



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 35 01 076.2
22 Anmeldetag: 15. 1. 85
43 Offenlegungstag: 17. 7. 86

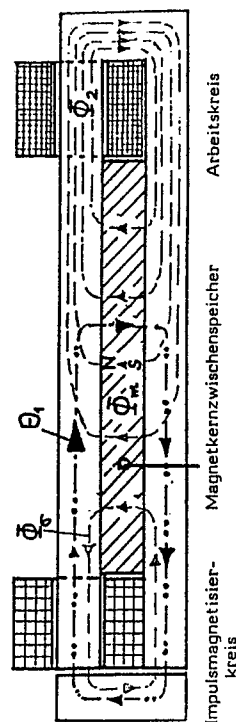
DE 3501076 A1

71 Anmelder:
Volkrodt, Wolfgang, Dr.-Ing., 8740 Bad Neustadt, DE

72 Erfinder:
gleich Anmelder

54 Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher

Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher, dadurch gekennzeichnet, daß dem Magnetkernzwischenpeicher zwei unterschiedlich bemessene, äußere, parallelgeschaltete magnetische Kreise zugeordnet sind, wobei der erste, als Impulsmagnetisierkreis bezeichnete, einen höheren magnetischen Widerstand als der zweite, als Arbeitskreis bezeichnete, hat, der Impulsmagnetisierkreis mit seiner Wicklung geringere Induktivitäten und kürzere Zeitkonstanten als der Arbeitskreis aufweist, und daß die zwecks Umschlagen der Induktion vom Positiven ins Negative und umgekehrt im Impulsmagnetisierkreis aufgeschalteten Ströme zwecks Gegendurchflutung des Magnetkernzwischenspeichers eine Dauer haben, die weit geringer ist als die Zeit, die der Arbeitskreis zum Abarbeiten der durch die Kommutierung der Flußrichtung im Magnetkern und Wandlung eines Teils der im Magnetkernspeicher zwischengespeicherten Energie in elektrische oder mechanische Arbeit benötigt.



DE 3501076 A1

1. Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher, dadurch gekennzeichnet, daß dem Magnetkernzwischenpeicher zwei unterschiedlich bemessene, äußere, parallelgeschaltete magnetische Kreise zugeordnet sind, wobei der erste, als Impulsmagnetisierkreis bezeichnete, einen höheren magnetischen Widerstand als der zweite, als Arbeitskreis bezeichnete, hat, der Impulsmagnetisierkreis mit seiner Wicklung geringere Induktivitäten und kürzere Zeitkonstanten als der Arbeitskreis aufweist, und daß die zwecks Umschlagen der Induktion vom Positiven ins Negative und umgekehrt im Impulsmagnetisierkreis aufgeschalteten Ströme zwecks Gegendurchflutung des Magnetkernzwischenpeichers eine Dauer haben, die weit geringer ist als die Zeit, die der Arbeitskreis zum Abarbeiten der durch die Kommutierung der Flußrichtung im Magnetkern und Wandlung eines Teils der im Magnetkernspeicher zwischengespeicherten Energie in elektrische oder mechanische Arbeit benötigt.
2. Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für den Magnetkernzwischenpeicher ein Material eingesetzt wird, das ähnlich den in der Datenverarbeitungstechnik verwendeten Ferritkernspeichern kurze Schaltzeiten bei begrenzten Umschlagfeldstärken besitzt, nahezu frei von Wirbelströmen ist, jedoch im Gegensatz zu Datenverarbeitungskernspeichern eine wesentlich größere Energiezwischenpeicherung durch eine innere Rayleigh-Schleife mit großer, umschlossener Fläche und somit großem Energieinhalt ermöglicht.
3. Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem magnetischen Arbeitskreis eine Art Transformatorsekundärspule zugeordnet ist, in der die dem Magnetkernzwischenpeicher entzogene Energie in elektrische Energie mit Wechselspannung gewandelt wird.
4. Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der der Transformatorspule zugeordnete elektrische Sekundärkreis durch Beschaltung mit Kondensatoren auf optimalen Energieentzug bei der gewünschten Frequenz aus dem Magnetkernzwischenpeicher angepaßt ist.
5. Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Sekundärkreisenergie nach elektrischem Zwischenpeichern in einer Kondensator- oder Akkubatterie zur Energieversorgung des Impulsmagnetisierkreises verwendet wird.

6. Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Impulsmagnetisierkreis zwecks Vorgabe einer konstanten Frequenz fremd- und zwangsgetaktet wird.
7. Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Impulsmagnetisierkreis mit der Spannung des Sekundärkreises rückgekoppelt ist, so daß der Energiewandler, beginnend bei kleinen Rayleigh-Schleifen, niederer Frequenz und kleiner Spannung ähnlich einem selbsterregten Generator sich selbsttätig bis auf maximales Leistungsvermögen, welches frequenzproportional ist, hocharbeitet.
8. Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Arbeitskreis eine mechanisch umlaufende Induktivität in Form eines Käfig-, Schleifring- oder Reluktanzläufers zugeordnet ist.
9. Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetkernzwischenpeicher im Ständer umlaufender Maschinen derartig angeordnet sind, daß sie mit ihrem äußeren Rückschlußjoch, zur Ständerbohrung hinführenden, polschuhartigen Flußleitstücken über im Ständer angeordnete Hilfsluftspalte zu den die Impulsmagnetisierungsspulen tragenden ferromagnetischen Kern den induktivitätsarmen magnetischen Impulskreis bilden.
10. Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulsmagnetisierspulen von außen derart zyklisch z.B. nach bekannten Verfahren der Leistungselektronik und Umrichtertechnik geschaltet werden, daß die nach dem Umschlagen der Polarität bei ein oder mehreren Magnetkernzwischenpeichern in Richtung der Ständerbohrung sich ausbildenden magnetischen Felder in ihrer Summe ein umlaufendes Drehfeld bilden, das die zugeordneten Induktions- oder Reluktanzläufer mitnimmt.
11. Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher gemäß Anspruch 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahlstellung vorbenannter kommutatorloser Antriebe mit konstantem Drehmoment über den Drehzahlstellbereich durch die Taktfrequenzvorgabe für den Impulsmagnetisierkreis erfolgt.
12. Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ständerbohrung hin die Polschuhe mit Zähnen versehen sind, denen eine Zahnung mit abweichender Teilung im Läufer nach der Art von Mittelfrequenz-Reluktanzmaschinen gegenübersteht, um damit bei hoher

Ständerdrehfeldfrequenz zwecks guter Leistungsausnutzung der Magnetkernzwischenpeicher für technische Zwecke geeignete, nicht zu hohe Drehzahlen zu erhalten.

13. Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß vorbenannte elektrische Maschine als digital ansteuerbarer Schrittmotor und mechanisch rotierender Magnetkernspeicher dient, wobei nach dem letzten, extern ausgelösten Ummagnetisierimpuls durch die verbleibenden remanenten Felder in Richtung Ständerbohrung die letzte, angesteuerte Läuferposition auf praktisch unbegrenzte Zeit festgehalten wird.
14. Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher gemäß aller vorbenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwecks guter Leistungsausbeute und in Anpassung an die Daten und Kosten von Bauteilen der modernen Leistungselektronik im Gegensatz zu den seit etwa 70 Jahren gebräuchlichen Netzspannungen und Frequenzen vorbenannte, erfindungsgemäße Energiewandler bevorzugt für eine Frequenz von 500 Hz und eine Einphasenspannung von 50 V zu bemessen sind.
15. Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher gemäß aller vorbenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulsenergie zum Umschlagen der Remanenzinduktionen, welche dem Impulsmagnetisierspulen zuzuführen ist, mit ähnlichen Verfahren wie bei der Transistor-Spulenzündung von Kraftfahrzeugen erzeugt wird, mit dem wesentlichen Unterschied, daß Primär- und Sekundärseite der als Energiezwischenpeicher dienenden Zündspule in ihrer Wirkung vertauscht sind, so daß anstelle von z.B. 20kV über den Zündkerzen kurze, hohe Ströme bis ins kA-Bereich an den Impulsmagnetisierspulen anstehen.

ENERGIEWANDLER MIT MAGNETKERNZWISCHENSPEICHER

Die Erfindung verwertet den seit mehreren Jahrzehnten bekannten, aber energietechnisch bisher nicht genutzten Sachverhalt, daß die in magnetischen Werkstoffen speicherbare Energie erheblich größer ist als der notwendige Energiebedarf beim Auf- oder Ummagnetisieren, um vorbenannten Speichervorgang auszulösen.

Ein wesentlicher Grund für die bisherige Nichtverwertung vorstehenden Effekts im Bereich der Energietechnik scheint eine irreführende Definition der Hystereseverluste für hartmagnetische Werkstoffe zu sein. Zu ihrer Ermittlung ist es üblich, die von der B-H-Ummagnetisierungskurve eingeschlossene Fläche gemäß $\oint H dB$ auszuplanimetrieren. Einem mit einer Aussteuerungsinduktion von 400 mT ummagnetisierten Bariumferritmagnet 300K (Fig.1 zeigt dessen Kennlinien) werden nach vorstehendem Verfahren Wechselhystereseverluste von etwa $0,05 \text{ Ws/cm}^3$, also einer Magnetplatte mit $A_m = 100 \text{ cm}^2$ Fläche und $l_m = 1 \text{ cm}$ Dicke 5 Watt Verluste pro Zyklus zugeordnet. Unter Vorgabe einer Impulsmagnetisierzeit von 0,1 ms, die bei vorgenanntem Werkstoff gebräuchlich ist, und einer Ummagnetisierungsfeldstärke $H = 160 \text{ kA/m}$ für eine Aussteuerungsinduktion von $\pm 400 \text{ mT}$ sind 10 000 Impulse pro Sekunde und somit eine Ummagnetisierungsfrequenz von 5000 Hz möglich. Hierbei müßten nach bisher üblichen Theorien in vorbenanntem Ferritmagnetkern 25 kW Verluste auftreten. Dies widerspricht praktischen Erfahrungen.

Der Energiebedarf für einen Ummagnetisierungsimpuls beträgt unter Einsatz einer Aufmagnetisierungspule mit kleinem Widerstand als eingängige Sekundärwicklung eines Impulsmagnetisiertransformators etwa 25 mWs. 10 000 Impulse pro Sekunde erfordern somit eine Leistungszufuhr von 0,25 kW, also einem Hundertstel der hierbei angeblich entstehenden Hystereseverluste. Nach jedem Impuls ist der Energieinhalt in der Schleife des Magnetkerns voll vorhanden. Die Schleife selbst hat ihre Form nicht verändert. Nur die remanente Induktion ist vom Positiven ins Negative oder umgekehrt umgelegt und damit die Flußrichtung kommutiert worden.

Der „Umschlag“ (Fachausdruck der EDV-Techniker) der Magnetisierung von der positiven zur negativen Remanenz ist das Grundprinzip der Ferritkernspeichertechnik in elektronischen Datenverarbeitungsanlagen. In der zugehörigen Theorie interessiert man sich für kleinstmögliche Schaltzeiten und die zur Auslösung des Schaltvorgangs notwendigen, möglichst kleinen Feldstärken. Über Hystereseverluste spricht man nicht, offensichtlich, weil sie entgegen den

3501076

bisherigen Theorien der Energietechniker bei einem derartigen „Umschlagen“ der Remanenzinduktionen nicht auftreten.

Fassen wir kurz den Stand heutiger Erkenntnisse zusammen:

>>> Die notwendige Energie zum Auf- oder Ummagnetisieren eines magnetischen Kernspeichers ist erheblich kleiner als der hernach im Dauermagnet meßbare Energieinhalt gemäß $\oint H \, dB$ bzw. $(BH)_{\max}$.

>>> Die nach bisherigen Theorien der Energietechnik zu erwartenden Wechselhystereseverluste betragen ein Mehrfaches der zwecks Ummagnetisieren tatsächlich zugeführten elektrischen Energie. Die Theorie stimmt weder mit dem Energieerhaltungsgesetz noch experimentellen Erfahrungen überein.

>>> Das Umschlagen der Remanenz wird in der EDV-Kernspeichertechnik als ein Schaltvorgang betrachtet, durch den die Elektronenspinzustände mit positiver Remanenz zum Zeitpunkt t_1 in einen spiegelbildlichen, gleich stabilen Zustand mit negativer Remanenz zum Zeitpunkt t_2 gekippt werden.

>>> Schaltvorgänge mit geringer Impulsenergie zwecks Einflußnahme z.B. auf die Beweglichkeit von Elektronen gehören bei elektrischen Halbleitern zum Stand der Technik. Es gibt keinen physikalischen Grund, der gegen eine ähnliche Technik bei magnetischen Halbleitern spricht.

>>> Die herkömmliche Physik kennt bisher nur die realen Komponenten von Elektrizität, Magnetismus und Gravitation. Um zwischen vorgenannten Größen Wechselwirkungen in Form von Schwingungen und Wirbeln beschreiben zu können, bedarf es jedoch komplexer Größen. Nach neueren Theorien müssen in unserem Weltraum auch imaginäre Größen als vorhanden angenommen werden, aus den unter bestimmten Voraussetzungen eine Transformation in uns bekannte Energieformen möglich ist.

>>> Nach vorstehender Hyperenergie-Theorie versteht man unter Ferromagnetismus die Ausrichtung unpaarer Elektronen (es sind kleine Hyperraumwirbel), um damit ein resultierendes magnetisches Vektorfeld zu etablieren.

>>> Bei dieser Ausrichtung sind die spiegelbildlichen Spinachsenlagen mit positiver oder negativer Remanenz gleichwertig, stabil und real. Ähnlich wie bei elektronischen Halbleitern genügt bei ferromagnetischen Halbleitern ein Impuls mit geringer Energie zum Umschlagen.

>>> Apparate und Maschinen, die den Hyperraum als Energiequelle nutzen, sind keine perpetuum mobiles, sondern Energiewandler im herkömmlichen Sinn.

>>> Die dem Hyperraum entnommene Energie wird in gleicher Menge, letztendlich in Wärmestrahlung gewandelt, an den Hyperraum zurückgegeben.

>>> Das Entropiegesetz, das für Energiewandlungs-Kreisprozesse das Vorhandensein zweier Speicher voraussetzt, wird eingehalten. Der erste, vermutlich für uns Menschen unerschöpfliche Speicher ist der Hyperraum, der zweite Speicher und zugleich Wandler in herkömmliche Energieformen ein Magnetkern.

Aufgabe vorliegender Erfindung ist die Verwertung der in einem Magnetkern zwischengespeicherten Energie für technische Zwecke durch Wandlung in Elektroenergie oder mechanische Arbeit. Die Impulsmagnetisierung ist hierbei im übertragenen Sinn als eine Art Ventilsteuerung zwischen dem äußeren Hyperraumenergiespeicher und dem Magnetkernzwischenpeicher zu verstehen. Hierbei spielt das Verhältnis Impulsdauer t_p zur Zeitdauer einer halben Zyklusperiode $t_z/2$ eine ausschlaggebende Rolle. Die reziproke Größe wird in der EDV-Kernspeichertechnik als Tastverhältnis $v = \text{Pulsfrequenzdauer } t_f \text{ zur Impulsdauer } t_o$ definiert.

Der Fall $t_p = t_z/2$, dem in der Elektrotechnik z.B. die sinusförmige Feldverteilung von Primär- und Sekundärwicklung bei Transformatoren oder elektrischen Maschinen entspricht, erfordert eine um die inneren Verluste größere primärseitige Energiezufuhr, als sekundärseitig abgegeben werden kann. Der Wandlerwirkungsgrad muß kleiner Eins sein.

Der Fall $t_p < t_z/2$ setzt, um einen Nachwirkungseffekt zu erzielen, im Gegensatz zu $t_p = t_z/2$ den Einsatz von magnetisierbarem Material mit Speichereigenschaften, also mit ausgeprägten Hystereseschleifen, voraus. Hierfür gibt es in der Signalverarbeitungs- und EDV-Technik eine Vielfalt geeigneter Werkstoffe. Sie wurden vor einiger Zeit in großer Menge für Ferritringkerne in Speichermatrixrahmen eingesetzt. Die Anforderungen der Datentechnik an Magnetkernspeicher sind andere als an Speicher für die Energietechnik. Es soll mit einem Minimum an Feldstärke der Umschlag von der positiven Remanenz (Informationsinhalt „Eins“) zur negativen Remanenz (Informationsinhalt „Null“) erfolgen. Für die Energietechnik, bei der aus einem Magnetkern möglichst viel Leistung als Produkt aus Strom und Spannung herausgeholt werden soll, ist hingegen eine erheblich größere Feldstärke für den Umschlag der Remanenzinduktion notwendig. Die Koerzitivfeldstärke des Magnetkernmaterials gibt die Größenordnung der zulässigen Gegendurchflutung und somit des zwecks Energieentzugs zulässigen Strom vor, indessen der beim Umschlag oder Kommutieren entstehende Induktionshub die induzierbare Spannung bestimmt. Das Produkt aus Strom und Spannung soll größtmöglich sein. Für einen Energie-Magnetkernspeicher wird somit ein Material benötigt, dessen von der Ummagnetisierungskurve umschlossene Hystereseffläche möglichst groß ist. Ähnlich wie in der EDV-Technik besteht in der Energietechnik zugleich auch der Wunsch nach nicht allzugroßen Impulsfeldstärken für den Kommutierungsvorgang. Ein schlanke Hystereseffleife mit großen Remanenzinduktionen bei nicht allzu großen Koerzitivfeldstärken wäre somit vorteilhafter als die von heutigen Ferritmagneten auf der Basis $(\text{MeO}) \cdot 6 \text{FeO}_3$ mit $\text{Me} = \text{Ba, Sr, Pb}$. In Ermangelung von Besserem sind beim Einbau gegenwärtig verfügbarer

Ferritmagnetplatten in weichmagnetische Systeme deren magnetische Länge l_m klein zu halten. Der Strom für die Impulsmagnetisierung ist etwa l_m proportional. Der Querschnitt der Magnetplatte ist hingegen möglichst groß zu wählen. Der aus ihm austretende Fluß ist durch ferromagnetische Leitstücke auf wesentlich höhere Induktionen zu bringen. Dies dürfte auf längere Sicht jedoch nur eine Übergangslösung sein. Hartmagnetische Ferrite werden z.Zt. vornehmlich in statischen Systemen eingesetzt. Ein Bedarf für dynamisch arbeitende Energie-Magnetkernspeicher lag bisher nicht vor. Gezielte Neu- und Weiterentwicklungen in vorbezeichneter Richtung sind sehr wahrscheinlich.

Die in der EDV-Technik verwendeten Verfahren zum Speichern und Abfragen von positiver oder negativer Remanenz im Magnetkernspeicher lassen sich für die Energietechnik nicht übernehmen. Somit galt es hierfür eine neuartige, erfinderische Lösung zu finden. Sie besteht vornehmlich darin, daß dem Magnetkernspeicher zwei unterschiedliche Kreise zugeordnet werden, einer, über den mit geringstmöglicher magnetischer Trägheit der Kommutierungsvorgang im Speicher bewirkt wird, und ein zweiter, der sich gegen den Ummagnetisierungsimpuls mit Hilfe seiner relativ hohen Induktivität zunächst selbsttätig abschirmt, hernach aber nicht umhinkommt, sich den kommutierten Durchfluß- und Flußrichtungen im Magnetkernspeicher unter Erzeugung von Strom und Spannung anzupassen. Zwecks Optimierung des Energiewandlerprozesses z.B. mit Hilfe von Abstimmung auf Resonanz, empfiehlt sich eine Einflußnahme auf die Zeitkonstante τ_1 des Impulsmagnetisierungskreises und τ_2 des Arbeitskreises durch Zuordnung von Kapazitäten C_1 und C_2 zu den Induktivitäten L_1 und L_2 . Zur numerischen Berechnung eignen sich bekannte Formeln für den Kommutierungsvorgang bei Gleichstrommaschinen und Zwangskommutierung bei elektronischen Umrichtern.

Zur Veranschaulichung sind einige Beispiele für derartige Energiewandler mit Magnetkernzwischenpeicher zeichnerisch dargestellt. Es zeigen:

Fig.1 : Die Magnetisierungskurve und innere Schleife eines Magnetkernspeichers

Fig.2 : Das Prinzip eines Energiewandlers mit Impulsmagnetisier- und Arbeitskreis

Fig.3 : Einen ruhenden Energiewandler in EI-Trafokernbauweise

Fig.4 : Eine umlaufende elektrische Maschine mit Käfigläufer

Fig.5 : Das äußere, elektrische Prinzipschaltbild zu Fig.4

Fig.6 : Eine für höhere Frequenzen geeignete, umlaufende elektrische Maschine nach dem Prinzip der Mittelfrequenz-Reluktanzmaschinen.



Auf Fig.1 kennzeichnet 1 die Neukurve beim erstmaligen Aufmagnetisieren eines Dauermagneten. Als Beispiel wurde ein Bariumferrit 300 K- Material nach einschlägigen wissenschaftlichen Veröffentlichungen der Hersteller gewählt. Mit 2 ist die komplette Ummagnetisierschleife, wie sie bei statischem Dauermagneteinsatz genutzt wird, bezeichnet, wobei B_r und B_H_c typische Kennwerte sind. Ähnlich wie bei der dynamischen Anwendung von Hartmagneten z.B. für Hysteresemotoren empfiehlt sich in unserem Fall das Arbeiten auf einer inneren Rayleigh-Schleife 3. Unter der Annahme eines ausgeglichenen Zustandes mit $d\Phi_m/dt=0$ und eines vernachlässigbar kleinen äußeren, resultierenden magnetischen Widerstandes soll der Ausgangspunkt für einen Zyklus bei der Remanenz der inneren Schleife bei 4 liegen. Es erfolgt ein abmagnetisierender Stromimpuls mit der Feldstärke H_{1A} . Entsprechend den Pfeilen auf der Schleife 3 kehrt sich mit ansteigender Impulsfeldstärke die Induktionsrichtung im Magnetkern um und erreicht bei 5 seinen negativen Höchstwert. Dieser Punkt ist nicht stabil. Nach Abklingen der Impulsfeldstärke geht die Induktion im unteren Teil der inneren Schleife auf Punkt 6 der negativen Remanenz.

Der Vorgang soll sich mit hoher Dynamik im magnetischen Impulskreis abspielen. Was die Spule oder das mechanische System im benachbarten Arbeitskreis hiervon überwiegend bemerkt, ist der Umstand, daß der Magnetkern umgepolt worden ist, und der magnetische Fluß urplötzlich eine andere Richtung als zuvor hat. Diese, durch den Pfeil 7 gekennzeichnete Induktions- und Flußrichtungsumkehr muß vom Spulen- oder magnetomechanischen System unter Bildung einer eignen, möglichst großflächigen inneren Schleife abgearbeitet werden. Diese Schleife wird aus dem der Magnetkern-Feldänderung sich widersetzenen Spulenfeldstärke H_2 und der hierbei im Spuleninneren anstehenden Induktion B_2 gebildet. Da die Spulenfeldstärke H_2 die Folge des Spulenstroms I_2 ist, ferner die induzierte Spannung $U_2 \sim dB_2/dt$ ist, ist die Fläche 8 gemäß dem Umlaufintegral $\oint H_2 \cdot dB_2$ einer elektrischen Arbeit als Produkt aus Strom, Spannung und Zeit proportional.

Wie bei einem Carnotschen Wärmekreisprozeß kann nur ein Teil des durch die Fläche 9 gekennzeichneten Gesamtenergievorrats des Magnetkernzwischen-speichers in eine andere Energieform gewandelt werden. Welcher maximale Nutzungs- oder Wirkungsgrad hierbei erreicht wird, hängt bei einem derartigen Wandler von einer Vielzahl von Randbedingungen, insbesondere dem Verhältnis Impulszeit zur halben Dauer eines gesamten Zyklus' und von den durch Kondensatorbeschaltung beeinflussbaren Zeitkonstanten τ_1 und τ_2 ab. Wenn in Anlehnung an bisherige Wechselhysteresetheorien (siehe anfangs) in eine 500 g schwere Ferritmagnetplatte bei einer Zyklusfrequenz von 5000 Hz etwa 25 kW „hineinfließen“, so ergibt sich bei einem angenommenen Wandlerwirkungsgrad von 20% als sekundär entnommen eine Leistung von 5 kW.

Die zweite Hälfte des Ummagnetisierungszyklus, ausgelöst in Fig.1 durch die Impulsfeldstärke H_{IB} , verläuft spiegelbildlich zur ersten und bedarf keiner weiteren Erläuterungen. Erst nach Erreichen des Zyklenausgangspunkts 4 schließen sich die Schleifen um den Energieinhalt des Magnetkernspeichers und den Anteil, der in elektrische oder mechanische Arbeit gewandelt wurde.

Fig.2 zeigt das Prinzip und die einfachste konstruktive Gestaltung eines Ferritmagnetwandlers. Mit 10 ist ein großflächiger, dafür kurzer Ferritmagnet bezeichnet. Er ist in einen weichmagnetischen Transformator-U-Schenkel 11 eingeklemmt. Ein Großteil seines Flusses Φ_m schließt sich über den geschlossenen Schenkel geringsten magnetischen Widerstandes, und ist über Φ_2 mit der Arbeitsspule 12 und deren relativ hoher Induktivität L_2 verknüpft. Der im Stationären unerwünschte Streufluß Φ_g in Fig.2 nach links wird mit Hilfe eines Hilfsluftspaltes 13 auf einen kleinen Wert, hier als Beispiel auf 20% von Φ_m , begrenzt. Über diesen Teil des Schenkels sitzt die Impulsmagnetisierspule 14. Deren maximale Impulsdurchflutung wird durch die angestrebte innere Rayleigh-Schleife für den Wandlerzyklus und die Reihenschaltung der magnetischen Widerstände des Dauermagneten 10 und des Hilfsluftspaltes 13 bestimmt. Die Bemessung des Hilfsluftspaltes 13 hat Auswirkungen sowohl auf die stationäre Flußverteilung, als auch auf die notwendige Impulsenergie, ist somit eine Optimierungsaufgabe und von mehreren äußeren Parametern abhängig.

Fig.2 zeigt den stationären Zustand des gesamten magnetischen Systems ohne Strom in einer der beiden Spulen. Wird nunmehr auf Spule 14 ein hoher Impulsstrom aufgeschaltet, so kehren sich in kurzer Zeit, weil keine nennenswerten Induktivitäten im linken Schenkel und im Dauermagnet entgegenstehen, die Flußrichtungen um. Aus der Sicht moderner physikalischer Theorien ist eine Art Kippvorgang von einer energetisch bevorzugten stabilen Anordnung von Spinelektronen im Ferritmagnetspeicher in die spiegelbildlich gegenüberliegende andere stabile Anordnung erfolgt. Der Auslöser zum „Kippen“ war ähnlich wie bei elektronischen Halbleitern ein kurzer Impuls mit wenigen mWs Bedarf an Energie.

Der im Magnetkern kommutierte magnetische Fluß versucht sich in Bereiche mit geringstmöglichem magnetischen Widerstand auszubreiten. Das verwehrt ihm zunächst die Induktivität L_2 der Spule 12. Das Verharrenmüssen als Streufluß Φ_g in dem linken Schenkel von Fig.2 bedeutet eine erhebliche Scherung innerhalb der Ummagnetisierungskurve 3 auf Fig.1. Unmittelbar nach erfolgtem Ummagnetisierungsimpuls haben wir folglich einen vornehmlich mit dem linken Schenkel verknüpften Dauermagnetfluß Φ_m auf erheblich abgesenktem Induktionsniveau. Je nach Zeitkonstante τ_2 klingt in der Spule 12 der Strom I_2 ab. Erst wenn I_2 praktisch Null ist, kann der Dauermagnetfluß den Weg über den rechten Schenkel mit seinem geringen Widerstand voll nutzen. Wir haben

3501076
nicht nur den Vorgang einer Flußkommutierung im Magnetkernspeicher, sondern auch ein Wandern von dessen Fluß zwischen linken und rechten Schenkel mit Bewegung des Arbeitspunktes auf der Magnetisierungsschleife 3 in Fig.1 zu beachten. Dieser Hinweis ist für die Bemessung der weichmagnetischen Rückschlußkreise hinsichtlich Querschnitte und Materialwahl wichtig.

Wie bereits dargelegt, ist unser herkömmlicher Transformator der Grenzfall eines elektromagnetischen Energiewandlers mit gleicher Dauer für den primärseitigen Auf- und Ummagnetisier- und sekundärseitigen Arbeitsvorgang. Die Vermutung liegt nahe, daß für Magnetkernspeicherwandler mit kurzer, primärseitiger Impulsdauer bewährte Transformatorbauweisen einsetzbar sind. Allerdings lassen sich genormte EI- und UI-Kerne kaum verwenden, so lange wir von den Werkstoffeigenschaften heutiger Ferritmagnete auf der Basis $\text{MeO} \cdot 6 \text{Fe}_2\text{O}_3$ abhängig sind. Seltenerde-Magnete und metallische AlNiCo-Legierungen dürften wegen ihrer hohen Wirbelstromverluste, die quadratisch mit der Frequenz ansteigen, zudem, weil sie zu teure und strategischen Spekulationen unterliegende Rohstoffe enthalten, kaum Eingang in eine solche Energiewandlertechnik finden.

Fig.3 zeigt einen nach der bewährten Transformator-EI-Bauweise konstruierten Wandler mit Geometrie Anpassung an die Kennwerte heutiger Ferritmagnete mit Daten ähnlich Fig.1. Mit 15 sind der E-Kern, mit 16 der zugehörige I-Schenkel und mit 17 der Hilfsluftspalt zur Streuflußminderung bezeichnet. 18 ist die den Innenkern umschließende Impulsummagnetisierspule, 19 die Arbeitsspule, 20 und 21 zwei einander gegenüberstehende Ferritmagnetplatten. Die Wirkungsweise ist mit der bei Fig. 2 beschriebenen identisch.

Die Versorgung der Impulsmagnetisierspulen mit Energie kann entweder aus einem fremden Netz oder unter Verwertung eines Teils der Sekundärkreisenergie nach elektrischem Zwischenspeichern in einer Kondensator- oder Akkubatterie erfolgen. Zwecks Vorgabe einer konstanten Frequenz wird der Impulsmagnetisierkreis fremd- und zwangsgestaktet. Alternativ ist auch eine Rückkopplung des Impulsmagnetisierkreises mit der Spannung des Sekundärkreises ausführbar, so daß der Energiewandler, beginnend mit kleinen Rayleigh-Schleifen, niederer Frequenz und kleiner Spannung, ähnlich einem selbsterregten Generator, sich selbsttätig auf sein maximales Leistungsvermögen, welches frequenzproportional ist, hocharbeitet.

Dem Transformator verwandt sind umlaufende Induktionsmotoren z.B. mit Käfigläufer, siehe Fig.4. Hier bildet der aus Läuferstäben 22 und Kurzschlußringen gebildete Läuferkäfig die Induktivität L_2 , die den Impulsmagnetisiervorgang derart vom Läufer abschirmt, daß er sich allein im Ständer abspielt.

Mit 23 sind die den vier gleichartigen Magnetkreisen zugeordneten Ferritmagnetplatten bezeichnet. Sie liegen außen am Joch 24 an. Die acht inneren Flußleitstücke 25 sind unter Plattenmitte durch einen Luftspalt 26 getrennt, um einen Kurzschluß des Dauermagnetflusses zu unterbinden. Maßgebend für die jeweilige Flußrichtung in den Dauermagneten ist die vorangegangene Impulsmagnetisierung. Sie erfolgt zyklisch durch vier Impulsmagnetisiererspulen 27. Deren Fluß schließt sich in den Paketecken übers Außenjoch 24, benachbarte Dauermagnetplatten 23, deren innere Flußleitstücke 25 und den beidseitigen Luftspalten 28, 29 im ferromagnetischen Impulsmagnetisierungs-Spulenträger 30. Die eingetragenen Polaritäten und Flußpfeile entsprechen zunächst dem stromlosen Zustand im Ständer. Nunmehr wird z.B. in der Spule 29 ein der ursprünglichen Flußrichtung entgegenwirkender Magnetisierungsimpuls überlagert. Es erfolgt eine Kommutierung der Flußrichtung.

Fig.5 zeigt das Prinzipschaltbild einer 4-M-Elektronik mit antiparallelen Thyristoren. Wie aus den Pfeilen zu den Strömen I_A , I_B , I_C ersichtlich, besteht eine ausreichende Vielfalt zum Kommutieren der einzelnen Dauermagnetständerfelder zwecks Erzeugen eines umlaufenden Drehfelds in der Ständerbohrung, dem der Käfigläufer mit Schlupf unter Abgabe von mechanischer Arbeit an der Welle nacheilt. Ähnliche, oft mit Rechteckströmen arbeitende, umrichter gespeiste, drehzahlstellbare Antriebe sind weltweit Stand der Technik. Sie erfordern bei Speisung von einem Drehstromnetz zusätzlich zum motorseitigen Frequenzumrichter einen Gleichspannungszwischenkreis zwecks Anpassung von Spannung an die Drehzahl, um konstante Flußdichten im Motor zu gewährleisten. Sämtliche Leistungshalbleiter haben die der Motorabgabeleistung zugeordnete elektrische Leistung weiterzuleiten und deren Ströme zu kommutieren.

Bei der Anordnung gemäß Fig.4 und Fig.5 reduziert sich der Aufwand für die Leistungselektronik gemäß dem geringen Energiebedarf der Impulsummagnetisiererspulen auf ein Bruchteil. Die Drehzahlstellung erfolgt lediglich über die elektronische Impulsfolgesteuerung. Der Steuerfrequenz proportional ist die Leistung im Magnetkernspeicher. Sie wird partiell im Käfigläufer in mechanische, an der Welle abgreifbare Leistung gewandelt. Es handelt sich um einen drehzahlstellbaren Antrieb mit konstantem Drehmoment und Gleichfeldbremsung bis Stillstand. Die Übernahme der Magnetkernspeicherenergie in den mit Induktivitäten behafteten Arbeitskreis des Käfigläufers erfolgt gemäß der inneren Schleife um $\oint H_2 dB_2$ in Figur 1. Stillstand ergibt sich aus $dB_2/dt = 0$, langsame Drehzahlen entstehen durch ein kleines dB_2/dt und somit ein langsames Abarbeiten der mit geringer Frequenz nachgeladenen Magnetkernspeicher. Die maximal erreichbare Drehzahl eines Motors gemäß Fig.4 ist vorwiegend mechanisch begrenzt.

Im Impulsmagnetisierkreis sind nach bisherigen Erkenntnissen Frequenzen bis über 5000 Hz wirtschaftlich machbar. Zur Erzeugung der kurzen Impulse bedient man sich einer der Transistor-Spulenzündung ähnlichen Anordnung aus der Kraftfahrzeugtechnik mit dem wesentlichen Unterschied, das Primär- und Sekundärseite in der Zündspule vertauscht sind, sekundärseitig also nicht eine Zündspannung von über 20 kV zwecks Überschlag an den Zündkerzen, sondern ein kurzer Strom bis ins kA-Bereich an den Impulsmagnetisierspulen ansteht. Auf die physikalische Ähnlichkeit zwischen dem Zünden eines Gemischs durch einen Funken in einem Verbrennungsmotor und dem Aktivieren magnetischer Energie in einem Magnetkernspeicher sei hingewiesen.

Das spezifische Leistungsvermögen eines Energiewandlers mit Magnetkernzwischenpeicher steigt proportional mit der Frequenz. Mit der heute üblichen 50 Hz- Netzfrequenz beträgt die Leistungsausbeute eines Magnetkernwandlers nur ein Hundertstel des möglichen. Höhere Frequenzen bei mechanisch begrenzter Drehzahl bedeuten bei Induktionsmotoren Übergang auf hohe Polzahlen. 12-polige Motoren für etwa 60 kW und Maximaldrehzahl von 6000 min^{-1} sind Stand der Technik. Dem entspräche eine Speisung mit 600 Hz bei Maximaldrehzahl. Ein solcher Motor könnte als schadstofffreier, keine fossilen Kraftstoffe benötigender Kraftfahrzeugantrieb interessant sein.

Um eine Impulsmagnetisierkreisfrequenz von 5000 Hz unmittelbar zum Antrieb von Motoren bei noch technisch vernünftigen Drehzahlen nutzen zu können, ist der Übergang auf speziell bemessene Mittelfrequenzmaschinen erforderlich. Fig.6 zeigt einen Motor, der nach dem Reluktanz-Interferenz-Prinzip arbeitet, im Halbschnitt. Der Dauermagnetkreis des Ständers und die zugehörige Impulssteuerelektronik entsprechen den von Fig.4 und Fig.5. Die Ständerflußleitstücke zur Bohrung haben eine gleichmäßige Nutung 30. Die gegenüberliegende Nutung 31 des Läufers weicht um eine oder mehrere Nuten von der des Ständers ab. Mit der Drehung des Läufers wandert das Flußdichtemaximum im Luftspalt mit einem Vielfachen der Läufergeschwindigkeit, mit der des Drehfelds um. Dessen Frequenz ist hierbei das Produkt aus Läuferzähnezahl z_2 und Drehzahl n . Hieraus ergibt sich für einen mit 5000 Hz bis $n_{\text{max}} = 6000 \text{ min}^{-1}$ betreibbaren Interferenzmotor eine Läuferzähnezahl $z_2 = 50$, was hinab bis zu einem kleinen Läuferdurchmesser von etwa 50 mm fertigungstechnisch machbar ist. Hinsichtlich weiterer technischer Einzelheiten über Mittelfrequenz-Reluktanzmotoren sei auf die Fachliteratur verwiesen.

Die aufs Maschinenvolumen bezogene Ausnutzungsziffer in kW min/m^3 liegt bei Reluktanz-Mittelfrequenzmaschinen in herkömmlicher Bauweise bei etwa einem Zehntel von der von Induktionsmaschinen. Bei letztgenannten stellen wir eine mechanisch maximal zulässige Impulsmagnetisierfrequenz in der

Größenordnung von einem Zehntel der impulsseitig machbaren fest. Im Gegensatz hierzu können Maschinen ähnlich Fig.6 das volle Leistungsvermögen eines Magnetkernwandlerkreises bei etwa 5000 Hz nutzen. Damit werden die scheinbar nachteiligen Ausnutzungsziffern von Reluktanzmaschinen mehr als kompensiert. Welcher Art elektrischer Maschinen letztendlich der Vorzug zu geben ist, hängt einerseits von den Kosten für das je nach Frequenz unterschiedliche weichmagnetische Material und die technischen Anforderungen an die Maschine ab.

Bemerkenswert an den mit Magnetkernspeichern arbeitenden Reluktanzmaschinen ist deren Einsetzbarkeit als digital ansteuerbaren Schrittmotor und als eine Art rotierenden Magnetkernspeicher. Mit Hilfe der Remanenz von Dauermagneten wird die nach letztmaligem Impulsmagnetisierstoß erreichte Läuferposition durch die remanenten Felder ohne zusätzlichen Strombedarf auf praktisch unbegrenzte Zeit festgehalten. Damit besitzt ein derartiger Motor ähnlich den Ferritkernspeichern in älteren EDV-Anlagen die Fähigkeit zur Speicherung. Dies erfolgt auf einem um mehrere Zehnerpotenzen höheren Energieniveau und in Polarkoordinaten.

Die Einsatzmöglichkeiten vorbeschriebener Energiewandler mit Magnetkern-zwischenspeicher reichen in alle Gebiete des täglichen Lebens, von der Industrie, der Verkehrs- bis zur Haustechnik. Sie ermöglichen einen Übergang auf dezentralisierte Energieversorgung und Verzicht auf Überlandversorgungsnetze. Mit Einführung einer solchen neuen Technik empfiehlt sich das Verlassen der seit etwa 70 Jahre üblichen, inzwischen völlig antiquierten 50- bzw. 60Hz Stromversorgung mit Haushaltsspannungen von z.B. 220/380 V. Weit ungefährlicher und den Bedingungen der Magnetkern-Energiewandlertechnik wie auch der elektronischen Halbleitertechnik viel besser angepaßt ist eine Frequenz von 500 Hz bei 50 V Einphasenwechselspannung. Dies sollte als neuer Standard u.a. in Entwicklungsländern bei Erstinstallationen in vorbezeichneter Technik von Beginn an angestrebt werden.

Bei der Abfassung vorstehender Patentanmeldung >>ENERGIEWANDLER MIT MAGNET-KERNZWISCHENSPEICHER<< wurde u.a. nachfolgende Literatur verwertet:

Eigene Veröffentlichungen über Dauermagnettechnik

- Volkrodt, W.: Eigenschaften eines neuartigen Synchronmotors mit Erregung durch Bariumferritmagnete, Diss.TH. Brewg 1961, in Englisch: Ministry of Aviation, London May 1962
- Volkrodt, W.: Patentschrift 1 173 178 v. 28. 7. 62
- Volkrodt, W.: Polradspannung, Reaktanzen und Ortskurve des Stromes der mit Dauermagneten erregten Synchronmaschine, ETZ 83 (1962), S. 517-522
- Volkrodt, W.: Der Siemosynmotor... Siemens-Z. 40 (1966) S.125-131
- Volkrodt, W., Spingler, H.: Gleichstrommaschinen kleinerer Leistungen mit Erregung durch Bariumferritmagnete, Siemens-Z. 42(1968), S.839-843
- Volkrodt, W.: Dauermagneterregte Synchronmotoren im Bremsbetrieb, ETZ 90(1969), S.99-103
- Volkrodt, W.: Wartungsfreie Tachometermaschinen, Siemens-Z. 49(1975) S.313-316
- Krupp-Presse-Information v.26.März 1975: Neuer Dauermagnet macht Motoren kleiner
- Volkrodt, W.: Anlauf v. Käfigläufermotoren bei Frequenzen über 100 Hz. Techn.Rdsch. 1975, Nr.15
- Volkrodt, W., Ferritmagneterregung bei größeren elektrischen Maschinen, Siemens-Z.49(1975) S.368-374
- Volkrodt, W. Antreiben mit umrichter gespeisten Dauermagnetmotoren, Masch.-Markt Wü. 81(1975) H.79
- Volkrodt, W.: Spulenwicklungen um einen Zahn, ETZ B, 28(1976), S.337-338
- Volkrodt, W.: Neu- und Weiterentwicklungen bei elektrischen Maschinen, Elektro-Jahr 1985, Vogel,Wü. Übersetzungen, Mehrfacherscheinungen sowie etwa 50 zugehörige Patentanmeldungen sind nicht genannt.

Weitere Veröffentlichungen über Dauermagnettechnik

- Brinkmann, K., Schüler, K.:Magnet. Werkstoffe und ihre Verwendung in Schalteinrichtungen mit Dauermagneten, DEW-Techn.Ber. Bd.12(1972)S.255-268
- Bedenke u.a.:Elektrische Antriebe u.Steuerungen, Teubner Stuttgart
- Bosch : Kraftfahrtechnisches Taschenbuch, 18.Aufl.
- Aichholzer, G.: Elektromagnetische Energiewandler, Springer-Verl.Wien 1975, insbes. S.352-361
- Brinkmann, K.: Dauermagnete in Motoren und Generatoren, Thyssen-Ed.-Tech.Ber. 1978, S.91-98
- Taschenbuch Elektrotechnik Bd.5: Elemente und Baugruppen der Elektroenergie-technik, Verl.Technik 1980
- Weh, H.: Hochausgenutzte elektrische Maschinen mit Permanentmagneterregung, etz-Archiv(1982)S.212-224

Magnetische Werkstoffe, Ferritkernspeichertechnik

- Parker, R.J.:Analytical Methods for Permanent-Magnet-Design, Electro-Technology Reprint Oct.1960
- Taschenbuch Elektrotechnik Bd. 1., Aufl. 1963, Verl. Technik Bln.
- Dietrich, H.: Die inneren Magnetisierungsschleifen von Dauermagnetwerkstoffen, Teil 1 und 2, Feinwerktechnik 73(1969) Heft 4 S.171-180 und Heft 5 S.199-208
- Fahlenbrach, H.: Zukünftige Bedeutung magnet. Abstoßungskräfte, Werkst.u.Betr., (1969) S.289-296
- Fahlenbrach, H.: Schalten mit Dauermagneten und nichtinduktiven Signalgebern, TZ für prkt. Metallbearbeitung 65(1971) H.11. S.535-541
- Reinboth, H.: Technologie und Anwendung magnet.Werkstoffe, Verl. Technik Bln. 2.Aufl.
- Cedighion, S.: Die magnet. Werkstoffe, VDI-Verl.
- Div. Firmendruckschriften über Dauermagnete, Ferritkernspeicher, Pulververbundkerne usw. der Firmen Magn.Fabr. Bonn, Bosch, Krupp, Siemens, Thyssen, Vacuumschmelze, Valvo u.a.

Impulsmagnetisierverfahren

Ladiges, B.: Methoden der Impulsmagnetisierung, Ind.Elektronik 13.Jg.(1968) Bd.19. S.442-445
Schmid, H.: Probleme der Impulsmagnetisierung von Dauermagnetwerkstoffen, ETZ-A, Bd.89(1968)S.582-586
Druckschriften der Impulsphysik GmbH, Hamburg u.a. Firmen

Neuere Physik unter Einbeziehung imaginärer Energiekomponenten

Kirch, D.: Tachyonen..., Umschau (1977) Heft 23, S. 758-766
Köhler, K.: Überlichtgeschwindigkeiten, technica 25 (1978) S. 2035-2038
Illmer-Verlag Hannover: Verhandlungsbericht über das energietechnische Symposium v. 27./28.Nov.1980
vom Mittelstandsinsitut Niedersachsen
Röschlau, H.: Ohne Energie läuft nichts, 1984, raum&zeit-Verlag
Röthlein/Pohl : Teslas Erbe...Tachyonenmotor, p.m.-Magazin 1/1985 S.72-79
Mielordt, S.: Kompendium Hypertechnik, raum&zeit-Verlag 1984

Letztgenanntes Buch ist insofern am aufschlußreichsten, weil es etwa 3 Dutzend authentische Kopien von Patentschriften, vornehmlich aus den USA, enthält und diese mit Sachkenntnis kommentiert werden.

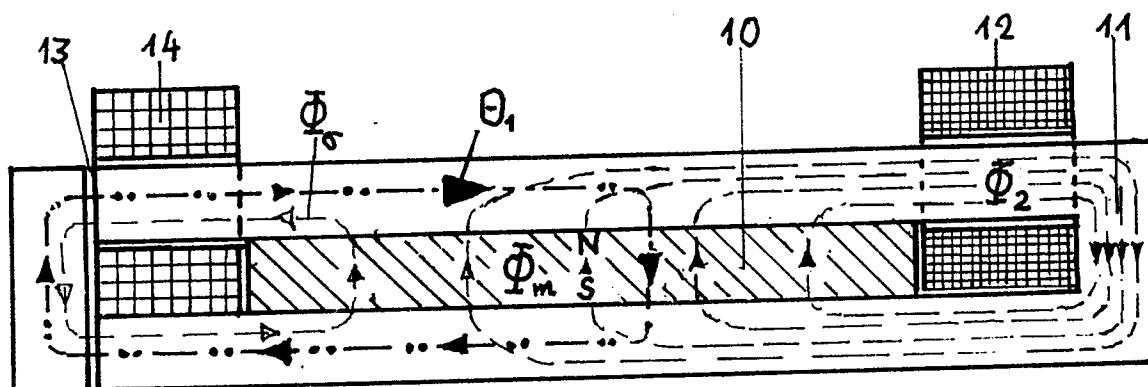
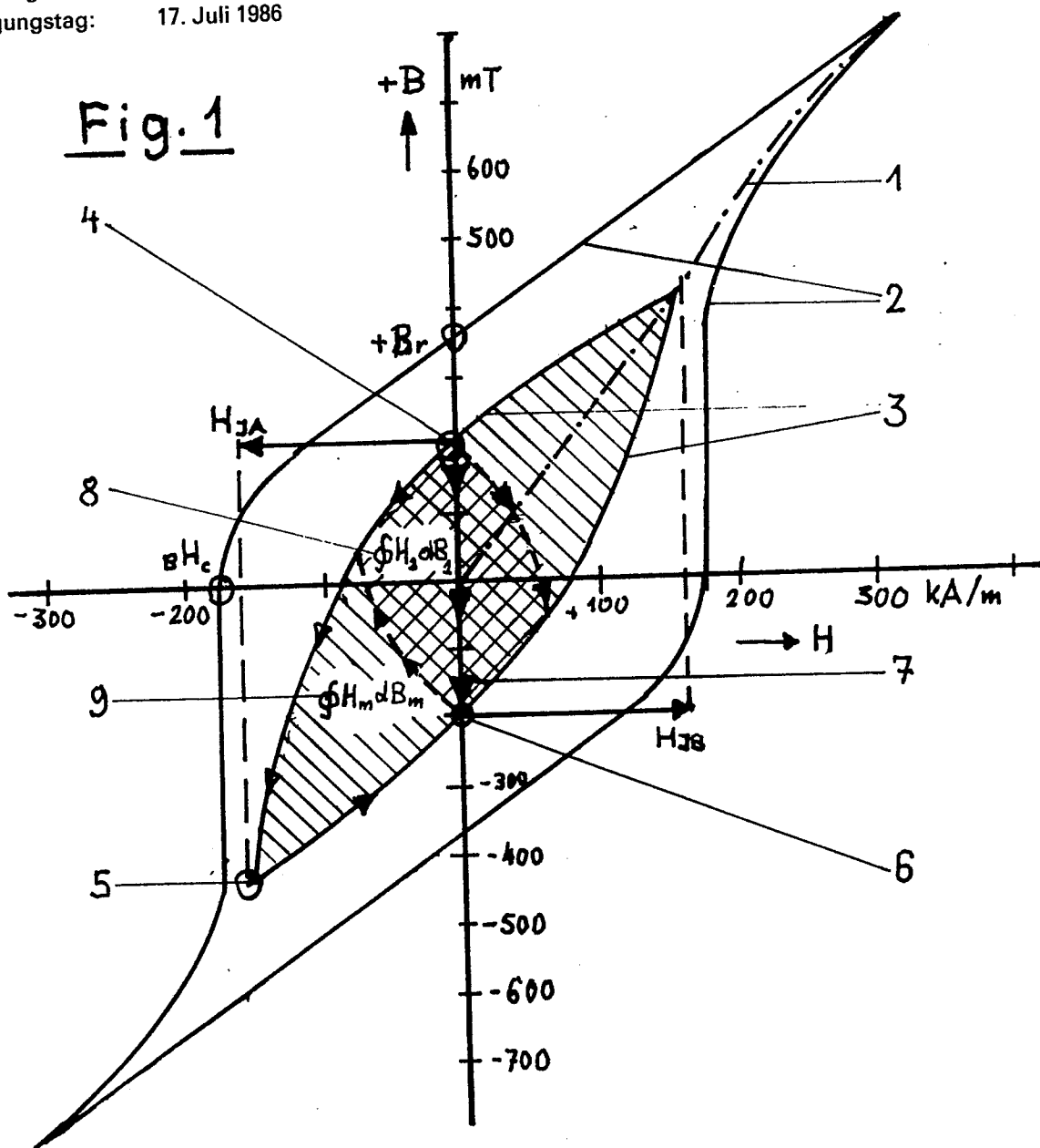
Valms

BAD ORIGINAL

Nummer: 35 01 076
 Int. Cl. 4: H 01 F 27/00
 Anmeldetag: 15. Januar 1985
 Offenlegungstag: 17. Juli 1986

- 17 -

- 15 -



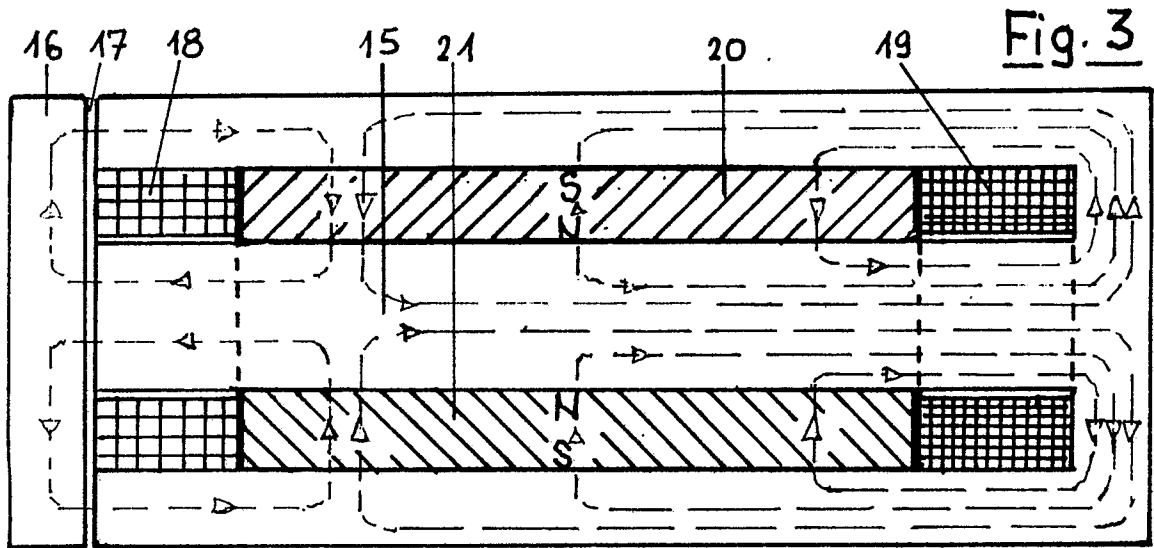


Fig. 3

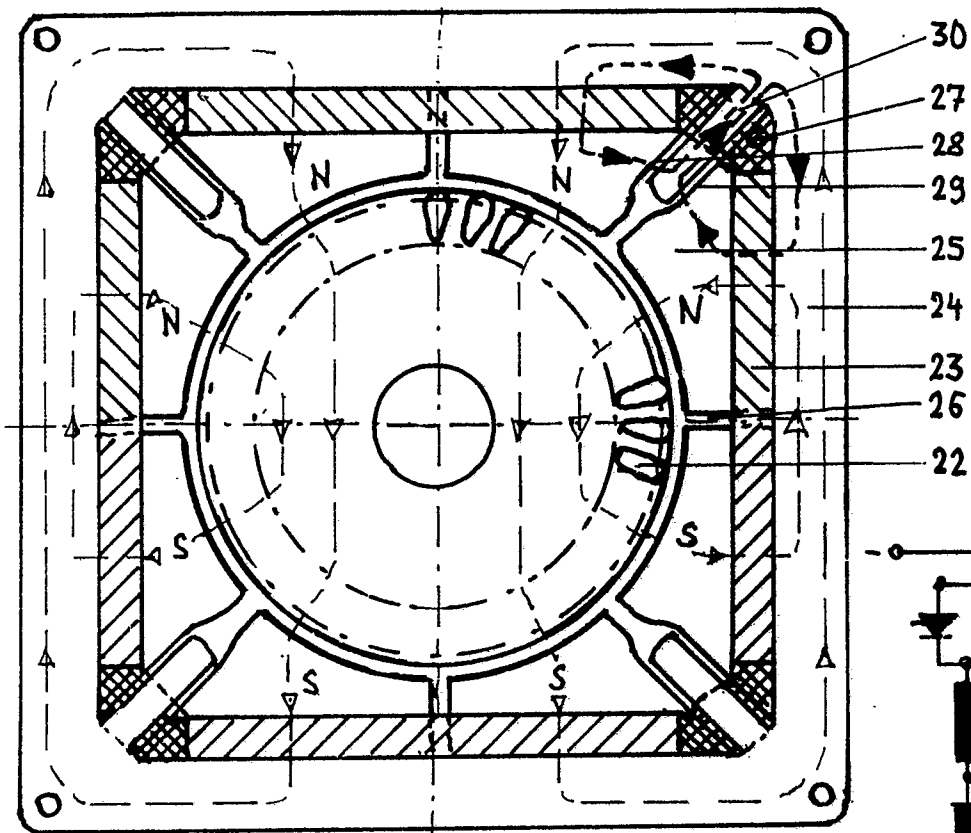


Fig. 4

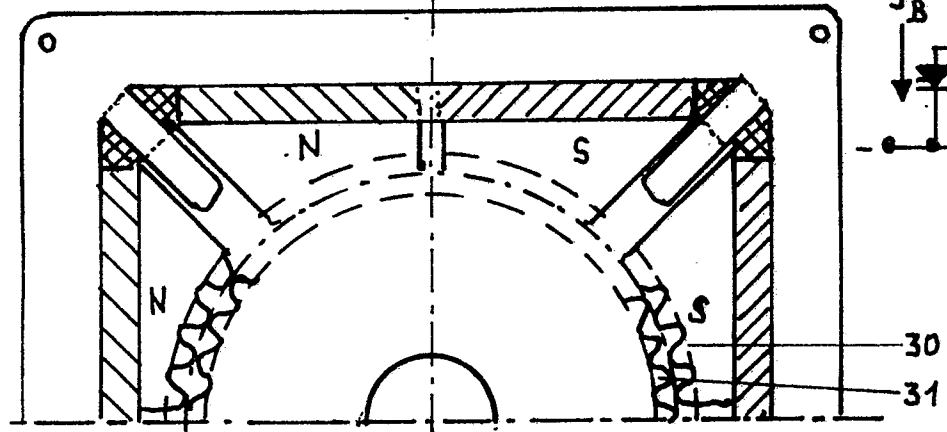


Fig. 6

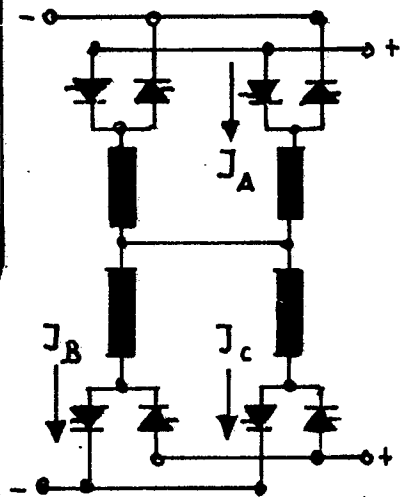


Fig. 5