

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7461017号
(P7461017)

(45)発行日 令和6年4月3日(2024.4.3)

(24)登録日 令和6年3月26日(2024.3.26)

(51)国際特許分類	F I			
F 1 6 K 31/06 (2006.01)	F 1 6 K	31/06	3 1 0 F	
H 0 1 F 7/16 (2006.01)	F 1 6 K	31/06	3 4 0	
H 0 1 F 7/18 (2006.01)	H 0 1 F	7/16	C	
	H 0 1 F	7/16	R	
	H 0 1 F	7/18	Z	
請求項の数 12 (全15頁)				

(21)出願番号	特願2020-12341(P2020-12341)	(73)特許権者	000170130 パーバス株式会社 静岡県富士市西柏原新田 2 0 1 番地
(22)出願日	令和2年1月29日(2020.1.29)	(74)代理人	100083725 弁理士 畝本 正一
(65)公開番号	特開2021-116912(P2021-116912 A)	(74)代理人	100140349 弁理士 畝本 継立
(43)公開日	令和3年8月10日(2021.8.10)	(74)代理人	100153305 弁理士 畝本 卓弥
審査請求日	令和4年10月17日(2022.10.17)	(74)代理人	100206933 弁理士 沖田 正樹
		(72)発明者	佐野 吉昭 静岡県富士市西柏原新田 2 0 1 番地 パ ーバス株式会社内
		(72)発明者	山田 裕之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 比例ソレノイドバルブを制御するための方法、システム、装置、プログラム、記録媒体、および比例ソレノイドバルブ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

比例ソレノイドの励磁によって弁開度が制御される比例ソレノイドバルブの制御方法であって、

前記比例ソレノイドを励磁する駆動電流を生成する工程と、
逆方向の前記駆動電流の極性を順方向に反転させるための極性反転部を含む順方向パルス
を生成する工程と、

順方向の前記駆動電流の極性を逆方向に反転させるための極性反転部を含む逆方向パルス
を生成する工程と、

前記順方向パルスと前記逆方向パルスを利用して、弁体の移動より速い周期で前記駆動電
流の極性を反転させる工程と、

前記駆動電流の電流レベルによって弁開度を制御する工程と、
を含むことを特徴とする比例ソレノイドバルブの制御方法。

【請求項 2】

極性反転部を除く前記順方向パルスのデューティ比を制御する工程と、

極性反転部を除く前記逆方向パルスのデューティ比を制御する工程と、

を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の比例ソレノイドバルブの制御方法。

【請求項 3】

比例ソレノイドの励磁によって弁開度が制御される比例ソレノイドバルブと、

前記比例ソレノイドを励磁する駆動電流を生成し、該駆動電流を前記比例ソレノイドに

流す駆動部と、

逆方向の前記駆動電流の極性を順方向に反転させる極性反転部を含む順方向パルスを生成し、順方向の前記駆動電流の極性を逆方向に反転させる極性反転部を含む逆方向パルスを生成する論理回路と、

前記順方向パルスと前記逆方向パルスを利用して、弁体の移動より速い周期で前記駆動電流の極性を反転させ、前記駆動電流の電流レベルによって弁開度を制御する制御部と、
を備えることを特徴とする比例ソレノイドバルブシステム。

【請求項 4】

さらに、極性反転部を除く前記順方向パルスのデューティ比、または、極性反転部を除く前記逆方向パルスのデューティ比を制御するパルス幅制御部と、
を備えることを特徴とする請求項 3 に記載の比例ソレノイドバルブシステム。

10

【請求項 5】

励磁によって弁開度を制御する比例ソレノイドを励磁する駆動電流を生成し、該駆動電流を前記比例ソレノイドに流す駆動部と、

逆方向の前記駆動電流の極性を順方向に反転させる極性反転部を含む順方向パルスを生成し、順方向の前記駆動電流の極性を逆方向に反転させる極性反転部を含む逆方向パルスを生成する論理回路を含み、前記順方向パルスと前記逆方向パルスを利用して、弁体の移動より速い周期で前記駆動電流の極性を反転させ、前記駆動電流の電流レベルによって弁開度を制御する制御部と、

を備えることを特徴とする比例ソレノイドバルブの制御装置。

20

【請求項 6】

前記制御部には、さらに、極性反転部を除く前記順方向パルスのデューティ比、または、極性反転部を除く前記逆方向パルスのデューティ比を制御するパルス幅制御部と、
を含むことを特徴とする請求項 5 に記載の比例ソレノイドバルブの制御装置。

【請求項 7】

コンピュータにより実現するプログラムであって、

比例ソレノイドを励磁する駆動電流を生成するための制御情報を生成する機能と、
逆方向の前記駆動電流の極性を順方向に反転させる極性反転部を含む順方向パルスを生成する機能と、

順方向の前記駆動電流の極性を逆方向に反転させる極性反転部を含む逆方向パルスを生成する機能と、

30

前記順方向パルスと前記逆方向パルスを利用して、弁体の移動より速い周期で前記駆動電流の極性を反転させる制御情報を生成する機能と、

前記駆動電流の電流レベルによって弁開度を制御する制御情報を生成する機能と、
を前記コンピュータにより実現するプログラム。

【請求項 8】

さらに、極性反転部を除く前記順方向パルスのデューティ比を制御する機能と、

極性反転部を除く前記逆方向パルスのデューティ比を制御する機能と、

を前記コンピュータにより実現する請求項 7 に記載のプログラム。

【請求項 9】

請求項 7 または請求項 8 に記載のプログラムを格納したことを特徴とする記録媒体。

40

【請求項 10】

比例ソレノイドの励磁によって制御される弁機構と、

前記比例ソレノイドに駆動電流を流す駆動部と、
逆方向の前記駆動電流の極性を順方向に反転させる極性反転部を含む順方向パルスを生成し、順方向の前記駆動電流の極性を逆方向に反転させる極性反転部を含む逆方向パルスを生成する論理回路と、

前記順方向パルスと前記逆方向パルスを利用して、前記駆動電流の極性を弁体の移動より速い周期で反転させて残留磁気を相殺するとともに、前記駆動電流の電流レベルによって弁開度を調節する制御部と、

50

を備えることを特徴とする比例ソレノイドバルブ。

【請求項 1 1】

弁機構と、

前記弁機構を励磁によって制御する比例ソレノイドと、

前記比例ソレノイドを励磁する駆動電流を生成し、該駆動電流を前記比例ソレノイドに流す駆動部と、

逆方向の前記駆動電流の極性を順方向に反転させる極性反転部を含む順方向パルスを生成し、順方向の前記駆動電流の極性を逆方向に反転させる極性反転部を含む逆方向パルスを生成する論理回路と、

前記順方向パルスと前記逆方向パルスを利用して、弁体の移動より速い周期で前記駆動電流の極性を反転させ、前記駆動電流の電流レベルによって弁開度を制御する制御部と、
を備えることを特徴とする比例ソレノイドバルブ。

10

【請求項 1 2】

前記制御部には、さらに、極性反転部を除く前記順方向パルスのデューティ比、または、極性反転部を除く前記逆方向パルスのデューティ比を制御するパルス幅制御部と、
を含むことを特徴とする請求項 1 0 または請求項 1 1 に記載の比例ソレノイドバルブ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示はたとえば、燃料ガスの制御弁などに用いられる比例ソレノイドバルブおよびその制御技術に関する。

20

【背景技術】

【0 0 0 2】

燃料ガスなどの流体の制御にはバルブが用いられ、このバルブにはソレノイドの励磁によりバルブ開度を制御する比例ソレノイドバルブが知られている。

比例ソレノイドバルブの開度制御にはたとえば、PWM (pulse width modulation : パルス幅変調) 方式による制御が用いられる。

この比例ソレノイドバルブのPWMによる制御に関し、サスペンション制御装置では通電電流の大きさに関係無く、ディザ振動の周期を加減する制御が知られている (特許文献 1)。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【文献】特開平 1 0 - 2 5 8 6 2 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

ところで、比例ソレノイドバルブでは、ソレノイドに流す駆動電流を増加させて特定の弁開度に到達させた場合の駆動電流と、該駆動電流を減少させて特定の弁開度に到達させた場合の駆動電流に差が生じる。また、駆動電流を増加させて特定の駆動電流に到達させた場合の弁開度と、該駆動電流を減少させて特定の駆動電流に到達させた場合の弁開度に差が生じる。つまり、駆動電流と弁開度にはヒステリシスが存在し、同一の駆動電流であってもその増減方向で弁開度に相違が生じ、同一の弁開度であっても駆動電流に相違が生じる。

40

斯かるヒステリシス特性を持つ比例ソレノイドバルブを用いた場合、燃料ガスなどの流体制御に影響し、制御特性の信頼性を損なう。このようなヒステリシスの要因は比例ソレノイドバルブが持つ磁化特性、とりわけ残留磁気にある。磁性体を用いる場合、この残留磁気の影響を無視することができない。

【0 0 0 5】

残留磁気とソレノイドの励磁を考察すると、比例ソレノイドが残留磁気と同方向に励磁

50

されるタイミングでは生成磁気に残留磁気が加わるのに対し、比例ソレノイドが残留磁気と反対方向に励磁されるタイミングでは生成磁気の一部が残留磁気で相殺されてしまうという課題がある。

発明者は、斯かる課題に対し、残留磁気の影響を軽減するには比例ソレノイドに交番磁界を生成させればよく、斯かる交番磁界を生じさせる駆動電流であってもそのレベルによって所望の弁開度が得られるとの知見を得た。

そこで、本開示の目的は上記課題や知見に鑑み、比例ソレノイドに交番磁界を生じさせて残留磁気の影響を回避しつつ、駆動電流のレベルによって所望の弁開度を得ることにある。

【課題を解決するための手段】

10

【0006】

上記目的を達成するため、本開示の比例ソレノイドバルブの制御方法の一側面によれば、比例ソレノイドの励磁によって弁開度が制御される比例ソレノイドバルブの制御方法であって、前記比例ソレノイドを励磁する駆動電流を生成する工程と、逆方向の前記駆動電流の極性を順方向に反転させるための極性反転部を含む順方向パルスを生成する工程と、順方向の前記駆動電流の極性を逆方向に反転させるための極性反転部を含む逆方向パルスを生成する工程と、前記順方向パルスと前記逆方向パルスを利用して、弁体の移動より速い周期で前記駆動電流の極性を反転させる工程と、前記駆動電流の電流レベルによって弁開度を制御する工程とを含む。

この比例ソレノイドバルブの制御方法において、極性反転部を除く前記順方向パルスのデューティ比を制御する工程と、極性反転部を除く前記逆方向パルスのデューティ比を制御する工程とを含んでよい。

20

【0007】

上記目的を達成するため、本開示の比例ソレノイドバルブシステムの一側面によれば、比例ソレノイドの励磁によって弁開度が制御される比例ソレノイドバルブと、前記比例ソレノイドを励磁する駆動電流を生成し、該駆動電流を前記比例ソレノイドに流す駆動部と、逆方向の前記駆動電流の極性を順方向に反転させる極性反転部を含む順方向パルスを生成し、順方向の前記駆動電流の極性を逆方向に反転させる極性反転部を含む逆方向パルスを生成する論理回路と、前記順方向パルスと前記逆方向パルスを利用して、弁体の移動より速い周期で前記駆動電流の極性を反転させ、前記駆動電流の電流レベルによって弁開度を制御する制御部とを備える。

この比例ソレノイドバルブシステムにおいて、さらに、極性反転部を除く前記順方向パルスのデューティ比、または、極性反転部を除く前記逆方向パルスのデューティ比を制御するパルス幅制御部とを備えてよい。

30

【0008】

上記目的を達成するため、本開示の比例ソレノイドバルブの制御装置の一側面によれば、励磁によって弁開度を制御する比例ソレノイドを励磁する駆動電流を生成し、該駆動電流を前記比例ソレノイドに流す駆動部と、逆方向の前記駆動電流の極性を順方向に反転させる極性反転部を含む順方向パルスを生成し、順方向の前記駆動電流の極性を逆方向に反転させる極性反転部を含む逆方向パルスを生成する論理回路を含み、前記順方向パルスと前記逆方向パルスを利用して、弁体の移動より速い周期で前記駆動電流の極性を反転させ、前記駆動電流の電流レベルによって弁開度を制御する制御部とを備える。

この比例ソレノイドバルブの制御装置において、前記制御部には、さらに、極性反転部を除く前記順方向パルスのデューティ比、または、極性反転部を除く前記逆方向パルスのデューティ比を制御するパルス幅制御部とを含んでよい。

40

【0009】

上記目的を達成するため、本開示のプログラムの一側面によれば、コンピュータにより実現するプログラムであって、比例ソレノイドを励磁する駆動電流を生成するための制御情報を生成する機能と、逆方向の前記駆動電流の極性を順方向に反転させる極性反転部を含む順方向パルスを生成する機能と、順方向の前記駆動電流の極性を逆方向に反転させる

50

極性反転部を含む逆方向パルスを生成する機能と、前記順方向パルスと前記逆方向パルスを利用して、弁体の移動より速い周期で前記駆動電流の極性を反転させる制御情報を生成する機能と、前記駆動電流の電流レベルによって弁開度を制御する制御情報を生成する機能とを前記コンピュータにより実現する。

このプログラムにおいて、さらに、極性反転部を除く前記順方向パルスのデューティ比を制御する機能と、極性反転部を除く前記逆方向パルスのデューティ比を制御する機能とを前記コンピュータにより実現してよい。

【0010】

上記目的を達成するため、本開示の記録媒体の一側面によれば、前記プログラムを格納している。

【0011】

上記目的を達成するため、本開示の比例ソレノイドバルブの一側面によれば、比例ソレノイドの励磁によって制御される弁機構と、前記比例ソレノイドに駆動電流を流す駆動部と、逆方向の前記駆動電流の極性を順方向に反転させる極性反転部を含む順方向パルスを生成し、順方向の前記駆動電流の極性を逆方向に反転させる極性反転部を含む逆方向パルスを生成する論理回路と、前記順方向パルスと前記逆方向パルスを利用して、前記駆動電流の極性を弁体の移動より速い周期で反転させて残留磁気を相殺するとともに、前記駆動電流の電流レベルによって弁開度を調節する制御部とを備える。

上記目的を達成するため、本開示の比例ソレノイドバルブの一側面によれば、弁機構と、前記弁機構を励磁によって制御する比例ソレノイドと、前記比例ソレノイドを励磁する駆動電流を生成し、該駆動電流を前記比例ソレノイドに流す駆動部と、逆方向の前記駆動電流の極性を順方向に反転させる極性反転部を含む順方向パルスを生成し、順方向の前記駆動電流の極性を逆方向に反転させる極性反転部を含む逆方向パルスを生成する論理回路と、前記順方向パルスと前記逆方向パルスを利用して、弁体の移動より速い周期で前記駆動電流の極性を反転させ、前記駆動電流の電流レベルによって弁開度を制御する制御部とを備える。

この比例ソレノイドバルブにおいて、前記制御部には、さらに、極性反転部を除く前記順方向パルスのデューティ比、または、極性反転部を除く前記逆方向パルスのデューティ比を制御するパルス幅制御部とを含んでよい。

【発明の効果】

【0012】

本開示によれば、次の何れかの効果が得られる。

(1) ソレノイドに流す駆動電流の極性を反転させてソレノイドに交番磁界を生じさせ、この交番磁界によって残留磁気を相殺できるので、残留磁気によるヒステリシスを軽減できる。

(2) 残留磁気の影響を受けることなく、駆動電流のレベルによって弁開度を制御することができる。

(3) ソレノイドに流す駆動電流を増加させて特定の開度に制御した際の駆動電流と、該駆動電流を減少させて特定の弁開度に制御した場合の駆動電流の差を軽減することができる。

(4) ソレノイドに流す駆動電流を増加させて特定の駆動電流に到達させた場合の弁開度と、該駆動電流を減少させて特定の駆動電流に制御した場合の弁開度の差を軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】第1の実施の形態に係る比例ソレノイドバルブシステムを示す図である。

【図2】比例ソレノイドバルブの弁機構を示す図である。

【図3】比例ソレノイドバルブの弁駆動機構を示す図である。

【図4】比例ソレノイドバルブの制御工程を示すフローチャートである。

【図5】PWM制御による駆動電流の極性反転、レベル制御および吸引力の生成を示す図

10

20

30

40

50

である。

【図 6】第 2 の実施の形態に係る比例ソレノイドバルブシステムを示す図である。

【図 7】第 3 の実施の形態に係る比例ソレノイドバルブを示す図である。

【図 8】極性反転を伴わない駆動電流で駆動した比例ソレノイドバルブの動作特性を示す図である。

【図 9】極性反転を伴う駆動電流で駆動した比例ソレノイドバルブの動作特性を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

〔第 1 の実施の形態〕

図 1 は、第 1 の実施の形態に係る比例ソレノイドバルブシステム 2 を示している。図 1 に示す構成は一例であり、斯かる構成に本開示が限定されるものではない。

この比例ソレノイドバルブシステム 2 は、比例ソレノイドバルブ 4 および制御装置 6 を備える。比例ソレノイドバルブ 4 はたとえば、燃料ガスなどの流体 G を流す流体路 8 に設置される。弁室 10 には入側ポート 12 - 1 および出側ポート 12 - 2 が形成されている。流体路 8 に流れる流体 G は入側ポート 12 - 1 から弁室 10 に導入され、弁室 10 から弁機構 14 を経て出側ポート 12 - 2 より流体路 8 に流れる。矢印で示す流体 G の流れ方向は一例に過ぎない。

【0015】

弁機構 14 は弁座 16 および弁体 18 を備える。弁座 16 は弁室 10 の壁面に固定され、弁体 18 は弁座 16 の弁座面に対して直交方向に移動する。

弁体 18 の中心軸上に形成された軸部 20 には支持部材 22 によりダイヤフラム 24 が取り付けられている。弁室 10 の内壁の間にはダイヤフラム 24 の外縁が支持されている。したがって、弁体 18 は弁室 10 に上下動可能にダイヤフラム 24 によって支持されており、流体 G の圧力が弁室 10 内に作用すると、ダイヤフラム 24 の膨出で弁体 18 が引き下げられる。

【0016】

弁体 18 に対して可動磁極 26 が設置され、この可動磁極 26 と弁体 18 の軸部 20 が接している。つまり、可動磁極 26 がプランジャを構成する。この可動磁極 26 は、比例ソレノイド 28 に挿入され、弁体 18 の中心軸方向に移動可能である。比例ソレノイド 28 にはコイル 30 を挟んでヨーク 32 が設置されている。コイル 30 はコイルボビン 34 に巻回されて比例ソレノイド 28 に設置されている。したがって、ヨーク 32 は可動磁極 26 に対して固定磁極を構成する。

ヨーク 32 側には支持フレーム 36 が固定され、この支持フレーム 36 にはダイヤフラム 24 の膨出を許容する空間部 38 が形成されている。

ヨーク 32 には支持部材 40 が固定されており、この支持部材 40 はスプリング支持部 42 を備える。可動磁極 26 にはスプリング挿入部 44 が形成され、このスプリング挿入部 44 とスプリング支持部 42 との間にコイル状のスプリング 46 が設置されている。したがって、スプリング 46 の復元力が可動磁極 26 に作用する。

【0017】

制御装置 6 はたとえば、駆動部 48 および制御部 50 を備え、駆動電流 i_d の生成、極性反転およびレベル制御を行う。駆動部 48 は、制御部 50 の制御により駆動電流 i_d を生成し、この駆動電流 i_d を比例ソレノイド 28 に流す。制御部 50 はたとえば、コンピュータを備え、制御信号 S_{in} としてたとえば、温度センサ、水量センサなどの各種センサの検出出力を受け、比例ソレノイドバルブ 4 を制御するための情報処理を行う。この情報処理には、

- (a) 駆動電流 i_d の生成のための制御
- (b) 弁体 18 の移動より速い周期による駆動電流 i_d の極性反転
- (c) 駆動電流 i_d の電流レベルによる弁開度の制御

などが含まれる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 8 】

< 弁機構 1 4 >

図 2 は、比例ソレノイドバルブ 4 の弁機構 1 4 を拡大して示している。弁座 1 6 は弁室 1 0 に保持棒 5 1 により固定され、弁座 1 6 と弁室 1 0 の内壁面の間は O リング 5 2 によって封止されている。

弁体 1 8 は円錐状面部 5 4 を備え、この円錐状面部 5 4 と弁座 1 6 の弁口部 5 6 とで弁機能を果たす。

弁室 1 0 には弁体 1 8 に対向し、弁体 1 8 の中心軸上にたとえば、円形の凹部 5 8 が形成されている。この凹部 5 8 に対向し、弁体 1 8 の径大面部には凸部 6 0 が形成されている。弁体 1 8 が移動した際、凸部 6 0 が弁室 1 0 側の凹部 5 8 に進入し、弁体 1 8 の移動を許容する。

10

【 0 0 1 9 】

< 弁駆動機構 6 2 および吸引力 F の生成 >

図 3 は、比例ソレノイドバルブ 4 の弁駆動機構 6 2 を示している。弁駆動機構 6 2 は、駆動電流 i_d の励磁によって弁体 1 8 を上下方向に駆動する。

比例ソレノイド 2 8 に駆動電流 i_d が流れると、比例ソレノイド 2 8 に磁界が発生する。これによって可動磁極 2 6 およびヨーク 3 2 (固定磁極) が磁化され、可動磁極 2 6 およびヨーク 3 2 には互いに異なる磁極 N、磁極 S が生成され、この磁極 N - S による吸引力 F を受け、可動磁極 2 6 は吸引力 F の方向に移動する。駆動電流 i_d の方向に関係なく、可動磁極 2 6 およびヨーク 3 2 には互いに異なる磁極 N、磁極 S が生成されるので、磁極 N - S による吸引力 F が働く。

20

【 0 0 2 0 】

< 駆動電流 i_d の極性反転 >

駆動電流 i_d を一定の周期で極性を反転させると、可動磁極 2 6 およびヨーク 3 2 には磁極 N、磁極 S の極性が反転するも、両者間には同方向の吸引力 F が作用する。この結果、極性に関係なく、駆動電流 i_d の電流レベルに応じた弁開度が得られる。

駆動電流 i_d の反転により、可動磁極 2 6 およびヨーク 3 2 の着磁方向が反転するため、残留磁気が反転電流によって相殺され、残留磁気による影響を除くことができる。

【 0 0 2 1 】

< 比例ソレノイドバルブ 4 の制御工程 >

図 4 の A は、比例ソレノイドバルブ 4 の制御工程の一例を示している。この制御工程には駆動電流 i_d の生成 (S 1 0 1)、駆動電流 i_d の極性反転 (S 1 0 2)、駆動電流 i_d の電流レベル制御 (S 1 0 3) などが含まれる。

30

駆動電流 i_d の生成 (S 1 0 1) : 制御装置 6 は、比例ソレノイド 2 8 に流す駆動電流 i_d を生成する。

駆動電流 i_d の極性反転 (S 1 0 2) : 制御装置 6 は、弁体 1 8 の移動速度より速い周期で駆動電流 i_d の極性を反転させる。弁体 1 8 の移動は駆動電流 i_d の電流レベルの変動に依存し、駆動電流 i_d の極性反転は弁体 1 8 の移動速度により速い周期たとえば、ディザ周期 T_d の $1/2$ の周期で行う。

駆動電流 i_d の電流レベル制御 (S 1 0 3) : 制御装置 6 は、駆動電流 i_d の電流レベルを制御し、電流レベルに応じた弁開度に弁機構 1 4 を制御する。

40

【 0 0 2 2 】

図 4 の B は、この制御工程における駆動電流 i_d の極性反転およびレベル制御の一例を示している。この制御工程には制御信号 S_{in} の入力 (S 2 0 1)、順方向パルスのデューティ比の算出 (S 2 0 2)、逆方向パルスのデューティ比の算出 (S 2 0 3)、順方向パルスの生成 (算出したデューティ比によるパルス制御の実行) (S 2 0 4)、逆方向パルスの生成 (算出したデューティ比によるパルス制御の実行) (S 2 0 5)、弁開度の制御 (S 2 0 6) などが含まれる。

制御信号 S_{in} の入力 (S 2 0 1) : 制御装置 6 は、弁機構 1 4 の弁開度を制御するための制御信号 S_{in} を受ける。この制御信号 S_{in} の信号レベルによって弁開度が制御

50

される。

【 0 0 2 3 】

順方向パルスのデューティ比の算出 (S 2 0 2) : 制御装置 6 は、後述する極性制御パルス P_{sw1} (極性反転部) を除く順方向パルスのデューティ比を算出する。

逆方向パルスのデューティ比の算出 (S 2 0 3) : 制御装置 6 は、後述する極性制御パルス P_{sw2} (極性反転部) を除く逆方向パルスのデューティ比を算出する。

【 0 0 2 4 】

順方向パルスの生成 (算出したデューティ比によるパルス制御の実行) (S 2 0 4) : 制御装置 6 は、比例ソレノイド 2 8 に流す順方向の駆動電流 i_d を生成するための順方向パルスを生成する。この順方向パルスには、先頭部に極性反転部として、弁体 1 8 の移動より速く駆動電流 i_d の電流方向を反転させるための極性制御パルス P_{sw1} が含まれる。この極性制御パルス P_{sw1} は、他の順方向パルスよりパルス幅が大きく、高デューティ比パルスとなっている。順方向パルスにおける極性反転部は、逆方向の駆動電流 i_d の極性を順方向の駆動電流 i_d に切り替えるために用いられる。

10

逆方向パルスの生成 (算出したデューティ比によるパルス制御の実行) (S 2 0 5) : 制御装置 6 は、比例ソレノイド 2 8 に流す逆方向の駆動電流 i_d を生成するための逆方向パルスを生成する。この逆方向パルスには、先頭部に極性反転部として、弁体 1 8 の移動より速く駆動電流 i_d の電流方向を反転させるための極性制御パルス P_{sw2} が含まれる。この極性制御パルス P_{sw2} は、他の逆方向パルスよりパルス幅が大きく、高デューティ比パルスとなっている。逆方向パルスにおける極性反転部は、順方向の駆動電流 i_d の極性を逆方向の駆動電流 i_d に切り替えるために用いられる。

20

弁開度の制御 (S 2 0 6) : 制御装置 6 は、制御信号 S_{in} の信号レベルに応じて駆動電流 i_d の電流レベルを制御し、弁開度を制御する。

【 0 0 2 5 】

< 駆動電流 i_d の極性反転、そのレベル制御および吸引力 F >

図 5 の A は、順方向パルスの一例である順方向 PWM パルスを示している。この順方向パルスは、ディザ周期 T_d の $1/2$ (= $T_d/2$) の期間で生成され、先頭部に極性反転部として極性制御パルス P_{sw1} が含まれる。極性制御パルス P_{sw1} は、逆方向の駆動電流 i_d を順方向に切り替える極性反転期間を短くするために一定のパルス幅を有する。

これに対し、極性制御パルス P_{sw1} を除く順方向 PWM パルスのデューティ比は制御信号 S_{in} によって制御される。図 5 の A では説明の都合上、一定のデューティ比としているが、弁開度に応じて異なるデューティ比に制御される。

30

【 0 0 2 6 】

図 5 の B は、逆方向パルスの一例である逆方向 PWM パルスを示している。この逆方向パルスは、ディザ周期 T_d の $1/2$ (= $T_d/2$) の期間で生成され、先頭部に極性反転部として極性制御パルス P_{sw2} が含まれる。極性制御パルス P_{sw2} は、順方向の駆動電流 i_d を逆方向に切り替える極性反転期間を短くするために一定のパルス幅を有する。この実施の形態では、極性制御パルス P_{sw1} 、 P_{sw2} は同一パルス幅である。

これに対し、極性制御パルス P_{sw2} を除く逆方向 PWM パルスのデューティ比は制御信号 S_{in} によって制御される。図 5 の B では説明の都合上、一定のデューティ比としているが、弁開度に応じて異なるデューティ比に制御される。

40

【 0 0 2 7 】

図 5 の C は、順方向または逆方向に流れる駆動電流 i_d を示している。駆動電流 i_d は、ディザ周期 T_d の 2 分の 1 の周期ごとに極性制御パルス P_{sw1} と極性制御パルス P_{sw2} が交互に生成されることで、逆方向の駆動電流 i_d から順方向の駆動電流 i_d 、さらに順方向の駆動電流 i_d から逆方向の駆動電流 i_d への切り替えが繰り返される。

この極性反転を伴う駆動電流 i_d は、順方向 PWM パルスまたは逆方向 PWM パルスのデューティ比に依存し、その電流レベルが制御される。

【 0 0 2 8 】

図 5 の D は、可動磁極 2 6 およびヨーク 3 2 (固定磁極) に作用する吸引力 F を示して

50

いる。比例ソレノイド 28 は、極性反転を伴い且つレベル制御された駆動電流 i_d によって励磁され、可動磁極 26 およびヨーク 32 が磁化される。ディザ周期 T_d の 2 分の 1 の周期ごとに異なる磁極対に反転するが、可動磁極 26 およびヨーク 32 間に生じる吸引力 F は、駆動電流 i_d のレベルに依存する。

【0029】

< 第 1 の実施の形態の効果 >

第 1 の実施の形態によれば、次の何れかの効果が得られる。

(1) ディザ周期 T_d の 2 分の 1 周期 ($= T_d / 2$) で駆動電流 i_d の極性を反転させて比例ソレノイド 28 による可動磁極 26 およびヨーク 32 間の磁極を反転させるので、残留磁気を相殺できる。この極性反転は、弁機構 14 の開閉より速い周期で行われるので、弁開度の制御に影響しない。

10

(2) 極性反転の時間間隔において、駆動電流 i_d は順方向 PWM パルスまたは逆方向 PWM パルスのデューティ比により電流レベルを制御するので、駆動電流 i_d の極性反転に影響されることなく、駆動電流 i_d の電流レベルによって弁機構 14 の弁開度を制御できる。

【0030】

[第 2 の実施の形態]

図 6 は、第 2 の実施の形態に係る比例ソレノイドバルブシステム 2 を示している。図 6 の構成において、図 1 と同一部分には同一符号を付してある。

駆動部 48 には、電源 64、駆動ブリッジ回路 66、順方向駆動回路 68 - 1、逆方向駆動回路 68 - 2 が含まれる。電源 64 は駆動電流 i_d の電流源を構成する。

20

駆動ブリッジ回路 66 は、Pch - FET (Pチャネル - 電界効果トランジスタ) 71、72、Nch - FET (Nチャネル - 電界効果トランジスタ) 73、74 を含む。

【0031】

順方向駆動回路 68 - 1 は、制御部 50 から順方向 PWM パルスを受け、駆動ブリッジ回路 66 から比例ソレノイド 28 に順方向の駆動電流 i_d を流す。これに対し、逆方向駆動回路 68 - 2 は、制御部 50 から逆方向 PWM パルスを受け、駆動ブリッジ回路 66 から比例ソレノイド 28 に逆方向の駆動電流 i_d を流す。つまり、ディザ周期 T_d の半周期 ($= T_d / 2$) で Pch - FET 72 および Nch - FET 73 の導通により順方向の駆動電流 i_d が比例ソレノイド 28 に流れ、ディザ周期 T_d の次の半周期 ($= T_d / 2$) で Pch - FET 71 および Nch - FET 74 の導通により逆方向の駆動電流 i_d が比例ソレノイド 28 に流れる。

30

【0032】

制御部 50 は制御回路 76、パルス発生部 78、PWM 生成部 80、論理回路 82 を備える。制御回路 76 はマイクロコンピュータで構成され、プロセッサ 84、記憶部 86、入出力部 (I/O) 88 を備える。プロセッサ 84 は、記憶部 86 にある制御プログラムを実行し、制御信号 S_{in} に応じたパルス幅制御などの制御を実行する。

斯かる制御および制御情報には、

- a) 駆動電流 i_d を生成するための制御情報
 - b) 弁体 18 の移動より速い周期で駆動電流 i_d の極性を反転させる制御情報
 - c) 駆動電流 i_d の電流レベルによって弁開度を制御する制御情報
 - d) 極性制御パルスを除く順方向パルスのデューティ比の算出
 - e) 極性制御パルスを除く逆方向パルスのデューティ比の算出
 - f) 逆方向の駆動電流 i_d の極性を順方向に切り替える制御パルスを含む順方向パルスの生成 (算出したパルス制御の実行)
 - g) 順方向の駆動電流 i_d の極性を逆方向に切り替える制御パルスを含む逆方向パルスの生成 (算出したパルス制御の実行)
- が含まれる。

40

【0033】

記憶部 86 は本開示のプログラムを格納する記録媒体の一例である。この記憶部 86 に

50

は R O M (Read-Only Memory)、 R A M (Random-Access Memory)、 E E P R O M (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) などの記憶素子が用いられ、各種制御情報の生成や記憶に用いられる。

I / O 8 8 は、制御信号 S i n の取込みや制御情報の生成を行う。

パルス発生部 7 8 は、一定周期のクロックパルスを生成し、このクロックパルスの分周または倍周により一定周期のパルスを生成する。

【 0 0 3 4 】

P W M 生成部 8 0 には順方向 P W M パルス生成機能および逆方向 P W M パルス生成機能を備え、制御信号 S i n の信号レベルに応じたデューティ比を持つ順方向 P W M パルスまたは逆方向 P W M パルスを生成し、論理回路 8 2 に出力する。

論理回路 8 2 は、パルス発生部 7 8 からディザ周期 T d の 2 分の 1 の周期に同期する制御パルスを受け、T d / 2 に同期して順方向 P W M パルスと逆方向 P W M パルスを出力する。順方向 P W M パルスは順方向駆動回路 6 8 - 1 に提供され、逆方向 P W M パルスは逆方向駆動回路 6 8 - 2 に提供される。

【 0 0 3 5 】

< 第 2 の実施の形態の効果 >

第 2 の実施の形態によれば、次の何れかの効果が得られる。

(1) ディザ周期 T d の 2 分の 1 周期 (= T d / 2) で駆動電流 i d の極性を反転させて比例ソレノイド 2 8 による可動磁極 2 6 およびヨーク 3 2 間の磁極を反転させるので、残留磁気を相殺でき、ヒステリシス特性を改善できる。

(2) 極性反転の時間間隔において、駆動電流 i d は順方向 P W M パルスまたは逆方向 P W M パルスのデューティ比により電流レベルを制御でき、駆動電流 i d の極性反転に影響されることなく、駆動電流 i d の電流レベルによって弁機構 1 4 の弁開度の制御性を高めることができる。

【 0 0 3 6 】

〔 第 3 の実施の形態 〕

図 7 は、第 3 の実施の形態に係る比例ソレノイドバルブ 4 0 4 を示している。図 7 の構成において、図 1 と同一部分には同一符号を付してある。

この第 3 の実施の形態において、比例ソレノイドバルブ本体 4 0 0 は第 1 の実施の形態の比例ソレノイドバルブ 4 のバルブ機能部である。

筐体 4 0 2 には比例ソレノイドバルブ本体 4 0 0、駆動部 4 8 および制御部 5 0 が設置されている。したがって、この実施の形態では、制御機能を一体に備える比例ソレノイドバルブ 4 0 4 が構成されている。

【 0 0 3 7 】

〔 実験結果 〕

図 8 は、横軸に時間、縦軸に弁開度を取り、極性切替を伴わない駆動電流 i d で駆動した比例ソレノイドバルブ 4、4 0 4 の動作特性を示している。

極性反転を伴わない駆動電流 i d で比例ソレノイド 2 8 を励磁した場合には、一方向の駆動電流 i d で励磁されるため、残留磁気の影響を除くことができない。つまり、残留磁気と同方向となる駆動電流 i d では、磁化が強調されるのに対し、残留磁気と逆方向となる駆動電流 i d では、残留磁気の相殺のために、駆動電流 i d による磁化が損なわれる。この結果、制御信号 S i n と弁開度の間にヒステリシス h の影響が顕著になる。

【 0 0 3 8 】

図 9 は、同様に、横軸に時間、縦軸に弁開度を取り、極性切替を伴う駆動電流 i d で駆動した比例ソレノイドバルブ 4、4 0 4 の動作特性を示している。

極性反転を伴う駆動電流 i d で比例ソレノイド 2 8 を励磁した場合には、極性反転によって駆動電流 i d で残留磁気が相殺され、残留磁気の影響がない駆動電流 i d と弁開度の関係が得られる。この結果、制御信号 S i n と弁開度の間にヒステリシス h の影響は無視できる程度に改善される。

【 0 0 3 9 】

〔他の実施の形態〕

(1) 上記実施の形態では、P W M制御を例示しているが、比例ソレノイドバルブの制御をP W M制御以外の制御を用いてもよい。

(2) 駆動電流 i_d の反転周期をディザ周期 T_d の2分の1に設定しているが、弁体18の移動速度より速ければよく、実施例の周期に限定されない。

(3) 上記実施の形態では、順方向パルスまたは逆方向パルスに含まれる極性反転部に極性制御パルスを例示しているが、この極性制御パルスは、P W M制御で生成されるパルスの他、P W M制御と別個に生成される極性反転パルスを用いてもよい。この極性反転パルスは、駆動電流 i_d の極性反転に最適な極性反転タイミングを含む周期を備え、且つ最適な時間幅に設定されたパルス幅を備えればよい。

10

【0040】

以上説明したように、本発明の構成の最も好ましい実施の形態等について説明した。本発明は、上記記載に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載され、または発明を実施するための形態に開示された発明の要旨に基づき、当業者において様々な変形や変更が可能である。斯かる変形や変更が、本発明の範囲に含まれることは言うまでもない。

【産業上の利用可能性】

【0041】

本発明によれば、駆動電流によって可動磁極と固定磁極（ヨーク）の磁極関係を反転させて残留磁気を相殺でき、残留磁気の影響を受けない磁力によって弁機構を駆動でき、ヒステリシス特性を改善できる。

20

【符号の説明】

【0042】

- 2 比例ソレノイドバルブシステム
- 4、404 比例ソレノイドバルブ
- 6 制御装置
- G 流体
- 8 流体路
- 10 弁室
- 12 - 1 入側ポート
- 12 - 2 出側ポート
- 14 弁機構
- 16 弁座
- 18 弁体
- 20 軸部
- 22 支持部材
- 24 ダイヤフラム
- 26 可動磁極
- 28 比例ソレノイド
- 30 コイル
- 32 ヨーク
- 34 コイルボビン
- 36 支持フレーム
- 38 空間部
- 40 支持部材
- 42 スプリング支持部
- 44 スプリング挿入部
- 46 スプリング
- 48 駆動部
- 50 制御部
- 51 保持枠

30

40

50

- 5 2 Oリング
- 5 4 円錐状面部
- 5 6 弁口部
- 5 8 凹部
- 6 0 凸部
- 6 2 弁駆動機構
- 6 4 電源
- 6 6 駆動ブリッジ回路
- 6 8 - 1 順方向駆動回路
- 6 8 - 2 逆方向駆動回路
- 7 1、7 2 Pch-FET
- 7 3、7 4 Nch-FET
- 7 6 制御回路
- 7 8 パルス発生部
- 8 0 PWM生成部
- 8 2 論理回路
- 8 4 プロセッサ
- 8 6 記憶部
- 8 8 入出力部(I/O)
- 4 0 0 比例ソレノイドバルブ本体
- 4 0 2 筐体

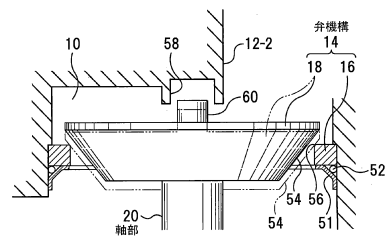
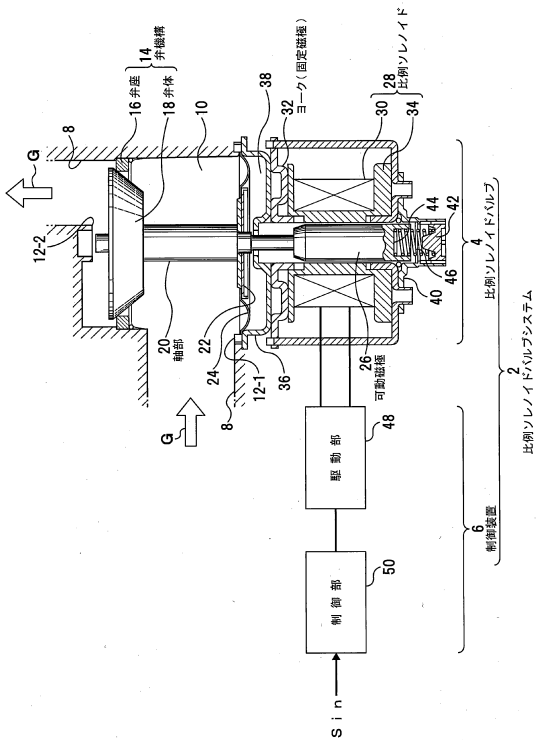
10

20

【図面】

【図 1】

【図 2】

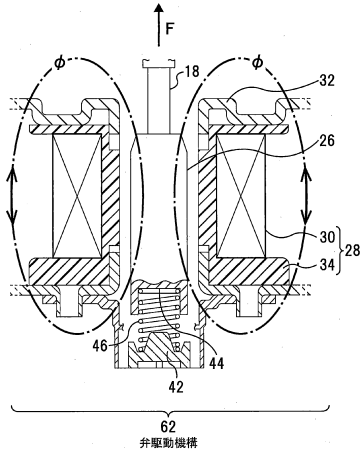


30

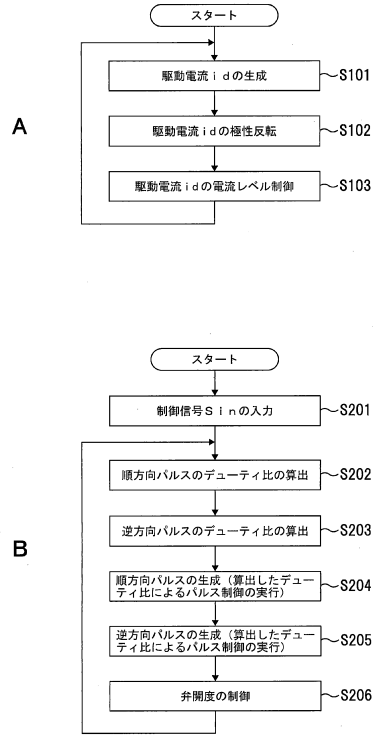
40

50

【図3】



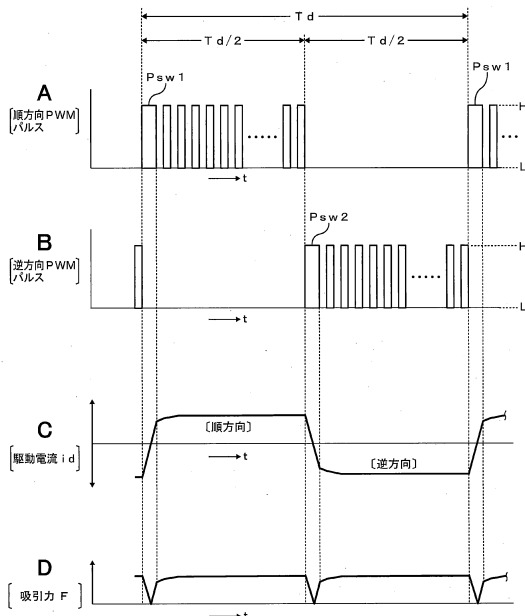
【図4】



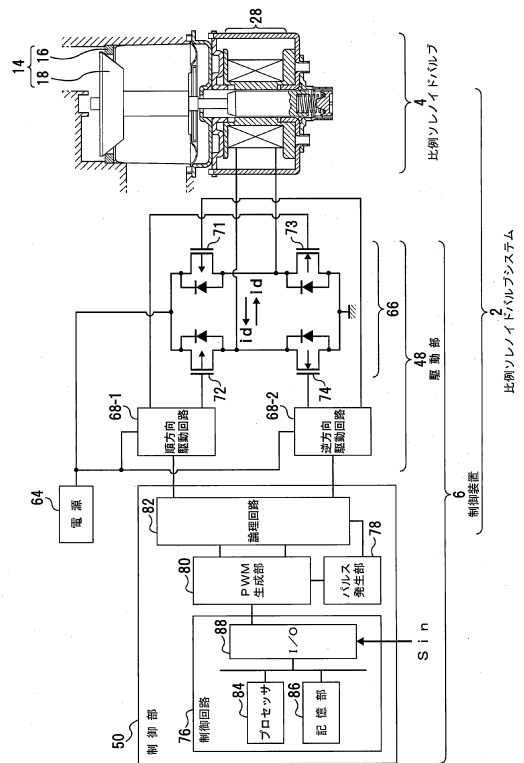
10

20

【図5】



【図6】

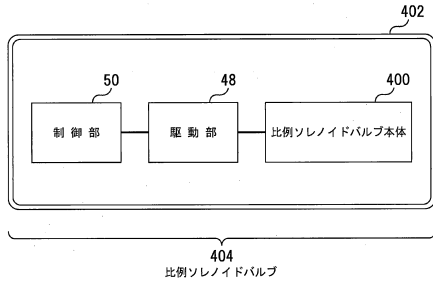


30

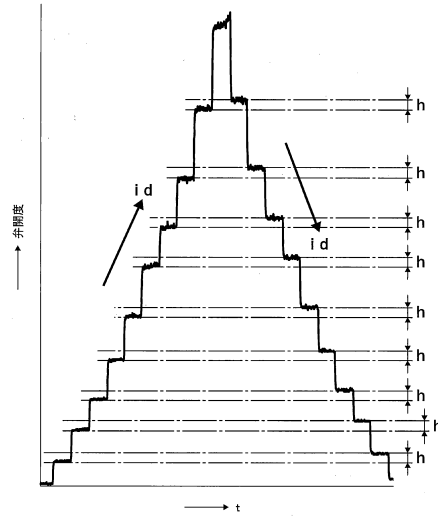
40

50

【図 7】



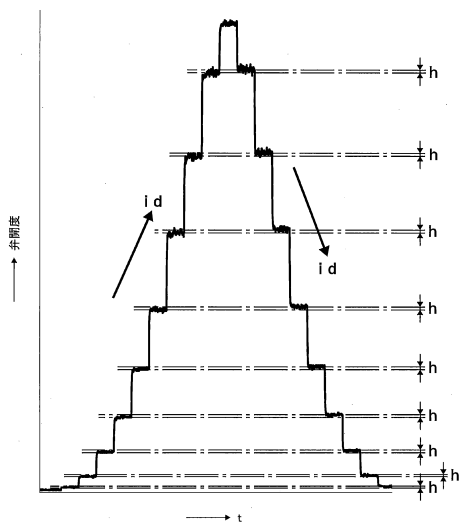
【図 8】



10

20

【図 9】



30

40

50

フロントページの続き

静岡県富士市西柏原新田 2 0 1 番地 パーパス株式会社内

(72)発明者 望月 進介

静岡県富士市西柏原新田 2 0 1 番地 パーパス株式会社内

審査官 藤森 一真

(56)参考文献 特開 2 0 2 1 - 1 3 4 8 0 4 (J P , A)

特開 2 0 0 6 - 0 7 7 6 0 1 (J P , A)

実公昭 4 7 - 0 0 1 6 6 5 (J P , Y 1)

特開 2 0 2 0 - 0 1 6 3 0 1 (J P , A)

特表 2 0 1 4 - 5 1 9 7 1 4 (J P , A)

中国特許出願公開第 1 0 5 7 8 2 5 4 6 (C N , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

F 1 6 K 3 1 / 0 6 - 3 1 / 1 1

F 2 3 K 5 / 0 0 - 5 / 2 2

H 0 1 F 7 / 1 0 - 7 / 1 2