

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 135/2019
(22) Anmeldetag: 15.04.2019
(45) Veröffentlicht am: 15.03.2023

(51) Int. Cl.: **G01R 33/04** (2006.01)
G01R 33/05 (2006.01)
G01R 33/02 (2006.01)
G01R 15/18 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
GB 2340251 A
WO 2019038397 A1
US 6404192 B1
EP 1260825 A1
DE 1623577 B1
EP 1746430 A1

(73) Patentinhaber:
Braunschmid Franz Dipl.Ing. MSc
1100 Wien (AT)

(72) Erfinder:
Braunschmid Franz Dipl.Ing. MSc
1100 Wien (AT)

(54) Flachspule für drahtlose Energieübertragung

(57) Die Erfindung betrifft eine Flachspule zur drahtlosen Übertragung von Energie oder Information zwischen ihr und mindestens einer im Betrieb mit ihr magnetisch gekoppelten örtlich distanzierten Spule oder Einrichtung.

Bei bekannten spiralartig gewickelten Flachspulen erfolgen Austritt und Eintritt des erzeugten magnetischen Flusses büschelartig in den Zentren der einander abgewendeten Wicklungsseiten mit jeweils dominanten radialen Anteilen. Der nur marginale nützbare axiale Anteil lässt nur sehr geringe axiale Abstände zwischen Energie sendender und empfangender Spule zu.

Ziel der Erfindung ist es, eine büschelartige radiale Aufweitung des magnetischen Flusses zu unterbinden und ihn zwischen seinem geometrisch festgelegten Austrittsbereich und seinem geometrisch festgelegten Eintrittsbereich etwa schlauchartig zu kanalisieren.

Die Erfindung erreicht diesen entscheidenden Vorteil gegenüber bekannten Lösungen mittels einer mit ferromagnetischen Teilen ergänzten etwa achterförmigen Flachwicklung mit frei wählbarem Abstand ihrer Augen, bei welcher sowohl Austritt als auch Eintritt des magnetischen Flusses auf der selben Spulenseite erfolgen.

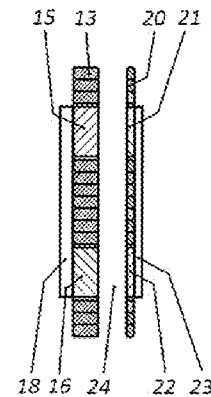


Fig. 7

Beschreibung

GEGENSTAND DER ERFINDUNG:

FLACHSPULE FÜR DRAHTLOSE ENERGIEÜBERTRAGUNG

[0001] Die Erfindung betrifft eine Flachspule gemäß Anspruch 1 zur drahtlosen Übertragung von Energie oder Information zwischen ihr und mindestens einer im Betrieb mit ihr elektromagnetisch gekoppelten und dadurch ihre elektrischen Eigenschaften [Admittanz; Induktionsspannung] mitbestimmenden örtlich distanzierteren anderen Spule oder Einrichtung, wobei die Wicklung der Flachspule näherungsweise die Gestalt oder Kontur der Ziffer „8“ aufweist und ihre Windungen beide Augen umschlingen.

[0002] Unter „Wicklung“ wird hier die grundsätzlich fixe mechanisch-geometrische Gestaltung von Windungen aus Leiterbahnen oder Litze oder Draht, etc. verstanden, und unter „Spule“ oder „Flachspule“ ein elektrisches Bauelement mit messtechnisch erfassbaren elektrischen Eigenschaften, welche im Betrieb sowohl durch die Gestaltung der Wicklung als auch durch deren elektromagnetisch relevante Umgebung bestimmt sind, wobei diese Umgebung variieren und Energie übernehmen oder liefern, oder auch Information empfangen oder senden kann.

[0003] Bei bekannten, mit Litze oder Draht spiralartig gewickelten Flachspulen mit etwa kreisring- oder rechteckförmiger Kontur erfolgen im energiesendenden Betrieb Austritt und Eintritt des erzeugten magnetischen Flusses in den Zentren der einander abgewendeten Wicklungsseiten mit auf der einen Seite büschelartiger, in erster Linie windungsnaher radialer Aufweitung seines Pfades über die äußerste Windung hinaus, sowie nach seiner Umkehr in der peripheren Umgebung einem gleichartig radialen windungsnahen Zustreben zum Zentrum auf der anderen Wicklungsseite. Die dadurch eher marginale axiale Komponente des Flusses ist durch eine Empfängerspule nur in sehr geringem Axialabstand und nur mit sehr geringem axialem Versatz nützlich. Die büschelartige radiale Aufweitung folgert in einer elektrisch leitenden Umgebung der Empfängerspule Wirkleistungsverluste durch Wirbelströme, und bei der medizintechnischen transkutanen Energieübertragung erheblich leistungseinschränkende Gewebebelastungen.

[0004] Ziel der Erfindung ist es, den im Betrieb seitens der Energie sendenden Flachspule erzeugten magnetischen Fluss zwischen seinem geometrisch festgelegten Austrittsbereich und seinem geometrisch festgelegten Eintrittsbereich etwa schlauchartig zu kanalisieren, nämlich in der ersten Hälfte seines Pfades eine gewisse tonnenförmige Vergrößerung des Flussquerschnittes, nicht jedoch eine büschelartige radiale Aufweitung zuzulassen, und in der zweiten Hälfte eine Einschnürung des Flussquerschnittes auf die Geometrie des Eintrittsbereiches zu erzwingen.

[0005] Die Erfindung erreicht diesen entscheidenden Vorteil gegenüber bekannten Lösungen mittels etwa achterförmiger Flachwicklungen, bei welchen mit ferromagnetischen Teilen zu Flachspulen ergänzt sowohl Austritt als auch Eintritt des magnetischen Flusses auf der selben Wicklungsseite bzw. Spulenseite erfolgen.

[0006] GB 2340251 A zeigt zwar in einigen graphischen Darstellungen (Fig. 2; Fig.4) - rein optisch! - paarige Achterwicklungs-Anordnungen, jedoch ohne ferromagnetische Kerne in deren Augen, und es handelt sich bei den übereinstimmend gezeichneten 'magnetic flux variation detecting coil' und 'zero magnetic field detecting coil' allem Anschein nach um falsche zeichnerische Darstellungen, welche sowohl der in 'Claim 2' als auch in der Beschreibung (Seite 4, Zeile 9) stehenden Festlegung "the zero magnetic field detecting coil is wound one turn" widersprechen. Eine Realisierung des Gezeichneten würde das mit „one turn“ Angestrebte nicht erreichen lassen. Somit stehen weder 'Claim 2' noch Beschreibung noch Zeichnungen in einem Zusammenhang mit der gegenständlichen Erfindung.

[0007] Die gleichfalls keine ferromagnetischen Kerne in den Augen aufweisende achterähnliche Wicklung des Näherungssensors gemäß WO 2019038397 A1 steht mit den betont losen und magnetisch funktionslosen gekreuzten Leiterführungen zwischen den Augen weder konstruktiv noch funktionsmäßig der gegenständlichen Erfindung nahe.

[0008] Der Offenbarung gemäß US 6404192 B1 fehlt im Gegensatz zur gegenständlichen Erfindung neben ferromagnetischen Kernen in den Augen auch eine zwischen den Augen Streufluss unterbindende kompakte Führung der Leiterstücke, und ihr liegt das Charakteristikum eher weitläufig verteilter Wicklungsanordnungen zu Grunde, wie das z. B. Fig. 2 und Fig. 6 deutlich hervorheben, wodurch im Vergleich mit der gegenständlichen Erfindung weder eine ähnliche Geometrie noch eine ähnliche zu erreichende Zielsetzung gegeben sind.

[0009] Die Erfindungsidee wird nachfolgend an Hand graphischer Darstellungen näher erläutert.

[0010] Fig. 1 und Fig. 2 zeigen in schematischen Darstellungen zwei beispielsweise Achterwicklungen, deren elektrische Leiter 1, 6 etwa rechteckrahmenartig mit einander entgegengesetzten Wicklungssinnen um die Augen 2, 3 bzw. 7, 8 herumgewickelt sind. In beiden Darstellungen folgt elektrischer Strom $i(t)$ in der eingezeichneten Richtung magnetischen Fluss $\Phi(t)$ in den Augen.

[0011] Fig. 1 zeigt dazu eine Wickelvariante, bei welcher die eine Hälfte des elektrischen Leiters 1 linkswendig um das im Bild obere Auge 2 herumgewickelt ist, und nach einem Seitenwechsel seine zweite Hälfte rechtswendig um das untere Auge herumgewickelt ist.

[0012] Fig. 2 zeigt eine elektromagnetisch gleichwertige Wickelvariante, bei welcher der Leiter 6 nach jedem Umlauf um das eine Auge 7, 8 zu einem Umlauf mit entgegengesetztem Wicklungssinn um das andere Auge 8, 7 wechselt. Diese Realisierungsvariante mit Litze oder Draht macht entlang des Bündels 9 Auskreuzungen erforderlich. Eine Realisierung mit verketteten Leiterbahnabschnitten [Fig. 16; Fig. 19] jedoch bloß Durchkontaktierungen von einer Leiterbahnebene oder Leiterplattenseite zur anderen, wobei solche Übergänge entweder nach jedem einzelnen Umlauf um ein Auge herum [Fig. 16; Fig. 19] oder aber jeweils nach mehreren Umläufen um ein Auge herum wählbar sind.

[0013] Fig. 1 und Fig. 2 zeigen als ein erfindungsgegenständliches Charakteristikum die zueinander etwa parallelen, eng benachbarten mehrfachen, also bündelartig möglichst abstandsarm zusammengefassten Leiterführungen 4 und 9, welche mit Litze oder Draht [13 in Fig. 4; 20 in Fig. 7] realisiert den in der projizierenden Seitenrissdarstellung Fig. 3 angedeuteten Verlauf des magnetischen Flusses $\Phi_1(t)$ um sie herum folgern. Die anderen Teilflüsse, z. B. $\Phi_{21}(t)$, $\Phi_{22}(t)$, sind weniger relevant. Jedwede erfindungswidrige Auflockerung der Kompaktheit des Bündels läuft auf nutzlose Streufluss-Pfad-Abkürzungen für Teile von $\Phi_1(t)$ hinaus.

[0014] Die Ausschaltung der Möglichkeit solcher Teilflüsse erfolgt erfindungsgemäß mit eher breiten und in Lagen übereinandergeschichteten Leiterbahnen, für die Fig. 16 und Fig. 19 die zu bevorzugenden Ausführungsvarianten zeigen.

[0015] Fig. 4 zeigt mit Aufrissdarstellung und Schnittbild A-B eine mit Fig. 1 korrespondierende beispielsweise Ausführungsvariante einer Achterwicklung mit einem isolierten Flachdraht 13, dessen zwischen den Augen liegende Abschnitte zu einem kompakten Bündel 17 zusammengefasst sind. In den Augen sind zwecks günstiger Führung des magnetischen Flusses ferromagnetische Kerne 15, 16 aufgenommen, deren beliebig gestaltbaren Enden 10, 11 unterschiedliche magnetische Polaritäten zukommen, wenn die Wicklung von ihrem Anfang 12 bis zu ihrem Ende 14 von elektrischem Strom durchflossen ist.

[0016] An die Stelle einer Fig. 1 analogen Wicklungsvariante mit Flachdraht 13 kann sowohl in Fig. 4 als auch in Fig. 5 bis Fig. 14 eine Ausführungsvariante mit Leiterbahnen nach Fig. 16 oder Fig. 19 treten. Ebenso an die Stelle der Flachwicklung 90 in Fig. 22.

[0017] Eine erfindungsgemäße Wicklung mit Leiterbahn erweist sich dann als unumgänglich, wenn zwischen den Augen ein großer Abstand zu realisieren ist.

[0018] Fig. 5 zeigt auf einer Seite der Flachwicklung eine entweder bis zur Berührung angenäherte oder fix angebrachte ferromagnetische Platte 18 ohne oder mit eigener Magnetisierung zwecks dort von Kern zu Kern konstant widerstandsarmer und streuflussarmer Führung des magnetischen Flusses im Betrieb.

[0019] Fig. 6 zeigt eine ferromagnetische Platte 38 ohne oder mit eigener Magnetisierung, deren

Abstand 37 zur Flachspule mittels einer externen Einflussgröße 39 veränderbar ist, wobei die elektrischen Eigenschaften der Flachspule, in concreto die Komponenten ihrer Admittanz, oder aber ihre Induktionsspannung, der Einflussgröße folgen und auf sie rückschließen lassen.

[0020] Gegenüber konventionellen Lösungen mit weitläufigen büschelartigen Flussverläufen beschränkt sich hier das vom magnetischen Fluss erfüllte Volumen auf der einen Seite etwa auf den wicklungsnahen Bereich 37 zwischen den ferromagnetischen Kernen und dem ferromagnetischen Plättchen 38. Auf der anderen Seite kann sich der magnetische Fluss über ein größeres Volumen ausbilden, wofür in Anspruch 7 eine Lösungserfordernis gegeben ist. Eine gewünschte Einschränkung ist mittels einer ferromagnetischen Platte 18 gemäß Fig. 5 möglich.

[0021] Fig. 7 zeigt eine beispielsweise sehr dünn realisierte Flachspule 20. 21, 22, 23 als Empfängerspule, welcher über einen Luftspalt 24 hinweg eine massiver gestaltete Flachspule nach Fig. 5 als im Betrieb sendene Spule gegenüberliegt. Im Betrieb verläuft der Pfad des magnetischen Flusses senderseitig über die ferromagnetische Platte 18 und die beiden Kerne 15, 16, und auf der Empfängerseite über die ebenfalls ferromagnetischen Kerne 21, 22 und die ferromagnetische Platte 23. Weiters über die zwei kurzen Luftstrecken 24 zwischen den einander paarweise gegenüberliegenden Kernen 15, 21 und 16, 22, wobei im Vergleich dazu der Pfad zwischen den Kernen 15 und 16 der sendenden Flachspule ein langer und somit ein für die dortige Ausbildung eines Streuflusses ungünstiger ist. Je länger dieser Pfad gegenüber der Summe aus den beiden Luftstrecken 24 ist, desto effektiver ist die schlauchartige Kanalisierung des magnetischen Flusses zwischen den Kernen 15 und 21 bzw. 16 und 22.

[0022] Die erfindungsgegenständliche essenzielle, etwa schlauchartige Führung des magnetischen Flusses zeigt sich sehr deutlich zwischen den ferromagnetischen Kernen 15, 21 sowie 16, 22, zumal mit den vorgegebenen Austritts- und Eintrittsflächen keine büschelartige Aufweitung des Flusses möglich ist. Ähnliches gilt auch für die Konstruktionen gemäß Fig. 8 bis Fig. 23.

[0023] Bei der transkutanen Energieübertragung mit bekannten spiralförmig gewickelten Spulen zu subkutan implantierten medizintechnischen Apparaten folgert die büschelartige radiale Aufweitung des magnetischen Flusses im Nahbereich der sendenden Spule eine ganz essenzielle Gewebebelastung und zugleich eine sehr lose Kopplung der Spulen. In einigen Zentimetern Tiefe erreicht und durchsetzt nur mehr ein marginaler koaxialer Anteil des erzeugten magnetischen Flusses die implantierte Empfängerspule. Aus diesem Grund wird die sendende Spule üblicherweise in Resonanz mit einem Kondensator betrieben, damit der marginale in der Empfängerwicklung ankommende Nutzfluss ein brauchbarer ist. Damit einhergehend steigt aber auch die Gewebebelastung durch den bei Resonanz erhöht auftretenden büschelartigen Streufluss.

[0024] In vorteilhaftem Gegensatz dazu durchquert bei einer Flachspulenkombination gemäß Fig. 7 de facto der gesamte aus einem Kern austretende Fluss als schlauchartig kanalisierter Nutzfluss die Strecke bis zum Eintritt in den gegenüberliegenden Kern, sodass das dazwischenliegende Gewebe 24 keine Belastung durch einen nutzlosen Streufluss erfährt. Vergleichbare bekannte Lösungen fehlen.

[0025] Für eine Fig. 7 entsprechende Sender-Empfänger-Kombination zwecks transkutaner Energieversorgung subkutan implantierter medizintechnischer Einrichtungen [z. B. Herzersatzpumpe] kann eine erfindungsgegenständliche Empfängerspule elastisch verformbar ausgeführt sein und als solche Verformungen des Gewebes, in dem sie subkutan angebracht ist, mitmachen. Die ferromagnetische Platte 23 kann dabei durch einen biokompatiblen flexiblen, mit Ferritpulver vermengten Stoff ersetzt sein, und die Wicklung 20 kann eine mit auf flexiblen Trägerfolien angebrachten Leiterbahnen sein.

[0026] Fig. 8 zeigt eine transformatorisch gekoppelte Kombination einer erfindungsgegenständlichen Flachspule mit einem bewickelten halben Ferrit-Ringkern 36 als gekrümmtes einteiliges Analogon von 21, 22, 23 in Fig. 7, oder aber einer bewickelten ferromagnetischen Rohrhälfte geeigneter Länge [in die Zeichenebene hinein] als Analogon, gleichzeitig auch analog 88 in Fig. 20, dort aber mit einer erfindungsgegenständlichen Flachspule in Multilayertechnik nach Fig. 16 oder Fig. 19 kombiniert. Die der Flachspule zugewendete konkave Krümmung oder Wölbung fol-

gert auch hier eine schlauchartige Kanalisierung des magnetischen Flusses zwischen den einander zugeordneten Kernenden als Fluss-Aus- und Eintrittsstellen, wobei eine Kerngestaltung 43 nach Fig. 11, oder eine nach Fig. 22, diesen Vorteil noch verstärkt.

[0027] Fig. 9 deutet in Anlehnung an Fig. 3 schematisch einerseits den Pfad des im Betrieb dominierenden Flusses $\Phi_1(t)$ von Kern zu Kern an, und andererseits in diesem Pfad liegend zwei dünne einäugige Flachspulen 25, 26 in beispielsweise projizierenden Lagen, durch welche der sehr kompakt verlaufende Fluss hindurchströmen und Induktionsspannungen generieren kann.

[0028] In krassem vorteilhaftem Gegensatz zu dem nur sehr eng eingeschränkt zugelassenen Parallel- und Winkerversatz bekannter Flachspulenkombinationen genügt es hier, dass die einäugige Empfängerwicklung beliebiger Gestalt und beliebiger Weitläufigkeit den sehr kompakt und räumlich definiert verlaufenden Fluss von Kern zu Kern einfach oder mehrfach umschlingt.

[0029] Fig. 10 zeigt einen den Kernen 15, 16 vorgelagerten ferromagnetischen Anker 40 beliebiger Gestalt und beliebiger Bewegbarkeit, welcher durch den Fluss von Kern zu Kern Anziehung, im Falle seiner eigenen Magnetisierung auch Abstoßung oder Verdrehung erfahren kann, wobei die elektrischen Eigenschaften der Flachspule [Admittanz] nach dem Prinzip der Ankerrückwirkung Veränderungen erfahren, und ein elektrisch leitender Anker elektrisch eine kurzgeschlossene Wicklung darstellt.

[0030] Fig. 11 zeigt mit einer eher massiv ausgeführten Achterwicklung 42, welche auch in Form eines Stapels aus Flachspulen gemäß Fig. 16 oder Fig. 19 realisiert sein kann, einen beispielsweise ferromagnetischen Teil 43 mit beliebig gestaltbaren offenen Enden, welchem sowohl die Funktion der Kerne 15, 16 in Fig. 4 als auch die der Platte 18 in Fig. 5 zukommt. Dieser Teil kann als geeignet langes [in die Zeichenebene hinein] ferromagnetisches U-Profilstück in entsprechend geformten Augen realisiert sein, jedoch auch aus z. B. kongruent aufgeschichteten U-förmig profilierten Elektroblech-Stanzteilen bestehen.

[0031] Fig. 12 A zeigt eine erfindungsgegenständliche Flachspule 47, 48, 49, 50, bei der die Wicklung 47 im Bereich und entlang des geraden Bündels beispielsweise 90° abgewinkelt realisiert ist, wobei eine solche Abwinkelung auch mit Leiterbahnen 80 gemäß Fig. 19 machbar ist. Denn es ist funktionell unwesentlich, ob die Augenflächen der Achterwicklung in der selben oder in unterschiedlichen Ebenen liegen. Ebenso, ob ihre Augenkonturen von rechteckähnlicher oder von anderer Form sind, was auch deren mögliche Wölbung inkludiert.

[0032] In dieser Konstruktion, bei der die die beiden Kerne 49, 50 magnetisch verbindende ferromagnetische Platte 18 in Fig. 5 hier durch ein ferromagnetisches Winkelprofil 48 ersetzt ist, können im Sinne von Fig. 9 einäugige Flachspulen 51, 52 als Energieempfänger so positioniert werden, dass der von Kern zu Kern strömende magnetische Fluss $\Phi_1(t)$ durch sie hindurch verläuft. Der magnetische Fluss erfährt auch hier zwischen der Geometrie seines Austrittsbereiches am Kern 49 und der seines Eintrittsbereiches am Kern 50 eine schlauchartige Kanalisierung gemäß der Erfindungsidee. Vergleichbar vorteilhafte bekannte Lösungen fehlen.

[0033] Fig. 12 B zeigt als weiteres Beispiel zwei 90° -Abwinkelungen der sendenden Flachspule 46 im Sinne von Fig. 12 A. bei der die einäugige Empfängerspule 45 zwischen den Schenkeln bzw. Augen des U-ähnlichen Profils der sendenden Flachspule positioniert ist und, wenn normal auf die Zeichenebene bewegbar, die einäugige Empfängerspule die Energieempfängerin für weitläufig linear bewegbare Einrichtungen sein kann.

[0034] Fig. 13 zeigt eine im Bereich ihres Bündels 54 abgewinkelte Variante einer Flachspule 53, 55, 56, 57 nach Fig. 7, die ebenso eine mit Leiterbahnen 80 nach Fig. 19 realisierte sein kann, bei welcher die dortige ferromagnetische Platte 23 hier in Form eines ferromagnetischen Winkelprofils 57 auftritt.

[0035] Fig. 14 zeigt eine beispielsweise Kombination einer Sendespule nach Fig. 12 A mit einer Empfängerspule nach Fig. 13, bei welcher die Luftstrecke im Pfad des magnetischen Flusses essenziell kurz ist. Statt 90° kann die Abwinkelung beliebig sein, somit auch z. B. 270° . Die dargestellte Kombination ermöglicht beispielsweise eine Energieübertragung von einer in einer Türz-

arge angebrachten Flachspule 47, 48 zu einer im Türblatt angebrachten Flachspule 53, 57.

[0036] Für die in Fig. 12 A bis Fig. 14 aufgezeigten Aufgabenstellungen samt Lösungen mit erfindungsgegenständlichen Achterwicklungen fehlen vergleichbare Lösungsmöglichkeiten mit bekannten Spulen zur Gänze. Das in Fig. 12 A bis Fig. 14 Dargestellte eröffnet somit neuartige Herangehensweisen an bisher nicht bewältigte Herausforderungen.

[0037] Fig. 15 zeigt einen einem Smartphone ähnlich gestalteten Apparat 60 als Energieempfänger, welcher mit seinem unteren Bereich in einer Nut der Energie sendenden Einheit 61 aufgenommen ist. Gemäß den bereits dargelegten Flachspulen-Konstruktions- und Spulen-Kombinationsvarianten, ebenso auch der in Fig. 20 aufgezeigten, ist eine Ausstattung mit den Spulenkombinationen 62, 63 oder 64, 65 oder 66, 67 oder 68, 69 möglich. Sie erübrigen bekannte Lösungen mit nachteilig großflächigen spiralförmig gewickelten Wicklungen in ähnlich gestalteten Handgeräten, beispielsweise in Smartphones. Vergleichbar vorteilhafte bekannte Lösungen fehlen auch diesbezüglich zur Gänze.

[0038] Fig. 16 zeigt eine mit Fig. 2 korrespondierende beispielsweise Flachspule in schematischem Schnitt. Der dortige elektrische Leiter 6 mit Auskreuzungen ist hier mit einer die Ebenen wechselnden Multilayer-Leiterbahn 27, 28, 29 in einer Leiterplatte 30 realisiert. Dünne Linien mit Richtungspfeilen deuten erklärend den Weg des Stromes $i(t)$ von der Einleitungsstelle 27 bis zur Ausleitungsstelle 29 an. Die zentralen, zueinander parallel geführten Leiterbahnabschnitte, deren Breiten zwecks Erzielung eines hohen magnetischen Widerstandes zwischen den freien Kernenden 33, 34 ein Vielfaches der anderen Leiterbahnabschnitte 28, 29 betragen können, bilden das erfindungscharakteristische kompakte Bündel 31. Dieses ist zwecks günstiger Führung des magnetischen Flusses fakultativ im Sinne von Fig. 11 auf drei Seiten von einem ferromagnetischen U-Profilstück 32 umfasst, wobei dessen Schenkel als Kerne in den Augen der Achterwicklung 27, 28, 29 aufgenommen sind. Die beliebig gestaltbaren Enden 33, 34 der Schenkel bzw. Kerne weisen im Betrieb dem Strom $i(t)$ folgende entgegengesetzte magnetische Polaritäten auf.

[0039] Fig. 17 zeigt eine im Betrieb Energie empfangende Flachspule L1, beispielsweise eine gemäß Fig. 7 oder Fig. 22, welcher zwecks Parallelresonanz ein Kondensator parallelgeschaltet werden kann, und welche in eine Gleichrichterschaltung D1, D2, D3, C1, C2, C3, L2, S samt Verbraucher R eingebunden ist. Sie kann als mit einer sendenden Flachspule nach Fig. 7 vierpolartig elektromagnetisch gekoppelt angenommen und eingesetzt sein, wobei dann aus der Engangsadmittanz dieses Vierpols bzw. der sendenden Flachspule auf die im Verbraucher aktuell auftretende Leistung oder deren Variation rückgeschlossen werden kann, oder sie kann als Energie empfangende Flachspule 90, 91, 92, 93 nach Fig. 21 bis Fig. 23 genützt sein, in die im Betrieb die mechanisch eingebrachte Arbeit transferiert wird. Zwecks einer hoch effektiven Überleitung der empfangenen Induktionsspannungsimpulse in eine einem vorgegebenen Verbraucher R adäquate Spannung ist die empfangende Flachspule in die in Fig. 17 dargelegte Aufbereitungsschaltung eingebunden.

[0040] In beiden erwähnten Anwendungsfällen wird bei entsprechender periodischer oder zyklischer Steuerung des Schalters S aus der an den Kondensatoren C1 und C2 anliegenden Summenspannung, die sich aus den in L1 induzierten positiven bzw. negativen Spannungsimpulsen ergibt, eine Ausgangsspannung an C3 hergeleitet, welche betragsmäßig größer, gleich oder kleiner sein kann als die Summenspannung. Das wird erreicht, wenn unter Wiederholungen stets bei geschlossenem Schalter S die Spule L2 mit Energie aus den Kondensatoren C1 und C2 aufgeladen wird, und sie diese Energie bei geöffnetem Schalter mit umgekehrter Polarität ihrer Spannung über die Diode D3 in Richtung Glättungskondensator C3 und Verbraucher R abgibt.

[0041] Fig. 18 zeigt am Beispiel einer Sechskantschraube 70, 71, 72 mit Schaft 71 die elektromagnetische Einbettung einer erfindungsgegenständlichen Flachspule mit Achterwicklung in eine ihre Induktivität mitbestimmende Umgebung, wobei diese Induktivität eine elektrische Entsprechung der mechanischen Zugkraft im Schaft ist. Dazu ist die mit einem Kondensator zu einem Resonanzkreis ergänzte Achterwicklung 77 entweder auf der Innenseite eines weder ferromagnetischen noch elektrisch leitenden Plättchens 78 starr angebracht oder in dieses mit dem Kopf 70 als Positionsreferenz starre Verbindung unterhaltende Plättchen integriert.

[0042] Auf der dem Schaft zugewendeten Seite der Achterwicklung ist dieser im Sinne von Fig. 6 über einen möglichst kurzen Luftspalt hinweg ein ferromagnetisches Plättchen 76 vorgelagert, welches am einen Ende eines im Schaft koaxial geführten Stiftes 75 starr angebracht ist, dessen anderes Ende in geeignetem Abstand in der koaxialen Stufenbohrung 73, 74 starr angebracht ist. Zugbeanspruchung des Schaftes folgert seine Verlängerung, wobei auch der Luftspalt zwischen ferromagnetischem Plättchen und Achterwicklung eine Verlängerung und damit einhergehend die Spule eine der Zugkraft folgende Reduktion ihrer Induktivität und der Resonanzkreis dadurch eine Erhöhung seiner Resonanzfrequenz als Messgrößenentsprechung erfährt. Im Sinne bekannter Dipmeter-Anwendungen elektromagnetisch von außen her mit geeigneter Frequenz in die Achterwicklung eingebrachte Energie, wozu gemäß Fig. 6 die dem Plättchen 38 abgewendete Seite der Flachwicklung eine Möglichkeit bereitstellt und diese zudem bei Resonanz oder Eigenschwingen dort auch ihr eigenes Magnetfeld zu dessen drahtloser Erfassung von außen her anbietet, regt den Resonanzkreis zum resonanten Mitschwingen an, wobei aus der Resonanzfrequenz auf die aktuelle Zugkraft im Schaft rückgeschlossen werden kann.

[0043] Fig. 19 zeigt eine in einer Leiterplatte 86 in Multilayertechnik realisierte Flachspule 80, 81, 82 nach Fig. 16, bei der die Breiten der kompakt zu einem Bündel zusammengefassten zentralen Leiterbahnabschnitte 80 ein Vielfaches der Breiten der peripheren Leiterbahnabschnitte 81, 82 ausmachen, um einen langen Pfad des magnetischen Flusses $\Phi(t)$ ohne Streufluss direkt von Kern 83 zu Kern 84 zu erreichen.

[0044] Auf der im Bild unteren Seite der Flachspule leitet eine ferromagnetische Platte 85 den dort im Betrieb von Auge zu Auge bzw. von Kern 84 zu Kern 83 verlaufenden Fluss, dessen Pfad sich über zwei Luftspalte 141, 142 hinweg und über einen fremden Gegenstand 87 schließt. Bei einer durch eine fremde Einflussgröße bewirkten Verformung oder inneren Veränderung dieses Gegenstandes erfährt dessen innere Struktur Veränderungen, mit welchen eine Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit und eine Veränderung der durch den magnetischen Fluss bewirkten Wirbelstromleistung einhergehen, was sich in einer Veränderung der Admittanz der Flachspule niederschlägt, aus welcher auf die Einflussgröße rückgeschlossen werden kann.

[0045] Die das Bündel bildenden breiten Leiterbahnabschnitte 80 können zur Anpassung an andere Erfordernisse im Sinne von Fig. 12 A oder Fig. 12 B abgewinkelt oder gerundet realisiert sein.

[0046] Im Vergleich mit bekannten Wicklungsgestaltungen gilt als essenziell vorteilhaftes zweites Charakteristikum der Erfindungsidee die frei wählbare Breite der Leiterbahnabschnitte 80 im Bereich des Bündels [31 in Fig. 16], zumal diese Wahlfreiheit eine beliebig große gegenseitige Distanz der Augen der Achterwicklung realisieren lässt.

[0047] Denn mit einer anwendungsorientiert wählbaren Distanz geht ein angestrebter, im Allgemeinen hoher magnetischer Widerstand zwischen dem Bereich des Austrittes des magnetischen Flusses [$\Phi_1(t)$ in Fig. 9; $\Phi(t)$ in Fig. 19] aus dem einen Auge oder Kern [83 in Fig. 19; 118, 119 in Fig. 21; 91 in Fig. 22] und dem Bereich seines Eintrittes in das andere Auge oder in den anderen Kern [84; 116, 117; 92] einher, welcher sowohl bei der Energieübertragung einen großen Abstand [24 in Fig. 7] zwischen sendender Flachspule und empfangender Flachspule, oder einer anders gestalteten empfangenden Spule [36 in Fig. 8; 25, 26 in Fig. 9; 88, 89 in Fig. 20], als auch bei der magnetischen Kopplung mit in ihrer Position veränderbaren Teilen [40 in Fig. 10; 120 in Fig. 21; 95, 96 in Fig. 22; 109, 110 in Fig. 23] zulässt, ehe ein markanter Anteil des von der Flachspule erzeugten magnetischen Flusses als Streufluss direkt von Kern 83 zu Kern 84 auftritt.

[0048] Diese erfindungscharakteristische Lösung erzwingt einen Pfad des magnetischen Flusses $\Phi(t)$ gemäß Fig. 19, einen gleichartigen auch in Fig. 7 und Fig. 20 usw., wenn der magnetische Widerstand der beiden im Pfad des Flusses liegenden Luftspalte 24 in Fig. 7, bzw. 141, 142 in Fig. 19, bzw. 139, 140 in Fig. 20, im Vergleich mit dem des direkten Pfades von Kern zu Kern hinreichend niedrig ist.

[0049] In krassem vorteilhaftem Gegensatz zu den lediglich sehr losen Kopplungen bekannter Flachspulenkombinationen auf Grund büschelartiger Ausbreitung des magnetischen Flusses zwi-

schen sendender und empfangender Spule, stellen Lösungen mit erfindungsgegenständlichen Flachspulen mit Achterwicklung und einer schlauchartig kanalisiertem Führung des Flusses eine magnetisch feste Kopplung sicher. Damit ist, vierpolmäßig betrachtet, eine starke Rückwirkung der ausgangsseitigen Belastung auf die Admittanz des Einganges sichergestellt, sodass aus dieser sehr sicher auf Änderungen der Ausgangsbelastung geschlossen und ggf. reagiert werden kann.

[0050] Fig. 20 zeigt Fig. 8 analog eine beispielsweise transformatorisch gekoppelte Kombination einer Multilayerspule nach Fig. 19 oder Fig. 16 mit einer einäugigen Zylinderspule 88, 89.

[0051] Fig. 21 zeigt die Multilayerspule nach Fig. 19 oder Fig. 20, oder aber eine nach Fig. 5. mit ferromagnetischen Kernen 116, 118 ausgestattet, zwischen deren einander zugewendeten Nasen 117, 119, ähnlich wie 40 in Fig. 10, ein ferromagnetischer Teil 120 positioniert ist, dessen Enden ganz knapp den Nasen vorgelagert sind. Dieser Teil ist in seiner Mitte 121 drehbar gelagert und weist etwa dort eine starre Befestigung des einen Endes eines Stabes 122 auf, dessen anderes Ende beispielsweise mittels eines Zahnes 123 eines Rades 124 ausgelenkt werden kann. Eine solche Auslenkung folgert eine Abnahme des magnetischen Flusses im magnetischen Kreis 85, 118, 120, 116, dessen mindestens ein Abschnitt ein Dauermagnet ist, mit der Folge einer Induktionsspannung der einen Polarität in der erfindungsgegenständlichen Flachspule, welcher beim Ausklinken des Zahnes 123 und dem Zurückschwingen des Teils 120 eine der umgekehrten Polarität folgt.

[0052] Die Darstellung in Fig. 21 zeigt eine Auslenkmöglichkeit sowohl für den ferromagnetischen Teil 120 als auch den Stab 122 in der Zeichenebene. Mittels einer um 90° gedrehten Lagerung 121 ist eine Auslenkung des ferromagnetischen Teiles normal auf die Zeichenebene realisierbar, wobei dann der Stab als eine ein Drehmoment und damit mechanische Energie einbringende Welle fungieren kann. Zudem kann in einer solchen Konstruktion ein mit dem Stab drehbares Zahnrad oder Polrad an die Stelle des ferromagnetischen Teiles treten.

[0053] Fig. 22 zeigt eine beispielsweise Anwendung einer erfindungsgegenständlichen Flachwicklung 90 mit den den magnetischen Fluss führenden ferromagnetischen Teilen 91 bis 95, deren mindestens einer ein Permanentmagnet ist. Im in der Bildmitte dargestellten Ausgangszustand liegen die bewegbaren Anker 94, 95 durch Magnetkraft angezogen an den Endflächen 96, 97 der beiden Kerne 91, 92 an.

[0054] Mit Hilfe des Aktuators 99 kann im Berührungsbereich 98 der etwa fluchtenden zwei Anker eine Kraft F mit der Folge des Aufreißen der im Ausgangszustand durch Magnetkraft geschlossenen Luftspalte 96, 97, 98 herbeigeführt werden, wobei die Kanten 103, 104 der Kerne als Angeln für die dann jeweils zweiarmige Hebel darstellenden Anker fungieren. Der grundsätzlich abrupte Übergang von geschlossenen auf offene Luftspalte 100, 101, 102 folgert eine ebenso abrupte Reduktion des magnetischen Flusses $\Phi(t)$ in den Augen der Flachspule mit der Folge einer Induktionsspannung der einen Polarität, auf die beim Zurückziehen des Aktuators und dem Wiedereinnehmen der Ausgangslagen der Anker eine mit entgegengesetzter Polarität folgt. Diese Flachspule kann als Empfängerspule L_1 in die Schaltung gemäß Fig. 17 eingebunden sein.

[0055] Fig. 23 zeigt eine Fig. 22 ähnliche Ausführungsvariante, jedoch mit individuellen Angeln 107, 108 für die Anker 109, 110 zwecks Entlastung der Kanten 103, 104 der Kerne 91, 92. Mit entsprechenden Hebelarm-Proportionen der Anker folgern hier selbst sehr geringfügige Auslenkungen des Aktuators erhebliche Luftspaltaufweitungen bzw. Luftspaltverlängerungen, bei denen ein Abheben 111, 112 der Anker von den Kernen auftritt.

Patentansprüche

1. Flachspule zur drahtlosen Übertragung von Energie oder Information zwischen ihr und mindestens einer im Betrieb mit ihr magnetisch gekoppelten und dadurch ihre elektrischen Eigenschaften (Admittanz; Induktionsspannung) mitbestimmenden örtlich distanzierten Spule oder Einrichtung (20 bis 23 in Fig. 7; 88, 89 in Fig. 20; 120 in Fig. 21), **dadurch gekennzeichnet**, dass ihre Wicklung mit einem elektrischen Leiter, beispielsweise Draht oder Litze oder Leiterbahn (13 in Fig. 4; 20 in Fig. 7; 80, 81, 82 in Fig. 19), etwa nach der Kontur oder Gestalt der Ziffer „8“ achterförmig um zwei Augen (1,2) herum und diese in beliebiger Aufeinanderfolge umschlingend realisiert ist, wobei diese Augen der Achterwicklung in unterschiedlichen Ebenen liegen oder auch gewölbt sein können, und die zwischen den Augen liegenden Abschnitte des Leiters der im Allgemeinen mehreren Windungen über eine geeignete Länge hinweg zu einem geraden Bündel (4 in Fig. 1; 9 in Fig. 2) zusammengefasst sind.
2. Flachspule nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Breiten der zwischen den Augen liegenden und ein gerades Bündel bildenden Abschnitte der Leiterbahn (31 in Fig. 16; 80 in Fig. 19) ein Mehrfaches der Breiten der sonstigen Abschnitte betragen.
3. Flachspule nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Augen mindestens ein ferromagnetischer Kern (15, 16 in Fig. 4; 21, 22 in Fig. 7; 91, 92 in Fig. 22) ohne oder mit eigener Magnetisierung aufgenommen ist.
4. Flachspule nach Anspruch 1 bis Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf mindestens einer Seite der Achterwicklung im Pfad des im Betrieb von Auge zu Auge verlaufenden und die Augen durchsetzenden magnetischen Flusses mindestens ein entweder fixer (18, 23 in Fig. 7) oder in seiner Position gegenüber der Achterwicklung veränderbarer ferromagnetischer Gegenstand (38 in Fig. 6; 109, 110 in Fig. 23) ohne oder mit eigener Magnetisierung angebracht ist, wobei eine Veränderung dessen Position eine Veränderung der Admittanz der Flachspule oder eine Induktionsspannung in ihr folgert.
5. Flachspule nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Betrieb die Augen der Flachspule (L1 in Fig. 17) von einem zeitlich variierenden fremden magnetischen Fluss durchsetzt sind, die Flachspule der Variation dieses Flusses folgend ihre induktionsspannungsmäßig polar unterschiedlich empfangenen elektrischen Energien über je einen Diodenpfad (D1, D2) für positive und für negative Anteile in je einen Kondensator (C1, C2) überträgt, wobei je ein Anschluss dieser Kondensatoren und ein Anschluss der Flachspule mitsammen elektrisch leitend verbunden sind, mittels eines periodisch oder zyklisch gesteuerten elektronischen Schalters (S) jeweils während dessen geschlossenen Zustandes eine als temporärer Energiespeicher fungierende Spule (L2) an die Gesamtspannung der Kondensatoren (C1, C2) angeschaltet ist, und diese Spule (L2) während des offenen Zustandes des Schalters zumindest einen Teil ihrer gespeicherten Energie über einen Diodenpfad (D3) in einen Glättungskondensator (C3), dem im Betrieb zwecks Energieabgabe ein Verbraucher (R) parallelgeschaltet ist, transferiert.
6. Flachspule nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass in sendender Betriebsart im magnetischen Wechselfeld dieser Flachspule mindestens eine Empfängerspule (L1 in Fig. 17) liegt, diese Empfängerspule ihre empfangenen Halbwellenenergien über je einen Diodenpfad (D1, D2) für positive und für negative Halbwellen in je einen Kondensator (C1, C2) überträgt, wobei je ein Anschluss dieser Kondensatoren und ein Anschluss der Empfängerspule mitsammen elektrisch leitend verbunden sind, mittels eines periodisch oder zyklisch gesteuerten elektronischen Schalters (S) jeweils wäh-

rend dessen geschlossenen Zustandes eine als temporärer Energiespeicher fungierende Spule (L2) an die Gesamtspannung der Kondensatoren (C1, C2) angeschaltet ist, diese Spule (L2) während des offenen Zustandes des Schalters zumindest einen Teil ihrer gespeicherten Energie über einen Diodenpfad (D3) in einen Glättungskondensator (C3), dem ein Verbraucher (R) parallelgeschaltet ist, transferiert, eine Veränderung der Leistung des Verbrauchers eine elektromagnetische Rückwirkung von der Empfängerspule (L1) auf die sendende Flachspule mit einer Veränderung deren Admittanz folgert.

wobei aus einer Veränderung der Admittanz auf eine Veränderung der Leistung des Verbrauchers (R) geschlossen werden kann.

7. Flachspule nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flachspule (77) in eine mindestens einer elektrischen Resonanz fähige Schaltung eingebunden ist, eine Resonanz dieser Schaltung durch elektromagnetische Energieeinstrahlung von außen her anregbar ist, eine Resonanz dieser Schaltung von außen her, beispielsweise auf Grund des magnetischen Wechselfeldes der Flachspule, feststellbar ist, die Achterwicklung der Flachspule mit ihrer einen Seite an einem mit dem Kopf (70) als Positionsreferenz eines auf Zug oder Druck beanspruchbaren Körpers, beispielsweise einer Schraube (70, 71, 72), starre Verbindung unterhaltenden Plättchen (78) aus weder ferromagnetischem noch elektrisch leitendem Material starr angebracht oder in dieses Plättchen integriert ist, auf der anderen Seite der Achterwicklung über einen vorzugsweise kurzen Luftspalt hinweg ein ferromagnetisches Plättchen (76) am einen Ende eines im Schaft (71) etwa koaxial geführten Stiftes (75) positioniert ist, dessen anderes Ende in geeignetem Axialabstand in einer Bohrung (73, 74) des Schaftes starr angebracht ist, im Betrieb eine Zug- oder eine Druckbeanspruchung des Schaftes eine Veränderung seiner Länge oder Gestalt und dabei auch eine Veränderung des Abstandes zwischen dem ferromagnetischen Plättchen und der Achterwicklung folgert, womit sowohl eine Veränderung der Induktivität der Flachspule als auch eine Veränderung der Resonanzfrequenz der Schaltung, in die die Flachspule eingebunden ist, einhergeht.
8. Flachspule nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Breiten der zwischen den Augen der Achterwicklung ein kompaktes Bündel (31 in Fig. 16) bildenden Abschnitte der Leiterbahn ein Vielfaches der abseits dieses Bündels vorliegenden Breiten betragen, zumindest auf einer Seite der Flachspule vorgelagert und im Betrieb im Pfad des dortigen magnetischen Flusses von Auge zu Auge liegend mindestens ein elektrisch leitender Gegenstand (87 in Fig. 19) fix positioniert oder in Bewegung ist, dessen innere Struktur, oder dessen Gestalt oder Länge, oder dessen Torsion, oder dessen Bewegungsgeschwindigkeit, etc., seitens einer äußeren Einflussgröße, beispielsweise einer Kraft oder eines Drehmomentes, mit der Folge einer im Bereich des magnetischen Flusses lokalen Veränderung seines effektiven elektrischen Leitwertes oder seines magnetischen Widerstandes verändert werden kann, wobei mit einer solchen Veränderung auch eine Veränderung der durch den magnetischen Fluss bewirkten lokalen Wirbelstromleistung im Gegenstand sowie auch eine Veränderung der elektrischen Eigenschaften (Admittanz, Induktionsspannung) der Flachspule einhergehen, aus welchen auf elektronischem Weg auf die äußere Einflussgröße oder deren Veränderung rückgeschlossen werden kann.
9. Flachspule nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Augen der Flachspule mindestens ein ferromagnetischer Kern (43 in Fig. 11; 32 in Fig. 16; 92, 92, 93 in Fig. 22) mit oder ohne eigener Magnetisierung aufgenommen ist, im Ruhe- oder Ausgangszustand an den freien Endabschnitten des mindestens einen ferromagnetischen Kerns berührend anliegend oder über einen Luftspalt minimaler effektiver

Länge hinweg mindestens ein den Kreis des magnetischen Flusses ($\Phi(t)$) widerstandsarm schließender ferromagnetischer Teil (120 in Fig. 21; 94, 95 in Fig. 22) mit oder ohne eigener Magnetisierung positioniert ist,
im Betrieb dieser mindestens eine ferromagnetische Teil durch eine von extern her einwirkende Kraft, oder durch ein von extern her einwirkendes Drehmoment, unter Verlängerung der effektiven Länge (125, 126 in Fig. 21; 100, 101 in Fig. 22) des Luftspaltes aus der Ruhe- oder Ausgangsposition mit der Möglichkeit einer Rückkehr in diese ausgelenkt werden kann,
jede Veränderung der effektiven Länge des Luftspaltes eine Veränderung der Stärke des magnetischen Flusses durch die Augen der Flachspule hindurch und damit einhergehend sowohl eine Induktionsspannung in der Flachspule als auch eine Veränderung der Admittanz der Flachspule folgert.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

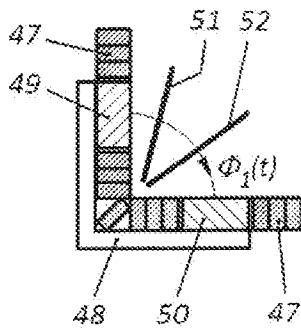


Fig. 12 A

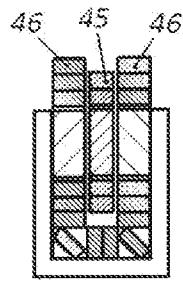


Fig. 12 B

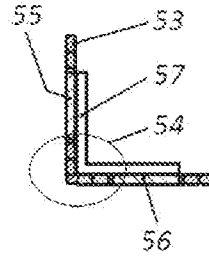


Fig. 13

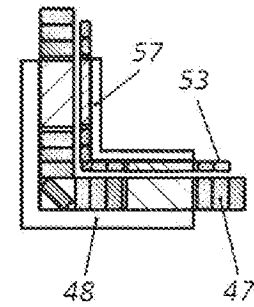


Fig. 14

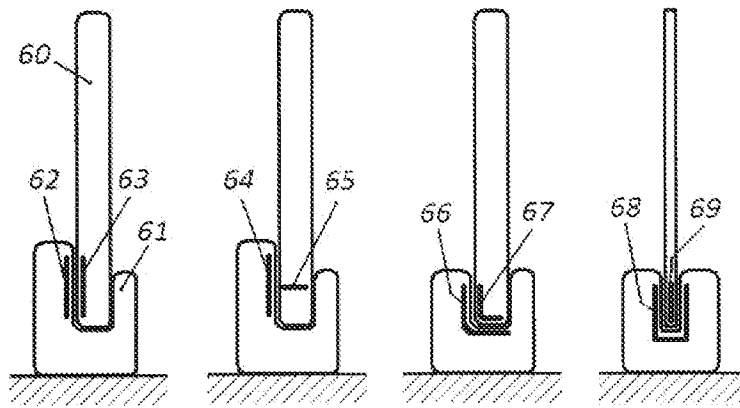


Fig. 15

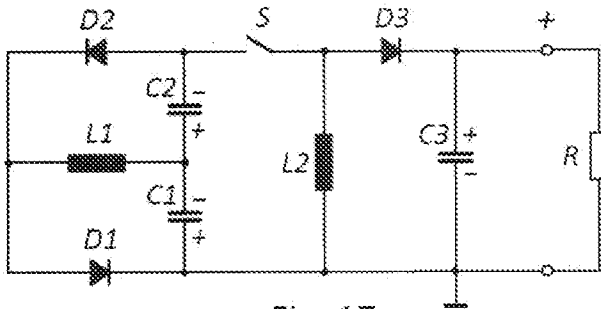


Fig. 17

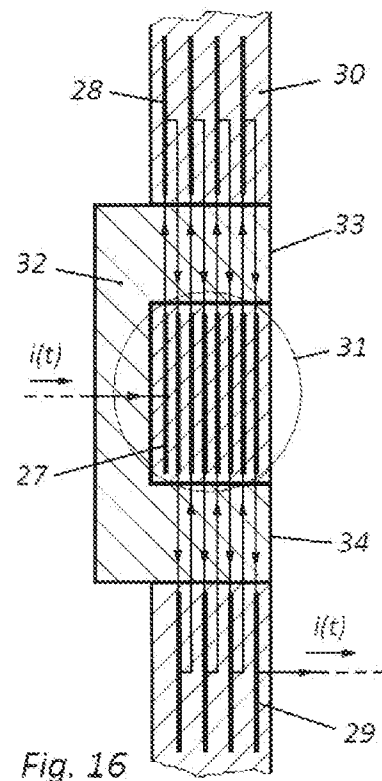


Fig. 16

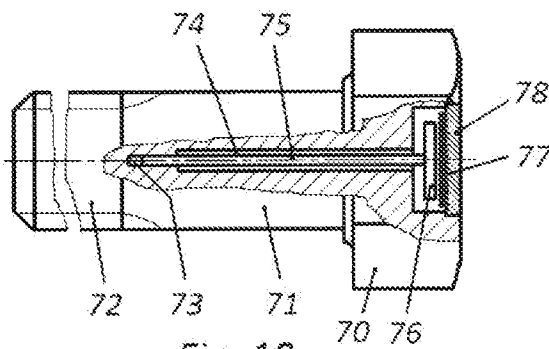


Fig. 18

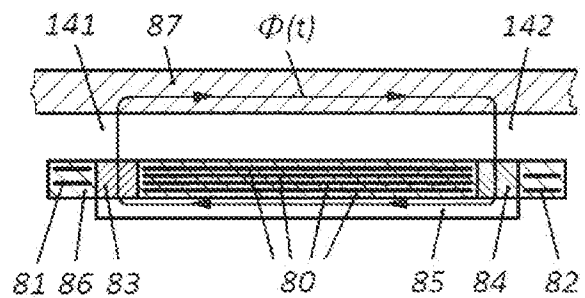


Fig. 19

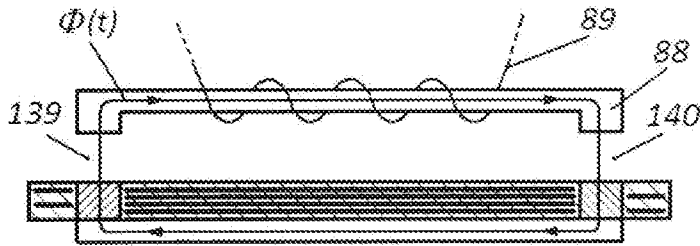


Fig. 20

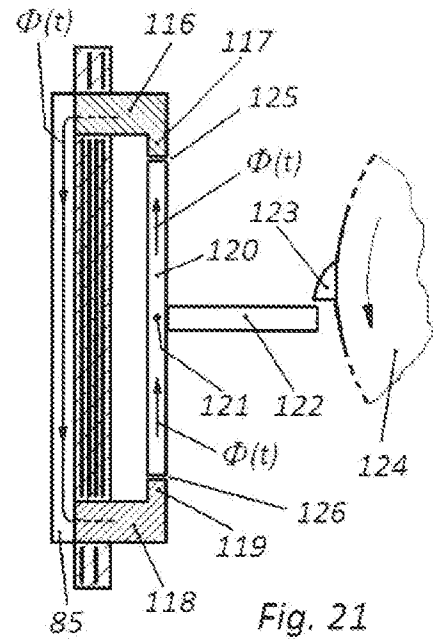


Fig. 21

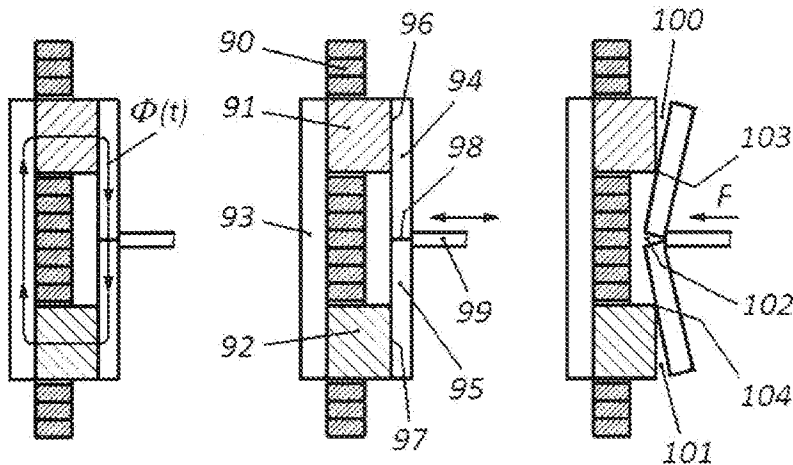


Fig. 22

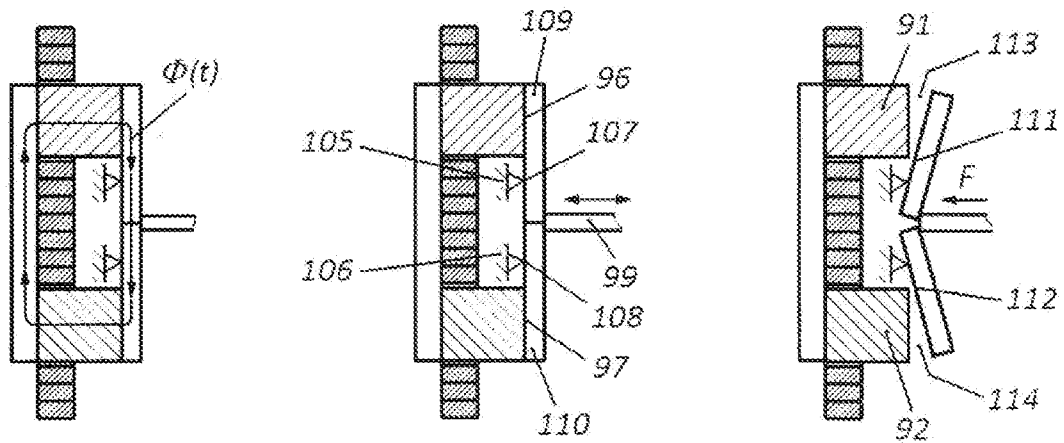


Fig. 23