

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年1月18日(18.01.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/011975 A1

- (51) 国際特許分類:
F15B 11/02 (2006.01) *F15B 20/00* (2006.01)
F15B 11/028 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/070976
- (22) 国際出願日: 2016年7月15日(15.07.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 住友精密工業株式会社 (SUMITOMO PRECISION PRODUCTS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 長谷川 和臣 (HASEGAWA, Kazuomi); 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号

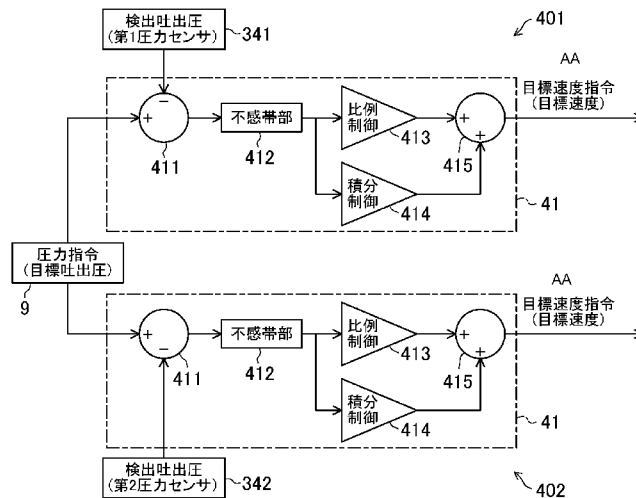
住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 萩原正悟(HAGIHARA, Shogo); 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 荻野 淳(OGINO, Atsushi); 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人前田特許事務所 (MAEDA & PARTNERS); 〒5300004 大阪府大阪市北区堂島浜1丁目2番1号 新ダイビル23階 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ,

(54) Title: ELECTRO HYDROSTATIC ACTUATOR SYSTEM

(54) 発明の名称: 電動油圧アクチュエータシステム



9 Pressure command (target discharge pressure)
341 Detected discharge pressure (first pressure sensor)
342 Detected discharge pressure (second pressure sensor)
412 Deadband unit
413 Proportional control
414 Integral control
AA Target speed command (target speed)

(57) **Abstract:** An electro hydrostatic actuator system (1) comprising: a hydraulic actuator (2); a plurality of hydraulic supply sources (31, 32); and a hydraulic circuit (33). The hydraulic supply sources respectively have hydraulic pumps (321, 322), electric motors (311, 312), first and second pressure sensors (341, 342), and first and second EHA controllers (401, 402) configured so as to control the operation of the electric motors on the basis of a deviation between the target discharge pressure and the respective discharge pressures detected by the sensors. The controllers each have a deadband



EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

unit (412) that, when the absolute value of the deviation between the target discharge pressure and the detected discharge pressure is no more than a prescribed value, sets the deviation to zero and outputs the same.

(57) 要約: 電動油圧アクチュエータシステム(1)は、油圧アクチュエータ(2)と、複数の油圧供給源(31、32)と、油圧回路(33)と、を備える。油圧供給源はそれぞれ、油圧ポンプ(321、322)と、電動モータ(311、312)と、第1及び第2圧力センサ(341、342)と、目標吐出圧とセンサの検出吐出圧との偏差に基づいて電動モータの作動を制御するように構成された第1及び第2EHAコントローラ(401、402)と、を有する。コントローラは、目標吐出圧と検出吐出圧との偏差の絶対値が所定値以下のときに偏差をゼロにして出力する不感帯部(412)を有している。

明 細 書

発明の名称：電動油圧アクチュエータシステム

技術分野

[0001] ここに開示する技術は、電動油圧アクチュエータシステムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、航空機の脚の揚降に用いる電動油圧アクチュエータ（Electro Hydrostatic Actuator：EHA）システムが記載されている。このシステムは、油圧アクチュエータと、油圧回路と、油圧ポンプと、電動モータと、コントローラーとを備えている。コントローラーが電動モータの作動を制御することによって、油圧ポンプから、油圧回路を介して、油圧アクチュエータに作動油が供給される。油圧アクチュエータが伸長動作又は収縮動作することによって、脚が格納室に格納したり、脚が格納室から展開したりする。

[0003] 特許文献2には、冗長化のために、油圧ポンプと電動モータとを含んで構成される油圧供給源を、複数、備えたシステムが記載されている。複数の油圧供給源は、互いに並列に配置されている。複数の油圧供給源と油圧アクチュエータとの間には、合流部が設けられている。複数の油圧供給源は、正常時には、同時かつ並行に作動をする。複数の油圧供給源からの作動油は、合流部において合流した後、油圧アクチュエータに供給される。複数の油圧供給源の一方がフェイルしたときには、他方の油圧供給源のみが作動をし、油圧アクチュエータに作動油を供給する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5606044号公報

特許文献2：特開2014-132189号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1のシステムでは、コントローラーは、電動モータの回転速度及び電動モータへの供給電流をフィードバックしかつ、電動モータの回転速度が目標回転速度となるように、電動モータの作動を制御する。

[0006] これに対し、本願出願人は、油圧ポンプの吐出圧を検出するセンサの信号をフィードバックしかつ、油圧ポンプの吐出圧が目標吐出圧となるように電動モータの作動を制御する構成の電動油圧アクチュエータシステムを提案した（特願2015-28291号）。これにより、作動油の粘度が環境に応じて変化することに起因する、油圧アクチュエータの動作ばらつきを抑制することが可能になる。

[0007] ところが、特許文献2に記載されているような、複数の油圧供給源を、同時かつ並行に作動させるシステムにおいて、各油圧ポンプの吐出圧に基づくフィードバック制御を行うと、複数の油圧供給源の内の一部の電動モータの回転数が高くなるのに対し、他の電動モータの回転数が低くなることが起こり得ることに、本願発明者は気づいた。

[0008] 電動モータの回転数が高くなると、当該電動モータは過剰に発熱してしまう。一部の電動モータの回転数が高くなってしまうと、複数の油圧供給源の全てについて熱対策が必要になる。

[0009] また、回転数が高くなってしまう電動モータは劣化が進み易くなる。複数の電動モータ間で、寿命が変わってしまう恐れがある。冗長化したシステムにおいて、一部の構成要素の寿命が相対的に短くなってしまうことは、信頼性上、好ましくない。

[0010] ここに開示する技術は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、複数の油圧供給源を同時かつ並行に作動させるよう構成された電動油圧アクチュエータシステムにおいて、複数の油圧供給源の動作状態を同じにすることにある。

課題を解決するための手段

[0011] 本願発明者らの検討によると、並列に配置した複数の油圧供給源を同時かつ並行に作動させたときに、複数の油圧供給源の動作状態が異なってしまう

ことは、複数の油圧供給源それぞれが有するセンサの特性のばらつきに起因することが判明した。このことについて、図7を参照しながら詳細に説明をする。図7は、複数の油圧供給源を備えた電動油圧アクチュエータシステムにおいて起こり得る課題のメカニズムを説明する図である。

[0012] 図7において、電動油圧アクチュエータシステムは、特許文献2のシステムと同様に、並列に配置した第1の油圧供給源、及び、第2の油圧供給源の、2つの油圧供給源を備えている。図示は省略するが、第1の油圧供給源及び第2の油圧供給源と、油圧アクチュエータとの間には合流部が設けられている。第1の油圧供給源及び第2の油圧供給源を同時かつ並行に作動させたときに、2つの油圧供給源からの作動油は、合流した後に、油圧アクチュエータに供給される。第1の油圧供給源のセンサは、油圧ポンプと合流部との間に配設され、第2の油圧供給源のセンサも、油圧ポンプと合流部との間に配設される。第1の油圧供給源及び第2の油圧供給源が同時かつ並行に作動しているときに、2つのセンサが検出する吐出圧は互いに同じである。

[0013] 図7のステップS61に示すように、2つの油圧供給源の同時かつ並行な作動によって、実吐出圧が目標吐出圧と一致、又は、ほぼ一致しているとする。ここで、第1の油圧供給源のセンサは、公差の範囲で検出吐出圧を低めに出力する特性を有しているとする。このため、第1の油圧供給源のセンサは、目標吐出圧と実吐出圧とがほぼ一致している状況において、目標吐出圧よりも低い検出吐出圧を出力する場合がある（ステップS62参照）。第1の油圧供給源のコントローラーは、ステップS63に示すように、目標吐出圧よりも低い検出吐出圧に基づいて電動モータの回転数を上げる。

[0014] 一方、第2の油圧供給源のセンサは、公差の範囲で検出吐出圧を高めに出力する特性を有しているとする。このため、第2の油圧供給源のセンサは、目標吐出圧と実吐出圧とがほぼ一致している状況において、目標吐出圧よりも高い検出吐出圧を出力する場合がある（ステップS64参照）。第2の油圧供給源のコントローラーは、ステップS65に示すように、目標吐出圧よりも高い検出吐出圧に基づいて電動モータの回転数を下げる。

[0015] 第1の油圧供給源の電動モータが回転数を上げる一方で、第2の油圧供給源の電動モータが回転数を下げること、実吐出圧は目標吐出圧と一致した状態を維持する（ステップS66参照）。しかしながら、第1の油圧供給源のセンサは低めの検出吐出圧を出力し続けるため、第1の油圧供給源の電動モータは回転数を上げ続けることになるのに対し、第2の油圧供給源のセンサは高めの検出吐出圧を出力し続けるため、第2の油圧供給源の電動モータは回転数を下げ続けるようになる。その結果、図7に符号100で例示する電動モータの回転数変化のように、第1の油圧供給源の電動モータの回転数と、第2の油圧供給源の電動モータの回転数との差は次第に大きくなり、複数の油圧供給源の動作状態が、大きく異なってしまう。

[0016] 本願発明者は、このようなメカニズムを見出したことにより、ここに開示する技術を完成するに至った。具体的に、ここに開示する技術は、電動油圧アクチュエータシステムに係る。

[0017] 電動油圧アクチュエータシステムは、油圧アクチュエータと、互いに並列に配置されかつ、同時かつ並行に作動することによって、前記油圧アクチュエータに供給する作動油を昇圧するように構成された複数の油圧供給源と、前記複数の油圧供給源と前記油圧アクチュエータとの間で前記複数の油圧供給源からの前記作動油が合流する合流部を含みかつ、前記複数の油圧供給源から前記油圧アクチュエータに前記作動油を送るよう構成された油圧回路と、を備える。

[0018] 前記複数の油圧供給源はそれぞれ、前記作動油を吐出するよう構成された油圧ポンプと、前記油圧ポンプに連結されかつ、前記油圧ポンプを駆動するように構成された電動モータと、前記油圧ポンプと前記合流部との間に配設されかつ、前記油圧ポンプの吐出圧を検出するよう構成されたセンサと、前記油圧ポンプの吐出圧が目標吐出圧となるように、前記目標吐出圧と前記センサの検出吐出圧との偏差に基づいて前記電動モータの作動を制御するように構成されたコントローラと、を有する。

[0019] そして、前記複数の油圧供給源の前記コントローラはそれぞれ、前記目

標吐出圧と前記検出吐出圧との偏差を入力としかつ、当該偏差の絶対値が所定値以下のときに前記偏差をゼロにして出力する不感帯部を有している。

[0020] この構成によると、複数の油圧供給源が 同時かつ並行に作動することにより、各油圧ポンプから吐出された作動油が、合流部で合流した後に、油圧アクチュエータに供給される。油圧アクチュエータは、作動油の供給を受けることによって、動作する。

[0021] 複数の油圧供給源のコントローラーはそれぞれ、各々のセンサが検出した検出吐出圧と目標吐出圧とに基づいて、電動モータの作動を制御する。具体的には、目標吐出圧と検出吐出圧との偏差に基づいて、油圧ポンプの吐出圧が目標吐出圧となるように、電動モータの作動を制御する。油圧ポンプの吐出圧は、目標吐出圧に一致、又は、ほぼ一致する。

[0022] 複数の油圧供給源のコントローラーはそれぞれ、不感帯を有している。不感帯は、目標吐出圧と検出吐出圧との偏差の絶対値が所定値以下のときに偏差をゼロにして出力する。これにより、油圧ポンプの実吐出圧と目標吐出圧とが一致、又は、ほぼ一致した状態において、複数のセンサの検出吐出圧の値が、公差の範囲で、ばらついてしまっても、目標吐出圧と検出吐出圧との偏差はゼロとして、コントローラーは電動モータの作動を制御するようになる。その結果、いずれかの油圧供給源の電動モータは回転数を上げ、他の油圧供給源の電動モータは回転数を下げるといった事態を回避することが可能になる。複数の油圧供給源の動作状態は同じ、又は、ほぼ同じになる。

[0023] 前記コントローラーは、前記油圧アクチュエータに供給する前記作動油の圧力指令と、前記センサの前記検出吐出圧のフィードバック信号とを受けて、前記油圧ポンプの前記吐出圧が、前記圧力指令に対応する前記目標吐出圧となるように、前記電動モータの回転速度指令を出力する圧力制御ブロックと、前記圧力制御ブロックからの前記回転速度指令と、前記電動モータの回転速度フィードバック信号とを受けて、前記電動モータの回転速度が、前記回転速度指令に対応する目標回転速度となるように、前記電動モータの供給電流指令を出力するモータ回転速度制御ブロックと、前記モータ回転速度制

御ブロックからの前記供給電流指令と、前記電動モータへの供給電流フィードバック信号とを受けて、前記電動モータへの供給電流が、前記供給電流指令に対応する目標供給電流となるように、前記電動モータに電流を供給する電流制御ブロックと、を含んでいる、としてもよい。

[0024] この構成は、電動モータの回転速度、及び、供給電流値に基づくフィードバック制御を行う電動油圧アクチュエータシステムに対して、油圧ポンプの吐出圧に基づくフィードバック制御を加えることに相当する。

[0025] この構成によると、コントローラーが油圧ポンプの吐出圧フィードバック制御を行うことにより、作動油の粘度の高低に拘わらず、油圧ポンプの吐出圧を目標吐出圧に維持することが可能になる。油圧アクチュエータに供給される作動油の圧力を所定圧力に維持するから、油圧アクチュエータ内の圧力が高くなり過ぎることが防止される。

[0026] また、作動油の粘度の高低に起因して、油圧アクチュエータの伸長及び／又は収縮動作に要する時間がばらつくことが防止される。

[0027] 前記油圧アクチュエータ、前記複数の油圧供給源及び前記油圧回路は、航空機に搭載されている、としてもよい。

[0028] この電動油圧アクチュエータシステムは、複数の油圧供給源を備えていることによって、冗長化している。この電動油圧アクチュエータシステムは、航空機に搭載される電動油圧アクチュエータシステムに要求される構成を満たしている。

[0029] 前記油圧アクチュエータは、前記航空機の脚の格納及び展開を行うように構成されている、としてもよい。

[0030] ここで、航空機の脚の格納及び展開を行うように構成された油圧アクチュエータは、脚を揚降する油圧アクチュエータ（いわゆる、ギアアクチュエータ）、及び／又は、脚を格納する格納室のドアを開閉する油圧アクチュエータ（いわゆる、ドアアクチュエータ）を含む。また、脚降ろし状態を固定する機構を解除するための油圧アクチュエータ（いわゆる、ダウンロックリリースアクチュエータ）、及び／又は、脚を格納状態で保持するアップロック

機構を解除するための油圧アクチュエータ（いわゆる、ギアアップロックリリースアクチュエータ）、及び／又は、ドアを閉じた状態で保持するアップロック機構を解除するための油圧アクチュエータ（いわゆる、ドアアップロックリリースアクチュエータ）を含んでもよい。

[0031] 前述したように、この電動油圧アクチュエータシステムは、油圧ポンプの吐出圧に基づくフィードバック制御を行うことにより、油圧アクチュエータ内の圧力が高くなり過ぎることが防止される。

[0032] また、油圧アクチュエータの伸長動作及び収縮動作のばらつきを防止することができるため、航空機の脚揚降機構において、脚の格納に要する時間を目標の時間範囲内に収めることが可能になると共に、脚の展開に要する時間を目標の時間範囲内に収めることが可能になる。

発明の効果

[0033] 以上説明したように、前記の電動油圧アクチュエータシステムによると、複数の油圧供給源のコントローラそれぞれが不感帯を有することで、同時かつ並行に作動する複数の油圧供給源の動作状態を同じ、又は、ほぼ同じにすることができる。

図面の簡単な説明

[0034] [図1]図1は、脚の揚降機構を例示する斜視説明図である。

[図2]図2は、脚揚降用EHAシステムの構成を示すブロック図である。

[図3]図3は、油圧回路の構成を例示する回路図である。

[図4]図4は、EHAコントローラの圧力制御ブロックの構成を示すブロック図である。

[図5]図5は、不感帯の特性を例示する図である。

[図6]図6は、EHAの構成例を示す斜視図である。

[図7]図7は、複数の油圧供給源を備えたEHAシステムにおいて起こり得る課題を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0035] 以下、航空機の脚揚降用の電動油圧アクチュエータ（EHA）システムの

実施形態を図面に基づいて説明する。ここで説明するEHAシステムは例示である。図1は、EHAシステム1が適用される脚の揚降機構を例示している。脚11を機体12に格納しかつ、機体12から展開する揚降機構は、ここでは、脚11の揚降を行うためのギアアクチュエータ21、及び、脚11を収容する格納室13のドア14を開閉するためのドアアクチュエータ22を少なくとも含む。これらのアクチュエータ21、22は、脚11の格納及び展開に際して順次、動作をする。具体的に、脚11の格納時には、ドアアップロックリリースアクチュエータ26がドアアップロックを解除し、ドアアクチュエータ22がドア14を開け、その後、ギアアクチュエータ21が、脚11を揚げる。脚11が格納室13内に格納されれば、ドアアクチュエータ22がドア14を閉じる。こうして、脚11の格納に係る一連の動作が完了する。また、脚11の展開時には、ドアアップロックリリースアクチュエータ26がドアアップロックを解除し、ドアアクチュエータ22がドア14を開け、その後、ギアアップロックリリースアクチュエータ27がギアアップロックを解除し、ギアアクチュエータ21が、脚11を降ろす。脚11が展開すれば、ドアアクチュエータ22がドア14を閉じる。尚、この例の脚揚降機構は、脚降ろし状態を固定する機構を解除するためのダウンロックリリースアクチュエータ23をさらに含んでいる。以下の説明においては、ギアアクチュエータ21、ドアアクチュエータ22、ダウンロックリリースアクチュエータ23、ドアアップロックリリースアクチュエータ26、及び、ギアアップロックリリースアクチュエータ27を総称して、油圧アクチュエータ2と呼ぶ場合がある。

[0036] 図2は、EHAシステム1の構成を示すブロック図である。EHAシステム1は、油圧アクチュエータ2と、油圧回路33と、第1の油圧供給源31、及び、第2の油圧供給源32と、を備えている。

[0037] 第1の油圧供給源31及び第2の油圧供給源32は、互いに並列に配置されている。EHAシステム1は、冗長化している。第1の油圧供給源31及び第2の油圧供給源32と、各アクチュエータ21、22、23、26、2

7との間には、合流部331が設けられている。第1の油圧供給源31及び第2の油圧供給源32はそれぞれ、合流部331及び油圧回路33を介して油圧アクチュエータ2に作動油を供給する。

[0038] 第1の油圧供給源31は、油圧ポンプ321と、油圧ポンプ321に連結された電動モータ311と、電動モータ311の作動を制御する第1EHAコントローラ401と、油圧ポンプ321の吐出圧を検出する第1圧力センサ341とを有している。

[0039] 第2の油圧供給源32は、油圧ポンプ322と、油圧ポンプ322に連結された電動モータ312と、電動モータ312の作動を制御する第2EHAコントローラ402と、油圧ポンプ322の吐出圧を検出する第2圧力センサ342とを有している。

[0040] 油圧回路33は、第1の油圧供給源31及び第2の油圧供給源32から吐出された作動油を、ギアアクチュエータ21、ドアアクチュエータ22、ダウンロックリリースアクチュエータ23、ドアアップロックリリースアクチュエータ26、又は、ギアアップロックリリースアクチュエータ27に、選択的に送るよう構成されている。油圧回路33はまた、ギアアクチュエータ21、ドアアクチュエータ22、ダウンロックリリースアクチュエータ23、ドアアップロックリリースアクチュエータ26、及び、ギアアップロックリリースアクチュエータ27から、作動油が排出されるように構成されている。油圧回路33の具体的な構成については、特に限定はなく、様々な構成を、適宜採用することが可能である。

[0041] 図3は、油圧回路33の構成の一例を示している。尚、図3において作動油経路は実線、電気信号経路は二点鎖線で示す。

[0042] EHAシステム1に含まれるギアアクチュエータ21、ドアアクチュエータ22、ダウンロックリリースアクチュエータ23は、作動油の供給を受けて伸縮する油圧式の伸縮シリンダである。

[0043] ギアアクチュエータ21、ドアアクチュエータ22、及び、ダウンロックリリースアクチュエータ23は、シリンダ内に、ボア側油室24とアニュラ

ス側油室 25 とを有している。ピストンヘッドは、シリンダ内で、ボア側油室 24 とアニュラス側油室 25 とを隔てている。ギアアクチュエータ 21、ドアアクチュエータ 22、及び、ダウンロックリリースアクチュエータ 23 の第 1 ポートはボア側油室 24 に連通し、第 2 ポートはアニュラス側油室 25 に連通している。作動油は、第 1 ポートを介して、ボア側油室 24 に流入及び流出し、第 2 ポートを介して、アニュラス側油室 25 に流入及び流出する。

[0044] ギアアクチュエータ 21 は、伸びるときに負荷に抗して脚を揚げ、縮むときに負荷を開放して脚を降ろすように構成されている。ドアアクチュエータ 22 は、伸びるときに負荷を開放してドアを開け、縮むときに負荷に抗してドアを閉めるように構成されている。ダウンロックリリースアクチュエータ 23 は、伸びる方向に、図示を省略する付勢部材によって負荷が付与されており、縮むことによって脚降ろし状態を固定する機構を解除する。

[0045] ドアアップロックリリースアクチュエータ 26、及び、ギアアップロックリリースアクチュエータ 27 は、作動油の供給を受けて伸長し、また、作動油の供給がなくなるとバネの力で収縮する油圧式の伸縮シリンダである。

[0046] ドアアップロックリリースアクチュエータ 26 は、伸びる時に、ドアを引き上げ状態に固定する機構（アップロック）を解除する。同様に、ギアアップロックリリースアクチュエータ 27 は、伸びる時に、ギアを引き上げ状態に固定する機構（アップロック）を解除する。

[0047] 図 3 に示す構成例において、第 1 の油圧供給源 31 及び第 2 の油圧供給源 32 が有する油圧ポンプ 321、322 はそれぞれ、一方向のみ回転可能であって、吸込ポートから吸い込んだ作動油を吐出ポートから吐出する片回転式である。

[0048] 並列に設けられた第 1 及び第 2 の油圧供給源 31、32 の上流側（つまり、吸込ポートの側）は、合流した後にリザーバ 81 に接続されている。リザーバ 81 は、油圧アクチュエータ 2 のボア側油室 24 とアニュラス側油室 25 との合計容積が、油圧アクチュエータ 2 の伸縮に伴い変動することを吸収

するためのタンクである。

- [0049] 第1及び第2の油圧供給源31、32はそれぞれ、油圧ポンプ321、322の下流側（つまり、吐出ポートの側）に配置された逆止弁35を有している。逆止弁35は、第1及び第2の油圧供給源31、32の一方がフェイルして停止しているときに、他方の油圧供給源31、32の油圧ポンプ321、322が吐出した作動油が、停止中の油圧供給源31、32に逆流することを阻止する。
- [0050] 第1及び第2の油圧供給源31、32の下流側は、合流部331において合流した後に、後述するギアセクタバルブ51及びドアセクタバルブ52にそれぞれ接続されている。
- [0051] 第1の油圧供給源31の油圧ポンプ321の下流側は分岐しており、この分岐路は、リリーフバルブ36及びフィルタ82を介してリザーバ81に接続されている。この分岐路上に、前述した第1圧力センサ341が配設されている。同様に、第2の油圧供給源32の油圧ポンプ322の下流側に設けられた分岐路も、リリーフバルブ36及びフィルタ82を介してリザーバ81に接続されている。この分岐路上に、前述した第2圧力センサ342が配設されている。後述するように、第1の油圧供給源31及び第2の油圧供給源32が同時かつ並行に作動したときに、第1圧力センサ341及び第2圧力センサ342が検出する吐出圧は、同じになる。
- [0052] ギアセクタバルブ51は、Pポート、Tポート、Aポート及びBポートの四つのポートを有する4ポート3位置の切換弁である。ギアセクタバルブ51は、ギアアクチュエータ21及びダウンロックリリースアクチュエータ23に対して作動油を選択的に送る機能を有する。ギアセクタバルブ51のPポートは、第1及び第2の油圧供給源31、32それぞれの油圧ポンプ321、322の吐出ポートに接続され、Tポートは、リザーバ81に接続され、Aポートは、ギアアクチュエータ21のボア側油室24及びダウンロックリリースアクチュエータ23のアニュラス側油室25にそれぞれ接続され、そして、Bポートは、ギアアクチュエータ21のアニュラス側油室2

5に接続されている。ギアアクチュエータ21のアニュラス側油室25はまた、ギアセレクトバルブ51をバイパスしてリザーバ81に接続されている。このバイパス経路上には、逆止弁59が介設している。逆止弁59は、ギアアクチュエータ21のアニュラス側油室25内が負圧状態になることを防止する。尚、ダウンロックリリースアクチュエータ23のボア側油室24は、リザーバ81に接続されている。

[0053] ギアセレクトバルブ51は、ソレノイドによる直接駆動式のスプールアンドスリーブ型である。スプールは、スプリングによってセンター位置に付勢されている。ギアセレクトバルブ51は、センター位置では、図3に示すように、Aポート及びBポートをそれぞれTポートに連通する。ギアセレクトバルブ51はまた、第1オフセット位置（図3の左側の位置）では、AポートとPポートとを連通しかつ、BポートとTポートとを連通する。ギアセレクトバルブ51は、第2オフセット位置（図3の右側の位置）では、AポートとTポートとを連通しかつ、BポートとTポートとを連通する。上位コントローラ9は、ギアセレクトバルブ51の切り換えを通じて、ギアアクチュエータ21のボア側油室24又はアニュラス側油室25に、作動油を選択的に送ると共に、ダウンロックリリースアクチュエータ23のアニュラス側油室25への作動油の供給及び停止を切り換える。

[0054] ギアセレクトバルブ51のAポートとギアアクチュエータ21のボア側油室24との間には、逆止弁54と可変絞り55とが並列に介設している。可変絞り55は、ギアアクチュエータ21のストローク量に応じて絞り量を変更する。可変絞り55は、ギアアクチュエータ21が縮む速度を制限すると共に、可変絞り55は、ギアアクチュエータ21の収縮端付近では、その絞り開口を小さくする。これによって、ギアアクチュエータ21の収縮端付近では、ギアアクチュエータ21の縮む速度が、さらに低下する。

[0055] ドアセレクトバルブ52は、Aポート、Pポート及びTポートの三つのポートを有する3ポート2位置の切換弁である。ドアセレクトバルブ52は、ドアアクチュエータ22に対して作動油を選択的に送る機能を有する。ドア

セレクトバルブ 5 2 の P ポートは、第 1 及び第 2 の油圧供給源 3 1、3 2 それぞれの油圧ポンプ 3 2 1、3 2 2 の吐出ポートに接続され、T ポートは、リザーバ 8 1 に接続され、A ポートは、ドアアクチュエータ 2 2 のボア側油室 2 4 に接続される。

[0056] ドアセレクトバルブ 5 2 も、ソレノイドによる直接駆動式のスプールアンドスリーブ型である。スプールは、スプリングによりノーマル位置に付勢されている。ドアセレクトバルブ 5 2 は、ノーマル位置では、図 3 に示すように、A ポートを P ポートに連通する。ドアセレクトバルブ 5 2 は、オフセット位置では、A ポートと T ポートとを連通する。上位コントローラ 9 は、ドアセレクトバルブ 5 2 の切り換えを通じて、ドアアクチュエータ 2 2 のボア側油室 2 4 又はアニュラス側油室 2 5 に作動油を選択的に送る。

[0057] ドアアクチュエータ 2 2 のボア側油室 2 4 はまた、ドアセレクトバルブ 5 2 をバイパスしてリザーバ 8 1 に接続されている。このバイパス経路の途中には、逆止弁 5 8 が介設している。この逆止弁 5 8 は、ドアアクチュエータ 2 2 のボア側油室 2 4 内が負圧状態になることを防止するための弁である。

[0058] また、ドアアクチュエータ 2 2 のアニュラス側油室 2 5 に連通する油圧経路上には、逆止弁 5 6 と可変絞り 5 7 とが並列に介設している。可変絞り 5 7 は、ドアアクチュエータ 2 2 のストローク量に応じて絞り量を変更する。可変絞り 5 7 は、ドアアクチュエータ 2 2 が伸びる速度を制限すると共に、ドアアクチュエータ 2 2 の伸長端付近では、絞り開口を小さくする。このことによって、ドアアクチュエータ 2 2 の伸長端付近では、ドアアクチュエータ 2 2 の伸びる速度が、さらに低下する。

[0059] ギアアクチュエータ 2 1 及びドアアクチュエータ 2 2 とリザーバ 8 1 との間には、ダンパバルブ 5 3 が介設している。ダンパバルブ 5 3 は、A、B、及び、T ポートを有する 3 ポート 2 位置の切換弁である。ダンパバルブ 5 3 は、ソレノイドによって直接駆動されるスプールを備えたソレノイドバルブである。上位コントローラ 9 は、ダンパバルブ 5 3 を制御する。

[0060] ダンパバルブ 5 3 のスプールは、スプリングによってノーマル位置に付勢

されている。ダンプバルブ53は、ノーマル位置では、図3に示すように、Aポート及びBポートをTポートに連通すると共に、オフセット位置では、Aポート及びBポートとTポートとを遮断する。ダンプバルブ53のAポートは、前述した逆止弁54と可変絞り55とを介してギアアクチュエータ21のボア側油室24に接続されていると共に、ダウンロックリリースアクチュエータ23のアニュラス側油室25に接続されている。ダンプバルブ53のBポートは、前述した逆止弁56と可変絞り57とを介してドアアクチュエータ22のアニュラス側油室25に接続されている。ダンプバルブ53のTポートは、リザーバ81に接続されている。

[0061] ドアアップロックセレクトバルブ510、及び、ギアアップロックセレクトバルブ511はそれぞれ、A、P、及び、Tポートを有する3ポート2位置の切換弁である。これらアップロックセレクトバルブ510、511は、ソレノイドによって片方向に直接駆動されるスプールを備えたソレノイドバルブである。ソレノイドバルブはパイロット型ソレノイドバルブであってもよい。上位コントローラ9は、これらアップロックセレクトバルブ510、511を、それぞれ制御する。

[0062] ドアアップロックセレクトバルブ510及び、ギアアップロックセレクトバルブ511のスプールは、スプリングによってノーマル位置に付勢されている。ドアアップロックセレクトバルブ510、及び、ギアアップロックセレクトバルブ511は、ノーマル位置では、AポートをTポートに連通すると共に、オフセット位置では、AポートとPポートとを連通する。ドアアップロックセレクトバルブ510のAポートは、ドアアップロックリリースアクチュエータ26に接続されている。ギアアップロックセレクトバルブ511のAポートは、ギアアップロックリリースアクチュエータ27に接続されている。ドアアップロックセレクトバルブ510のPポートは、ドアアクチュエータ22のボア側油室24とドアセレクトバルブ52のAポートとの間に接続されている。ギアアップロックセレクトバルブ511のPポートは、ギアアクチュエータ21のアニュラス側油室25とギアセレクトバルブ51

のBポートとの間に接続されている。ドアアップロックセクタバルブ510、及び、ギアアップロックセクタバルブ511のTポートは、リザーバ81に接続されている。

[0063] 図2に戻り、第1の油圧供給源31の油圧ポンプ321、及び、第2の油圧供給源32の油圧ポンプ322は、油圧アクチュエータ2に供給する作動油を昇圧するポンプである。

第1の油圧供給源31の油圧ポンプ321、及び、第2の油圧供給源32の油圧ポンプ322は、互いに同じ油圧ポンプである。これらの油圧ポンプ321、322は、例えば定容量型の油圧ポンプとしてもよい。具体的には、斜板式や斜軸式のピストンポンプ、歯車ポンプ、スクリーump、及びベーンポンプを例示することができる。油圧ポンプ321、322はまた、可変容量型の油圧ポンプであってもよい。

[0064] 第1の油圧供給源31の電動モータ311は、油圧ポンプ321に結合され、油圧ポンプ321を駆動するように構成されている。同様に、第2の油圧供給源32の電動モータ312は、油圧ポンプ322に結合され、油圧ポンプ322を駆動するように構成されている。第1の油圧供給源31の電動モータ311、及び、第2の油圧供給源32の電動モータ312も、互いに同じ電動モータである。これらの電動モータ311、312は、例えば三相モータとしてもよい。後述するように、電動モータ311の作動が第1EHAコントローラ401によって制御されることによって、油圧ポンプ321が駆動すると共に、電動モータ312の作動が第2EHAコントローラ402によって制御されることによって、油圧ポンプ322が駆動する。

[0065] ここで、図6は、油圧アクチュエータ2の構成例を示している。この油圧アクチュエータ2は、図3に含まれるギアアクチュエータ21、ドアアクチュエータ22、及び、ダウンロックリリースアクチュエータ23の内のいずれか一つを構成する。この油圧アクチュエータ2は、第1及び第2の油圧供給源31、油圧回路33、及びリザーバ81を一体化している。図3に含まれる他の油圧アクチュエータ2は、図示は省略するが、油圧回路33に接続

される。

[0066] 図6の構成例では、具体的に、リザーバ81が、二重円筒状に構成されている。二重円筒状のリザーバ81は、油圧アクチュエータ2のシリンダと同軸となるように、このシリンダに外挿されている。リザーバ81を二重円筒状に構成することによって、外径を大きくしなくても比較的大きいリザーバ容量を確保することが可能になる。また、リザーバ81を、シリンダに対し同軸に配設することにより、EHAは重心安定性に優れる。

[0067] 2つの油圧供給源31、32は、リザーバ81よりも、油圧アクチュエータ2の固定端20に近い位置に配設されている。図例の油圧アクチュエータ2は、シリンダの端部から突出するシリンダエンドを有している。シリンダエンドの先端が、固定端20を構成する。シリンダエンドは、シリンダよりも小径である。そのため、シリンダエンドの周囲には、空きスペースが形成される。2つの油圧供給源31、32は、シリンダと固定端20との間で、シリンダエンドの周囲の空きスペースに配設されている。油圧アクチュエータ2の外径を大きくすることなく、しかも軸方向の長さを長くすることなく、2つの油圧供給源31、32を、油圧アクチュエータ2と一体化することが可能になる。

[0068] 油圧回路33は、2つの油圧供給源31、32と同様に、シリンダエンドの周囲に形成された空きスペースに配設されている。具体的に、油圧回路33は、シリンダエンドを挟んで、油圧供給源31、32とは反対側の空きスペースに配置されている。これにより、油圧アクチュエータ2の外径を大きくすることなく2つの油圧供給源31、32と共に、油圧回路33を配置して、油圧アクチュエータ2と一体化することが可能になる。

[0069] 図2に戻り、第1圧力センサ341は、油圧ポンプ321の吐出圧を検出する。第1圧力センサ341は、前述の通り、油圧ポンプ321と合流部331との間に配設されている。第1圧力センサ341は任意の構成のものを適宜採用することが可能である。第1圧力センサ341は、検出した吐出圧を、フィードバック信号として第1EHAコントローラ401に出力する

。同様に、第2圧力センサ342は、油圧ポンプ322の吐出圧を検出する。第2圧力センサ342は、前述の通り、油圧ポンプ322と合流部331との間に配設されている。第2圧力センサ342は、検出した吐出圧を、フィードバック信号として第2EHAコントローラ402に出力する。

[0070] 前述したように、第1の油圧供給源31及び第2の油圧供給源32が、同時かつ並行に作動しているときに、第1圧力センサ341及び第2圧力センサ342が検出する吐出圧は、油圧回路33の構成上、同じになる。しかしながら、第1圧力センサ341及び第2圧力センサ342が出力する検出吐出圧は、公差の範囲で、ばらつく場合がある。第1圧力センサ341及び第2圧力センサ342が出力する検出吐出圧は、同じとは限らない。

[0071] 第1EHAコントローラ401及び第2EHAコントローラ402はそれぞれ、圧力制御ブロック41と、モータ回転速度制御ブロック42と、電流制御ブロック43と、を含んで構成されている。第1EHAコントローラ401及び第2EHAコントローラ402の構成は互いに同じであるため、以下、第1EHAコントローラ401の構成について説明をし、第2EHAコントローラ402の構成の説明は省略する。

[0072] 圧力制御ブロック41は、上位コントローラ9が出力した圧力指令を受けると共に、第1圧力センサ341からの吐出圧フィードバック信号を受けると共に構成されている。圧力指令は、脚11の格納及び展開に際し、順次動作をするギアアクチュエータ21、ドアアクチュエータ22、ダウンロックリリースアクチュエータ23、ドアアップロックリリースアクチュエータ26、及び、ギアアップロックリリースアクチュエータ27のそれぞれに対して供給すべき作動油の圧力に対応する。圧力制御ブロック41は、油圧ポンプ321の吐出圧が、圧力指令に基づく目標吐出圧となるように、例えばPI制御によって、電動モータ311の回転速度指令を出力する。圧力制御ブロック41の構成の詳細は、後述する。

[0073] モータ回転速度制御ブロック42は、圧力制御ブロック41からの回転速度指令を受けると共に、電動モータ311の回転速度をフィードバック信号

として受けるように構成されている。モータ回転速度制御ブロック42は、電動モータ311の回転速度が、回転速度指令に基づく目標回転速度となるように、例えばPI制御によって、電動モータ311の供給電流指令を出力する。

[0074] 電流制御ブロック43は、モータ回転速度制御ブロック42からの供給電流指令を受けると共に、電動モータ311への供給電流値をフィードバック信号として受けるように構成されている。電流制御ブロック43は、電動モータ311への供給電流が、供給電流指令に基づく目標供給電流となるように、例えばPI制御によって、電動モータ311に電流を供給する。

[0075] このように、第1EHAコントローラ401は、油圧ポンプ321の吐出圧に基づく圧力フィードバックループと、電動モータ311の回転速度に基づくモータ回転速度フィードバックループと、電動モータ311の供給電流に基づく電流フィードバックループとの、3つのフィードバックループを含んで構成されている。

[0076] 第1EHAコントローラ401及び第2EHAコントローラ402は、上位コントローラ9から、脚11の格納、又は、脚11の展開に関する圧力指令を受けたときには、油圧ポンプ321、322の吐出圧が目標吐出圧となるように、互いに独立して、電動モータ311、312の作動を制御する。第1EHAコントローラ401は、油圧ポンプ321の吐出圧が目標吐出圧よりも高くなったときには、電動モータ311の回転速度を下げ、油圧ポンプ321の吐出圧が目標吐出圧よりも低くなったときには、電動モータ311の回転速度を上げる。同様に、第2EHAコントローラ402は、油圧ポンプ322の吐出圧が目標吐出圧よりも高くなったときには、電動モータ312の回転速度を下げ、油圧ポンプ322の吐出圧が目標吐出圧よりも低くなったときには、電動モータ312の回転速度を上げる。

[0077] 周囲の気温が極低温であって、作動油の温度低下によってその粘度が高くなったときには、油圧ポンプ321、322内の作動油の漏れが少なくなるものの、油圧ポンプ321、322の吐出圧に係る圧力フィードバック制御

を行うことによって、油圧ポンプ 3 2 1、3 2 2 の吐出圧が高くなり過ぎることを防止することが可能になる。特に極低外気温に曝される航空機の飛行中には、脚揚降用の E H A システム 1 は停止していて作動油の温度が大きく低下するため、着陸時には、作動油の温度が大きく低下した状態で、脚 1 1 の展開を行わなければならない場合があるが、その場合でも、油圧ポンプ 3 2 1、3 2 2 の吐出圧が高くなり過ぎることを防止することが可能になる。これにより、油圧アクチュエータ 2 内の圧力が高くなり過ぎることを未然に回避することが可能になる。

[0078] また逆に、周囲の気温が高温であって、作動油の温度上昇によりその粘度が下がって油圧ポンプ 3 2 1、3 2 2 内の作動油の漏れが多くなったときでも、油圧ポンプ 3 2 1、3 2 2 の吐出圧を目標吐出圧に維持することが可能になる。こうして、作動油の温度状態の高低に拘わらず、油圧ポンプ 3 2 1、3 2 2 の吐出圧を目標吐出圧に維持することが可能になり、油圧アクチュエータ 2 の伸長動作及び収縮動作のばらつきを抑制することが可能になる。

[0079] また、脚 1 1 の揚降機構に対しては、航空機の運航状態に伴う空力荷重が脚 1 1 やドア 1 4 に作用し、それらを動かすギアアクチュエータ 2 1、ドアアクチュエータ 2 2、ダウンロックリリースアクチュエータ 2 3、ドアアップロックリリースアクチュエータ 2 6、及び、ギアアップロックリリースアクチュエータ 2 7 に作用する空力荷重は、外部の風力や、航空機の進行速度によって方向や大きさが変化する。前述の通り、吐出圧のフィードバック制御によって、油圧ポンプ 3 2 1、3 2 2 の吐出圧を目標吐出圧に維持することにより、油圧アクチュエータ 2 に作用する空力荷重の方向や大きさに拘わらず、油圧アクチュエータ 2 を安定的に動作させることが可能になり、それらの動作のばらつきが抑制される。

[0080] そうして、吐出圧のフィードバック制御に加えて、電動モータ 3 1 1、3 1 2 の回転速度及び供給電流のフィードバック制御を併せて行うことにより、油圧アクチュエータ 2 の動作のばらつきをさらに抑制することが可能となり、脚 1 1 の格納に要する時間、及び、脚 1 1 の展開に要する時間をそれぞれ

れ、所定の時間範囲内に収めることができる。

[0081] このEHAシステム1では、第1の油圧供給源31及び第2の油圧供給源32が共に正常であるときには、第1の油圧供給源31及び第2の油圧供給源32の両方が、同時かつ並行に作動することにより、第1の油圧供給源31及び第2の油圧供給源32のそれぞれから、ギアアクチュエータ21、ドアアクチュエータ22、ダウンロックリリースアクチュエータ23、ドアアップロックリリースアクチュエータ26、及び、ギアアップロックリリースアクチュエータ27に順次、作動油を供給する。一方、第1の油圧供給源31及び第2の油圧供給源32のいずれか一方がフェイルしたときには、他方の正常な油圧供給源31又は32によって、油圧アクチュエータ2に作動油を供給することが可能である。こうして、このEHAシステム1では、冗長性が確保されている。

[0082] そして、第1の油圧供給源31及び第2の油圧供給源32の両方が、同時かつ並行に作動をするよう構成されたEHAシステム1においては、前述した第1圧力センサ341及び第2圧力センサ342の出力特性のばらつきにより、油圧ポンプ321、322の吐出圧と目標吐出圧とがほぼ一致している状況下において、いずれか一方の圧力センサ341又は342の検出吐出圧が、目標吐出圧よりも低くなる一方、他方の圧力センサ341又は342の検出吐出圧が、目標吐出圧よりも高くなる場合がある（図7参照）。その結果、第1の油圧供給源31の電動モータ311の回転数と、第2の油圧供給源32の電動モータ312の回転数とが大幅に異なってしまうことが起こり得る。

[0083] そこで、このEHAシステム1では、第1EHAコントローラ401の圧力制御ブロック41、及び、第2EHAコントローラ402の圧力制御ブロック41がそれぞれ、不感帯部412を有している。以下、この構成について、図4及び図5を参照しながら、詳細に説明をする。

[0084] 図4は、第1EHAコントローラ401及び第2EHAコントローラ402の圧力制御ブロック41の構成を示している。第1EHAコントロー

ラー４０１の圧力制御ブロック４１と、第２ＥＨＡコントローラー４０２の圧力制御ブロック４１とは、実質的に同じ構成であるため、以下においては、第１ＥＨＡコントローラー４０１の圧力制御ブロック４１についてのみ説明をし、第２ＥＨＡコントローラー４０２の圧力制御ブロック４１についての説明は省略する。

[0085] 圧力制御ブロック４１は、上位コントローラー９からの目標吐出圧と、第１圧力センサ３４１からの検出吐出圧との偏差を演算する減算器４１１を有している。減算器４１１は、演算した偏差を、比例演算部４１３及び積分演算部４１４のそれぞれに出力する。比例演算部４１３は、偏差に基づき比例演算を行う。積分演算部４１４は、偏差に基づき積分演算を行う。比例演算部４１３の演算結果、及び、積分演算部４１４の演算結果は、加算器４１５において加算される。圧力制御ブロック４１は、加算結果を、電動モータ３１１の回転速度指令として、モータ回転速度制御ブロック４２に出力する。

[0086] そして、圧力制御ブロック４１は、減算器４１１が演算した偏差を入力とし、偏差の絶対値が所定値以下のときに前記偏差をゼロにして出力する不感帯部４１２を有している。

[0087] 図５は、不感帯部４１２の特性の一例を示している。図５の横軸は、不感帯部４１２の入力であり、縦軸は、不感帯部４１２の出力である。図５の破線は、 $y = x$ の直線に相当する。つまり、不感帯部４１２が入力偏差を、そのまま出力することに相当する。

[0088] 不感帯部４１２の特性は、図５の実線（つまり、特性線１０１）で示される。不感帯部４１２は、入力偏差の絶対値が所定値 a_1 以下のときには、出力偏差をゼロにする。所定値 a_1 は、第１圧力センサ３４１及び第２圧力センサ３４２の公差に応じて、適宜、設定すればよい。

[0089] 尚、図５に示す不感帯部４１２の特性線１０１においては、出力する偏差が急変してしまうことを防止する観点から、偏差の絶対値が所定値 a_2 （但し、 $a_2 > a_1$ ）以上のときに、入力偏差をそのまま出力するようにしている。また、図５に示す不感帯部４１２の特性線１０１においては、所定値 a

1 を超えかつ所定値 a_2 を下回る範囲で補完をしている。不感帯部 4 1 2 の特性は、少なくとも、入力偏差の絶対値が所定値 a_1 以下のときに出力偏差をゼロにする特性であれば、図 5 に示す特性に限定されない。入力偏差の絶対値が所定値 a_1 を超えるときの、不感帯部 4 1 2 の特性は、適宜設定することが可能である。

[0090] 尚、第 1 EHA コントローラ 4 0 1 が有する不感帯部 4 1 2 と、第 2 EHA コントローラ 4 0 2 が有する不感帯部 4 1 2 とは、その特性が互いに同じである。

[0091] 不感帯部 4 1 2 を有しているため、圧力制御ブロック 4 1 は、目標吐出圧と、第 1 圧力センサ 3 4 1 からの検出吐出圧との偏差が所定値 a_1 以下のとき、偏差がゼロであるとして、比例演算及び積分演算を行い、電動モータ 3 1 1 の回転速度指令を出力する。目標吐出圧と実吐出圧とが一致、又は、ほぼ一致しているときに、圧力センサ 3 4 1 の出力ばらつきに起因して、電動モータ 3 1 1 の回転数を上げたり、下げたりすることが防止される。

[0092] 第 2 EHA コントローラ 4 0 2 の圧力制御ブロック 4 1 も同様に、不感帯部 4 1 2 を有しているため、目標吐出圧と、第 2 圧力センサ 3 4 2 からの検出吐出圧との偏差が所定値 a_1 以下のとき、偏差がゼロであるとして、比例演算及び積分演算を行い、電動モータ 3 1 2 の回転速度指令を出力する。目標吐出圧と実吐出圧とが一致、又は、ほぼ一致しているときに、圧力センサ 3 4 1 の出力ばらつきに起因して、電動モータ 3 1 2 の回転数を上げたり、下げたりすることが防止される。その結果、第 1 の油圧供給源 3 1 及び第 2 の油圧供給源 3 2 の動作状態を同じ、又は、ほぼ同じにすることが可能になる。

[0093] 第 1 の油圧供給源 3 1 及び第 2 の油圧供給源 3 2 の動作状態を同じ、又は、ほぼ同じにすることによって、第 1 の油圧供給源 3 1 及び第 2 の油圧供給源 3 2 のいずれか一方の電動モータ 3 1 1、3 1 2 が過剰に発熱してしまうことが回避される。

[0094] また、第 1 の油圧供給源 3 1 の電動モータ 3 1 1、及び、第 2 の油圧供給

源 3 2 の電動モータ 3 1 2 の寿命が異なってしまうことが防止される。冗長化している E H A システム 1 の信頼性が向上する。

[0095] 尚、前記の構成では、第 1 E H A コントローラ 4 0 1 及び第 2 E H A コントローラ 4 0 2 は、圧力フィードバックループと、モータ回転速度フィードバックループと、電流フィードバックループとの、3つのフィードバックループを含んで構成されているが、電動モータ 3 1 1、3 1 2 の回転速度制御については、フィードフォワード制御を採用してもよい。この構成を採用する場合、図 2 において、モータ回転速度フィードバックループと、電流フィードバックループとは省略される。

[0096] また、電動油圧アクチュエータシステムが備える油圧供給源の数は、2つに限らず、3つ以上にしてもよい。

符号の説明

[0097] 1 脚揚降用 E H A システム（電動油圧アクチュエータシステム）

1 1 脚

2 油圧アクチュエータ

2 1 ギアアクチュエータ（油圧アクチュエータ）

2 2 ドアアクチュエータ（油圧アクチュエータ）

2 3 ダウンロックリリースアクチュエータ（油圧アクチュエータ）

2 6 ドアアップロックリリースアクチュエータ（油圧アクチュエータ）

2 7 ギアアップロックリリースアクチュエータ（油圧アクチュエータ）

3 1 第 1 の油圧供給源

3 2 第 2 の油圧供給源

3 1 1、3 1 2 電動モータ

3 2 1、3 2 2 油圧ポンプ

3 3 油圧回路

3 3 1 合流部

3 4 1 第 1 圧力センサ

3 4 2 第 2 圧力センサ

4 0 1 第 1 E H A コントローラー (コントローラー)

4 0 2 第 2 E H A コントローラー (コントローラー)

4 1 圧力制御ブロック

4 2 モータ回転速度制御ブロック

4 3 電流制御ブロック

4 1 2 不感帯部

請求の範囲

[請求項1]

油圧アクチュエータと、

互いに並列に配置されかつ、同時かつ並行に作動することによって、前記油圧アクチュエータに供給する作動油を昇圧するように構成された複数の油圧供給源と、

前記複数の油圧供給源と前記油圧アクチュエータとの間で前記複数の油圧供給源からの前記作動油が合流する合流部を含みかつ、前記複数の油圧供給源から前記油圧アクチュエータに前記作動油を送るよう構成された油圧回路と、を備え、

前記複数の油圧供給源はそれぞれ、

前記作動油を吐出するよう構成された油圧ポンプと、

前記油圧ポンプに連結されかつ、前記油圧ポンプを駆動するように構成された電動モータと、

前記油圧ポンプと前記合流部との間に配設されかつ、前記油圧ポンプの吐出圧を検出するよう構成されたセンサと、

前記油圧ポンプの吐出圧が目標吐出圧となるように、前記目標吐出圧と前記センサの検出吐出圧との偏差に基づいて前記電動モータの作動を制御するように構成されたコントローラと、を有し、

前記複数の油圧供給源の前記コントローラはそれぞれ、前記目標吐出圧と前記検出吐出圧との偏差を入力としかつ、当該偏差の絶対値が所定値以下のときに前記偏差をゼロにして出力する不感帯部を有している電動油圧アクチュエータシステム。

[請求項2]

請求項1に記載の電動油圧アクチュエータシステムにおいて、

前記コントローラは、

前記油圧アクチュエータに供給する前記作動油の圧力指令と、前記センサの前記検出吐出圧のフィードバック信号とを受けて、前記油圧ポンプの前記吐出圧が、前記圧力指令に対応する前記目標吐出圧となるように、前記電動モータの回転速度指令を出力する圧力制御プロ

ックと、

前記圧力制御ブロックからの前記回転速度指令と、前記電動モータの回転速度フィードバック信号とを受けて、前記電動モータの回転速度が、前記回転速度指令に対応する目標回転速度となるように、前記電動モータの供給電流指令を出力するモータ回転速度制御ブロックと、

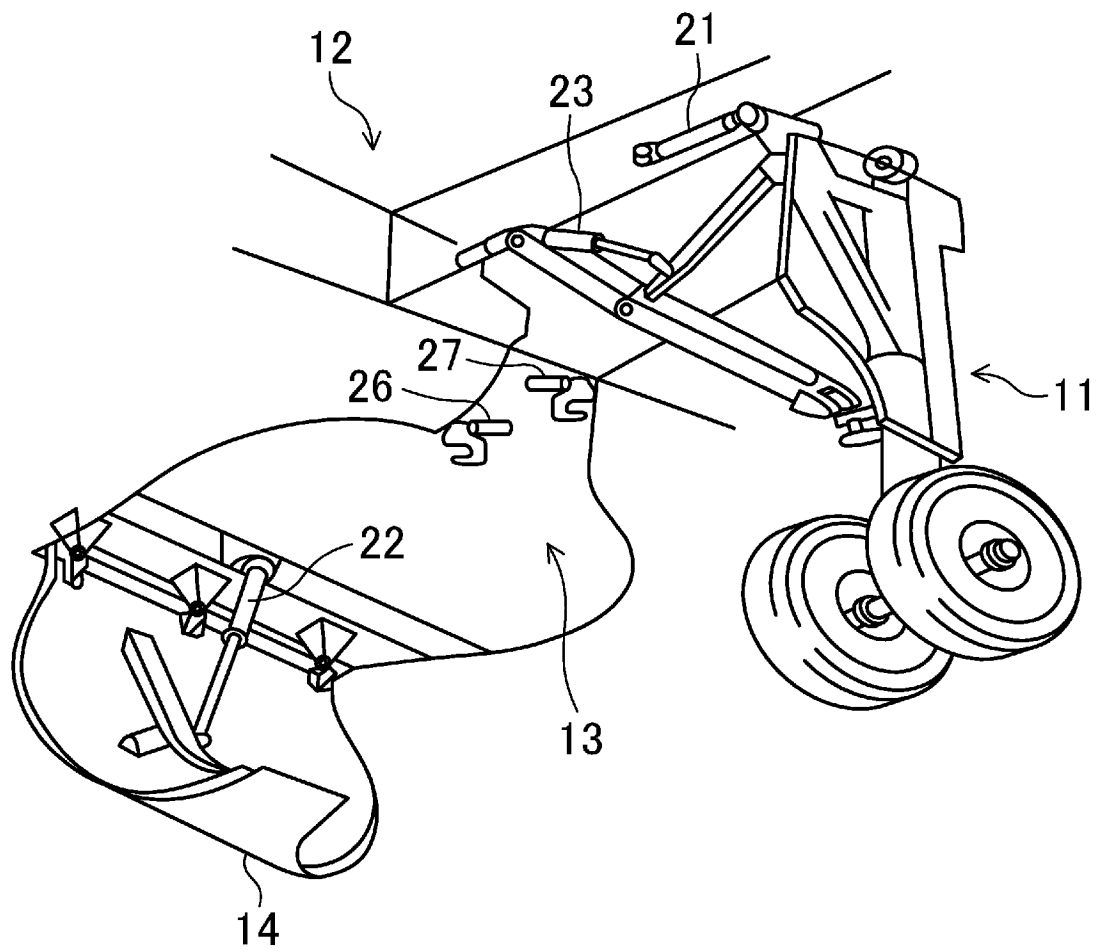
前記モータ回転速度制御ブロックからの前記供給電流指令と、前記電動モータへの供給電流フィードバック信号とを受けて、前記電動モータへの供給電流が、前記供給電流指令に対応する目標供給電流となるように、前記電動モータに電流を供給する電流制御ブロックと、を含んでいる電動油圧アクチュエータシステム。

[請求項3] 請求項 1 又は 2 に記載の電動油圧アクチュエータシステムにおいて、

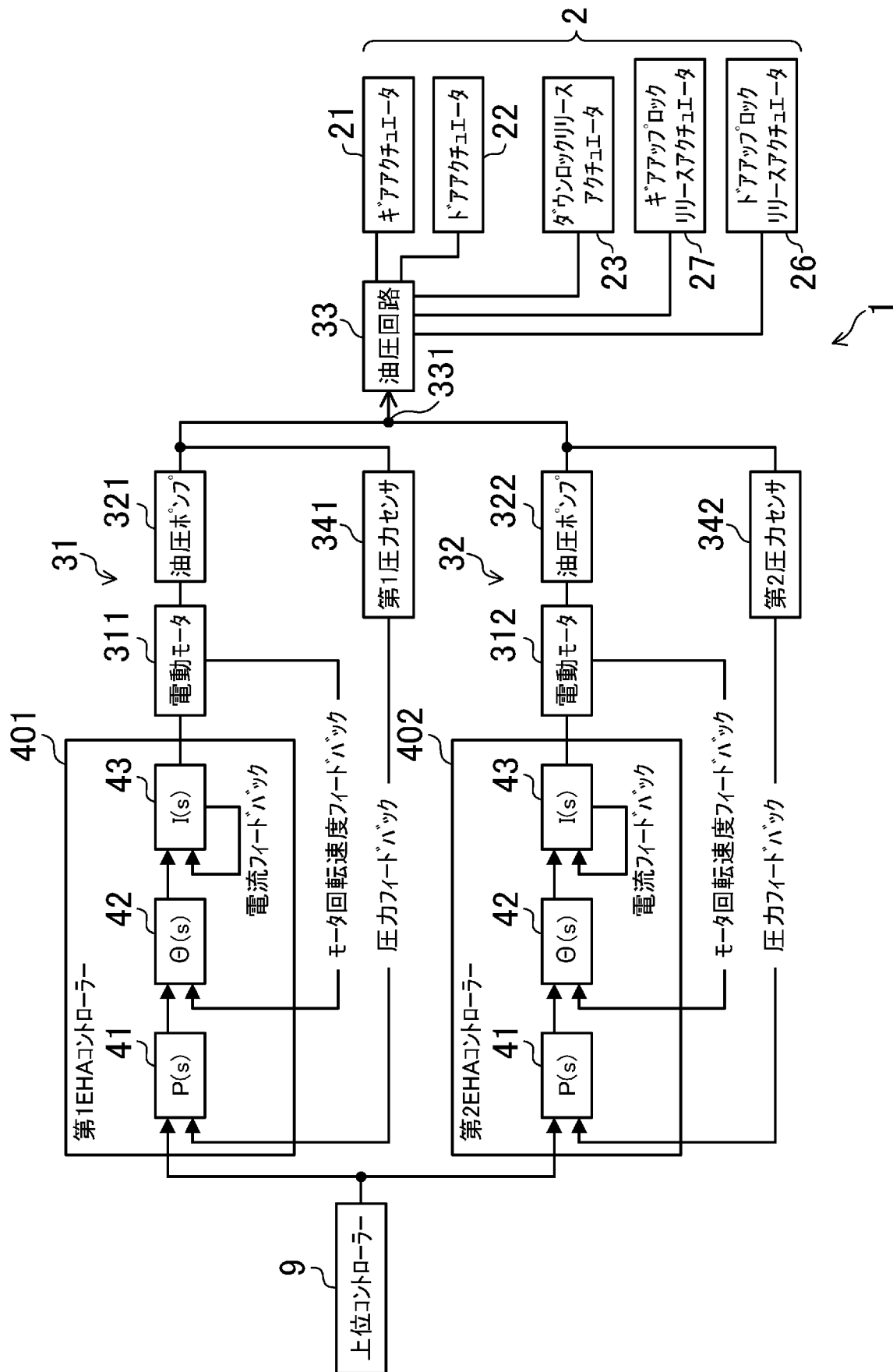
前記油圧アクチュエータ、前記複数の油圧供給源及び前記油圧回路は、航空機に搭載されている電動油圧アクチュエータシステム。

[請求項4] 請求項 3 に記載の電動油圧アクチュエータシステムにおいて、
前記油圧アクチュエータは、前記航空機の脚の格納及び展開を行うように構成されている電動油圧アクチュエータシステム。

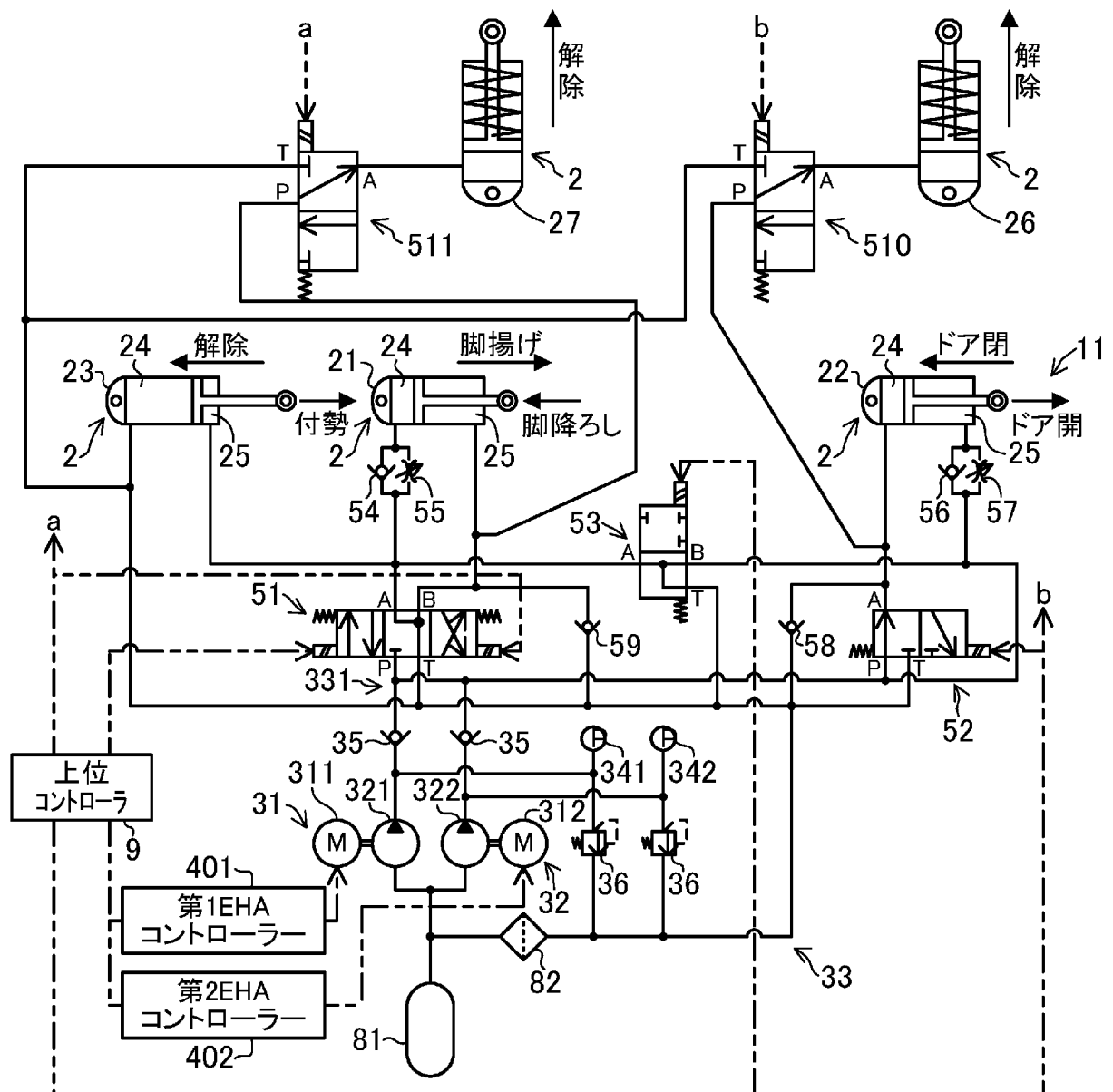
[図1]



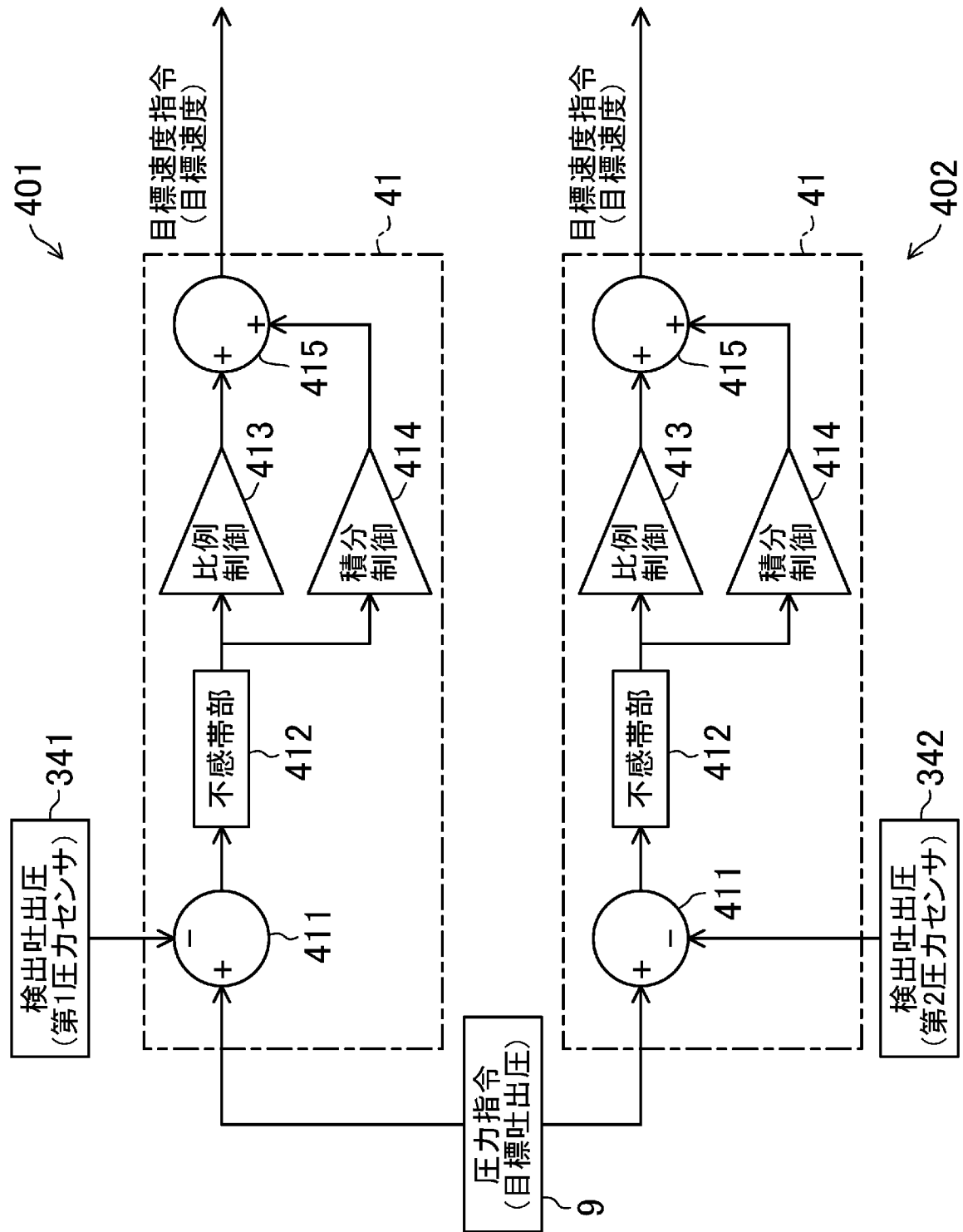
[図2]



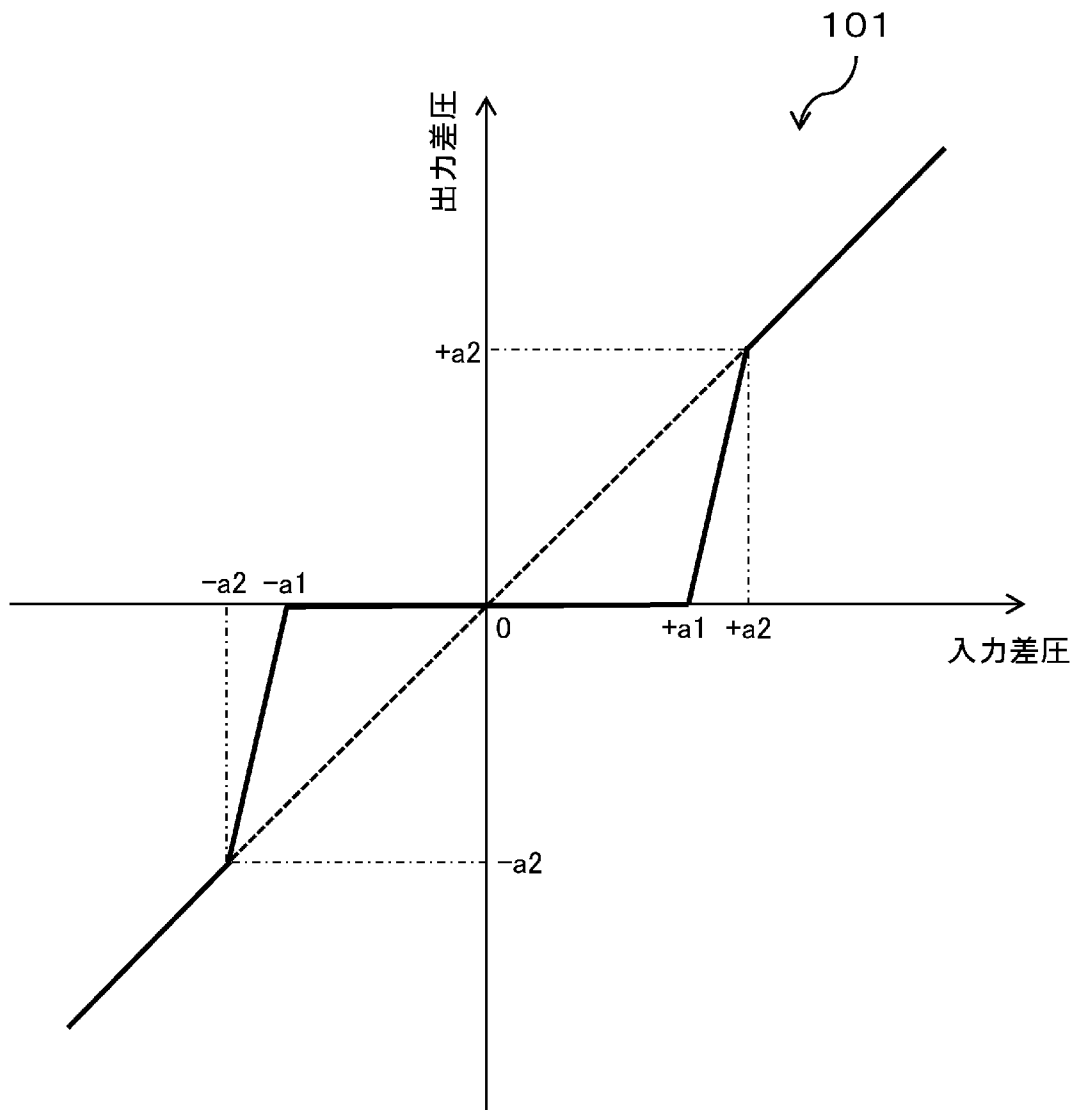
[図3]



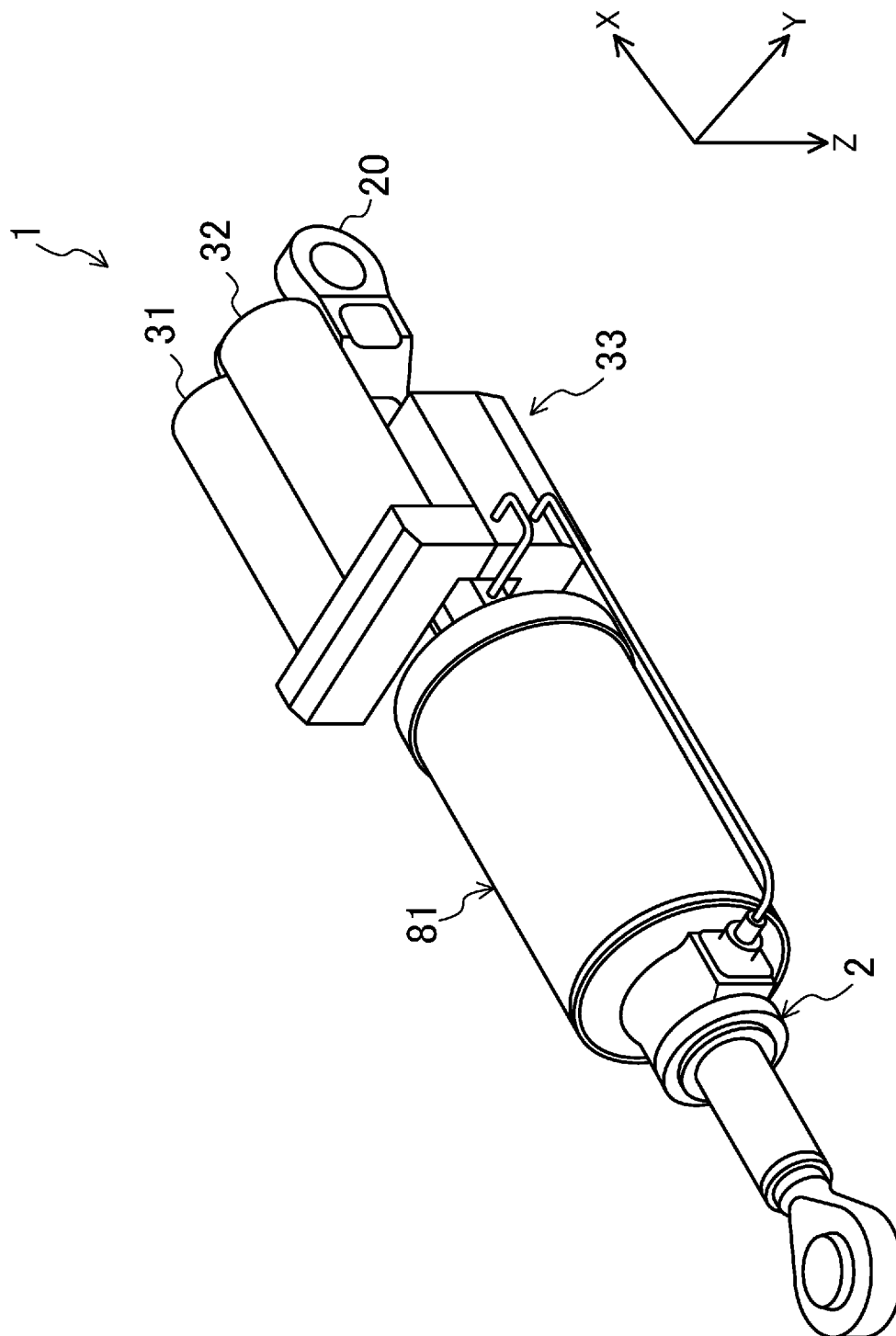
[図4]



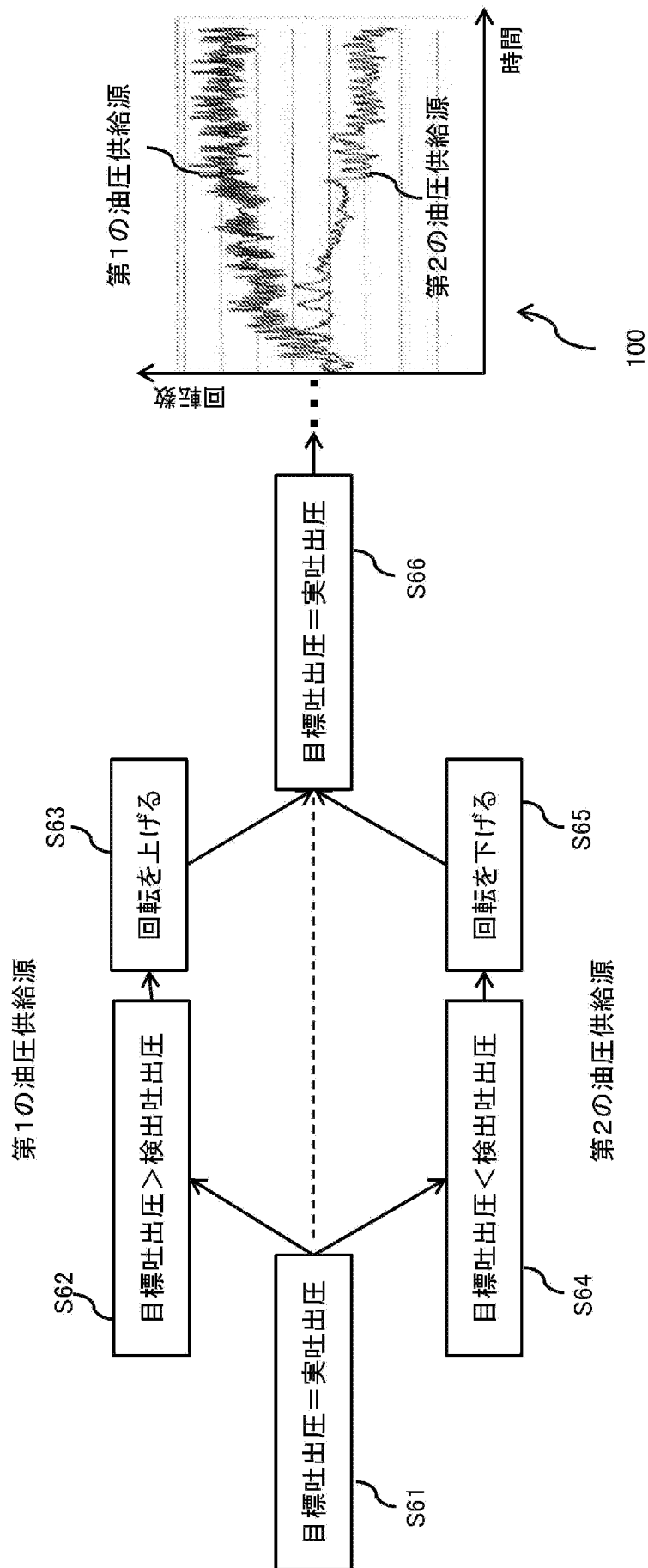
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/070976

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F15B11/02(2006.01)i, F15B11/028(2006.01)i, F15B20/00(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)

F15B11/02, F15B11/028, F15B20/00

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
Y A	JP 2015-96749 A (Okuma Corp.), 21 May 2015 (21.05.2015), paragraphs [0002] to [0003]; fig. 7 & US 2015/0139815 A1 paragraphs [0004] to [0006]; fig. 7 & DE 102014116098 A1 & CN 104660149 A	1, 3-4 2
Y A	JP 2006-177560 A (Komatsu Ltd.), 06 July 2006 (06.07.2006), paragraphs [0130], [0294]; fig. 11 (Family: none)	1, 3-4 2

☒ 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
30 September 2016 (30.09.16)

Date of mailing of the international search report
18 October 2016 (18.10.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/070976

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2015-1297 A (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.), 05 January 2015 (05.01.2015), paragraphs [0028] to [0032]; fig. 1 to 4 & US 2014/0366522 A1 paragraphs [0035] to [0039]; fig. 1 to 4 & EP 2816237 A1	1, 3-4 2

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F15B11/02(2006.01)i, F15B11/028(2006.01)i, F15B20/00(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（IPC））

Int.Cl. F15B11/02, F15B11/028, F15B20/00

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
Y A	JP 2015-96749 A（オークマ株式会社）2015.05.21, 段落 [0002]-[0003], 図7 & US 2015/0139815 A1, 段落[0004]-[0006], 図7 & DE 102014116098 A1 & CN 104660149 A	1, 3-4 2
Y A	JP 2006-177560 A（株式会社小松製作所）2006.07.06, 段落 [0130], [0294], 図11（ファミリーなし）	1, 3-4 2

☒ 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

30.09.2016

国際調査報告の発送日

18.10.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

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）

柏原 郁昭

30

3113

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

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
Y A	JP 2015-1297 A (住友精密工業株式会社) 2015.01.05, 段落 [0028]-[0032], 図 1-4 & US 2014/0366522 A1, 段落[0035]-[0039], 図 1-4 & EP 2816237 A1	1, 3-4 2