

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 980 292 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

30.10.2002 Patentblatt 2002/44

(51) Int Cl.7: **B06B 1/16**, B06B 1/14

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP98/02647

(21) Anmeldenummer: **98925536.9**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 98/050171 (12.11.1998 Gazette 1998/45)

(22) Anmeldetag: **05.05.1998**

(54) VORRICHTUNG ZUM ERZEUGEN GERICHTETER SCHWINGUNGEN

DEVICE FOR GENERATING DIRECTED VIBRATIONS

GENERATEUR DE VIBRATIONS ORIENTEES

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH DE ES FR GB IT LI NL SE

(30) Priorität: **05.05.1997 DE 29708118 U**

19.09.1997 DE 19741413

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

23.02.2000 Patentblatt 2000/08

(73) Patentinhaber: **WACKER-WERKE GMBH & CO. KG**

80809 München (DE)

(72) Erfinder:

- **MAURER, Thomas**
D-80995 München (DE)
- **KRAMP, Edith**
D-81541 München (DE)

• **BREITENBACH, Johann**
D-80997 München (DE)

• **BROMBERGER, Thomas**
D-93358 Train (DE)

• **MARK, Alexander**
D-85716 Unterschleißheim (DE)

• **SICK, Georg**
D-82340 Feldafing (DE)

(74) Vertreter: **Hoffmann, Jörg Peter, Dr. Ing.**

Müller Hoffmann & Partner
Patentanwälte
Innere Wiener Strasse 17
81667 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

DE-A- 19 634 991

GB-A- 1 435 499

GB-A- 2 103 333

US-A- 3 583 246

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 0 980 292 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erzeugen gerichteter Schwingungen.

[0002] Derartige Vorrichtungen sind bekannt und dienen zur Einleitung gerichteter Schwingungen in eine Struktur. Bei der Struktur kann es sich um einen Rütteltisch zur Betonverdichtung oder um ein Arbeitsgerät, z. B. eine Rüttelplatte zur Bodenverdichtung, handeln. Bei Rütteltischen werden die gerichteten Schwingungen vorwiegend durch elektrisch/elektronisch oder mechanisch zwangsweise synchronisierte Rüttler oder auch durch Pendelrüttler erzeugt.

[0003] Bei den Rüttlern handelt es sich um zwei gegensinnig rotierende Fliehkewichte, deren gegeneinander gerichtete Fliehkraftkomponenten sich gegenseitig aufheben, während die senkrecht zu der durch die Drehachsen der Fliehkewichte aufgespannten Ebene stehenden Fliehkraften sich zu einer resultierenden Kraft addieren und die Schwingung bewirken. Die Synchronisation der Fliehkewichte erfolgt mit teilweise erheblichem Aufwand auf mechanische, elektrische oder elektronische Weise. Um das Auftreten von schädlichen Kräften in einer Richtung quer zu der eigentlichen Schwingungsrichtung zu vermeiden, ist eine erhebliche Präzision bei der Synchronisation erforderlich.

[0004] Ebenfalls wie bei Rütteltischen ist es auch bei Bodenverdichtungsgeräten, insbesondere bei Vibrationsplatten, bekannt, daß eine reine gerichtete Schwingung dadurch erhalten werden kann, daß zwei Fliehkewichte mit gleichem $m \cdot r$ (Produkt aus Masse der Unwucht und Radius des Schwerpunkts) um zueinander parallele Achsen mit gleicher Drehzahl gegensinnig in Drehung versetzt werden. Zu diesem Zweck sind bei den bekannten Geräten die in einem gemeinsamen Gehäuse gelagerten Unwuchten ebenfalls zwangsweise miteinander drehbar gekoppelt und von einem gemeinsamen Antrieb her beide mit der gewünschten gleichen Drehzahl in Gegensinn angetrieben.

[0005] Insbesondere bei dem Einsatz bei Rütteltischen hat sich die bekannte Art der Erzeugung gerichteter Schwingungen wegen des damit verbundenen hohen konstruktiven Aufwands und den damit verbundenen Kosten als problematisch erwiesen.

[0006] Eine derartige Vorrichtung ist aus der GB-A-2 103 333 bekannt. Die beschriebene Vorrichtung weist unter anderem aufblasbare Kammern auf, deren veränderbare Steifigkeit die Stärke der von Fliehkewichten erzeugten Schwingung auf eine Konsole bestimmen.

[0007] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung anzugeben, mit der bei vertretbarem konstruktivem Aufwand gerichtete Schwingungen erzeugt und einer Struktur zugeführt werden können.

[0008] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterentwicklungen der Erfindung sind den abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

[0009] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Er-

zeugen gerichteter Schwingungen ist gekennzeichnet durch wenigstens zwei Fliehkewichte mit im wesentlichen gleichem $m \cdot r$, die voneinander unabhängig mit im wesentlichen gleicher Drehzahl gegensinnig um zueinander parallele Achse drehend antreibbar sind: einen weitgehend starren Träger, auf dem die wenigstens zwei Fliehkewichte drehbar gelagert sind; und durch eine Konsole, an der der Träger über eine Halterung derart befestigbar ist, daß der Träger relativ zu der Konsole beweglich ist.

[0010] Es hat sich überraschend gezeigt, daß beim Einschalten des Antriebs der Fliehkewichte bei der in der vorstehenden Weise gestalteten Vorrichtung nahezu augenblicklich eine selbsttätige Synchronisation der beiden Fliehkewichte stattfindet, wenn in Richtung parallel zur gemeinsamen Ebene der Drehachsen der Fliehkewichte, d.h. in Richtung senkrecht zur Schwingungsrichtung und senkrecht zu den Drehachsen der Fliehkewichte, sowie senkrecht zu den Drehachsen, d.h. in Richtung der zu erzeugenden Schwingungen, der die Fliehkewichte tragende Träger jeweils einen Bewegungsfreiheitsgrad hat, der in der Regel konstruktiv durch eine gewisse Materialelastizität gegeben ist und im Bedarfsfalle auch in der Größe passend eingerichtet werden kann. Voraussetzung dafür ist jedoch, daß der Träger weitgehend starr ist. Aus diesem Grund laufen die Fliehkewichte des Unwucht-Schwingungserregers so, als wären sie miteinander zur Erzeugung einer reinen gerichteten Schwingung miteinander zwangsgekoppelt, ohne daß dies in Wirklichkeit der Fall ist, so daß der diesbezüglich übliche hohe konstruktive Aufwand und die damit einhergehende Störanfälligkeit vermieden wird. Darüber hinaus ergibt sich eine leichtere Montierbarkeit, da die gesamte Vorrichtung leicht in unabhängige Teilkomponenten zerlegt werden kann. Dies ist insbesondere für die Montage an Rütteltischen von Bedeutung.

[0011] Aus diesem Grund ist eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß der Träger relativ zu der Konsole in Richtung der zu erzeugenden gerichteten Schwingung sowie in einer Richtung senkrecht zu der Schwingungsrichtung und senkrecht zu den Drehachsen der Fliehkewichte beweglich ist.

[0012] Vorteilhafterweise ist die zu erzeugende Schwingung senkrecht zu einer durch die Drehachsen der Fliehkewichte aufgespannten Ebene ausgerichtet.

[0013] Bei einer besonders vorteilhaften Weiterentwicklung der Erfindung weist die Halterung wenigstens ein Federelement zum Übertragen der Bewegung des Trägers in Richtung der gerichteten Schwingung auf. Bei dem Federelement kann es sich auch um ein gummielastisches Element handeln. Bei einer anderen vorteilhaften Weiterentwicklung weist die Halterung wenigstens ein Federelement zum Übertragen der Bewegung des Trägers in Richtung senkrecht zu der Schwingungsrichtung und senkrecht zu den Drehachsen der Fliehkewichte auf. Die Federelemente gewährleisten eine Be-

weglichkeit des Trägers in der Halterung und damit relativ zu der Konsole, ohne daß ein unzulässiges Spiel zwischen dem Träger und der Halterung auftreten kann. Weiterhin bewirken die Federelemente, insbesondere bei Kopplung mit Dämpfungselementen, eine effektive Lärmreduzierung, da die von den Fliehgewichten und deren Antrieb erzeugten Körperschallschwingungen nicht oder nur zum Teil auf die Konsole übertragen werden.

[0014] Vorteilhafterweise sind die Steifigkeit des oder der Federelemente an die Steifigkeit des Trägers angepaßt. Dadurch wird sichergestellt, daß sich die Selbstsynchronisation der beiden Fliehgewichte unabhängig von der anzuregenden Struktur einstellt.

[0015] Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Halterung zwei an der Konsole befestigte Halterungseinheiten aufweist, zwischen die der Träger beweglich aufgenommen ist. Die Halterungseinheiten stehen einander bei dazwischen angeordnetem Träger gegenüber, so daß der Träger sicher festgehalten werden kann, ohne daß zusätzliche Bauelemente erforderlich sind.

[0016] Vorteilhafterweise weist jede der Halterungseinheiten ein Federelement auf, in das der Träger eingesetzt ist.

[0017] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist Jeweils ein Antrieb für ein Fliehgewicht auf dem Träger angeordnet. Da sich erfindungsgemäß die Fliehgewichte selbständig synchronisieren, ist es nicht erforderlich, die Antriebe durch mechanische, elektrische oder elektronische Komponenten zusätzlich zu synchronisieren.

[0018] Besonders zweckmäßig kann es sein, die Fliehgewichte jeweils hälftig axial geteilt und mit jeweils dazwischen angeordnetem Antriebsmotor auszuführen, um die Lager- und Wellenbelastungen der Motoren zu vergleichmäßigen.

[0019] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Konsole Bestandteil einer Struktur ist, in die die gerichteten Schwingungen einleitbar sind. Dies bedeutet entweder, daß die Halterung bzw. die Halterungseinheiten direkt auf der anzuregenden Struktur befestigt werden, oder daß die Konsole mit der Halterung und dem Träger als bauliche Einheit an der Struktur befestigbar ist.

[0020] Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn die Struktur ein Rütteltisch oder eine Vibrationsplatte ist, weil sich bei einer derartigen Verwendung der Vorrichtung die bisher bekannten aufwendigen Schwingungserzeuger durch eine einfachere Vorrichtung ersetzen lassen.

[0021] Diese und weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden nachfolgend unter Zuhilfenahme der begleitenden Figur näher erläutert.

[0022] Die einzige Figur zeigt eine Schnittdarstellung einer Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0023] Zwei schematisch dargestellte Fliehgewichte 1 sind in Form von Unwuchten an Drehachsen 2 drehbar gehalten und werden über die Drehachsen 2 jeweils von

nicht dargestellten Elektromotoren angetrieben. Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung sind in Tiefenrichtung der Figur jeweils zwei Fliehgewichte 1 vorgesehen, zwischen denen der Antriebsmotor angeordnet ist. Derartige Anordnungen sind aber bereits von Vorrichtungen mit zwangssynchronisierten Fliehgewichten bekannt, so daß auf eine weitergehende Beschreibung verzichtet wird.

[0024] Die Fliehgewichte 1, die Drehachsen 2 und die Antriebsmotoren sind jeweils mittels Stützen 3 mit einem gemeinsamen Träger 4 verbunden. Der Träger 4 ist eine relativ dicke Stahlplatte und sollte so verwindungssteif wie möglich ausgeführt werden.

[0025] Die Stützen 3 sind auf dem Träger 4 festgeschweißt oder festgeschraubt und bilden mit dem Träger 4 ebenfalls eine möglichst steife Konstruktion.

[0026] Der Träger 4 ist an zwei seiner Stirnseiten von einer Halterung bildenden Halterungseinheiten 5a und 5b gehalten, die wiederum an einer Konsole 6 festgeschweißt sind. Bei anderen Ausführungsformen sind die Halterungseinheiten nicht mit der Konsole verschweißt, sondern verschraubt. Die Halterungseinheiten 5a und 5b übergreifen hakenartig den Träger 4, wobei zwischen dem Träger 4 und den Halterungseinheiten 5a, 5b Federelemente 7 eingelegt sind. Die Federelemente 7 können z.B. aus Gummi oder aus elastischem Kunststoff bestehen und erforderlichenfalls auch Dämpfungseigenschaften aufweisen.

[0027] In der Figur ist gezeigt, daß zwischen den Stirnseiten des Trägers 4 und den Halterungseinheiten 5a, 5b jeweils ein Spalt 8 ausgebildet ist. Dieser Spalt 8 ermöglicht es, daß sich der Träger mit den an ihm befestigten Unwuchteinheiten beim Anlaufen der Fliehgewichte 1 in - bezüglich Fig. 1 - Horizontalrichtung geringfügig bewegen kann, was für die Synchronisierung der Fliehgewichte 1 erforderlich ist. Der Spalt 8 kann bei einer anderen Ausführungsform ebenfalls durch ein Federelement ausgefüllt sein, um zu vermeiden, daß der Träger 4 direkt auf die Halterungseinheiten 5a, 5b aufschlägt.

[0028] Zum Erzeugen der gerichteten Schwingung werden die Fliehgewichte 1 durch die Antriebsmotoren in gegensinnige Drehbewegung bei im wesentlichen gleicher Drehzahl gebracht. Da ihr Produkt aus Masse der Unwucht und Radius des Unwuchtschwerpunkts im wesentlichen gleich ist, sind auch die sich durch die Rotation ergebenden Fliehkräfte im wesentlichen gleich. Aufgrund der gegensinnigen Drehung heben sich die - in bezug auf Fig. 1 gesehen - Horizontalkomponenten der Fliehkräfte gegenseitig auf, während sich die in Pfeilrichtung 9 gerichteten Vertikalkomponenten der Fliehkräfte addieren und somit eine gerichtete Schwingung in Pfeilrichtung 9 erzeugen. Die senkrecht zu einer durch die Drehachsen 2 aufgespannten Ebene stehende, gerichtete Schwingung wird über den starren Träger 4 und die Federelemente 7 auf die Konsole 6 übertragen, wo sie in der gewünschten Weise genutzt werden kann.

[0029] Die Konsole 6 kann bei Verwendung der Vorrichtung auf einer Struktur oder an einem Arbeitsgerät befestigt werden, um die gerichtete Schwingung in der gewünschten Weise einzuleiten. Ebenfalls ist es möglich, daß die Konsole 6 bereits Teil der anzuregenden Struktur bzw. des Arbeitsgeräts ist. Zum Beispiel kann die Konsole 6 Bestandteil einer Vibrationsplatte zur Bodenverdichtung oder einer Schalungshaut eines Rütteltischs zur Betonverdichtung sein.

[0030] Selbstverständlich kann die Vorrichtung nicht nur bei dem genannten Rütteltisch oder der Vibrationsplatte eingesetzt werden, sondern auch bei jeder anderen Vorrichtung, bei der gerichtete Schwingungen erforderlich sind.

[0031] Die in der Figur gezeigte Ausführungsform weist zwei Halterungseinheiten 5a, 5b auf. Bei einer kleineren Ausführungsform der Erfindung ist es auch möglich, den Träger 4 durch nur eine Halterungseinheit an der Konsole 6 zu befestigen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erzeugen gerichteter Schwingungen, mit

- wenigstens zwei Fliehgewichten (1) mit im wesentlichen gleichem $m \cdot r$, die mit im wesentlichen gleicher Drehzahl gegensinnig um zueinander parallele Achsen (2) drehend antreibbar sind;
- einem weitgehend starren Träger (4), auf dem die wenigstens zwei Fliehgewichte drehbar gelagert sind; und mit
- einer Konsole (6), an der der Träger über eine Halterung (5a, 5b) derart befestigbar ist, daß der Träger relativ zu der Konsole beweglich ist,

wobei die Halterung (5a, 5b) wenigstens ein Federelement (7) zum Übertragen der Bewegung des Trägers (4) in Richtung der gerichteten Schwingung (9) und in Richtung senkrecht zu der gerichteten Schwingung (9) und senkrecht zu den Drehachsen (2) der Fliehgewichte (1) aufweist,

dadurch gekennzeichnet, daß

- jeweils ein Antrieb für ein Fliehgewicht (1) auf dem Träger (4) angeordnet ist;
- die Fliehgewichte (1) voneinander unabhängig antreibbar sind, und daß
- die Steifigkeit des Federelements (7) oder der Federelemente (7) an die Steifigkeit des Trägers (4) angepaßt ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Träger (4) relativ zu der Konsole (6) in Richtung (9) der zu erzeugenden gerichteten Schwingung sowie in einer Richtung senkrecht zu

der Schwingungsrichtung (9) und senkrecht zu den Drehachsen (2) der Fliehgewichte (1) beweglich ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die zu erzeugende Schwingung senkrecht zu einer durch die Drehachsen (2) der Fliehgewichte (1) aufgespannten Ebene ausgerichtet ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Halterung (5a, 5b) zwei an der Konsole (6) befestigte Halterungseinheiten (5a, 5b) aufweist, zwischen die der Träger (4) beweglich aufgenommen ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** jede der Halterungseinheiten (5a, 5b) ein Federelement (7) aufweist, in das der Träger (4) eingesetzt ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Fliehgewichte (1) jeweils hälftig geteilt, mit Jeweils dazwischen angeordnetem Antriebsmotor ausgeführt sind.

7. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Konsole (6) Bestandteil einer Struktur ist, in die die gerichteten Schwingungen einleitbar sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Struktur ein Rütteltisch oder eine Vibrationsplatte ist.

9. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 als Außenrüttler an einem Rütteltisch oder als Schwingungserreger an einer Vibrationsplatte.

Claims

1. Device for producing directed vibrations, having

- at least two centrifugal weights (1) with essentially the same $m \cdot r$, which can be rotationally driven at essentially the same rotational speed in opposite directions about mutually parallel axes (2);
- a substantially rigid carrier (4) on which the at least two centrifugal weights are rotatably mounted; and having
- a bracket (6) to which the carrier can be attached by means of a holding device (5a, 5b) in such a way that the carrier can move relative to the bracket,

wherein the holding device (5a, 5b) has at least one spring element (7) to transmit the movement of the carrier (4) in the direction of the directed vibration (9) and in the direction perpendicular to the directed vibration (9) and perpendicular to the rotational axes (2) of the centrifugal weights (1),

characterised in that

- in each case a drive for a centrifugal weight (1) is disposed on the carrier (4);
- the centrifugal weights (1) can be driven independently of each other, and that
- the rigidity of the spring element (7) or spring elements (7) is adapted to the rigidity of the carrier (4).

2. Device according to claim 1, **characterised in that** the carrier (4) can move relative to the bracket (6) in the direction (9) of the directed vibration to be produced and in a direction perpendicular to the vibration direction (9) and perpendicular to the rotational axes (2) of the centrifugal weights (1).

3. Device according to claim 1 or 2, **characterised in that** the vibration to be produced is directed perpendicular to a plane extending through the rotational axes (2) of the centrifugal weights (1).

4. Device according to one of the preceding claims, **characterised in that** the holding device (5a, 5b) has two holding units (5a, 5b) attached to the bracket (6), between which the carrier (4) is displaceably received.

5. Device according to claim 4, **characterised in that** each of the holding units (5a, 5b) has a spring element (7) into which the carrier (4) is inserted.

6. Device according to one of the preceding claims, **characterised in that** the centrifugal weights (1) are each divided in half and are formed with a respective drive motor disposed therebetween.

7. Device according to one of the preceding claims, **characterised in that** the bracket (6) is a component of a structure into which the directed vibrations can be introduced.

8. Device according to claim 7, **characterised in that** the structure is a jolting table or a vibration plate.

9. Use of a device according to one of claims 1 to 8 as an external jolter on a jolting table or as a vibration exciter on a vibration plate.

Revendications

1. Dispositif pour produire des oscillations dirigées, comportant

- au moins deux masselottes (1) avec sensiblement le même $m \cdot r$, qui peuvent être entraînées en rotation en sens contraire, sensiblement avec la même vitesse de rotation, autour d'axes (2) parallèles l'un à l'autre ;
- un support (4) largement rigide sur lequel sont montées tournantes les deux masselottes ou plus ; et comportant
- une console (6) sur laquelle le support peut être fixé, au moyen d'une fixation (5a, 5b), de manière que le support soit mobile par rapport à la console,

la fixation (5a, 5b) comportant au moins un élément à ressort (7) pour transmettre le mouvement du support (4) dans la direction de l'oscillation dirigée (9) et dans une direction perpendiculaire à l'oscillation dirigée (9) et perpendiculaire aux axes de rotation (2) des masselottes (1),

caractérisé en ce que

- un dispositif d'entraînement est disposé sur le support (4) pour chaque masselotte (1) ;
- les masselottes (1) peuvent être entraînées indépendamment l'une de l'autre, et **en ce que**
- la rigidité de l'élément à ressort (7) ou des éléments à ressort (7) est adaptée à la rigidité du support (4).

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le support (4) est mobile par rapport à la console (6) dans la direction (9) de l'oscillation dirigée à produire ainsi que dans une direction perpendiculaire à la direction d'oscillation (9) et perpendiculaire aux axes de rotation (2) des masselottes (1).

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'oscillation à produire est orientée perpendiculairement à un plan défini par les axes de rotation (2) des masselottes (1).

4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la fixation (5a, 5b) comporte deux unités de fixation (5a, 5b) fixées à la console (6), entre lesquelles le support (4) est reçu mobile.

5. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** chacune des unités de fixation (5a, 5b) comporte un élément à ressort (7) dans lequel est inséré le support (4).

6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes,

tes, **caractérisé en ce que** les masselottes (1) sont divisées chacune par moitié, avec dans chaque cas le moteur d'entraînement disposé entre les moitiés.

7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la console (6) fait partie intégrante d'une structure dans laquelle peuvent être introduites les oscillations dirigées. 5
8. Dispositif selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la structure est une table vibrante ou une plaque vibrante. 10
9. Utilisation d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 8 comme vibreur extérieur sur une table vibrante ou comme générateur d'oscillations sur une plaque vibrante. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIGUR 1

