(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2024-154588
(P2024-154588A)
(43)公開日　令和6年10月31日(2024.10.31)

(51)国際特許分類			FI			テーマコード（参考）
F04B	*49/06*	*(2006.01)*	F04B	49/06	321A	3H145
F04B	*49/08*	*(2006.01)*	F04B	49/08	321	

審査請求　未請求　請求項の数　6　ＯＬ　（全12頁）

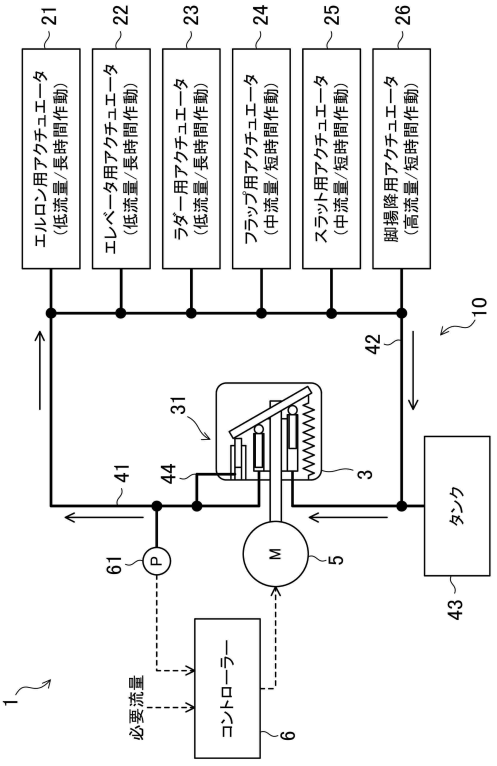
(21)出願番号　特願2023-68491(P2023-68491)
(22)出願日　令和5年4月19日(2023.4.19)

(71)出願人　000183369
住友精密工業株式会社
兵庫県尼崎市扶桑町１番１０号
(74)代理人　110001427
弁理士法人前田特許事務所
(72)発明者　長谷川 和臣
兵庫県尼崎市扶桑町１番１０号 住友精密工業株式会社内

Ｆターム（参考）　3H145　AA04 AA24 AA32 BA12 BA31 CA03 CA06 DA05 DA25 EA13 EA14 EA33 EA34 EA42 GA03

(54)【発明の名称】　油圧システム、及び、油圧システムの制御方法

(57)【要約】
【課題】流量の制御範囲が広い電動の油圧システムを提供する。
【解決手段】油圧システム１は、油圧機器（２１～２６）へ作動油を供給する可変容量ポンプ３と、可変容量ポンプを駆動する電気モータ５と、可変容量ポンプの運転を制御するコントローラー６と、油圧機器へ供給される作動油の供給流量に関係する計測信号を、コントローラーへ出力するセンサ（圧力センサ６１）と、を備え、可変容量ポンプは、供給路における作動油の圧力を受けることによりポンプ容量を変更する機械式のコンペンセーター３１を有し、コントローラーは、センサの計測信号に基づいて、供給流量が油圧機器の必要流量を下回る場合に、電気モータの回転速度を高める制御信号を出力し、供給流量が、油圧機器の必要流量を上回る場合に、電気モータの回転速度を下げる制御信号を出力する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
供給路を介して少なくとも一の油圧機器に接続されかつ、前記供給路を通じて前記油圧機器へ作動油を供給する可変容量ポンプと、
前記可変容量ポンプに連結されかつ、前記可変容量ポンプを駆動する電気モータと、
前記電気モータに電気的に接続されかつ、前記電気モータへの制御信号の出力を通じて前記可変容量ポンプの運転を制御するコントローラーと、
前記油圧機器へ供給される作動油の供給流量に関係する計測信号を、前記コントローラーへ出力するセンサと、を備え、
前記可変容量ポンプは、前記供給路における作動油の圧力を受けることによりポンプ容量を変更する機械式のコンペンセーターを有し、
前記コントローラーは、前記センサの計測信号に基づいて、前記供給流量が、前記油圧機器の必要流量を下回る場合に、前記電気モータの回転速度を高める制御信号を出力し、前記供給流量が、前記油圧機器の必要流量を上回る場合に、前記電気モータの回転速度を下げる制御信号を出力する、油圧システム。
【請求項２】
請求項１に記載の油圧システムにおいて、
前記コントローラーは、前記可変容量ポンプの吐出流量が低い低流量域において、前記電気モータの回転速度を低速の第１速度にし、前記低流量域よりも前記吐出流量が高い高流量域において、前記電気モータの回転速度を前記第１速度よりも高速でかつ、前記必要流量が高くなるに従い高くし、
前記可変容量ポンプのポンプ容量は、前記低流量域において、前記必要流量が高くなるに従い前記コンペンセーターによって大きくなり、前記高流量域において、最大である、油圧システム。
【請求項３】
請求項２に記載の油圧システムにおいて、
前記コントローラーは、前記可変容量ポンプの吐出流量を、前記低流量域から前記高流量域までの全域にわたって、連続的に高める、油圧システム。
【請求項４】
請求項１～３のいずれか１項に記載の油圧システムにおいて、
前記油圧機器は、航空機における、フライトコントロールアクチュエータと、離着陸用アクチュエータとを含んでいる、油圧システム。
【請求項５】
請求項４に記載の油圧システムにおいて、
前記コントローラーは、
前記フライトコントロールアクチュエータが動きかつ、前記離着陸用アクチュエータが動かない前記航空機の飛行中は、前記電気モータの回転速度を低速の第１速度にし、
前記フライトコントロールアクチュエータ、及び、前記離着陸用アクチュエータが動く前記航空機の離着陸時は、前記電気モータの回転速度を前記第１速度よりも高速でかつ、前記必要流量が高くなるに従い高くする、油圧システム。
【請求項６】
油圧システムの制御方法であって、
前記油圧システムは、
供給路を介して少なくとも一の油圧機器に接続されかつ、前記供給路を通じて前記油圧機器へ作動油を供給する可変容量ポンプであって、前記供給路における作動油の圧力を受けることによりポンプ容量を変更する機械式のコンペンセーターを有する可変容量ポンプと、
前記可変容量ポンプに連結されかつ、前記可変容量ポンプを駆動する電気モータと、
前記電気モータに電気的に接続されかつ、前記電気モータへの制御信号の出力を通じて前記可変容量ポンプの運転を制御するコントローラーと、

前記油圧機器へ供給される作動油の供給流量に関係する計測信号を、前記コントローラーへ出力するセンサと、を備え、
前記可変容量ポンプの吐出流量が低い低流量域において、前記コントローラーが、前記電気モータの回転速度を低速の第１速度にしかつ、前記可変容量ポンプが、前記コンペンセーターによって、前記油圧機器の必要流量が高くなるに従い前記ポンプ容量を大きくし、
前記低流量域よりも前記吐出流量が高い高流量域において、前記可変容量ポンプが、前記コンペンセーターによって、前記ポンプ容量を最大にしかつ、前記コントローラーが、前記センサの計測信号に基づいて、前記電気モータの回転速度を前記第１速度よりも高速でかつ、前記必要流量が高くなるに従い高くする、油圧システムの制御方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
ここに開示する技術は、油圧システム、及び、油圧システムの制御方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
特許文献１には、例えば射出成形機といった産業機械の技術分野において使用される油圧システムが記載されている。この従来の油圧システムは、アクチュエータへ作動油を供給する可変容量型の斜板式ポンプを備えている。当該システムの制御装置は、ポンプを駆動するサーボモータの回転速度の制御と、斜板式ポンプの斜板の角度調整によるポンプ容量の変更制御との両方を実行する。
【０００３】
制御装置は、第１、第２、及び第３モードを切り替える。第１モードにおいて制御装置は、斜板式ポンプのポンプ容量を小容量に固定し、指令流量に応じてサーボモータの回転速度を変更する。第２モードにおいて制御装置は、サーボモータの回転速度を低速に固定し、指令流量に応じて斜板式ポンプのポンプ容量を変更する。第３モードにおいて制御装置は、斜板式ポンプのポンプ容量を最大容量に固定し、指令流量に応じてサーボモータの回転速度を変更する。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特許第５１４３６１９号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
ところで、航空機には、エルロン用アクチュエータ、フラップ用アクチュエータ、又は、ギヤアクチュエータといった、様々な油圧アクチュエータが搭載されている。航空機の油圧システムにおける集中油圧源が、これらの油圧アクチュエータのそれぞれへ作動油を供給している。
【０００６】
近年、航空機の電動化が進められている。従来の油圧システムは、エンジンの動力を利用していたが、エンジンに代えて、定速の電気モータと可変容量ポンプとを、油圧システムの油圧源に用いることが検討されている。可変容量ポンプは、各油圧アクチュエータの動作に必要な作動油の流量に応じて吐出流量を変える。可変容量ポンプが、例えば吐出圧力に応じてポンプ容量を自動的に変更する機械式のコンペンセーターを有するポンプであれば、油圧システムは簡略化できる。
【０００７】
ところが、定速の電気モータと可変容量ポンプとを用いた油圧システムでは、ポンプ容量が最大容量になれば、可変容量ポンプの吐出流量をそれ以上に高めることができないという問題がある。つまり、この油圧システムは、流量の制御範囲が狭い。

【０００８】
ここに開示する技術は、流量の制御範囲が広い電動の油圧システムを実現する。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
ここに開示する技術は、油圧システムに係る。この油圧システムは、
供給路を介して少なくとも一の油圧機器に接続されかつ、前記供給路を通じて前記油圧機器へ作動油を供給する可変容量ポンプと、
前記可変容量ポンプに連結されかつ、前記可変容量ポンプを駆動する電気モータと、
前記電気モータに電気的に接続されかつ、前記電気モータへの制御信号の出力を通じて前記可変容量ポンプの運転を制御するコントローラーと、
前記油圧機器へ供給される作動油の供給流量に関係する計測信号を、前記コントローラーへ出力するセンサと、を備え、
前記可変容量ポンプは、前記供給路における作動油の圧力を受けることによりポンプ容量を変更する機械式のコンペンセーターを有し、
前記コントローラーは、前記センサの計測信号に基づいて、前記供給流量が、前記油圧機器の必要流量を下回る場合に、前記電気モータの回転速度を高める制御信号を出力し、前記供給流量が、前記油圧機器の必要流量を上回る場合に、前記電気モータの回転速度を下げる制御信号を出力する。
【００１０】
油圧システムは、油圧機器へ作動油を供給するシステムである。油圧機器は、油圧アクチュエータ、及び／又は、油圧モータである。
【００１１】
油圧システムは、可変容量ポンプと、電気モータとを備える。可変容量ポンプは、例えば可変容量の斜板式ポンプであってもよい。可変容量ポンプは、例えば可変容量の斜軸式ポンプであってもよい。可変容量ポンプは、例えば可変容量のベーンポンプであってもよい。
【００１２】
可変容量ポンプは、機械式のコンペンセーターを有している。コンペンセーターは、供給路における作動油の圧力に応じて、ポンプ容量を変更する。可変容量ポンプのポンプ容量はコンペンセーターによって自動的に変更され、コントローラーが可変容量ポンプのポンプ容量を変更しないため、油圧システムが簡略化できる。
【００１３】
電気モータは、例えばサーボモータであってもよい。コントローラーは、サーボコントローラーであってもよい。コントローラーは、電気モータの制御を通じて、可変容量ポンプの運転を、より具体的には回転速度を、制御する。
【００１４】
センサは、油圧機器へ供給される作動油の供給流量に関係する計測信号を出力する。センサは、例えば供給路に設置されかつ、供給路における作動油の圧力を計測する圧力センサであってもよい。供給路における作動油の圧力は、油圧機器へ供給される作動油の供給流量に関係する。油圧機器への供給流量が油圧機器の必要流量を下回ると、供給路における作動油の圧力は下がる。コントローラーは、センサの計測信号に基づいて、油圧機器への供給流量が、油圧機器の必要流量を下回っているか否かを判断できる。但し、センサは、圧力センサに限らない。
【００１５】
コンペンセーターは、供給路における作動油の圧力に応じて、ポンプ容量を変更する。コントローラーが可変容量ポンプの速度制御を行わなくても、可変容量ポンプは、油圧機器の必要流量が満足されるように、作動油を吐出することができる。
【００１６】
可変容量ポンプのポンプ容量が、コンペンセーターによって最大容量になった状態で、油圧機器への供給流量が、油圧機器の必要流量を下回る場合、可変容量ポンプは、そのま

までは必要流量を満足させることができない。そこで、コントローラーは、電気モータの回転速度を高める制御信号を出力する。可変容量ポンプの回転速度が高くなって、可変容量ポンプの吐出流量が増大する。その結果、可変容量ポンプは必要流量を満足させることができる。尚、供給流量が、油圧機器の必要流量を上回る場合に、コントローラーは、電気モータの回転速度を下げる制御信号を出力する。

【００１７】

従って、前記の油圧システムは、機械式のコンペンセーターを有する可変容量ポンプを備えた簡易な構成の電動の油圧システムでありながら、流量の制御範囲を広くできる。

【００１８】

前記コントローラーは、前記可変容量ポンプの吐出流量が低い低流量域において、前記電気モータの回転速度を低速の第１速度にし、前記低流量域よりも前記吐出流量が高い高流量域において、前記電気モータの回転速度を前記第１速度よりも高速でかつ、前記必要流量が高くなるに従い高くし、

前記可変容量ポンプのポンプ容量は、前記低流量域において、前記必要流量が高くなるに従い前記コンペンセーターによって大きくなり、前記高流量域において、最大である、としてもよい。

【００１９】

低流量域において、電気モータの回転速度が低速の第１速度であるため、油圧システムは、電力消費を抑えることができる。例えば第１速度が、電気モータ及び／又は可変容量ポンプにおいて高効率な回転速度に調整されれば、油圧システムは、さらなる省電力化を実現できる。第１速度は、一定であってもよいし、一定でなくてもよい。低流量域においては、コンペンセーターがポンプ容量を調整するため、電気モータ及び可変容量ポンプの回転速度が仮に一定であっても、可変容量ポンプは、必要流量を満たすことができる。

【００２０】

また、低流量域において、電気モータ及び可変容量ポンプの回転速度が低速であるため、可変容量ポンプが高速で運転し続ける状況が抑制される。可変容量ポンプが摩耗してしまうことが抑制され、可変容量ポンプが長寿命になる。

【００２１】

高流量域において、可変容量ポンプのポンプ容量は最大である。つまり、ポンプ容量は一定になる。一方、コントローラーは、電気モータの回転速度を、必要流量が高くなるに従い高くする。可変容量ポンプの回転速度が第１速度よりも高くなるから、可変容量ポンプは、必要流量を満たすことができる。

【００２２】

前記コントローラーは、前記可変容量ポンプの吐出流量を、前記低流量域から前記高流量域までの全域にわたって、連続的に高める、としてもよい。

【００２３】

この油圧システムは、可変容量ポンプのポンプ容量を変更することと、電気モータの回転速度を変更することを組み合わせることによって、可変容量ポンプの吐出流量を広い流量範囲にわたって連続的に変更できる。

【００２４】

前記油圧機器は、航空機における、フライトコントロールアクチュエータと、離着陸用アクチュエータとを含んでいる、としてもよい。

【００２５】

フライトコントロールアクチュエータには、例えばエルロン用アクチュエータ、エレベータ用アクチュエータ、及び／又は、ラダー用アクチュエータが含まれる。これらのフライトコントロールアクチュエータの動作に必要な作動油の流量は、相対的に低い。

【００２６】

離着陸用アクチュエータには、例えば脚柱を揚降するギヤアクチュエータ、格納室のドアを開閉するドアアクチュエータ、及び／又は、脚柱を降ろした状態で固定するダウンロック機構を解除するダウンロックリリースアクチュエータが含まれる。離着陸用アクチュ

エータに、フラップ用アクチュエータ、及び／又は、スラット用アクチュエータが含まれてもよい。これらの離着陸用アクチュエータはストロークが大きいため、これらの離着陸用アクチュエータは、その動作のために、相対的に高流量の作動油を必要とする。

【００２７】

前記の油圧システムは、可変容量ポンプの吐出流量を、低流量域から高流量域までの広い範囲に亘って変更できるため、フライトコントロールアクチュエータ、及び、離着陸用アクチュエータを含む航空機用の、電動の油圧システムに適している。

【００２８】

前記コントローラーは、

前記フライトコントロールアクチュエータが動きかつ、前記離着陸用アクチュエータが動かない前記航空機の飛行中は、前記電気モータの回転速度を低速の第１速度にし、

前記フライトコントロールアクチュエータ、及び、前記離着陸用アクチュエータが動く前記航空機の離着陸時は、前記電気モータの回転速度を前記第１速度よりも高速でかつ、前記必要流量が高くなるに従い高くする、としてもよい。

【００２９】

航空機の飛行中は、フライトコントロールアクチュエータは動きかつ、離着陸用アクチュエータは動かない。前述したように、フライトコントロールアクチュエータの必要流量は低い。また、フライトコントロールアクチュエータは、航空機の飛行中に長時間動作する。航空機の飛行中、コントローラーは、電気モータの回転速度を低速の第１速度にする。可変容量ポンプがポンプ容量を変更することによって、可変容量ポンプは、飛行中におけるフライトコントロールアクチュエータの必要流量を、満足させることができる。また、電気モータの回転速度が、長時間にわたって、低速であるため、油圧システムの省電力化に有利である。

【００３０】

航空機の離着陸時は、フライトコントロールアクチュエータに加えて、離着陸用アクチュエータが動く。前述したように、離着陸用アクチュエータの必量流量は高い。また、離着陸用アクチュエータは、離着陸時に一時的に動作する。航空機の離着陸時に、コントローラーは、電気モータの回転速度を、必要流量が高くなるに従い高くする。可変容量ポンプの回転速度が、第１速度よりも高くなることによって、可変容量ポンプは、フライトコントロールアクチュエータ及び／又は離着陸用アクチュエータの動作に必要な流量を満たすことができる。電気モータの回転速度が高くなるものの、離着陸用アクチュエータの動作が一時的であるため、油圧システムの電力消費は抑制される。また、可変容量ポンプの高速運転が長く継続しないため、可変容量ポンプの長寿命化に有利である。

【００３１】

従って、航空機の油圧システムは、フライトコントロールアクチュエータと離着陸用アクチュエータとのそれぞれを適切に動作させることと、省電力化及び長寿命化とを両立できる。

【００３２】

ここに開示する技術は、油圧システムの制御方法に係る。前記油圧システムは、

供給路を介して少なくとも一の油圧機器に接続されかつ、前記供給路を通じて前記油圧機器へ作動油を供給する可変容量ポンプであって、前記供給路における作動油の圧力を受けることによりポンプ容量を変更する機械式のコンペンセーターを有する可変容量ポンプと、

前記可変容量ポンプに連結されかつ、前記可変容量ポンプを駆動する電気モータと、

前記電気モータに電気的に接続されかつ、前記電気モータへの制御信号の出力を通じて前記可変容量ポンプの運転を制御するコントローラーと、

前記油圧機器へ供給される作動油の供給流量に関係する計測信号を、前記コントローラーへ出力するセンサと、を備える。

【００３３】

前記油圧システムの制御方法は、

前記可変容量ポンプの吐出流量が低い低流量域において、前記コントローラーが、前記電気モータの回転速度を低速の第１速度にしかつ、前記可変容量ポンプが、前記コンペンセーターによって、前記油圧機器の必要流量が高くなるに従い前記ポンプ容量を大きくし、

前記低流量域よりも前記吐出流量が高い高流量域において、前記可変容量ポンプが、前記コンペンセーターによって、前記ポンプ容量を最大にしかつ、前記コントローラーが、前記センサの計測信号に基づいて、前記電気モータの回転速度を前記第１速度よりも高速でかつ、前記必要流量が高くなるに従い高くする。

【００３４】

この制御方法によれば、機械式のコンペンセーターを有する可変容量ポンプを備えた簡易な構成の電動の油圧システムにおいて、流量の制御範囲を広くすることができる。

【発明の効果】

【００３５】

前述した油圧システム、及び、油圧システムの制御方法によると、機械式のコンペンセーターを有する可変容量ポンプを備えた簡易な構成の電動の油圧システムによって、流量の制御範囲を広くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【００３６】

【図１】図１は、油圧システムを示している。

【図２】図２は、航空機の油圧アクチュエータの配置を例示している。

【図３】図３は、油圧アクチュエータの必要流量に対する、可変容量ポンプの吐出流量の変化、可変容量ポンプの回転速度の変化、及び、可変容量ポンプのポンプ容量の変化を示している。

【図４】図４は、コントローラーが実行する電気モータの制御手順を示している。

【発明を実施するための形態】

【００３７】

以下、油圧システム、及び、油圧システムの制御方法の実施形態について、図面を参照しながら説明する。ここで説明する油圧システム、及び、油圧システムの制御方法は例示である。

【００３８】

（油圧システムの構成）

図１は、油圧システム１を示している。油圧システム１は、図２に示す航空機２に搭載されるシステムである。油圧システム１は、複数の油圧機器のそれぞれへ、作動油を供給するためのシステムである。ここに開示する油圧システム１が作動油を供給する油圧機器には、図２に示すように、エルロン用アクチュエータ２１、エレベータ用アクチュエータ２２、ラダー用アクチュエータ２３、フラップ用アクチュエータ２４、スラット用アクチュエータ２５、及び、脚揚降用アクチュエータ２６が含まれる。脚揚降用アクチュエータ２６には、例えばギヤアクチュエータ、ドアアクチュエータ、及び／又は、ダウンロックリリースアクチュエータが含まれる。ギヤアクチュエータは、着陸装置の脚柱を揚降するアクチュエータである。ドアアクチュエータは、着陸装置を格納する格納室のドアを開閉するアクチュエータである。ダウンロックリリースアクチュエータは、脚柱を降ろした状態で固定するダウンロック機構を解除するアクチュエータである。

【００３９】

尚、航空機２は、エルロン用アクチュエータ２１、エレベータ用アクチュエータ２２、ラダー用アクチュエータ２３、フラップ用アクチュエータ２４、スラット用アクチュエータ２５、及び、脚揚降用アクチュエータ２６のそれぞれについて、図２に示すように、複数の油圧アクチュエータを有している。以下の説明において、エルロン用アクチュエータ２１、エレベータ用アクチュエータ２２、ラダー用アクチュエータ２３、フラップ用アクチュエータ２４、スラット用アクチュエータ２５、及び、脚揚降用アクチュエータ２６のそれぞれには、これら複数の油圧アクチュエータが含まれる。

【００４０】
　また、油圧システム１は、これらの油圧アクチュエータ２１～２６の一部へ作動油を供給してもよい。油圧システム１は、これらの油圧アクチュエータ２１～２６とは別の油圧機器へ作動油を供給してもよい。
【００４１】
　油圧アクチュエータ２１～２６は、例えばシリンダとピストンとを有する伸縮アクチュエータである。エルロン用アクチュエータ２１、エレベータ用アクチュエータ２２、及び、ラダー用アクチュエータ２３は、航空機２の飛行中、及び、離着陸時に動作するフライトコントロールアクチュエータ２１～２３である。フライトコントロールアクチュエータ２１～２３は、そのストロークは比較的短い一方で、航空機２の飛行中に、長時間にわたって、随時、動作する。フライトコントロールアクチュエータ２１～２３の動作に必要な作動油の流量は、相対的に低い。
【００４２】
　フラップ用アクチュエータ２４、スラット用アクチュエータ２５、及び、脚揚降用アクチュエータ２６は、航空機２の離着陸時に動作するアクチュエータである。フラップ用アクチュエータ２４及びスラット用アクチュエータ２５は、そのストロークは中程度である一方で、航空機２の離着陸時に、一時的に、動作する。脚揚降用アクチュエータ２６は、そのストロークは比較的長い一方で、航空機２の離着陸時に、一時的に、動作する。以下、これらフラップ用アクチュエータ２４、スラット用アクチュエータ２５、及び、脚揚降用アクチュエータ２６を総称して、離着陸用アクチュエータ２４～２６と呼ぶ場合がある。離着陸用アクチュエータ２４～２６の動作に必要な作動油の流量は、相対的に高い。
【００４３】
　油圧システム１は、ポンプ３を備えている。ポンプ３は、可変容量ポンプである。ポンプ３は、例えば、図１に示すように、斜板式のポンプであってもよい。ポンプ３はまた、斜軸式のポンプであってもよい。ポンプ３は、ベーンポンプであってもよい。油圧システム１のポンプ３には、公知の可変容量ポンプを、適宜採用することが可能である。
【００４４】
　ポンプ３の吐出ポートは、供給路４１に接続されている。供給路４１は、油圧アクチュエータ２１～２６のそれぞれに接続されている。各油圧アクチュエータ２１～２６は、ポンプ３に対して並列である。ポンプ３は、供給路４１を介して、エルロン用アクチュエータ２１、エレベータ用アクチュエータ２２、ラダー用アクチュエータ２３、フラップ用アクチュエータ２４、スラット用アクチュエータ２５、及び、脚揚降用アクチュエータ２６のそれぞれに、個別に、作動油を供給する。
【００４５】
　ポンプ３の吸込ポートは、戻り路４２に接続されている。戻り路４２は、ポンプ３と、各油圧アクチュエータ２１～２６とを接続している。戻り路４２には、タンク４３が接続されている。タンク４３は、作動油を貯留するリザーバーである。
【００４６】
　各油圧アクチュエータ２１～２６、ポンプ３、供給路４１、戻り路４２、及び、タンク４３は、油圧システム１の油圧回路１０を構成する（図１の矢印参照）。
【００４７】
　ポンプ３は、機械式のコンペンセーター３１を有している。コンペンセーター３１には、制御路４４が接続されている。制御路４４は、供給路４１に接続されている。コンペンセーター３１は、制御路４４を通じて、ポンプ３が吐出した作動油の圧力を受けて、斜板の角度を変更する。機械式のコンペンセーター３１は、ポンプ３のポンプ容量を、ポンプ３の吐出圧力に応じて自動的に変更する。より具体的に、油圧アクチュエータ２１～２６への供給流量が、油圧アクチュエータ２１～２６の必要流量を下回ることによって、供給路４１における作動油の圧力が低下すれば、コンペンセーター３１は、ポンプ３のポンプ容量が増大するように、斜板の角度を変更する。それによって、ポンプ３の吐出流量が高まって、油圧アクチュエータ２１～２６への供給流量が満たされる。

【００４８】
ポンプ３には、電気モータ５が連結されている。電気モータ５は、ポンプ３を駆動する。電気モータ５は、例えばサーボモータとしてもよい。
【００４９】
電気モータ５には、コントローラー６が電気的に接続されている。コントローラー６にはまた、圧力センサ６１が電気的に接続されている。圧力センサ６１は、供給路４１に設けられている。圧力センサ６１は、供給路４１における作動油の圧力に対応する計測信号を、コントローラー６へ出力する。供給路４１における作動油の圧力は、前述したように、油圧アクチュエータ２１～２６への供給流量と、油圧アクチュエータ２１～２６の必要流量とに関係する。
【００５０】
コントローラー６はさらに、上位コントローラーに接続されている。上位コントローラーは、例えばフライトコントローラーである。コントローラー６は、上位コントローラーが出力した、必要流量に関する信号を受信する。必要流量は、フライトコントロールアクチュエータ２１～２３、及び／又は、離着陸用アクチュエータ２４～２６が動作するために必要な作動油の流量である。上位コントローラーは、航空機２の操縦士による操作に応じて、及び／又は、航空機２の飛行状況に応じて、フライトコントロールアクチュエータ２１～２３、及び／又は、離着陸用アクチュエータ２４～２６が動作するよう、必要流量に関する信号を、コントローラー６へ送信する。
【００５１】
コントローラー６は、圧力センサ６１の計測信号と、上位コントローラーからの必要流量に関する信号とに応じた制御信号を、電気モータ５へ出力する。電気モータ５の回転速度は、コントローラー６からの制御信号に応じて変化する。電気モータ５の回転速度が変化することに伴いポンプ３の回転速度が変更され、その結果、ポンプ３の吐出流量が変化する。
【００５２】
尚、油圧システム１のセンサは、圧力センサ６１に限定されない。また、油圧システム１は、冗長化のために、複数のポンプ３及び電気モータ５を備えても良い。
【００５３】
（油圧システムの制御）
油圧システム１は、機械式のコンペンセーター３１を有する可変容量のポンプ３と、コントローラー６からの制御信号に応じて回転速度を変更する電気モータ５との組み合わせによって構成されている。
【００５４】
コントローラー６は、上位コントローラーからの必要流量と、圧力センサ６１の計測信号とに基づいて、油圧アクチュエータ２１～２６への供給流量が、油圧アクチュエータ２１～２６の必要流量を下回る場合に、電気モータ５の回転速度を高める制御信号を、電気モータ５へ出力する。コントローラー６はまた、油圧アクチュエータ２１～２６への供給流量が、油圧アクチュエータ２１～２６の必要流量を上回る場合に、電気モータ５の回転速度を下げる制御信号を、電気モータ５へ出力する。
【００５５】
より詳細に、コントローラー６は、図３の上図に示すように、ポンプ３の吐出流量が、低流量から高流量まで連続的に変化するよう、電気モータ５を制御する。コントローラー６は、図３の中図に示すように、ポンプ３の吐出流量が低い低流量域において、電気モータ５の回転速度を低速の第１速度で一定にする。ここでいう低速は、電気モータ５の最高速度よりも低い意味である。後述するように、低速の第１速度は、電気モータ５、及び／又は、ポンプ３が高効率となる速度に設定してもよい。
【００５６】
コントローラー６はまた、低流量域よりも、ポンプ３の吐出流量が高い高流量域において、電気モータ５の回転速度を第１速度よりも高速でかつ、必要流量が高くなるに従い、

高くする。

【００５７】

ポンプ３のコンペンセーター３１は、図３の下図に示すように、電気モータ５の回転速度が一定速度である低流量域において、ポンプ３のポンプ容量を、必要流量が高くなるに従い、大きくする。コンペンセーター３１はまた、高流量域において、ポンプ３のポンプ容量を最大容量で一定にする。

【００５８】

その結果、ポンプ３の吐出流量は、図３の上図に示すように、低流量から高流量まで連続的に変化する。

【００５９】

前述した低流量域は、航空機２の飛行中に対応する。航空機２の飛行中は、フライトコントロールアクチュエータ、つまり、エルロン用アクチュエータ２１、エレベータ用アクチュエータ２２、及び、ラダー用アクチュエータ２３が動く。一方、離着陸用アクチュエータ、つまり、フラップ用アクチュエータ２４、スラット用アクチュエータ２５、及び、脚揚降用アクチュエータ２６は、航空機２の飛行中は、動かない。

【００６０】

フライトコントロールアクチュエータ２１～２３は、必要流量が相対的に低い。電気モータ５の回転速度を低速の第１速度で一定にし、それによってポンプ３の回転速度が低速の一定速度の状態で、ポンプ３がポンプ容量を変更することにより、ポンプ３は、飛行中において、フライトコントロールアクチュエータ２１～２３の必要流量を満たすことができる。

【００６１】

航空機２の飛行中の長い時間にわたって、電気モータ５の回転速度が低速の一定速度に維持されるため、油圧システム１の省電力化に有利である。電気モータ５、及び／又は、ポンプ３が高効率で運転するように、電気モータ５の第１速度を設定すれば、油圧システム１の電力消費をさらに低減させることが可能になる。尚、図３の中図に破線の矢印で示すように、電気モータ５の第１速度が変わることに伴い、ポンプ容量が最大の場合のポンプ３の吐出流量が変わるため、低流量域と高流量域との境は変わる。低流量域と高流量域との境は、電気モータ５の回転速度が第１速度でかつ、ポンプ３が最大容量になった状態で、ポンプ３が必要流量を満たすことができる限界である。

【００６２】

前述した高流量域は、航空機２の離着陸時に対応する。航空機２の離着陸時には、フライトコントロールアクチュエータ２１～２３の他に、離着陸用アクチュエータ２４～２６が動く。

【００６３】

離着陸用アクチュエータ２４～２６は、必要流量が相対的に高い。そのため、ポンプ容量が最大容量であっても、電気モータ５の回転速度が低速の第１速度であれば、ポンプ３は、必要流量を満たすことができない。そこで、コントローラー６は、電気モータ５の回転速度を、必要流量が高くなるに従い、第１速度よりも高くする。ポンプ３は、フライトコントロールアクチュエータ２１～２３及び離着陸用アクチュエータ２４～２６の動作に必要な流量を満たすことができる。この場合、電気モータ５の回転速度が高くなるものの、離着陸用アクチュエータ２４～２６の動作は一時的であるため、油圧システム１の電力消費は抑制される。

【００６４】

従って、油圧システム１は、低流量域から高流量域までの広い範囲に亘ってポンプ３の吐出流量が連続的に変更することにより、フライトコントロールアクチュエータ２１～２３と離着陸用アクチュエータ２４～２６とのそれぞれが適切に動作すると共に、油圧システム１の省電力化が実現できる。

【００６５】

また、油圧システム１は、電気モータ５及びポンプ３の高速運転が一時的であり、ポン

プ３が最大容量でかつ高速で、長時間継続的に運転することが抑制される。容積型ポンプであるポンプ３の摩耗が抑制されるから、ポンプ３が長寿命化する。

【００６６】

図４は、コントローラー６が実行する油圧システム１の制御手順を示している。スタート後のステップＳ４１において、コントローラー６は、上位コントローラーからの信号、及び、圧力センサ６１からの計測信号を読み込む。続くステップＳ４２において、コントローラー６は、ポンプ３の吐出流量が低流量域であるか否かを判断する。尚、ステップＳ４２の判断に代えて、コントローラー６は、航空機２が飛行中であるか否か（離着陸時でないか否か）を判断してもよい。

【００６７】

ステップＳ４２の判断がＹｅｓの場合、つまり、吐出流量が低流量域である場合（又は、航空機２が飛行中である場合）、コントローラー６は、ステップＳ４３において、電気モータ５の回転速度を第１速度で一定にする。

【００６８】

ステップＳ４２の判断がＮｏの場合、つまり、吐出流量が高流量域である場合（又は、航空機２が離着陸時である場合）。コントローラー６は、ステップＳ４４において、電気モータ５の回転速度を、必要流量に応じて変更する。

【００６９】

尚、前述した油圧システム１では、第１速度が一定であったが、第１速度は必ずしも一定である必要はない。

【００７０】

また、ここに開示する油圧システムは、前述したフライトコントロールアクチュエータ２１～２３及び離着陸用アクチュエータ２４～２６を制御するための航空機の油圧システムに限らない。ここに開示する油圧システムは、様々な産業機械用の油圧システムにも適用することが可能である。

【００７１】

また、油圧システムが作動油を供給する油圧機器には、油圧アクチュエータの他にも、油圧モータが含まれる。

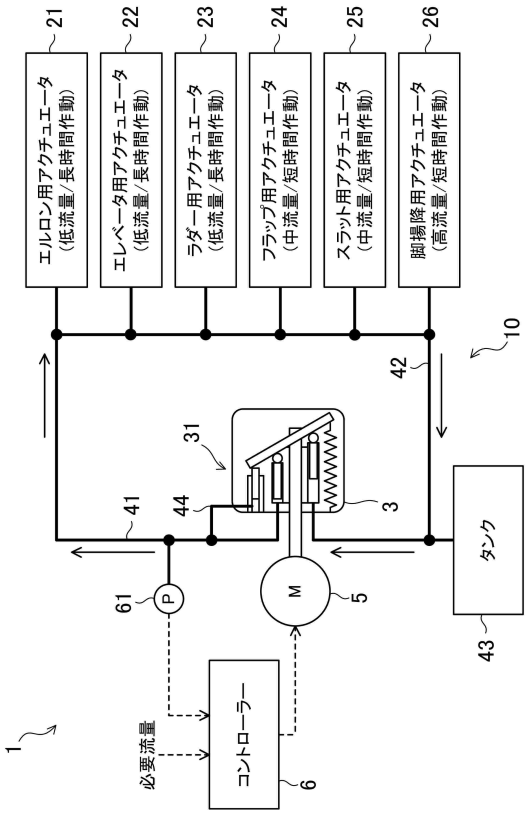
【符号の説明】

【００７２】

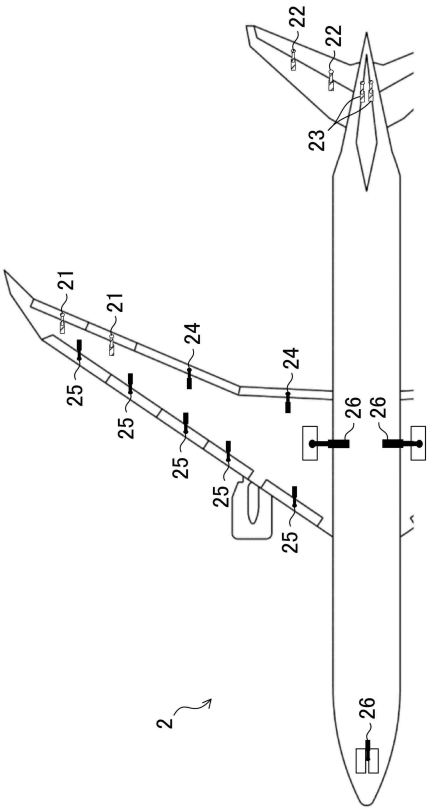
１　油圧システム
２１　エルロン用アクチュエータ（油圧機器）
２２　エレベータ用アクチュエータ（油圧機器）
２３　ラダー用アクチュエータ（油圧機器）
２４　フラップ用アクチュエータ（油圧機器）
２５　スラット用アクチュエータ（油圧機器）
２６　脚揚降用アクチュエータ（油圧機器）
３　ポンプ（可変容量ポンプ）
３１　コンペンセーター
４１　供給路
５　電気モータ
６　コントローラー
６１　センサ（圧力センサ）

【図面】

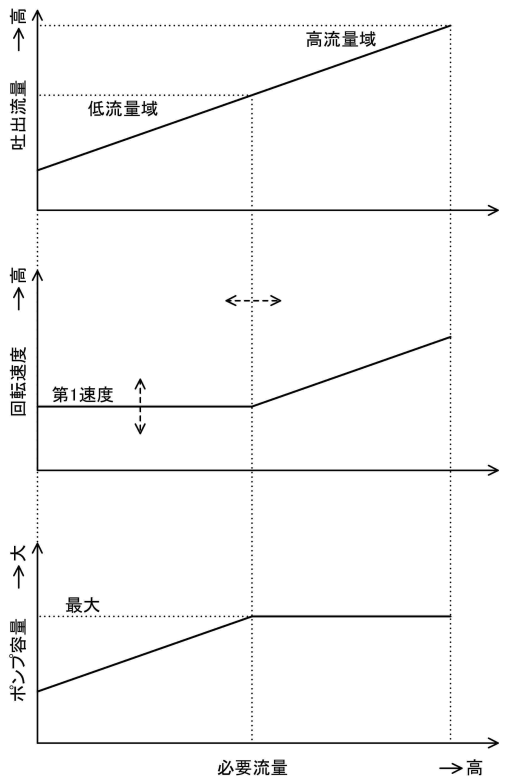
【図１】


21
22
23
24
25
26
エルロン用アクチュエータ（低流量/長時間作動）
エレベータ用アクチュエータ（低流量/長時間作動）
ラダー用アクチュエータ（低流量/長時間作動）
フラップ用アクチュエータ（中流量/短時間作動）
スラット用アクチュエータ（中流量/短時間作動）
脚揚降用アクチュエータ（高流量/短時間作動）
10
42
31
41
44
3
タンク
61
P
M
5
43
1
必要流量
コントローラー
6

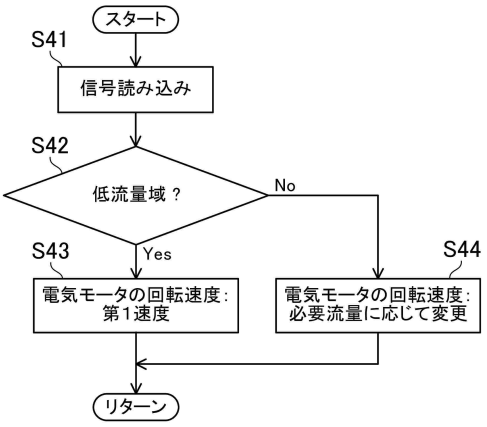
【図２】


22
22
23
21
21
24
24
25
25
25
25
25
26
26
26
2

【図３】


吐出流量
→高
高流量域
低流量域
回転速度
→高
第1速度
ポンプ容量
→大
最大
必要流量
→高

【図４】


スタート
S41
信号読み込み
S42
低流量域？
No
Yes
S43
電気モータの回転速度：第1速度
S44
電気モータの回転速度：必要流量に応じて変更
リターン