

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電動的に旋回駆動される建設機械の旋回機構を駆動制御する旋回駆動制御装置であって

、
 前記旋回機構を駆動するための第 1 電動機及び第 2 電動機と、
 前記旋回機構の操作部を介して入力される操作量に基づき、前記第 1 電動機の回転速度を制御するための速度指令を出力する速度指令出力部と、
 前記第 1 電動機の回転速度を検出する回転速度検出部と、
 前記速度指令出力部から出力される速度指令と、前記回転速度検出部によって検出される回転速度とに基づき、前記第 1 電動機を駆動するための駆動指令を生成する駆動指令生成部と、
 前記駆動指令生成部によって生成される駆動指令を用いて前記第 1 電動機を駆動制御する第 1 駆動制御部と、
 前記駆動指令生成部によって生成される駆動指令を用いて前記第 2 電動機を駆動制御する第 2 駆動制御部と
 を含む、旋回駆動制御装置。

10

【請求項 2】

前記第 1 電動機の負荷の度合いを検出する負荷検出部を含み、
 前記第 2 駆動制御部は、前記負荷検出部によって検出される前記第 1 電動機の負荷が所定度合い以下の場合には、前記第 2 電動機の駆動制御を停止させる、請求項 1 に記載の旋回駆動制御装置。

20

【請求項 3】

前記旋回機構と前記第 2 電動機との間に配設される動力伝達機構と、
 前記動力伝達機構を接続状態または遮断状態に切り替える切替制御部と
 を含み、
 前記切替制御部は、前記負荷検出部によって検出される前記第 1 電動機の負荷が所定度合い以下の場合には、前記動力伝達機構を遮断状態に切り替える、請求項 2 に記載の旋回駆動制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の旋回駆動制御装置を含む建設機械。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、建設機械の旋回機構の駆動制御を行う旋回駆動制御装置及びこれを含む建設機械に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、建設機械の上部旋回体を旋回させるための旋回機構の動力源として電動機を備え、この電動機の力行運転で旋回機構を加速するとともに、旋回機構を減速する際に回生運転を行い、発電される電力をバッテリーに充電する建設機械が提案されている。

40

【0003】

このような建設機械は、上部旋回体にブーム、アーム、及びバケット等の作業要素を搭載し、旋回操作に応じて生成される駆動指令で電動機を駆動することにより、上部旋回体の旋回駆動を制御している（例えば、特許文献 1）。

【特許文献 1】特開平 2005 - 299102 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、例えば、70トン級の大型の建設機械では、ブーム、アーム、及びバケット等の作業要素の重量も嵩み、また、バケットで運ぶ土砂等の量も多く作業能力が非常に高

50

いため、この作業能力に応じて高出力の旋回駆動用の電動機を用いる必要がある。高出力の電動機は、大型の永久磁石を有し、巻線の巻回数も多いため、大型で高価である。

【0005】

また、大型の建設機械では、巨大な旋回トルクに対応するために旋回機構自体も大型化させる必要があるため、その周囲に電動機を設置するためのスペースは限られている。

【0006】

これに加えて、高出力の電動機は、インバータ等のドライバも大型化するため、収納スペースの課題はさらに深刻なものとなる。

【0007】

さらに、高出力の電動機は、低負荷時における電動機及びインバータでの電力損失が大きくなるため、低負荷時に効率が低下するという課題もある。

10

【0008】

そこで、本発明は、電動機及びインバータを大型化することなく、大型の建設機械にも搭載可能な旋回駆動制御装置及びこれを含む建設機械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】

【0009】

本発明の一局面の旋回駆動制御装置は、電動的に旋回駆動される建設機械の旋回機構を駆動制御する旋回駆動制御装置であって、前記旋回機構を駆動するための第1電動機及び第2電動機と、前記旋回機構の操作部を介して入力される操作量に基づき、前記第1電動機の回転速度を制御するための速度指令を出力する速度指令出力部と、前記第1電動機の回転速度を検出する回転速度検出部と、前記速度指令出力部から出力される速度指令と、前記回転速度検出部によって検出される回転速度とに基づき、前記第1電動機を駆動するための駆動指令を生成する駆動指令生成部と、前記駆動指令生成部によって生成される駆動指令を用いて前記第1電動機を駆動制御する第1駆動制御部と、前記駆動指令生成部によって生成される駆動指令を用いて前記第2電動機を駆動制御する第2駆動制御部とを含む。

20

【0010】

また、前記第1電動機の負荷の度合いを検出する負荷検出部を含み、前記第2駆動制御部は、前記負荷検出部によって検出される前記第1電動機の負荷が所定度合い以下の場合には、前記第2電動機の駆動制御を停止させてもよい。

30

【0011】

また、前記旋回機構と前記第2電動機との間に配設される動力伝達機構と、前記動力伝達機構を接続状態または遮断状態に切り替える切替制御部とを含み、前記切替制御部は、前記負荷検出部によって検出される前記第1電動機の負荷が所定度合い以下の場合には、前記動力伝達機構を遮断状態に切り替えてもよい。

【0012】

本発明の一局面の建設機械は、前記いずれかに記載の旋回駆動制御装置を含む。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、電動機及びインバータを大型化することなく、大型の建設機械にも搭載可能な旋回駆動制御装置及びこれを含む建設機械を提供できるという特有の効果が得られる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、本発明の旋回駆動制御装置及びこれを含む建設機械を適用した実施の形態について説明する。

【0015】

図1は、本実施の形態の旋回駆動制御装置を含む建設機械を示す側面図である。

【0016】

この建設機械の下部走行体1には、旋回機構2を介して上部旋回体3が搭載されている

50

。また、上部旋回体 3 には、ブーム 4、アーム 5、及びバケット 6 と、これらを油圧駆動するためのブームシリンダ 7、アームシリンダ 8、及びバケットシリンダ 9 に加えて、キャビン 10 及び動力源が搭載される。

【 0 0 1 7 】

[全体構成]

図 2 は、本実施の形態の旋回駆動制御装置を含む建設機械の構成を表すブロック図である。この図 2 では、機械的動力系を二重線、高圧油圧ラインを実線、パイロットラインを破線、電気駆動・制御系を一点鎖線でそれぞれ示す。

【 0 0 1 8 】

機械式駆動部としてのエンジン 11 と、アシスト駆動部としての電動発電機 12 は、ともに増力機としての減速機 13 の入力軸に接続されている。また、この減速機 13 の出力軸には、メインポンプ 14 及びパイロットポンプ 15 が接続されている。メインポンプ 14 には、高圧油圧ライン 16 を介してコントロールバルブ 17 が接続されている。

10

【 0 0 1 9 】

コントロールバルブ 17 は、本実施の形態の建設機械における油圧系の制御を行う制御装置であり、このコントロールバルブ 17 には、下部走行体 1 用の油圧モータ 1A (右用) 及び 1B (左用)、ブームシリンダ 7、アームシリンダ 8、及びバケットシリンダ 9 が高圧油圧ラインを介して接続される。

【 0 0 2 0 】

また、電動発電機 12 には、インバータ 18 を介してバッテリー 19 が接続されており、また、バッテリー 19 には、インバータ 20A 及び 20B を介して旋回用電動機 21A 及び 21B が接続されている。

20

【 0 0 2 1 】

このように、本実施の形態の旋回駆動制御装置を含む建設機械は、旋回駆動用の電動機を 2 つ備えるが、2 つの旋回用電動機 21A 及び 21B の定格出力は、例えば、数十 (W) 程度であり、通常は 20 トン級の建設機械の旋回駆動用の動力源として単独で用いられる電動機である。また、インバータ 20A 及び 20B の容量も旋回用電動機 21A 及び 21B の定格出力に合わせられており、特に大型化はされていない。

【 0 0 2 2 】

旋回用電動機 21A の回転軸 21a には、レゾルバ 22、メカニカルブレーキ 23A、及び旋回減速機 24A が接続される。また、パイロットポンプ 15 には、パイロットライン 25 を介して操作装置 26 が接続される。

30

【 0 0 2 3 】

また、もう一つの旋回用電動機 21B の回転軸 21b には、メカニカルブレーキ 23B、旋回減速機 24B、及びクラッチ 100 が接続される。クラッチ 100 は、旋回用電動機 21B の駆動力の伝達 / 遮断を切り替える動力伝達機構であり、コントローラ 30 によって電氣的に駆動制御が行われる電磁式クラッチである。

【 0 0 2 4 】

操作装置 26 には、油圧ライン 27 及び 28 を介して、コントロールバルブ 17 及び圧力センサ 29 がそれぞれ接続される。この圧力センサ 29 には、本実施の形態の建設機械の電気系の駆動制御を行うコントローラ 30 が接続されている。

40

【 0 0 2 5 】

このような本実施の形態の建設機械は、エンジン 11、電動発電機 12、旋回用電動機 21A 及び 21B を動力源とするハイブリッド型の建設機械である。これらの動力源は、図 1 に示す上部旋回体 3 に搭載される。以下、各部について説明する。

【 0 0 2 6 】

[各部の構成]

エンジン 11 は、例えば、ディーゼルエンジンで構成される内燃機関であり、その出力軸は減速機 13 の一方の入力軸に接続される。このエンジン 11 は、建設機械の運転中は常時運転される。

50

【 0 0 2 7 】

電動発電機 1 2 は、力行運転及び回生運転の双方が可能な電動機であればよい。ここでは、電動発電機 1 2 として、インバータ 1 8 によって交流駆動される電動発電機を示す。この電動発電機 1 2 は、例えば、磁石がロータ内部に埋め込まれた I P M (Interior Permanent Magnetic) モータで構成することができる。電動発電機 1 2 の回転軸は減速機 1 3 の他方の入力軸に接続される。

【 0 0 2 8 】

減速機 1 3 は、2つの入力軸と1つの出力軸を有する。2つの入力軸の各々には、エンジン 1 1 の駆動軸と電動発電機 1 2 の駆動軸が接続される。また、出力軸にはメインポンプ 1 4 の駆動軸が接続される。エンジン 1 1 の負荷が大きい場合には、電動発電機 1 2 が力行運転を行い、電動発電機 1 2 の駆動力が減速機 1 3 の出力軸を経てメインポンプ 1 4 に伝達される。これによりエンジン 1 1 の駆動がアシストされる。一方、エンジン 1 1 の負荷が小さい場合は、エンジン 1 1 の駆動力が減速機 1 3 を経て電動発電機 1 2 に伝達されることにより、電動発電機 1 2 が回生運転による発電を行う。電動発電機 1 2 の力行運転と回生運転の切り替えは、コントローラ 3 0 により、エンジン 1 1 の負荷等に応じて行われる。

10

【 0 0 2 9 】

メインポンプ 1 4 は、コントロールバルブ 1 7 に供給するための油圧を発生するポンプである。この油圧は、コントロールバルブ 1 7 を介して油圧モータ 1 A、1 B、ブームシリンダ 7、アームシリンダ 8、及びバケットシリンダ 9 の各々を駆動するために供給される。

20

【 0 0 3 0 】

パイロットポンプ 1 5 は、油圧操作系に必要なパイロット圧を発生するポンプである。この油圧操作系の構成については後述する。

【 0 0 3 1 】

コントロールバルブ 1 7 は、高圧油圧ラインを介して接続される下部走行体 1 用の油圧モータ 1 A、1 B、ブームシリンダ 7、アームシリンダ 8、及びバケットシリンダ 9 の各々に供給する油圧を運転者の操作入力に応じて制御することにより、これらを油圧駆動制御する油圧制御装置である。

【 0 0 3 2 】

インバータ 1 8 は、電動発電機 1 2 の力行運転に必要な電力をバッテリー 1 9 から電動発電機 1 2 に供給するとともに、電動発電機 1 2 の回生運転によって発電された電力をバッテリー 1 9 に充電するために電動発電機 1 2 とバッテリー 1 9 との間に設けられたインバータである。

30

【 0 0 3 3 】

バッテリー 1 9 は、インバータ 1 8、インバータ 2 0 A 及び 2 0 B の間に配設されている。これにより、電動発電機 1 2、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の少なくともいずれかが力行運転を行っている際には、力行運転に必要な電力を供給するとともに、また、少なくともいずれかが回生運転を行っている際には、回生運転によって発生した回生電力を電気エネルギーとして蓄積するための電源である。

40

【 0 0 3 4 】

インバータ 2 0 A は、旋回用電動機 2 1 A とバッテリー 1 9 との間に設けられ、コントローラ 3 0 からの指令に基づき、旋回用電動機 2 1 A に対して運転制御を行う。これにより、インバータが旋回用電動機 2 1 A の力行運転を制御している際には、必要な電力をバッテリー 1 9 から旋回用電動機 2 1 A に供給する。また、旋回用電動機 2 1 A が回生運転をしている際には、旋回用電動機 2 1 A により発電された電力をバッテリー 1 9 へ充電する。

【 0 0 3 5 】

同様に、インバータ 2 0 B は、旋回用電動機 2 1 B とバッテリー 1 9 との間に設けられ、コントローラ 3 0 からの指令に基づき、旋回用電動機 2 1 B に対して運転制御を行う。これにより、インバータが旋回用電動機 2 1 B の力行運転を制御している際には、必要な電

50

力をバッテリー 19 から旋回用電動機 2 1 B に供給する。また、旋回用電動機 2 1 B が回生運転をしている際には、旋回用電動機 2 1 B により発電された電力をバッテリー 19 へ充電する。

【 0 0 3 6 】

旋回用電動機 2 1 A は、力行運転及び回生運転の双方が可能な電動機であればよく、上部旋回体 3 の旋回機構 2 を駆動するために設けられている。力行運転の際には、旋回用電動機 2 1 A の回転駆動力の回転力が旋回減速機 2 4 A にて増幅され、上部旋回体 3 が加減速制御され回転運動を行う。また、上部旋回体 3 の慣性回転により、旋回減速機 2 4 にて回転数が増加されて旋回用電動機 2 1 A に伝達され、回生電力を発生させることができる。ここでは、旋回用電動機 2 1 A として、PWM (Pulse Width Modulation) 制御信号によりインバータ 2 0 A によって交流駆動される電動機を示す。この旋回用電動機 2 1 A は、例えば、磁石埋込型の IPM モータで構成することができる。これにより、より大きな誘導起電力を発生させることができるので、回生時に旋回用電動機 2 1 A にて発電される電力を増大させることができる。

10

【 0 0 3 7 】

同様に、旋回用電動機 2 1 B は、力行運転及び回生運転の双方が可能な電動機であればよく、旋回用電動機 2 1 A とともに上部旋回体 3 の旋回機構 2 を駆動するために設けられている。この旋回用電動機 2 1 B は、旋回用電動機 2 1 A とともに旋回機構 2 に接続されており、旋回機構 2 は、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の駆動力によって旋回駆動される。

20

【 0 0 3 8 】

このため、旋回用電動機 2 1 B の力行運転の際には、旋回用電動機 2 1 B の回転駆動力の回転力が旋回減速機 2 4 B にて増幅され、上部旋回体 3 が加減速制御され回転運動を行う。

【 0 0 3 9 】

ただし、旋回減速機 2 4 B と旋回機構 2 との間には、クラッチ 1 0 0 が設けられているため、コントローラ 3 0 によって、旋回用電動機 2 1 A の駆動力だけで足りると判定された場合は、クラッチ 1 0 0 が遮断状態に切り替えられ、旋回用電動機 2 1 B の駆動は停止される。

【 0 0 4 0 】

また、旋回用電動機 2 1 A と同様に、上部旋回体 3 の慣性回転により、旋回減速機 2 4 にて回転数が増加されて旋回用電動機 2 1 B に伝達され、回生電力を発生させることができる。ここでは、旋回用電動機 2 1 B として、旋回用電動機 2 1 A と同様に PWM 制御信号によりインバータ 2 0 B によって交流駆動される電動機を示す。この旋回用電動機 2 1 B は、旋回用電動機 2 1 A と同一の磁石埋込型の IPM モータで構成することができる。

30

【 0 0 4 1 】

なお、バッテリー 19 の充放電制御は、バッテリー 19 の充電状態、電動発電機 1 2 の運転状態（力行運転又は回生運転）、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の運転状態（力行運転又は回生運転）に基づき、コントローラ 3 0 によって行われる。

【 0 0 4 2 】

クラッチ 1 0 0 は、旋回用電動機 2 1 B の駆動力の伝達 / 遮断を切り替える動力伝達機構であり、コントローラ 3 0 によって電氣的に駆動制御が行われる電磁式クラッチである。このクラッチ 1 0 0 は、コントローラ 3 0 によって、旋回用電動機 2 1 A の駆動力だけで足りると判定された場合は、遮断状態に切り替えられる。また、旋回用電動機 2 1 A が回生運転を行う場合には、旋回用電動機 2 1 B でも回生運転を行わせるために、クラッチ 1 0 0 は接続される。

40

【 0 0 4 3 】

図 3 は、本実施の形態の旋回駆動制御装置を含む建設機械において、旋回機構 2、旋回用電動機 2 1 A、2 1 B、及び旋回減速機 2 4 A、2 4 B の位置関係を示す斜視透視図である。この図 3 に示すように、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B には旋回減速機 2 4 A 及び

50

2 4 B が接続されており、この旋回減速機 2 4 A 及び 2 4 B と旋回機構 2 はギアが噛み合
って動力を伝達可能に配設されている。

【 0 0 4 4 】

旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B が力行運転を行うと、駆動力が旋回減速機 2 4 A 及び 2
4 B で減速され（増力され）、旋回機構 2 に伝達され、これにより上部旋回体 3 が右旋回
方向または左旋回方向に旋回される。

【 0 0 4 5 】

また、上部旋回体 3 が減速される際は、上部旋回体 3 の旋回力が旋回機構 2 を介して旋
回減速機 2 4 A 及び 2 4 B に伝達され、これによって旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B が駆
動され、回生運転が行われる。

10

【 0 0 4 6 】

図 2 に戻り、レゾルバ 2 2 は、旋回用電動機 2 1 A の回転軸 2 1 a の回転位置及び回転
角度を検出するセンサであり、旋回用電動機 2 1 A と機械的に連結することで旋回用電動
機 2 1 A の回転前の回転軸 2 1 a の回転位置と、左回転又は右回転した後の回転位置との
差を検出することにより、回転軸 2 1 a の回転角度及び回転方向を検出するように構成さ
れている。旋回用電動機 2 1 A の回転軸 2 1 a の回転角度を検出することにより、旋回機
構 2 の回転角度及び回転方向が導出される。

【 0 0 4 7 】

メカニカルブレーキ 2 3 A 及び 2 3 B は、機械的な制動力を発生させる制動装置であり
、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の回転軸 2 1 a 及び 2 1 b をそれぞれ機械的に停止させ
る。このメカニカルブレーキ 2 3 A 及び 2 3 B は、電磁式スイッチにより制動 / 解除が切
り替えられる。この切り替えは、コントローラ 3 0 によって行われる。

20

【 0 0 4 8 】

旋回減速機 2 4 A 及び 2 4 B は、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の回転軸 2 1 a 及び 2
1 b の回転速度を減速して旋回機構 2 に機械的に伝達する減速機である。

【 0 0 4 9 】

旋回機構 2 は、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B のメカニカルブレーキ 2 3 A 及び 2 3 B
が解除された状態で旋回可能となり、これにより、上部旋回体 3 が左方向又は右方向に旋
回される。

【 0 0 5 0 】

30

操作装置 2 6 は、旋回用電動機 2 1 A、旋回用電動機 2 1 B、下部走行体 1、ブーム 4
、アーム 5、及びパケット 6 を操作するための操作装置であり、レバー 2 6 A 及び 2 6 B
とペダル 2 6 C を含む。レバー 2 6 A は、旋回用電動機 2 1 A、2 1 B 及びアーム 5 を操
作するためのレバーであり、上部旋回体 3 の運転席近傍に設けられる。レバー 2 6 B は、
ブーム 4 及びパケット 6 を操作するためのレバーであり、運転席近傍に設けられる。また
、ペダル 2 6 C は、下部走行体 1 を操作するための一対のペダルであり、運転席の足下に
設けられる。

【 0 0 5 1 】

この操作装置 2 6 は、パイロットライン 2 5 を通じて供給される油圧（1 次側の油圧）
を運転者の操作量に応じた油圧（2 次側の油圧）に変換して出力する。操作装置 2 6 から
出力される 2 次側の油圧は、油圧ライン 2 7 を通じてコントロールバルブ 1 7 に供給され
るとともに、圧力センサ 2 9 によって検出される。

40

【 0 0 5 2 】

レバー 2 6 A 及び 2 6 B とペダル 2 6 C の各々が操作されると、油圧ライン 2 7 を通じ
てコントロールバルブ 1 7 が駆動され、これにより、油圧モータ 1 A、1 B、ブームシリ
ンダ 7、アームシリンダ 8、及びパケットシリンダ 9 内の油圧が制御されることによっ
て、下部走行体 1、ブーム 4、アーム 5、及びパケット 6 が駆動される。

【 0 0 5 3 】

なお、油圧ライン 2 7 は、油圧モータ 1 A 及び 1 B、ブームシリンダ 7、アームシリ
ンダ 8、及びパケットシリンダの駆動に必要な油圧をコントロールバルブに供給する。

50

【 0 0 5 4 】

圧力センサ 2 9 では、レバー 2 6 A の操作による、油圧ライン 2 8 内の油圧の変化が圧力センサ 2 9 で検出される。圧力センサ 2 9 は、油圧ライン 2 8 内の油圧を表す電気信号を出力する。この電気信号は、レバー 2 6 A の操作方向（右旋回又は左旋回）と操作量を表す信号であり、コントローラ 3 0 に入力される。

【 0 0 5 5 】

[コントローラ 3 0]

コントローラ 3 0 は、本実施の形態の建設機械の駆動制御を行う制御装置であり、速度指令変換部 3 1、駆動制御装置 3 2、及び旋回駆動制御装置 4 0 を含む。このコントローラ 3 0 は、C P U (Central Processing Unit) 及び内部メモリを含む演算処理装置で構成され、速度指令変換部 3 1、駆動制御装置 3 2、及び旋回駆動制御装置 4 0 は、コントローラ 3 0 の C P U が内部メモリに格納される駆動制御用のプログラムを実行することにより、
実現される装置である。

10

【 0 0 5 6 】

速度指令変換部 3 1 は、圧力センサ 2 9 から入力される信号を速度指令に変換する演算処理部である。これにより、レバー 2 6 A の操作量は、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B を回転駆動させるための速度指令 (rad/s) に変換される。この速度指令は、駆動制御装置 3 2 及び旋回駆動制御装置 4 0 に入力される。なお、この速度指令変換部 3 1 で用いる変換特性については、図 4 を用いて説明する。

20

【 0 0 5 7 】

駆動制御装置 3 2 は、電動発電機 1 2 の運転制御（力行運転又は回生運転の切り替え）及び、バッテリー 1 9 の充放電制御を行うための制御装置である。この駆動制御装置 3 2 は、エンジン 1 1 の負荷の状態とバッテリー 1 9 の充電状態に応じて、電動発電機 1 2 の力行運転と回生運転を切り替える。駆動制御装置 3 2 は、電動発電機 1 2 の力行運転と回生運転を切り替えることにより、インバータ 1 8 を介してバッテリー 1 9 の充放電制御を行う。

【 0 0 5 8 】

[操作量 / 速度指令の変換特性]

図 4 は、本実施の形態の建設機械の速度指令変換部 3 1 において操作レバー 2 6 A の操作量を速度指令（上部旋回体 3 を旋回させるために旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B を回転させるための速度指令）に変換する変換特性を示す図である。この変換特性は、操作レバー 2 6 A の操作量に応じて、不感帯領域、零速度指令領域（左旋回用及び右旋回用）、左方向旋回駆動領域、及び右方向旋回駆動領域の 5 つの領域に区分される。

30

【 0 0 5 9 】

ここで、本実施の形態の建設機械の制御系では、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の回転軸 2 1 a 及び 2 1 b が反時計回りに回転する回転方向を「正転」と称し、正転方向の駆動を表す制御量に正の符号を付す。一方、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の回転軸 2 1 a 及び 2 1 b が時計回りに回転する回転方向を「逆転」と称し、逆転方向の駆動を表す制御量に負の符号を付す。正転は、上部旋回体 3 の右方向への旋回に対応し、逆転は、上部旋回体の左方向への旋回に対応する。

40

【 0 0 6 0 】

[不感帯領域]

この変換特性に示すように、不感帯領域は、レバー 2 6 A の中立点付近に設けられている。この不感帯領域では、速度指令変換部 3 1 から速度指令は出力されず、旋回駆動制御装置 4 0 による旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の駆動制御は行われない。また、不感帯領域では、メカニカルブレーキ 2 3 A 及び 2 3 B によって旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B が機械的に停止された状態となる。

【 0 0 6 1 】

従って、レバー 2 6 A の操作量が不感帯領域内にある間は、メカニカルブレーキ 2 3 A

50

及び 2 3 B によって旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B が機械的に停止され、これにより、上部旋回体 3 が機械的に停止された状態となる。

【 0 0 6 2 】

[零速度指令領域]

零速度指令領域は、レバー 2 6 A の操作方向における不感帯領域の両外側に設けられている。この零速度指令領域は、不感帯領域における上部旋回体 3 の停止状態と、左右方向の旋回駆動領域における旋回状態とを切り替える際に操作性を良くするために設けられる緩衝領域である。

【 0 0 6 3 】

操作レバー 2 6 A の操作量がこの零速度指令領域の範囲内にあるときは、速度指令変換部 3 1 から零速度指令が出力され、メカニカルブレーキ 2 3 A 及び 2 3 B は解除された状態となる。

【 0 0 6 4 】

ここで、零速度指令とは、上部旋回体 3 の旋回速度を零にするために、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の回転軸 2 1 a 及び 2 1 b の回転速度を零にするための速度指令であり、後述する P I (Proportional Integral) 制御では、回転軸 2 1 a 及び 2 1 b の回転速度を零に近づけるための目標値として用いられる。

【 0 0 6 5 】

なお、メカニカルブレーキ 2 3 A 及び 2 3 B の制動 (オン) / 解除 (オフ) の切り替えは、不感帯領域と零速度指令領域の境界においてコントローラ 3 0 内の旋回駆動制御装置 4 0 によって行われる。

【 0 0 6 6 】

従って、レバー 2 6 A の操作量が零速度指令領域内にある間は、メカニカルブレーキ 2 3 A 及び 2 3 B は解除され、零速度指令により、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の回転軸 2 1 a 及び 2 1 b は停止状態に保持される。これにより、上部旋回体 3 は旋回駆動されずに停止状態に保持される。

【 0 0 6 7 】

[左方向旋回駆動領域]

左方向旋回駆動領域は、上部旋回体 3 を左方向に旋回させるための速度指令が速度指令変換部 3 1 から出力される領域である。

【 0 0 6 8 】

この領域内では、レバー 2 6 A の操作量に応じて、速度指令の絶対値が増大するように設定されている。この速度指令に基づいて旋回駆動制御装置 4 0 で駆動指令が演算され、この駆動指令によって旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B が駆動され、この結果、上部旋回体 3 が左方向に旋回駆動される。

【 0 0 6 9 】

なお、上部旋回体 3 の旋回速度をある一定以下に制限するために、左方向旋回駆動領域における速度指令値は、絶対値が所定の値で制限される。

【 0 0 7 0 】

[右方向旋回駆動領域]

右方向旋回駆動領域は、上部旋回体 3 を右方向に旋回させるための速度指令が速度指令変換部 3 1 から出力される領域である。

【 0 0 7 1 】

この領域内では、レバー 2 6 A の操作量に応じて、速度指令の絶対値が増大するように設定されている。この速度指令に基づいて旋回駆動制御装置 4 0 で駆動指令が演算され、この駆動指令によって旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B が駆動され、この結果、上部旋回体 3 が右方向に旋回駆動される。

【 0 0 7 2 】

なお、左方向旋回駆動領域と同様に、右方向旋回駆動領域における速度指令値は、絶対値が所定の値で制限される。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 3 】

なお、コントローラ 30 によって、旋回用電動機 2 1 A の駆動力だけで足りると判定された場合は、クラッチ 1 0 0 が遮断状態に切り替えられるとともに、旋回用電動機 2 1 B を駆動するためのインバータ 2 0 B には速度指令に基づく P W M 制御信号は伝送されなくなる。

【 0 0 7 4 】

[旋回駆動制御装置 4 0]

図 5 は、本実施の形態の旋回駆動制御装置 4 0 の構成を示す制御ブロック図である。

【 0 0 7 5 】

旋回駆動制御装置 4 0 は、インバータ 2 0 A 及び 2 0 B を介して旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の駆動制御を行うための制御装置であり、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B を駆動するための駆動指令を生成する駆動指令生成部 5 0、及び主制御部 6 0 を含む。

10

【 0 0 7 6 】

駆動指令生成部 5 0 には、レバー 2 6 A の操作量に応じて速度指令変換部 3 1 から出力される速度指令が入力され、この駆動指令生成部 5 0 は速度指令に基づき駆動指令を生成する。駆動指令生成部 5 0 から出力される駆動指令はインバータ 2 0 A 及び 2 0 B に入力され、このインバータ 2 0 A 及び 2 0 B から出力される P W M 制御信号によって旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B が交流駆動される。

【 0 0 7 7 】

主制御部 6 0 は、旋回駆動制御装置 4 0 の制御処理に必要な周辺処理を行う制御部である。具体的な処理内容については、関連箇所においてその都度説明する。

20

【 0 0 7 8 】

なお、旋回駆動制御装置 4 0 は、操作レバー 2 6 A の操作量に応じて、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B を駆動制御する際に、力行運転と回生運転の切り替え制御を行うとともに、インバータ 2 0 A 及び 2 0 B を介してバッテリー 1 9 の充放電制御を行う。

【 0 0 7 9 】

[駆動指令生成部 5 0]

駆動指令生成部 5 0 は、減算器 5 1、P I 制御部 5 2、トルク制限部 5 3、トルク制限部 5 4、減算器 5 5、P I 制御部 5 6、切替部 5 7、電流変換部 5 8、及び旋回動作検出部 5 9 を含む。この駆動指令生成部 5 0 の減算器 5 1 には、レバー 2 6 A の操作量に応じた旋回駆動用の速度指令 (rad/s) が入力される。

30

【 0 0 8 0 】

減算器 5 1 は、レバー 2 6 A の操作量に応じた速度指令の値 (以下、速度指令値) から、旋回動作検出部 5 9 によって検出される旋回用電動機 2 1 A の回転速度 (rad/s) を減算して偏差を出力する。この偏差は、後述する P I 制御部 5 2 において、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の回転速度を速度指令値 (目標値) に近づけるための P I 制御に用いられる。

【 0 0 8 1 】

P I 制御部 5 2 は、減算器 5 1 から入力される偏差に基づき、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の回転速度を速度指令値 (目標値) に近づけるように (すなわち、この偏差を小さくするように) P I 制御を行い、そのために必要なトルク電流指令を演算する。生成されたトルク電流指令は、トルク制限部 5 3 に入力される。

40

【 0 0 8 2 】

トルク制限部 5 3 は、レバー 2 6 A の操作量に応じてトルク電流指令の値 (以下、トルク電流指令値) を制限する処理を行う。この制限処理は、レバー 2 6 A の操作量に応じてトルク電流指令値の許容値が緩やかに増大する制限特性に基づいて行われる。P I 制御部 5 2 によって演算されるトルク電流指令値が急激に増大すると制御性が悪化するため、トルク電流指令値を制限することにより、制御性を良好にすることができる。

【 0 0 8 3 】

この制限特性は、レバー 2 6 A の操作量の増大に伴ってトルク電流指令値の許容値 (の

50

絶対値)を緩やかに増大させる特性を有し、上部旋回体3の左方向及び右方向の双方向に旋回する際のトルク電流指令値を制限するための特性を有するものである。制限特性を表すデータは、主制御部60の内部メモリに格納されており、主制御部60のCPUによって読み出され、トルク制限部53に入力される。

【0084】

トルク制限部54は、トルク制限部53から入力されるトルク電流指令によって生じるトルクが旋回用電動機21A及び21Bの許容最大トルク値以下となるように、トルク制限部53から入力されるトルク電流指令値を制限する。このトルク電流指令値の制限は、トルク制限部53と同様に、上部旋回体3の左方向及び右方向の双方向の旋回動作に対して行われる。

10

【0085】

なお、トルク電流指令値を制限するための特性を表すデータは、主制御部60の内部メモリに格納されており、主制御部60のCPUによって読み出され、トルク制限部54に入力される。

【0086】

減算器55は、トルク制限部54から入力されるトルク電流指令値から、電流変換部58の出力値を減算して得る偏差を出力する。この偏差は、後述するPI制御部56及び電流変換部58を含むフィードバックループにおいて、電流変換部58から出力される旋回用電動機21Aの駆動トルクを、トルク制限部54を介して入力されるトルク電流指令値(目標値)によって表されるトルクに近づけるためのPI制御に用いられる。

20

【0087】

PI制御部56は、減算器55から入力される偏差に基づき、この偏差を小さくするようにPI制御を行い、切替部57を介してインバータ20A及び21Bに送る最終的な駆動指令となる電圧指令を生成する。インバータ20Aは、PI制御部56から入力される電圧指令に基づき、旋回用電動機21AをPWM駆動する。また、インバータ20Bは、切替部57によってPI制御部56から入力される電圧指令が入力される場合は、この電圧指令に基づき、旋回用電動機21BをPWM駆動する。

【0088】

切替部57は、PI制御部56から入力される電圧指令の出力先の切替制御を行うために設けられており、その切替は、主制御部60によって行われる。電圧指令の出力先は、「インバータ20Aのみ」、または「インバータ20A及び20Bの両方」のいずれかに切り替えられる。

30

【0089】

この切替部57は、主制御部60によって旋回用電動機21A及び21Bの双方の駆動トルクが必要であると判定された場合には、PI制御部56から入力される電圧指令の出力先をインバータ20A及び20Bの双方に切り替え、主制御部60によって旋回用電動機21Aのみの駆動トルクで足りると判定された場合には、PI制御部56から入力される電圧指令の出力先をインバータ20Aのみに切り替える。

【0090】

電流変換部58は、旋回用電動機21Aのモータ電流を検出し、これをトルク電流指令に相当する値に変換し、減算器55に入力する。

40

【0091】

旋回動作検出部59は、レゾルバ22によって検出される旋回用電動機21Aの回転位置の変化(すなわち上部旋回体3の旋回)を検出するとともに、回転位置の時間的な変化から旋回用電動機21Aの回転速度を微分演算によって導出する。導出された回転速度を表すデータは、減算器51及び主制御部60に入力される。

【0092】

このような構成の駆動指令生成部50において、速度指令変換部31から入力される速度指令に基づき、旋回用電動機21A及び21Bを駆動するためのトルク電流指令が生成され、上部旋回体3が所望の位置まで旋回される。

50

【 0 0 9 3 】

図 6 は、本実施の形態の旋回駆動制御装置における切替部 5 7 及びクラッチ 1 0 0 の制御処理の手順を示す図である。この処理は、主制御部 6 0 によって実行される処理であり、本実施の形態の旋回駆動制御装置が運転されている間は、所定の周期で繰り返し実行される処理である。

【 0 0 9 4 】

主制御部 6 0 は、速度指令変換部 3 1 から入力される速度指令値が表す回転速度と、旋回動作検出部 5 9 から入力される回転速度との偏差に基づき、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の負荷の度合いを判定する。この負荷の度合いに基づいて切替部 5 7 の出力先の切替制御と、クラッチ 1 0 0 の接続 / 遮断制御を行う。旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の力行運転と回生運転の切り替えは、旋回駆動制御装置 4 0 により、速度指令値が表す速度と回転速度との偏差に基づいて行われるが、本実施の形態では、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の負荷が比較的大きい場合には、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の双方で力行運転と回生運転を行う。これは、例えば、バケット 6 に多量の土砂等を積載している場合等、上部旋回体 3 の駆動に大きな駆動力が必要な場合には旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の双方の駆動力を利用して旋回機構 2 を旋回駆動させるためである。また、同様に、バケット 6 に多量の土砂等を積載しながら減速する場合等、上部旋回体 3 の慣性力が大きい場合には、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の双方の発電能力を利用して効率よく発電を行うためである。

【 0 0 9 5 】

また、本実施の形態では、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の負荷が比較的小さい場合には、旋回用電動機 2 1 A のみで力行運転と回生運転を行う。これは、例えば、バケット 6 が空の場合等、上部旋回体 3 の駆動に大きな駆動力が必要ない場合には旋回用電動機 2 1 A のみの駆動力を利用して旋回機構 2 を旋回駆動させるためである。また、同様に、バケット 6 が空の状態が減速する場合等、上部旋回体 3 の慣性力が小さい場合には、旋回用電動機 2 1 A のみの発電能力で発電を賄えるため、旋回用電動機 2 1 A のみを利用して効率よく発電を行うためである。

【 0 0 9 6 】

具体的には、以下のように処理が実行される。

【 0 0 9 7 】

主制御部 6 0 は、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の負荷の度合いが所定度合い以上であるか否かを判定する（ステップ S 1）。ここでは、速度指令変換部 3 1 から入力される速度指令値が表す回転速度と、旋回動作検出部 5 9 から入力される回転速度との偏差を旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の負荷の度合いとして扱い、この偏差が所定度合い以上であるか否かによって判定を行う。なお、この偏差は、速度偏差であるため、所定度合いは、例えば、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の定格出力等を考慮に入れた上で、上述のように力行運転と回生運転において、旋回用電動機 2 1 A のみで旋回駆動できる速度偏差の上限、又は、旋回用電動機 2 1 A のみの回生運転で発電を賄える速度偏差の上限のうち、低い方の値に設定すればよい。

【 0 0 9 8 】

主制御部 6 0 は、偏差が所定度合い以上であると判定した場合は、切替部 5 7 の出力先をインバータ 2 0 A 及び 2 0 B の両方にするとともに、クラッチ 1 0 0 を接続させる（ステップ S 2）。これにより、旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の双方により力行運転又は回生運転が行われる。負荷が大きい場合には 2 つの旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の力行運転による駆動力で上部旋回体 3 を旋回駆動させるためであり、また、負荷が大きい場合には 2 つの旋回用電動機 2 1 A 及び 2 1 B の回生運転で上部旋回体 3 の慣性力を効率よく電気エネルギーに変換するためである。なお、力行運転と回生運転の切り替えは、旋回駆動制御装置 4 0 により、速度指令値が表す速度と回転速度との偏差に基づいて行われる。

【 0 0 9 9 】

また、主制御部 6 0 は、偏差が所定度合い未満であると判定した場合は、切替部 5 7 の

出力先をインバータ 20 A のみに切り替えるとともに、クラッチ 100 を遮断させる（ステップ S3）。これにより、旋回用電動機 21 A のみの力行運転又は回生運転が行われ、旋回機構 2 が駆動される。負荷が小さい場合は、1 つの旋回用電動機 21 A のみの駆動力で上部旋回体 3 を旋回させるためであり、また、負荷が小さい場合には、1 つの旋回用電動機 21 A のみの回生運転で上部旋回体 3 の慣性力を効率よく電気エネルギーに変換するためである。

【0100】

以上の処理は、本実施の形態の旋回駆動制御装置が運転されている間は、所定の周期で繰り返し実行される。

【0101】

このように本実施の形態によれば、旋回駆動用の電動機を 2 つ備え、2 つの旋回用電動機 21 A 及び 21 B の定格出力は、例えば、数十（W）程度であり、通常は 20 トン級の建設機械の旋回駆動用の動力源として単独で用いられる電動機である。また、インバータ 20 A 及び 20 B の容量も旋回用電動機 21 A 及び 21 B の定格出力に合わせた容量である。

【0102】

このため、電動機及びインバータを大型化することなく、例えば 70 トン級のような大型の建設機械にも搭載可能な高効率の旋回駆動制御装置及びこれを含む建設機械を提供することができる。インバータ（20 A、20 B）及び旋回用電動機（21 A、21 B）をそれぞれ 2 つ備えることになるが、建設機械の大型化に伴って大型化されたインバータと旋回用電動機を備えるよりは、搭載スペースは小さくて済み、また、2 つに分かれていることから離れた場所に設置することも可能となる。本実施の形態によれば、以上のように、スペース的な課題を解決することができる。

【0103】

また、旋回用電動機 21 A 及び 21 B やインバータ 20 A 及び 20 B を大型化する必要がないため、電力損失の増大や、大幅なコストアップを生じることなく、作業性を向上させることができる。

【0104】

以上では、旋回用電動機 21 A 及び 21 B がインバータ 20 A 及び 20 B によって PWM 駆動される交流モータであり、その回転速度を検出するために、レゾルバ 22 及び旋回動作検出部 59 を用いる形態について説明したが、旋回用電動機 21 A 及び 21 B は直流モータであってもよい。この場合は、インバータ 20 A、20 B、レゾルバ 22 及び旋回動作検出部 59 が不要となり、回転速度としては直流モータのタコジェネレータで検出される値を用いればよい。

【0105】

また、以上では、トルク電流指令の演算に PI 制御を用いる形態について説明したが、これに代えて、ロバスト制御、適応制御、比例制御、積分制御等を用いてもよい。

【0106】

また、以上では、ハイブリッド型の建設機械を用いて説明したが、旋回機構が電動化されている建設機械であれば、本実施の形態の旋回駆動装置の適用対象は、ハイブリッド型に限定されるものではない。

【0107】

以上、本発明の例示的な実施の形態の旋回駆動制御装置及びこれを含む建設機械について説明したが、本発明は、具体的に開示された実施の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲から逸脱することなく、種々の変形や変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0108】

【図 1】本実施の形態の旋回駆動制御装置を含む建設機械を示す側面図である。

【図 2】本実施の形態の旋回駆動制御装置を含む建設機械の構成を表すブロック図である。

10

20

30

40

50

【図 3】本実施の形態の旋回駆動制御装置を含む建設機械において、旋回機構 2、旋回用電動機 2 1 A、2 1 B、及び旋回減速機 2 4 A、2 4 B の位置関係を示す斜視透視図である。

【図 4】本実施の形態の建設機械の速度指令変換部において操作レバーの操作量を速度指令に変換する変換特性を示す図である。

【図 5】本実施の形態の旋回駆動制御装置の構成を表す制御ブロック図である。

【図 6】本実施の形態の旋回駆動制御装置の許容値切替部の判定部によって実行されるトルク許容値の切り替え処理の手順を示す図である。

【符号の説明】

【 0 1 0 9 】

10

1 下部走行体
1 A、1 B 油圧モータ

2 旋回機構
3 上部旋回体

4 ブーム
5 アーム

6 バケット
7 ブームシリンダ
8 アームシリンダ

9 バケットシリンダ

20

1 0 キャビン
1 1 エンジン

1 2 電動発電機
1 3 減速機

1 4 メインポンプ
1 5 パイロットポンプ

1 6 高圧油圧ライン
1 7 コントロールバルブ

1 8 インバータ
1 9 バッテリ

30

2 0 A、2 0 B インバータ
2 1 A、2 1 B 旋回用電動機

2 1 a、2 1 b 回転軸
2 2 レゾルバ

2 3 A、2 3 B メカニカルブレーキ
2 4 A、2 4 B 旋回減速機

2 5 パイロットライン
2 6 操作装置

2 6 A、2 6 B レバー
2 6 C ペダル

40

2 7 油圧ライン
2 8 油圧ライン

2 9 圧力センサ
3 0 コントローラ

3 1 速度指令変換部
3 2 駆動制御装置

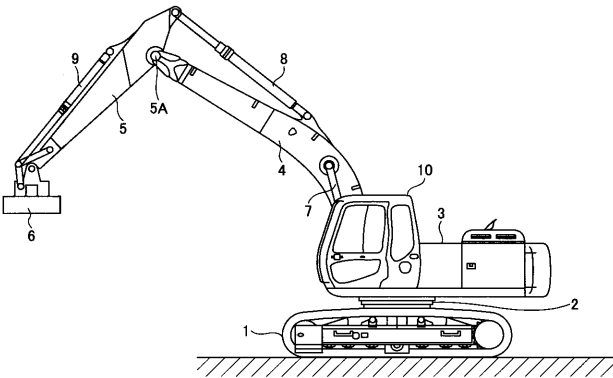
4 0 旋回駆動制御装置
5 0 駆動指令生成部

5 1 減算器
5 2 P I 制御部

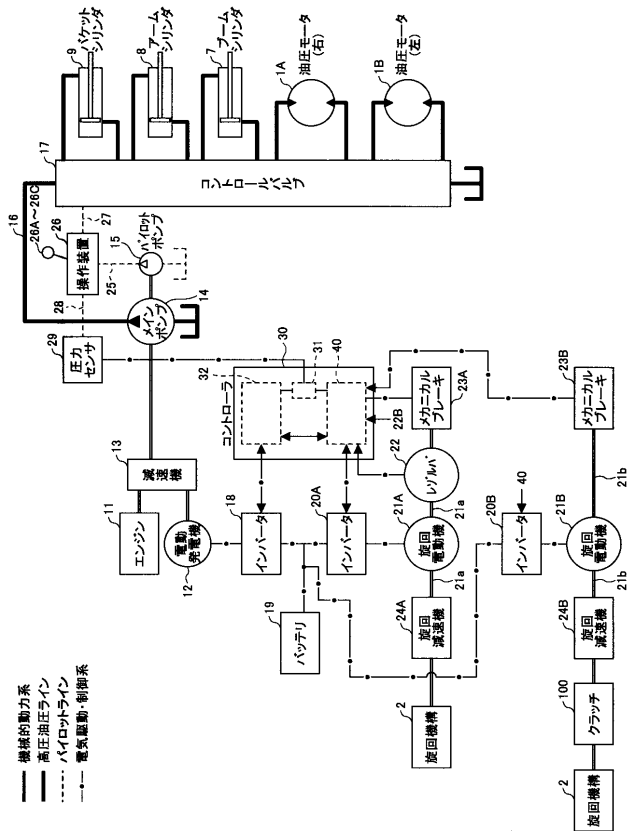
50

- 5 3 トルク制限部
- 5 4 トルク制限部
- 5 5 減算器
- 5 6 P I 制御部
- 5 7 切替部
- 5 8 電流変換部
- 5 9 旋回動作検出部
- 6 0 主制御部
- 1 0 0 クラッチ

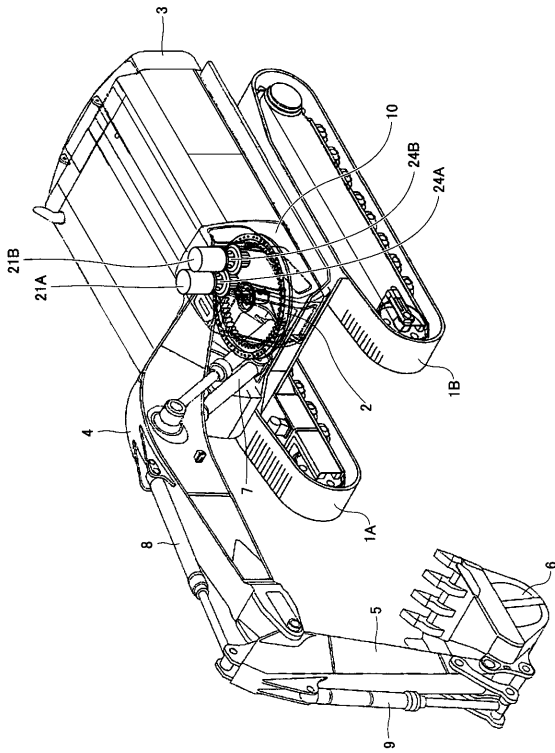
【 図 1 】



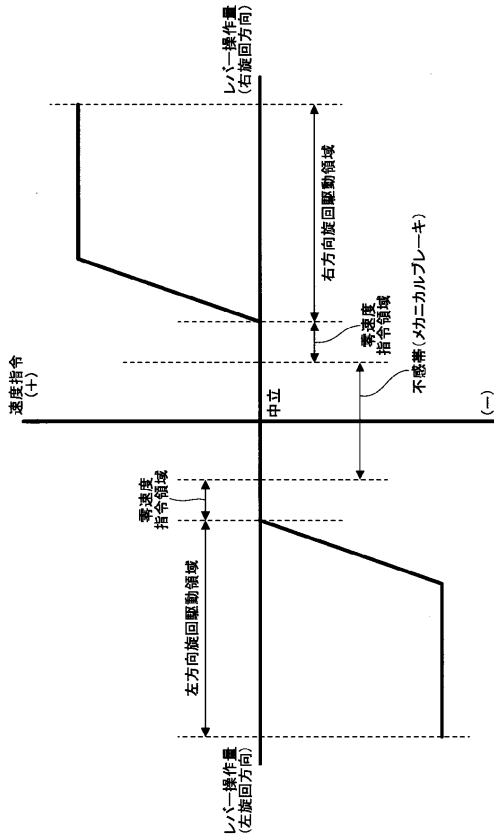
【 図 2 】



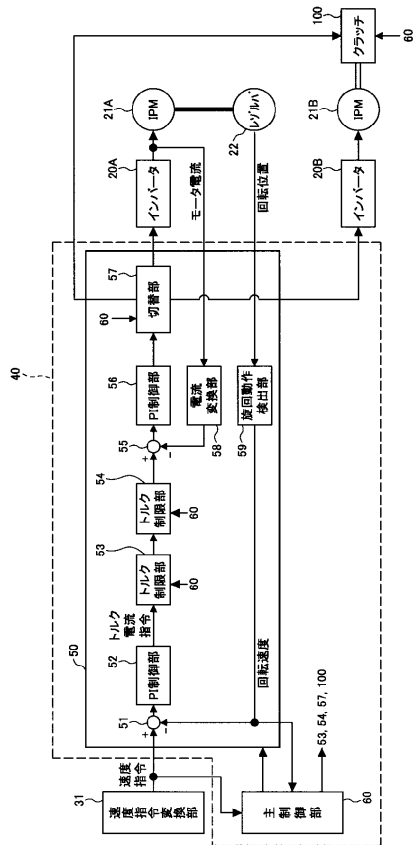
【図3】



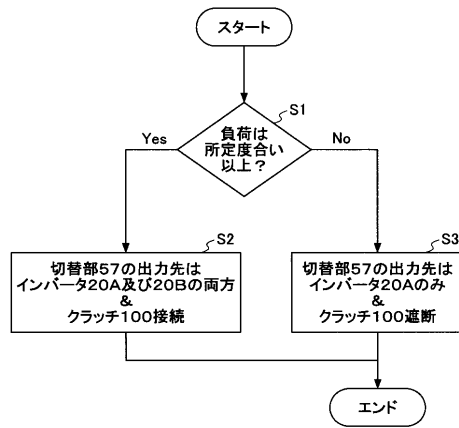
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H572 AA20 BB03 CC04 DD01 FF06 GG02 GG03 HB07 HC09 JJ24
LL01 LL22 LL31 LL49