

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Entmagnetisieren oder Kalibrieren von magnetischen Werkstoffen in einem abklingenden magnetischen Wechselfeld eines elektrischen Schwingkreises mit beeinflussbarer Amplitude. Entmagnetisierungsverfahren beruhen darauf, daß Magnete einem magnetischen Wechselfeld mit abnehmender Amplitude ausgesetzt werden. Die Entmagnetisierung wird mehrfach wiederholt, wobei zwischendurch die Magnetisierung des Magneten oder sein Arbeitspunkt gemessen wird.

In der DE 3005927 C2 wird ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem die magnetische Flußdichte im Luftspalt des zu entmagnetisierenden Magneten gemessen wird und die einhüllende Amplitude des Wechselfeldes abgesenkt wird, wenn der gewünschte Wert erreicht ist. Dem Verfahren liegt zugrunde, daß die Amplitude des magnetischen Wechselfeldes eines Schwingkreises durch Änderung der Speisespannung bei selbsttätig eingestellter Resonanzfrequenz zwangsweise verkleinert wird.

Die Nachteile bekannter Entmagnetisierungsverfahren liegen darin, daß der Wert der Entmagnetisierung, besonders bei formanisotropen Materialien (z.B. AlNiCo), nicht genau genug getroffen wird. Bei einem nicht unerheblichen Teil von Dauermagneten stellt sich kein stabiler Arbeitspunkt ein, obwohl der Sollwert nominell korrekt eingestellt ist. Die bekannten Verfahren sind mit Instabilitäten verbunden, die bisher nicht ausreichend beseitigt werden konnten.

Ein weiterer Nachteil besteht auch darin, daß die Luftspule zur Aufnahme des Magneten oder des den Magneten enthaltenden Geräts eine besondere Form und geringen ohmschen Widerstand haben muß. Die letzte Forderung ließe sich in Grenzen durch die Verwendung von Silberdraht oder sogar von supraleitenden Spulen verwirklichen, doch ist dies keine wirtschaftliche Alternative.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit denen magnetische Werkstoffe zuverlässiger entmagnetisiert werden können.

Die Aufgabe wird mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens wird in nebengeordneten Ansprüchen angegeben. Vorteilhaft Ausgestaltungen finden sich in den Unteransprüchen. Weiterhin wird die Verwendung der Vorrichtung für das Magnetisieren vorgeschlagen.

Die Erfindung geht davon aus, daß die Dauer des abfallenden magnetischen Wechselfeldes zur Demagnetisierung besonders lang sein muß, bzw. daß das Verhältnis aufeinanderfolgender Amplituden größer sein muß, als es mit herkömmlichen ein Wechselfeld erzeugenden Schwingkreisen erreichbar ist. Je größer die Einhüllende des Wech-

selfeldes ist, bzw. je langsamer das Wechselfeld abklingt und je häufiger der Magnet den Wechsel zwischen positiver und negativer Halbwelle des abnehmenden Magnetfelds erfährt, desto besser werden die magnetischen Bereiche des zu justierenden Magneten eingestellt und stabilisiert. Das Verhältnis der Amplituden aufeinanderfolgender gleichpoliger Halbperioden (bzw. die Abklingkonstante) soll daher nahe 1 sein.

Amplitudenverhältnisse nahe 1 führen naturgemäß zu langen Justagezeiten. Das Verhältnis kann vorteilhafterweise auch als konstanter Wert zwischen 0,9 und 1,0 eingestellt werden. Eine obere Grenze liegt einerseits im technisch Erreichbaren, zum anderen aber muß die Justage von Magneten auf eine wirtschaftliche Dauer begrenzt werden.

Das zugrundeliegende Prinzip läßt sich darin beschreiben, daß synchron zur magnetischen Wechselfeldeinwirkung in den Schwingkreis Energie eingespeist wird. Vorzugsweise erfolgt die Energieeinspeisung in Taktzeiten mit kürzeren Einheiten als eine halbe Periode des Wechselfeldes.

Es wird weiterhin vorgeschlagen, die Energie derart einzuspeisen, daß die Abklingkonstante der Einhüllenden des Wechselfeldes möglichst groß ist, also zwischen 0,9 und 1,0 liegt.

Ohne besondere Maßnahmen oder Eingriffe in einen Schwingkreis ist die Dauer und das Amplitudenverhältnis des Wechselfeldes wegen der vorhandenen Dämpfung nach oben begrenzt.

Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen ist es bei Luftspulen weniger von Bedeutung, welche Form und welche Güte (L/R) diese haben. Es können Luftspulen eingesetzt werden, die unter konventionellen Bedingungen sehr schlecht als Induktivität in Parallelschwingkreisen arbeiten würden. Bei Einsatz der Erfindung brauchen nicht besonders das Bauvolumen und der Innenwiderstand, bzw. die daraus resultierende Güte beachtet zu werden.

In einem Schwingkreis stellt sich mit der Frequenz $f = [1/(LC) - R^2/(4L^2)]^{1/2}$ in der Luftspule ein magnetisches Wechselfeld mit einer exponentiell abklingenden Amplitude A ein. Die Einhüllende E(t) des Wechselfeldes wird beschrieben durch:

$$E(t) = A_0 \exp(-\alpha t).$$

Die Größen bedeuten: L = Induktivität; C = Kapazität; R = Wirkwiderstand des Schwingkreises; t = Zeit; A_0 = Anfangsamplitude; $\alpha = R/(2L)$ = Abklingkonstante.

Ein Schwingkreis, der für die Auf- oder Abmagnetisierung benutzt wird, enthält neben dem Magneten, dessen Magnetisierung verändert werden soll, in der Regel weitere leitfähige und magnetische Materialien. In ihnen entstehen Verluste durch Ummagnetisierung und Wirbelströmen, dadurch wird der Schwingkreis bedämpft und die Schwin-

gungsfrequenz f_1 läßt sich nicht mehr allein durch die oben angegebene Formel beschreiben, die nur die ohmsche Dämpfung behandelt. Im folgenden soll als Amplitudenverhältnis das Verhältnis zweier zeitlich aufeinanderfolgender positiver Amplituden des Wechselfeldes $A_2(t+T)/A_1(t)$ verstanden werden. Die Periodendauer ist T . Das Amplitudenverhältnis (bzw. die Abklingkonstante α) in Schwingkreisen mit magnetischen Materialien ist noch ungünstiger als in Schwingkreisen nur mit ohmschen Verlusten.

Es wird in einer Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen, durch Nachladen mindestens eines Kondensators des Schwingkreises die Dauer des gleichmäßig abklingenden Wechselfeldes zu verlängern, um die durch Dämpfung verlorengegangene Energie nachzuliefern. Man kann für bestimmte Leistungsbereiche, einen weiteren Kondensator dem ersten Kondensator im Schwingkreis parallel schalten, so daß auch mehrere Kondensatoren zur Aufnahme der Nachspeiseenergie zur Verfügung stehen.

Es sind verschiedene Möglichkeiten des Nachladens des Kondensators im Schwingkreis zum Ausgleich der durch Dämpfung verlorengegangenen Energie denkbar, wodurch mehrere weitere Ausführungsformen entstehen. Zur Steuerung des Nachladens des Kondensators sind folgende Maßnahmen vorzunehmen:

1. Messung und Steuerung der primären Ladespannung des Kondensators und Messung der Ladespannung des Nachladekondensators,
2. Messung der Amplitude (und Frequenz) des Wechselfeldes oder solcher Größen, die ihnen proportional sind,
3. Dosierung und Synchronisierung der Energieeinspeisung anhand der Messung nach 1., so daß das Wechselfeld einen zeitlich vorgebbaren Verlauf mit besonders großer Abklingkonstante annimmt.

Die Erfindung wird in der einzigen Figur näher beschrieben. Sie zeigt eine Schaltungsanordnung mit Energieeinspeisung zur Verlängerung des Wechselfeldes.

In der Luftspule L_1 eines Schwingkreises befindet sich in einer Halterung ein Magnet, der demagnetisiert werden soll. Soweit es die geometrischen, bzw. die elektrischen Dimensionen der Anordnung zulassen, kann in der Halterung auch das gesamte den Magneten enthaltene Gerät befestigt sein. Der Parallelschwingkreis besteht aus zwei Induktivitäten L_1 und L_2 und dem Kondensator C_1 . Die Primärenergie für den Schwingkreis (für den Zeitpunkt 0 des Wechselfeldes) wird von einem Hochspannungsnetzteil LS_1 durch Laden des Kondensators C_1 einmalig bereitgestellt.

Zur Beeinflussung des gleichmäßigen Abklingens des Wechselfeldes mit bestimmter Abkling-

konstante α sind vorgesehen: ein Meßabgriff U_1 am Kondensator C_1 zur Messung des Schwingungsverlaufs, eine Energieversorgung zum Nachladen des Kondensators C_1 über ein zweites Hochspannungsnetzteil LS_2 und eine elektronische Steuereinheit SM , mit der Form bzw. Dauer des magnetischen Wechselfeldes synchron zur Schwingung des Schwingkreises steuerbar ist. Die Steuereinheit SM besteht im wesentlichen aus einem Mikroprozessor MP , zugehörigen Programm- bzw. Datenspeichern (z.B. EPROM), einem Analog-Digital-Wandler ADW und einer schnittstelleneinheit IOP . Die Steuereinheit SM kann insgesamt auch durch einen Personal Computer realisiert werden.

Während der Ladephase des Kondensators C_1 durch das Hochspannungsnetzteil LS_1 befinden sich die elektronischen Schalter S_1 , S_4 , S_5 und S_6 im geöffneten Zustand. Der Schalter S_3 steht in Stellung "b". Die Funktion des Schalters S_6 und der Diode D_1 wird weiter unten beschrieben.

Der Ladestrom fließt in den Kondensator C_1 , wenn von der Steuereinheit SM das Netzteil LS_1 aktiviert, bzw. der Schalter S_2 geschlossen wird. Die Spannungsmessung am Kondensator C_1 erfolgt über einen Analog-Digital-Wandler ADW , über den die Spannung U_1 der Steuereinheit SM zugeführt wird. Die gemessene Spannung ist der Amplitude des magnetischen Wechselfeldes proportional. Bei Erreichen einer bestimmten vorgegebenen Ladespannung U_1 wird das Netzteil LS_1 abgeschaltet, bzw. der Schalter S_2 geöffnet. Mit dem ebenfalls von der Steuereinheit SM veranlaßten Schließen des Schalters S_1 beginnt der Schwingkreis L_1, L_2, C_1 zu schwingen.

Frequenzen f_1 in Demagnetisierungsschwingkreisen für größere Magnete liegen im Bereich 50 bis 250 Hz; ein typischer Wert liegt etwa bei $f_1 = 100$ Hz. Ohne zusätzliche Eingriffe in den Schwingkreis, bzw. ohne Energieeinspeisung ist nach etwa 10 bis 12 Perioden die Amplitude des Wechselfeldes unter 1 Prozent der Ausgangsamplitude abgesunken und dann nicht mehr wirksam.

Zum Ausgleich aller ohmschen und magnetischen Dämpfungverluste im Schwingkreis und zur Erzeugung einer vorgegebenen Abklingkonstante wird der Kondensator C_1 aus der Energie des Ladekondensators C_2 nachgeladen. Die Spannung U_2 am Ladekondensator C_2 wird abgegriffen und der Steuereinheit SM über den Analog-Digital-Wandler ADW zugeführt. Ein Sinus/Rechteck-Wandler SR_1 detektiert am Kondensator C_1 nur positive Spannungen U_1 und steuert einen schaltbaren Rechteckgenerator G_1 . Dieser erzeugt während der positiven Halbwelle der Spannung am Kondensator C_1 eine gleichphasige Rechteckspannung mit einer Frequenz f_2 , die wesentlich größer ist als die Frequenz f_1 der Wechselspannung am Kondensator C_1 . Im vorliegenden Fall wird die Fre-

quenz f_2 30-fach größer gewählt ($f_2 = 3 \text{ kHz}$). Die Frequenz der Rechteckspannung f_2 kann aber auch im Bereich vom 10- bis 100-fachen der Frequenz f_1 variieren. Der Rechteckgenerator G1 triggert ein Monoflop M1. Der Sinus/Rechteck-Wandler SR1 erzeugt eine gleichphasige Rechteckspannung zur Spannung am Kondensator C1. In der positiven Halbwelle der Rechteckspannung erzeugt der Rechteckgenerator G1 eine hochfrequente Rechteckspannung. Während der negativen Halbwelle der Kondensatorspannung ist der Ausgang des Rechteckgenerators G1 "low"; es wird kein Steuersignal abgegeben.

Der Ausgang des Monoflops M1 steuert über den Schalter S3 in der Stellung "b" das Tastverhältnis des Schalters S5. Mit jeder positiven Flanke der Rechteckspannung des Rechteckgenerators G1 wird das Schließen des Schalters S5 (über das Monoflop M1) angetriggert. Die Taktzeit T_t beträgt bei der gewählten Frequenz f_2 etwa 300 Mikrosec. Das Tastverhältnis des Schalters S5 wird mittels Potentiometer TR1 frequenzunabhängig manuell voreingestellt; somit ist der effektive Nachladestrom für den Kondensator C1 bestimmbar.

Mit den drei Baueinheiten Sinus/Rechteck-Wandler SR1, Rechteckgenerator G1 und Monoflop M1 wird die Frequenz und das Tastverhältnis des Schalters S5 hardwaremäßig festgelegt.

Bevor der Demagnetisierungsvorgang gestartet wird, wird durch die Steuereinheit SM die Aufladung des Kondensators C2 durch Schließen des Schalters S4 veranlaßt. Hierzu steht ein zweites Hochspannungsnetzteil LS2 zur Verfügung. Die Kapazität des Ladekondensators C2 wird etwa doppelt so groß wie die des Kondensators C1 gewählt. Die Ladespannung U_2 des Kondensators C2 muß um einen bestimmten Faktor (K_1) größer sein als die Startspannung des Kondensators C1. Als typischer Wert wird ein Faktor $K_1 = 2$ vorgeschlagen. Wird nun mit einem bestimmten Tastverhältnis der Schalter S5 bei der positiven Halbwelle der Wechselspannung ein- und ausgeschaltet, so fließt eine bestimmte Ladungsmenge vom Ladekondensator C2 über die Diode D2, den Schalter S5 und die Induktivität L2 zum Kondensator C1 und lädt ihn in kleinen Stufen synchron zum Schwingungsvorgang nach, wodurch die Einhüllende des magnetischen Wechselfeldes langsamer abklingt als ohne Nachladen. Der Nachladevorgang wird vorzugsweise für alle folgenden positiven Halbwellen wiederholt.

Die Induktivität L2 ist für den Betrieb des Schwingkreises C1, L1, L2 nur von untergeordneter Bedeutung, wegen ihres ohmschen Widerstandes trägt sie sogar etwas zur Dämpfung bei. Sie wird allerdings gebraucht, um beim Schließen des Schalters S5 große Ausgleichsströme zwischen Ladekondensator C2 und Kondensator C1 zu vermeiden, die sonst den Schalter S5 zerstören würden.

Da die Frequenz f_2 der Nachladung (bestimmt durch das Tastverhältnis des Schalters S5) wesentlich größer ist als die Schwingungsfrequenz f_1 des Schwingkreises C1, L1, L2, muß die Induktivität L2 in diesem Verhältnis kleiner sein, um ihren induktiven Widerstand zu begrenzen.

Durch optimale Dimensionierung der Bauteile und der passenden Wahl der Nachladefrequenz ist es möglich, die Nachladeenergie nahezu verlustfrei zu übertragen.

Die Diode D2 zwischen Hochspannungsnetzteil LS2 und Schwingkreis C1, L1, L2 wird eingesetzt, damit der Schwingkreis während der negativen Halbwelle vom Kondensator C2 getrennt bleibt. Die Demagnetisierung wird beendet, wenn die Amplitude des Wechselfeldes unter 1 Prozent des Anfangswertes gesunken ist.

Mit der beschriebenen Schaltungsanordnung wird darauf verzichtet, während der negativen Halbwelle des magnetischen Wechselfeldes den Kondensator C1 nachzuladen. Es ist jedoch auch möglich, die Schaltungsanordnung derart zu erweitern, daß auch während der negativen Halbwelle des magnetischen Wechselfeldes eine Nachladung des Kondensators C1 phasenrichtig stattfindet. Mit dem symmetrischen Betrieb wird eine Gleichstromkomponente des Wechselfeldes vermieden, so daß keine Nulllinienverschiebung bei vollständiger Entmagnetisierung auftritt.

Bei offenem Schalter S4 wird der Kondensator C2 nicht nachgeladen. Durch die Ladungsübertragung auf den Kondensator C1 verringert sich die Ladungsmenge im Ladekondensator C2 zeitlich etwa exponentiell. Die allmähliche Abnahme der Spannung des Ladekondensators C2 ist durchaus erwünscht, da die Dauer des Wechselfeldes endlich sein soll. Die Anhebung der Einhüllenden und Verlängerung des Wechselfeldes wird durch die Ladungsmenge im Kondensator C2, der Ladespannung U_2 des Kondensators C2 (Faktor K_1) und dem Tastverhältnis des Schalters S5 bestimmt. Die Dauer des Vorgangs ist durch das Tastverhältnis definiert. In dieser einfachen Ausführungsform wird durch die Steuereinheit SM nur die Ladespannung U_2 des Kondensators C2 gesteuert.

Der Mehraufwand durch Einsatz zweier Netzteile ist nicht von Nachteil, weil die Netzteile leistungsmäßig jeweils für die sehr unterschiedlichen Ladespannungen U_1 und U_2 dimensioniert werden können. In weiteren Ausgestaltungen kann vorgesehen werden, nur ein Hochspannungsnetzteil anstelle von zwei Netzteilen zu verwenden. Hierbei muß das eine Netzteil auf die größere Ladeleistung ausgelegt werden.

In einer anderen Möglichkeit können die Netzteile auch so geschaltet werden, daß das Netzteil LS1 den Kondensator C2 auflädt und/oder das Netzteil LS2 den Kondensator C1 nachlädt. In der

Figur ist der Verzicht eines Netzteils, bzw. die gleichzeitige Verwendung beider Netzteile zur Nachladung für jeden Kondensator mit einer gestrichelten Verbindung zwischen Netzteil LS1 und Schalter S4 angedeutet. In einer dieser Betriebsweisen werden - wie schon zuvor beschrieben - die Schalter S2 und S4 entsprechend von der Steuereinheit SM angesteuert, so daß bei gleichzeitiger Überwachung der Spannungen U1, bzw. U2 synchron zur Schwingung des Schwingkreises phasenrichtig vom Netzteil LS1 Ladung zum Kondensator C2 und/oder vom Netzteil LS2 Ladung zum Kondensator C1 fließt.

In einer weiteren Ausgestaltung eines Demagnetisierungsschwingkreises wird das umfangreiche Leistungsvermögen des Mikroprozessors eingesetzt. Bei verschiedenen Magnetwerkstoffen ist es nämlich vorteilhaft, möglichst viele Parameter des magnetischen Wechselfeldes zu manipulieren. Das Wechselfeld läßt sich bezüglich folgender Größen verändern: Aussparen der ersten Halbwelle aus der Beeinflussung des Wechselfeldes oder Beginn der Beeinflussung bei einer noch späteren Halbwelle; Anheben der Abklingkonstanten auf einen festen Wert und Konstanthalten auf dem Wert oder Erzeugen einer zeitlich veränderlichen Abklingkonstanten. Der Schalter S3 wird daher für diese Art der Manipulation in die Stellung "a" gebracht und damit vom Monoflop M1 abgekoppelt.

Das Tastverhältnis ist nicht mehr über die drei Module SR1, G1, M1 fest vorgegeben. Die Synchronisation über die Steuereinheit SM erfolgt über den Abgriff GG hinter dem Sinus/Rechteck-Wandler SR1. Das Tastverhältnis des Schalters S5 wird also programmäßig steuerbar und alle Parameter zur Veränderung des Wechselfeldes des Schwingkreises (insbesondere Tastverhältnis, Ladespannungen der Kondensatoren C1 und C2) sind in Grenzen frei variierbar.

Die programmäßige Steuerung kann so erfolgen, daß tabellarisch im Festspeicher des Mikroprozessors MP Amplitudenwerte vorgegeben sind, die jeweils von den herrschenden Anfangsbedingungen (z.B. der Ladespannung) abhängig sind. Mittels Vergleich der amplitudenproportionalen Meßspannung U1 mit den im Festwertspeicher abgelegten Sollwerten der Einhüllenden E(t) des Wechselfeldes wird das Tastverhältnis des Schalters S5 so gesteuert, daß die Einhüllende E(t) bestimmten vorgegebenen Amplitudenwerten, bzw. mit einer Abklingkonstante (z.B. $\alpha = 0,92$) folgt.

Die Beeinflussung des abklingenden Wechselfeldes durch Energieeinspeisung kann auch mittels Vergleich der amplitudenproportionalen Meßspannung U1 mit von einem Hochleistungs-Mikroprozessor der Steuereinheit SM in Echtzeit berechneten, ebenfalls von den Anfangsbedingungen abhängigen Sollwerten der Einhüllenden E(t) des Wech-

selfeldes vorgenommen werden.

In einem alternativen Verfahren wird die Steuereinheit SM in der Betriebsart Pulsweitenmodulation betrieben. Hierzu wird ein Mikroprozessor mit integrierter Pulsweitenmodulation eingesetzt, so daß der Mikroprozessor die Aufgaben des Rechteckgenerators G1 und des Monoflops M1 übernimmt. Dadurch werden in dieser Betriebsweise die Vorteile der Manipulation des Tastverhältnisses über die Zeit voll ausgenutzt.

In einer alternativen Ausgestaltung kann vorgesehen werden, daß während der Demagnetisierung der Schalter S4 geschlossen bleibt. Der Kondensator C2 wird hierbei kontinuierlich aus dem Hochspannungsnetzteil LS2 nachgeladen und das magnetische Wechselfeld kann dadurch zeitlich noch länger beeinflusst werden.

Der Schwingungszyklus wird beendet, wenn die Amplitude A (Meßwert U1) kleiner als 1 Prozent der Anfangsamplitude (Anfangsmeßwert) ist. Der Wert der Magnetisierung des Magneten wird abschließend gemessen.

In der Regel ist nach dem ersten Entmagnetisierungszyklus der Sollwert der Magnetisierung, der in einer gewissen Sollbandbreite liegt (beispielsweise ± 10 Prozent), noch nicht erreicht, so daß sich weitere Entmagnetisierungszyklen anschließen müssen. Diese Zyklen werden nach dem Prinzip der sukzessiven Approximation durchgeführt. Das Prinzip wird so umgesetzt, daß die Ladespannung des Kondensators C1 im nächsten Zyklus um die Hälfte der Differenz der beiden vorhergehenden Werte mit einem bestimmten Vorzeichen verändert wird. Ein neuer Entmagnetisierungszyklus folgt dem ersten Zyklus mit neuer Ladespannung U1.

Die Schaltungsanordnung kann auch dazu verwendet werden, Magnete aufzumagnetisieren. Zum Betrieb der Schaltungsanordnung als Aufmagnetisiereinrichtung werden die mit dem Bezugszeichen AM zusammengefaßten Teile (Schalter S6, Ansteuerleitung für Schalter S6, Diode D1 gegen Masse) dem Schwingkreis hinzugefügt. Die Schalter S1 und S4 werden in die Stellung "aus" gebracht. Der Schalter S6 wird durch die Steuereinheit SM eingeschaltet. Der Kondensator C1 wird bei geschlossenem Schalter S2 über das Netzteil LS1 aufgeladen, bis sich eine bestimmte hohe Ladespannung im Kondensator C1 eingestellt hat. Zur Erzeugung des magnetischen Impulses wird der Schalter S1 geschlossen. Die entstehende Schwingung ist ohne negative Halbwelle, weil die Diode D1 die Spannung der negativen Halbwelle kurzschließt.

Patentansprüche

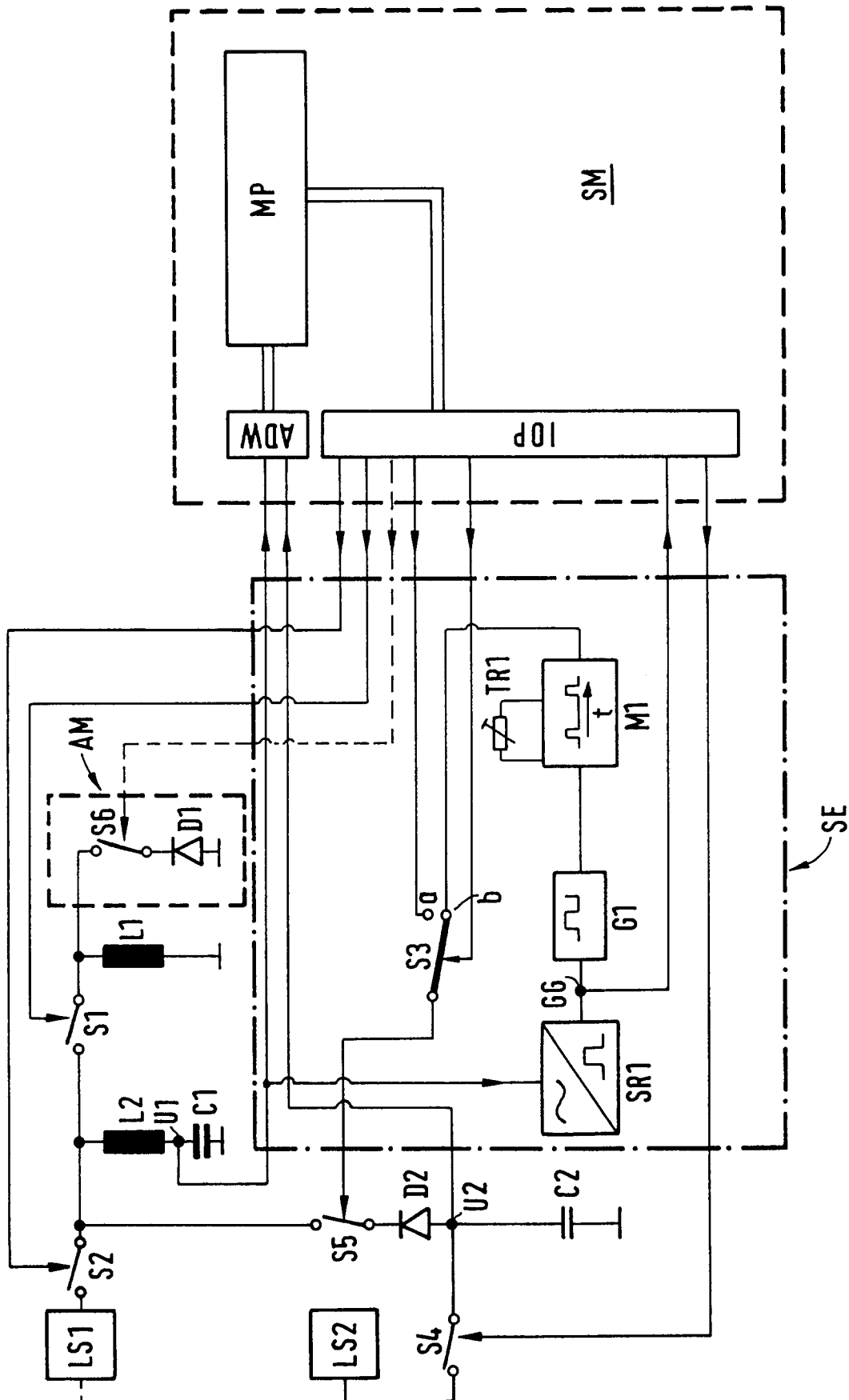
1. Verfahren zum Entmagnetisieren von magnetischen Werkstoffen in einem abklingenden ma-

- gnetischen Wechselfeld eines elektrischen Schwingkreises mit beeinflussbarer Amplitude, **dadurch gekennzeichnet**, daß synchron zur magnetischen Wechselfeldeinwirkung in den Schwingkreis (**C1,L1,L2**) Energie eingespeist wird. 5
2. Verfahren zum Entmagnetisieren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Energieeinspeisung in kürzeren Zeiteinheiten als eine halbe Periode ($T/2$) des Wechselfeldes erfolgt. 10
3. Verfahren zum Entmagnetisieren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß Energie derart eingespeist wird, daß die Abklingkonstante (α) der Einhüllenden $E(t) = A_0 \exp(-\alpha t)$ des Wechselfeldes nahe 1,0 liegt. 15
4. Verfahren zum Entmagnetisieren nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens ein Kondensator (**C1**) des Schwingkreises (**C1,L1,L2**) nachgeladen wird. 20
5. Verfahren zum Entmagnetisieren von magnetischen Werkstoffen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Nachladen nur während gleichpoliger Halbwellen des Wechselfeldes stattfindet. 25
6. Verfahren zum Entmagnetisieren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Nachladen erst mit Beginn der zweiten oder einer späteren Halbwelle einsetzt. 30
7. Verfahren zum Entmagnetisieren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das primäre Laden und das Nachladen des Kondensators (**C1**) aus einem einzigen Netzteil (**LS1**) erfolgt. 40
8. Verfahren zum Entmagnetisieren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Nachladen als Ladungsübertragung aus einem Kondensator (**C2**) erfolgt. 45
9. Verfahren zum Entmagnetisieren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Energie zum primären Laden des Kondensators des Schwingkreises (**C1**) und das Speisen des Nachladekondensators (**C2**) aus je einem Netzteil (**LS1,LS2**) geliefert wird. 50
10. Verfahren zum Entmagnetisieren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Energie zum primären Laden des Kondensators (**C1**) des Schwingkreises und das Speisen des Nachladekondensators (**C2**) wahlweise aus einem von zwei Netzteilen (**LS1, LS2**) geliefert wird. 55
11. Verfahren zum Entmagnetisieren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Beeinflussung des abklingenden Wechselfeldes durch Energieeinspeisung mittels Vergleich einer amplitudenproportionalen Meßspannung (**U1**) mit in einem Festwertspeicher (**MP**) abgelegten und von den Anfangsbedingungen abhängigen Sollwerten der Einhüllenden $E(t)$ des Wechselfeldes von einer Steuereinheit (**SM**) vorgenommen wird.
12. Verfahren zum Entmagnetisieren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Beeinflussung des abklingenden Wechselfeldes durch Energieeinspeisung mittels Vergleich einer amplitudenproportionalen Meßspannung (**U1**) mit von einem Mikroprozessor (**MP**) in Echtzeit berechneten, von den Anfangsbedingungen abhängigen Sollwerten der Einhüllenden $E(t)$ des Wechselfeldes von einer Steuereinheit (**SM**) vorgenommen wird.
13. Verfahren zum Entmagnetisieren nach einem der vorhergehenden Ansprüche **gekennzeichnet**, daß die Beeinflussung des abklingenden Wechselfeldes durch Energieeinspeisung von einer Steuereinheit (**SM**) in der Betriebsweise Pulsweitenmodulation vorgenommen wird.
14. Verfahren zum Entmagnetisieren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Beeinflussung des abklingenden Wechselfeldes durch Ansteuerung eines von der Spannung (**U1**) am Schwingkreis-kondensator gesteuerten Schalters (**S5**) zwischen Nachladekondensator (**C2**) oder Nachladenetzteil (**LS1, LS2**) und Kondensator (**C1**) des Schwingkreises vorgenommen wird.
15. Vorrichtung zum Entmagnetisieren nach dem Verfahren gemäß Ansprüche 1 bis 14 bestehend aus einer Halterung für den Magnetwerkstoff in einer Luftspule eines Schwingkreises, mit in den Schwingkreis eingefügten elektrischen Bauelementen, mit denen der Verlauf des Wechselfeldes veränderbar ist und mit einer Einrichtung zur Energielieferung in den Schwingkreis, **dadurch gekennzeichnet**, daß

der Schwingkreis (**C1,L1,L2**) einen Meßabgriff (**U1**) hat, von dem die Kondensatorspannung (**U1**) einer Steuereinheit (**MP,SM**) zur Steuerung des Wechselfeldes zuführbar ist, daß von dem Meßabgriff (**U1**) Frequenz und Phase der Spannung (**U1**) der Steuereinheit (**SM**) über einen Sinus/Rechteck-Wandler (**SR1**) zugeführt wird, daß die Steuereinheit (**MP,SM**) in Taktzeiten (**Tt**), die klein sind gegenüber der Periode (**T**) des Wechselfeldes die Kondensatorspannung (**U1**) mit Werten für eine vorgegebene Abklingkonstante (α) nahe 1,0 vergleicht und daß die Steuereinheit (**SM**) einen Schalter (**S5**) zwischen Nachladekondensator (**C2**) oder Nachladenetzteil (**LS1,LS2**) und Kondensator (**C1**) des Schwingkreises ansteuert und damit dem Wechselfeld eine Veränderung aufprägt, die einem vorgebbaren Verlauf der Einhüllenden $E(t)$ des abklingenden Wechselfeldes entspricht.

16. Vorrichtung zum Entmagnetisieren nach dem Verfahren gemäß Ansprüche 1 bis 14 bestehend aus einer Halterung für den Magnetwerkstoff in einer Luftspule eines Schwingkreises, mit in den Schwingkreis eingefügten elektrischen Bauelementen, mit denen der Verlauf des Wechselfeldes veränderbar ist und mit einer Einrichtung zur Energielieferung in den Schwingkreis, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schwingkreiskondensatorspannung (**U1**) einem Sinus/Rechteck-Wandler (**SR1**) zugeführt wird, daß das Ausgangssignal des Sinus/Rechteck-Wandlers (**SR1**) auf einen Rechteckgenerator (**G1**) und ein in Reihe geschaltetes und mit einem Potentiometer (**TR1**) einstellbares Monoflop (**M1**) wirkt und daß das Ausgangssignal des Monoflops (**M1**) das Tastverhältnis eines Schalters (**S5**) zwischen Nachladekondensator (**C2**) oder Nachladenetzteil (**LS1,LS2**) und Kondensator (**C1**) des Schwingkreises bestimmt.
17. Vorrichtung zum Entmagnetisieren nach einem der Ansprüche 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ansteuerung des Schalters (**S5**) zwischen Nachladekondensator (**C2**) oder Nachladenetzteil (**LS1,LS2**) und Kondensator (**C1**) des Schwingkreises mit einem Schalter (**S3**) umschaltbar ist, so daß die Vorrichtung entweder in der Betriebsart Mikroprozessorsteuerung gemäß Anspruch 15 oder in der Betriebsart Festwertansteuerung gemäß Anspruch 16 betreibbar ist.
18. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17 zur Magnetisierung von magnetisierbaren Werkstoffen, **dadurch ge-**

kennzeichnet, daß dem Schwingkreis (**C1,L1,L2**) eine schaltbare Masseverbindung (**AM**) zur Begrenzung des magnetischen Wechselfeldes auf eine Halbwelle parallel geschaltet wird.





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 93110179.4														
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.')														
A	<u>DE - A - 2 512 753</u> (BROWN BOVERI) * Seite 5, Zeile 12 - Seite 7, Zeile 16 * --	1-18	H 01 F 13/00														
A	<u>EP - A - 0 021 274</u> (RIV-SKF) * Seite 3, Zeile 11 - Seite 6, Zeile 21 * --	1-18															
A	<u>US - A - 4 471 403</u> (DRESS) * Spalte 2, Zeile 51 - Spalte 3, Zeile 38 * --	1															
D,A	<u>DE - A - 3 005 927</u> (STEINGROEVER) * Seite 4, Zeile 5 - Seite 6, Zeile 24 * ----	1															
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.')														
			H 01 F														
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.																	
Recherchenort WIEN		Abschlußdatum der Recherche 09-11-1993	Prüfer SCHLECHTER														
<table border="0"><tr><td>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</td><td>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</td></tr><tr><td>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</td><td>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</td><td>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>A : technologischer Hintergrund</td><td></td></tr><tr><td>O : mündliche Offenbarung</td><td></td></tr><tr><td>P : Zwischenliteratur</td><td>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</td></tr><tr><td>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</td><td></td></tr></table>				KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN	E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	A : technologischer Hintergrund		O : mündliche Offenbarung		P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN	E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist																
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument																
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument																
A : technologischer Hintergrund																	
O : mündliche Offenbarung																	
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument																
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze																	