化すると、原動機 4 の出し得る最大出力馬力 $f(N_e)$ は最小値 F_{min} から最大値 F_{max} まで変化する。これは、原動機 4 に固有な特性線図である。関数 $f_2(N_e)$ は、 $0 < N_e < N_{rmin}$ の範囲において、原動機 4 の最大出力馬力 $f(N_e)$ を $f_2 = F_{min}$ の一定値としたものであり、関数 $f_3(N_e)$ は、 $N_{rmax} < N_e < N_{emax}$ の範囲において、原動機 4 の最大出力馬力 $f(N_e)$ を $f_3 = F_{max}$ の一定値としたものである。

【0055】

原動機 4 は交流発電機 5 の他にも、ラジエータに送風するための図示しない冷却ファンや、ダンプトラックのベッセルを上下させたり、ステアリング操作するための油圧機器を駆動するための油圧ポンプや、交流発電機 5、グリッド抵抗 9、電動モータ 12R, 12L、制御装置 3, 7などを冷却するための図示しない電動ファンを駆動するための図示しない第 2 の発電機などを駆動している。図 1 ではこれらをその他の原動機負荷 18 として示している。このその他の原動機負荷 18 を駆動するために予め割り当てた馬力の値が図 12 の $g(N_e)$ である。この馬力 $g(N_e)$ はその他の原動機負荷 18 が実際に消費する馬力値に対して余裕を持って大きめに設定してある。本明細書中では、この馬力を損失馬力という。

【0056】

損失馬力 $g(N_e)$ は、関数 $g(N_e)$ と同様、関数 $g_1(N_e)$ と関数 $g_2(N_e)$ と関数 $g_3(N_e)$ の合成である。関数 $g_1(N_e)$ は、原動機 4 の実回転数 N_e が N_{rmin} (例えば 750 rpm) から N_{rmax} (例えば 2000 rpm) まで変化すると、損失馬力 $g_1(N_e)$ は最小値 G_{min} から最大値 G_{max} まで変化する。関数 $g_2(N_e)$ は、 $0 < N_e < N_{rmin}$ の範囲において、損失馬力 $g(N_e)$ を $g_2 = G_{min}$ の一定値としたものであり、関数 $g_3(N_e)$ は、 $N_{rmax} < N_e < N_{emax}$ の範囲において、損失馬力 $g(N_e)$ を $g_3 = G_{max}$ の一定値としたものである。

【0057】

図 12 において、 $f(N_e)$ と $g(N_e)$ との差分 ($f(N_e) - g(N_e)$) である M_r が電動モータ 12R, 12L にかけてよい合計の有効最大馬力となる。換言すれば、 $M_r = f(N_e) - g(N_e)$ は、原動機 4 が出し得る最大出力馬力 $f(N_e)$ のうち走行用の電動モータ 12R, 12L で使用可能な最大馬力 (馬力の割当値) である。

【0058】

手順 113 では原動機 4 の目標回転数 N_r と実回転数 N_e との差 (回転数偏差) N を算出する (図 4 のブロック 220)。すなわち、

$$N = N_e - N_r$$

手順 130 では、原動機 4 の実際の回転数 N_e と回転数偏差 N を用いて、下記の計算を行い、加速馬力補正值 h_b を算出する (図 4 のブロック 250, 251, 252)。

【0059】

まず、原動機 4 の実際の回転数 N_e をメモリ内の図 13 に示す関数 $h(N_e)$ で表される実回転数対加速馬力のデータマップに参照し、対応する加速馬力 $h_a = h(N_e)$ を計算する (図 4 のブロック 250)。同時に、回転数偏差 N をメモリ内の図 14 に示す関数 $R(N)$ で表される回転数偏差対加速馬力係数のデータマップに参照し、対応する加速馬力係数 $K_a = R(N)$ を算出する (図 4 のブロック 251)。次いで、加速馬力 h_a に加速馬力係数 K_a を乗じて加速馬力補正值 h_b を求める (図 4 のブロック 252)。つまり、

$$h_a = h(N_e)$$

$$K_a = R(N)$$

$$h_b = K_a \times h_a$$

ここで、図 13 において、関数 $h(N_e)$ は、実回転数 N_e が低いときには加速馬力 h_a は小さく、実回転数 N_e がアイドル回転数 N_{idle} (例えば 750 rpm) にあるときは

加速馬力 h_a は最小の h_{amin} であり、実回転数 N_e が高くなるに従い加速馬力 h_a が増大し、実回転数 N_e が中速域の回転数 N_a 以上になると加速馬力 h_a が最大の h_{amax} となるように設定されている。例えば、 $h_{amin} = 100 \text{ kW}$ 、 $h_{amax} = 400 \text{ kW}$ 、 $N_a = 1300 \text{ rpm}$ である。

【0060】

図14において、関数 $R(N)$ は、加速初期時（アクセルペダル1の踏み込み直後）の原動機4の回転数の立ち上がり前であって、目標回転数 N_r が実回転数 N_e を大幅に上回り、回転数偏差 N がマイナス側（ $N < 0$ 側）に大きく低下したとき（ N の絶対値が大きいとき）は、加速馬力係数 K_a は1であり（ $K_a = 1$ ）、実回転数 N_e が目標回転数 N_r に近づいて回転数偏差 N が N_1 （第1設定値）になると、加速馬力係数 K_a は下がり始め、回転数偏差 N が N_2 （第2設定値）になるまで実回転数 N_e が目標回転数 N_r に更に近づくと、加速馬力係数 K_a は0（ $K_a = 0$ ）となるように設定されている。例えば、 $N_1 = -200 \text{ rpm}$ 、 $N_2 = -50 \text{ rpm}$ である。

10

【0061】

加速馬力補正值 h_b は以上のように計算した加速馬力 h_a に加速馬力係数 K_a を乗じて得られる値である。加速馬力 h_a 、加速馬力係数 K_a 及び加速馬力補正值 h_b の意味合いについては後述する。

【0062】

手順131では、手順110で計算した原動機最大出力馬力 $f(N_e)$ 及びその他の原動機負荷18に対して割り当てた損失馬力 $g(N_e)$ と、手順130で計算した加速馬力補正值 h_b とから電動モータ1台あたりのモータ目標馬力 M_{r2} を求める（図4のブロック214, 216）。

20

【0063】

$$M_{r2} = (f(N_e) - g(N_e) - h_b) / 2$$

この M_{r2} は上述した基本目標馬力 M_{r1} に対する制限値となるものであり、加速馬力補正值 $h_b = 0$ であるときの M_{r2} は、上述した前進用の関数 $h_F(p)$ における最大値 H_{Fmax} に対して、 $M_{r2} < H_{Fmax}$ の関係にある。

【0064】

手順114では、現在の目標回転数 N_r が最大回転数 N_{rmax} （例えば 2000 rpm ）であるかどうかを判定し、目標回転数 N_r が最大回転数 N_{rmax} （ $N_r = N_{rmax}$ ）であれば、手順115において、回転数偏差 N をメモリ内の図15の関数 $S(N)$ で表されるデータマップに参照してそのときの回転数偏差 N に対応する馬力係数 K_p を算出する（図4のブロック222, 224）。

30

【0065】

$$K_p = S(N)$$

ここで、図15において、回転数偏差 N と馬力係数 K_p との関係は、回転数偏差 N が $N = 0$ を含む $N_3 \leq N \leq N_4$ の範囲内で、回転数偏差 N の増減に応じて馬力係数 K_p が一定の割合（図13に示す直線 $S(N)$ の傾きの係数 k ）で増減し、 $N < N_3$ 、 $N > N_4$ の範囲では、馬力係数 K_p が一定となるよう設定されている。 $N = 0$ は、原動機4の出力と電動モータ12R, 12Lで使用している出力がバランスしている状態であり、 $N < 0$ は原動機出力に余裕が無い状態であり、 $N > 0$ は原動機出力に余裕がある状態である。 N_3 は $N < 0$ 側の値であり、 N_4 は $N > 0$ 側の値である。一例として、 $N = 0$ では、 $K_p = 1.2$ 、 $N = N_3$ で $K_p = 1$ 、 N_4 で $K_p = 1.4$ であり、 $N_3 = -50 \text{ rpm}$ 、 $N_4 = 50 \text{ rpm}$ である。つまり、回転数偏差 N が $\pm 50 \text{ rpm}$ の範囲内で変化すると馬力係数 K_p は $1.0 \sim 1.4$ の範囲で変化し、 $N < -50 \text{ rpm}$ では $K_p = 1.0$ で一定であり、 $N > 50 \text{ rpm}$ では $K_p = 1.4$ で一定である。 $N = 0$ での馬力係数 K_p の値は、好ましくは、 $1.1 \sim 1.25$ の範囲内の任意の値である。また、 N_3 、 N_4 は、好ましくは、 $\pm 30 \sim \pm 100$ の範囲内の任意の値である。 $N_3 < N < N_4$ での馬力係数 K_p の変化幅は、好ましくは、 $N = 0$ の馬力係数 K_p の $10 \sim 20\%$ である。

40

50

【 0 0 6 6 】

また、回転数偏差 $N3$ は、ブロック 220 ~ 226 によるスピードセンシング制御（後述）とブロック 250 ~ 214 による加速馬力制御（後述）との干渉を防止するため、 $N2$ $N3$ の関係にある。

【 0 0 6 7 】

手順 114 で目標回転数 Nr が最大回転数 Nr_{max} より低ければ（ $Nr < Nr_{max}$ であれば）、手順 116 で馬力係数 Kp を $Kp = 1$ とおく（図 4 のブロック 223, 224）。

【 0 0 6 8 】

手順 117 では、手順 131 で算出したモータ目標馬力 $Mr2$ に Kp を乗じてモータ目標馬力 $Mr3$ を求める（図 4 のブロック 226）。すなわち、

$$Mr3 = Kp \times Mr2$$

この $Mr2$ は前述のモータ目標馬力 $Mr3$ と手順 105, 106, 107 で算出した基本モータ目標馬力 $Mr1$ に対する最終的な制限値となるものであり、手順 118 では、その基本モータ目標馬力 $Mr1$ との小さい方の値をモータ目標馬力 Mr とする（図 4 のブロック 228）。

【 0 0 6 9 】

$$Mr = \min(Mr1, Mr3)$$

つまり、手順 118（図 4 のブロック 228）では、モータ目標馬力 $Mr3$ をモータ目標馬力 $Mr1$ に対する制限値とし、電動モータ 12R, 12L に与えられる最終的な目的値であるモータ目標馬力 Mr が $Mr3$ 以上にならないように制限する。

【 0 0 7 0 】

手順 119, 120 では、モータ目標馬力 Mr と各電動モータ 12R, 12L の回転速度 R , L とから第 1 のモータ目標トルク $Tr1R$, $Tr1L$ を計算する（図 4 のブロック 230, 232）。すなわち、

$$Tr1R = K1 \times Mr / R$$

$$Tr1L = K1 \times Mr / L$$

$K1$: 馬力と回転数からトルクを算出するための定数。

【 0 0 7 1 】

図 16 は、モータ目標馬力 Mr と電動モータ 12R, 12L の回転速度 R , L とモータ目標トルク $Tr1R$, $Tr1L$ との関係を示す図である。モータ目標馬力 Mr が決まると、そのときのモータ回転速度 R , L に応じたモータ目標トルク $Tr1R$, $Tr1L$ が定まる。例えば、モータ回転速度 R , L が 1 であるとき、モータ目標トルクは $Tr1R = Mr$ (1) , $Tr1L = Mr$ (1) となる。また、例えばダンプトラックが坂道にさしかかるなどして電動モータ 12R, 12L の負荷トルクが増加し、モータ回転速度 R , L が低下すると、それに応じてモータ目標トルク $Tr1R$, $Tr1L$ が増加する。モータ負荷トルクが減少した場合は、逆に、モータ目標トルク $Tr1R$, $Tr1L$ を減少させる。一方、モータ目標馬力 Mr を増加させれば、それに応じてモータ目標トルク $Tr1R$, $Tr1L$ が増加し、そのときのモータ負荷トルクが一定であればモータ回転速度 R , L が増加する。モータ目標馬力を減少させた場合は、逆に、モータ負荷トルクが一定であればモータ回転速度 R , L は減少する。

【 0 0 7 2 】

手順 121 では、図 17 に示す関数 $M_{max}()$ で表されるデータマップに各電動モータ 12R, 12L の回転速度 R , L を参照して、対応するモータトルク指令の上限値 $M_{max}(R)$, $M_{max}(L)$ を求める（図 4 のブロック 234, 236）。例えば、モータ回転速度 R , L が 1 であるとき、モータトルク指令の上限値 $M_{max}(R)$, $M_{max}(L)$ は $M_{max}(1)$ となる。関数 $M_{max}()$ はモータ回転数対モータ最大出力トルクのデータマップであり、インバータ 73R, 73L が各電動モータ 12R, 12L に流せる最大電流値、インバータ 73R, 73L 内の IGBT や GTO などの駆動素子の出力限界、各モータ軸の強度などに基づいて予め設定されたもので

10

20

30

40

50

ある。

【0073】

手順122では、手順121で求めたモータトルクの上限值 $M_{max}(R)$ 、 $M_{max}(L)$ と、それぞれ手順120で求めた第1のモータ目標トルク $Tr1R$ 、 $Tr1L$ との比較を行い、小さい方を第2のモータ目標トルク TrR 、 TrL とする(図4のブロック238, 240)。すなわち、

$$TrR = \min(M_{max}(R), Tr1R)$$

$$TrL = \min(M_{max}(L), Tr1L)$$

【0074】

手順101~118(図4のブロック200~228)の処理は全体制御装置3により行われる処理であり、手順119~122(図4のブロック230, 232, 234, 236, 238, 240)の処理はインバータ制御装置7のトルク指令演算部71R, 71Lにより行われる処理である。

手順123では、インバータ制御装置7内のモータ制御演算部72R, 72Lによってモータ目標トルク TrR 、 TrL に応じてインバータ73R, 73Lを制御し、各電動モータ12R, 12Lのトルク制御がなされる。

【0075】

以上において、手順101~103(図4のブロック200, 202)の処理機能はアクセルペダル1の操作量に応じた目標回転数 N_r を計算する目標回転数計算手段を構成し、手順104~123, 130, 131(ブロック204~240, 250~252)の処理機能とインバータ制御装置7のモータ制御演算部72R, 72Lは、アクセルペダル1の操作量に応じてインバータ73R, 73Lを制御し、電動モータ12R, 12Lを制御するモータ制御手段を構成する。電子ガバナ4aは、目標回転数 N_r に基づいて原動機4に対する燃料噴射量を制御するとともに、目標回転数 N_r が少なくとも最大回転数 N_{rmax} にあるときに燃料噴射量の制御がドループ制御となるよう設定されている。

【0076】

また、手順105, 106, 107(図4のブロック204, 206, 208)の処理機能は、アクセルペダル1の操作量 p に応じたモータ目標馬力 $Mr1$ (第1モータ目標馬力)を計算する第1目標出力馬力計算手段を構成し、手順130, 131(図4のブロック250~252, 214)の処理機能は、原動機4の目標回転数 N_r が実回転数 N_e よりも予め定めた値($N2$)だけ高い回転数よりも高いときは、走行用の電動モータ12R, 12Lで使用可能な最大馬力($f(N_e) - g(N_e)$)を減らすように補正する加速馬力制御手段を構成し、手順110~117, 130, 131(図4のブロック210~226, 250~252)の処理機能は、その加速馬力制御手段を有し、この加速馬力制御手段で補正した最大馬力によりモータ目標馬力 $Mr3$ (第2モータ目標馬力)を求める第2モータ目標馬力計算手段を構成する。更に、手順118(図4のブロック228)の処理機能は、第1モータ目標馬力 $Mr1$ が第2モータ目標馬力 $Mr3$ を超えないよう制限しモータ目標馬力 Mr (第2モータ目標馬力)を生成するモータ目標馬力制限手段を構成し、手順119~123(図4のブロック230~240)の処理機能とインバータ制御装置7のモータ制御演算部72R, 72Lは、第3モータ目標馬力 Mr に基づいて2つの電動モータ12R, 12Lのそれぞれの第1モータ目標トルク $Tr1R$ 、 $Tr1L$ を求め、インバータ73R, 73Lを制御するインバータ制御手段を構成する。

【0077】

また、手順131(図4のブロック210, 212, 214)の処理機能は、原動機4が出し得る最大出力馬力 $f(N_e)$ から交流発電機5以外の原動機負荷18の駆動に必要な損失馬力 $g(N_e)$ を差し引いて走行用の電動モータ12R, 12Lで使用可能な最大馬力($f(N_e) - g(N_e)$)を求める最大馬力計算手段を構成し、上記加速馬力制御手段はその最大馬力計算手段で求めた最大馬力を補正する。

【0078】

手順114~117(図4のブロック220~226)の処理機能は、原動機4の実回

10

20

30

40

50

転数 N_e が目標回転数 N_r よりも高いときは走行用の電動モータ 12R, 12L で使用可能な最大馬力 ($f(N_e) - g(N_e)$) を増やし、原動機 4 の実回転数 N_e が低くなるにしたがってその増やした最大馬力を減らすよう補正するスピードセンシング制御手段を構成し、第 2 モータ目標馬力計算手段は、そのスピードセンシング制御手段で補正した最大馬力により第 2 モータ目標馬力 M_{r3} を求める。また、そのスピードセンシング制御手段は、原動機 4 の目標回転数 N_r が少なくとも最大回転数にあるときに機能し、それ以外のときは機能しない。

【0079】

本明細書において、加速馬力制御手段（手順 130, 131；図 4 のブロック 250 ~ 252, 214）による制御を「加速馬力制御」といい、スピードセンシング制御手段（手順 114 ~ 117；図 4 のブロック 220 ~ 226）による制御を「スピードセンシング制御」といい、最大馬力計算手段（手順 131；図 4 のブロック 210, 212, 214）とモータ目標馬力制限手段（手順 118；図 4 のブロック 228）による制御を「全馬力制御」という。更に、全馬力制御とスピードセンシング制御を合わせた制御を「スピードセンシング全馬力制御」という。

【0080】

次に、本実施の形態の動作を説明する。この説明は図 4 の機能ブロック図を参照して行う。

< 走行加速時 >

ダンプロックを前進走行させることを意図してアクセルペダル 1 を操作量 p_x （図 8 参照）を超えた最大近くの位置まで踏み込むと、図 4 のブロック 200 で原動機 4 の目標馬力 F_r として F_{max} が計算され、ブロック 202 で目標回転数 N_r として N_{rmax} が計算される ($N_r = N_{rmax}$)。電子ガバナ 4a は目標回転数 N_{rmax} の指令を受け取ると、原動機 4 が目標回転数 N_{rmax} で回転するように燃料噴射量を制御する。前述したように、 $N_r = N_{rmax}$ では電子ガバナ 4a はドループ制御に設定されている。

【0081】

電動モータ側では、図 4 のブロック 204 で $F/R = 1$ となり、ブロック 206 の処理機能を選択し、ブロック 206 では、電動モータ 12R, 12L の基本目標馬力 M_{r1} として最大近くのアクセルペダル操作量に対応するモータ目標馬力 H_{Fmax} を算出する。

【0082】

図 4 のブロック 210 ~ 216, 250 ~ 252 では、 $M_{r2} = (f(N_e) - g(N_e) - hb) / 2$ の計算を行い、電動モータ 1 台あたりで使用可能な最大馬力のモータ目標馬力 M_{r2} を求める。つまり、図 4 のブロック 210, 212, 214（最大馬力計算手段）で、図 12 の関数 $f(N_e)$ 及び $g(N_e)$ に基づいてそのときの原動機 4 の目標回転数 N_r に応じた電動モータ 12R, 12L で使用可能な最大馬力 ($f(N_e) - g(N_e)$) を計算し、図 4 のブロック 250 ~ 252（加速馬力制御手段）で、図 13 に関数 $h(N_e)$ と図 14 の関数 $R(N)$ に基づいてそのときの原動機 4 の実回転数 N_e と回転数偏差 N に応じた加速馬力補正值 $hb (= K_a \times ha)$ を計算し、図 4 のブロック 214, 216 で $M_{r2} = (f(N_e) - g(N_e) - hb) / 2$ を計算する。回転数偏差 N は図 4 のブロック 220 で計算した値を用いる。

【0083】

ここで、アクセルペダル 1 を踏み込んだ直後の加速初期時は、原動機 4 の回転数の立ち上がり前であるため、目標回転数 N_r が実回転数 N_e を大幅に上回り ($N_e \ll N_r$)、回転数偏差 N はマイナス側に大きく減少し、 $N < N_1$ （図 14 参照）である。このため図 4 のブロック 251 において、図 14 の関数 $R(N)$ により加速馬力補正係数 $K_a = 1$ が計算され、ブロック 252 で加速馬力補正值 $hb = K_a \times ha = ha$ が求められる。その結果、モータ目標馬力 M_{r2} はブロック 210 ~ 214 で求めた最大馬力 ($f(N_e) - g(N_e)$) よりも加速馬力補正值 hb の分だけ、小さな値となっている。

【0084】

一方、図4のブロック220～226（スピードセンシング制御手段）では、回転数偏差 N は $N < N1 < N3$ （図14及び図15参照）で、馬力係数 Kp として $Kp = 1$ が演算されるため、スピードセンシング制御は無効となり、モータ目標馬力 $Mr3$ として $Mr3 = Mr2$ が計算される。なお、アクセルペダル1を x_p 以下のハーフ程度の位置に踏み込んだ場合も、 $Nr < Nr_{max}$ で、ブロック224でブロック223の馬力係数 $Kp = 1$ が選択されるため、同様にスピードセンシング制御は無効となり、モータ目標馬力 $Mr3$ として $Mr3 = Mr2$ が計算される。

【0085】

図4のブロック228では、上記モータ目標馬力 $Mr1$ とモータ目標馬力 $Mr3$ の小さい方の値を選択してモータ目標馬力 Mr を生成する。ここで、加速時は、モータ目標馬力 $Mr3 (= Mr2)$ は最大馬力 $(f(Ne) - g(Ne))$ より加速馬力補正值 hb 分だけ小さな値となっているため、モータ目標馬力 Mr として $Mr3$ が選択される。ブロック230～240ではそのモータ目標馬力 Mr から左右の電動モータ12R, 12Lのモータ目標トルク TrR, TrL を算出し、これらのモータ目標トルク TrR, TrL は電動モータ12R, 12Lの指令馬力としてインバータ制御装置7内のモータ制御演算部72R, 72Lに与えられ、モータ制御演算部72R, 72Lはモータ目標トルク TrR, TrL に応じてインバータ73R, 73Lを制御し、各電動モータ12R, 12Lのトルク制御がなされる。

【0086】

以上のように走行加速時に、最大馬力 $(f(Ne) - g(Ne))$ から加速馬力補正值 hb を差し引いてモータ目標馬力 $Mr2$ を求め、それを制限値として走行モータ12R, 12Lに配分する制御（加速馬力制御）を行うため、原動機4と電動モータ12R, 12Lをバランス良く加速し、応答良く滑らかに加速制御することができる。

【0087】

つまり、走行加速初期時は、制限値としてのモータ目標馬力 $Mr3$ が最大馬力 $(f(Ne) - g(Ne))$ よりも加速馬力補正值 hb の分だけ小さくなっているため、その分、モータ目標馬力 Mr が小さくなり、原動機4の負荷が減り、原動機4は応答良く加速する。これにより走行加速初期時は、原動機4を速やかに加速し、交流発電機5の発電量を増やし、結果として、走行モータ12R, 12Lは速やかに加速する。原動機4の加速が進み、原動機4の実回転数 Ne が目標回転数 Nr に近づいて回転数偏差 N が $N1$ になると、加速馬力係数 Ka は1以下の値に下がり始め、これに伴って加速馬力補正值 hb は加速馬力 ha の値から減少し始め、回転数偏差 N が $N2 (> N1)$ になると、加速馬力係数 Ka は0 ($Ka = 0$) となるため、加速馬力補正值 hb も0となる。この加速馬力補正值 hb の変化に応じて制限値としてのモータ目標馬力 $Mr3$ は、 $(f(Ne) - g(Ne) - hb) / 2$ から $(f(Ne) - g(Ne)) / 2$ へと増加し、これに対応してモータ目標馬力 Mr も増加する。これにより電動モータ12R, 12Lに配分される指令馬力が増加するため、電動モータ12R, 12Lは更に加速される。

【0088】

ここで、ブロック250の関数 $ha(Ne)$ とブロック251の関数 $R(N)$ とを乗じて加速馬力補正值 hb を計算する意味を説明する。

【0089】

原動機4の馬力特性は低回転域では小さく、高回転域では大きいので、実回転数 Ne が小さいときには、原動機4自身の加速用には例えば100kW位しか取れない。しかし、実回転数 Ne が高くなると原動機4の出力馬力に余裕ができるので、最大で400kW位を原動機4の加速用に使えるようになる。図13の関数 $ha(Ne)$ はこのような考えに基づくものであり、原動機4の低回転域では原動機4自身の加速用に $hamin$ （例えば100kW）使えるようにし、高回転域では原動機4自身の加速用に $hamax$ （例えば400kW）使えるようにしたものである。

【0090】

このようにして求めた加速馬力 ha に回転数偏差 N で決まる係数 Ka を乗じ、加速馬

10

20

30

40

50

力補正值 h_b を求める。このとき、原動機 4 を加速する初期では原動機 4 の加速用に h_a の全てを使わせるために、係数 $K_a = 1$ とする。この加速初期では、原動機 4 の回転数が増えると共に原動機加速用に使える加速馬力 h_a は h_{amin} (例えば 100 kW) から h_{amax} (例えば 400 kW) へと増えるので、原動機 4 は応答良く滑らかに吹き上がる。原動機 4 の回転数が目標回転数 N_r に近づき、図 14 の N_1 (例えば 200 rpm) 近くまでくれば、十分原動機 4 は加速しているので、回転数偏差 N により決まる係数 K_a を下げ始め、より多くの馬力をモータ側に配分する。更に、図 14 の N_2 (例えば -50 rpm) まで原動機 4 が加速されれば、もはや原動機 4 の加速用に予め馬力を分けなくてもよくなるため、全ての馬力をモータ加速用に使う。図 14 の関数 $R(N)$ はこのような考えに基づくものであり、 $N = N_1$ (例えば -200 rpm) で原動機加速用の馬力を減らし始め、 $N = N_2$ (例えば -50 rpm) で原動機加速用の馬力を 0 とし、その間を滑らかに変化させたものである。

10

【0091】

図 13 の原動機加速用の馬力 h_{amin} , h_{amax} の値と図 14 の N_1 , N_2 の値は、原動機 4 の特性だけでなく、運転者がアクセルペダル 1 を踏み込んだ時の加速感 (フィーリング) を考慮して決められることが好ましい。

【0092】

つまり、原動機 4 の回転数が立ち上がらないと十分馬力を取り出せないで、大きなパワーでの走行ができない。しかし、走行加速初期から電動モータ 12R, 12L に大きなパワーを与えると、原動機自身の加速パワーが足りなくなり、原動機 4 の回転数が上がり

20

【0093】

例えば、200m の移動を最短にするには、まず、電動モータ 12R, 12L への馬力配分をゼロにしてモータ割当馬力を全て原動機 4 の加速に使い、原動機 4 の回転数が十分立ち上がってから電動モータ 12R, 12L に馬力を配分すれば、結果的に走行時間は短くなる。しかし、この場合は、アクセルペダル 1 を踏み込んだも、始めの数秒間は走行が全く動かないので、運転者のフィーリングは悪いものとなる。

【0094】

そこで、結果的に原動機 4 の吹き上がりが多少遅くなっても (むしろ、故意に遅くして)、ペダル踏み込み後、低速であるが走行し始めるようにして運転者には良好なレスポンス感を与え、原動機 4 の加速とモータ 12R, 12L の加速をバランス良く立ち上げるようにする。図 13 の原動機加速用の馬力 h_{amin} , h_{amax} の値と図 14 の N_1 , N_2 の値は、このような考えに基づいて決めたものである。

30

【0095】

なお、以上の動作例は走行始動時の加速制御の場合であるが、低速で走行中にアクセルペダル 1 を更に踏み込んで走行加速を行う場合も、同様に回転数偏差 N が発生するため、同様に加速制御することができる。つまり、回転数偏差 N を用いて原動機 4 の加速用馬力と電動モータ 12R, 12L の出力馬力の配分を制御するので、アクセルペダル 1 の踏み込み開始位置に係わらず、上記の加速制御の効果を得ることができる。

40

< 定常走行時 >

1. 高速走行

以上のようにアクセルペダル 1 を踏み込んで走行加速後、原動機 4 の実回転数 N_e が目標回転数 N_r に近づくと定常走行に移行する。この定常走行では、 $N > N_2$ で $K_a = 0$ で、加速馬力補正值 $h_b = 0$ であるため、ブロック 214, 216 で求められた電動モータ 1 台あたりのモータ目標馬力 M_{r2} は、 $M_{r2} = (f(N_e) - g(N_e)) / 2$ となる。

【0096】

また、図 4 のブロック 222 では、 $K_p = S(N)$ により回転数偏差 N に応じた馬力計数 K_p を演算し、ブロック 224 では、 $N_r = N_{rmax}$ であるのでその馬力係数 K

50

pを選択し、ブロック226では、馬力計数 K_p をモータ目標馬力 M_{r2} に乗じてモータ目標馬力 M_{r3} を算出する。このようにブロック220～226では、回転数偏差 N を用いて電動モータ1台当たりで使用可能な最大馬力であるモータ目標馬力 M_{r2} が補正される（スピードセンシング制御）。

【0097】

図4のブロック228では、上記モータ目標馬力 M_{r1} とモータ目標馬力 M_{r3} の小さい方の値を選択してモータ目標馬力 M_r を生成する。この場合も、 $M_{r2} < H_{Fmax}$ の関係にあり、 $M_{r1} > M_{r3}$ であるため、モータ目標馬力 M_r として M_{r3} が選択される。ブロック230～240では、そのモータ目標馬力 M_r を用いて左右の電動モータ12R, 12Lのモータ目標トルク T_{rR} , T_{rL} を算出し、このモータ目標トルク T_{rR} , T_{rL} に基づいてインバータ73R, 73Lを制御し、各電動モータ12R, 12Lのトルク制御がなされる。

10

【0098】

このようにアクセルペダル1を最大近傍まで踏み込み、 N_{rmax} が設定される状態では、ブロック220～226によるスピードセンシング全馬力制御が行われる。このスピードセンシング全馬力制御により、原動機4の出力限界まで出力馬力を取り出し、原動機馬力をモータ側で有効利用することができる（後述）。

【0099】

2．低速走行

アクセルペダル1の踏み込み量が少ない低速走行中は、図4のブロック200で F_{rmax} より小さな目標馬力 F_r が演算され、ブロック202で N_{rmax} より低い目標回転数 N_r が計算され（ $N_r < N_{rmax}$ ）、これに応じて原動機4の燃料噴射量が制御される。

20

【0100】

電動モータ側では、 $N_r < N_{rmax}$ であるため、ブロック222では、ブロック23に設定された $K_p = 1$ が選択され、スピードセンシング制御は無効とされ、ブロック226では $M_{r3} = M_{r2}$ のモータ目標馬力 M_{r3} が計算される。ブロック228では、第1モータ目標馬力をそのモータ目標馬力 M_{r3} を超えないよう制限しモータ目標馬力 M_r を求め、ブロック228～240で、そのモータ目標馬力 M_r により求めたモータ目標トルク T_{rR} , T_{rL} に応じて各電動モータ12R, 12Lのトルク制御がなされる。

30

【0101】

このように $N_r < N_{rmax}$ では、ブロック220～226の回転数偏差 N を用いた処理（スピードセンシング制御）は無効とされるため、スピードセンシング制御のない全馬力制御を行う。

【0102】

3．後進走行

アクセルペダル1を踏み込んでダンブトラックを後進させる場合は、ブロック208で後進用のモータ目標馬力 H が算出される。この場合は、後進用の関数 $h_R(p)$ におけるモータ目標馬力 H の最大値 H_{Rmax} は小さめに設定されているため、図4のブロック228ではモータ目標馬力 M_{r1} が選択され、モータ目標馬力 M_{r3} に制限されることなく各電動モータ12R, 12Lのトルク制御がなされる。

40

【0103】

本実施の形態のスピードセンシング全馬力制御の効果を図面を用いて説明する。

【0104】

図18は、スピードセンシング制御と加速馬力制御のない全馬力制御を行う場合の駆動システムを比較例として示す図4と同様な機能ブロック図である。図中、図4に示す部分と同等のものには同じ符号を付している。図18に示す比較例では、スピードセンシング制御と加速馬力制御を行わないため、図4のブロック220～226（図6の手順114～117）及びブロック250～252（図6の手順130, 131の一部）がなく、ブロック210～216で算出したモータ目標馬力 M_{r2} がそのままブロック228でモータ

50

タ目標馬力 M_{r1} と比較される。

【0105】

図19は、 $N_r = N_{rmax}$ のときの原動機4の動作特性を示す図である。図中、 $f(N_r)$ は図12に示した原動機4の出し得る最大出力馬力の関数であり、直線Dは図2の原動機出力トルク特性図におけるドループ制御の直線R1に対応する馬力特性である。

【0106】

前述したように、 $N_r = N_{rmax}$ のとき、図4のブロック210, 212では、原動機4の実回転数 N_e を図12に示す関数 $f(N_e)$ 及び $g(N_e)$ に参照して最大回転数 N_{rmax} に対応する $f(N_e)$ と $g(N_e)$ の値を算出し、ブロック214, 216でその $f(N_e)$ の値と $g(N_e)$ の値とから、 $M_{r2} = (f(N_e) - g(N_e)) / 2$ により電動モータ1台あたりのモータ目標馬力 M_{r2} (電動モータ1台あたりで使用可能な最大馬力) を求める。

【0107】

ここで、関数 $f(N_e)$ は原動機4の出し得る最大出力馬力であり、関数 $g(N_e)$ はその他の原動機負荷18を駆動するために予め割り当てた馬力の値(損失馬力)である。この損失馬力は、その他の原動機負荷18で消費する馬力の予測値に基づいて決められている。しかし、その他の原動機負荷18の実際の消費馬力は稼働状況に応じて変化する値であり、その変動幅も原動機4の最大出力馬力に対して10~20%にもなり、予測が難しい。また、エンジンオイルの冷却を行うファンは自動的に動作、停止を繰り返し、その大きさも原動機4の出力馬力の5~10%近くにもなる。したがって、その他の原動機負荷8の損失馬力がある予測値に定めた場合、実際の消費馬力の大きさは予測値より大きくなることもあれば小さくなることもある。実際の消費馬力が予測値より大きくなると、原動機4はストールしてしまう可能性がある。そこで、損失馬力 $g(N_e)$ は実際の消費馬力に対して余裕を持って大きめに設定する必要がある。例えば、 $N_r = N_{rmax}$ で、 $f(N_e) = 1500 \text{ kW}$ とし、損失馬力の予測値を200 kW程度とすると、 $g(N_e) = 300 \text{ kW}$ 程度に設定される。この場合、電動モータ1台あたりのモータ目標馬力 M_{r2} は、 $M_{r2} = (f(N_e) - g(N_e)) \times 1/2 = (1500 \text{ kW} - 300 \text{ kW}) \times 1/2 = 1200 \text{ kW} \times 1/2 = 600 \text{ kW}$ である。

【0108】

一方、このように損失馬力 $g(N_e)$ を余裕を持って大きめに設定すると、図12の比較例では、原動機4にはまだ余裕があるのにそれを電動モータ12R, 12Lの出力として有効利用することができないということになる。例えば、上記の $g(N_e) = 300 \text{ kW}$ の場合、実際の消費馬力が予測値と同じ200 kWであるとする、電動モータも含めた全消費馬力は $200 \text{ kW} + (600 \times 2) \text{ kW} = 1400 \text{ kW}$ であり、100 kWが有効利用できない無駄な馬力となる。図19では、このように損失馬力 $g(N_e)$ を設定した場合の走行時における原動機4の動作点をX1点で示している。

【0109】

このような比較例に対して、本実施の形態では、スピードセンシング制御のある全馬力制御をするので、原動機4の出力限界まで出力馬力を取り出し、原動機馬力をモータ側で有効利用することができる。

【0110】

つまり、本実施の形態では、原動機4の出力に余裕がある場合は、ドループ制御によって $N > 0$ となるため、ブロック220~226のスピードセンシング制御により、モータ目標馬力 M_{r2} がより大きい値として計算され、これを第3の目標馬力 M_{r2} とする。このため $N_r = N_{rmax}$ の走行時に、原動機4の出力限界まで馬力を取り出し、電動モータ12R, 12Lを駆動することができる。上記の例では、原動機4の動作点が図19のX1にあり、ブロック222で N により計算される馬力係数 K_p が $K_p = 1.3$ であるとする、第3のモータ目標出力馬力 M_{r3} はモータ目標馬力 M_{r2} と同じ600 kWから $600 \text{ kW} \times 1.3 = 780 \text{ kW}$ へと増加し、これに伴って原動機4の動作点は図19のX1から $N < 0$ となる過負荷側へ移動し、例えば $N = 0$ の N_{rmax} より -10

10

20

30

40

50

r p m ~ - 3 0 r p m 程度回転数の低い X 2 点でバランスする。この X 2 点において、ブロック 2 2 2 で得られる馬力係数 K_p が例えば 1 . 1 であるとする、モータ目標馬力 M_{r3} は $600 \times 1.1 = 660 \text{ kW}$ となり、その他の原動機負荷 1 8 も含めた全消費馬力は $200 \text{ kW} + (660 \times 2) \text{ kW} = 1500 \text{ kW}$ となる。このように原動機 4 の出力限界まで原動機 4 の出力馬力を無駄なく有効に使うことができる。

【 0 1 1 1 】

一方、上記のような走行中に、その他の原動機負荷 8 の消費馬力が何かの原因（例えば気温の変化）で増加し、図 1 9 の動作点 X 2 が更に図示左方に移動した場合は、回転数偏差 N が更に減少し、ブロック 2 2 2 で計算される馬力係数 K_p が小さくなるため、モータ目標馬力 M_{r3} も減少し、モータ目標馬力 M_{r1} を制限する。例えば、 N が減少し、ブロック 2 2 2 で $K_p = 1.0$ が計算されると、上記の例では、第 3 のモータ目標出力馬力 M_{r3} は 660 kW から第 2 のモータ目標出力馬力 M_{r2} と同じ 600 kW へと減少し、これに伴って原動機 4 の動作点は再び $N = 0$ 側へと戻り、原動機負荷 8 の消費馬力と電動モータ 1 2 R , 1 2 L の消費馬力（第 3 モータ目標出力馬力 M_{r2} ）のトータルが原動機 4 の最大出力馬力（上記の例では 1500 kW ）と一致する点でバランスする。これにより原動機 4 のストールが防止される。

【 0 1 1 2 】

以上のように本実施の形態によれば、 $N_r = N_{rmax}$ で、その他の原動機負荷 8 の消費馬力が少ない場合は、電動モータ 1 2 R , 1 2 L の目標馬力の制限値（モータ目標馬力 M_{r3} ）を増加させ、原動機 4 の出力限界まで馬力を取り出し、電動モータ 1 2 R , 1 2 L を駆動することができる。また、その他の原動機負荷 8 の消費馬力が増加した場合は、電動モータ 1 2 R , 1 2 L の目標馬力の制限値（モータ目標馬力 M_{r3} ）を小さくし、電動モータ 1 2 R , 1 2 L の消費馬力を減らすことで原動機 4 の過負荷を防止し、原動機 4 のストールを防止することができる。

【 0 1 1 3 】

一方、アクセルペダルをフル操作せず、原動機 4 の目標回転数 N_r が最大回転数 N_{rmax} よりも小さい $N_r < N_{rmax}$ では、上記のようにブロック 2 2 0 ~ 2 2 6 によりスピードセンシング制御をすると、不具合が生じることがある。例えば、アクセルペダル 1 をハーフ操作し、 $N_r < N_{rmax}$ の状態で平坦路の走行中に坂道にさしかかった場合、走行速度が低下するので、オペレータはアクセルペダル 1 の踏み込み量を増やし、走行速度を維持しようとする。この場合、図 4 のブロック 2 2 0 ~ 2 2 6 によりスピードセンシング制御をすると、平坦路を走行中は、原動機 4 の出力馬力に余裕があり、 $N > 0$ であったものが、アクセルペダル 1 の踏み込み量を増やした瞬間、モータ目標馬力 M_{r1} が増加し、原動機 4 の負荷が増加するため、 $N < 0$ となり、ブロック 2 2 2 で計算される馬力係数 K_p が減少し、モータ目標馬力 M_{r3} も低下する。このためモータ目標馬力 M_{r1} はモータ目標馬力 M_{r3} に制限され、アクセルペダル 1 を踏み込んだにも係わらず、電動モータ 1 2 R , 1 2 L の目標トルク M_r が減少し、走行速度が低下してしまう。

【 0 1 1 4 】

本実施の形態では、原動機 4 の目標回転数 N_r が最大回転数 N_{rmax} よりも小さい $N_r < N_{rmax}$ では、図 4 のブロック 2 2 3 , 2 2 4 で馬力係数 $K_p = 1$ に切り換え、スピードセンシング制御を解除する。このため上記のような不具合は生じず、アクセルペダル 1 の踏み込みに応じて、上記の加速馬力制御により、応答良くスムーズに加速することができる。

【 0 1 1 5 】

以上のように本実施の形態によれば、走行加速時に、ブロック 2 5 0 ~ 2 1 4 の加速馬力制御により最大馬力（ $f(N_e) - g(N_e)$ ）から加速馬力補正值 h_b を差し引いてモータ目標馬力 M_{r2} を求め、それを制限値として走行モータ 1 2 R , 1 2 L に配分する制御（加速馬力制御）を行うため、原動機 4 と電動モータ 1 2 R , 1 2 L がバランス良く加速制御され、応答良く滑らかに加速走行することができる。

【 0 1 1 6 】

また、アクセルペダル 1 を最大近傍まで踏み込み、 N_{rmax} が設定される状態では、ブロック 220 ~ 226 でスピードセンシング全馬力制御が行われるため、原動機 4 の出力限界まで出力馬力を取り出し、原動機馬力をモータ側で有効利用することができ。

【0117】

また、アクセルペダル 1 をハーフ位置程度まで踏み込んで、 N_{rmax} より低い目標回転数 N_r が設定される状態では、スピードセンシング制御による不具合を生じることなく、加速馬力制御によりアクセルペダルの踏み込みに応じて応答良くスムーズに加速することができる。

【0118】

また、本実施の形態によれば、下記の効果が得られる。

10

【0119】

本実施の形態では、図 3 のブロック 206, 208、ブロック 210 ~ 226、ブロック 228 において、電動モータ 12R, 12L の指令値として目標トルクではなく、目標馬力 M_{r1} , M_{r2} , M_{r3} を求め、ブロック 230, 232 で目標馬力 M_{r3} をその時点のモータ回転数で除して第 1 のモータ目標トルク T_{r1R} , T_{r1L} を算出し、更に、そのモータ目標トルクをインバータ、モータに固有な最大トルクの関数から得た値と比較し、小さい方の値を最終的な目標トルク T_{rR} , T_{rL} として制御する。

【0120】

ここで、アクセルペダル 1 の操作量 p から直接計算する値としてモータ目標馬力ではなくモータ目標トルクを算出することが考えられる。しかし、この場合は、アクセルペダル 1 の操作量が小さいときは、原動機 4 の目標回転数、電動モータ 12R, 12L にかかる馬力、トルクの全てが小さくなってしまいうため、アクセルペダルの操作量を小さくし、電動モータ 12R, 12L にかかる馬力は小さくても、トルクは大きくしたいという場面では、適切に操作することができない。例えば、登り坂での走行開始時に、アクセルペダル 1 を少し踏み込んだだけではトルクが足りないため、オペレータはアクセルペダル 1 を大きく踏み込む必要があるが、運転者が戸惑っている間にダンブトラックが自重で後進してしまう場合もあり、危険である。

20

【0121】

本実施の形態では、ブロック 206 ~ 228 で、電動モータ 12R, 12L の指令値として目標馬力 M_r を求め、その後、そのときのモータ回転数を参照してモータ目標トルクを算出し、電動モータ 12r, 12L を制御する。これによりモータ回転数が低い場合には、アクセルペダル 1 の操作量が小さく、電動モータ 12R, 12L にかかる馬力が小さくても、出力トルクを大きくできるので、登り坂での走行開始時に後ずさりするような不具合は起きなくなる。

30

【0122】

また、アクセルペダル 1 の操作量 p とモータ出力馬力との関係が一致するようになるので、良好な操作感覚が得られる。

【0123】

このように本実施の形態では、アクセルペダル 1 の操作量が小さく、電動モータ 12R, 12L にかかる馬力が小さくても、走行速度が遅く、モータ回転速度が小さい場合には電動モータ 12R, 12L にかかるトルクを上限値ぎりぎりまで大きくすることができるので、登り坂道の発進時に後ずさりすることなくなり、操作感が向上し、安全性が向上する。

40

【0124】

本実施の形態では、図 4 のブロック 200, 202 において、アクセルペダル 1 の操作量 p から直接原動機 4 の目標回転数 N_r を求めるのではなく、最初に、関数 $F_r(p)$ により原動機 4 の目標馬力 F_r を計算し (ブロック 200)、この目標馬力 F_r を用いて図 12 に示した $f_r(N_r)$ の逆関数である関数 $N_r(F_r)$ により目標回転数 N_r を計算する (ブロック 202)。これにより原動機 4 の馬力特性の非線形性を補正することができる。

50

【 0 1 2 5 】

本発明の他の実施の形態を図 2 0 及び図 2 1 を用いて説明する。本実施の形態は加速馬力制御部分の変形例を示すものである。

【 0 1 2 6 】

図 2 0 は、本実施の形態に係わる駆動システムの処理手順を示す機能ブロック図である。図中、図 4 に示すものと同等のものには同じ符号を付し説明は省略する。本実施の形態では、図 4 のブロック 2 5 0 ~ 2 5 2 に代え 1 つのブロック 2 6 0 を有している。ブロック 2 6 0 では、原動機 4 の回転数偏差 N を用いて直接加速馬力補正值 h_c を算出する。

【 0 1 2 7 】

図 2 1 は、原動機 4 の回転数偏差 N と加速馬力補正值 h_c との関数 $h(N)$ を示す図である。関数 $h(N)$ は、加速初期時（アクセルペダル 1 の踏み込み直後）の原動機 4 の回転数の立ち上がり前であって、目標回転数 N_r が実回転数 N_e を大幅に上回り、回転数偏差 N がマイナス側（ $N < 0$ 側）に大きく低下したとき（ N の絶対値が大きいとき）は、加速馬力補正值 h_c は最大の h_{cmax} であり、実回転数 N_e が目標回転数 N_r に近づいて回転数偏差 N が N_1 になると、加速馬力補正值 h_c は減り始め、回転数偏差 N が N_2 （ $N_2 > N_1$ ）になるまで実回転数 N_e が目標回転数 N_r に更に近づくと、加速馬力補正值 h_c は 0（ $K_a = 0$ ）となるように設定されている。この場合も、例えば、 $N_1 = -200 \text{ rpm}$ 、 $N_2 = -50 \text{ rpm}$ である。

【 0 1 2 8 】

ブロック 2 1 4 では、電動モータ 1 2 R, 1 2 L で使用可能な最大馬力（ $f(N_e) - g(N_e)$ ）から加速馬力補正值 h_c を差し引いてその最大馬力を補正し、更に、ブロック 2 1 6 でその最大馬力を $1/2$ にして電動モータ 1 台あたりのモータ目標馬力 M_{r2} を求める。

【 0 1 2 9 】

$$M_{r2} = (f(N_e) - g(N_e) - h_c) / 2$$

このように構成した本実施の形態でも、加速初期では、原動機 4 の回転数は立ち上がらないので、回転数偏差 N が大きな負の値を取り（ $N < N_1$ ）、多くの馬力 h_c （ $= h_{cmax}$ ）を差し引いて電動モータ 1 2 R, 1 2 L の目標馬力 M_r を生成し、原動機 4 の回転数が十分立ち上がると回転数偏差 N はゼロに近づき（ $N_1 < N < N_2$ ）、差し引く馬力 h_c を下げ、更に目標回転数 N_r 近くまで原動機 4 の回転数 N_e が吹き上げれば（ $N > N_2$ ）、差し引く馬力 h_c をゼロにし、電動モータ 1 2 R, 1 2 L は最大馬力 $f(N_e) - g(N_e)$ の全てを使えるようになる。

【 0 1 3 0 】

本実施の形態は、原動機加速用の馬力の決め方として、そのときの回転数に応じて変化させずに、回転数偏差のみで決めるものである。鉱山の採掘現場で使用されるマイニングダンプでは、走行開始時は静止状態から最大位置までペダル操作をするというのが殆どであり、その場合は、目標回転数 N_r はペダル操作後は最大値になっている。したがって、回転数偏差 N だけで差し引く馬力を決めてしまっても、先の実施の形態とほぼ同じ加速馬力制御を行うことができる。異なるのは、ペダル操作をゼロから最大ではなく中間まで踏み込んだ場合であり、原動機 4 の回転域によって加速用に使える馬力が異なっている。したがって、本実施の形態では、加速馬力補正值 h_{cmax} は、その相違を考慮して最適の値に設定されている。

【 0 1 3 1 】

以上において、本発明の実施の形態を説明したが、それらは本発明の精神の範囲内で種々の変形が可能である。以下にその代表例を説明する。

【 0 1 3 2 】

1. 上記実施の形態では、全馬力制御のスピードセンシング制御において、ブロック 2 2 2 で馬力補正值として馬力係数 K_p を求め、ブロック 2 2 6 でモータ目標馬力 M_{r2} にその馬力係数 K_p を乗じてモータ目標馬力 M_{r3} を求めたが、ブロック 2 2 2 の関数を回転数偏差 N と馬力補正值 M の関数とし、そのときの N に対応する馬力補正值 M を

求め、この馬力補正值 M をモータ目標馬力 M_{r2} に加算して、モータ目標馬力 M_{r3} を求めてもよい。

【0133】

2. 上記実施の形態では、ブロック210, 212で、最大出力馬力及び損失馬力をそれぞれ原動機4の実回転数 N_e の関数 $f(N_e)$ 及び $g(N_e)$ とし、原動機4の実回転数 N_e から最大出力馬力及び損失馬力を求めたが、通常はアクセルペダルを急激に操作しないので、概ね $N_e = N_r$ である。したがって、最大出力馬力及び損失馬力をそれぞれ原動機4の目標回転数 N_r の関数 $f(N_r)$ 及び $g(N_r)$ とし、原動機4の目標回転数 N_r から最大出力馬力及び損失馬力を求めてもよい。

【0134】

3. 上記実施の形態では、ブロック224で、原動機4の目標回転数 N_r が $N_r = N_{rmax}$ かどうかで、スピードセンシング制御をする場合としない場合とに切り換えたが、判定回転数として N_{rmax} の一点だけでなく、0 ~ 50 rpm程度の幅を持たせてもよい。また、判定パラメータとして目標回転数 N_r ではなく、アクセルペダル1の操作量 p を用いてもよい。アクセルペダル1の操作量 p で判定する場合は、例えば、 $p = 90\%$ ではスピードセンシング制御をし、 $p < 90\%$ ではスピードセンシング制御をしないようにすることで、目標回転数 N_r が $N_r = N_{rmax}$ かどうかで、スピードセンシング制御をする場合としない場合とに切り換えたのと同様の結果が得られる。

【0135】

4. 上記実施の形態では、その他の原動機負荷8の損失馬力 $g(N_e)$ を予測値に対して余裕を持たせて設定したが、予測値に対して余裕を持たせず、予測値と同じ或いはその近辺の値に設定してもよい。この場合、ブロック222における関数 $S(N)$ を、回転数偏差 $N = 0$ であるときの馬力係数 K_p が1付近の値 ($N = 0$ で $K_p = 1$) となるように設定することで、その他の原動機負荷8の消費馬力が予測値 (損失馬力 $g(N_e)$) より少なく、 $N > 0$ となる場合は、結果としてブロック226で計算されるモータ目標馬力 M_{r3} は設定値としての損失馬力 $g(N_e)$ よりも増加し、原動機馬力をモータ側で有効利用することができ、その他の原動機負荷8の消費馬力が予測値 (損失馬力 $g(N_e)$) より増え、 $N < 0$ となる場合は、結果としてブロック226で計算されるモータ目標馬力 M_{r3} は設定値としての損失馬力 $g(N_e)$ よりも減少し、原動機4の過負荷によるストールを防止することができる。なお、この場合は、 $N_e < N_{rmax}$ でスピードセンシング制御を行わない場合は、走行用の電動モータ12R, 12Lの消費馬力が過度に大きくなならないよう、ブロック223の馬力係数 K_p を、 $K_p = 0.9$ 程度と、余裕のある値に設定する必要がある。

【0136】

5. 上記実施の形態では、ブロック210 ~ 226において、スピードセンシング全馬力制御を行うためのモータ目標馬力 M_{r3} を求めるのに、ブロック210, 212で別々に最大出力馬力 $f(N_e)$ 及び損失馬力 $g(N_e)$ を求め、ブロック214でその差分を求め、ブロック216でその差分に $1/2$ を乗じてモータ目標馬力 M_{r2} を求め、ブロック226でその M_{r2} に馬力係数 K_p を乗じるという順序でモータ目標馬力 M_{r3} を算出した。しかし、これは一例であり、結果として同じ値の M_{r3} が求まるのであれば、計算順序や計算内容はそれに限定されない。例えば、ブロック210, 212でそれぞれの関数 $f(N_e)$, $g(N_e)$ を用いて最大出力馬力 $f(N_e)$ 及び損失馬力 $g(N_e)$ を求め、ブロック214でその差分を求めるのではなく、事前に $f(N_e) - g(N_e)$ に相当する1つの関数を用意し、1回の処理で当該差分相当の値を求めてもよい。また、ブロック216, 226では、最大出力馬力 $f(N_e)$ と損失馬力 $g(N_e)$ の差分 $f(N_e) - g(N_e)$ から加速馬力補正值 h_b を差し引いた後に、その値に $1/2$ と馬力係数 K_p を乗じたが、ブロック214で計算をする前に $1/2$ と馬力係数 K_p を乗じてもよく、また、 $1/2$ と馬力係数 K_p の一方のみ順序を逆にして乗算してもよい。

【0137】

6. 上記の実施の形態では、ブロック214で最大出力馬力 $f(N_e)$ と損失馬力 $g(N_e)$

10

20

30

40

50

N e) の差分の計算と、その値から加速馬力補正值 h_b を差し引く計算を同時に行ったが、この計算は分けて行ってもよい。

【 0 1 3 8 】

7 . 電動モータ 1 2 R , 1 2 L は誘導モータとしたが、同期モータであってもよい。

【 0 1 3 9 】

8 . 上記の実施の形態では、ブロック 2 0 0 で用いる関数 $F_r(p)$ としてブロック 2 0 6 , 2 0 8 でモータ目標馬力を求める関数 $h_F(p)$, $h_R(p)$ と異なる関数を用いたが、ブロック 2 0 6 , 2 0 8 でモータ目標馬力を求める関数 $h_F(p)$, $h_R(p)$ と同じ関数を用いてもよい。この場合は、電動モータ 1 2 R , 1 2 L に必要な馬力分だけを原動機 4 が出力するように駆動されるので、無駄のない最適な原動機制御が可能となる。なお、この場合は、原動機 4 の目標馬力はモータ目標馬力 + を目標値として、少し高めに回転数を出すように修正することが好ましい。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 1 4 0 】

【図 1】本発明の一実施の形態による電気駆動ダンブトラックの駆動システムの全体構成を示す図である。

【図 2】原動機の実回転数と出力トルクの関係を示す図である。

【図 3】電子ガバナの燃料噴射特性を示す図である。

【図 4】処理手順を示す機能ブロック図である。

【図 5】処理手順を示すフローチャートである。

20

【図 6】処理手順を示すフローチャートである。

【図 7】処理手順を示すフローチャートである。

【図 8】アクセル操作量対原動機目標馬力の関数 $F_r(p)$ を示す図である。

【図 9】目標馬力対目標回転数の関数 $N_r(F_r)$ を示す図である。

【図 10】前進用のアクセル操作量対モータ目標馬力の関数 $h_F(p)$ を示す図である。

【図 11】後進用のアクセル操作量対モータ目標馬力の関数 $h_R(p)$ を示す図である。

【図 12】原動機の回転数対出力馬力の関数 $f(N_e)$ と回転数対その他原動機負荷ロス馬力の関数 $g(N_e)$ を示す図である。

【図 13】原動機の実回転数と加速馬力との関数 $h(N_e)$ を示す図である。

【図 14】回転数偏差と加速馬力係数との関数 $R(N)$ を示す図である。

30

【図 15】回転数偏差と馬力係数との関数 $S(N)$ を示す図である。

【図 16】モータ目標馬力 M_r とモータ回転速度 R , L とモータ目標トルク T_{r1R} , T_{r1L} との関係を示す図である。

【図 17】モータ回転数対モータ最大出力トルクの関数 $M_{max}()$ を示す図である。

【図 18】スピードセンシング全馬力制御を行わない場合の駆動システムを比較例として示す図 4 と同様な機能ブロック図である。

【図 19】 $N_r = N_{rmax}$ での原動機の動作特性を示す馬力特性図である。

【図 20】本発明の他の実施の形態による電気駆動ダンブトラックの駆動システムの処理手順を示す機能ブロック図である。

【図 21】原動機の回転数偏差と加速馬力補正值との関数 $h(N)$ を示す図である。

40

【符号の説明】

【 0 1 4 1 】

- 1 アクセルペダル
- 2 リタードペダル
- 3 全体制御装置
- 4 原動機（ディーゼルエンジン）
- 5 交流発電機
- 6 整流回路
- 7 インバータ制御装置
- 8 チョッパ回路

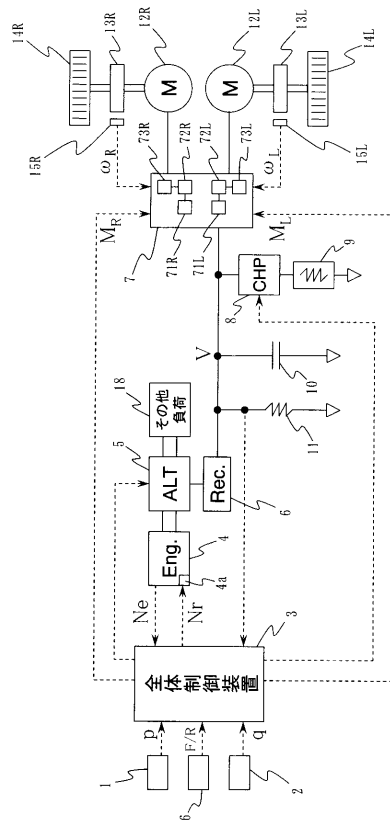
50

- 9 グリッド抵抗
 10 コンデンサ
 11 整流後の電圧を検出するための抵抗
 12 R, 12 L 左右の電動モータ（誘導モータ）
 13 R, 13 L 減速機
 14 R, 14 L 左右の後輪（タイヤ）
 15 R, 15 L 電磁ピックアップセンサ
 16 シフトレバー
 18 その他の原動機負荷
 71 R, 71 L トルク指令演算部
 72 R, 72 L モータ制御演算部
 73 R, 73 L インバータ（スイッチング素子）
 Mr1 モータ目標馬力（第1モータ目標馬力）
 Mr2 モータ目標馬力（電動モータで使用可能な最大馬力）
 Mr3 モータ目標馬力（第2モータ目標馬力）
 Mr モータ目標馬力（第3モータ目標馬力）
 ha 加速馬力
 hb、hc 加速馬力補正值
 Ka 加速馬力補正係数
 N1 第1設定値
 N2 第2設定値（予め定めた値）

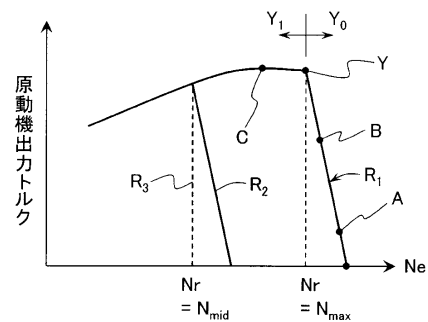
10

20

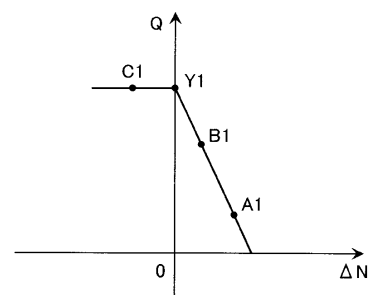
【図1】



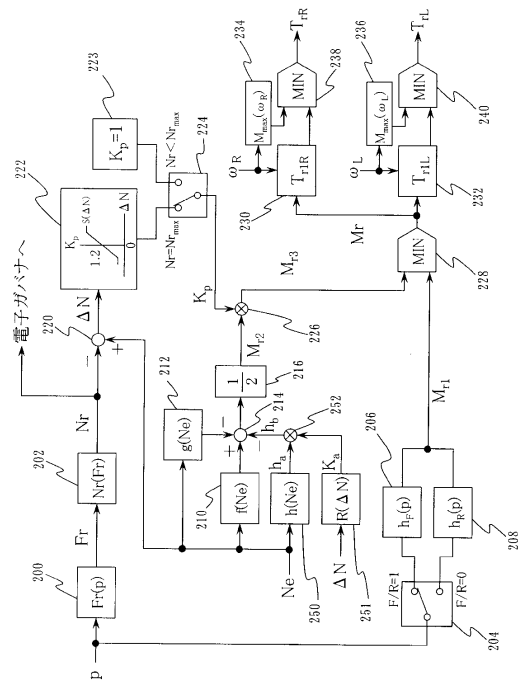
【図2】



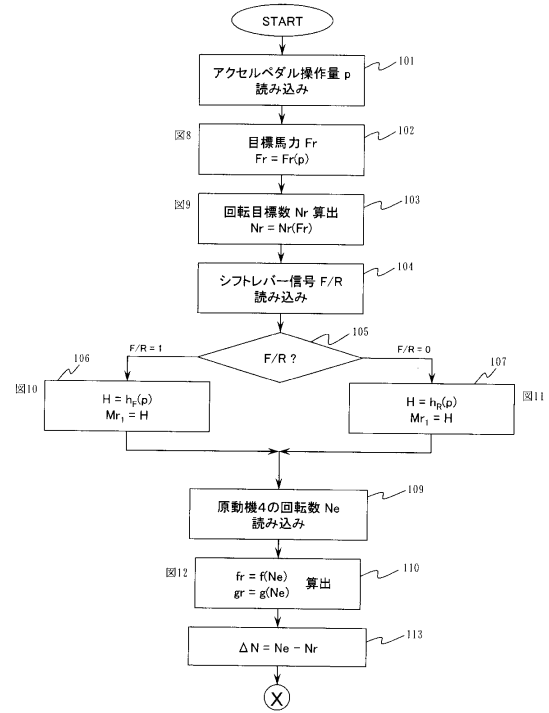
【図3】



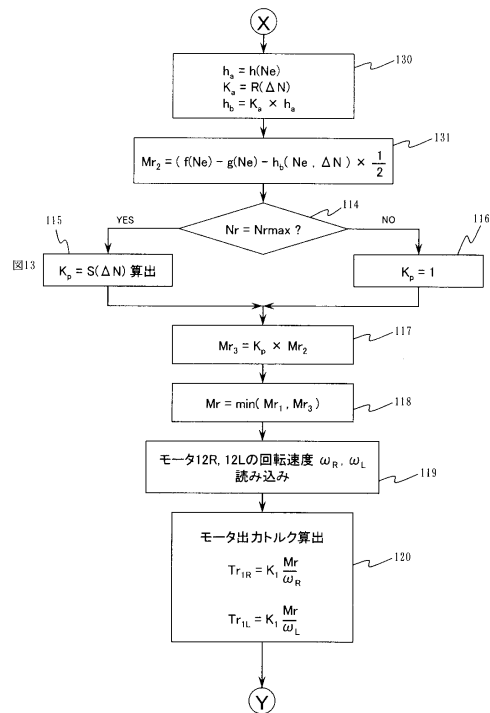
【 図 4 】



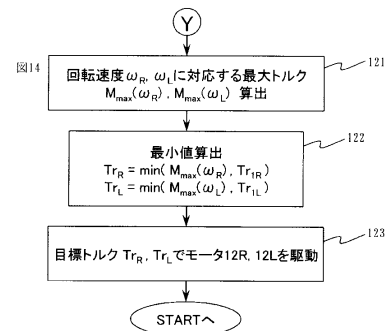
【 図 5 】



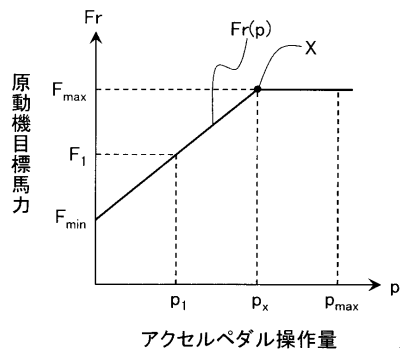
【 図 6 】



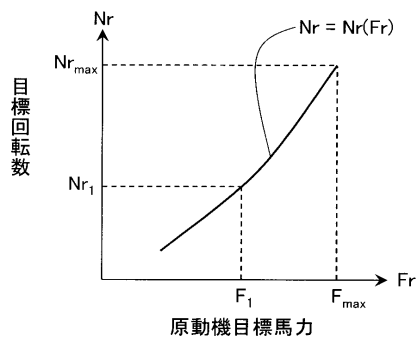
【 図 7 】



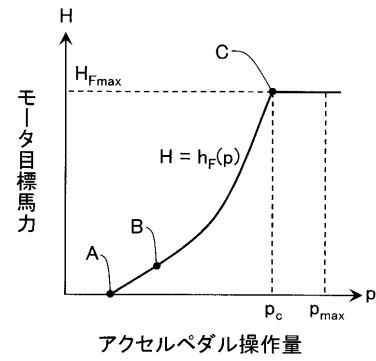
【図 8】



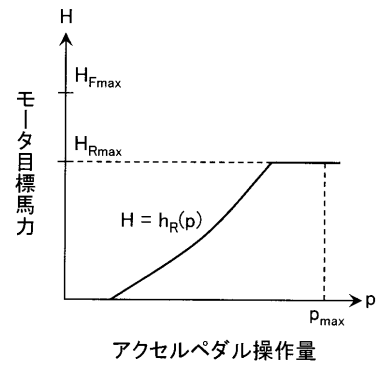
【図 9】



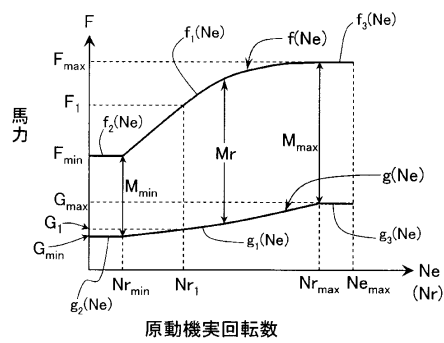
【図 10】



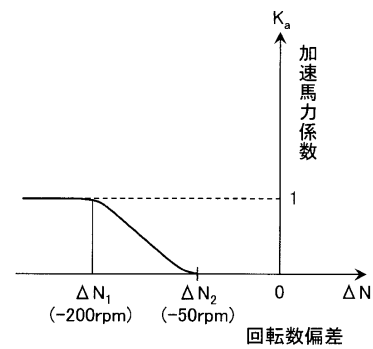
【図 11】



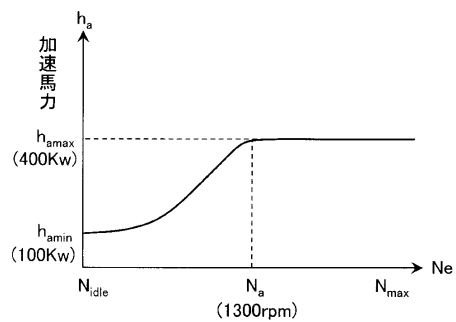
【図 12】



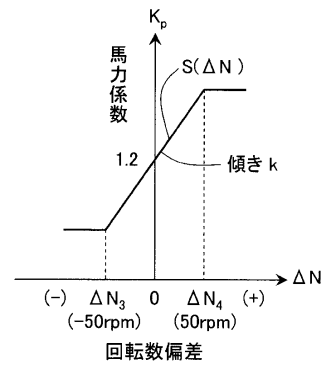
【図 14】



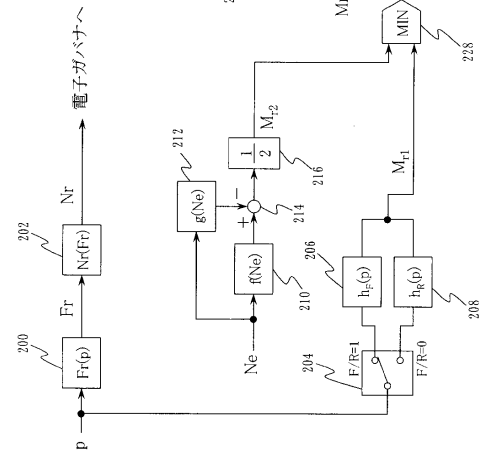
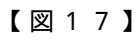
【図 13】



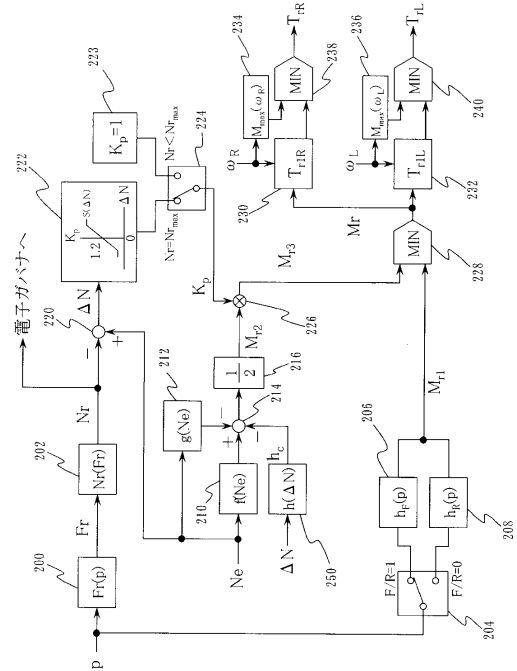
【図 15】



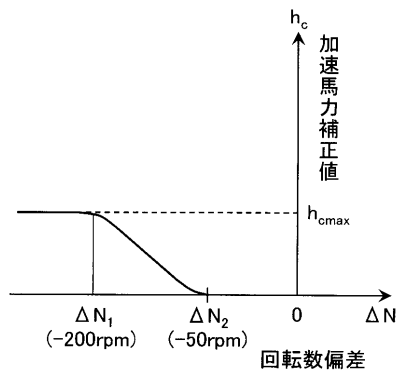
【 図 1 8 】



【 図 2 0 】



【図 2 1】



フロントページの続き

(72)発明者 柳生 隆

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 渡辺 豊

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 竹下 晋司

(56)参考文献 特開平10-051905(JP,A)

特開平10-178705(JP,A)

特開2001-107762(JP,A)

特開2003-143706(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60W 10/00 - 10/30

B60W 20/00

B60K 6/20 - 6/547

B60L 1/00 - 15/42