(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 696 199 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
12.12.2007 Patentblatt 2007/50

(51) Int Cl.:
F41H 5/007 *(2006.01)* ***F41B 6/00*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **05400007.0**

(22) Anmeldetag: **24.02.2005**

(54) **Pulsstrom-Netzwerk für elektromagnetische Werfer**

Pulsed power circuit for electromagnetic launcher

Circuit de courants d'impulsions pour lanceur électromagnétique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR NL

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.08.2006 Patentblatt 2006/35

(73) Patentinhaber: **Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis**
68300 Saint-Louis (FR)

(72) Erfinder:
- **Sterzelmeier, Klaus, Dr.**
  79379 Müllheim/Feldberg (DE)
- **Spahn, Emil, Dr.**
  79591 Eimeldingen (DE)

(74) Vertreter: **Schwabe, Hans-Georg et al**
Patentanwälte Schwabe, Sandmair, Marx
Stuntzstrasse 16
81677 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 19 845 559 **DE-C1- 3 729 592**
US-A- 5 155 289

- **STEINER J L ET AL: "SEMICONDUCTOR DEVICES FOR HIGH POWER PULSED SWITCHING" PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS. (EPE). AACHEN, 9 - 12 OCTOBER, 1989, DUSSELDORF, EPE SECRETARIAT, DE, Bd. VOL. 2 CONF. 3, 9. Oktober 1989 (1989-10-09), Seiten 605-609, XP000143455**

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

EP 1 696 199 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Schaltung zur Erzeugung eines Pulsstromes für elektromagnetische Werfer und insbesondere auf ein modulares Pulsstrom-Netzwerk für mehrdimensionale elektromagnetische Werfer.

[0002] Für die Realisierung aktiver Panzerschutzeinrichtungen, deren Wirkungsweise auf dem Induktionsgesetz beruht, wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche elektromagnetische Werferkonfigurationen vorgeschlagen, siehe zum Beispiel "Sterzelmeier, K. u. E. Spahn; Abstandsaktive elektromagnetische Schutzsysteme (2003), ISL-Bericht R 102/2003". Diese dienen zum Vorbeschleunigen diverser Schutzelemente und Wirkkörper , wie zum Beispiel Splitterkassetten, Splitterarrays, Blastwellen-Generatoren, Blendfackein, Nebeigranaten, Tarn-, Täusch- und Störkörper, Querstäbe ("flying bars"), massive Scheiben oder Platten ("flying plates") in runder, quaderförmiger oder prismatischer Geometrie und gitter- oder netzförmige Strukturen, je nach angestrebter endballistischer Wirkung.

[0003] Eine Vorrichtung für den richtungsgesteuerten Abwurf ist aus der DE 37 295 92 C1 bekannt. Dabei wird die Richtungssteuerung dadurch bewerkstelligt, dass mehrere Induktorspulen vorhanden sind, die sich gegenüber dem Konduktor in unterschiedlicher räumlicher Relation befinden und die einzeln oder gruppiert durch einen oder mehrere Stromimpulse angesteuert werden können. Diesen Werfereinrichtungen ist gemeinsam, dass die Ansteuerung der zu beaufschlagenden Induktorspulen stets gleichzeitig erfolgt, was zwar einen gewissen Vorteil bietet, jedoch auch Nachteile mit sich bringt. Zum einen ist der elektromechanische Wirkungsgrad, bedingt durch die rahmenähnliche Konduktorgeometrie und die damit verbundene schwache magnetische Kopplung zwischen Induktor und Konduktor, relativ gering. Zum anderen erfordert das mehrteilige Induktorsystem eine komplizierte konstruktive Ausgestaltung.

[0004] Im Gegensatz dazu wurde in den vergangenen Jahren ein richtungssteuerbarer Werfer mit sehr viel einfacherem Aufbau untersucht, bei dem die Abwurfrichtung durch die zeitlich versetzte Zündung eines beispielsweise zweiteiligen, orthogonalen Spulensystems bestimmt wird. Die Zeitdifferenz kann dabei in der Größenordnung von einer bis zu mehreren hundert Mikrosekunden betragen. Eine orthogonale Spulenanordnung eignet sich für die impulsförmige Beschleunigung eines beliebigen Schutzelementes und gestattet den Abwurf in einem Winkelbereich von $\pm 45°$ innerhalb einer Ebene, sodass ein zweidimensionaler Werfer realisiert werden kann. Der Abwurfinrinkel ist dabei eine Funktion der Zündzeitdifferenz zwischen beiden Spulen und den eingespeisten Energien, wobei letztere vorzugsweise konstant gehalten werden.

[0005] Die bisher mit dieser Anordnung durchgeführten Experimente lieferten im Bereich unterhalb 2 x 12 kJ bereitgestellter elektrischer Energie durchaus zufrieden stellende Ergebnisse. Dies gilt für den gesamten Winkelbereich, also auch für große Zündzeitdifferenzen.

[0006] Im Hinblick auf die beabsichtigte wehrtechnische Anwendung sind jedoch höhere zu applizierende Energien bei gleich bleibender Werfergeometrie erforderlich, und zwar möglichst bis zu 2 x 50 kJ bezogen auf die Abwehr von Bedrohungen im Mittelkaliberbereich, wie zum Beispiel durch Pfeilgeschosse oder Hohlladungen. Doch bereits bei Energien von knapp über 2 x 12 kJ und insbesondere bei großen Zündzeitdifferenzen ergeben sich schwerwiegende Probleme. Es zeigt sich, dass die komplette Halbleiterschalteinheit, bestehend aus Diode und Thyristor, des jeweils zweiten, also nachgezündeten, Moduls vollständig zerstört wird.

[0007] Die Ursache hierfür liegt darin, dass mit Abheben des Konduktorsystems auch die beiden Erregerspulen oder Induktoren selbst in zunehmendem Maße in Wechselwirkung miteinander treten, und das, obwohl sie orthogonal zueinander stehen, ihre Mittelpunkte relativ weit auseinander liegen und von daher nur eine äußerst geringe Kopplung von weniger als 1% aufweisen. Offensichtlich reicht diese Kopplung jedoch aus, um die Crowbar-Diode des jeweils nachgezündeten Moduls ungünstigstenfalls in den leitenden Zustand zu versetzen, so dass diese gewissermaßen einen "Kurzschluss" parallel zum zweiten Induktorsystem bildet. Dies bedeutet aber auch, dass sich der Kondensator des nachgezündeten Moduls bei dessen Initiierung in die bereits im leitenden Zustand befindliche Diode entlädt. Dabei wird zunächst diese Crowbar-Diode thermisch zerstört, weil sie abrupt mit einem zu hohen Strom in Sperrrichtung beaufschlagt wird, der seinerseits zu einer hohen Verlustleistung führt. In weiterer Folge schließt sich dann die Zerstörung des Thyristors aufgrund eines zu hohen Stromgradienten bestimmt durch di/dt an. Auf diese Weise wird außerdem die Stromtragfähigkeit beider Komponenten überschritten.

[0008] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Schaltung und einen elektromagnetischen Werfer mit einer solchen Schaltung vorzuschlagen, welche zerstörungsfrei mit einer großen elektrischen Energie angesteuert werden können.

[0009] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0010] Prinzipiell kann die Pulsstrom-Erzeugung für einen mehrdimensionalen elektromagnetischen Werfer durch mindestens eine der folgenden vier Varianten realisiert werden, wobei sich die Erfindung insbesondere auf die vierte Variante bezieht.

[0011] Bei der ersten Variante kann die Initiierung des jeweils nachgezündeten Moduls dann blockiert werden, wenn das wegfliegende Konduktorsystem bereits einen gewissen Weg zurückgelegt hat und die magnetische Kopplung zwi-

schen den Induktoren einsetzt.

[0012] Gemäß einer zweiten Variante können überschwingfeste Kondensatoren zum Einsatz kommen, so dass die Crowbar-Dioden entfallen können und damit der "induzierbare Kurzschluss" vermieden wird.

[0013] Eine dritte, sehr einfache Variante besteht darin, die beiden Induktorspulen gegensinnig zu wickeln, so dass die Crowbar-Diode des nachgezündeten Moduls bezüglich der in diesem Kreis induzierten Spannung in Sperrrichtung liegt.

[0014] Eine erfindungsgemäße vierte Variante zur Lösung der gestellten Aufgabe besteht in der Modifikation des pulsformenden Netzwerkes und bezieht sich insbesondere auf ein Pulsstrom-Netzwerk oder eine Schaltung zur Ansteuerung mindestens eines Induktors oder Induktorsystems für einen elektromagnetischen Werfer mit mindestens einem Energiespeicher, wie zum Beispiel einem Kondensator oder einer Kondensatorbank, für den Induktor oder das Induktorsystem, welcher mit mindestens einem Induktor verbunden und beispielsweise parallel zu diesem geschaltet ist, so dass ein Impulsstrom von dem Energiespeicher durch den Induktor fließen kann. Zwischen dem Energiespeicher und dem Induktor oder Induktorsystem ist mindestens ein Schaltelement, wie zum Beispiel ein Halbleiterschaltelement zum Schalten hoher Ströme, beispielsweise ein Thyristor, GTO, MOS-gesteuerter Thyristor (MCT), IGBT oder ein TRIAC vorgesehen, um den Energiespeicher mit dem mindestens einen Induktor elektrisch verbinden und von diesem elektrisch trennen zu können, so dass eine in dem Energiespeicher gespeicherte elektrische Energie nach der Freischaltung durch das Schaltelement auf den mindestens einen Induktor übertragen werden kann. Weiterhin ist parallel zu dem Energiespeicher ein Stromrichtungselement, wie beispielsweise eine Crowbar-Diode, geschaltet, um zum Beispiel beim leichten Überschwingen einer Spannung am Energiespeicher beim Entladen desselben den durch den Induktor fließenden Strom zu übernehmen. Erfindungsgemäß ist das Schaltelement zwischen dem Stromrichtungselement, also zum Beispiel der Crowbar-Diode, und dem mindestens einen Induktor vorgesehen, so dass das Stromrichtungselement parallel zum Energiespeicher geschaltet ist und das mit dem Stromrichtungselement in Serie geschaltete Schaltelement an dem mindestens einen Induktor anliegen. Die Kathode der Diode ist zum Beispiel mit der Anode des Thyristors verbunden, wobei die Kathode des Thyristors mit einem ersten Anschluss und die Anode der Diode mit einem zweiten Anschluss des Induktors verbunden ist oder verbunden werden kann.

[0015] Vorzugsweise ist mindestens ein weiteres Stromrichtungselement, wie zum Beispiel eine zweite Diode, zwischen dem ersten Stromrichtungselement und dem Energiespeicher gegenpolig angeordnet, wobei die Kathoden oder alternativ die Anoden der Dioden miteinander verbunden sind. Somit kann, wenn der Energiespeicher-Stromrichtungs-Kreis, also zum Beispiel der Kondensator-Crowbar-Diodenkreis, nicht hinreichend niederinduktiv ausgelegt werden kann, durch eine zusätzliche Schutzdiode das Überschwingen des Stromes beim Entladen unterdrückt werden.

[0016] Die Erfindung bezieht sich weiterhin auf eine Schaltung oder ein Netzwerk zur Ansteuerung eines mehrdimensionalen elektromagnetischen Werfers mit mindestens zwei wie oben beschriebenen Schaltungen. Dabei kann vorzugsweise eine Richtungssteuereinheit vorgesehen sein, um die einzelnen Schaltungen zeitlich versetzt zum Beispiel mit einem zeitlichen Abstand im Bereich von einer bis 1.000 μs nacheinander anzusteuern, wobei zum Beispiel zwei oder mehr Thyristoren zeitlich versetzt gezündet werden, so dass die Energiespeicher der einzelnen Teilschaltungen zeitlich versetzt zueinander mit den jeweiligen Induktoren des Induktorsystems verbunden werden, wodurch ein gerichteter Abwurf eines oder mehrerer Wirkkörper erzielt werden kann.

[0017] Gemäß einer weiteren Ausführungsform bezieht sich die Erfindung auf einen elektromagnetischen Werfer, wie beispielsweise in der DE 37 29 592 C1 beschrieben, mit einer wie oben beschriebenen Schaltung und mindestens einem Induktor oder Induktorsystem. Bevorzugt besteht das Induktorsystem aus zwei oder drei orthogonalen Spulen oder Spulensystemen und kann auch vier, fünf oder mehr Spulen oder Spulensysteme aufweisen. Wird zum Beispiel eine triorthogonale Spulenanordnung für den Aufbau eines 3D-Werfers verwendet, so kann ein Aubwurfkegel mit einem Öffnungswinkel von 90° realisiert werden, was zum Beispiel für den Dachschutz vorteilhaft ist. Ebenso können auch vier- oder mehrteilige Spulensysteme zum Beispiel mit paarweiser orthogonaler Ausrichtung und/oder symmetrische Spulensysteme verwendet werden.

[0018] Vorzugsweise weist der elektromagnetische Werfer mindestens ein wie oben erwähntes Schutzelement oder mindestens einen Wirkkörper auf, welcher durch den Induktor oder das Induktorsystem bevorzugt zweidimensional oder dreidimensional gerichtet abgeworfen werden kann.

[0019] Somit kann mit der erfindungsgemäßen Schaltung, insbesondere im Zusammenwirken mit steuerbaren elektromagnetischen Werfern, eine Richtungssteuerung auf rein elektronischem Wege beibehalten und extrem schnell, zum Beispiel in weniger als 300 μs, ausgelöst werden, was im Vergleich zu den bisher bekannten hydraulischen oder elektromagnetischen Richtungsstellern, deren Richtzeit in der Größenordnung von einigen Millisekunden und mehr liegt, einen entscheidenden Vorteil darstellt.

[0020] Sowohl bei 2D-Werfern, als auch bei 3D-Werfern, kann der gesamte Aktionsbereich von ±45° unabhängig von der Anzahl und dem Wicklungssinn der verwendeten Induktorspulen beibehalten werden. Das Hinzufügen weiterer Spulen oder Induktoren ist aufgrund der nicht mehr wirksamen gegenseitigen Beeinflussung problemlos möglich und erlaubt die Erweiterung der operationellen Möglichkeiten eines erfindungsgemäßen elektromagnetischen Werfers. Hierdurch kann eine konstruktive Anpassung des Induktor-Konduktor-Systems an eine bestimmte einzuhaltende Geometrie

des Schutzelementes oder des Wirkkörpers erreicht werden.

[0021] Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben. Es zeigen:

Figur 1	eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schaltung als Pulsstrom-Generator, welcher mit einem Induktor gekoppelt ist;
Figur 2	eine zweite Ausführungsform der Erfindung;
Figur 3	ein Prinzipschaltbild zur Veranschaulichung der Kopplung zweier Induktoren;
Figur 4	einen 3D-Werfer aus vier symmetrisch zueinander angeordneten Flachspulen;
Figuren 5a und 5b	eine mögliche Spulenkonfiguration für die in Figur 4 gezeigte Spulenanordnung in Draufsicht und perspektivischer Ansicht; und
Figur 6	eine fünfteilige symmetrische Anordnung von Spulen zur Erhöhung der translatorischen Geschwindigkeitskomponente.

[0022] Figur 1 zeigt das Schaltbild eines erfindungsgemäßen Pulsstrom-Generators, wobei aus Gründen der Übersichtlichkeit zunächst nur ein 1 D-Werfersystem betrachtet wird. Die zu applizierende elektrische Energie befindet sich im Kondensator 1, der auf die Initialspannung U aufgeladen sei. Zum gewünschten Zeitpunkt wird der Thyristor 2 gezündet und damit das Induktorsystem 3 unmittelbar mit dem Energiespeicher 1 verbunden. Sobald der Entladestrom I sein Maximum erreicht hat und die Spannung am Kondensator 1 leicht übergeschwungen ist, übernimmt die Crowbar-Diode 4 den durch den Induktor 3 fließenden Strom. Der Thyristor 2 ist erfindungsgemäß mit in den Crowbar-Kreis einbezogen. Folglich liegt die Crowbar-Diode 4 nicht mehr parallel zum Induktor 3 sondern zum Kondensator 1.

[0023] Durch diese Maßnahme wird gleichzeitig ein besonders kompakter Aufbau des Kondensator-Crowbar-Diodenkreises ermöglicht, dessen Induktivität sehr gering gehalten werden kann, so dass es kaum zu einem Überschwingen (<5 %) des Kondensators 1 kommt. Sollte jedoch ein hinreichend niederinduktiver Aufbau aufgrund konstruktiver Gegebenheiten nicht realisierbar sein, so kann eine weitere Schutzdiode 5 in diesen Kreis eingefügt werden, wie in Figur 2 gezeigt. Dabei ist zu beachten, dass die Sperrspannung dieser Schutzdiode 5 lediglich für die maximal auftretende Umkehrspannung am Kondenstor 1 ausgelegt zu sein braucht und nicht für die maximal mögliche Ladespannung am Kondensator 1.

[0024] Im Folgenden werden nun weitere modulare Pulsstrom-Netzwerke für mehrdimensionale Werfer beschrieben, wobei anzumerken bleibt, dass das Einbringen der Schutzdioden 5 auch hier bei allen Schaltungsvarianten problemlos möglich ist, da sie den zeitlichen Verlauf der Induktorströme in keinem Falle beeinflussen und lediglich dem Schutz der Kondensatoren 1 dienen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind diese Dioden 5 in den einzelnen Schaltbildern nicht mehr gezeigt.

[0025] Die Vorgehensweise, den Thyristor 2 in den Crowbar-Kreis mit einzubeziehen, dient also zunächst zum Schutz der Crowbar-Diode 4 selbst und in weiterer Folge zum Schutz des zugehörigen Thyristors 2. Im Detail lässt sich die Funktionsweise der so modifizierten Schaltung anhand von Figur 3 wie folgt erläutern. Hier sind zwei identische Pulsstromgeneratoren gezeigt, welche einen durch zwei Induktoren gebildeten 2D-Werfer speisen. Wie bereits beschrieben, ist die kritische Phase dann gegeben, wenn das Konduktorsystem und mit ihm das Schutzelement bereits einen gewissen Weg zurückgelegt hat und nur noch eine geringe bzw. keine magnetische Wechselwirkung mehr mit den jeweiligen Induktoren besteht. Relevant ist dann lediglich die Kopplung zwischen den Induktoren untereinander, wie in Figur 3 symbolisch dargestellt.

[0026] Betrachtet sei zunächst der Zeitbereich I. Dies ist die Phase, in der der Strom I_1 im ersten Spulensystem rasch ansteigt, wobei die Induktion im gesamten Raum, also auch im zweiten Induktor, entsprechend zunimmt. Dies soll durch die dick gezeichnete Feldlinie B zum Ausdruck gebracht werden. Entsprechend dem Induktionsgesetz wird dann im zweiten Modul eine Spannung U_{2i} induziert. Bei dem hier gewählten Wicklungssinn wird diese jedoch in Sperrrichtung bezüglich der dortigen Crowbar-Diode liegen, was keinerlei Gefahr mit sich bringt.

[0027] Sobald das Maximum von I_1 überschritten ist (Zeitbereich II), nimmt die Induktion ab, hier symbolisch durch die etwas dünnere Feldlinie angedeutet. Da die induzierte Spannung stets proportional zur negativen Ableitung des magnetischen Flusses bzw. der Induktion ist, wird jetzt im zweiten Modul eine Spannung in entgegen gesetzter Richtung generiert. Solange sich der Thyristor des zweiten Moduls aber im Sperrzustand befindet, kann die so induzierte Spannung U_{2i} nicht an die dortige Crowbar-Diode gelangen und diese folglich auch nicht in den leitenden Zustand versetzen.

[0028] Wird nun das zweite Modul gezündet, so ist die sehr viel höhere Ladespannung U_2 bezüglich der fremdinduzierten Spannung U_{21} entgegengerichtet und dominant, und es kommt auch im zweiten Modul zu einem "ordnungsgemäßen" bzw. funktionsgerechten Stromfluss I_2 durch den Thyristor, den Induktor und im weiteren Verlauf durch die

Crowbar-Diode.

[0029] Anzumerken bleibt, dass die Tyhristoren bei der so modifizierten Schaltung ein höheres Laststromintegral $\int|^2dt$ aufweisen müssen, da sie nunmehr nicht nur während des Zeitbereiches I, sondern auch noch während des Zeitbereiches II, stromführend sind. Hierzu sollte das Pulsstrom-Netzwerk geeignet dimensioniert und es sollten geeignete, handelsübliche Thyristortypen ausgewählt werden.

[0030] Mit einem wie in Figur 3 beispielhaft gezeigten 2D-Werfer, bei dem zwei Flachspulen orthogonal zueinander liegen, lässt sich eine planare Aktionsebene überstreichen. Der Abwurfwinkel liegt dabei vorzugsweise im Bereich von -45° bis +45°. Unter Hinzunahme einer weiteren Spule, die triorthogonal angeordnet werden kann, kann ein 3D-Werfer realisiert werden. Damit kann ein räumlicher Aktionskegel mit einem maximalen Öffnungswinkel von 90° abgedeckt werden, der insbesondere für den Dachschutz gepanzerter Fahrzeuge einen entscheidenden Vorteil bringen kann.

[0031] Im Hinblick auf die technische Ausgestaltung und unter Berücksichtigung der analytischen Zusammenhänge zwischen den jeweiligen Zündzeitverzögerungen und dem sich daraus ergebenden Abwurfwinkel ist es jedoch ratsam und vorteilhaft, einen 3D-Werfer aus vier symmetrisch zueinander angeordneten Flachspulen aufzubauen, wie in den Figuren 4 und 5 dargestellt. Figur 4 zeigt das dementsprechend erweiterte pulsformende Netzwerk, während Figur 5a ein in Draufsicht und Figur 5b in perspektivischer Ansicht mögliche Spulenkonfiguration zeigt. Als Beispiel sind hier vier dreieckförmige Flachspulen wiedergegeben. Jedoch wäre es auch denkbar, dass trapezförmig gekrümmte Spulenelemente zum Einsatz kommen können, wie sie sich beispielsweise mit Hilfe der Elektroerosion aus einem hohlkegelförmigen oder schüsselförmigen Kupferrohling schneiden lassen.

[0032] Da bei Verwendung des erfindungsgemäßen Pulsstrom-Netzwerkes das Problem der gegenseitigen Induktion benachbarter Spulen generell gelöst wird und der Windungssinn der einzelnen Spulen bedeutungslos bleibt, lassen sich grundsätzlich beliebige mehrteilige Werfersysteme aufbauen. So zeigt zum Beispiel Figur 6 eine fünfteilige, symmetrische Anordnung mit einer zentralen Flachspule im Bodenbereich des Werfers. Durch diese Maßnahme können im Bedarfsfalle die operationellen Möglichkeiten deutlich erweitert werden, wie zum Beispiel die Verbesserung der Abwurfgenauigkeit oder Winkelpräzision in einem bestimmten Abwurfsektor oder die Erhöhung der translatorischen Geschwindigkeitskomponente in Richtung der Mittelachse. Letzteres ist gleichbedeutend mit einer Vergrößerung des Interaktionsabstandes, was insbesondere und bekanntermaßen bei der Abwehr von Hohlladungen besonders vorteilhaft ist. Die fünfte Antriebsspule kann somit wahlweise und je nach Bedarfsfall, also der Bedrohungsart oder dem angestrebten Abwehrmechanismus hinzugeschaltet werden.

Patentansprüche

1. Schaltung zur Ansteuerung mindestens eines Induktors (3) eines elektromagnetischen Werfers mit mindestens einem Energiespeicher (1) für den mindestens einen Induktor (3), welcher mit dem mindestens einen Induktor (3) verbunden ist, mindestens einem Schaltelement (2), welches zwischen dem Energiespeicher (1) und dem mindestens einen Induktor (3) angeordnet ist, mindestens einem Stromrichtungselement (4), welches parallel zu dem mindestens einen Energiespeicher (1) geschaltet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schaltelement (2) zwischen dem Stromrichtungselement (4) und dem mindestens einen Induktor (3) angeordnet ist

2. Schaltung nach Anspruch 1, wobei der Energiespeicher (1) ein Kondensator oder eine Kondensatorbank ist.

3. Schaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Schaltelement (2) ein Thyristor, GTO oder IGBT ist

4. Schaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit mindestens einem weiteren Stromrichtungselement (5); welches gegenpolig zwischen dem ersten Stromrichtungselement (4) und dem Energiespeicher (1) geschaltet ist.

5. Schaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Stromrichtungselement (4, 5) eine Diode, insbesondere eine Crowbar-Diode, ist.

6. Schaltung zur Ansteuerung eines mehrdimensionalen elektromagnetischen Werfers mit mindestens zwei Schaltungen nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

7. Schaltung nach dem vorhergehenden Anspruch 6 mit einer Richtungssteuereinheit zur zeitlich versetzten Ansteuerung von mindestens zwei Schaltungen nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

8. Elektromagnetischer Werfer mit einer Schaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche und mindestens einem Induktor oder Induktorsystem (3).

9. Elektromagnetischer Werfer nach dem vorhergehenden Anspruch 8, wobei das Induktorsystem aus zwei oder drei orthogonalen Spulen oder Spulensystemen oder aus vier, fünf oder mehr Spulen oder Spulensystemen besteht.

10. Elektromagnetischer Werfer nach einem der zwei vorhergehenden Ansprüche 8 oder 9, wobei die Spulen Flachspulen, dreieckförmig, viereckförmig und/oder symmetrisch zueinander angeordnet sind und/oder eine zentrale Spule vorgesehen ist.

11. Elektromagnetischer Werfer nach einem der drei vorhergehenden Ansprüche 8, 9 oder 10 mit mindestens einem Schutzelement oder Wirkkörper, welche durch den mindestens einen Induktor beschleunigt werden kann.

Claims

1. Circuit for activating at least one inductor (3) of an electromagnetic launcher, with at least one energy storage (1) for the at least one inductor (3) which is connected to the at least one inductor (3), at least one switch element (2) disposed between the energy storage (1) and the at least one inductor (3), at least one power-directing element (4) connected in parallel with the at least one energy storage (1), **characterised in that** the switch element (2) is disposed between the power-directing element (4) and the at least one inductor (3).

2. Circuit as claimed in claim 1, wherein the energy storage (1) is a capacitor or a bank of capacitors.

3. Circuit as claimed in one of the preceding claims, wherein the switch element (2) is a thyristor, GTO or IGBT.

4. Circuit as claimed in one of the preceding claims, with at least one other power-directing element (5) which is connected in reverse polarity between the first power-directing element (4) and the energy storage (1).

5. Circuit as claimed in one of the preceding claims, wherein the power-directing element (4, 5) is a diode, in particular a crowbar diode.

6. Circuit for activating a multi-dimensional electromagnetic launcher with at least two circuits as claimed in one of the preceding claims.

7. Circuit as claimed in preceding claim 6, with a direction control unit for activating at least two circuits as claimed in one of the preceding claims offset from one another in time.

8. Electromagnetic launcher with a circuit as claimed in one of the preceding claims, and at least one inductor or inductor system (3).

9. Electromagnetic launcher as claimed in preceding claim 8, wherein the inductor system comprises two or three orthogonal coils or coil systems or four, five or more coils or coil systems.

10. Electromagnetic launcher as claimed in one of the two preceding claims 8 or 9, wherein the coils are flat coils disposed in a triangular shape, quadrangular shape and/or symmetrically with respect to one another and/or a central coil is provided.

11. Electromagnetic launcher as claimed in one of the three preceding claims 8, 9 or 10, with at least one protective element or reactive element which can be accelerated by means of the at least one inductor.

Revendications

1. Circuit de commande d'au moins un inducteur (3) d'un lanceur électromagnétique avec au moins un accumulateur d'énergie (1) pour le au moins un inducteur (3), qui est relié au au moins un inducteur (3), au moins un élément de commutation (2) qui est disposé entre l'accumulateur d'énergie (1) et le au moins un inducteur (3), au moins un élément de direction de courant (4) qui est couplé en parallèle au au moins un accumulateur d'énergie (1), **caractérisé en ce que** l'élément de commutation (2) est disposé entre l'élément de direction de courant (4) et le au moins un inducteur (3).

2. Circuit selon la revendication (1) dans lequel l'accumulateur d'énergie (1) est un condensateur ou un banc de condensateurs.

3. Circuit selon l'une des revendications précédentes dans lequel l'élément de commutation (2) est un thyristor, GTO ou IGBT.

4. Circuit selon l'une des revendications précédentes avec au moins un autre élément de direction de courant (5) qui est couplé avec pôles opposés entre le premier élément de direction de courant (4) et l'accumulateur d'énergie (1).

5. Circuit selon l'une des revendications précédentes dans lequel l'élément de direction de courant (4, 5) est une diode, en particulier une diode Crowbar.

6. Circuit de commande d'un lanceur électromagnétique pluridimensionnel avec au moins deux circuits selon l'une des revendications précédentes.

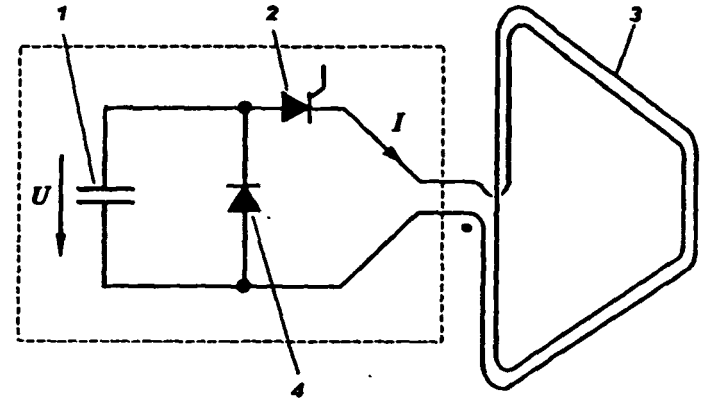
7. Circuit selon la revendication 6 précédente avec une unité de commande de direction pour la commande décalée dans le temps d'au moins deux circuits selon les revendications précédentes.

8. Lanceur électromagnétique avec un circuit selon l'une des revendications précédentes et au moins un inducteur ou système d'inducteur (3).

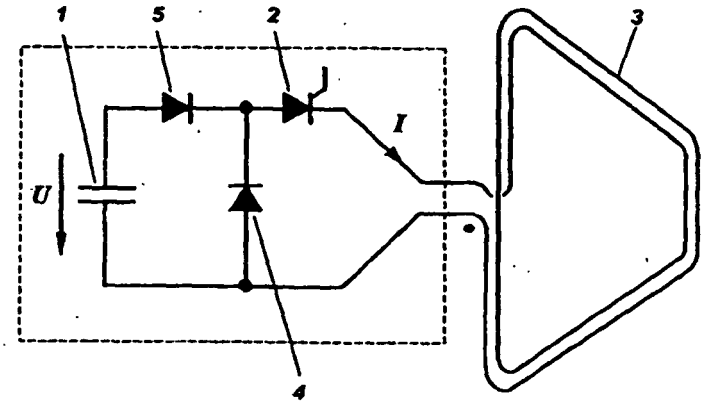
9. Lanceur électromagnétique selon la revendication 8 précédente dans lequel le système d'inducteur est constitué de deux ou trois bobines orthogonales ou systèmes de bobines ou de quatre, cinq ou plus bobines ou systèmes de bobines.

10. Lanceur électromagnétique selon l'une des deux revendications 8 ou 9 précédentes dans lequel les bobines sont des bobines plates, triangulaires, rectangulaires et/ou disposées symétriquement les unes par rapport aux autres et/ou il est prévu une bobine centrale.

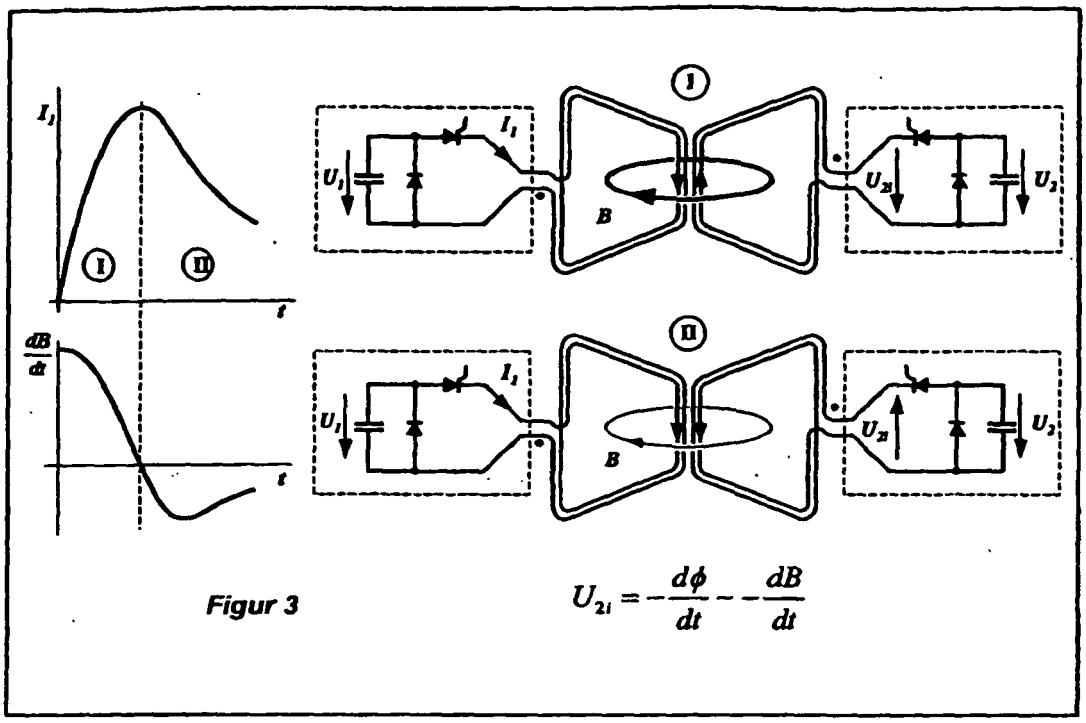
11. Lanceur électromagnétique selon l'une des trois revendications 8, 9 ou 10 précédentes avec au moins un élément de protection ou corps actif qui peut être accéléré par le au moins un inducteur.



Figur 1

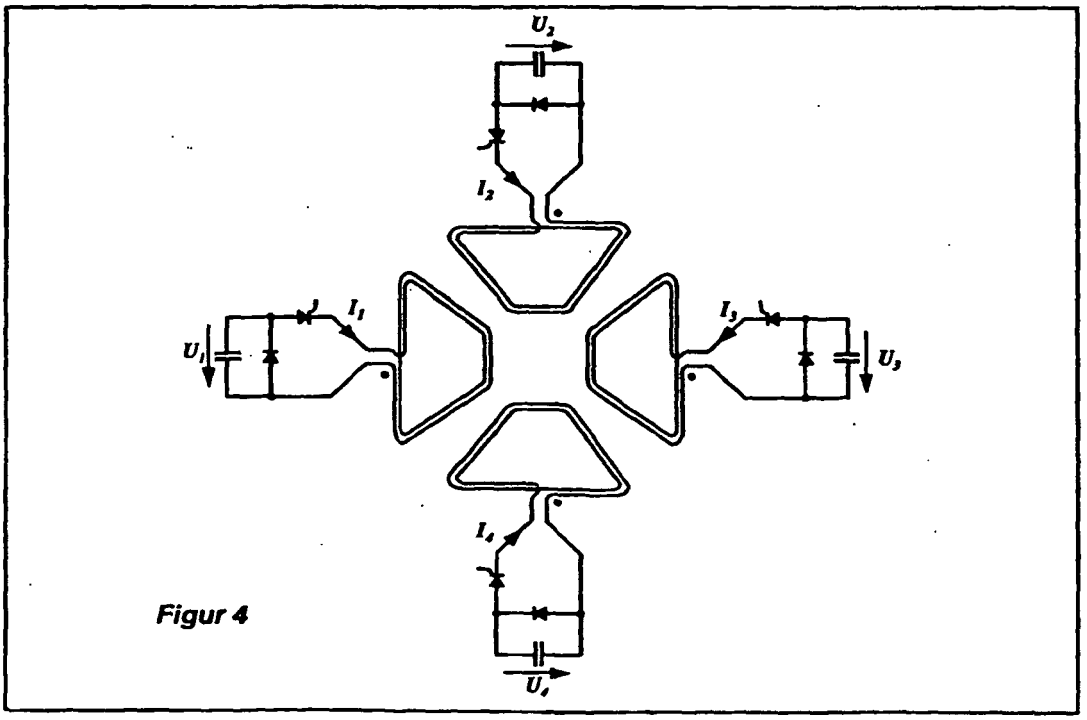


Figur 2

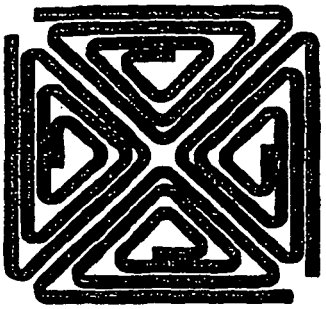


Figur 3

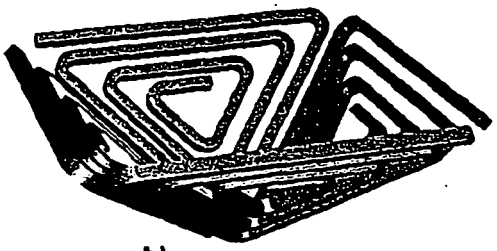
$$U_{2i} = -\frac{d\phi}{dt} - -\frac{dB}{dt}$$



Figur 4

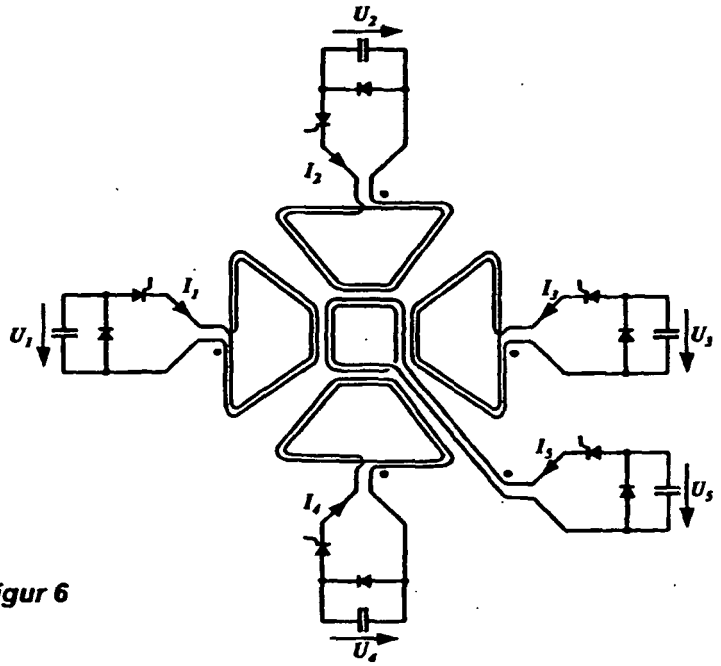


a)



b)

Figur 5



Figur 6

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3729592 C1 **[0003] [0017]**