


Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(11)

643 672

(21) Gesuchsnummer: 4235/79

(22) Anmeldungsdatum: 07.05.1979

(30) Priorität(en): 08.05.1978 JP 53-54303

(24) Patent erteilt: 15.06.1984

 (45) Patentschrift
veröffentlicht: 15.06.1984

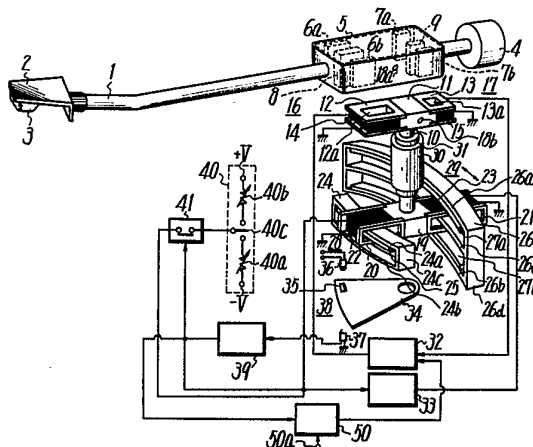
 (73) Inhaber:
Sony Corporation, Shinagawa-ku/Tokyo (JP)

 (72) Erfinder:
Satoshi Kusaka, Minato-ku/Tokyo (JP)
Kuninori Shino, Higashimurayama-shi/Tokyo (JP)

 (74) Vertreter:
Ammann Patentanwälte AG Bern, Bern

(54) Tonarmanordnung.

(57) Die Tonarmanordnung weist einen Horizontal-Antriebsmotor (29) und einen Vertikalantriebsmotor (16) auf, welche Motoren zur Verstellung des Tonarms (1) aus einer Ruhestellung in seine Abtaststellung und umgekehrt steuerbar sind. Es sind elektrodynamische Fühler (15, 22) für die vertikale und die horizontale Bewegung des Tonarms vorgesehen, und die den Schwenkgeschwindigkeiten entsprechenden, in den Fühlern induzierten Spannungen wirken auf die zugeordneten Motoren (16, 29) zurück, um die Schwenkgeschwindigkeit des Tonarms zu regeln und niederfrequente Schwingungen des Tonarms beim Abspielen einer Schallplatte zu kompensieren. Die Schwenkgeschwindigkeit kann mittels Potentiometern (40a, 40b) vorgewählt werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Tonarmanordnung mit einem Tonarm (1), einem ersten mit dem Tonarm mechanisch gekuppelten Motor (29) zum Bewegen des Tonarms (1) in Horizontalrichtung bezüglich einer Schallplatte, ersten Steuermitteln mit einem ersten Servokreis (33) zur Speisung des ersten Motors (29) derart, dass der Tonarm (1) aus einer unwirksamen Ruhestellung in eine unwirksame Bereitschaftsstellung über der Schallplatte oder umgekehrt bewegt werden kann, einem ersten mit dem Tonarm verbundenen Fühler (28) zur Erfassung der Geschwindigkeit des Tonarms (1) und zur Erzeugung eines ersten elektrischen Ausgangssignals entsprechend der Geschwindigkeit, Mitteln (22) zur Übertragung des ersten Ausgangssignals zum erwähnten Servokreis (33), einem zweiten mit dem Tonarm verbundenen Fühler (38) zur Erfassung einer vorbestimmten Tonarmstellung und zur Erzeugung eines zweiten elektrischen Ausgangssignals und mit Mitteln (39) zur Übertragung des zweiten Ausgangssignals zum erwähnten Servokreis (33), dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Steuermittel ausserdem einen Vorspannungskreis (40) aufweisen, der den Servokreis (33) zur Speisung des ersten Motors (29) bei einer vorbestimmten Geschwindigkeit vorspannt, und dass Schaltmittel (41) zwischen den Vorspannungskreis und den ersten Servokreis (33) geschaltet und durch das zweite elektrische Ausgangssignal des zweiten Fühlers (38) gesteuert sind, um die Verbindung zwischen dem ersten Servokreis (33) und dem Vorspannungskreis (40) zu unterbrechen.

2. Anordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen zweiten mit dem Tonarm (1) gekuppelten Motor (16) zur vertikalen Bewegung des Tonarms bezüglich einer Schallplatte, zweites Steuermittel mit einem zweiten Servokreis (32) zur Speisung des zweiten Motors (16) derart, dass der Tonarm (1) aus einer unwirksamen Stellung in eine Wiedergabestellung auf der Schallplatte oder umgekehrt bewegt werden kann, einen Speicher (50), an welchen das erwähnte zweite Ausgangssignal des erwähnten zweiten Fühlers (38) anlegbar ist, um ein Ausgangssignal zur Speisung des zweiten Motors (16) über den zweiten Servokreis (32) zu erzeugen, und durch einen dritten mit dem Tonarm gekuppelten Fühler (17) zur Erzeugung eines dritten elektrischen Ausgangssignals, das an den Eingang des zweiten Servokreises (32) gelangt, wobei niederfrequente Schwingungen des Tonarms über den ersten (33) und zweiten (32) Servokreis kompensiert werden.

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Tonarmanordnung mit einem Tonarm, einem ersten mit dem Tonarm mechanisch gekuppelten Motor zum Bewegen des Tonarms in Horizontalrichtung bezüglich einer Schallplatte, ersten Steuermitteln mit einem ersten Servokreis zur Speisung des ersten Motors derart, dass der Tonarm aus einer unwirksamen Ruhestellung in eine unwirksame Bereitschaftsstellung über der Schallplatte oder umgekehrt bewegt werden kann, einem ersten mit dem Tonarm verbundenen Fühler zur Erfassung der Geschwindigkeit des Tonarms und zur Erzeugung eines ersten elektrischen Ausgangssignals entsprechend der Geschwindigkeit, Mitteln zur Übertragung des ersten Ausgangssignals zum erwähnten Servokreis, einem zweiten mit dem Tonarm verbundenen Fühler zur Erfassung einer vorbestimmten Tonarmstellung und zur Erzeugung eines zweiten elektrischen Ausgangssignals und mit Mitteln zur Übertragung des zweiten Ausgangssignals zum erwähnten Servokreis.

Es ist bereits bekannt, einen Tonarm mittels elektromagnetischer Kräfte, beispielsweise mittels eines Elektromotors in horizontaler und vertikaler Richtung bezüglich der Ober-

fläche einer Schallplatte zu bewegen. Eine derartige Tonarmanordnung benötigt einen sogenannten Positionierungs-Servokreis, um den Tonarm in einer vorbestimmten Stellung auf der Oberfläche der Schallplatte anzuhalten und die Wiedergabe bzw. das Abtasten einzuleiten. Ein System mit einem Positionierungs-Servokreis hat jedoch den Nachteil, dass wenn der Tonarm auf der Oberfläche der Schallplatte in der gewünschten Stellung angehalten wird, leicht Vibrationen auftreten. Mit anderen Worten fällt es mittels eines Positionierungs-Servokreises schwer, im Hinblick auf den Abstand zwischen der Ruhestellung des Tonarms und der Stellung in welcher der auf die Schallplatte aufgesetzt wird, die erforderliche Stabilität zu erzielen. Ist die Stellung des Tonarms x_i und nimmt man an, dass die Anfangsgeschwindigkeit v_i beträgt und wählt man die gewünschte Position als Bezugspunkt, so kann die Bewegungsgleichung wie folgt formuliert werden:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + kx = 0 \quad (1)$$

Eine Lösung der obenstehenden Gleichung lautet wie folgt:

$$x = \frac{v_i}{\omega} \sin \omega t + x_i \cos \omega t \quad (2)$$

worin $\omega = k/m$.

Aus der obenstehenden Lösung geht hervor, dass bei Verwendung nur eines Positionierungs-Servokreises kein Dämpfungsglied in der Gleichung erscheint, so dass der Tonarm zu Schwingungen neigt und nicht in der gewünschten Stellung anhält. Es wird daher in Erwägung gezogen, auf die Tonarmachse eine gewisse mechanische Reibung einwirken zu lassen, um ihn in der gewünschten Stellung anzuhalten. Eine mechanische Reibung oder Bremsung wirkt jedoch unregelmässig und ist schwer richtig einzustellen, und ausserdem wirkt auf den Tonarm dauernd eine bremsende Kraft, was bei seiner Bewegung zu mechanischen Verlusten führt. In der USA-Patentanmeldung Nr. 923 455 hat die Anmelderin bereits eine Methode vorgeschlagen, gemäss welcher ein Motor zuerst mit konstanter Geschwindigkeit angetrieben wird, wobei ihm ein Bremsstrom zugeführt wird, um ihn aus der Ruhestellung zu bewegen, und wenn der Arm eine vorbestimmte Stellung erreicht, wird der Antriebsstromkreis ausgeschaltet, um den Arm in dieser Stellung anzuhalten.

Hierbei wird ein die Lage bestimmender Impulsgenerator, ein Zähler zur Zählung der Impulse und ein D-A Wandler vorgesehen. Nach dieser Methode kann der Arm weicher abgebremst werden als im Falle eines mechanischen Widerstandes oder einer Bremskraft. Es ist jedoch ein digitaler Kreis zur Auszählung der Impulse, ein Wandler zur Umsetzung eines digitalen Signals in ein analoges Signal und ein Tankkreis erforderlich, welcher ein unkontrolliertes Einschwingen verhindert. Ausser dem Servokreis zur Bestimmung der konstanten Armgeschwindigkeit ist ein Positionierungs-Servokreis erforderlich. Es ergibt sich somit gesamthaft eine umständliche Schaltung.

Ziel der vorliegenden Aufgabe ist es eine Tonarmanordnung anzugeben, in welcher der Tonarm schnell in die vorbestimmte Stellung gebracht und in der selben angehalten werden kann, ohne dass zu umständliche Stromkreise erforderlich werden. Dieses Ziel wird erfindungsgemäss dadurch erreicht, dass die genannten Steuermittel ausserdem einen Vorspannungskreis aufweisen, der den Servokreis zur Speisung des ersten Motors bei einer vorbestimmten Geschwin-

digkeit vorspannt, und dass Schaltmittel zwischen den Vorspannungskreis und den ersten Servokreis geschaltet und durch das zweite elektrische Ausgangssignal des zweiten Fühlers gesteuert sind, um die Verbindung zwischen dem ersten Servokreis und dem Vorspannungskreis zu unterbrechen. Es wird damit auch möglich, den Tonarm flüssig in die vorbestimmte Stellung zu überführen und ihn dort korrekt anzuhalten und auf die Schallplatte aufzusetzen. Zum Anhalten des Tonarms in seiner vorbestimmten Stellung können elektromagnetische Kräfte angewendet werden, so dass eine mechanische Bremsung unnötig ist. Vorzugsweise können ferner Mittel vorgesehen sein, um eine niederfrequente Resonanz des Tonarms zu verhindern.

Die Erfindung wird nun anhand der Zeichnung näher erläutert, die ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Tonarmanordnung zeigt.

Fig. 1 ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht der Tonarmanordnung und

Fig. 2 zeigt das Schaltschema des Servokreises gemäss Fig. 1.

Fig. 1 zeigt den Tonarm 1, einen Gehäusedeckel 2 und einen Tonabnehmer 3. Der Tonarm 1 ist am hinteren Ende mit einem Gegengewicht 4 versehen, welches jedoch auch weggelassen werden kann. Ein mit 5 bezeichnetes Gehäuse ist unten offen. In gleicher Richtung verlaufende Teile des Tonarms sind mit gegenüberliegenden Seiten des Gehäuses 5 verbunden, wie Fig. 1 zeigt. Ein Paar von Permanentmagneten 6a und 6b sind an gegenüberliegenden Innenseiten des Gehäuses 5 am einen Ende desselben angebracht, während ein Paar von Permanentmagneten 7a und 7b an gegenüberliegenden Innenseiten des Gehäuses am anderen Ende desselben befestigt sind. Magnetisierbare Stege 8 und 9 sind zwischen den Magneten 6a und 6b bzw. zwischen den Magneten 7a und 7b zur Bildung magnetischer Kreise angeordnet. Besteht das Gehäuse 5 aus ferromagnetischem Material können die Stege 8 und 9 einteilig mit dem Gehäuse 5 geformt sein. In diesem Falle kann das Gehäuse 5 als magnetischer Kreis und als Joch dienen.

In Fig. 1 ist eine Achse 10 zur Horizontalverschwenkung des Tonarms dargestellt, auf welcher eine Kupplungsvorrichtung 11 angebracht ist. Die Kupplungsvorrichtung 11 dient zur Verschwenkung des Tonarms 1 in horizontaler Richtung zusammen mit der Achse 10. Die Kupplungsvorrichtung 11 weist beidseitig je einen Spulenkörper 12 und 13 auf, welche zentrale Öffnungen 12a bzw. 13a aufweisen, durch welche die magnetisierbaren Stege 8 und 9 eintauchen können. Auf dem Spulenkörper 12 befindet sich eine Spule 14 für den Vertikaltrieb und auf dem Spulenkörper 13 befindet sich eine Fühlerspule 15 zur Ermittlung der Vertikalgeschwindigkeit. Die Magnete 6a und 6b, der magnetisierbare Steg 8 und die Spule 14 für den Vertikaltrieb bilden zusammen eine erste elektromagnetische Vorrichtung bzw. einen Motor 16 für den Vertikaltrieb, der dazu dient, den Tonarm 1 bezüglich einer nicht dargestellten Schallplatte vertikal zu verstellen und verschiedene Steuerfunktionen auszuführen. Entsprechend sind die Magnete 7a und 7b, der magnetisierbare Steg 9 und die Fühlerspule 15 zu einem ersten Fühler, d.h. einem Fühler 17 zur Bestimmung der Vertikalgeschwindigkeit zusammengefasst, der zur Ermittlung der Vertikalgeschwindigkeit des Tonarms 1 in Vertikalrichtung und zur Bremsung des Motors 16 zur Vertikalverstellung und damit zur Verhinderung einer niederfrequenten Resonanz des Tonarms in Vertikalrichtung dient. Der Motor 16 und der Fühler 17 sind bezüglich der Achse 10 symmetrisch angeordnet und zwar in solchem Abstand zu einander, dass sie elektrisch voneinander entkoppelt sind.

Die eine Seite des Gehäuses 5 und die entsprechende Seite der Kupplungsvorrichtung 11 sind an entsprechenden

Stellen mit Öffnungen 18a bzw. 18b versehen. Bei der Montage wird die mit den Spulenkörpern 12 und 13 bzw. den Spulen 14 und 15 versehene Kupplungsvorrichtung 11 derart in das Gehäuse 5 eingeführt, dass die magnetisierbaren Stege 8 und 9 in die Öffnungen 12a und 13a der Spulenkörper 12 bzw. 13 eintreten. Hierauf wird ein nicht dargestellter Stift als Vertikal-Schwenkachse durch die Öffnung 18a des Gehäuses 5 in die Öffnung 18b der Kupplungsvorrichtung 11 eingeführt, womit der Tonarm um diese Achse schwenkbar aufgehängt ist. Werden die Vertikal-Antriebsvorrichtung und der Fühler zur Erfassung der Vertikalgeschwindigkeit richtig aufeinander abgestimmt und wird der Tonarm 1 zusammen mit der Vertikal-Schwenkachse richtig bemessen, kann der Tonarm ohne das Gegengewicht 4 ausgewogen sein.

Eine weitere Kupplungsvorrichtung 19 mit Spulenkörpern 20 und 21 ist am unteren Ende der Horizontalschwenkachse 10 vorgesehen. Auf den Spulenkörper 20 ist eine Fühlerspule 22 gewickelt, während der Spulenkörper 21 eine Horizontalantriebsspule 23 trägt. Der Spule 22 ist eine Joch-Anordnung 24 mit oberen und unteren Jochen 24a und 24b und Verbindungsjochen 24c zugeordnet. Am oberen Joch 24a ist ein Permanentmagnet 25 an der unteren inneren Fläche angebracht, der den Spulenkörper 20 bzw. die Spule 22 frei durchragt. Bei Bewegung der Spule 22 in horizontaler Richtung wird in derselben eine Spannung induziert. Der Spule 23 ist eine Joch-Anordnung 26 mit oberen und unteren Jochen 26a und 26b zugeordnet. Das mittlere Joch 26c durchragt frei den Spulenkörper 21 bzw. die Spule 23. An den Innenseiten der oberen und unteren Joche 26a und 26b sind Permanentmagnete 27a bzw. 27b angebracht, die elektrodynamisch mit der Horizontalantriebsspule 23 gekoppelt sind, derart dass die Spule 23 in Richtung des Pfeils in Fig. 1 angetrieben werden kann, wenn sie von einem Strom durchflossen ist. Das obere, untere und mittlere Joch 26a, 26b und 26c der Jochanordnung 26 sind kreisförmig mit Zentrum in der Achse 10 gebogen, derart dass der Spulenkörper 21 bzw. die Horizontalantriebsspule 23 frei hin und her schwingen können, ohne das mittlere Joch 26c zu berühren aber ohne von demselben einen erheblichen Abstand aufzuweisen.

Die Fühlerspule 22, die Jochanordnung 24 und der Permanentmagnet 25 bilden zusammen einen zweiten Fühler 28 zur Ermittlung der Horizontalgeschwindigkeit. Dieser Fühler 28 ermittelt die Drehgeschwindigkeit des Horizontalantriebsmotors 29, der unten beschrieben wird und dient zum Bremsen dieses Motors. Die Horizontalantriebsspule 23, die Jochanordnung 26 und die Permanentmagnete 27a und 27b bilden zusammen zweite elektromagnetische Mittel bzw. den oben erwähnten Horizontal-Antriebsmotor 29. Dieser Horizontal-Antriebsmotor 29 dient zur horizontalen Verschwenkung des Tonarms 1 über dessen Achse 10. Dabei kann der Arm 1 in verschiedenster Weise betätigt und gesteuert werden, indem beispielsweise eine einwärts gerichtete Kraft beim Abtasten der Schallplatte kompensiert wird, indem eine Niederfrequenzresonanz einer Horizontalkomponente beeinflusst wird oder der Tonarm eingeschwenkt, ausgeschwenkt und rückgestellt wird. Der Horizontal-Antriebsmotor 29 ist symmetrisch gegenüber dem Fühler 28 und dem Vertikaltriebsmotor 16 angeordnet, d.h. diese Bestandteile sind rechts, bzw. links der Achse 10 angeordnet, um eine möglichst gute elektrische Entkoppelung derselben zu erreichen.

Die Horizontalachse 10 ist mittels eines Lagers 31, beispielsweise eines Axial-Kugellagers in einer Lagerhülse 30 gelagert, welche ihrerseits im nicht dargestellten Gestell des Plattenspielers befestigt ist. Die Jochanordnungen 24 und 26 sind mit der Hülse 30 verbunden, so dass diese Teile gemeinsam hergestellt werden können.

Die Anordnung weist ferner Servo-Kreise 32 und 33 auf. Der Servokreis 32 dient dazu, einen der in der Spule 15 indu-

zierten Spannung entsprechenden Gegenkoppelungsstrom der Vertikal-Antriebspule 14 zuzuführen, um eine sogenannte Bewegungsgegenkoppelung zu erzielen. In ähnlicher Weise dient der Servokreis 33 dazu, einen der in der Spule 22 induzierten Spannung entsprechenden Gegenkoppelungsstrom der Horizontal-Antriebspule 23 zuzuführen, um entsprechend eine Bewegungsrückkoppelung zu erzielen. Diese Servokreise 32 und 33 können durch von aussen zugängliche Bedienungsknöpfe wirksam gemacht werden.

Am unteren Ende der Achse 10 ist eine Blende 34 befestigt. Diese Blende 34 hat ein Fenster 35 zur Bestimmung einer Stellung des Tonarmes 1 über dem Anfang der Schallplatte. Eine Lampe 36 und ein lichtempfindliches Element 37 sind als Lichtschranke übereinander angeordnet, derart dass das Fenster der Blende 34 in die optische Achse dieser Lichtschranke gelangen kann. Die Teile 34, 36 und 37 bilden damit einen optischen Positionsgeber 38. Ein Verstärker 39 mit einer Vergleichsschaltung ist zwischen dem Ausgang des lichtempfindlichen Elementes 37 und dem Eingang des Servokreises 33 geschaltet, wobei der Verstärker 39 ein Position-Ausgangssignal erzeugt, wenn das vom Positionsgeber 38 stammende Signal gleich einem Referenzsignal wird, welches einer vorbestimmten gewünschten Position entspricht.

Zur Bestimmung der horizontalen Drehgeschwindigkeit des Tonarmes 1 ist ein Kreis 40 vorgesehen, welcher einen ersten einstellbaren Widerstand 40a zur Verschwenkung des Tonarmes 1 in bestimmter Richtung mit konstanter Geschwindigkeit dient, einen zweiten einstellbaren Widerstand 40b zur Verschwenkung des Tonarmes 1 in entgegengesetzter Richtung und mit konstanter Geschwindigkeit sowie einen Schalter 40c zur Umschaltung der genannten Widerstände aufweist. Die beiden Widerstände 40a und 40b sind mit entgegengesetzten Spannungsquellen $-V$ bzw. $+V$ verbunden. Der Schalter 40c ist mit der einen Klemme eines normalerweise geschlossenen Schaltkreises 41 verbunden, welcher Schaltkreis jedoch geöffnet wird, wenn das Ausgangssignal des Positionsgebers 38 über den Verstärker 39 an den Schaltkreis 41 gelangt. Die andere Klemme des Schaltkreises 41 ist mit dem Eingang des Servokreises 33 verbunden, während der Ausgang des Verstärkers 39 ebenfalls mit dem Eingang des Servokreises 33 und ausserdem mit einem Speicher 50 verbunden ist. Der Ausgang des Speichers 50 ist über den Servokreis 32 mit dem Vertikalmotor verbunden. Der Speicher 50 steuert somit den Servokreis 32 gemäss dem Ausgangssignal des Verstärkers 39, welches gespeichert wird, um den Tonarm 1 auf die Schallplatte abzuschwenken. Ist eine Schallplatte abgespielt, wird der Speicher 50 mittels eines Signals an seinem Rückstelleingangssignal 50a rückgestellt, womit der Vertikal-Antriebsmotor 16 umgesteuert und der Tonarm 1 von der Schallplatte abgehoben wird.

Der Servokreis 33 ist praktisch gemäss Figur 2 aufgebaut. Er weist einen Operationsverstärker 42 mit positiven und negativen Eingängen, NPN und PNP, Transistoren 43 und 44, deren Basen mit dem Ausgang des Verstärkers 42 verbunden sind, sowie einen Rückkoppelungskreis 45 auf, der zwischen die Emitter der Transistoren 43 und 44 und den negativen Eingang des Operationsverstärkers 42 geschaltet ist. Der positive Eingang des Operationsverstärkers 42 ist mit der Horizontal-Fühlerspule 22 sowie mit dem Ausgang des Verstärkers 39 und dem Schaltkreis 41 verbunden. Die Emitter der Transistoren 43 und 44 sind auch mit der Horizontal-Antriebspule 23 des Horizontal-Antriebsmotors 29 verbunden. Der Kollektor des Transistors 34 ist mit der positiven Spannungsquelle $+V$ unter Kollektor des Transistors 44 mit der negativen Spannungsquelle $-V$ verbunden.

Im folgenden wird die Wirkungsweise der dargestellten Tonarmanordnung beschrieben. Vorerst wird das Einführen des Tonarmes 1 aus seiner Ruhestellung in eine Bereitschaft-

stellung über der Schallplatte beschrieben. Angenommen, dass der Servokreis 33 wirksam und der Schalter 40c der Schaltung 40 am Kontakt 40a liege, ferner dass unter diesen Umständen der Ausgang des Operationsverstärkers 42 die Basis des Transistors 44 so steuert, dass derselbe leitend ist, so wird der Servokreis 33 eine Ausgangsspannung erzeugen, die der durch den Widerstand 40a eingestellter Spannung entspricht. Der Tonarm 1 wird durch den Horizontal-Antriebsmotor 29 über die Schallplatte eingeschwenkt. Während des Einwärts-schwenkens des Tonarms 1 gelangt von der Fühlerspule 22 eine Spannung an den Operationsverstärker 42, welche der Schwenkgeschwindigkeit des Tonarmes 1 entspricht. Bei höherer Geschwindigkeit des Tonarms 1 gelangt an den Operationsverstärker 42 ein entsprechend höheres Steuersignal und der Widerstand des Transistors 44 nimmt zu. Dadurch wird der Strom in der Spule 23 des Horizontal-Antriebsmotors 29 und damit die Schwenkgeschwindigkeit des Tonarms herabgesetzt. Gelangt bei der Einwärtsschwenkung des Tonarms 1 der Tonabnehmer 3 in die gewünschte Bereitschaftsstellung über der Schallplatte, so ist auch die Blende 34 in die Stellung gelangt, in welcher ihr Fenster 35 Licht von der Lampe 36 zum lichtempfindlichen Element 37 durchtreten lässt. Das Element 37 erzeugt hierbei ein Signal, welches an den Verstärker 39 angelegt wird. Erreicht dieses Eingangssignal am Verstärker 39 einen bestimmten Pegel, so erscheint am Ausgang des Verstärkers 39 ein Ausgangssignal, welches an den Schaltkreis 41 gelangt und denselben unterbricht. Dasselbe Signal gelangt auch an den einen Eingang des Operationsverstärkers 42. Wie oben bereits erwähnt, wird hiermit die vom geschwindigkeitsbestimmenden Kreis 40 an den Servokreis 33 angelegte Vorspannung unterbrochen. An den Servokreis 33 gelangt jedoch zugleich die Ausgangsspannung des Verstärkers 39 sowie die Spannung der Spule 22. Hierbei erscheint am Ausgang des Operationsverstärkers 42 ein Signal, welches den Transistor 44 nicht leitend werden lässt. Während der Transistor 43 leitend wird, so dass ein Strom entgegengesetzter Richtung die Spule 23 des Horizontal-Antriebsmotors 29 durchfliesst und denselben anhält. Da zugleich die Spannung der Spule 22 und das Ausgangssignal des Verstärkers 39 an den Servokreis 33 gelangen, hängt der Bremsstrom und damit die Bremskraft von der momentanen Drehgeschwindigkeit des Motors 29 ab. Je höher also diese Schwenkgeschwindigkeit des Motors 29 ist, um so höher wird die Bremskraft ausfallen. Diese Kraft erscheint in der Bewegungsgleichung als viskoser Widerstand oder als Dämpfungsglied. Für diesen Zustand kann die Bewegungsgleichung wie folgt aufgestellt werden:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + kx + c \frac{dx}{dt} = 0 \quad (3)$$

Eine Lösung dieser Gleichung lautet wie folgt:

$$\text{Für den Fall dass } \zeta \left(\equiv \frac{c}{2\sqrt{mk}} \right) < 1, \\ x = x_0 e^{-\zeta \omega t} \cos \left(\sqrt{1 - \zeta^2} \cdot \omega t - \phi \right) \quad (4)$$

Für den Fall dass $\zeta = 1$,

$$x = (A+Bt) e^{-\omega t} \quad (5)$$

Für den Fall dass $\zeta > 1$,

$$x = e^{-\zeta \omega t} \left(A e^{\omega \sqrt{\zeta^2 - 1} t} + B e^{-\omega \sqrt{\zeta^2 - 1} t} \right) \quad (6)$$

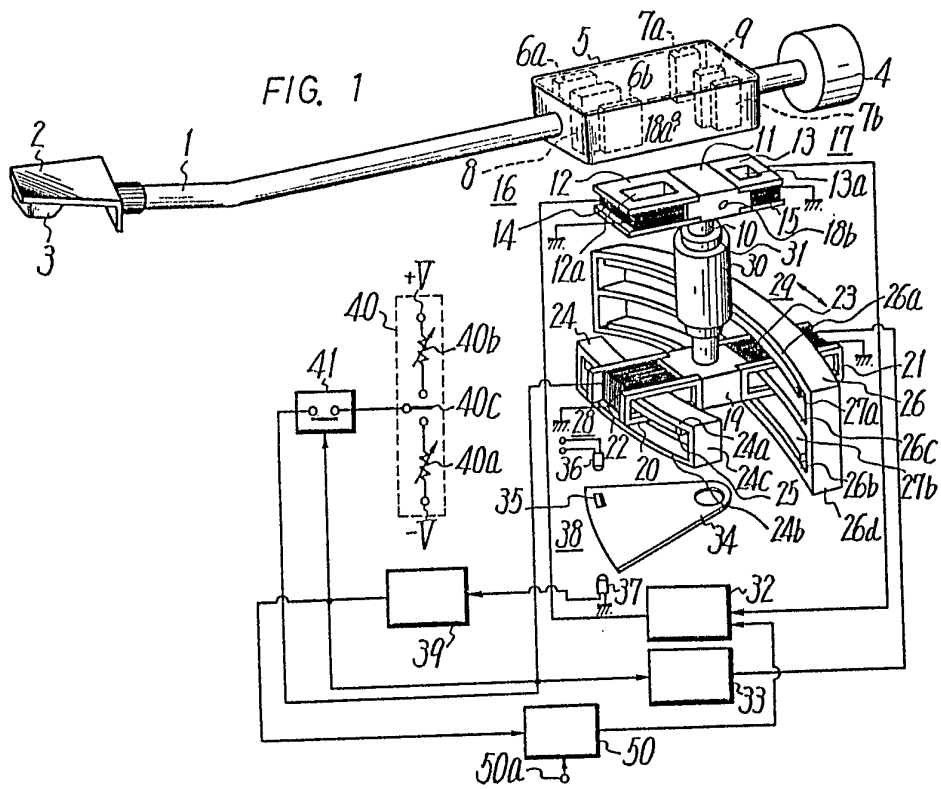
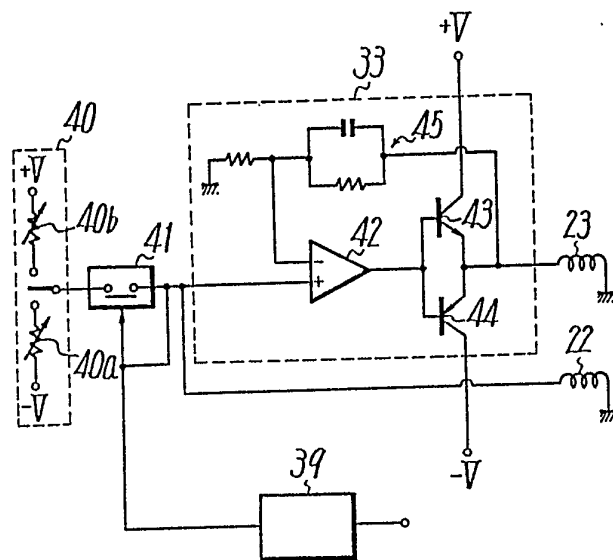


FIG. 2



In diesem Falle sind x_0 , A, B und Φ Konstanten, welche die Anfangsbedingungen bestimmen. Die obenstehenden Gleichungen (4), (5) und (6) enthalten alle Dämpfungsglieder und es kann daraufgeschlossen werden, dass der Tonarm rasch angehalten wird durch die obenerwähnte Bewegungsrückkoppelung und die Positionierungs-Servowirkung.

Wenn der Tonarm 1 angehalten wird, gelangt das Ausgangssignal des Verstärkers 39 an den Speicher 50 und wird darin gespeichert. Das Ausgangssignal des Speichers 50 gelangt nun über den Servokreis 32 an den Vertikal-Antriebsmotor 16, durch welchen nun der Tonarm mit dem Tonabnehmer 3 gegen die Oberfläche der Schallplatte gesenkt wird. Damit beginnt das Abspielen der Schallplatte.

Treten während des Abspielens der Schallplatte abnorme Horizontal-Schwingungen des Tonarms 1 in horizontaler Richtung auf, beispielsweise infolge Verkrümmung oder Excentrizität der Schallplatte oder infolge Niederfrequenz-Resonanz, so erzeugt die Spule 22 eine Spannung entsprechend der Schwingung. Diese Spannung gelangt über den Servokreis 33 an den Horizontal-Antriebsmotor 29, in welchem damit Drehmomente zur Kompensation der Schwin-

gung auftreten. Damit werden störende Schwingungen des Tonarmes 1 wirksam verhindert. Treten abnorme Vertikal-Schwingungen des Tonarmes 1 auf, so werden in der Spule 15 entsprechende Spannungen induziert. Diese Spannungen gelangen über den Servokreis 32 an den Vertikal-Antriebsmotor 16, in welchem damit Drehmomente zur Kompensation der Schwingung auftreten. Es können damit auch abnorme Schwingungen des Tonarmes 1 in Vertikal-Richtung verhindert werden. Ist die Schallplatte abgespielt, so wird beispielsweise mittels eines Endschalters ein Signal an den Rückstellungseingang 50a des Speichers 50 übertragen, um denselben rückzustellen, was die Einschaltung des Vertikal-Antriebsmotors 16 zum Abheben des Tonarms 1 bewirkt. Ausserdem wird nun auch der Horizontal-Antriebsmotor 29 so angeschaltet, dass er den Tonarm 1 in die Ruhestellung zurückführt.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, dass in der beschriebenen Tonarmanordnung dank der Positionierung-Servo-steuerung und der Bewegungsrückkoppelung bzw. Bewegungsgegenkoppelung, die Bewegungen und Einstellungen des Tonarmes genau und sicher gesteuert werden und dass trotzdem sehr einfache Stromkreise vorhanden sind.