



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
30.05.2007 Patentblatt 2007/22

(51) Int Cl.:
H01F 13/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06405403.4**

(22) Anmeldetag: **26.09.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **Maurer, Albert**
8624 Grüt (CH)

(72) Erfinder: **Maurer, Albert**
8624 Grüt (CH)

(74) Vertreter: **Schneider Feldmann AG**
Patent- und Markenanwälte
Beethovenstrasse 49
8002 Zürich (CH)

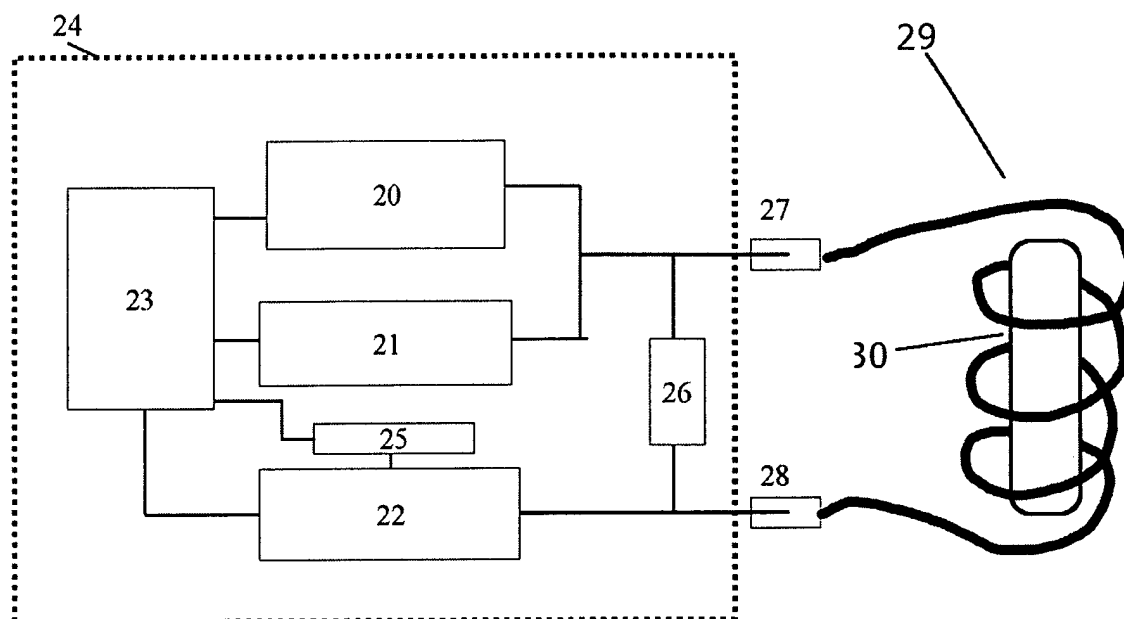
(30) Priorität: **24.11.2005 CH 18752005**

(54) **Entmagnetisierungsverfahren durch Wechselstromimpulse in einer in Schlaufen gelegten Leiterschleife**

(57) Vorgestellt wird ein Verfahren zum reproduzierbaren kondensatorfreien Entmagnetisieren von Objekten mit Restmagnetismus mittels mindestens einem niederfrequenten und frequenzmodulierten Wechselstromimpuls (1) variabler Amplitude und Wechselstromimpulsbreite (2) in einem flexiblen, vollständig isolierten ungeschirmten Leiter, wodurch ein Magnetfeldimpuls in Leiternähe erzeugt wird. Eine Stromsteuerung (24) mit Inverter (20), einem Stromsensor (22) und einem ge-

schlossenen Regelkreis produziert den Wechselstromimpuls (1) als Kette einzelner Entmagnetisierimpulse (5) mit einstellbarer Wechselstromimpulsfrequenz (4) und Entmagnetisierimpulsamplitude (6). Die Entmagnetisierimpulsamplitude (6) wird entlang einer Entmagnetisierkurve (7) auf Null geregelt, wodurch die Objekte (30) in der Nähe des Leiters, der zu einer beliebig geformten Leiterschleife (29) gelegt sein kann, entmagnetisiert werden.

Fig. 3



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung beschreibt ein Verfahren zum reproduzierbaren kondensatorfreien Entmagnetisieren von Objekten mit Restmagnetismus mittels mindestens einem niederfrequenten und frequenzmodulierten Wechselstromimpuls variabler Amplitude und Wechselstromimpulsbreite in einem Leiter, wodurch ein Magnetfeldimpuls in Leiternähe erzeugt wird.

[0002] Die Objekten können ferromagnetische Teile unterschiedlicher Grösse und unterschiedlichen Gewichts sein. Dabei kann der Restmagnetismus während der Herstellung oder Behandlung durch den Einfluss eines äusseren Magnetfeldes resultieren oder aber gezielt einem Objekt eingeprägt worden sein.

Stand der Technik

[0003] Zur Entmagnetisierung von ferromagnetischen Objekten sind mehrere Verfahren bekannt. Schon früh wurde die Entladung eines aufgeladenen Kondensators eines Schwingkreises zur Entmagnetisierung ausgenutzt, wobei das bei der oszillierenden Entladung des Kondensators auftretende magnetische Wechselfeld auf Objekte in der Nähe der Entmagnetisierungsspule des Schwingkreises benutzt wird. Der Nachteil dieser Kondensatorentladungsmethode liegt in der fehlenden Reproduzierbarkeit des magnetischen Wechselfeldes und in dem sehr schnell abklingenden Stromimpuls. Je nach Induktion der verwendeten Spule und der anderen verwendeten Bauteile resultiert ein variierender Wechselstromfeldimpuls, auf den kein Einfluss mehr genommen werden kann, da er von den Parametern des Schwingkreises beeinflusst wird und nicht von aussen gesteuert wird.

[0004] In US4384313 wird ein weiterentwickeltes Verfahren zum Entmagnetisieren beschrieben, dass wiederum einen Schwingkreis benutzt, an welchen kontrollierte Wechselspannungsimpulse angelegt werden. Der besagte Schwingkreis wird über einen aufwändigen elektronischen Aufbau gesteuert, indem ein Gleichrichter die Netzspannung gleichrichtet und durch die Gleichspannung einen Inverter versorgt, der den Schwingkreis aus einem oder mehreren Kondensatoren und der Entmagnetisierungsspule mit einer Wechselspannung variabler Frequenz und Amplitude versorgt. Da es sich um einen Schwingkreis handelt ist die verwendete Frequenz des Wechselstromes, der das magnetische Wechselfeld induziert von grosser Wichtigkeit. Der maximale Stromfluss innerhalb des Schwingkreises und damit innerhalb der Entmagnetisierungsspule kann nur dann erreicht werden, wenn die Phasenverschiebung zwischen angelegter Spannung und fliessendem Strom im Schwingkreis gleich Null ist. Diese Phasenverschiebung verschwindet nur dann, wenn der Inverter eine Wechselspannung mit Resonanzfrequenz liefert. Dann ist die Impedanz, also der Wechselstromwiderstand des Schwingkreises mini-

mal und der maximale Strom und damit das maximal induzierbare Magnetfeld innerhalb der Entmagnetisierungsspule treten auf. Zur Detektion des Phasenunterschiedes wird ein Phasendetektor eingesetzt, um die Phasenverschiebung zwischen der Spannung und dem Strom zu detektieren. Dazu wird das Stromsignal über die Spannung, die über einem Widerstand im Schwingkreis abfällt, ermittelt. Durch die Phaseninformation kann ein Oszillator den benutzten Inverter gezielt auf die Resonanzfrequenz einstellen. Wenn die beschriebene Einstellung der Resonanzfrequenz stattgefunden hat kann die Wechselstromamplitude vom Inverter heruntergefahren werden, wodurch der Entmagnetisierungsvorgang beendet wird.

[0005] In einer einfacheren Ausführungsform wird der Phasendetektor weggelassen und die Frequenz des Wechselstromimpulses wird über einen Bereich kleiner bis grösser der Resonanzfrequenz verfahren. Dabei wird die Resonanzfrequenz auf jeden Fall kurzzeitig erreicht, womit das maximal mögliche magnetische Wechselfeld auftritt.

[0006] Da ein Wechselstromimpuls zur Entmagnetisierung in einem Schwingkreis benutzt wird, dessen Induktivität durch die zu entmagnetisierenden Objekte verändert wird, muss eine elektronische Steuerung benutzt werden, die eine Einstellung der Wechselimpulsfrequenz erlaubt. Wenn die Resonanzfrequenz geregelt nachgeführt werden soll, muss neben einem elektronischen Bauteil, welches die Steuerung der Wechselstromimpulsfrequenz vornimmt, zusätzlich noch ein Bauteil die Detektion der Resonanzfrequenz vornehmen. Es ist damit ein komplizierter elektronischer Aufbau nötig, um den Wechselstromimpuls zur Erzeugung eines möglichst grossen magnetischen Wechselfeldimpulses bereit zu stellen.

Da fixe Spulen benutzt werden sind die geometrischen Abmessungen der zu entmagnetisierenden Objekte begrenzt, da diese in die Nähe der Spulen gebracht werden müssen. Die möglichst exakte und dichte Wicklung der Stromkabel in einer Spule hat den Nachteil, dass die Kabel bei hohen Strömen stark aufgeheizt werden und im Dauerbetrieb zu veränderten Entmagnetisierungskurven führen können. Auch die benutzten Kondensatoren ändern ihre Eigenschaften bei grösserer Wärmeentwicklung, was sich auf Eigenschaften des Schwingkreises auswirkt.

[0007] Um einen Einblick zu bekommen, wie die zu entmagnetisierenden Objekte relativ zum Magnetfeld angeordnet werden, wird auf EP1465217 verwiesen. Dort wird eine Transportstrasse beschrieben, auf welcher die Objekte zwischen eine stationäre lange Spule oder zwei stationäre Spulen eines Schwingkreises transportiert werden, wo die Objekte für eine gewünschte Zeit verweilen. Die Entmagnetisierung erfolgt auch hier durch einen Wechselstromimpuls der in Frequenz und Amplitude steuerbar ist und dessen Wechselstromimpulsamplitude von einem Maximalwert automatisch auf Null reduziert wird. Die Objekte befinden sich während des Entmagne-

tisierungsvorganges in einem homogenen magnetischen Wechselfeld, dessen Feldstärke durch die Wechselstromimpulsamplitude reduziert wird. Auch hier sorgt ein Inverter für die Steuerung des Stromes, der durch den Schwingkreis, bestehend aus den beiden Entmagnetisierungsspulen und Kondensatoren, fliesst.

[0008] Da auch hier ein Schwingkreis verwendet wird, ist die Abstimmung der Wechselstromimpulsfrequenz auf die Resonanzfrequenz des Schwingkreises abzustimmen, um den maximalen Stromfluss im Schwingkreis zu erreichen.

Nachteilig wirkt sich aus, dass die Grösse der entmagnetisierbaren Objekte durch den Durchmesser der Entmagnetisierungsspulen bestimmt ist. Ebenso ist das Gewicht der Objekte durch die Tragfähigkeit der Transportstrasse begrenzt. Damit ist eine komplette Entmagnetisierung eines grossen Gegenstandes, wie beispielsweise einer Turbine, als Ganzes nahezu unmöglich, es sei denn man stellt eine geeignete Transportstrasse und Spulen geeigneten Durchmessers bereit. Da aber schon die gesamte Entmagnetisierungsapparatur so gross und sperrig ist, dass sie fest in einer Werkhalle installiert werden muss, wäre schon die Demontage und der Transport sehr grosser Objekt zur Entmagnetisiervorrichtung sehr mühsam.

[0009] Auch in US4360854 wird eine Vorrichtung beschrieben, in welcher die zu entmagnetisierenden Objekte durch Spulen grossen Durchmessers bewegt werden müssen, damit die Entmagnetisierung stattfinden kann. Trotz grosser Abmessungen der Spulen ist es hier nicht möglich grosse Objekte als Ganzes und in einem Schritt zu entmagnetisieren. Die Grösse der Apparatur macht einen mobilen Einsatz der Entmagnetisierung unmöglich. Die zu entmagnetisierenden Objekte müssen zur Entmagnetisierungsvorrichtung transportiert werden, um dort auf beweglichen Transportwagen liegend durch das Magnetfeld der Spulen bewegt zu werden. Hier werden ebenfalls besondere Anforderungen an die Transportwagen gestellt, die für grosse Gewichte ausgelegt sein müssen. Die beschriebene Vorrichtung verlangt zwingend die Demontage von zu entmagnetisierenden Bauteilen, damit diese durch das Magnetfeld geführt werden können. Die Maschinen und Vorrichtungen, in denen sich Objekte mit Restmagnetismus befinden sind darum für eine längere Zeit stillzulegen, damit die Demontage, die Entmagnetisierung und die erneute Montage stattfinden können.

Darstellung der Erfindung

[0010] Die vorliegende Erfindung hat sich zur Aufgabe gestellt ein Verfahren bereit zu stellen, welches es erlaubt kleine bis sehr grosse und schwere Objekte, vor Ort flexibel und ohne Demontage reproduzierbar zu entmagnetisieren. Damit sind längere Stillstandzeiten von Apparaturen, in denen sich Objekte mit zu beseitigendem Restmagnetismus befinden, vermeidbar. Die Objekte müssen also nicht zwingend zum Entmagnetisieren weg-

bewegt werden. Das vorliegende Verfahren benötigt keine Transportmöglichkeit der Objekte mit Restmagnetismus durch Transportstrassen oder anderes, was zu Komplikationen vor und während der Entmagnetisierung führen kann. Auch die Abmessungen der entmagnetisierbaren Objekte sind nicht durch eine vorgefertigte, eventuell speziell angefertigte, Entmagnetisierungsspule begrenzt. Auf Grund der wenigen benötigten Bauteile und den Verzicht auf sperrige Aufbauten ist das Verfahren transportabel und kann auf kleinem Raum ortsungebunden angewendet werden.

[0011] Das vorliegende Verfahren kommt ohne Kondensatoren und damit ohne einen elektronischen Schwingkreis aus, so dass keine Resonanzfrequenzdetektion und Resonanzfrequenzeinstellung durch weitere elektronische Bauteile nötig wird. Im Unterschied zu den Schwingkreis-Lösungen, löst das vorliegende Verfahren die Aufgabe bei wählbaren tiefen Frequenzen ab 1 Hz zu arbeiten, die mit Einsatz von Kondensatoren nicht, oder nur mit hohen Anforderungen an die Kondensatoren zu erreichen sind. Die Vermeidung von Kondensatoren erlaubt es dem Wechselstromimpuls einen konstanten Gleichstromanteil zu überlagern, der dem Objekt einen gewünschten Restmagnetismus einprägen kann. Dies ist mit einer Schwingkreis-Lösung nicht möglich, da der Kondensator Gleichstrom sperrt und aufgeladen wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0012] Das Verfahren und die Vorrichtung zur Lösung der oben beschriebenen Aufgabe wird nachfolgend im Zusammenhang mit den Zeichnungen beschrieben.

Figur 1 zeigt einen benutzten Wechselstromimpuls im I/t Diagramm, wobei aus Gründen der Übersicht nur etwa 20 Perioden aufgezeichnet sind. Figur 2 zeigt zusätzlich einen Wechselstromimpuls dem ein Gleichstromanteil additiv überlagert ist.

Figur 3 zeigt die Stromsteuerung mit einigen Details und den Anschluss des Leiters unter Bildung einiger Schlaufen um ein Objekt in einer schematischen Darstellung.

Beschreibung

[0013] Zur Entmagnetisierung von Bauteilen verschiedener Dicke werden magnetische Wechselfelder eingesetzt, die durch mindestens einen Wechselstromimpuls 1 mit einstellbarer Wechselstromimpulsbreite 2 erzeugt werden. Wie in Figur 1 dargestellt besteht der Wechselstromimpuls 1 aus einer Kette von Entmagnetisierimpulsen 5 alternierender Polung mit steuerbaren Entmagnetisierimpulsamplituden 6. Der Polaritätswechsel der Entmagnetisierimpulse 5 geschieht mit einer einstellbaren Wechselstromimpulsfrequenz 4. Die Wechselstromimpulsfrequenz 4 bestimmt die Eindringtiefe des resultierenden Magnetfeldes in den zu entmagnetisierenden Werkstoff. Dabei führen tiefe Wechselstromimpulsfre-

quenzen 4 von wenigen Hertz zu grossen Eindringtiefen. In der vorliegenden Erfindung wird mit Wechselstromimpulsfrequenzen 4 grösser als 1 Hz gearbeitet. Ausgehend von einem Wechselstromimpulsamplitudenmaximum 3 werden die Entmagnetisierimpulsamplituden 6 kontinuierlich mit einem steuerbaren Dekrement gegen Null herabgesetzt. Die Einhüllende der Entmagnetisierimpulsamplituden 6 wird im Folgenden Entmagnetisierungskurve 7 genannt. Messungen haben ergeben, dass es vorteilhaft ist, dass die Entmagnetisierungskurve 7 möglichst flach und damit langsam abfällt. Die Wechselstromimpulsbreite 2 wird üblicherweise so gewählt, dass etwa 100 Wechselstromimpulsperioden bei einem Entmagnetisierungsvorgang durchlaufen werden. Je nach benötigter Eindringtiefe des Magnetfeldes wird die Wechselstromimpulsfrequenz 4 gewählt, wodurch die Wechselstromimpulsbreite 2 und damit die Gesamtzeit der vollständigen Entmagnetisierung bestimmt wird.

[0014] Zur vollständigen und reproduzierbaren Entmagnetisierung werden sehr hohe Anforderungen an die Form des Wechselstromimpulses 1 gestellt. Zum einen ist es unbedingt erforderlich, dass der Stromnullpunkt bei jedem Polaritätswechsel nach jedem einzelnen Entmagnetisierimpuls 5 linear und ohne Singularitäten durchfahren wird. Zum zweiten muss eine hohe Symmetrie der Entmagnetisierimpulse 5 erreicht werden.

Drittens ist die genaue und reproduzierbare Steuerung kleiner Entmagnetisierimpulsamplituden 6 im bereits stark abgeklungenen Bereich der Entmagnetisierungskurve 7 sehr wichtig. Es muss also eine hohe Stromauflösung erreicht werden. In der vorliegenden Erfindung werden die alternierenden Entmagnetisierimpulsamplituden 6 bis zu einer Amplitude von weniger als einem Tausendstel des Wechselstromimpulsamplitudenmaximums 3 reproduzierbar gesteuert.

[0015] Die beschriebenen Anforderungen an die Form der Entmagnetisierungskurve 7 werden durch eine im Folgenden näher beschriebenen Stromsteuerung 24 erreicht. Ein Inverter 20 erzeugt in der hier beschriebenen Stromsteuerung 24 die niederfrequenten Wechselstromimpulse 1 mit den oben beschriebenen Anforderungen. Dieser Inverter 20 ist aus Transistoren in einer Brückenschaltung aufgebaut, die mit Pulsbreitenmodulation arbeitet. Heutzutage werden IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) verwendet, da diese über eine hohe Sperrspannung verfügen und hohe Ströme schalten können. Für die interne Schaltung des Inverters 20 sind aber auch andere Schaltungskonzepte (beispielsweise mit MOSFETS) denk- und ausführbar.

[0016] Die im Inverter 20 erzeugten rechteckförmigen Impulse von Frequenzen grösser als 3 kHz werden von Transistoren erzeugt, die keinen Haltestromeffekt zeigen. Die hohe Grundfrequenz des Inverters 20, die zur Impulsbreitenmodulation eingesetzt wird, erlaubt die Regelung von Wechselstromimpulsen 1 von Null Hz (also Gleichstrom) bis zur Netzfrequenz (50Hz bzw. 60 Hz) mit hoher Präzision. Die Stromsteuerung 24 beinhaltet einen Stromsensor 22, der den aktuell fliessenden Strom, auch

bei geringen Entmagnetisierimpulsamplituden 6 auslesen kann, wodurch ein geschlossener Stromregelkreis gesteuert wird. Die Signale des Stromsensors 22 werden durch eine Programmier- und Ausleseeinheit 23 wieder in den Inverter 20 eingespeist. Damit ist die Steuerung kleiner Entmagnetisierimpulsamplituden 6 bis zu weniger als einem Tausendstel des Wechselstromimpulsamplitudenmaximums 3 zu erreichen. Die Inverterinterne Schaltung sorgt ausserdem dafür, dass der Stromnullpunkt bei jedem Polaritätswechsel absolut linear durchgeföhren wird, was für eine vollständige Entmagnetisierung essentiell ist.

[0017] Die hohe Inverter-interne Frequenz liegt bezüglich der Immissions-Grenzwerte, bei hauptsächlich induktiver Last am Inverter, in einem Bereich, in dem ein geringerer Leistungsverlust bei der Erzeugung der Wechselstromimpulse 1 auftritt, als bei tieferen Frequenzen. Dies macht die Benutzung eines Inverters 20 effektiver als die Benutzung von anderen Stromquellen. Die Stromsteuerung 24 und damit die zu durchföhrende Entmagnetisierungskurve 7, die Entmagnetisierimpulsamplituden 6 und die Wechselstromimpulsfrequenz 4 sind über die Programmier- und Ausleseeinheit 23 programmierbar. Diese erlaubt es die Parameter des Wechselstromimpulses 1 durch Anschluss eines Computers an die Stromsteuerung 24 oder durch manuelle Programmierung der Programmier- und Ausleseeinheit 23 einzustellen.

[0018] Zur Entmagnetisierung wird ein flexibler und vollständig isolierter ungeschirmter Leiter ausreichender Länge in Form eines bekannten Litzenkabels zwischen einem Eingang 27 und einem Ausgang 28 der Stromsteuerung 24 angeschlossen. Dabei ist darauf zu achten, dass das Kabel für die Höchstspannung der Entmagnetisierung und das Wechselstromimpulsamplitudenmaximum 3 ausgelegt ist. Da mit hohen Strömen und Spannungen gearbeitet wird, ist es wichtig, dass der Leiter sicher an der Stromsteuerung 24 befestigt wird und sich nicht versehentlich ablösen kann. Eine Möglichkeit besteht in einer Schraubverbindung, wobei die Stecker des Leiters, sowie die Anschlussbuchsen (27, 28) der Stromsteuerung 24 Gewinde aufweisen.

[0019] Um sicher zu sein, dass der Leiter korrekt verkabelt ist und ein Wechselstromimpuls 1 fliessen kann, wird eine Leiterüberwachung 26 benutzt. Diese misst den ohmschen Widerstand zwischen Eingang 27 und Ausgang 28 der Stromsteuerung 24 im unbelasteten Zustand, woraus ersichtlich wird, ob der Leiter korrekt mit Eingang 27 und Ausgang 28 der Stromsteuerung 24 verbunden ist und ob das Kabel in Ordnung ist. Erst wenn der Leiter korrekt angeschlossen ist, also ein ohmscher Widerstand messbar ist, kann der Wechselstromimpuls 1 von der Stromsteuerung 24 ausgelöst werden.

[0020] Nachdem der Leiter von der Leiterüberwachung 26 geprüft mit der Stromsteuerung 24 verbunden wurde wird er in die Nähe des zu entmagnetisierenden Objektes 30 gebracht, so dass das Objekt 30 in dem, durch den späteren Stromfluss resultierenden Magnet-

feld positioniert ist. Eine Möglichkeit besteht darin, den flexiblen Leiter zu einer Leiterschleife 29 zu formen, deren Form variabel ist. Um sicher zu sein, dass das Magnetfeld das Objekt 30 durchdringt, kann die Leiterschleife 29 in mindestens einer Schlaufe um das Objekt 30 gelegt werden. In vorteilhaften Ausgestaltungsformen des Leiters, wird dieser so lang gewählt, dass er in mehreren Schleifen um das Objekt 30 gelegt oder förmlich gewickelt werden kann. Bei Bildung von Mehrfachschleifen um das Objekt 30 bildet dieses den Leiterschleifenkern.

[0021] Auch eine Ansammlung von Objekten 30 kann bei einem Entmagnetisiervorgang entmagnetisiert werden, wenn die Objekte beispielsweise in einen Schüttgutcontainer gefüllt werden, der von der Leiterschleife 29 mit einer beliebigen Anzahl an Wicklungen umschlossen wird.

[0022] Beim Fluss des Wechselstromimpulses 1 durch den Leiter bildet sich ein magnetisches Wechselfeld aus, welches durch die Art der Schleifenbildung des Leiters zu einer statistischen, willkürlichen Feldlinienverteilung führt. Durch den auftretenden teilweise sehr hohen Stromfluss, erwärmt sich der Leiter. Diesen Effekt kann man optional zur Stromflussüberwachung 25 ausnutzen. Durch die Stromflussüberwachung 25 kann festgestellt werden, ob der Wechselstromimpuls 1 tatsächlich durch den Leiter geflossen ist. Diese Stromflussüberwachung 25 wird mit Hilfe eines Widerstandsmessgerätes durchgeführt, welches während des Entmagnetisiervorganges den momentanen Ohmschen Widerstand des Leiters ausliest und an die Programmier- und Ausleseseinheit 23 weitergibt. Durch die hohen Stromamplituden von mehr als 100 A während der Entmagnetisierimpulse 5 erhöht sich die Temperatur des Leiters, was einen erhöhten Ohmschen Widerstand zur Folge hat. Diese Stromflussüberwachung 25 liefert damit einen Messwert, der angibt, ob der Strom durch den Leiter geflossen ist. Darüber hinaus erlaubt die Temperaturbestimmung aus dem gemessenen Widerstandswert den Schutz des Leiters vor zu hohen Temperaturen.

[0023] Durch die Nutzung eines kondensatorfreien Stromkreises für den Fluss von Wechselstromimpulsen 1 durch eine flexible Leiterschleife, ist es möglich dem Wechselfeld einen definierten, konstanten und kleinen Gleichstromanteil additiv zu überlagern. Eine Gleichstromquelle 21 in der Stromsteuerung 24 kann den Gleichstromanteil 9 bereits mit Beginn des Wechselstromimpulses 1 addieren oder im Verlauf der abklingenden Entmagnetisierkurve 7 hochfahren. Ein solcher, dem Wechselstromimpuls 1 überlagerter Gleichstromanteil 9 dient dazu das statische Erdmagnetfeld zu kompensieren. Zusätzlich kann durch die Überlagerung eines Gleichstromanteils dem behandelten Objekt 30 eine gewünschte Magnetisierung eingeprägt werden.

[0024] Vor allem bei einfachen und günstigen Invertern 20 besteht die Möglichkeit die Entmagnetisierspannung, aus der der Wechselstromimpuls resultiert, herunter zu fahren und damit die Entmagnetisierimpulsampli-

tude zu verringern. Für diesen Zweck besitzen besagte Inverter 20 eine Funktion die geregelte Motorabschaltung genannt wird. Die Reproduzierbarkeit der Entmagnetisierung ist bei Verringerung der Entmagnetisierspannung nicht unbedingt gegeben.

Bezugszeichenliste

[0025]

1. Wechselstromimpuls
2. Wechselstromimpulsbreite (Einhüllende bis 0)
3. Wechselstromimpulsamplitudenmaximum
4. Wechselstromimpulsfrequenz
5. Entmagnetisierimpuls
6. Entmagnetisierimpulsamplitude
7. Entmagnetisierkurve
8. Leiter
9. Gleichstromanteil
10. Entmagnetisierkurve mit Gleichstromanteil $\neq 0$
20. Inverter
21. Gleichstromquelle
22. Stromsensor
23. Programmier- und Ausleseseinheit
24. Stromsteuerung
25. Stromflussüberwachung
26. Leiterüberwachung
27. Eingang der Stromsteuerung
28. Ausgang der Stromsteuerung
29. Leiterschleife
30. Objekt

35 Patentansprüche

1. Verfahren zum reproduzierbaren kondensatorfreien Entmagnetisieren von Objekten mit Restmagnetismus mittels mindestens einem, von einer Stromsteuerung (24) erzeugten, niederfrequenten und frequenzmodulierten Wechselstromimpuls (1) variabler Amplitude und Wechselstromimpulsbreite (2) in einem Leiter, der zwischen einem Eingang (27) und einem Ausgang (28) der Stromsteuerung (24) kondensatorfrei verbindbar ist, wodurch ein Magnetfeldimpuls in Leiternähe erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leiter flexibel, vollständig isoliert, ungeschirmte und plastisch verformbar ist und unter Bildung einer Leiterschleife (29) in beliebiger Form um ein zu entmagnetisierendes Objekt (30) gelegt wird, worauf die Enden der Leiterschleife (29) an den Eingang (27) und den Ausgang (28) der Stromsteuerung (24) kondensatorfrei angeschlossen werden und woraufhin der Wechselstromimpuls (1) aus einzelnen, alternierend gepolten und symmetrischen Entmagnetisierimpulsen (5) mit gesteuerter Entmagnetisierimpulsamplitude (6) und Wechselstromimpulsfrequenz (4) grösser 1 Hz einge-

- speist wird, wobei der zeitliche Verlauf der Entmagnetisierimpulsamplituden (6) einer nicht exponentiell abfallenden Entmagnetisierungskurve (7) nachgebildet wird, wobei das Verhältnis von kleinster Entmagnetisierimpulsamplitude (6) zum Wechselstromimpulsamplitudenmaximum (3) bei mindestens 1:1000 liegt und die Leiterschleife (29) nach Beendigung der Entmagnetisierung eines Objektes (30) entfernt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leiterschleife (29) mit beliebiger Anzahl an Wicklungen um das zu entmagnetisierende Objekt (30) unter Bildung mindestens einer Schlaufe gelegt wird, wobei das Objekt (30) als Leiterschleifenkern dient.
 3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leiterschleife (29) mit beliebiger Anzahl an Wicklungen um einen Schüttgutcontainer, gefüllt mit zu entmagnetisierenden Objekten (30), unter Bildung mindestens einer Schlaufe gelegt wird, wodurch mehrere Objekte (30) bei einem Entmagnetisierungsvorgang entmagnetisiert werden können.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Wechselstromimpulsbreite (2) über mindestens 100 Perioden der Wechselstromimpulsfrequenz (4) erstreckt, wobei die Entmagnetisierimpulsamplituden (6) entlang der Entmagnetisierungskurve (7) auf Null verringert werden.
 5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Wechselstromimpuls (1) ein gesteuerter konstanter Gleichstromanteil (9) additiv überlagert wird, der nach dem Durchfahren der Entmagnetisierungskurve (7) auf eine Entmagnetisierimpulsamplitude (6) von Null noch vorhanden ist und **dadurch** ein Magnetfeld in das behandelte Objekt (30) eingeprägt wird.
 6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Leiterüberwachung (26) vor dem Fluss des Wechselstromimpulses (1) den ohmschen Widerstand zwischen Eingang (27) und Ausgang (28) der Stromsteuerung (24) misst und auswertet, worauf nur im Fall eines endlichen ohmschen Widerstands der Entmagnetisierungsvorgang gestartet wird.
 7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Stromflussüberwachung (25) den Ohmschen Widerstand des Leiters während des Durchfahrens der Entmagnetisierungskurve (7) ausliest.
 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus dem Resultat der Stromflussüberwachung (25) die Temperatur des Leiters während der Entmagnetisierung bestimmt wird.
 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entmagnetisierimpulsamplituden (6) und damit die Entmagnetisierungskurve (7) durch eine Verringerung der Entmagnetisierungsspannung am Inverter (20) durch eine geregelte Motorabschaltung stattfindet.
 10. Vorrichtung zum reproduzierbaren kondensatorfreien Entmagnetisieren von Objekten mit Restmagnetismus umfassend eine programmierbare Stromsteuerung (24), mit welcher niederfrequente und frequenzmodulierte Wechselstromimpulse (1) variabler Amplitude und Wechselstromimpulsbreite (2) erzeugbar sind, einen Leiter, der zwischen einem Eingang (27) und einem Ausgang (28) der Stromsteuerung (24) anschliessbar ist, zur Anwendung des Verfahrens nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leiter ein flexibles handelsübliches Kabel ist, welches vollständig isoliert, ungeschirmt und zu einer beliebig geformten Leiterschleife (29) plastisch verformbar ist und um ein zu entmagnetisierendes Objekt (30) mit einer beliebigen Anzahl an Wicklungen legbar ist.
 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die programmierbare Stromsteuerung (24) eine Stromflussüberwachung (25) aufweist, welche den Ohmschen Widerstand des Leiters während des Durchfahrens der Entmagnetisierungskurve (7) ausliest.
 12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus dem Resultat der Stromflussüberwachung (25) die Temperatur des Leiters während der Entmagnetisierung bestimmbar ist.

Fig. 1

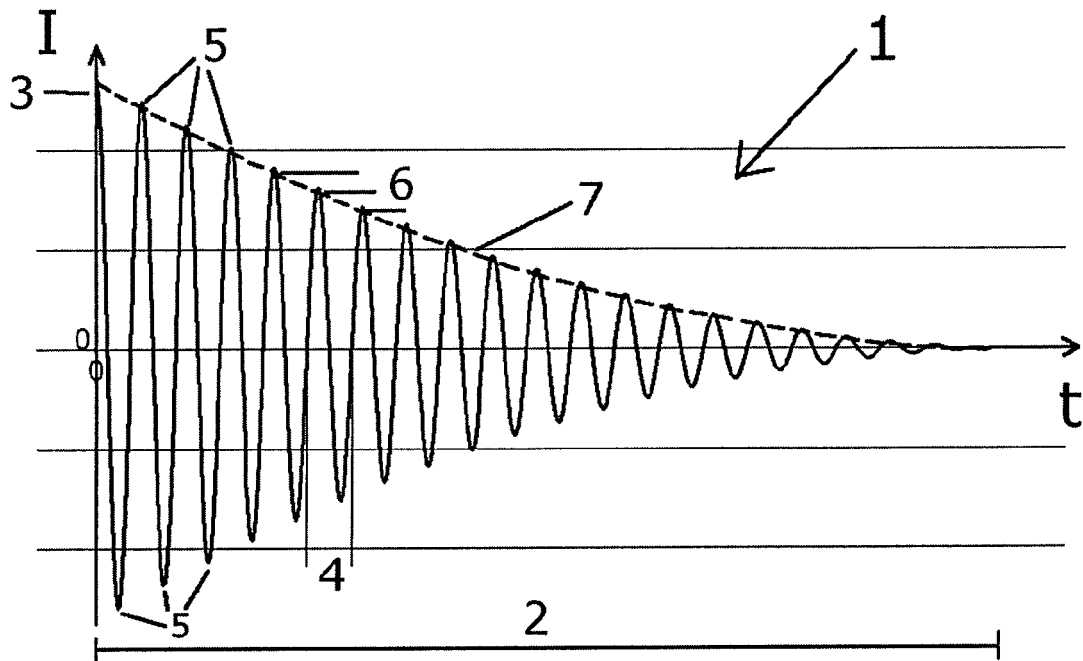


Fig. 2

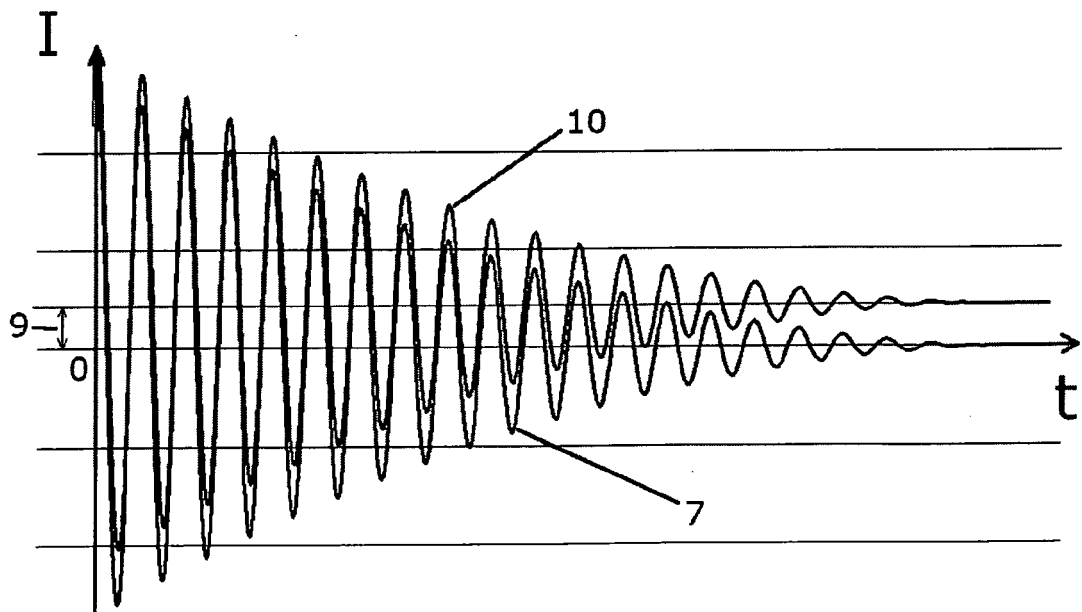
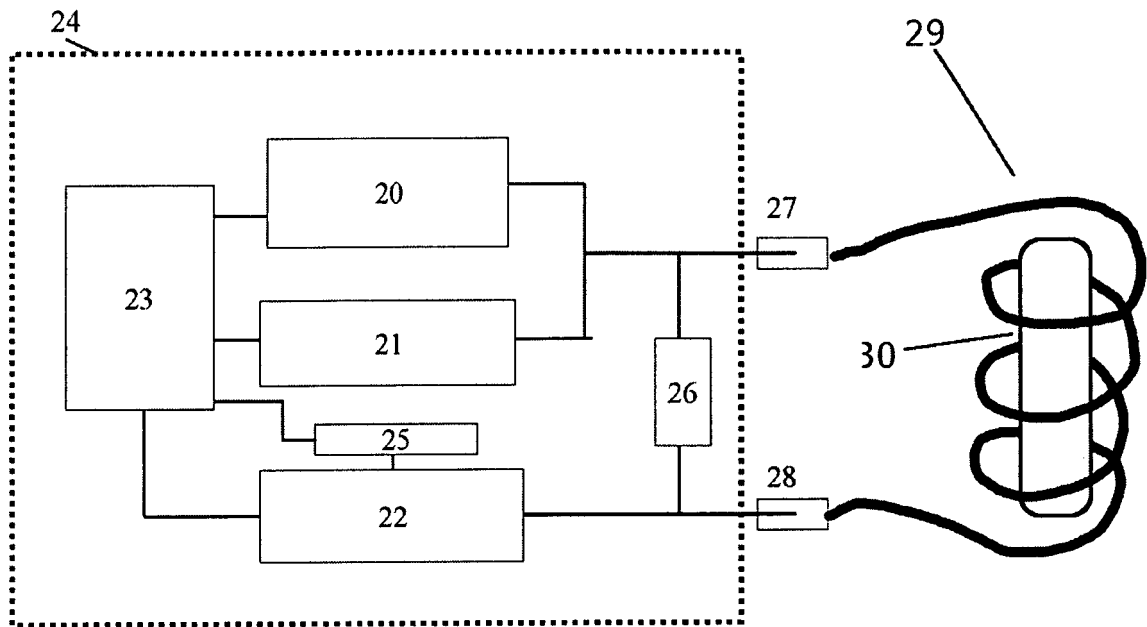


Fig. 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 40 5403

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 4 607 310 A (CHANNEL ET AL) 19. August 1986 (1986-08-19) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 * * Spalte 1, Zeile 47 - Spalte 2, Zeile 22 * * Spalte 3, Zeilen 32-45 * -----	1,2,4-6, 10	INV. H01F13/00
A	GB 1 164 786 A (STANDARD TELEPHONES AND CABLES LIMITED) 24. September 1969 (1969-09-24) * Seite 2, Zeilen 58-79; Abbildungen 2,3 * -----	1,2,4,10	
A	US 5 995 358 A (BUISSON ET AL) 30. November 1999 (1999-11-30) * Zusammenfassung * * Spalte 3, Zeile 52 - Spalte 4, Zeile 8; Abbildung 1 * * Spalte 4, Zeilen 9-20; Abbildung 2 * * Spalte 4, Zeile 50 - Spalte 5, Zeile 2 * -----	1,2,4,10	
A	US 2 703 052 A (GLENNON JAMES B ET AL) 1. März 1955 (1955-03-01) * Spalte 1, Zeilen 56-69 * -----	1,2,4-6, 10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 1. März 2007	Prüfer Reder, Michael
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

5

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 06 40 5403

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-03-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4607310	A	19-08-1986	AU 5644786 A	20-11-1986
			CA 1278820 C	08-01-1991
			DE 3664073 D1	27-07-1989
			EP 0202033 A1	20-11-1986
			JP 61260413 A	18-11-1986

GB 1164786	A	24-09-1969	BE 728047 A	07-08-1969
			DE 1905977 A1	11-09-1969
			FR 2001553 A7	26-09-1969

US 5995358	A	30-11-1999	EP 0834890 A1	08-04-1998
			FR 2754104 A1	03-04-1998
			JP 10229014 A	25-08-1998

US 2703052	A	01-03-1955	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- US 4384313 A [0004]
- EP 1465217 A [0007]
- US 4360854 A [0009]