

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6836480号
(P6836480)

(45) 発行日 令和3年3月3日(2021.3.3)

(24) 登録日 令和3年2月9日(2021.2.9)

(51) Int. Cl.		F 1			
F 1 5 B	11/028	(2006.01)	F 1 5 B	11/028	G
B 2 9 B	7/20	(2006.01)	B 2 9 B	7/20	
B 2 9 B	7/28	(2006.01)	B 2 9 B	7/28	

請求項の数 15 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2017-163485 (P2017-163485)	(73) 特許権者	000001199
(22) 出願日	平成29年8月28日 (2017. 8. 28)		株式会社神戸製鋼所
(65) 公開番号	特開2019-39527 (P2019-39527A)		兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号
(43) 公開日	平成31年3月14日 (2019. 3. 14)	(74) 代理人	100067828
審査請求日	令和1年9月30日 (2019. 9. 30)		弁理士 小谷 悦司
		(74) 代理人	100115381
			弁理士 小谷 昌崇
		(74) 代理人	100178582
			弁理士 行武 孝
		(72) 発明者	西田 吉晴
			兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 油圧システム、ゴム混練機および油圧システムの制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の周期で大きさが変動する負荷を発生する対象物を、目標の押圧力で押圧するように作動する油圧システムであって、

内部に複数の油圧室を備え、前記複数の油圧室のうちの一の油圧室に作動油を受け入れるとともに、前記複数の油圧室のうち他の油圧室から作動油を排出することで作動する油圧アクチュエータと、

前記油圧アクチュエータに連結され、前記一の油圧室および前記他の油圧室に充填される作動油の差圧に基づいて前記対象物を押圧する押圧部と、

前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室および前記他の油圧室にそれぞれ充填される作動油の量を調整するように作動する弁機構と、

前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室の圧力および前記他の油圧室の圧力をそれぞれ測定する、第1圧力計および第2圧力計と、

前記油圧アクチュエータの動作に応じて変化する当該油圧アクチュエータの動作量のデータを前記周期よりも長い所定の検出期間にわたって検出する動作量検出部と、

前記第1圧力計および前記第2圧力計の検出結果に基づいて、前記目標の押圧力に対応した前記弁機構の標準開度を算出する標準開度演算部と、

前記対象物が発生する前記負荷が前記押圧部に作用することによって周期的に変動する前記動作量の変動成分、または、当該動作量の変動成分に対応した前記弁機構の開度の変動成分を、前記動作量検出部の検出結果に基づいて推定する変動成分推定部と、

10

20

前記変動成分推定部によって推定された前記動作量の変動成分または前記開度の変動成分に基づいて、前記標準開度演算部によって算出された前記標準開度を補正し、当該補正された開度によって前記弁機構の開弁動作を行うことで、前記押圧部が前記目標の押圧力で前記対象物を押圧しつつけるように前記油圧アクチュエータにおける前記作動油の差圧を調整する、押圧力調整部と、

を有する、油圧システム。

【請求項 2】

前記変動成分推定部は、前記動作量検出部によって検出された前記動作量のデータに対して前記周期で変動する変動成分を抽出するフィルタ演算処理を実行することで、前記動作量または前記開度の変動成分を推定する、請求項 1 に記載の油圧システム。

10

【請求項 3】

前記変動成分推定部は、前記所定の周期で周期的に変動する第 1 変動成分と、前記所定の周期の自然数の倍数の周期で周期的に変動する第 2 変動成分とを、前記動作量検出部が検出する前記動作量のデータに基づいてそれぞれ推定し、前記第 1 変動成分に前記第 2 変動成分を加算することで、前記動作量の変動成分、または、前記弁機構の開度の変動成分を推定する、請求項 1 または 2 に記載の油圧システム。

【請求項 4】

前記動作量検出部は、前記動作量として前記油圧アクチュエータの動作速度を検出する速度計を含み、

前記変動成分推定部は、前記速度計が検出する前記動作速度の検出結果に基づいて前記変動成分を推定する、請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の油圧システム。

20

【請求項 5】

前記動作量検出部は、前記動作量として前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室に流入する作動油の流量および前記油圧アクチュエータの前記他の油圧室から流出する作動油の流量のうちの少なくとも一方を検出する流量計を含み、

前記変動成分推定部は、前記流量計が検出する前記作動油の流量の検出結果に基づいて前記変動成分を推定する、請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の油圧システム。

【請求項 6】

前記動作量検出部は、

前記動作量として前記油圧アクチュエータの動作速度を検出する速度計と、

30

前記動作量として前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室に流入する作動油の流量および前記油圧アクチュエータの前記他の油圧室から流出する作動油の流量のうちの少なくとも一方を検出する流量計と、

を含み、

前記変動成分推定部は、前記対象物が前記押圧部を押圧する押圧力が前記油圧室の圧力の変動に変換されることで発生する前記油圧アクチュエータの動作速度の検出誤差を補うように、前記流量計が検出した前記作動油の流量の検出結果および前記流量計が検出した油圧室に対応する前記第 1 圧力計または前記第 2 圧力計の検出結果に基づいて、前記速度計が検出した前記動作速度の検出結果を補正し、当該補正された前記動作速度に基づいて前記周期的に変動する前記変動成分を推定する、請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の油圧システム。

40

【請求項 7】

前記変動成分推定部は、前記動作量検出部によって検出された前記動作量のデータを前記弁機構の応答遅れに応じて予め設定された調整値に基づいて補正し、当該補正された動作量のデータに基づいて、前記動作量の変動成分、または、当該動作量の変動成分に対応した前記弁機構の開度の変動成分を推定する、請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項に記載の油圧システム。

【請求項 8】

ゴム混練機であって、

ゴム材料が投入される内部空間が形成されているチャンバーと、

50

前記内部空間において回転可能なように前記チャンバーに支持され、所定の回転数で回転されることで前記ゴム材料を混練する回転ローターと、

請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載の油圧システムと、
を有し、

前記油圧システムの前記押圧部は、前記チャンバーの前記内部空間の一部を画定するように前記チャンバーに移動可能に支持されるラムであり、

前記油圧アクチュエータの作動によって、前記ラムが前記ゴム材料を前記目標の押圧力で押圧する、ゴム混練機。

【請求項 9】

所定の周期で大きさが変動する負荷を発生する対象物を、目標の押圧力で押圧するように作動する油圧システムの制御方法であって、

前記油圧システムは、

内部に複数の油圧室を備え、前記複数の油圧室のうちの一の油圧室に作動油を受け入れるとともに、前記複数の油圧室のうち他の油圧室から作動油を排出することで作動する油圧アクチュエータと、

前記油圧アクチュエータに連結され、前記一の油圧室および前記他の油圧室に充填される作動油の差圧に基づいて前記対象物を押圧する押圧部と、

前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室および前記他の油圧室にそれぞれ充填される作動油の量を調整するように作動する弁機構と、

を有し、前記油圧システムの制御方法は、

前記油圧アクチュエータを作動させ、前記目標の押圧力に応じて予め設定された初期開度となるように前記弁機構の開度を調整し、前記押圧部によって前記対象物を押圧する初期押圧工程と、

前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室の圧力および前記他の油圧室の圧力をそれぞれ測定する圧力検出工程と、

前記油圧アクチュエータの動作に応じて変化する当該油圧アクチュエータの動作量のデータを前記周期よりも長い所定の検出期間にわたって検出する動作量検出工程と、

前記圧力検出工程において検出された圧力検出結果に基づいて、前記目標の押圧力に対応した前記弁機構の標準開度を算出する標準開度算出工程と、

前記対象物が発生する前記負荷が前記押圧部に作用することによって周期的に変動する前記動作量の変動成分、または、当該動作量の変動成分に対応した前記弁機構の開度の変動成分を、前記動作量検出工程において検出された前記動作量のデータに基づいて推定する変動成分推定工程と、

前記変動成分推定工程において推定された前記動作量の変動成分または前記開度の変動成分に基づいて、前記標準開度算出工程において算出された前記標準開度を補正し、当該補正された開度によって前記弁機構の開弁動作を行うことで、前記押圧部が前記目標の押圧力で前記対象物を押圧しつつ前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室と前記他の油圧室との差圧を調整する押圧力調整工程と、

を有する、油圧システムの制御方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の油圧システムの制御方法であって、

前記動作量検出工程において検出された前記動作量のデータに対して、前記周期で変動する変動成分を抽出するフィルタ演算処理を実行することで前記変動成分を推定する、油圧システムの制御方法。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の油圧システムの制御方法であって、

前記変動成分推定工程において、前記所定の周期で周期的に変動する第 1 変動成分と、前記所定の周期の自然数の倍数の周期で周期的に変動する第 2 変動成分とを、前記動作量検出工程において検出された前記動作量のデータに基づいてそれぞれ推定し、前記第 1 変動成分に前記第 2 変動成分を加算することで、前記動作量の変動成分、または、前記弁機

10

20

30

40

50

構の開度の変動成分を推定する、油圧システムの制御方法。

【請求項 1 2】

請求項 9 乃至 1 1 の何れか 1 項に記載の油圧システムの制御方法であって、

前記動作量検出工程において、前記動作量として前記油圧アクチュエータの動作速度を検出し、

前記変動成分推定工程において、前記検出された前記動作速度の検出結果に基づいて前記変動成分を推定する、油圧システムの制御方法。

【請求項 1 3】

請求項 9 乃至 1 1 の何れか 1 項に記載の油圧システムの制御方法であって、

前記動作量検出工程において、前記動作量として前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室に流入する作動油の流量および前記油圧アクチュエータの前記他の油圧室から流出する作動油の流量のうちの少なくとも一方を検出し、

前記変動成分推定工程において、前記検出された前記作動油の流量の検出結果に基づいて前記変動成分を推定する、油圧システムの制御方法。

【請求項 1 4】

請求項 9 乃至 1 1 の何れか 1 項に記載の油圧システムの制御方法であって、

前記動作量検出工程において、

前記動作量として前記油圧アクチュエータの動作速度と、

前記動作量として前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室に流入する作動油の流量および前記油圧アクチュエータの前記他の油圧室から流出する作動油の流量のうちの少なくとも一方と、

をそれぞれ検出し、

前記変動成分推定工程において、前記対象物が前記押圧部を押圧する押圧力が前記油圧室の圧力の変動に変換されることで発生する前記油圧アクチュエータの動作速度の検出誤差を補うように、前記動作量検出工程において検出された前記作動油の流量の検出結果および前記流量が検出された油圧室における前記圧力検出工程において検出された圧力の検出結果に基づいて、前記動作量検出工程において検出された前記動作速度の検出結果を補正し、当該補正された前記動作速度に基づいて前記変動成分を推定する、油圧システムの制御方法。

【請求項 1 5】

請求項 9 乃至 1 4 の何れか 1 項に記載の油圧システムの制御方法であって、

前記動作量検出工程において検出された前記動作量のデータを、前記弁機構の応答遅れに応じて予め設定された調整値に基づいて補正し、当該補正された動作量のデータに基づいて、前記動作量の変動成分、または、当該動作量の変動成分に対応した前記弁機構の開度の変動成分を推定する、油圧システムの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、油圧アクチュエータを含む油圧システム、ゴム混練機および油圧システムの制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、油圧システムとして伸縮可能な油圧シリンダ（油圧アクチュエータ）を備えたものが知られている。特許文献 1 には、このような油圧システムの油圧シリンダが、ゴム混練機内に投入されたゴム材料に押圧力を付与する技術が開示されている。ゴム混練機は、チャンパーと、チャンパー内で回転可能なローターと、チャンパーの一部を画定するラム（フローティングウエイト）と、を備える。ローターが回転されることで、チャンパー内に投入されたゴム原料が混練される。ラムには、油圧シリンダのピストンが連結されている。油圧シリンダのロッド側油圧室とヘッド側油圧室との差圧に応じて、ラムがチャンパー内のゴム原料を押圧する。ゴム原料に高い圧力が付与されながら、ローターが回転され

10

20

30

40

50

ることで、均質なゴムが製造される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2007-54824号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ゴム混練機では、ローターの回転に伴って、ゴム材料がラムを押し上げる力が周期的に発生する。特許文献1に記載された技術では、ラムが周期的に押し上げられる力がアキュムレータによって吸収されることで、油圧シリンダに係る周期的な負荷変動が抑制される。しかしながら、この場合、アキュムレータに作動油が流入する際の圧力損失によって、油圧シリンダのラムに対する押圧力が変動しやすくなる。また、油圧システムにアキュムレータが必須の構成となるため、システムのコストが増大することとなる。

10

【0005】

一方、上記のようなアキュムレータを備えることなく、油圧シリンダのロッド側油圧室とヘッド側油圧室との差圧が一定となるように作動油の流出量を制御することでラムの押圧力を制御した場合、ゴム材料がラムを押し上げる押し上げ力によって、油圧シリンダの押圧力の一部が相殺される。この結果、ゴム材料に対して一定の押圧力を付与することが困難になるという問題があった。このように、従来の油圧アクチュエータを備えた油圧システムでは、所定の周期で変動する負荷を発生する対象物を、目標の押圧力で押圧し続けることが困難であった。

20

【0006】

本発明は、所定の周期で変動する負荷を発生する対象物を、所定の期間にわたって目標の押圧力で押圧することが可能な油圧システム、ゴム混練機および当該油圧システムの制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一の局面に係る油圧システムは、所定の周期で変動する負荷を発生する対象物を、目標の押圧力で押圧するように作動する油圧システムであって、内部に複数の油圧室を備え、前記複数の油圧室のうちの一の油圧室に作動油を受け入れるとともに、前記複数の油圧室のうち他の油圧室から作動油を排出することで作動する油圧アクチュエータと、前記油圧アクチュエータに連結され、前記一の油圧室および前記他の油圧室に充填される作動油の差圧に基づいて前記対象物を押圧する押圧部と、前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室および前記他の油圧室にそれぞれ充填される作動油の量を調整するように作動する弁機構と、前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室の圧力および前記他の油圧室の圧力をそれぞれ測定する、第1圧力計および第2圧力計と、前記油圧アクチュエータの動作に応じて変化する当該油圧アクチュエータの動作量のデータを前記周期よりも長い所定の検出期間にわたって検出する動作量検出部と、前記第1圧力計および前記第2圧力計の検出結果に基づいて、前記目標の押圧力に対応した前記弁機構の標準開度を算出する標準開度演算部と、前記対象物が発生する前記負荷が前記押圧部に作用することによって周期的に変動する前記動作量の変動成分、または、当該動作量の変動成分に対応した前記弁機構の開度の変動成分を、前記動作量検出部の検出結果に基づいて推定する変動成分推定部と、前記変動成分推定部によって推定された前記動作量の変動成分または前記開度の変動成分に基づいて、前記標準開度演算部によって算出された前記標準開度を補正し、当該補正された開度によって前記弁機構の開弁動作を行うことで、前記押圧部が前記目標の押圧力で前記対象物を押圧しつづけるように前記油圧アクチュエータにおける前記作動油の差圧を調整する、押圧力調整部と、を有する。

30

40

【0008】

本構成によれば、第1圧力計および第2圧力計の検出結果に基づいて、目標の押圧力に

50

対応した弁機構の標準開度が算出される。また、対象物が発生する負荷が押圧部に作用することによって周期的に変動する動作量または開度の変動成分が、動作量の検出結果に基づいて推定される。そして、押圧力調整部は、推定された変動成分に基づいて標準開度を補正し、油圧アクチュエータにおける作動油の差圧を調整する。したがって、油圧アクチュエータの油圧室の圧力変動のみに基づいたフィードバック制御によって弁機構の開度が調整されるシステムと比較して、対象物が発生する負荷の影響を低減しつつ、対象物を目標の押圧力で押圧しつづけることが可能となる。

【 0 0 0 9 】

上記の構成において、前記変動成分推定部は、前記動作量検出部によって検出された前記動作量のデータに対して前記周期で変動する変動成分を抽出するフィルタ演算処理を実行することで、前記動作量または前記開度の変動成分を推定することが望ましい。

10

【 0 0 1 0 】

本構成によれば、検出された動作量のデータから、周期的に変動する動作量または開度の変動成分を容易に推定することができる。

【 0 0 1 1 】

上記の構成において、前記変動成分推定部は、前記所定の周期で周期的に変動する第1変動成分と、前記所定の周期の自然数の倍数の周期で周期的に変動する第2変動成分とを、前記動作量検出部が検出する前記動作量のデータに基づいてそれぞれ推定し、前記第1変動成分に前記第2変動成分を加算することで、前記動作量の変動成分、または、前記弁機構の開度の変動成分を推定することが望ましい。

20

【 0 0 1 2 】

本構成によれば、所定の周期で変動する変動成分に加え、当該周期の倍数の周期で変動する変動成分を加味して、動作量または開度の変動成分を精度良く推定することができる。

【 0 0 1 3 】

上記の構成において、前記動作量検出部は、前記動作量として前記油圧アクチュエータの動作速度を検出する速度計を含み、前記変動成分推定部は、前記速度計が検出する前記動作速度の検出結果に基づいて前記変動成分を推定することが望ましい。

【 0 0 1 4 】

本構成によれば、油圧アクチュエータの動作速度を検出することで、動作量または開度の変動成分を推定することができる。

30

【 0 0 1 5 】

上記の構成において、前記動作量検出部は、前記動作量として前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室に流入する作動油の流量および前記油圧アクチュエータの前記他の油圧室から流出する作動油の流量のうちの少なくとも一方を検出する流量計を含み、前記変動成分推定部は、前記流量計が検出する前記作動油の流量の検出結果に基づいて前記変動成分を推定することが望ましい。

【 0 0 1 6 】

本構成によれば、油圧アクチュエータに対する作動油の流量を検出することで、動作量または開度の変動成分を推定することができる。

40

【 0 0 1 7 】

上記の構成において、前記動作量検出部は、前記動作量として前記油圧アクチュエータの動作速度を検出する速度計と、前記動作量として前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室に流入する作動油の流量および前記油圧アクチュエータの前記他の油圧室から流出する作動油の流量のうちの少なくとも一方を検出する流量計と、を含み、前記変動成分推定部は、前記対象物が前記押圧部を押圧する押圧力が前記油圧室の圧力の変動に変換されることで発生する前記油圧アクチュエータの動作速度の検出誤差を補うように、前記流量計が検出した前記作動油の流量の検出結果および前記流量計が検出した油圧室に対応する前記第1圧力計または前記第2圧力計の検出結果に基づいて、前記速度計が検出した前記動作速度の検出結果を補正し、当該補正された前記動作速度に基づいて前記周期的に変動す

50

る前記変動成分を推定することが望ましい。

【0018】

本構成によれば、作動油の圧力変動に基づいてアクチュエータの動作速度を補正することで、押圧部の変位に精度良く追従した押圧力の制御を行うことができる。

【0019】

上記の構成において、前記変動成分推定部は、前記動作量検出部によって検出された前記動作量のデータを前記弁機構の応答遅れに応じて予め設定された調整値に基づいて補正し、当該補正された動作量のデータに基づいて、前記動作量の変動成分、または、当該動作量の変動成分に対応した前記弁機構の開度の変動成分を推定することが望ましい。

【0020】

本構成によれば、弁機構の応答遅れを加味して動作量または開度の変動成分を推定することで、誤差の少ない押圧力の制御を行うことができる。

【0021】

本発明の他の局面に係るゴム混練機は、ゴム材料が投入される内部空間が形成されているチャンバーと、前記内部空間において回転可能なように前記チャンバーに支持され、所定の回転数で回転されることで前記ゴム材料を混練する回転ローターと、上記の何れか1に記載の油圧システムと、を有し、前記油圧システムの前記押圧部は、前記チャンバーの前記内部空間の一部を画定するように前記チャンバーに移動可能に支持されるラムであり、前記油圧アクチュエータの作動によって、前記ラムが前記ゴム材料を前記目標の押圧力で押圧する。

【0022】

本構成によれば、油圧アクチュエータの油圧室の圧力変動のみに基づいたフィードバック制御によって弁機構の開度が調整されるシステムと比較して、回転ローターの回転を受けてゴム材料が発生する負荷の影響を低減しつつ、ゴム材料を目標の押圧力で押圧しつづけることが可能となる。

【0023】

本発明の他の局面に係る油圧システムの制御方法は、所定の周期で大きさが変動する負荷が発生する対象物を、目標の押圧力で押圧するように作動する油圧システムの制御方法であって、前記油圧システムは、内部に複数の油圧室を備え、前記複数の油圧室のうちの
一の油圧室に作動油を受け入れるとともに、前記複数の油圧室のうちの他の油圧室から作
動油を排出することで作動する油圧アクチュエータと、前記油圧アクチュエータに連結さ
れ、前記一の油圧室および前記他の油圧室に充填される作動油の差圧に基づいて前記対象
物を押圧する押圧部と、前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室および前記他の油圧室
にそれぞれ充填される作動油の量を調整するように作動する弁機構と、を有し、前記油
圧システムの制御方法は、前記油圧アクチュエータを作動させ、前記目標の押圧力に
応じて
予め設定された初期開度となるように前記弁機構の開度を調整し、前記押圧部によって
前記対象物を押圧する初期押圧工程と、前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室の圧力
および前記他の油圧室の圧力をそれぞれ測定する圧力検出工程と、前記油圧アクチュエ
ータの動作に応じて変化する当該油圧アクチュエータの動作量のデータを前記周期より
長い
所定の検出期間にわたって検出する動作量検出工程と、前記圧力検出工程において検出
された圧力検出結果に基づいて、前記目標の押圧力に対応した前記弁機構の標準開度を
算出
する標準開度算出工程と、前記対象物が発生する前記負荷が前記押圧部に作用すること
によって周期的に変動する前記動作量の変動成分、または、当該動作量の変動成分に
対応
した前記弁機構の開度の変動成分を、前記動作量検出工程において検出された前記動作
量
のデータに基づいて推定する変動成分推定工程と、前記変動成分推定工程において推定
され
た前記動作量の変動成分または前記開度の変動成分に基づいて、前記標準開度算出工
程
において算出された前記標準開度を補正し、当該補正された開度によって前記弁機構
の開
弁
動作を行うことで、前記押圧部が前記目標の押圧力で前記対象物を押圧しつづけるよ
うに
前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室と前記他の油圧室との差圧を調整する押圧
力
調
整
工
程
と、を有する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

本方法によれば、油圧アクチュエータの油圧室の圧力変動のみに基づいたフィードバック制御によって弁機構の開度が調整されるシステムと比較して、対象物が発生する負荷の影響を低減しつつ、対象物を目標の押圧力で押圧しつづけることが可能となる。

【 0 0 2 5 】

上記の方法において、前記動作量検出工程において検出された前記動作量のデータに対して、前記周期で変動する変動成分を抽出するフィルタ演算処理を実行することで、前記動作量の変動成分を推定することが望ましい。

【 0 0 2 6 】

本方法によれば、検出された動作量のデータから、周期的に変動する動作量または開度の変動成分を容易に推定することができる。

10

【 0 0 2 7 】

上記の方法において、前記変動成分推定工程において、前記所定の周期で周期的に変動する第1変動成分と、前記所定の周期の自然数の倍数の周期で周期的に変動する第2変動成分とを、前記動作量検出工程において検出された前記動作量のデータに基づいてそれぞれ推定し、前記第1変動成分に前記第2変動成分を加算することで、前記動作量の変動成分、または、前記弁機構の開度の変動成分を推定することが望ましい。

【 0 0 2 8 】

本方法によれば、所定の周期で変動する変動成分に加え、当該周期の倍数の周期で変動する変動成分を加味して、動作量または開度の変動成分を精度良く推定することができる。

20

【 0 0 2 9 】

上記の方法において、前記動作量検出工程において、前記動作量として前記油圧アクチュエータの動作速度を検出し、前記変動成分推定工程において、前記検出された前記動作速度の検出結果に基づいて前記変動成分を推定することが望ましい。

【 0 0 3 0 】

本方法によれば、油圧アクチュエータの動作速度を検出することで、動作量または開度の変動成分を推定することができる。

【 0 0 3 1 】

上記の方法において、前記動作量検出工程において、前記動作量として前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室に流入する作動油の流量および前記油圧アクチュエータの前記他の油圧室から流出する作動油の流量のうち少なくとも一方を検出し、前記変動成分推定工程において、前記検出された前記作動油の流量の検出結果に基づいて前記変動成分を推定することが望ましい。

30

【 0 0 3 2 】

本方法によれば、油圧アクチュエータに対する作動油の流量を検出することで、動作量または開度の変動成分を推定することができる。

【 0 0 3 3 】

上記の方法において、前記動作量検出工程において、前記動作量として前記油圧アクチュエータの動作速度と、前記動作量として前記油圧アクチュエータの前記一の油圧室に流入する作動油の流量および前記油圧アクチュエータの前記他の油圧室から流出する作動油の流量のうち少なくとも一方と、をそれぞれ検出し、前記変動成分推定工程において、前記対象物が前記押圧部を押圧する押圧力が前記油圧室の圧力の変動に変換されることで発生する前記油圧アクチュエータの動作速度の検出誤差を補うように、前記動作量検出工程において検出された前記作動油の流量の検出結果および前記流量が検出された油圧室における前記圧力検出工程において検出された圧力の検出結果に基づいて、前記動作量検出工程において検出された前記動作速度の検出結果を補正し、当該補正された前記動作速度に基づいて前記変動成分を推定することが望ましい。

40

【 0 0 3 4 】

本方法によれば、作動油の圧力変動によってアクチュエータの動作速度を補正すること

50

で、押圧部の変位に精度良く追従した押圧力の制御を行うことができる。

【 0 0 3 5 】

上記の方法において、前記動作量検出工程において検出された前記動作量のデータを、前記弁機構の応答遅れに応じて予め設定された調整値に基づいて補正し、当該補正された動作量のデータに基づいて、前記動作量の変動成分、または、当該動作量の変動成分に対応した前記弁機構の開度の変動成分を推定することが望ましい。

【 0 0 3 6 】

本方法によれば、弁機構の応答遅れを加味して動作量または開度の変動成分を推定することで、誤差の少ない押圧力の制御を行うことができる。

【 発明の効果 】

10

【 0 0 3 7 】

本発明によれば、所定の周期で変動する負荷を発生する対象物を、所定の期間にわたって目標の押圧力で押圧することが可能な油圧システム、ゴム混練機および当該油圧システムの制御方法が提供される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 8 】

【 図 1 】本発明の第 1 実施形態に係る油圧システムがゴム混練機に適用された態様を示す断面図である。

【 図 2 】本発明の第 1 実施形態に係る油圧システムの油圧回路図である。

【 図 3 】本発明の第 1 実施形態に係る油圧システムのコントローラのブロック図である。

20

【 図 4 】本発明の第 1 実施形態に係る油圧システムにおいて、油圧アクチュエータが制御される様子を示すブロック線図である。

【 図 5 】本発明の第 1 実施形態に係る油圧システムにおいて、油圧アクチュエータが制御される様子を示すフローチャートである。

【 図 6 】本発明の第 2 実施形態に係る油圧システムにおいて、油圧アクチュエータが制御される様子を示すブロック線図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 3 9 】

以下、図面を参照して、本発明の第 1 実施形態に係る油圧システム 1 について説明する。図 1 は、本実施形態に係る油圧システム 1 がゴム混練機 2 0 に適用された態様を示す断面図である。図 2 は、本実施形態に係る油圧システム 1 の油圧回路図である。

30

【 0 0 4 0 】

本実施形態に係る油圧システム 1 は、ゴム混練機 2 0 において混練されるゴム R を目標の押圧力で押圧するように作動する。

【 0 0 4 1 】

図 1 を参照して、ゴム混練機 2 0 は、チャンバー 2 0 0 と、ラム 2 0 1 と、ドロップドア 2 0 2 と、第 1 ローター 2 0 3 と、第 2 ローター 2 0 4 と、を備える。チャンバー 2 0 0 の内部空間に混練前のゴム R (ゴム原料) が投入される。ラム 2 0 1 は、チャンバー 2 0 0 に開口された開口部 2 0 0 H に装着され、チャンバー 2 0 0 の内部空間の一部を画定する。ラム 2 0 1 は、図 1 の矢印 D H で示すように、チャンバー 2 0 0 の内部空間に対して進入および離間するように往復移動可能とされている。ラム 2 0 1 の下端部は、先細形状を備えている。ドロップドア 2 0 2 は、チャンバー 2 0 0 の下端部に開閉可能に配置されている。ゴム混練機 2 0 においてゴム R の混練が終了すると、ドロップドア 2 0 2 が開放され、ゴム R がチャンバー 2 0 0 から取り出される。なお、ゴム R の原料は、ラム 2 0 1 が装着される前の開口部 2 0 0 H またはドロップドア 2 0 2 からチャンバー 2 0 0 の内部空間に投入される。

40

【 0 0 4 2 】

第 1 ローター 2 0 3 および第 2 ローター 2 0 4 は、チャンバー 2 0 0 の内部空間において回転可能なようにチャンバー 2 0 0 に支持されている。第 1 ローター 2 0 3 および第 2 ローター 2 0 4 は、不図示の駆動機構によってそれぞれ図 1 の矢印方向に同期して回転さ

50

れ、ゴムRを混練する。第1ローター203および第2ローター204は、予め設定された角周波数（第1の周期）で回転される。この際、ラム201がゴムRを所定の押圧力Fで押圧することによって、均質なゴムRが形成される。押圧力Fは一定の値にコントロールされることが望ましい。しかしながら、第1ローター203および第2ローター204の回転に伴って、ゴムRがラム201を押し上げる力（負荷）が発生する。この押し上げ力は、第1ローター203および第2ローター204の回転における周期（ ）に応じて変動する。この押し上げ力の影響を受けて、油圧システム1がゴム混練機20のラム201を押圧する押圧力Fが変動すると、均質なゴムRを製造することが困難となる。

【0043】

本実施形態では、所定の周期で変動する負荷（押し上げ力）が発生する対象物（ゴムR）を、目標の押圧力で押圧するように油圧システム1が作動する。図1および図2を参照して、油圧システム1は、油圧シリンダ10と、バルブユニット30（弁機構）と、油圧ポンプ31と、油タンク32と、シリンダ速度計33（検出部）と、第1圧力計34と、第2圧力計35と、コントローラ50と、を備える。

10

【0044】

油圧シリンダ10は、内部に複数の油圧室を備え、前記複数の油圧室のうちの一の油圧室に作動油を受け入れるとともに、前記複数の油圧室のうち他の油圧室から作動油を排出することで作動する。詳しくは、油圧シリンダ10は、シリンダ本体100と、ピストン101と、ピストンロッド102と、を備える。

【0045】

20

ピストン101は、シリンダ本体100内で往復移動可能とされる。シリンダ本体100およびピストン101によって、ヘッド側油室103（一の油圧室）と、ロッド側油室104（他の油圧室）と、が画定される。ピストン101の一方の側面にはピストンロッド102が接続されている。ピストンロッド102の先端には、前述のラム201（図1、図2）が連結されている。ラム201は、本発明の押圧部として機能する。

【0046】

ヘッド側油室103およびロッド側油圧室104の容積は、ピストン101の往復移動に伴って可変とされる。すなわち、図2において、油圧シリンダ10が伸長すると、ピストンロッド102がラム201を押圧する。この際、ヘッド側油圧室103の容積が増大し、ロッド側油圧室104の容積が縮小する。一方、ラム201によってピストンロッド102が押圧されると、油圧シリンダ10が縮小する。この際、ヘッド側油圧室103の容積が縮小し、ロッド側油圧室104の容積が増大する。

30

【0047】

油圧ポンプ31は、不図示のエンジンの動力により作動して、作動油を吐出する。油圧ポンプ31から吐出された作動油は、バルブユニット30のコントロールバルブ301によって流量制御された状態で、油圧シリンダ10のヘッド側油圧室103またはロッド側油圧室104に供給される。この結果、油圧シリンダ10のピストン101に連結されたラム201が駆動される。油タンク32は、油圧シリンダ10から回収された作動油を収容する。なお、油圧ポンプ31に作動油を供給するために、油タンク32が油圧ポンプ31に接続されてもよく、他の油タンクが油圧ポンプ31に接続されてもよい。

40

【0048】

バルブユニット30は、油圧シリンダ10のヘッド側油室103およびロッド側油室104にそれぞれ充填される作動油の量を調整するように作動する。なお、図3、図4および図6では、バルブユニット30を省略して弁30として表記している。バルブユニット30は、コントロールバルブ301と、絞り弁302と、リリーフ弁303と、を備える。

【0049】

コントロールバルブ301は、作動油の流路において油圧ポンプ31と油圧シリンダ10との間に配置されている。コントロールバルブ301は、油圧シリンダ10のヘッド側油圧室103またはロッド側油圧室104に供給される作動油の流量を制御することで油

50

圧シリンダ 10 を駆動する。コントロールバルブ 301 は、コントローラ 50 によって制御されるものであって、電磁切替弁からなる。コントロールバルブ 301 は、コントローラ 50 から入力される制御信号に応じて開弁動作を行い、油圧シリンダ 10 に供給される作動油の流量を変化させる。また、コントロールバルブ 301 は、作動油の供給先を、油圧シリンダ 10 のヘッド側油圧室 103 とロッド側油圧室 104 との間で切り替える。本実施形態では、コントロールバルブ 301 は、3 位置切替弁からなる。

【0050】

絞り弁 302 は、油圧ポンプ 31 からコントロールバルブ 301 に供給される作動油の流量を調整する。リリーフ弁 303 は、所定のリリーフ圧以上になったときに開弁動作を行うことで、コントロールバルブ 301 に供給される作動油の油圧の上限を規定する。

10

【0051】

シリンダ速度計 33 は、油圧シリンダ 10 のピストンロッド 102 に接続されている。一例として、シリンダ速度計 33 は、公知のストロークセンサである。シリンダ速度計 33 は、ピストン 101 の動作速度を検出する。シリンダ速度計 33 は、ラム 201 がゴム R を押圧する方向にピストン 101 が移動する場合、ピストン 101 の動作速度を + (プラス) 値で検出し、第 1 ローター 203 および第 2 ローター 204 の回転力を受けてゴム R がラム 201 を押圧する (押し上げる) 方向にピストン 101 が移動する場合、ピストン 101 の動作速度を - (マイナス) 値で検出する。なお、シリンダ速度計 33 が検出するピストン 101 の動作速度 (シリンダ速度 V) は、本発明の油圧シリンダ 10 の動作に応じて変化する特性値 (動作量) に相当する。

20

【0052】

第 1 圧力計 34 は、作動油の流路においてコントロールバルブ 301 とヘッド側油室 103 との間に配置されている。第 1 圧力計 34 は、ヘッド側油室 103 に充填されている作動油のヘッド圧 P_h を検出する。

【0053】

同様に、第 2 圧力計 35 は、作動油の流路においてコントロールバルブ 301 とロッド側油室 104 との間に配置されている。第 2 圧力計 35 は、ロッド側油室 104 に充填されている作動油のロッド圧 P_r を検出する。

【0054】

図 3 は、本実施形態に係る油圧システム 1 のコントローラ 50 のブロック図である。コントローラ 50 は、油圧システム 1 の動作を統括的に制御するもので、制御信号の送受先として、前述のシリンダ速度計 33、第 1 圧力計 34、第 2 圧力計 35、バルブユニット 30 に加え、入力部 36 に電氣的に接続されている。入力部 36 は、油圧システム 1 (ゴム混練機 20) を制御するための各種の制御パラメータの入力を受け付ける。一例として、ゴム混練機 20 の第 1 ローター 203 および第 2 ローター 204 が回転される際の周期 (角周波数) の値が、作業員によって入力部 36 から入力される。

30

【0055】

コントローラ 50 は、CPU (Central Processing Unit)、制御プログラムを記憶する ROM (Read Only Memory)、CPU の作業領域として使用される RAM (Random Access Memory) 等から構成され、CPU が前記制御プログラムを実行することにより、弁制御部 501 (押圧力調整部)、周期変動負荷推定部 502 (変動成分推定部)、演算部 503 (標準開度演算部) および記憶部 504 を機能的に有するよう動作する。

40

【0056】

弁制御部 501 は、コントロールバルブ 301 (図 2) のパイロットポートに入力されるパイロット圧を変化させるために、前述の電磁比例弁に対して制御信号を出力する。この結果、コントロールバルブ 301 に流入するパイロット用の油の流量が調整され、コントロールバルブ 301 のポート位置 (弁開度) が制御される。

【0057】

周期変動負荷推定部 502 は、第 1 ローター 203 および第 2 ローター 204 の回転に伴ってゴム R が発生する負荷がラム 201 (図 1、図 2) に作用することによって所定の

50

周期で変動する、油圧シリンダ 10 のシリンダ速度 V (動作量) の変動成分を推定する。この際、周期変動負荷推定部 502 は、シリンダ速度計 33 が検出するピストン 101 の速度に基づいて、上記のシリンダ速度 V の変動分を推定する。

【0058】

演算部 503 は、第 1 圧力計 34 および第 2 圧力計 35 がそれぞれ検出するヘッド圧 P_h およびロッド圧 P_r に基づいて、ラム 201 がゴム R を目標の押圧力 F で押圧するためのバルブユニット 30 のコントロールバルブ 301 の標準開度 (A_{pi}) などを演算する。

【0059】

更に、上記の弁制御部 501 は、周期変動負荷推定部 502 によって推定された動作量の変動成分 (V_e) またはバルブユニット 30 のコントロールバルブ 301 の開度の変動成分 (A_e) に基づいて、演算部 503 によって算出された標準開度 (A_{pi}) を補正する。

10

【0060】

記憶部 504 は、後記の各演算式において参照される各定数および閾値などを予め記憶している。

【0061】

図 2 を参照して、ヘッド側油室 103 の断面積が A_h 、ロッド側油室 104 の断面積が A_r と定義される。また、第 1 圧力計 34 によって測定されるヘッド側油室 103 のヘッド圧が P_h 、第 2 圧力計 35 によって測定されるロッド側油室 104 のロッド圧が P_r と定義される。この場合、ラム 201 のゴム R に対する押圧力 F は、式 1 によって導かれる。

20

【0062】

【数 1】

$$F = A_h \cdot P_h - A_r \cdot P_r \quad \dots(式1)$$

【0063】

このように、油圧シリンダ 10 に連結されたラム 201 は、ヘッド側油室 103 およびロッド側油室 104 に充填される作動油の差圧に基づいてゴム R を押圧する。ここで、第 1 圧力計 34 および第 2 圧力計 35 によって測定されるヘッド圧 P_h およびロッド圧 P_r を、公知の PI 制御 (比例積分制御) などのフィードバック制御によって制御することで、押圧力 F を所定の範囲に制御することができる。しかしながら、前述のように、第 1 ローター 203 および第 2 ローター 204 の回転に伴って、ゴム R がラム 201 を周期的に押し上げる負荷が発生する場合、ゴム R に対するラム 201 の押圧力 F が周期的に弱められる。上記のようなフィードバック制御では、このような周期的な押圧力 F の変動に精度良く追従することができない。この結果、均質なゴム R を製造することが困難となる。本実施形態では、このような課題を解決するために、ゴム R の周期的な押し上げ力を精度良く相殺する制御がコントローラ 50 によって実行される。

30

【0064】

図 4 および図 5 は、本実施形態に係る油圧システム 1 において、ゴム R がラム 201 に対して付与する変動負荷に応じて、コントローラ 50 が油圧シリンダ 10 を制御する様子を示すブロック線図およびフローチャートである。

40

【0065】

図 1 のゴム混練機 20 のチャンバー 200 内にゴム R の原料が投入された後、作業者は入力部 36 から目標押圧力 F_T 、第 1 ローター 203 および第 2 ローター 204 (図 1) の回転における角周波数をそれぞれ入力する (図 5 のステップ S01)。次に、不図示のスイッチが押圧されることで、油圧シリンダ 10 が駆動される (ステップ S02)。この際、油圧ポンプ 31 が回転されるとともに、コントロールバルブ 301 のパイロットポートに入力されるパイロット圧が調整される。なお、ステップ S02 では、予め目標押

50

力 $F T$ に応じて設定された初期圧力（ヘッド圧 $P h 0$ 、ロッド圧 $P r 0$ ）になるように、上記のパイロット圧が調整される。また、初期圧力の設定値（ヘッド圧 $P h 0$ 、ロッド圧 $P r 0$ ）は、記憶部 504 に格納されている。

【0066】

ゴム混練機 20 において、第 1 ローター 203 および第 2 ローター 204 が回転され、ゴム R の混練が開始される（ステップ S03）。ここで、第 1 圧力計 34 および第 2 圧力計 35 が、ヘッド圧 $P h$ およびロッド圧 $P r$ を測定する（ステップ S04）。ステップ S04 では、所定の時間における各圧力計の平均測定値が出力され、記憶部 504 に格納される。次に、演算部 503（図 3）が、ステップ S04 において測定されたヘッド圧 $P h$ およびロッド圧 $P r$ に基づいて、差圧制御用弁開度 $A p i$ （標準開度）を算出する（ステップ S05）。差圧制御用弁開度 $A p i$ は、ヘッド圧 $P h$ のヘッド圧 $P h 0$ に対する差分、ならびにヘッド圧 $P r$ のロッド圧 $P r 0$ に対する差分を調整するために算出されるコントロールバルブ 301 の開度である。差圧制御用弁開度 $A p i$ は、ヘッド圧 $P h$ およびロッド圧 $P r$ を変数とする関数（式 2）で導かれる。

10

【0067】

【数 2】

$$A p i = f p (P h, P r) \quad \dots(式2)$$

【0068】

20

次に、シリンダ速度計 33 が、油圧シリンダ 10 のシリンダ速度 V を測定する（図 5 のステップ S06）。この際、シリンダ速度計 33 は、所定の期間にわたってシリンダ速度 V （油圧シリンダ 10 の動作量）を測定する。当該所定の期間とは、第 1 ローター 203 および第 2 ローター 204 が複数回、回転する時間（203、204 の 1 回転周期よりも長い時間）に相当する。所定の期間にわたって測定されるシリンダ速度 V の推移は、記憶部 504 に随時格納される。次に、周期変動負荷推定部 502 が、記憶部 504 に格納されたシリンダ速度 V のデータに基づいて、周期速度変動 $V e$ （動作量の変動成分）を推定する（図 5 のステップ S07）。周期速度変動 $V e$ は、ゴム R が第 1 ローター 203 および第 2 ローター 204 の回転力を受けて発生する周期的な負荷がラム 201 に作用することによって変動する、シリンダ速度 V の変動成分に相当する。本実施形態では、測定されたシリンダ速度 V に対して変動周期（角周波数）のみを通過させるノッチフィルタの伝達関数を乗じることで、周期速度変動 $V e$ が導出される。ノッチフィルタの伝達関数を用いた周期速度変動 $V e$ は、以下の式 3 によって導出される。

30

【0069】

【数 3】

$$V_e = \frac{\zeta \cdot \omega \cdot s}{s^2 + \zeta \cdot \omega \cdot s + \omega^2} V \quad \dots(式3)$$

40

【0070】

なお、式 3 において、 ζ は減衰率であり、 s はラプラス演算子である。

【0071】

ノッチフィルタによって周期速度変動 $V e$ が算出されると、弁制御部 501 が変動制御用弁開度 $A e$ を算出する（図 5 のステップ S08）。変動制御用弁開度 $A e$ は、油圧シリンダ 10 に発生している周期速度変動 $V e$ を抑制することを目的として、コントロールバルブ 301 を調整するために算出される弁開度である。ここで、コントロールバルブ 301 の弁開度 A と、シリンダ速度 V との関係が、式 4 に示される関数 $f a$ で定義される。

【0072】

【数4】

$$A = fa(V) \quad \dots(\text{式4})$$

【0073】

式4から、周期速度変動 V_e を相殺するための変動制御用弁開度 A_e は、式5によって導かれる。

【0074】

【数5】

$$A_e = fa(V_e) \quad \dots(\text{式5})$$

10

【0075】

次に、弁制御部501は、ステップS05において算出された差圧制御用弁開度 A_{pi} にステップS08において算出された変動制御用弁開度 A_e を加算することで、調整弁開度 A_t を算出する。そして、弁制御部501は、コントロールバルブ301の弁開度を算出された調整弁開度 A_t に調整する(ステップS09)。この結果、ゴムRがラム201を押し上げる周期的な負荷を相殺するように、ゴムRに対するラム201の押圧力 F が周期的に増減される。したがって、ゴムRに加わる実質的な押圧力が一定に近づき、均質なゴムを混練することができる。なお、弁制御部501は、ゴム混練機20におけるゴムRの混練作業が終了するまで、ステップS04からステップS09までの制御を繰り返す(ステップS10)。

20

【0076】

このように、本実施形態では、第1圧力計34および第2圧力計35の検出結果に基づいて、目標の押圧力 F に対応したバルブユニット30のコントロールバルブ301の差圧制御用弁開度 A_{pi} (標準開度)が算出される。また、第1ロータ203および第2ロータ204の回転力を受けてゴムRが発生する負荷がラム201に作用することによって周期的に変動するシリンダ速度 V の周期速度変動 V_e (変動成分)が、シリンダ速度計33の検出結果に基づいて算出される。そして、弁制御部501は、算出された周期速度変動 V_e に基づいて差圧制御用弁開度 A_{pi} を補正し、当該補正された開度によってバルブユニット30のコントロールバルブ301の開弁動作を行うことで、油圧シリンダ10における作動油の差圧を調整する。したがって、油圧シリンダ10の油圧室の圧力変動のみに基づいたフィードバック制御によってバルブユニット30のコントロールバルブ301の開度が調整されるシステムと比較して、ゴムRが発生する負荷の影響を低減しつつ、ゴムRを目標の押圧力 F で押圧しつづけることが可能となる。

30

【0077】

また、本実施形態では、周期変動負荷推定部502は、シリンダ速度計33によって検出されたシリンダ速度 V のデータから、角周波数で変動する変動成分を抽出するフィルタ演算処理を実行することで、周期速度変動 V_e を推定する。このため、検出されたシリンダ速度 V のデータから、周期速度変動 V_e を容易に推定することができる。特に、本実施形態では、シリンダ速度計33によって油圧シリンダ10の動作速度を検出することで、周期速度変動 V_e を精度良く推定することができる。

40

【0078】

なお、図5のステップS09において、調整弁開度 $A_t = \text{差圧制御用弁開度 } A_{pi} + \text{変動制御用弁開度 } A_e$ として算出される演算式は、式4の関数 fa が変数 V に対して線形近似可能な場合に限られる。すなわち、関数 fa の非線形性が強く、線形近似が困難な場合には、調整弁開度 A_{all} (非線形時の弁開度 A_t)は、式6によって導出される。

【0079】

【数6】

$$A_{all} = fa\left(fa^{-1}(A_{pi}) + V_e\right) \quad \dots(\text{式6})$$

【0080】

更に、本実施形態では、図5のステップS08においてシリンダ速度計33が測定するシリンダ速度Vをノッチフィルタにかけることで変動制御用弁開度Aeを算出したが、演算部503が弁開度Aの変動量Aeを直接算出する態様でもよい。この場合、コントロールバルブ301の弁開度の変動量Aeは式7によって導き出される。

【0081】

【数7】

$$A_e = \frac{\zeta \cdot \omega \cdot s}{s^2 + \zeta \cdot \omega \cdot s + \omega^2} fa(V) \quad \dots(\text{式7})$$

【0082】

式7においても、 ζ は減衰率であり、sはラプラス演算子である。式7から算出される弁開度の変動量Aeに基づいてコントロールバルブ301の開度が調整されてもよい。

【0083】

更に、本実施形態では、図5のステップS07において式3のようなノッチフィルタの伝達関数を用いて周期速度変動Veを算出したが、以下の式8および式9の状態方程式モデルに基づいて、周期速度変動Veが推定されてもよい。

【0084】

【数8】

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\omega^2 \\ \omega^2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad \dots(\text{式8})$$

【0085】

【数9】

$$V = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad \dots(\text{式9})$$

【0086】

式8および式9の状態方程式は、シリンダ速度Vがゴム混練機20の角周波数に基づいて変動するモデルを示している。なお、式8および式9において、 x_1 および x_2 は状態変数である。このように、状態方程式モデルの式8および式9に含まれる x_2 を用いて、周期速度変動Veを推定するオブザーバを構成することで、状態フィードバック制御を実行する態様でもよい。

【0087】

次に、本発明の第2実施形態に係る油圧システムが実行する、油圧シリンダ10の制御内容について説明する。図6は、本発明の第2実施形態に係る油圧システムにおいて、ゴムRの変動負荷に応じて油圧シリンダ10が制御される様子を示すブロック線図である。なお、本実施形態では、先の第1実施形態と比較して、周期変動負荷推定部502(502A、502B)の構造において相違するため、当該相違点を中心に説明する。

【0088】

10

20

30

40

50

先の第1実施形態では、第1ローター203および第2ローター204（図1）の回転における周期（角周波数）に基づいて、シリンダ速度Vにノッチフィルタ処理を行い、周期速度変動 V_e を推定する態様にて説明した（図5のステップS07）。ここで、第1ローター203および第2ローター204の回転に伴って、ゴムRが周期的に油圧シリンダ10（ラム201）を押し上げる場合、一次的な周期（角周波数）の高調波である、 N の倍の周期の変動負荷も発生する（ $N = 2, 3, 4, 5, \dots$ ）。

【0089】

そこで、本実施形態では、図6に示すように、図4の周期変動負荷推定部502に代わって、コントローラ50が第1周期変動負荷推定部502Aと第2周期変動負荷推定部502Bとを備えている。

10

【0090】

第1周期変動負荷推定部502Aは、先の第1実施形態における周期変動負荷推定部502（図4）と同様に、第1ローター203および第2ローター204の回転における角周波数（第1の周期）に基づいて、シリンダ速度Vにノッチフィルタ処理を実行し、周期速度変動 V_{e1} を推定する。一方、第2周期変動負荷推定部502Bは、第1ローター203および第2ローター204の回転における角周波数の2倍の周期（第2の周期）に基づいて、シリンダ速度Vにノッチフィルタ処理を実行し、周期速度変動 V_{e2} を推定する。そして、周期速度変動 V_{e1} に V_{e2} が加算されることで、油圧シリンダ10のシリンダ速度Vが受ける周期的な変動成分を精度良く推定することができる。なお、図6では、第1周期変動負荷推定部502Aおよび第2周期変動負荷推定部502Bのうちの一

方の負荷推定部の出力が他方の負荷推定部の入力側に送られ、互いにタスキ掛けの関係からなるブロック線図とされている。そして、一方の負荷推定部の入力値は、検出されたシリンダ速度Vと他方の負荷推定部の出力値との差に相当する。シリンダ速度Vのみを入力値とした場合、第1周期変動負荷推定部502Aによって算出される、角周波数の周期で生じるシリンダ速度Vの変動成分には、 $N \times$ の周期の成分が少量含まれる。また、第2周期変動負荷推定部502Bによって算出される、 $N \times$ の周期で生じるシリンダ速度Vの変動成分には、の周期の成分が少量含まれる。図6に示されるタスキがけの演算フローによって、角周波数と、角周波数の N 倍の成分との間の互いの影響（干渉）が除去される。

20

【0091】

このように、本実施形態では、所定の周期で変動する変動成分に加え、当該周期の倍数の周期で変動する変動成分を加味して、周期速度変動 V_e （ V_{e1} 、 V_{e2} ）を精度良く推定することができる。この結果、ゴムRがラム201を押し上げる周期的な負荷を相殺するように、ゴムRに対するラム201の押圧力Fが周期的に増減される。したがって、ゴムRに加わる実質的な押圧力が一定に近づき、均質なゴムを混練することができる。

30

【0092】

なお、本実施形態では、図6に示すように角周波数の2倍の周期（ $N = 2$ ）に対応して、周期変動負荷推定部（第2周期変動負荷推定部502B）を一つ増設する態様で説明したが、 $N = 3$ 以上の場合の変動負荷を推定すべく、コントローラ50が3つ以上の周期変動負荷推定部を備える態様でもよい。

40

【0093】

以上、本発明の各実施形態に係る油圧システム1について説明した。当該油圧システム1の制御方法は、油圧シリンダ10と、ラム201と、バルブユニット30と、を有し、所定の周期で変動する負荷を発生するゴムRを、目標の押圧力Fで押圧するように作動する油圧システム1の制御方法である。当該制御方法は、初期押圧工程と、圧力検出工程と、動作量検出工程と、標準開度算出工程と、変動成分推定工程と、押圧力調整工程と、を有する。初期押圧工程では、油圧シリンダ10を作動させ、目標の押圧力Fに応じて予め設定された初期開度となるようにバルブユニット30のコントロールバルブ301の開度を調整し、ラム201によってゴムRをする押圧する。圧力検出工程では、油圧シリンダ10のヘッド側油室103のヘッド圧 P_h およびロッド側油室104のロッド圧 P_r をそ

50

れぞれ測定する。また、動作量検出工程では、油圧シリンダ 10 の動作に応じて変化する当該油圧シリンダ 10 の動作量（シリンダ速度 V ）のデータを第 1 ローター 203 および第 2 ローター 204 の回転周期よりも長い所定の検出期間にわたって検出する。標準開度算出工程では、圧力検出工程において検出された圧力検出結果に基づいて、目標の押圧力 F に対応したバルブユニット 30 のコントロールバルブ 301 の差圧制御用弁開度 A_{pi} を算出する。更に、変動成分推定工程では、ゴム R が発生する負荷がラム 201 に作用することによって周期的に変動するシリンダ速度 V の変動成分 V_e 、または、当該変動成分 V_e に対応したバルブユニット 30 のコントロールバルブ 301 の開度の変動成分 A_e を、動作量検出工程において検出された動作量検出結果に基づいて推定する。そして、押圧力調整工程では、変動成分推定工程において推定されたシリンダ速度 V の変動成分 V_e または開度の変動成分 A_e に基づいて、標準開度算出工程において算出された差圧制御用弁開度 A_{pi} を補正し、ラム 201 が目標の押圧力 F でゴム R を押圧しつづけるように油圧シリンダ 10 のヘッド側油室 103 とロッド側油室 104 との差圧を調整する。

10

【0094】

また、上記の変動成分推定工程では、動作量検出工程において検出されたシリンダ速度 V のデータに対して、前記周期で変動する変動成分を抽出するフィルタ演算処理を実行することで前記変動成分を推定する。

【0095】

また、上記の第 2 実施形態では、変動成分推定工程において、所定の周期で周期的に変動する第 1 変動成分と、所定の周期の自然数の倍数の周期で周期的に変動する第 2 変動成分とを、動作量検出工程において検出された動作量のデータに基づいてそれぞれ推定し、第 1 変動成分に第 2 変動成分を加算することで、動作量の変動成分 V_e 、または、バルブユニット 30 のコントロールバルブ 301 の開度の変動成分 A_e を推定する。

20

【0096】

なお、本発明は上記の形態に限定されるものではない。本発明に係る油圧システムとして、以下のような変形実施形態が可能である。

【0097】

(1) 上記の実施形態では、シリンダ速度計 33 が測定するシリンダ速度 V に基づいて、周期変動負荷推定部 502、502A および 502B が周期的な変動成分（周期速度変動 V_e ）を推定する態様にて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。図 2 の作動油の流れの経路において、コントロールバルブ 301 とヘッド側油室 103 との間に、不図示の流量計が設けられる態様でもよい。この場合、当該流量計が測定する作動油の流量 v に対してノッチフィルタ処理などが実行され、当該流量 v に生じている周期的な変動成分が推定される。このような構成によれば、油圧シリンダ 10 に対する作動油の流量を検出することで、シリンダ速度 V またはバルブユニット 30 のコントロールバルブ 301 の開度の変動成分（ V_e 、 A_e ）を推定することができる。この結果、ゴム R がラム 201 を押し上げる周期的な負荷を相殺するように、ゴム R に対するラム 201 の押圧力 F が周期的に増減される。したがって、ゴム R に加わる実質的な押圧力が一定に近づき、均質なゴムを混練することができる。

30

【0098】

また、このような変形実施形態に係る油圧システム 1 の制御方法では、前述の動作量検出工程において、動作量として油圧シリンダ 10 のヘッド側油室 103 に流入する作動油の流量およびロッド側油室 104 から流出する作動油の流量のうち少なくとも一方を検出し、変動成分推定工程において、検出された作動油の流量の検出結果に基づいて、周期的に変動する変動成分を推定する。

40

【0099】

(2) また、上記の実施形態では、第 1 ローター 203 および第 2 ローター 204 の回転における角周波数 ω が入力部 36 から入力される態様にて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。ゴム混練機 20 に備えられた不図示の回転速度検出器によって両ローターの回転数が検出された後、演算された角周波数 ω がコントローラ 50 に出力さ

50

れる態様でもよい。また、ゴム混練機 20 において、第 1 ローター 203 および第 2 ローター 204 を回転させる駆動機構に入力される速度指令値から角周波数 が算出される態様でもよい。

【0100】

(3) また、本発明に係る油圧システム 1 は、ゴム混練機 20 への適用に限定されるものではない。所定の周期で変動する負荷を発生する対象物が、所定の期間にわたって目標の押圧力で押圧されることが必要な他の装置に、油圧システム 1 が適用されてもよい。また、対象物 (図 1 ではゴム R) に周期的な負荷を生じさせる可動部材 (図 1 では、第 1 ローター 203 および第 2 ローター 204) は、回転動作を行うものに限定されるものではない。往復運動などその他の周期的な動作を行うものでもよい。

10

【0101】

(4) また、上記の各実施形態では、第 1 ローター 203 および第 2 ローター 204 によって変形されるゴム R の変形速度 V_{obj} が油圧シリンダ 10 (ピストン 101) の変動速度と一致すると仮定して、油圧シリンダ 10 が制御される態様にて説明した。当該制御においても、ヘッド側油室 103 およびロッド側油室 104 の差圧のみに基づく PI 制御と比較して、ゴム R による押し上げ力を精度良く相殺することができる。なお、ゴム R の変形速度 V_{obj} は、シリンダ速度 V における変動に加え、ヘッド側油室 103 のヘッド圧 P_h およびロッド側油室 104 のロッド圧 P_r の圧力変動にも表れる。式 10 は、このような油圧シリンダ 10 内の圧力変動を加味した場合のゴム R の変形速度 V_{obj} を示したものである。

20

【0102】

【数 10】

$$V_{obj} = V - \frac{1}{A_r} \left(\frac{W_r}{G} \cdot \frac{d}{dt} P_r - v_r \right) = V + \frac{1}{A_h} \left(\frac{W_h}{G} \cdot \frac{d}{dt} P_h - v_h \right) \dots (式 10)$$

【0103】

式 10 において、 A_h および A_r はそれぞれ油圧シリンダ 10 のヘッド側油室 103 およびロッド側油室 104 の断面積 (図 2) である。また、 W_h および W_r はそれぞれヘッド側油室 103 内およびロッド側油室 104 内の作動油の体積である。更に、 v_r および v_h はヘッド側油室 103 およびロッド側油室 104 に対する作動油の流入出流量であり、 G は油の体積弾性係数である。図 2 の第 1 圧力計 34 および第 2 圧力計 35 の近傍にそれぞれ作動油の流量計が配置されることで、上記の流量 v_r および v_h が測定可能とされる。この場合、図 3 の弁制御部 501 および周期変動負荷推定部 502 は、式 10 に基づいてゴム R の変形速度 V_{obj} を算出し、当該算出された変形速度 V_{obj} を先の式 3 ~ 式 7 の速度 V に代入することで、更に精度の高い油圧シリンダ 10 の制御を実行することができる。このように、周期変動負荷推定部 502 は、ゴム R がラム 201 を押圧する押圧力がヘッド側油室 103 およびロッド側油室 104 の圧力の変動に変換されることで発生するシリンダ速度 V の検出誤差を補うように、前記流量計が検出した作動油の流量の検出結果および当該流量計が検出した油圧室に対応する第 1 圧力計 34 または第 2 圧力計 35 の検出結果に基づいて、シリンダ速度計 33 が検出したシリンダ速度 V の検出結果に基づいて補正し、当該補正された動作速度 (V_{obj}) に基づいて周期的に変動する変動成分 (V_e 、 A_e) を推定してもよい。この結果、作動油の圧力変動によって油圧シリンダ 10 の動作速度を補正することで、ゴム R の押し上げ力に精度良く追従した押圧力 F の制御を行うことができる。

30

40

【0104】

また、このような変形実施形態に係る油圧システム 1 の制御方法では、前述の動作量検出工程において、動作量として、油圧シリンダ 10 のシリンダ速度 V と、油圧シリンダ 10 のヘッド側油室 103 に流入する作動油の流量およびロッド側油室 104 から流出する

50

作動油の流量のうちの少なくとも一方と、をそれぞれ検出する。そして、変動成分推定工程では、検出された動作速度の検出結果を、検出された作動油の流量の検出結果および油圧室の圧力に基づいて補正し、当該補正された動作速度（ V_{obj} ）に基づいて周期的に変動する変動成分（ V_e 、 A_e ）を推定する。

【0105】

（5）更に、上記の各実施形態では、コントローラ50によってコントロールバルブ301の弁開度が調整されるにあたって、コントロールバルブ301の応答性を考慮していない。通常、コントロールバルブ301の開弁動作の応答時間は、第1ローター203および第2ローター204の回転周期と比較して極めて小さいため、上記の応答時間は無視してもよい。しかしながら、ゴム混練機20以外の装置に油圧システム1が適用され、可動部材（ゴム混練機20では第1ローター203および第2ローター204）の可動周期が短い場合には、コントロールバルブ301の応答性が考慮されることで、より精度の高い制御を行うことができる。

10

【0106】

コントロールバルブ301の弁開度のSV値（設定値）が A_{sv} で与えられ、コントロールバルブ301の弁開度のPV値（測定値）が A_{pv} で与えられた場合、コントロールバルブ301の応答時間（応答遅れ）は、 $A_{sv} - A_{pv}$ となる。したがって、先の式7に代わって、下記の式11を採用することができる。

【0107】

【数11】

20

$$A_e = \frac{\zeta \cdot \omega \cdot s}{s^2 + \zeta \cdot \omega \cdot s + \omega^2} \left\{ fa(V) + (A_{sv} - A_{pv}) \right\} \dots \text{(式11)}$$

【0108】

なお、式11の各変数は式7と同様である。式11によって算出される弁開度の変動量 A_e に基づいてコントロールバルブ301の開度が調整されてもよい。このように、本変形実施形態では、周期変動負荷推定部502は、シリンダ速度計33によって検出されたシリンダ速度 V のデータ（またはシリンダ速度 V に基づく開度 $A = fa(V)$ ）をバルブユニット30のコントロールバルブ301の応答遅れに応じて予め設定された調整値に基づいて補正し、当該補正された動作量のデータに基づいて、シリンダ速度 V の変動成分（ V_e ）、または、当該シリンダ速度 V の変動成分に対応したコントロールバルブ301の開度の変動成分（ A_e ）を推定する。したがって、コントロールバルブ301の応答遅れに対応して、位相が早められた弁開度指令をコントロールバルブ301に対して与えることができる。この結果、コントロールバルブ301の応答遅れを加味してシリンダ速度 V またはコントロールバルブ301の開度の変動成分を推定することで、誤差の少ない押圧力 F の制御を行うことができる。また、式11のシリンダ速度 V の代わりに、先の式10によって導かれる変形速度 V_{obj} が代入されることで、更に精度の高い油圧シリンダ10の制御を実行することができる。

30

40

【0109】

また、このような変形実施形態に係る油圧システム1の制御方法では、前述の動作量検出工程において検出された動作量のデータを、変動成分推定工程において、コントロールバルブ301の応答遅れに応じて予め設定された調整値に基づいて補正し、当該補正された動作量のデータに基づいて、動作量の変動成分 V_e 、または、当該動作量の変動成分に対応したコントロールバルブ301の開度の変動成分 A_e を推定する。

【符号の説明】

【0110】

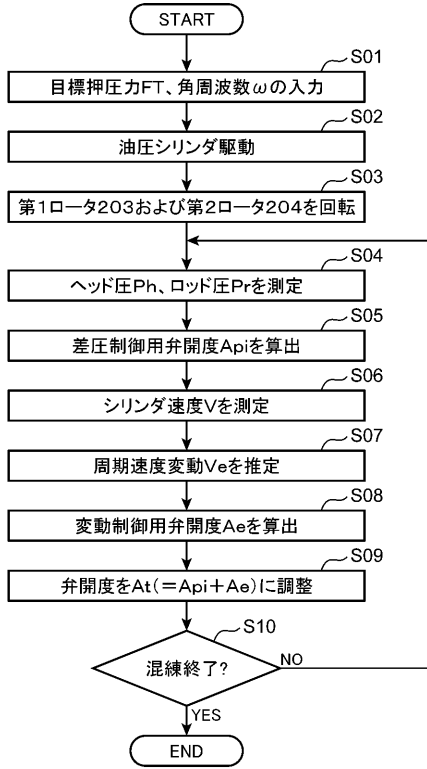
1 油圧システム

10 油圧シリンダ（油圧アクチュエータ）

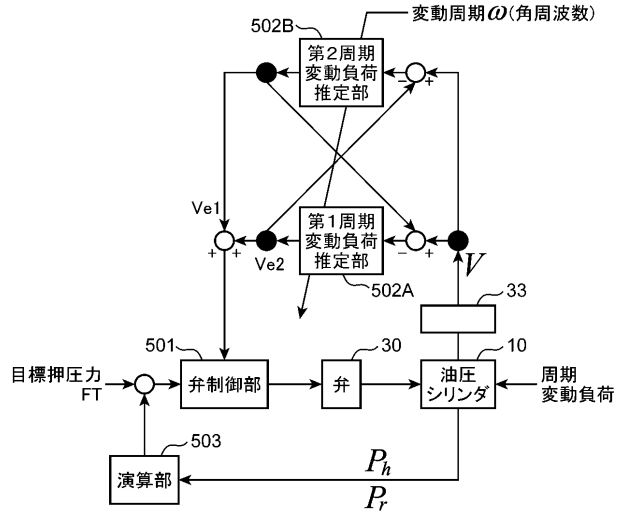
50

1 0 0	シリンダ本体	
1 0 1	ピストン	
1 0 2	ピストンロッド	
1 0 3	ヘッド側油室	
1 0 4	ロッド側油室	
2 0	ゴム混練機	
2 0 0	チャンバー	
2 0 1	ラム（押圧部）	
2 0 2	ドロップドア	
2 0 3	第1ローター（回転ローター）	10
2 0 4	第2ローター（回転ローター）	
3 0	バルブユニット（弁機構）	
3 0 1	コントロールバルブ	
3 0 2	絞り弁	
3 0 3	リリーフ弁	
3 1	油圧ポンプ	
3 2	油タンク	
3 3	シリンダ速度計（速度計）	
3 4	第1圧力計	
3 5	第2圧力計	20
3 6	入力部	
5 0	コントローラ	
5 0 1	弁制御部（押圧力調整部）	
5 0 2	周期変動負荷推定部（変動成分推定部）	
5 0 2 A	第1周期変動負荷推定部（変動成分推定部）	
5 0 2 B	第2周期変動負荷推定部（変動成分推定部）	
5 0 3	演算部（標準開度演算部）	
5 0 4	記憶部	

【図5】



【図6】



フロントページの続き

- (72)発明者 江口 徹
兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
- (72)発明者 兼井 直史
兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
- (72)発明者 藤原 英人
兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内

審査官 中村 大輔

- (56)参考文献 特開2007-054824(JP,A)
国際公開第2016/111205(WO,A1)
国際公開第2016/194783(WO,A1)
特開平05-106607(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F15B 11/00 - 11/22
B29B 7/00 - 7/94