(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 3208133 A1**

(51) Int. Cl. 3: F16C32/04

(21) Aktenzeichen: P 32 08 133.2
(22) Anmeldetag: 6. 3. 82
(43) Offenlegungstag: 4. 11. 82

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
09.03.81 FR 8104646

(71) Anmelder:
Société Européenne de Propulsion, 92800 Puteaux, Hauts-de-Seine, FR

(74) Vertreter:
Stellrecht, W., Dipl.-Ing. M.Sc.; Grießbach, D., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Haecker, W., Dipl.-Phys.; Böhme, U., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 7000 Stuttgart

(72) Erfinder:
Habermann, Helmut; Brunet, Maurice, 27200 Vernon, FR

Behördeneigentum

DE 3208133 A1

(54) **Elektromagnetisches Lager mit Redundanzeigenschaften**

Ein aktiv-elektromagnetisches Lager umfaßt erste und zweite Reihen von Magnetwicklungen, die jeweils eine gerade Anzahl von Wicklungen umfassen. Die beiden Wicklungsreihen sind derart auf denselben Magnetkern angeordnet, daß auf jedem Teil des bipolaren Kerns eine Wicklung einer ersten Reihe und eine Wicklung einer zweiten Reihe aufgespult ist. Dabei verlaufen aufeinanderfolgende Wicklungen der ersten Reihe im gleichen Wicklungssinne, während die Wicklungen der zweiten Reihe in bezug auf diejenigen der ersten Reihe abwechselnd in gleichem und entgegengesetztem Wicklungssinne verlaufen. Jeder Reihe ist eine Positionsabfühleinrichtung und ein Versorgungsstromkreis zugeordnet. Ferner sind Umschaltmittel vorhanden, mit deren Hilfe die eine oder die andere Wicklungsreihe automatisch auf den entsprechenden Versorgungsstromkreis umgeschaltet werden kann.

(32 08 133)

DE 3208133 A1

BUNDESDRUCKEREI BERLIN 09. 82 230 044/640 12/70

HOEGER, STELLRECHT & PARTNER
PATENTANWÄLTE
UHLANDSTRASSE 14 c · D 7000 STUTTGART 1

3208133

A 45 075 m
m - 177
3. März 1982

Anmelder: Société Européenne
de Propulsion
3 Avenue du Général de
Gaulle
F-92800 Puteaux
Frankreich

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Elektromagnetisches Lager mit Redundanzeigenschaften zur Abstützung eines beweglichen Organs mit wenigstens einer Reihe (H_1) von einem Kern (23) zugeordneten Elektromagnetwicklungen, mit wenigstens einem Fühler (I) zur Feststellung der Lage des beweglichen Organs bezüglich eines ortsfesten Gehäuses und mit wenigstens einem mit dem Fühler (I) und der Wicklungsreihe (H_1) verbundenen Speisestromkreis (II, IV) zur Steuerung der Stromversorgung der Wicklungen in Abhängigkeit von aus dem Fühler stammenden Signalen, um so das bewegliche Organ in einer vorbestimmten Stellung zu halten, dadurch gekennzeichnet, dass erste und zweite Reihen (H_1) bzw. (H_2) von Elektromagnetwicklungen vorgesehen sind, die jeweils eine gerade Anzahl von Wicklungen umfassen und auf dem gleichen Kern derart angeordnet sind, dass auf jedem Teil des bipolaren Kerns eine Wicklung der ersten Reihe (H_1) und eine Wicklung der zweiten Reihe (H_2) aufgebracht ist und die aufeinanderfolgenden Wicklungen der ersten Reihe (H_1) alle in gleichem Richtungssinne verlaufen, während die Wicklungen der zweiten Reihe (H_2), welche die Wicklungen der ersten Reihe redundierend verdoppeln, bezüglich den Wicklungen der ersten Reihe (H_1) abwechselnd in

gleichem und entgegengesetztem Richtungssinne verlaufen, dass jeder Wicklungsreihe (H_1, H_2) ein Fühler (I) und ein Speisestromkreis (II, IV) zugeordnet sind, und dass Umschaltmittel (III) vorgesehen sind, die in Abhängigkeit von einem Steuersignal die eine oder die andere Wicklungsreihe (H_1), (H_2) mit dem entsprechenden Speisestromkreis (II_1, IV_1; II_2, IV_2) verbinden.

2. Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zum Abfühlen des Unterschiedes zwischen dem Ausgangssignal des Fühlers (I) und einem Sollwert vorgesehen sind, und dass das Steuersignal für die Umschaltmittel (III) eine Funktion dieses Unterschiedes ist.

3. Lager nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Strommesser zur Messung des elektrischen Stromes in den Wicklungen jeder Reihe (H_1, H_2) vorgesehen sind, und dass das Steuersignal für die Umschaltmittel (III) eine Funktion des von diesen Strommessern gelieferten Signals ist.

4. Lager nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Speisestromkreis (II, IV) jeder Wicklungsreihe Mittel (II) zur Behandlung des aus dem Fühler (I) stammenden Signals sowie einen Leistungsverstärker (IV) umfaßt, der dauernd unabhängig von der Stellung der Umschaltmittel (III) in Betrieb ist, welche ihrerseits vor jedem Leistungsverstärker (IV) angeordnet sind, und dass der nicht auf die entsprechenden Signalbehandlungsmittel (II_2) umgeschaltete Leistungsverstärker (IV_2)

mit Ruhestrom arbeitet, der bezüglich des Stromes in dem auf die entsprechenden Signalbehandlungsmittel (II_1) umgeschalteten Leistungsverstärker (IV_1) schwach ist.

5. Lager nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass es an entsprechenden Punkten der den beiden Wicklungsreihen (H_1, H_2) zugeordneten Signalbehandlungsmittel (II_1, II_2) Signalvergleichsmittel umfaßt.

6. Lager nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Leistungsverstärker (IV_1, IV_2) in Brückenschaltung zwei Leistungstransistoren (191, 192) und zwei Dioden (193, 194) umfaßt, und dass die Leistungstransistoren (191, 192) in Phase durch Impulse gesteuert sind, deren Breite eine Funktion desjenigen Signals ist, das vom entsprechenden Fühler (I_1, I_2) geliefert und durch die entsprechenden Signalbehandlungsmittel (II_1, II_2) behandelt ist, wenn der betreffende Leistungsverstärker (IV_1, IV_2) auf die entsprechenden Signalbehandlungsmittel (II_1, II_2) umgeschaltet ist.

HOEGER, STELLREGHT & PARTNER
PATENTANWÄLTE
UHLANDSTRASSE 14 c · D 7000 STUTTGART 1

3208133

A 45 075 m
m - 177
3. März 1982

Anmelder: Société Européenne
de Propulsion
3 Avenue du Général
de Gaulle
F-92800 Puteaux
Frankreich

Elektromagnetisches Lager mit Redundanzeigenschaften

Die Erfindung betrifft ein elektromagnetisches Lager mit Redundanzeigenschaften nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

In zahlreichen Anwendungsfällen ist die Zuverlässigkeit eine wesentliche Eigenschaft. So ist es auf dem Gebiet der Aufhängung beweglicher, elektromagnetischer Organe, beispielsweise Rotoren, häufig erforderlich, jedes mögliche Versagen mechanischer, elektrischer und elektronischer Einheiten aufzufangen, welche ein aktives, elektromagnetisches Lager bilden, und eine stets kostspielige Unterbrechung des Betriebs einer mit derartigen Lagern ausgerüsteten Maschine zu vermeiden, falls ein solches Versagen auftritt. Zu diesem Zwecke wurden bereits vollständig redundante, d. h. mehrfach ausgebildete Aufhängungen realisiert, welche beispielsweise zwei zueinander identische Reihen elektromagnetischer Lager umfaßten, die nebeneinander angeordnet waren. Es ist somit möglich, die Lager der zweiten Serie in Betrieb zu nehmen, wenn sich in dem einen oder anderen Lager der ersten Serie, welche gewöhnlich in Betrieb ist, irgend ein Betriebsfehler zu zeigen beginnt. Eine derartige Ausbildung erweist sich dennoch als kostspie-

lig und insbesondere dann wenig befriedigend, wenn der Raumbedarf, der auf die Anwesenheit zweier völlig verschiedener, nebeneinander angeordneter Lager zurückzuführen ist, prohibitiv ist.

Es ist Aufgabe der Erfindung, diesen Nachteilen abzuhelfen und ein magnetisches Aufhängesystem vorzuschlagen, welches unter Beibehaltung seiner Redundanzeigenschaften, d. h. unter Erhöhung seiner Zuverlässigkeit, dennoch einfacher, preisgünstiger und raumsparender als bekannte Lagervorrichtungen ist.

Die Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Gemäß der Erfindung wird eine Einheit geschaffen, die zwei elektromagnetische Lager auf einem einzigen Kern kombiniert und es gestattet, den Platzbedarf stark zu reduzieren, ohne dabei der Betriebssicherheit zu schaden, da die Elemente, welche dazu neigen, Fehler zu zeigen, nämlich die Spulen oder die Elemente der zugeordneten elektrischen oder elektronischen Schaltkreise und Schaltelemente in wirksamer Weise mehrfach vorhanden, z. B. verdoppelt sind.

Die Anordnung zweier Reihen von Wicklungen auf ein und demselben magnetischen Kreis in der erwähnten Weise ermöglicht es,nicht nur ständig die Gesamtheit der magnetischen Fläche des Ankers auszunutzen, sondern erweist sich insbesondere in den Fällen vorteilhaft, in denen sie es gestattet, Umschaltmittel in Betrieb zu setzen, die nicht direkt auf die von Strömen hoher Intensität durchflossenen Elektromagnet-

wicklungen einwirken, sondern in Speisestromkreise oder Versorgungsschaltungen eingeschaltet sind, um auf diese Weise erforderlichenfalls die wirksame Versorgung von den Wicklungsreihen zugeordneten Leistungsverstärkern zu realisieren, und zwar ausgehend von Positionsabfühleinrichtungen, welche den Speisestromkreisen zugeordnet sind. Dabei ist es möglich, dass ein nicht mit Speisestrom versorgter Leistungsverstärker immer noch von einem schwachen Ruhestrom durchflossen und nicht vollständig ausser Betrieb ist. Dieses Merkmal, welches es gestattet, eine Umschaltung in einem Stromkreisbereich vorzunehmen, in dem die Ströme verhältnismäßig schwach bleiben und auf diese Weise beispielsweise den Einsatz von Relaisanordnungen vermeidet, wird insbesondere durch die Konfiguration der verschiedenen Wicklungen ermöglicht. Hierzu sind die doppelt vorhandenen Spulen oder Wicklungen auf den beiden Polen des Elektromagneten derart ausgebildet, dass die erste Spulen- oder Wicklungsreihe abwechselnd Pole entgegengesetzten Vorzeichens N, S, N, S hervorbringt, während die zweite Wicklungsreihe nacheinander zweimal einen Pol des gleichen Vorzeichens erscheinen läßt N, S, S, N. Auf diese Weise reagiert ein Kurzschluß der einen Wicklungsreihe, beispielsweise infolge eines Betriebsfehlers des entsprechenden Leistungsverstärkers, nicht auf die zweite Wicklungsreihe. Bei einer solchen Ausbildung ist also die Betriebssicherheit selbst dann garantiert, wenn die den beiden Wicklungsreihen zugeordneten Leistungsverstärker gleichzeitig in Betrieb sind, wobei ein einziger Verstärker natürlich auf den entsprechenden Speisestromkreis umgeschaltet ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Patentansprüche 2 bis 6.

Die nachstehende Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung dient im Zusammenhang mit beiliegender Zeichnung der weiteren Erläuterung. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Gesamtansicht einer Steuervorrichtung für die erste Wicklungsreihe eines aktiven elektromagnetischen Lagers mit zwei Elektromagneten, die jeweils mit einer ersten und einer zweiten Magnetwicklungsreihe versehen sind;

Fig. 2 eine schematische Gesamtansicht einer Steuervorrichtung für die ersten und zweiten Magnetwicklungsreihen eines aktiven elektromagnetischen Lagers mit Redundanzeigenschaften;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform eines Leistungsverstärkers, der mit den Elektromagnetwicklungen eines elektromagnetischen Lagers zusammenarbeitet.

Fig. 1 zeigt eine allgemeine Schaltanordnung zur Steuerung der Elektromagnete 20 eines aktiven elektromagnetischen Lagers, welches beispielsweise der Abstützung eines Rotors in radialer oder auch axialer Richtung dient. Die beiden dargestellten Elektromagneten 20 bilden ein Paar von Wirkeinheiten, die jeweils mit dem Rotor in der gleichen Radialebene zusammenar-

beiten und derart einander diametral gegenüberliegend angeordnet sind, dass sich ihre Effekte addieren. Die beiden Elektromagneten 20 ein und desselben Paares werden ausgehend von ein und demselben Fühler oder von einer Gruppe von Fühlern 4 gesteuert, die in der Nähe der Wirkebene der Elektromagnete angeordnet sind und dazu dienen, die Position des Rotors mit Bezug auf ein ortsfestes Trägergehäuse in der Nachbarschaft der Wirkeinheiten, welche von den Elektromagneten 20 gebildet sind, festzustellen.

Jeder Elektromagnet 20 weist eine erste Reihe von zwei Spulen oder Wicklungen H_1 auf, die auf einem Anker oder Magnetkern 23 angeordnet sind. Der Kern 23 besteht aus geschichteten Blechen aus ferromagnetischem Material. Die beiden Wicklungen, welche die Gesamtheit der Reihe H_1 bilden, sind an zwei Paaren aufeinanderfolgender Pole in Reihenschaltung angeordnet und in gleichem Richtungssinne gewickelt. Erfindungsgemäß weist jeder Elektromagnet ausserdem noch eine zweite Reihe von zwei Wicklungen H_2 auf, die ebenfalls in Reihe auf die beiden aufeinanderfolgenden Pole des Kerns 23 aufgebracht sind. Die beiden Wicklungen der Reihe H_2 sind jedoch in zueinander entgegengesetztem Richtungssinne derart gewickelt , dass insgesamt jeder Elektromagnet 20 ein erstes, in gleichem Richtungssinne verlaufendes Wicklungspaar sowie ein zweites Wicklungspaar aufweist, das in entgegengesetztem Richtungssinne verläuft, wobei jedes Paar eine Wicklung der Reihe H_1 und eine Wicklung der Reihe H_2 umfaßt. Jede Wicklungsreihe ist einer Gesamtheit von Versorgungsstromkreises zugeordnet, die mit einem Fühler 4 zusammenarbeiten. Aus Gründen besserer Klarheit sind

in Fig. 1 lediglich diejenigen Speise- oder Versorgungsketten dargestellt, welche den Wicklungen der Reihe H_1 zugeordnet sind. Man erkennt insbesondere, dass eine Wicklungsreihe H_1 eines ersten Elektromagneten mit einem Leistungsverstärker 19 und bestimmten, eigentlichen Schaltelementen zusammenwirkt. Die Wicklungsreihe kann jedoch auch mit einer Versorgungskette verbunden sein, die Elemente umfaßt, welche ihrerseits mit denjenigen einer anderen Versorgungskette für eine entsprechende Wicklungsreihe H_1 gemeinsam sind, wobei die letzteren Wicklungen zu einem Elektromagneten gehören, der mit dem ersten Elektromagneten ein Paar bildet. Andererseits sind die Versorgungsketten für die Wicklungsreihen H_1 unabhängig von den Versorgungsketten der Wicklungsreihe H_2 derart, dass in elektronischer Hinsicht eine echte Redundanz, d. h. eine Verdoppelung wichtiger Schaltelemente vorliegt.

Im nachfolgenden werden die in Fig. 1 dargestellten Elemente der Versorgungskette für die Widlungsreihe H_1 beschrieben.

Das Bezugszeichen 1 bezeichnet eine stabilisierte Versorgungsschaltung von beispielsweise $\pm$ 15 V für die verschiedenen elektronischen Stromkreise der Versorgungsketten. Das Bezugszeichen 2 bezeichnet eine Leistungsversorgung von beispielsweise 85 V, 300 A oder 425 V, 30 A, die dazu dient, die Versorgung der direkt den Wicklungen der Reihe H_1 zugeordneten Leistungsverstärker 19 sicher zu stellen. Die Schaltung 3 wird von einem Oszillator (beispielsweise 50 kHz) gebildet und dient der Stromversorgung der Detektoren oder Fühler 4 sowie der Synchronisation von Mo-

dulatoren 18, welche den Leistungsverstärkern 19 zugeordnet sind.

Die Abfühleinrichtung, welche dazu dient, die Position des Rotors festzustellen, kann Fühler 4 verschiedener Typen umfassen. Vorzugsweise besteht diese Einrichtung aus induktiv wirkenden Fühlern 4, die in Brückenschaltung angeordnet sind. Der Stromkreis 5 stellt einen Demodulationskreis dar, welcher vom Oszillatorkreis 3 gesteuert wird, um die Berichtigung oder Gleichrichtung der aus den Fühlern 4 stammenden Signale sicherzustellen. Die Schaltung 7 bezeichnet einen Regelstromkreis, welcher den stossfreien Übergang des Rotors aus einer Position, in welcher er durch Hilfslager abgestützt ist, in eine Position gewährleistet, in welcher er durch elektromagnetische Lager abgestützt ist. Die aus dem Stromkreis 7 stammenden Signale werden in einer Addierschaltung 6 den Signalen zuaddiert, welche aus dem Demodulator 5 stammen. Die Schaltkreise 8 und 9 bezeichnen einen Integrator zur Erhöhung der Verstärkung und somit der Steifheit des Lagers bei sehr niedrigen Frequenzen (unterhalb von 2 Hz) bzw. einen Stabilisatorkreis, welcher einen Phasenvorschub indiziert, wie er zur Realisierung einer guten Dämpfung der Eigenfrequenzen der Rotoraufhängung erforderlich ist. Die aus dem Integrator 8 und dem Stabilisator 9 austretenden Signale werden an eine Addierschaltung 10 angelegt, deren Ausgang mit einem Tiefpassfilter 11 verbunden ist. Dieses Filter ist dazu bestimmt, den Bereich der Aufhängfrequenzen, welche einer Regelung unterliegen, zu begrenzen und gegebenenfalls schädliche Resonanzen zu verhindern. Das Filter 11 kann beispielsweise aus

einem Tiefpassfilter zweiter Ordnung bestehen, dem gegebenenfalls Bandfilter zugeordnet sein können.

Die Multiplikatorschaltungen 12, die Addierschaltungen 13 und einer Spannungsquelle 14 zugeordnet sind, dienen dazu, den Umstand zu kompensieren, dass die von einem Lager ausgeübte Kraft von der Dimension des Eisenspalts abhängt. Daher erfolgt in jedem Versorgungszweig der Wicklungsreihe H_1 eine Multiplikation um einen Faktor $(x + e_o)$, wobei x das Unterschieds- oder Abstandssignal darstellt, welches vom Positionsfühler 4 geliefert wird, und e_o die mittlere Größe des Eisenspaltes ist.

Der Schaltkreis 15 ist eine Verteilungsschaltung zur Steuerung der Verstärker 19 von zwei den beiden Elektromagneten ein und desselben Paares zugeordneten Zweigen in Phasenopposition. Die Schaltungen 16 sind Verstärker mit Quadratwurzelziehung, um so der quadratischen Abhängigkeit der Kraft eines Lagers mit Bezug auf den eingeführten Strom Rechnung zu tragen.

Die Verstärker 17, die dazu bestimmt sind, die Variationsgeschwindigkeit des Eingangssignals zu begrenzen, dienen dazu, übermäßige Überbelastungen der Leistungsverstärker 19 zu verhindert, falls Störungssignale mit starker Intensität auftreten. Die Schaltungen 18 stellen Modulatoren für das behandelte Eingangssignal dar, welches aus dem Fühler 4 stammt. Sie gewährleisten eine Modulation (beispielsweise bei 17 kHz) und gestatten eine Steuerung der Leistungsverstärker 19 bezüglich der Impulsbreite.

Der Aufbau der Leistungsverstärker 19, welche die Wicklungen der Reihen H_1 oder die zusätzlich vorhandenen Wicklungen der Reihe H_2 steuern, ist mit näheren Einzelheiten in Fig. 3 dargestellt. Aus dieser Figur ergibt sich auch der Anschluß einer ersten Wicklungsreihe H_1 und einer zweiten Wicklungsreihe H_2, wobei die letzteren Wicklungen auf den gleichen Kern 23 angeordnet sind.

Wie bereits ausgeführt, sind eine erste Wicklung H_{11} der Reihe H_1 und eine erste Wicklung H_{21} der Reihe H_2 parallel zueinander im gleichen Wicklungssinn auf einen ersten bipolaren Kreis des Kerns 23 aufgewickelt. Eine zweite Wicklung H_{12} der Reihe H_1 und eine zweite Wicklung H_{22} der Reihe H_2 sind auf einen zweiten bipolaren Kreis des Kerns 23 aufgespult, jedoch mit entgegengesetztem Wicklungssinn. Die Reihe H_1 mit den Wicklungen H_{11}, H_{12} ist an den Punkten P_1, P_2 mit einem Leistungsverstärker 19 verbunden. Die Reihe H_2 der Wicklungen H_{21}, H_{22} ist an den Punkten P_1, P_2 an einen zweiten Leistungsverstärker 19 angeschlossen.

Jeder Verstärker 19 stellt eine Brückenschaltung dar und weist zwei Umschaltmittel (Komutatoren) 191, 192 auf. Der Eingang der Brücke wird durch eine kontinuierliche Speisespannung (beispielsweise 85 V) versorgt, die aus einer Versorgungsquelle 2 stammt. Die Einspeisung erfolgt über Sicherungen, vorzugsweise Schmelzsicherungen 22, welche den Verstärker im Falle eines gleichzeitigen Kurzschlusses der beiden Umschaltmittel 191, 192 abschalten. Der Ausgang der Brücke (Punkte P_1, P_2) ist mit einer Reihe von Wicklungen der Reihe H_1 oder H_2 eines Lagerelektromagneten verbunden. Der Brückenzweig, welcher mit dem positiven

Pol der Speisespannung und mit dem einen Ende der Wicklung der Reihe H_1 (bzw. H_2) der Erregerwicklungen verbunden ist, umfaßt den Kollektor-Emitter-Kreis eines ersten Leistungstransistors, welcher das erste Umschaltmittel 191 bildet. Ein weiterer Zweig der Brücke, der mit dem negativen Pol der Speisespannung und mit dem anderen Ende der betreffenden Wicklungsreihe (H_1 bzw. H_2) verbunden ist, enthält den Kollektor-Emitter-Kreis eines zweiten Leistungstransistors, der seinerseits das zweite Umschaltmittel 192 bildet. Die beiden anderen Brückenzweige weisen jeweils eine Leistungsdiode 193 bzw. 194 auf. Die Transistoren 191, 192 bilden somit eine Reihenschaltung mit den Wicklungen H_1 (bzw. H_2), welche von demjenigen Strom durchflossen ist, welcher von der Versorgungsquelle geliefert wird, wenn die Transistoren 191 und 192 leitend sind, während die Dioden 193, 194 selbst entgegengesetzt mit Bezug auf die Polaritäten der Versorgungsspannung geschaltet sind, wobei die Kathode der Diode 193 mit dem positiven Pol der Versorgungsquelle und die Anode der Diode 194 mit dem negativen Pol der Speisespannungsquelle verbunden ist.

Die Leistungstransistoren 191, 192 werden in dem hier betrachteten Ausführungsbeispiel in Phase durch eine Modulatorschaltung 18 mit einer Frequenz in der Größenordnung von 17 kHz gesteuert. Die Transistoren 191, 192 sind in Phase abwechselnd leitend gemacht oder blockiert, so dass die Spannung an den Klemmen P_1, P_2 der Wicklungen H_1 (oder H_2) in gleicher Weise ihre Polarität mit der gleichen Umschaltfrequenz wechselt. Wenn die Öffnungszeit des ersten, den Transistor 191 enthaltenden Brückenzweiges (wobei diese Zeit auch

der Öffnungszeit des zweiten Brückenzweiges mit dem Transistor 192 entspricht) gleich der Verschlußzeit dieses ersten Zweiges ist (wobei diese Zeit in gleicher Weise der Verschlußzeit des zweiten Brückenzweiges entspricht), ist der mittlere Strom in den Wicklungen der entsprechenden Reihen H_1 oder H_2 gleich Null. Jede Brücke, welche einen Leistungsverstärker 19 bildet, wird von einer Modulatorschaltung 18 gesteuert, welche das Verhältnis Öffnungszeit/Verschlußzeit der Transistoren 191, 192 variieren läßt, um so die Zirkulation eines passenden Stromes in den Wicklungsreihen H_1 oder H_2 ermöglichen, und zwar in Abhängigkeit von den Signalen, welche von den Fühlern 4 geliefert und in den zugeordneten Behandlungsstromkreisen behandelt wurden. Die Modulationsschaltung empfängt auf diese Weise ein Signal als Funktion des von den Fühlern 4 abgegebenen Signals und ein Wechselspannungssignal aus dem Oszillator 3, welches mit dem den Stromkreisen 5 angelegten Signal synchronisiert ist.

Im Betrieb bleibt jede Wicklungsreihe H_1 oder H_2 an die Versorgungsquelle 2 angeschlossen. Es ist jedoch nur eine einzige Wicklungsreihe H_1 oder H_2 durch die zugeordnete Modulatorschaltung gesteuert, während die ungesteuerte Wicklungsreihe von einem schwachen Ruhestrom durchflossen ist. Die Umschaltung zwischen den Wicklungen H_1 oder H_2 wird somit vor oder oberhalb der Leistungsverstärker 19 vorgenommen, und zwar mittels der Komutatoren 21.

Die Betriebsweise der redudanten, elektronischen Schaltungen, welche mit einem gemeinsamen Elektromagneten 20 zusammenarbeiten, wobei der Elektromagnet seinerseits mit zwei ein und demselben Kern 23 zugeord-

neten Wicklungsreihen H_1 oder H_2 ausgestattet ist, wird im nachstehenden mit Bezug auf Fig. 2 beschrieben.

Jede einzelne Wicklungsreihe H_1, H_2 ist einer eigenen Versorgungskette zugeordnet, die sich aus folgenden Teilen zusammensetzt:

Eine Abfühleinheit I_1, I_2, die einen vorzugsweise induktiven Fühler 4 aufweist, welcher dazu dient, die Position eines Rotors mit Bezug auf einen Stator festzustellen, wobei der Fühler seinerseits einem Oszillator 3 und einem Demodulator 5 zugeordnet ist;

eine Einrichtung II_1, II_2 zur Behandlung des von der Abfühleinheit gelieferten Signals mit Schaltelementen, wie sie in Fig. 1 mit den Bezugszeichen 6 bis 18 bezeichnet sind;

Umschaltmittel III_1, III_2, welche einen Komutator oder Umschalter 21 umfassen;

eine Leistungsverstärkerstufe IV_1, IV_2 mit dem Leistungsverstärker 19 und in diesem zugeordneten Schutz 22.

Aufgrund der Tatsache, dass die von den Elektromagneten ausgeübte Anzugskraft proportional dem Quadrat des Erregungsstromes ist, ist sie vom Vorzeichen des Stromes unabhängig. Wenn man die Umschaltung mit Hilfe der Stufen III_1, III_2 zwischen einer ersten Versorgungskette, die gewöhnlich in Betrieb und den Wicklungen der Reihe H_1 zugeordnet ist, und einer zweiten redudanten oder zur Verdoppelung vorhandenen Versor-

gungskette, welche den Wicklungen der Reihe H_2 zugeordnet ist, vollzieht, ändert sich die Richtung des magnetischen Flusses im Elektromagneten, welcher durch das Polpaar gebildet ist, die die Wicklungen H_{12}, H_{22} tragen. Hieraus folgt, dass die beiden Versorgungsketten nicht gleichzeitig arbeiten dürfen; denn der Fluss würde dann in dem Teil des Elektromagneten, welcher von den Wicklungen H_{11}, H_{21} gebildet, verdoppelt und in dem Teil des Elektromagneten, welcher von den Wicklungen H_{12}, H_{22} gebildet ist, annuliert. Andererseits kann der Kreis einer Wicklungsreihe H_1 oder H_2 kurzgeschlossen (oder in gleicher Weise offen) sein, ohne dass der Betrieb der anderen Wicklungsreihe hierdurch beeinflußt ist. Somit genügt es im Falle einer Panne in einer der Versorgungsketten die Umschaltung der Steuerung der Leistungsverstärker 19 mit Hilfe der Umschalter 21 zu vollziehen, um die von den Transistoren des Verstärkers 19 in der fehlerhaften Kette modulierte Steuerung stillzulegen und die von den Transistoren des Leistungsverstärkers 19 in der anderen Kette modulierte Steuerung einzuleiten. Andererseits kann der nicht gesteuerte Leistungsverstärker spannungsversorgt verbleiben und der zugeordneten Wicklungsreihe einen schwachen Ruhestrom liefern, welcher den Betrieb der anderen Wicklungsreihe nicht beeinflußt.

Nachstehend werden die Mittel zur Feststellung von Fehlern beschrieben, die dazu eingesetzt werden, um einen Fehler oder eine Beschädigung in einer Versorgungskette oder in der zugeordneten Wicklungsreihe H_1 festzustellen und um alsdann die Umschaltung auf die redudante oder doppelt vorhandene Einheit zu

steuern, welche der anderen Wicklungsreihe H_2 zugeordnet ist.

Die Gesamtheit, welche von einer Versorgungskette, beispielsweise I_1, II_1, III_1, IV_1 und der zugeordneten Wicklungsreihe H_1 gebildet ist, dient dazu zu gewährleisten, dass ein Rotor in einer vorbestimmten Sollposition gehalten wird. Infolgedessen ermöglicht es eine Überwachung des Ausgangssignals aus der Positions-Abfühlstufe I_1 zu bestimmen, ob dieses Signal von dem Wert, welcher der Sollstellung entspricht, stark abweicht oder nicht. Im Falle einer zu starken Abweichung liefert ein Steuerkreis 25 Steuersignale, welche die Umschaltmittel III_1 und III_2 derart aktivieren, daß sich ein Übergang des Betriebs von der ersten Versorgungskette auf die zweite, zur Verdopplung vorhandene Versorgungskette vollzieht. Steuer- und Überwachungsmittel, wie beispielsweise ein Voltmeter 24, welches mit Anzeigemitteln 34 und einem Schaltelement 25 verbunden ist, vergleichen permanent die Ausgangssignale aus den Abfühlstufen I_1 und I_2 und nehmen an der Ausarbeitung eines Umschalt-Steuersignals für den Fall teil, dass ein vorgegebener Wert überschritten wird. Steuer- und Überwachungsmittel 26, 36, die einer zusätzlichen Abfühlstufe I_3, die ihrerseits von den beiden betreffenden Versorgungsketten unabhängig ist, zugeordnet sind, können es gestatten festzustellen, ob ein Betriebsfehler vom Fühler I_1 selbst oder von den Stromkreisen II_1, III_1 oder IV_1 herrührt.

Die Fehlerabfühlung und Fehlerfeststellung wird ausserdem in wirksamer Weise im Bereich der Wicklungen der Reihe H_1 (bzw. H_2) durchgeführt, und zwar mit Hilfe

von Stromkreisen 28, 29, welche den durch die Wicklungen dieser Reihen fliesenden Strom messen. Die Stromkreise oder Schaltelemente 28, 29, die ebenfalls mit dem Steuerstromkreis 25 verbunden sind, ermöglichen es, die Umschaltung auf die letzte Versorgungskette hervorzurufen, falls in den Wicklungen H_1 eine Überintensität oder eine zu plötzliche Variation der Stromstärke in diesen Wicklungen auftritt. Ein Voltmeter 27 bewirkt in gleicher Weise eine Messung der Wechselspannung (17 kHz im betrachteten Ausführungsbeispiel) am Ausgang des Leistungsverstärkers 19 und kann auf diese Weise ebenfalls zur Feststellung von Betriebsfehlern beitragen. Ähnliche Mess-Schaltkreise 27, 28, 29 sind mit den Wicklungen der Reihe H_2 verbunden und arbeiten mit entsprechenden Signalmitteln 37, 38 bzw. 39 zusammen, um das Funktionieren der zweiten Versorgungskette zu überwachen, die ihrerseits immer in Betrieb bleibt. Wenn aber die erste , mit den Wicklungen der Reihe H_1 verbundene Versorgungskette in Betrieb ist (Umschalter 21 der Stufe III_1 in Schließstellung) funktioniert die mit den Wicklungen der Reihe H_2 verbundene Versorgungskette mit dem Umschalter 21 der Stufe III_2 in Offenstellung, und die Wicklungen der Reihe H_2 werden nur von einem schwachen Ruhestrom durchflossen, welcher seinerseits den Betrieb des Leistungsverstärkers IV_1 der anderen Kette nicht stört, deren Transistoren durch entsprechende Impulse gesteuert sind. Die Amperemeter 28, 29 ermöglichen eine Überwachung des Ruhestroms, so dass dieser im Leistungsverstärker IV_2 und in den Wicklungen der Reihe H_2 einen vorbestimmten Wert nicht überschreitet. Nicht dargestellte Überwachungs- und Steuermittel gewährleisten ferner auch einen Vergleich der am Ausgang der Signal-

behandlungsstufen II_1 und II_2 vorhandenen Signale, und zwar vor den Umschaltmitteln III_1 und III_2. Die Ketten II_1 und II_2 bleiben ebenso wie die Abfühlstufen I_1 und I_2 dauernd im Betrieb. Im Falle einer Fehlerfeststellung durch die Schaltkreise 24, 27, 28 oder 29 steuert der Steuerschaltkreis 25 die Umschaltung der beiden Umschalter 21 in den Stufen III_1 und III_2 mit Öffnung des Umschalters der Stufe III_1 und Schliessung des Umschalters der Stufe III_2. Die mit den Wicklungen der Reihe H_2 verbundene Versorgungskette kann alsdann diese Wicklungen steuern, und zwar in Abhängigkeit von den Signalen, die von der Abfühlstufe I_2 abgegeben werden. Auf diese Weise ist es dem elektromagnetischen Lager ermöglicht, seine Rolle ständig auszuüben, ohne dass dabei eine Störung mit Bezug auf den elektromagnetisch aufgehängten Rotor eintritt.

20
Leerseite

Nummer: 3208133
Int. Cl.³: F16C 32/04
Anmeldetag: 6. März 1982
Offenlegungstag: 4. November 1982

3208133

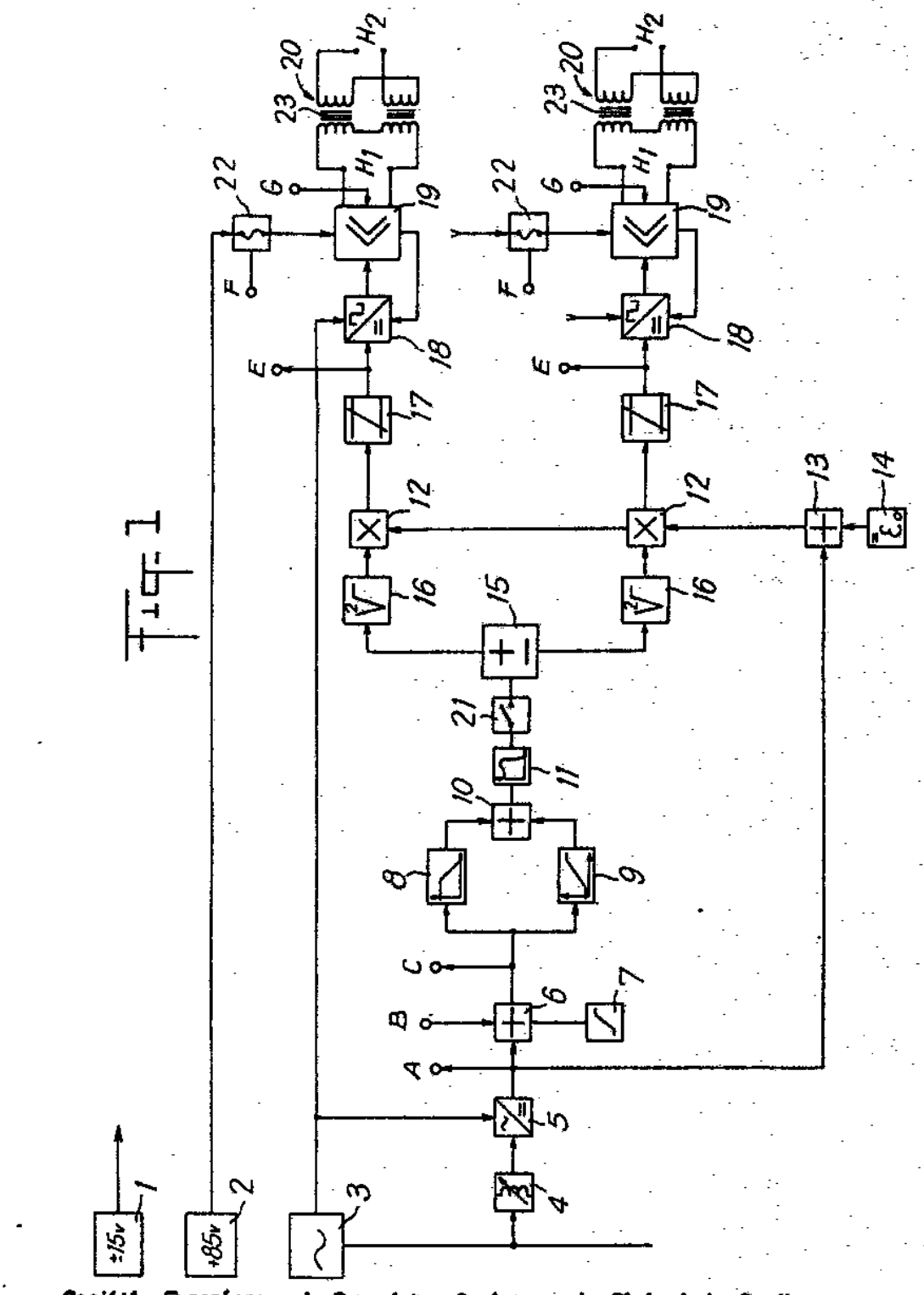

FIG 1

Société Européenne de Propulsion, 3, Avenue du Général de Gaulle
F-92800 Puteaux (Frankreich)

NACHGEREICHT

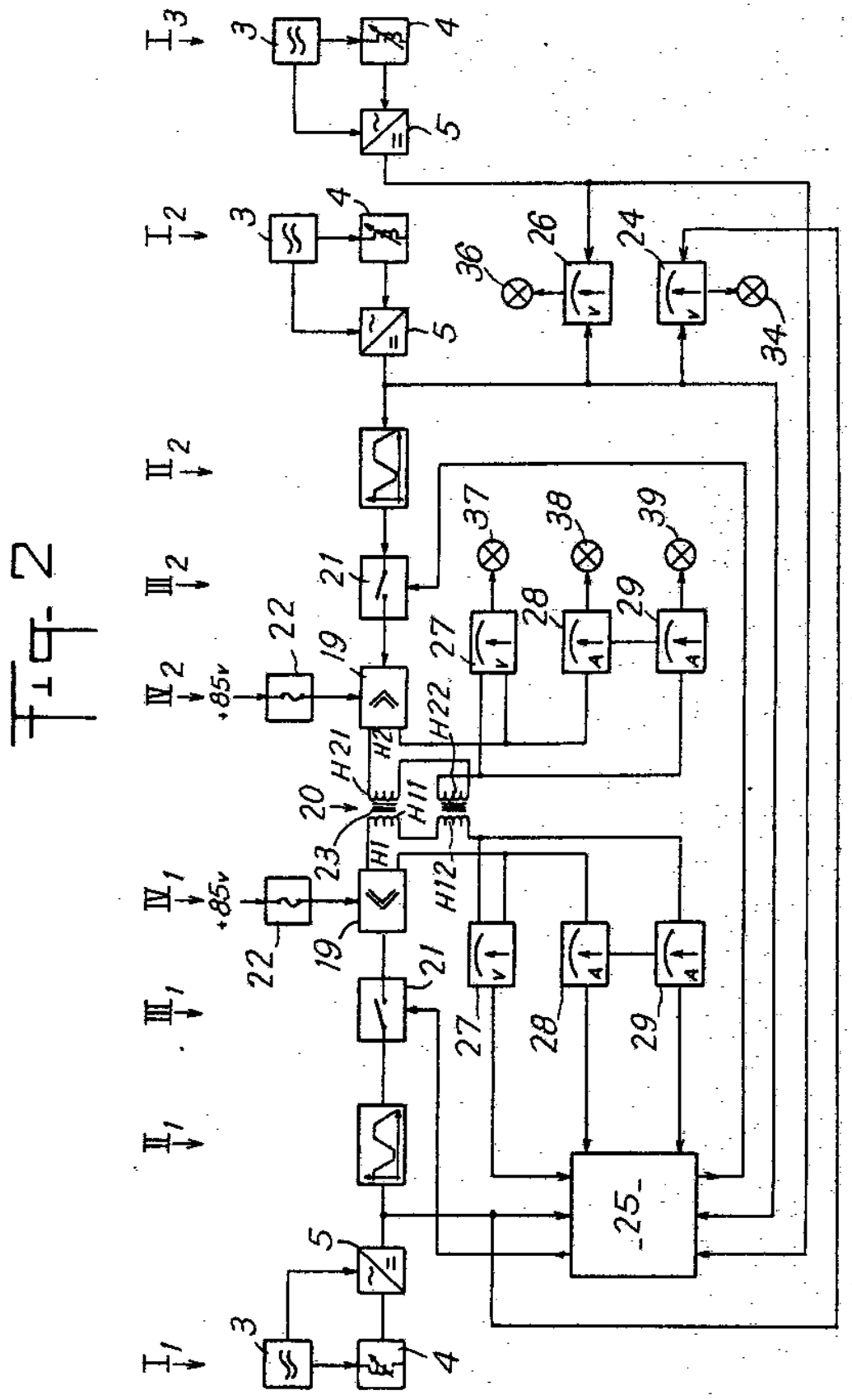

Fig. 2

NACHGEREICHT
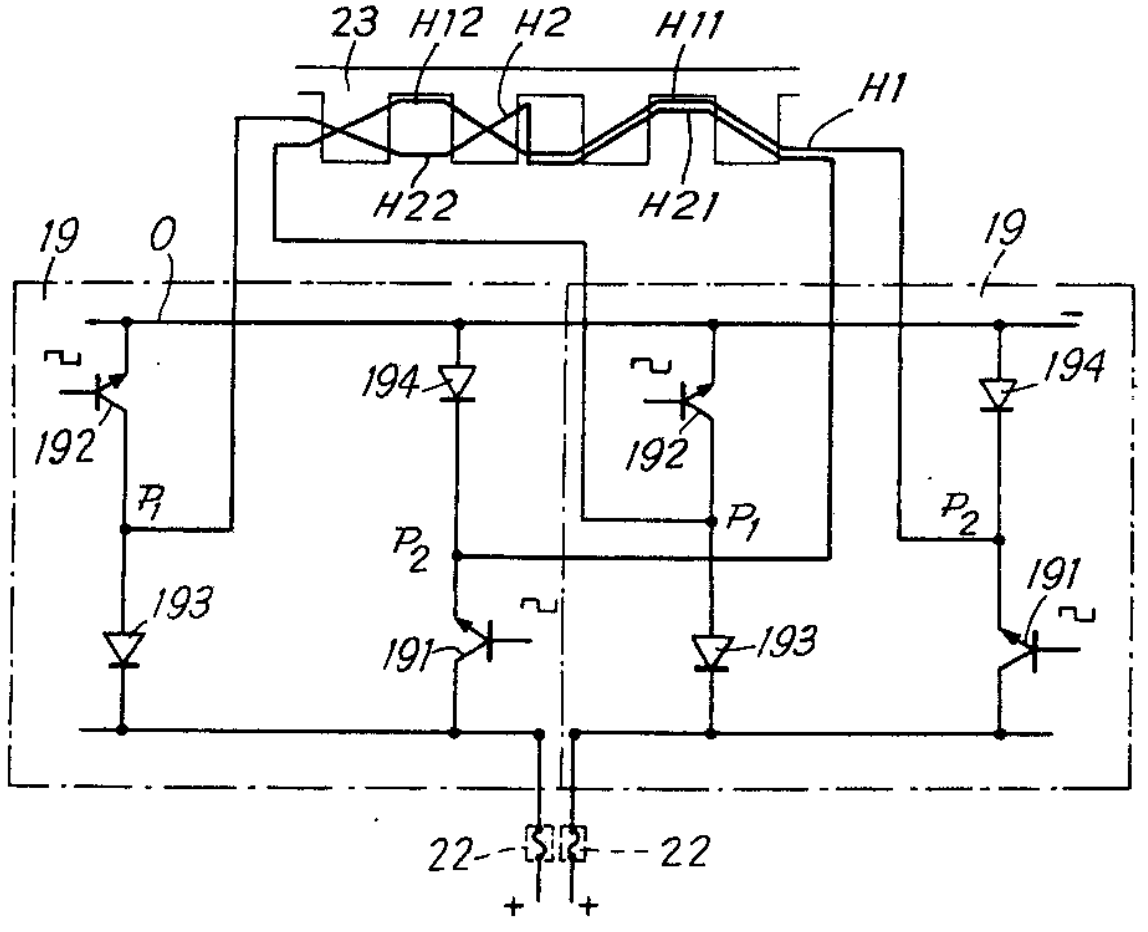
FIG 3