



②① Aktenzeichen: P 33 40 909.9
②② Anmeldetag: 11. 11. 83
④③ Offenlegungstag: 17. 5. 84

DE 3340909 A1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①
11.11.82 JP P197968-82

⑦① Anmelder:
Seiko Instruments & Electronics Ltd., Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:
Endlich, F., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 8034 Germering

⑦② Erfinder:
Mizuno, Takeshi; Higuchi, Toshiro, Tokyo, JP

⑤④ Steuereinrichtung für ein Magnetlager

Es wird eine Steuereinrichtung für ein Magnetlager beschrieben, das mindestens zwei magnetische Radiallager aufweist. Die Steuereinrichtung weist eine Kompensationseinrichtung für eine statische Unwucht und/oder eine Kompensationseinrichtung für eine dynamische Unwucht auf, um eine Wirbelbewegung zu unterdrücken, die durch eine statische, beziehungsweise eine dynamische Unwucht verursacht wird.

DE 3340909 A1

3340909

DIPL.-PHYS. F. ENDLICH

PATENTANWALT
EUROPEAN PATENT ATTORNEY

TELEFON: (089) 84 36 38
TELEX: 52 1730 pate d
CABLES: PATENDLICH GERMERING

F. ENDLICH, POSTFACH 13 26, D-8034 GERMERING

BLUMENSTRASSE 8
D-8034 GERMERING
11. November 1983 E/AX

Meine Akte: S-5139

Anmelderin: Seiko Instruments & Electronics Ltd., 31-1, Kameido 6-chome,
Koto-ku, Tokio, Japan

Patentanspruch

Steuereinrichtung für ein Magnetlager, das mindestens zwei magnetische Radiallager aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kompensationseinrichtung (14) für eine statische Unwucht und/oder eine Kompensationseinrichtung (15) für eine dynamische Unwucht vorgesehen ist, um durch statische Unwucht und/oder dynamische Unwucht verursachte Wirbelbewegungen zu unterdrücken.

TELEFON: (089) 84 36 38
TELEX: 52 1730 pate d
CABLES: PATENDLICH GERMERING

F. ENDLICH, POSTFACH 13 26, D-8034 GERMERING

BLUMENSTRASSE 6
D-8034 GERMERING 11.Nov.1983 E/AX
Meine Akte: S-5139

Anmelderin: Seiko Instruments & Electronics Ltd., 31-1, Kameido 6-chome,
Koto-ku, Tokio, Japan

Steuereinrichtung für ein Magnetlager

Die Erfindung betrifft eine Steuereinrichtung für ein Magnetlager entsprechend dem Oberbegriff des Patentanspruchs.

Bei Magnetlagern werden bekanntlich magnetische Kräfte genutzt, um einen rotierenden Körper zu lagern. Derartige Magnetlager weisen den Vorteil auf, daß praktisch keine Abnutzungs- und Ermüdungserscheinungen auftreten. Magnetlager finden beispielsweise in Turbo-Molekularpumpen, in Zentrifugalseparatoren oder für Spindeln von Werkzeugmaschinen Verwendung.

Wenn der in einem Magnetlager rotierende Körper eine Unwucht aufweist, werden dadurch starke Wirbelbewegungen verursacht, wodurch sich die folgenden Schwierigkeiten ergeben:

1. Verursachung von Schwingungen und Geräuschen,
2. Erhöhung elektrischer Leistungsverluste aufgrund der Erhöhung der Stromstärke, die der Erregerspule wegen der Erhöhung der Wirbelbewegung zugeführt werden muß. Als Folge davon sind entsprechend leistungsfähig ausgelegte elektrische Versorgungsschaltungen erforderlich.
3. Verschlechterung der Arbeitsweise der betreffenden Werkzeugmaschine, weil durch die Unwucht Ungenauigkeiten der Drehbewegung des Werkzeugs verursacht werden.
4. Für das Auswuchten ist ein verhältnismäßig großer Arbeitsaufwand erforderlich.

Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, eine Steuereinrichtung für ein Magnetlager mit mindestens zwei magnetischen Radiallagern derart zu verbessern, daß Wirbelbewegungen aufgrund der Unwucht des rotierenden Körpers unterdrückt werden können. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch den Gegenstand des Patentanspruchs gelöst.

Gemäß der Erfindung wird deshalb für die Radiallagereinrichtung eine Kompensationseinrichtung für statische Unwucht und/oder eine Kompensationseinrichtung für dynamische Unwucht vorgesehen, um die durch die Unwucht bedingte Wirbelbewegungsenergie zu verringern.

Anhand der Zeichnung soll die Erfindung beispielsweise näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine spezifische Ansicht eines in einem schematisch dargestellten Magnetlager rotierenden Körpers,

Fig. 2 ein Schaltbild eines Ausführungsbeispiels einer Steuerschaltung für das Magnetlager in Fig. 1,

Fig. 3 ein detailliertes Schaltbild der Kompensationseinrichtungen in Fig. 2,

Fig. 4 ein Schaltbild eines gegenüber Fig. 2 abgewandelten Ausführungsbeispiels,

Fig. 5 ein detailliertes Schaltbild der einen Kreiseleffekt kompensierenden Einrichtung in Fig. 4,

Fig. 6 eine graphische Darstellung von Wirbelbewegungen entsprechenden Wellenformen ; und

Fig. 7 eine zur Erläuterung der Erfindung dienende Lissajousfigur.

Fig. 1 zeigt die prinzipielle Konstruktion eines Magnetlagers. Es sind zwei Spulen z_1 und z_2 zum Nachweis der Lage des rotierenden Körpers 1 in axialer Richtung vorgesehen. Durch eine nicht dargestellte Steuereinrichtung wird in Abhängigkeit von dem die axiale Lage kennzeichnenden Ausgangssignal der Spulen z_1 , z_2 ein Leistungsverstärker über eine Kompensationsschaltung angetrieben, um Erregerspulen C_1 und C_2 zu erregen, die den rotierenden Körper 1 in der vorherbestimmten Lagerposition in axialer Richtung lagern.

Die in Fig. 2 dargestellte Steuerschaltung enthält Addierer 2, die an Spulenpaare x_1, x_1' und x_2, x_2' beziehungsweise die Spulenpaare y_1, y_1' und y_2, y_2' in Fig. 1 angeschlossen sind, um die radiale Lage nachzuweisen. Ein Addierer 3 dient zum Addieren der Ausgangssignale der x -Addierer, um ein die Trans-

lationsbewegung in Richtung der X-Achse beinhaltendes Ausgangssignal zu erzeugen. Die Ausgangssignale der Addierer 3 werden einer Schaltung zur Kompensation des Phasenunterschieds beziehungsweise einer Proportional-Differenzier-Kompensationsschaltung 4 zugeführt, deren Ausgangssignale Leistungsverstärker 10 über Addierer 7,8 und 9 antreiben. Dadurch werden die Erregerspulen A1, A1' und A2, A2' erregt. Durch das Ausgangssignal der Addierer 6, denen über Inverter 5 das Ausgangssignal der Addierer 2 der Spulen x1 und x1' zugeführt wird, ergibt sich eine Komponente der Drehbewegung um die Y-Achse. Es ist eine breitbandige Kompensationsschaltung zur Kompensation der Phasenvorellung oder Proportional-Differenzier-Kompensationsschaltung 11 vorgesehen, um Leistungsverstärker 10 über Addierer 8,10 anzugreifen, um die Erregerspule A1 oder A1' zu erregen. Das Ausgangssignal des Addierers 12 treibt die Leistungsverstärker 10 über einen Inverter 13 und den Addierer 9 an, um die Erregerspulen A2 und A2' zu erregen.

Dadurch wird die Translationsbewegung des rotierenden Körpers 1 in Richtung der X-Achse und die Rotationsbewegung um die Y-Achse begrenzt. Es ist ersichtlich, daß die Translationsbewegung in Richtung der Y-Achse und die Rotationsbewegung um die X-Achse ebenfalls in entsprechender Weise begrenzt werden.

Durch die Erfindung sollen statische Unwuchtschwingungen aufgrund der Exzentrizität des rotierenden Körpers 1 und/oder dynamische Unwuchtschwingungen aufgrund des Winkelunterschieds zwischen der Hauptträgheitsachse und der Drehachse unterdrückt werden. Dies wird bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel der Erfindung dadurch erreicht, daß eine Kompensationseinrichtung 14 für die statische Unwucht und/oder eine Kompensationseinrichtung 15 für die dynamische Unwucht vorgesehen sind, mit denen ein Drehzahldetektor 16 verbunden ist. Diese Einrichtungen sind in der Steuereinrichtung für die magnetischen Radiallager vorgesehen, um die beschriebene magnetische Abstützung zu stabilisieren.

Fig. 3 zeigt ein Schaltbild der statischen Kompensationseinrichtung 14 und der dynamischen Kompensationseinrichtung 15. Die Schaltung enthält Proportional-Kompensationseinrichtungen 17,18 und 19, eine Differenzier-Kompensationseinrichtung 20, eine Integrierschaltung 21, einen Addierer 22, einen Multiplier 23, einen Addierer 24 sowie Inverter 25 und 26. In einer sich überkreuzenden geschlossenen Schleife, die durch die Integrierschaltung 21, den Addierer 22, den Multiplier 23 und den Inverter 26 gebildet wird, wird ein elektrisches Signal erzeugt, das synchron mit der Drehbewegung des rotierenden Körpers

schwingt, und zwar in Abhängigkeit von der Winkelgeschwindigkeit w , die durch den Drehzahldetektor 16 ermittelt wird.

Die Amplitude und die Phase des elektrischen Signals können durch die Proportional-Kompensationseinrichtungen 17,18 und 19, die Differenzier-Kompensationseinrichtung 20 und den Inverter 25 eingestellt werden. Wenn die statische Kompensationseinrichtung 14 und die dynamische Kompensationseinrichtung 15 wie in Fig. 2 dargestellt angeschlossen sind, können die Amplituden- und Phasendifferenz zwischen den Synchronisationssignalen in diesen Unwucht-Kompensationseinrichtungen und die periodische Wirbelenergie aufgrund der Unwucht durch das Ausgangssignal des Positionsnachweissignals auf der Basis der Funktion der Korrekturereinrichtung kompensiert werden, welche die Proportional-Kompensationseinrichtungen 17,18,19, die Differenzier-Kompensationseinrichtung 20 und den Inverter 25 enthält. Das Positionsnachweissignal bedeutet in diesem Zusammenhang das Ausgangssignal des Addierers 3, das Komponente der Translationsbewegung des rotierenden Körpers 1 im Falle der statische Kompensationseinrichtung 14 anzeigt, und das Ausgangssignal des Addierers 6, das die Komponente der Drehbewegung um die X-Achse und um die Y-Achse im Falle der dynamischen Kompensationseinrichtung 15 anzeigt. Wenn der Erregerstrom der Erregerspulen entsprechend den Ausgangssignalen dieser Kompensationseinrichtungen 14 und 15 gesteuert wird, kann eine durch eine Unwucht verursachte Wirbelbewegung des rotierenden Körpers 1 vermieden werden, weil eine dem Effekt der Unwucht entgegenwirkende Kraft auf den rotierenden Körper 1 ausgeübt wird.

Das Ausführungsbeispiel in Fig. 4 betrifft eine Steuereinrichtung für eine magnetische Radiallagereinrichtung mit einer überkreuzten Rückkopplungs-Kompensation, um eine sofortige Verringerung von Präzessions- und Nutationsbewegungen zu bewirken, die durch einen Kreiseleffekt verursacht werden, wenn die Drehbewegung des rotierenden Körpers 1 um die X-Achse und die Y-Achse gesteuert wird. In dieser Schaltung sind eine Proportional-Kompensationseinrichtung 27 und ein Inverter 28 als Kompensationseinrichtung mit überkreuzter Rückkopplung vorgesehen, um den Kreiseleffekt des rotierenden Körpers zu unterdrücken. Maßnahmen für eine derartige Rückkopplungs-Kompensation sind an sich bekannt (Japanische Patentanmeldung Nr. 180712/81). Die Schaltung einer dynamischen Unwucht-Kompensationseinrichtung 29 mit überkreuzter Rückkopplung ist in Fig. 5 dargestellt.

Die in Fig. 5 dargestellte Schaltung enthält eine Proportional-Kompensationseinrichtung 30 und einen Inverter 31, die überkreuzt mit der dynamischen Kompensationseinrichtung 15 in Fig. 3 in Abhängigkeit von der Rückkopplungs-Kompensation überkreuzt verbunden werden. Die Proportional-Kompensationseinrichtung 30 und der Inverter 31 arbeiten zusammen mit den Proportional-Kompensationseinrichtungen 17,18 und 19, der Differenzier-Kompensationseinrichtung 20 und dem Inverter 25 als Korrekturereinrichtung, wie in Verbindung mit Fig. 3 beschrieben wurde. In der dynamischen Unwucht-Kompensationseinrichtung 29 schwingt ein Signal periodisch synchron mit der Drehbewegung des rotierenden Körpers, das durch das Ausgangssignal des Drehzahldetektors 16 erzeugt wird, mit Hilfe von zwei Integrierschaltungen 21, zwei Addierern 22, zwei Multipliern 23 und einem Inverter 26. Die Amplitude und Phase des Signals wird durch die Korrekturereinrichtung korrigiert, so daß eine Koinzidenz mit Signalen entsprechend der periodischen momentanen Kraft auftritt, die auf den rotierenden Körper aufgrund der dynamischen Unwucht einwirkt.

Das Korrektursignal wird durch die Proportional-Kompensationseinrichtungen 17,18,19 und 30, die Differenzier-Kompensationseinrichtung 20 und die Inverter 25,31 erzeugt, aufgrund des Ausgangssignals des Addierers 6, also des die Position nachweisenden Signals. Wenn der Erregerstrom der Erregerspule in Abhängigkeit von dem Ausgangssignal der dynamischen Kompensationseinrichtung 29 gesteuert wird, wird ein Moment auf den rotierenden Körper 1 ausgeübt, um dessen Wirbelbewegung aufgrund seiner Unwucht zu unterdrücken.

Mit Hilfe von Fig. 6 und 7 sollen die Vorteile der beschriebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert werden. Dabei ist Θ_x der Drehwinkel um die X-Achse, und Θ_y der Drehwinkel um die Y-Achse. Die Kurve 32 in Fig. 6 zeigt eine Wellenform der Wirbelbewegung, falls die dynamische Kompensationseinrichtung 29 nicht vorgesehen ist. Wenn die dynamische Kompensationseinrichtung jedoch vorgesehen ist, ergibt sich eine Kurve 33, die schnell abklingt und gegen Null konvergiert. Fig. 7 zeigt eine Fig. 6 entsprechende Wellenform in Form einer Lissajousfigur. Wenn die Kompensationseinrichtung 29 nicht vorgesehen ist, ergibt sich ein in gestrichelten Linien dargestellter Kreis 34 entsprechend der Rotation im Gegenuhrzeigersinn. Beim Einschalten der Kompensationseinrichtung 29 im Punkt P wird die Amplitude der Wirbelbewegung entsprechend der Kurve 35 verringert.

Bei den beschriebenen Ausführungsbeispielen ermöglicht deshalb die Verwendung einer statischen Kompensationseinrichtung und/oder einer dynamischen Kompen-

sationseinrichtung eine Unterdrückung der Wirbelbewegung , die durch eine Unwucht des rotierenden Körpers verursacht wird, so daß eine erhöhte Genauigkeit der Drehbewegung des rotierenden Körpers erzielt werden kann, der elektrische Leistungsverbrauch verringert und ebenfalls Vibrationen und Geräusche verringert werden können.

Nummer:
 Int. Cl.³:
 Anmeldetag:
 Offenlegungstag:

33 40 909
 F 16 C 32/04
 11. November 1983
 17. Mai 1984

13.

FIG. 1

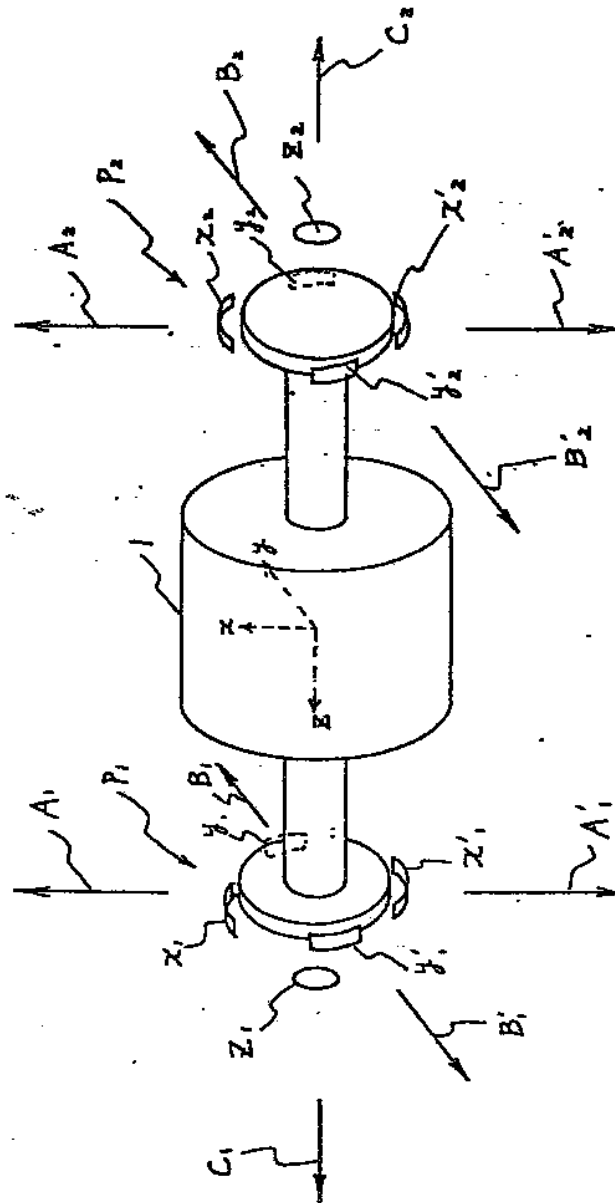
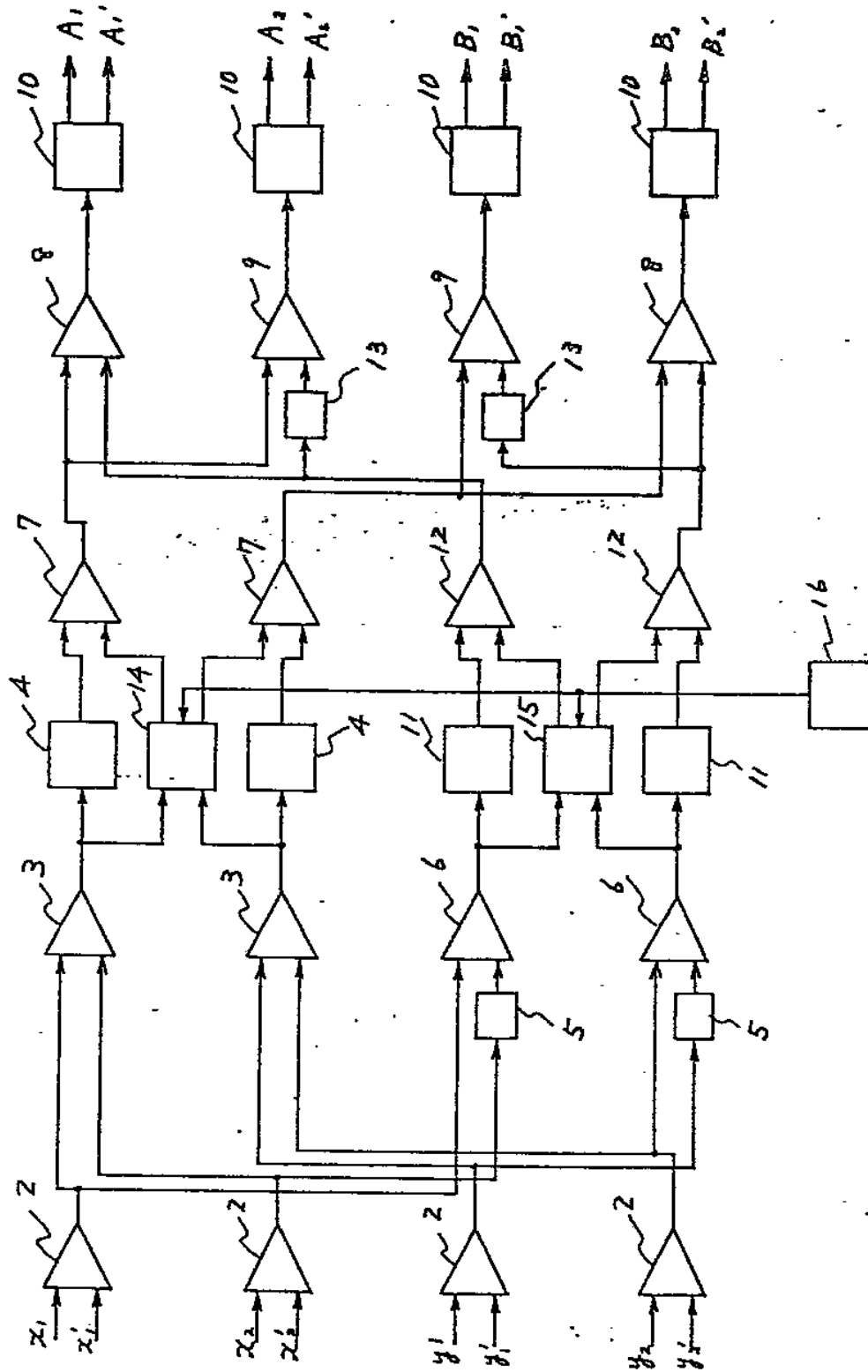


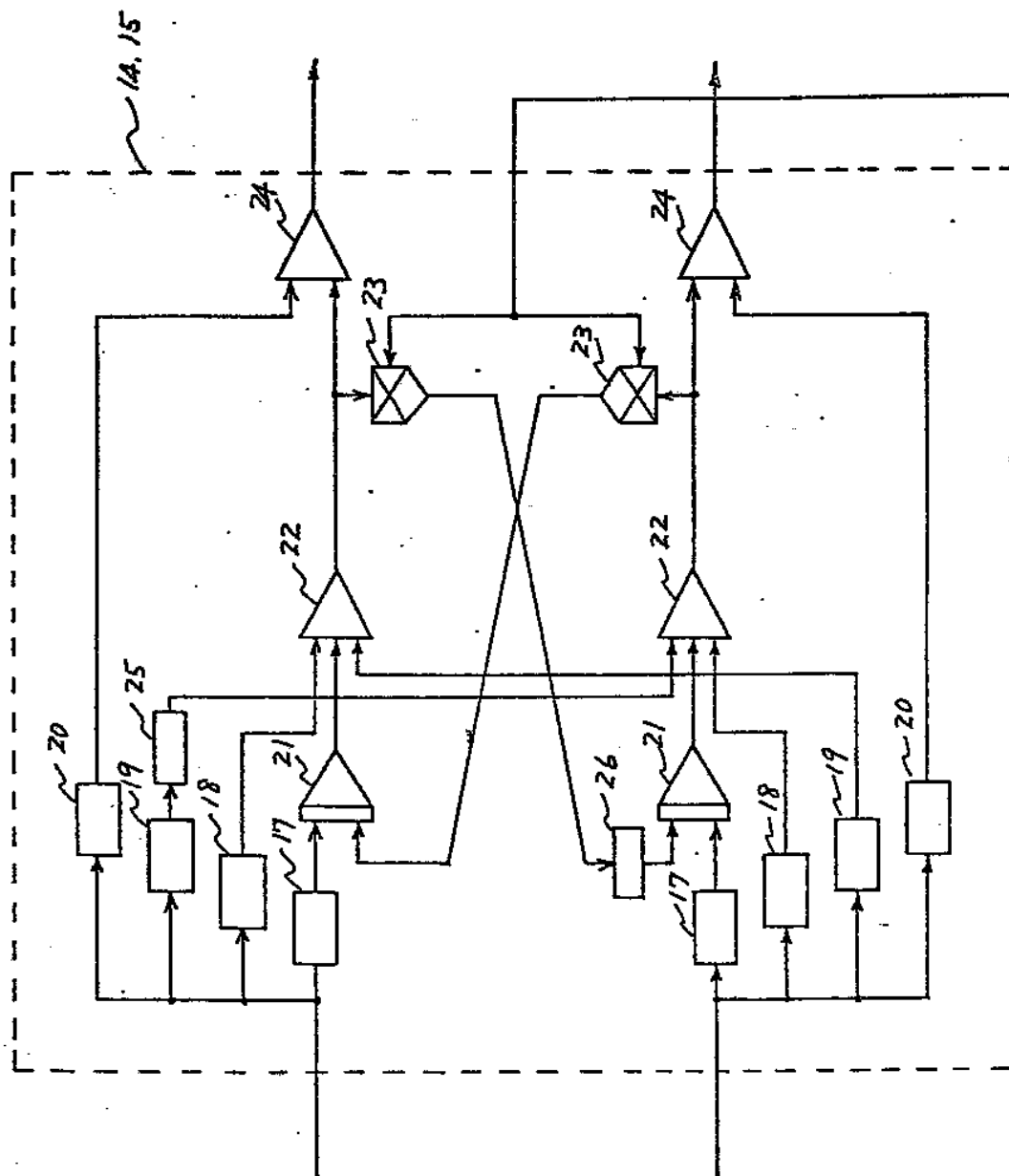
FIG. 2

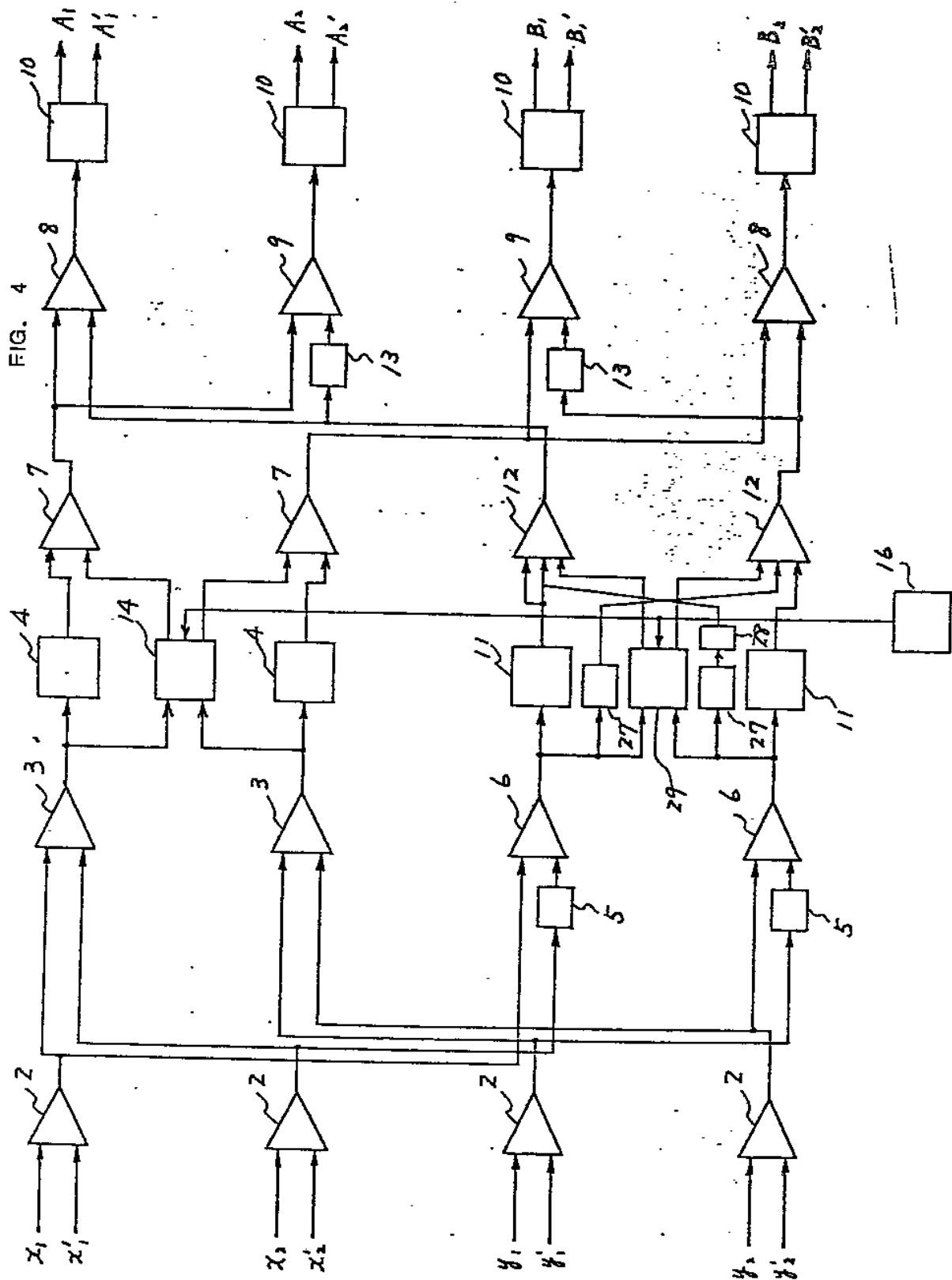


- 9 -

S-5139

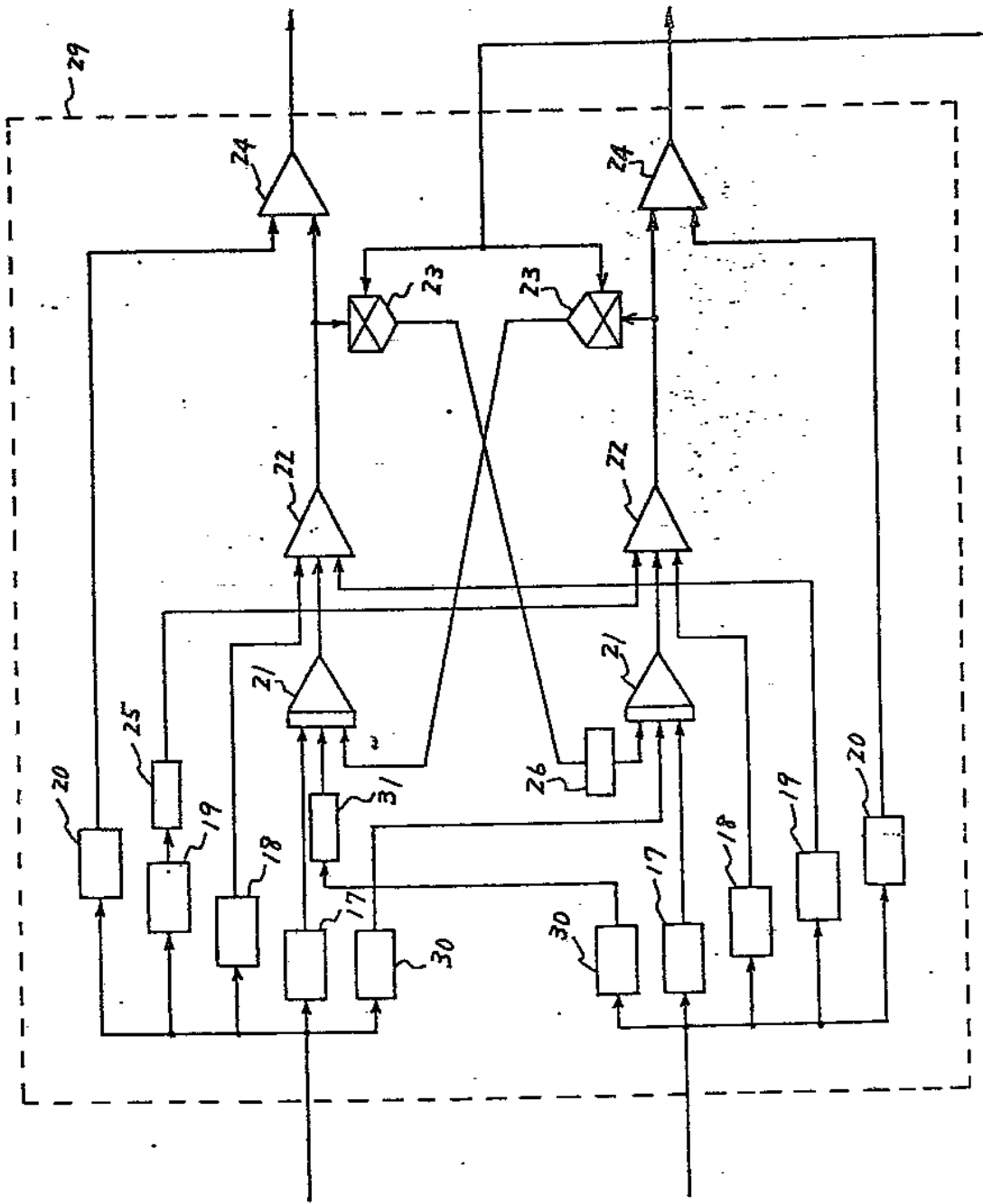
FIG. 3





- m.

FIG. 5



- 12 -

FIG. 6

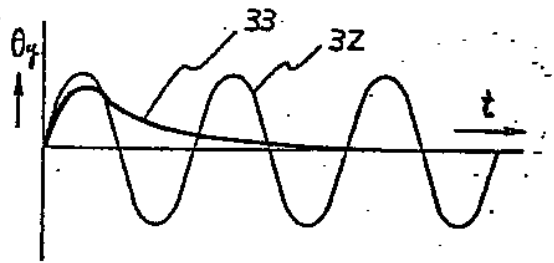


FIG. 7

