

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 090 209 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**23.10.2002 Patentblatt 2002/43**

(21) Anmeldenummer: **99932723.2**

(22) Anmeldetag: **24.06.1999**

(51) Int Cl.7: **F01L 9/04**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP99/04387**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 00/000720 (06.01.2000 Gazette 2000/01)**

(54) **VERFAHREN ZUM STARTEN EINES ELEKTROMECHANISCHEN STELLGERÄTS, DAS  
INSBESONDERE ZUM STEuern DES GASWECHSELS BEI EINER BRENNKRAFTMASCHINE  
VORGEGEHEN IST**

METHOD FOR STARTING AN ELECTROMECHANICAL REGULATING DEVICE ESPECIALLY  
DESIGNED FOR CONTROLLING THE CHARGE CYCLE IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

PROCEDE PERMETTANT DE METTRE EN MARCHE UN DISPOSITIF DE REGULATION  
ELECTROMECHANIQUE, CON U NOTAMMENT POUR REGULER LES ECHANGES GAZEUX DANS  
UN MOTEUR A COMBUSTION

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB**

(30) Priorität: **26.06.1998 DE 19828612**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**11.04.2001 Patentblatt 2001/15**

(73) Patentinhaber:  
• **SIEMENS AKTIENGESSELLSCHAFT**  
**80333 München (DE)**  
• **Siemens Automotive Corporation**  
**Auburn Hills, Michigan 48326-2980 (US)**

(72) Erfinder:  
• **WARNECKE, Volker**  
**D-93152 Nittendorf (DE)**

• **NITKIEWICZ, James**  
**D-93049 Regensburg (DE)**  
• **ZINK, Hanspeter**  
**D-93059 Regensburg (DE)**

(74) Vertreter: **Berg, Peter**  
**European Patent Attorney,**  
**Siemens AG,**  
**Postfach 22 16 34**  
**80506 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**US-A- 5 671 705** **US-A- 5 742 467**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 199, no.**  
**909, 30. Juli 1999 (1999-07-30) & JP 11 093711 A**  
**(TOYOTA MOTOR CORP), 6. April 1999**  
**(1999-04-06)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**EP 1 090 209 B1**

## Beschreibung

**[0001]** Verfahren zum Starten eines elektromechanischen Stellgeräts, das insbesondere zum Steuern des Gaswechsels bei einer Brennkraftmaschine vorgesehen ist

**[0002]** Ein bekanntes Stellgerät (DE 33 07 070 C2) hat ein Stellglied, das als Gaswechselventil ausgebildet ist, und einen Stellantrieb. Der Stellantrieb weist zwei Elektromagnete auf, zwischen denen jeweils gegen die Kraft eines Rückstellmittels eine Ankerplatte eines Ankers beweglich gelagert ist. Zum Starten des Stellgeräts, d. h. zum Bewegen des Ankers aus einer statischen Ruhelage hin zur Anlage mit einem der Elektromagnete, werden die Spulen der Elektromagnete in der Nähe der Eigenfrequenz des Feder-Masse-Systems zu Schwingungen mit zunehmender Amplitude angeregt. Dieses Verfahren ist jedoch unzuverlässig bei sehr niedrigen Temperaturen (z. B.  $< -20^{\circ}\text{C}$ ) und wenn die statische Ruhelage des Ankers verschieden ist von seiner geometrischen Mittellage zwischen den Anlageflächen der beiden Elektromagnete.

**[0003]** Ein weiteres bekanntes Stellgerät (US 5,671,705) hat ein Stellglied und einen Stellantrieb mit einem ersten Elektromagneten, der eine erste Spule hat, einen zweiten Elektromagneten, der eine zweite Spule hat, einen zwischen Anlageflächen des ersten und zweiten Elektromagneten beweglichen Anker und zwei Rückstellmittel, die mit dem Anker mechanisch gekoppelt sind. Zum Starten dieses elektromechanischen Stellgeräts wird die erste Spule bestromt, bis die Ankerplatte aus einer statischen Ruhelage in Anlage mit dem ersten Elektromagneten gelangt ist. Ein derartiges Stellgerät hat den Nachteil, daß die erste Spule mit einem sehr hohen Strom bestromt werden muß und der Elektromagnet entsprechend groß dimensioniert werden muß, wenn ein zuverlässiger startabhängig von Betriebs- und Umgebungsbedingungen möglich sein soll.

**[0004]** Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Starten eines elektromechanischen Stellgeräts zu schaffen, daß unabhängig von Betriebs- und Umgebungsbedingungen zuverlässig ist.

**[0005]** Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0006]** Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß zuerst die zweite Spule bestromt wird, bis eine erste vorgegebene Bedingung erfüllt ist, und dann die erste Spule von dem Zeitpunkt bestromt wird, an dem eine zweite Bedingung erfüllt ist, bis der Anker zur Anlage mit der Anlagefläche des ersten Elektromagneten kommt. Die Vorteile der Erfindung kommen insbesondere zum Tragen, wenn das Stellglied als Auslaßventil einer Brennkraftmaschine ausgebildet ist. Die statische Ruhelage des Ankers ist dann vorteilhaft von der geometrischen Mittellage hin zur Offenposition des Auslaßventils verstellt. So kann das Auslaßventil einfacher gegen die Gaskräfte im Zylinder der Brennkraftmaschine geöffnet

werden.

**[0007]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1: eine Anordnung eines Stellgeräts in einer Brennkraftmaschine,

Figur 2: Signalverläufe des Stroms  $I_{S1}$  durch die erste Spule und des Stroms  $I_{S2}$  durch die zweite Spule, einer Federkraft  $F_F$ , einer elektromagnetischen Stellkraft  $F_{MAG}$  und einer Position  $X$  der Ankerplatte.

**[0008]** Ein Stellgerät (Figur 1) umfaßt einen Stellantrieb 1 und ein Stellglied 2, das beispielsweise als Gaswechselventil ausgebildet ist und einen Schaft 21 und einen Teller 22 hat. Der Stellantrieb 1 hat ein Gehäuse 11, in dem ein erster und ein zweiter Elektromagnet angeordnet sind. Der erste Elektromagnet hat einen ersten Kern 12, in dem in einer ringförmigen Nut eine erste Spule 13 eingebettet ist. Der zweite Elektromagnet hat einen zweiten Kern 14, in dem in einer weiteren ringförmigen Nut eine zweite Spule 15 eingebettet ist. Ein Anker ist vorgesehen, dessen Ankerplatte 16 in dem Gehäuse 11 beweglich zwischen den Anlageflächen 17a, 17b der ersten und zweiten Elektromagnete angeordnet ist. Der Anker umfaßt des weiteren ein Ankerschaft 17, der durch Ausnehmungen des ersten und zweiten Kerns 12, 14 geführt ist und der mit dem Schaft 21 des Stellgliedes 2 über ein hydraulisches Spielausgleichselement 19 koppelbar ist. Das hydraulische Spielausgleichselement 19 gleicht Fertigungsungenauigkeiten des Ankers, der Elektromagnete, der Rückstellmittel 18a, 18b des Stellgliedes 2 und des Zylinderkopfes 31 aus. Das Spielausgleichselement 19 ist mit dem Ölkreislauf der Brennkraftmaschine verbunden. Der Hydraulikdruck in dem Spielausgleichselement 19 wird während des Betriebs der Brennkraftmaschine durch eine nicht dargestellte Ölpumpe eingestellt. Wenn die Brennkraftmaschine nicht in Betrieb ist, sinkt der Öldruck ab, was zu einem Verstellen einer statischen Ruheposition  $X_R$  der Ankerplatte 16 von einer geometrischen Mittelposition  $X_G$  der Ankerplatte 16 hin zu einer Offenposition  $X_{A2}$  zur Folge hat. Das erste Rückstellmittel 18a und das zweite Rückstellmittel 18b spannen die Ankerplatte in die Ruheposition  $X_R$  vor. Die Rückstellmittel 18a, 18b sind vorzugsweise als Federn ausgebildet.

**[0009]** Das Stellgerät ist mit einem Zylinderkopf 31 starr verbunden. Dem Zylinderkopf 31 ist ein Ansaugkanal 32 und ein Zylinder 33 mit einem Kolben 34 zugeordnet. Der Kolben 34 ist über eine Pleuelstange 35 mit einer Pleuelwelle 36 gekoppelt. Dem Zylinderkopf 21 ist ferner ein Abgaskanal 39 zugeordnet. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Stellglied 2 als Auslaßventil ausgebildet. Es kann jedoch ebenso als Einlaßventil des Zylinders 33 ausgebildet sein.

**[0010]** Eine Steuereinrichtung 4 ist vorgesehen, die Signale von Sensoren erfaßt und Stellsignale erzeugt,

in deren Abhängigkeit die erste oder die zweite Spule 13, 15 des Stellgeräts von einem Leistungssteller 6a, 6b angesteuert werden. Die Sensoren sind ausgebildet als erster Strommesser 5a, der einen Strom durch die erste Spule 13 oder einen Strom in dem Leistungssteller 5a erfaßt, oder als ein zweiter Strommesser 5b, der den Strom durch die zweite Spule 15 oder im Leistungssteller 6b erfaßt. Ferner ist ein Positionssensor 19a in dem Gehäuse 11 angeordnet, der die Position des Ankers und somit der Ankerplatte 16 erfaßt. Neben den erwähnten Sensoren können auch noch weitere Sensoren vorhanden sein.

**[0011]** In der Steuereinrichtung 4 ist für jede der Spulen 13, 15 ein Regler vorgesehen, der den Strom durch die jeweilige Spule 13, 15 auf einen vorgegebenen Sollwert regelt. Der Regler ist vorzugsweise als ein Zweipunkt-Regler ausgebildet. Wenn die erste Spule 13 und die zweite Spule 15 länger als eine vorgegebene Zeitdauer (z. B. 5 Sekunden) nicht bestromt werden - dies ist z. B. im Betriebszustand des Motor-Stops der Brennkraftmaschine der Fall -, befindet sich die Ankerplatte 16 in ihrer Ruheposition  $X_R$ . Die Ruheposition  $X_R$  ist von der geometrischen Mittelposition  $X_G$  hin zu der Offenposition  $X_{A2}$  verschoben. Dies hat den Vorteil, daß bei einem Betrieb des Stellgeräts die Ankerplatte leichter und mit höherer Kraft in Richtung der Offenposition  $X_{A2}$  bewegt werden kann und somit ein sicheres Öffnen des Stellgliedes 2, das als Auslaßventil ausgebildet ist gegen die hohen Gaskräfte im Zylinder 33 gewährleistet ist. Sinkt der Öldruck im Ölkreislauf der Brennkraftmaschine, wie dies z. B. in dem Betriebszustand des Motorstops der Brennkraftmaschine wegen der abgeschalteten Ölpumpe der Fall ist, so verschiebt sich die Ruheposition  $X_R$  der Ankerplatte 16 weiter in Richtung der Offenposition  $X_{A2}$ . Beim Start der Brennkraftmaschine sind alle Gaswechselventile (Einlaß- und Auslaßventile) zuerst die den Zylinder verschließende Stellung zu bringen. Beim Start der Brennkraftmaschine wird auch das Stellgerät gestartet. Beim Starten des Stellgeräts wird von der Steuereinrichtung 4 zuerst ein Bestromen der zweiten Spule 15 gesteuert, bis eine erste vorgegebene Bedingung erfüllt ist. Dann wird die erste Spule 13 von dem Zeitpunkt, in dem eine zweite Bedingung erfüllt ist bestromt, bis der Anker zur Anlage mit der Anlagefläche 17a des ersten Elektromagneten kommt und an dieser gehalten werden kann. Die erste Bedingung ist vorzugsweise, daß der Anker eine vorgegebene erste Position  $X_1$  erreicht hat, bei der die zugeführte potentielle Energie ausreicht, um durch Umwandeln der potentiellen Energie in kinetische Energie seine Position soweit in Richtung der Schließposition  $X_{A1}$  zu verlagern, daß die durch das Bestromen der ersten Spule 13 bewirkte Kraft auf die Ankerplatte 16 ausreicht, um die Ankerplatte 16 zur Anlage mit der Anlagefläche 17a zu bringen, d.h. in die Schließposition  $X_{A1}$  zu bringen.

**[0012]** Die zweite Bedingung ist vorzugsweise, daß der Anker eine vorgegebene zweite Position  $X_2$  er-

reicht hat. Die zweite Position  $X_{A2}$  kann sehr einfach identisch mit der ersten Position  $X_1$  sein. Sie kann aber vorteilhaft auch zwischen der ersten Position  $X_1$  und der Ruheposition  $X_R$  sein, wodurch die Verlustleistung der ersten Spule 13 verringert wird.

**[0013]** Die geringste Verlustleistung in der ersten Spule 13 ist gegeben, wenn die zweite Position  $X_2$  in etwa die Ruheposition  $X_R$  ist. Die vorgegebene erste und zweite Position  $X_1$ ,  $X_2$  können fest vorgegeben sein, so z. B. durch Versuche an einem Prüfstand ermittelt worden sein. Wenn die erste Position  $X_1$  und/oder die zweite Position  $X_2$  abhängt von der Temperatur TOIL des Öls des Ölkreislaufs, kann dem Anker sehr präzise die benötigte Energie zum Anziehen der Ankerplatte 16 an die Schließposition  $X_{A1}$  zugeführt werden, da diese wesentlich von der Viskosität des Öls abhängt. In einer anderen Ausführungsform der Erfindung hängen die erste und zweite Position  $X_1$ ,  $X_2$  ab von dem zeitlichen Verlauf der Bewegung des Ankers. Dazu wird die Position des Ankers in fest vorgegebenen Zeitabständen erfaßt und aus dem Geschwindigkeitsverlauf abgeleitet, wo die erste und/oder zweite Position  $X_1$ ,  $X_2$  sein müssen, um die Ankerplatte 16 sicher zur Anlage mit der Anlagefläche 17a zu bringen.

**[0014]** Figur 2a zeigt den zeitlichen Verlauf des Stroms  $I_{S1}$  und  $I_{S2}$  durch die erste Spule 13 und die zweite Spule 15 aufgetragen über die Zeit  $t$ . Figur 2b zeigt den Verlauf der Federkraft  $F_F$ , die durch die Rückstellmittel 18a, b hervorgerufen wird und den Verlauf der elektromagnetischen Stellkraft  $F_{MAG}$  aufgetragen über die Zeit  $t$ . Figur 2c zeigt den Verlauf der Position  $X$  der Ankerplatte 16 aufgetragen über die Zeit  $t$ . Der Maßstab der Zeitachse der Figuren 2a, 2b, 2c ist jeweils derselbe.

**[0015]** Zu einem Zeitpunkt  $t_0$  beginnt das Starten des Stellgeräts. Der Strom  $I_{S2}$  durch die zweite Spule 15 wird bis zu einem Zeitpunkt  $t_1$  auf einen ersten Sollwert SP1 geregelt. Zu dem Zeitpunkt  $t_1$  hat die Ankerplatte 16 die erste Position  $X_1$  erreicht. Der Sollwert des Stroms  $I_{S2}$  durch die zweite Spule wird ab diesem Zeitpunkt auf null Ampere gesetzt. Gleichzeitig wird der Sollwert des Stroms  $I_{S1}$  durch die erste Spule 13 auf den ersten Sollwert SP1 gesetzt, bis die Ankerplatte 16 im Zeitpunkt  $t_2$  die Schließposition  $X_{A1}$  erreicht. Nach dem Zeitpunkt  $t_2$  wird der Sollwert des Stroms  $I_{S1}$  durch die erste Spule auf einen Haltewert gesetzt, der so vorgegeben ist, daß die hervorgerufene elektromagnetische Stellkraft  $F_{MAG}$  ausreicht, um die Ankerplatte 16 in der Schließposition  $X_{A1}$  zu halten.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Starten eines elektromechanischen Stellgeräts, das ein Stellglied (2) und einen Stellantrieb (1) hat mit
  - einem ersten Elektromagneten, der eine erste

- Spule (13) hat,
- einem zweiten Elektromagneten, der eine zweite Spule (15) hat,
  - einem zwischen Anlageflächen (17a, 17b) des ersten und zweiten Elektromagneten beweglichen Anker und
  - mindestens einem Rückstellmittel (18a, 18b), das mit dem Anker mechanisch gekoppelt ist;

mit aufeinander folgenden Schritten: 10

- Bestromen der zweiten Spule (15) bis eine erste vorgegebene Bedingung erfüllt ist, wobei die erste Bedingung erfüllt ist, wenn der Anker eine vorgegebene erste Position (X<sub>1</sub>) erreicht hat, und sich die erste Position (X<sub>1</sub>) getrennt von einer Offenposition (X<sub>A2</sub>) und einer Schließposition (X<sub>A1</sub>) an den jeweiligen Anlageflächen (17A, 17B) befindet, und
- Bestromen der ersten Spule (13) von dem Zeitpunkt, an dem eine zweite Bedingung erfüllt ist, bis der Anker zur Anlage mit der Anlagefläche (17a) des ersten Elektromagneten kommt. 20

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die zweite Bedingung ist, daß der Anker eine vorgegebene zweite Position (X<sub>2</sub>) erreicht hat. 25

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die zweite Position (X<sub>2</sub>) zwischen der ersten Position (X<sub>1</sub>) und der Ruheposition (X<sub>R</sub>) ist. 30

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die zweite Position (X<sub>2</sub>) in etwa die Ruheposition (X<sub>R</sub>) ist, in der der Anker vor dem Start des elektromechanischen Stellgeräts ist. 35

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Position (X<sub>1</sub>) abhängt von der Temperatur (TOIL) des Öls. 40

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Position (X<sub>1</sub>) abhängt von dem zeitlichen Verlauf der Bewegung des Ankers. 45

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die zweite Position (X<sub>2</sub>) abhängt von dem zeitlichen Verlauf der Bewegung des Ankers. 50

## Claims

1. Method for starting an electromechanical actuator control unit, which has a final control element (2)

and an actuator (1) with

- a first electromagnet, which has a first coil (13)
- a second electromagnet, which has a second coil (15)
- an armature which can move between the contact surfaces (17a, 17b) of the first and second electromagnets and
- at least one reset device (18a, 18b), linked mechanically to the armature;

with successive stages:

- Current is passed through the second coil (15) until a first predefined condition is fulfilled, whereby the first condition is fulfilled when the armature has reached a predefined first position (X<sub>1</sub>) and the first position (X<sub>1</sub>) is different from an open position (X<sub>A2</sub>) and a closed position (X<sub>A1</sub>) on the relevant contact surfaces (17A, 17B), and
- Current is passed through the first coil (13) from the time when a second condition is fulfilled, until the armature comes into contact with the contact surface (17a) of the first electromagnet.

2. Method according to Claim 1, **characterised in that** the second condition is that the armature has reached a predefined second position (X<sub>2</sub>).

3. Method according to Claim 2, **characterised in that** the second position (X<sub>2</sub>) is between the first position (X<sub>1</sub>) and the neutral position (X<sub>R</sub>).

4. Method according to Claim 3, **characterised in that** the second position (X<sub>2</sub>) is around the neutral position (X<sub>R</sub>), in which the armature lies before the electromechanical actuator control unit starts up.

5. Method according to one of Claims 1 to 4, **characterised in that** the first position (X<sub>1</sub>) depends on the temperature (TOIL) of the oil.

6. Method according to one of Claims 1 to 5, **characterised in that** the first position (X<sub>1</sub>) depends on the pattern over time of the movement of the armature.

7. Method according to one of Claims 2 to 6, **characterised in that** the second position (X<sub>2</sub>) depends on the pattern over time of the movement of the armature.

## 55 Revendications

1. Procédé de mise en marche d'un appareil de régulation électromagnétique qui comporte un organe

final (2) et un actionneur (1) comportant :

- un premier électro-aimant, qui a une première bobine (13),
- un second électro-aimant, qui a une seconde bobine (15), 5
- une armature mobile entre des surfaces d'appui (17a, 17b) des premier et second électro-aimants et
- au moins un moyen de rappel (18a, 18b), qui 10 est accouplé mécaniquement à l'armature;

et comportant les étapes successives suivantes consistant à :

- faire passer un courant dans la seconde bobine (15) jusqu'à ce que soit remplie une première condition donnée, la première condition étant remplie lorsque l'armature a atteint une première position donnée (X\_1), et que la première position (X\_1) se trouve séparée d'une position ouverte (X\_A2) et d'une position fermée (X\_A1) sur les surfaces d'appui respectives (17A, 17B), et 15
- faire passer un courant dans la première bobine (13) à partir de l'instant où une seconde condition est remplie, jusqu'à ce que l'armature vienne en appui sur la surface d'appui (17a) du premier électro-aimant. 20

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la seconde condition est que l'armature ait atteint une seconde position donnée (X\_2). 25
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la seconde position (X\_2) est située entre la première position (X\_1) et la position de repos (X\_R). 30
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la seconde position (X\_2) est à peu près la position de repos (X\_R) dans laquelle se trouve l'armature avant la mise en marche de l'appareil de régulation électromécanique. 35
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la première position (X\_1) dépend de la température de l'huile (TOIL). 40
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la première position (X\_1) dépend de la variation dans le temps du mouvement de l'armature. 45
7. Procédé selon l'une de revendications 2 à 6, **caractérisé en ce que** la seconde position (X\_2) dépend de la variation dans le temps du mouvement de l'armature. 50

FIG 1

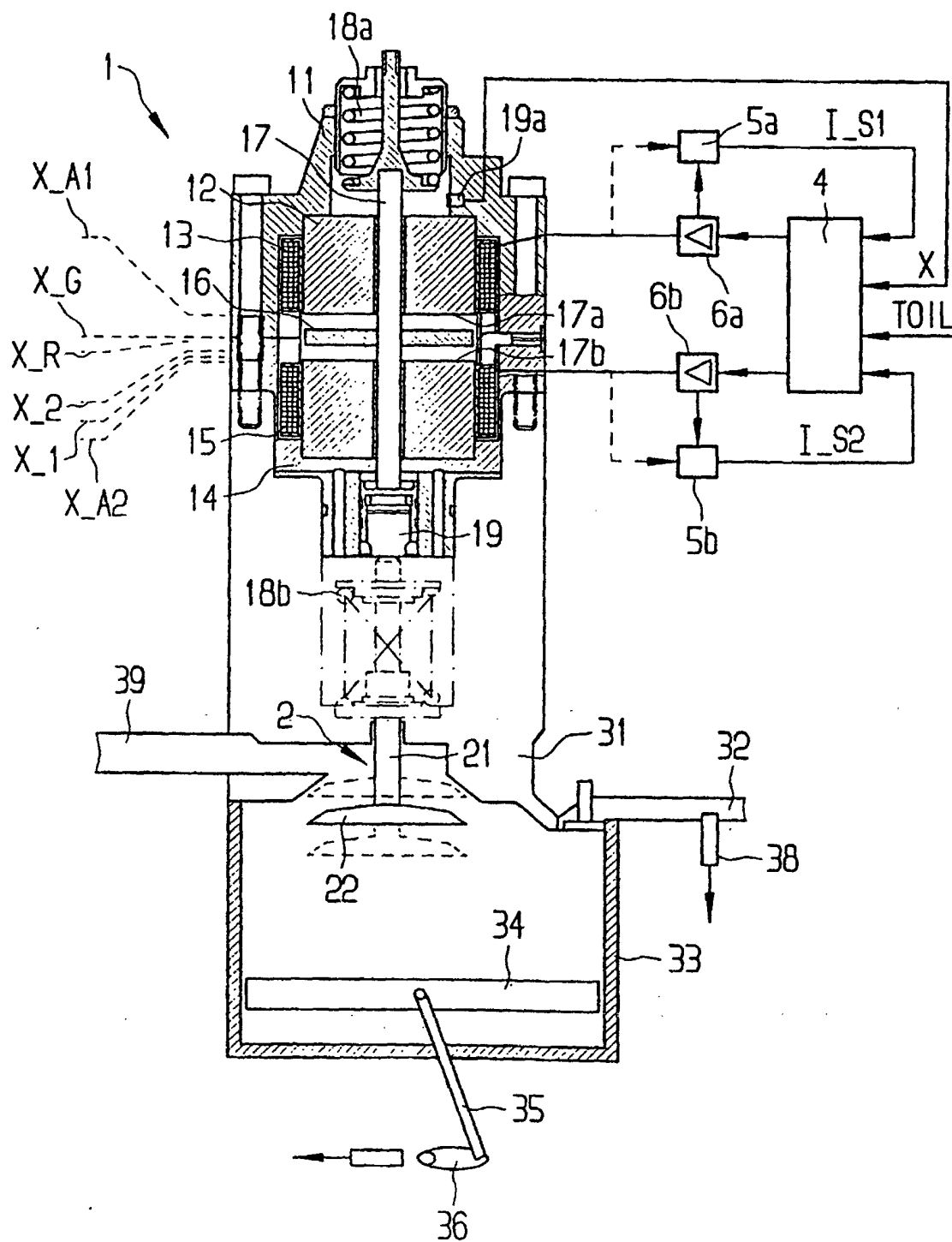


FIG 2A

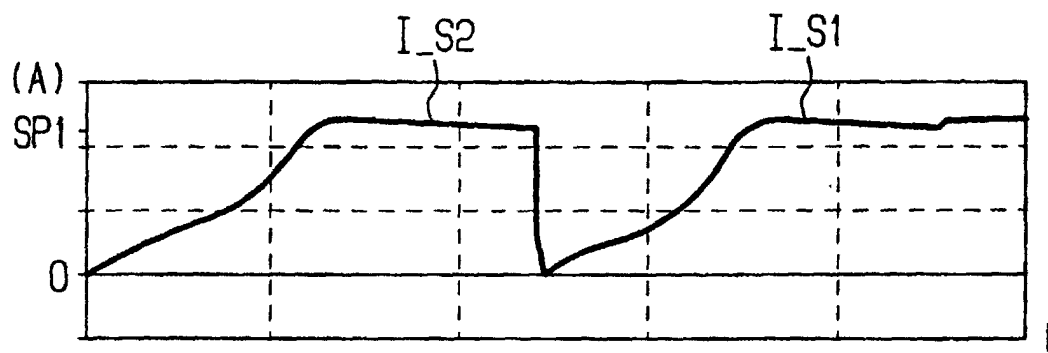


FIG 2B

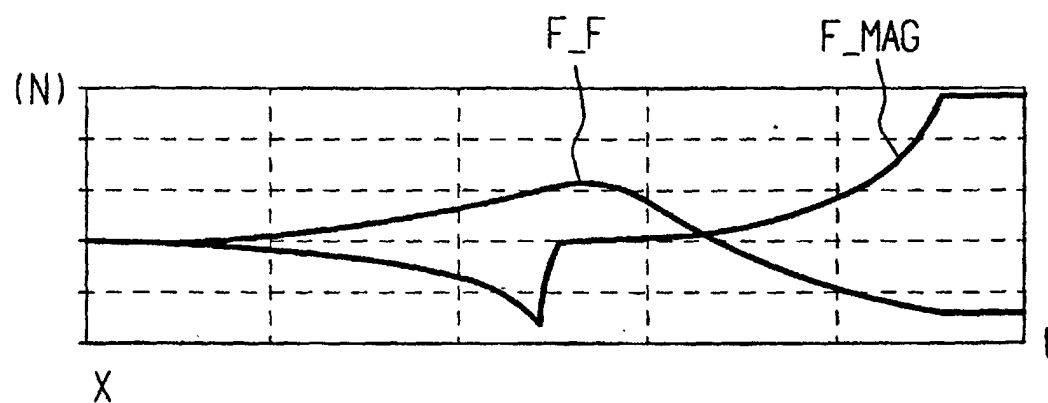


FIG 2C

