

# Energy Converter having a magnetic-core intermediate store

Description of **DE3501076**

## 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 dem Kreisintegral von  $HdB$  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  $I_m = 1 \text{ cm}$  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 Aufmagnetisierungsspule 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 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 dem Umlaufintegral von  $H \cdot dB$  bzw. dem Produkt  $(BH)_{\text{max}}$ .
- 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 denen 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 Magnetkernzwischenspeicher 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  $v = \text{Pulsfrequenzdauer } t_f \text{ zur Impulsdauer } t_p$  definiert.

Der Fall  $t_p = < t_z/2$ , dem in der Elektrotechnik z.B. die sinusförmige Feldverketzung 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 Hystereschleife 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  $\text{Me} = \text{Ba}_2\text{Sr}_2\text{Pb}$ . 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  $I_m$  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 Durchflutungs- 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  $\tau_1$  des Impulsmagnetisierungskreises und  $\tau_2$  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,

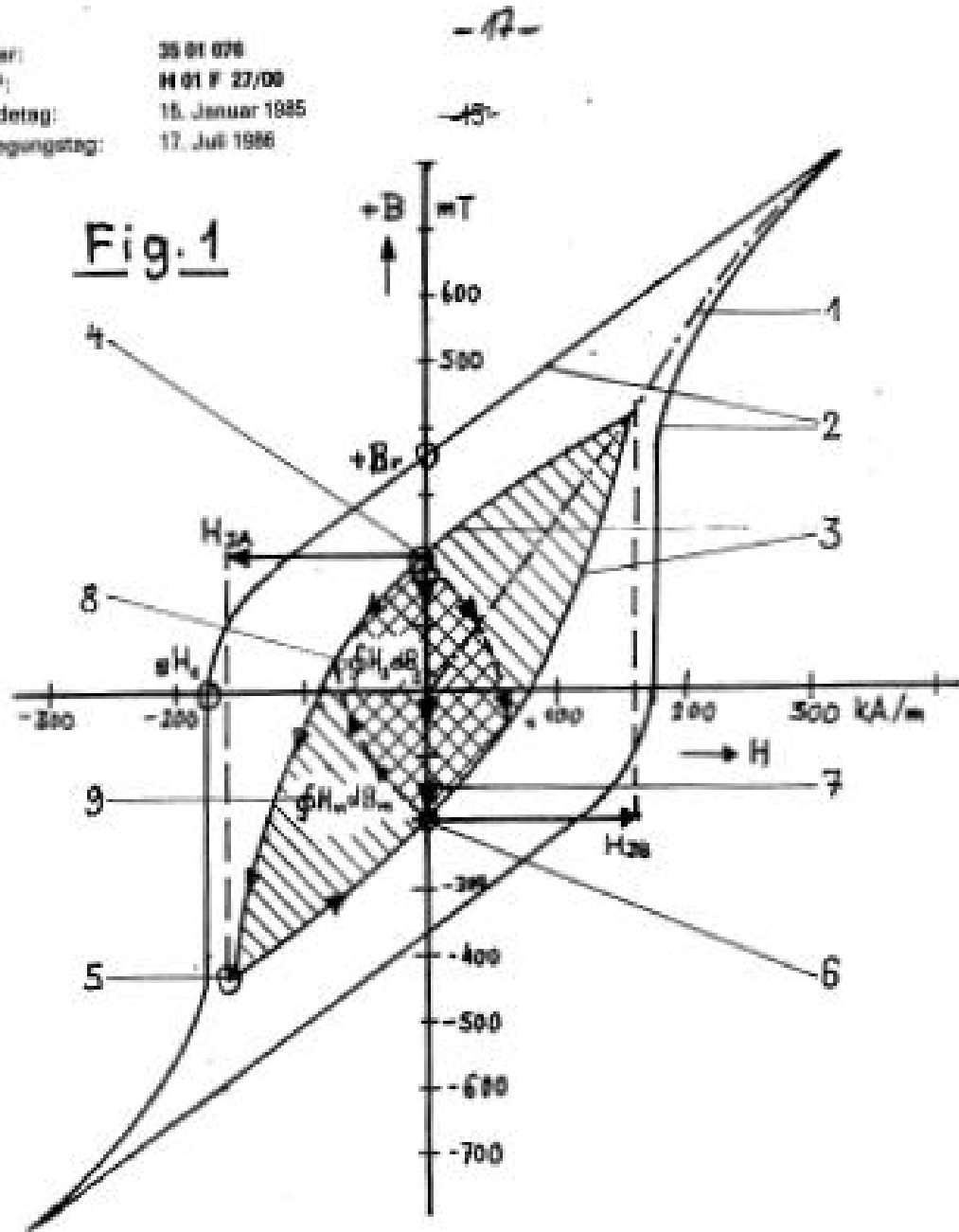
Fig.3 : Einen ruhenden Energiewandler in EI-Trafokernbauweise,

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.

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



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  $H_{20}$  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 Zu-

standes 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  $H_{IA}$ . 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 Magnetkernfeldänderung 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  $U_2$  proportional  $dB_2/dt$  ist, ist die Fläche 8 gemäss dem Umlaufintegral von  $H_2 \cdot dB_2$  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 MagnetkernzwischenSpeichers 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 Kondensatorbeschlaltung beeinflussbaren Zeitkonstanten  $\tau_1$  und  $\tau_2$  und ab. Wenn in Anlehnung an bisherige Wechselhysterese-theorien (siehe anfangs) in eine 500 g schwere Ferritmagnetplatte bei einer Zyklenfrequenz 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  $\Phi_m$  schliesst sich über den geschlossenen Schenkel geringsten magnetischen Widerstandes, und ist über  $\Phi_2$  mit der Arbeitsspule 12 und deren relativ hoher Induktivität  $L_2$  verknüpft. Der im Stationären unerwünschte Streufluss  $\Phi_\sigma$  in Fig.2 nach links wird mit Hilfe eines Hilfsluftspaltes 13 auf einen kleinen Wert, hier als Beispiel auf 20% von begrenzt. Über diesen Teil des Schenkels sitzt die Impulsmagnetisierspule 14.

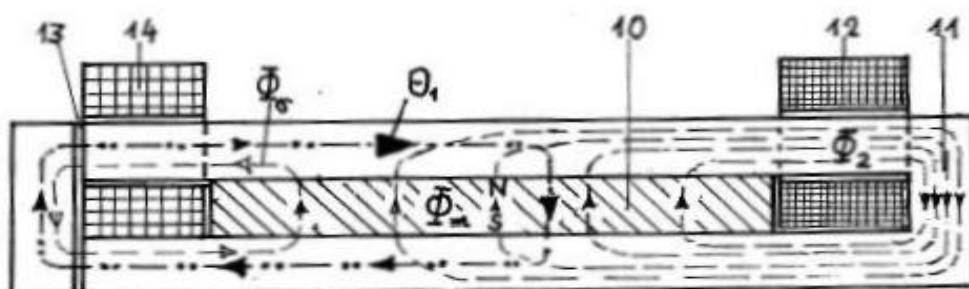


Fig. 2

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.

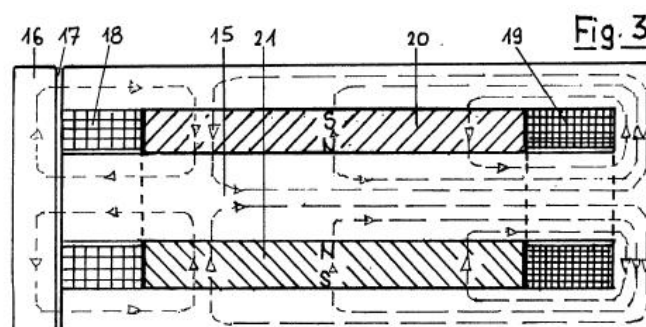
Fig.2 zeigt den stationären Zustand des gesamten magnetischen Systems ohne Strom in einer der beiden Spulen. Wird nunmehr auf Spule 14 ein hoher Impulsstrom aufgeschaltet, so kehren sich in kurzer Zeit, weil keine nennenswerten Induktivitäten im linken Schenkel und im Dauermagnet entgegenstehen, die 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  $\Phi_\sigma$  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  $\Phi_m$  auf erheblich abgesenktem Induktionsniveau. Je nach Zeitkonstante  $\tau_2$  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 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 Ummagnetisierungs- und sekundärseitigen Arbeitsvorgang. Die Vermutung liegt nahe, dass für Magnetkernspeicherwandler mit kurzer, primärseitiger Impulsdauer bewährte Transformatorbauweisen einsetzbar sind.

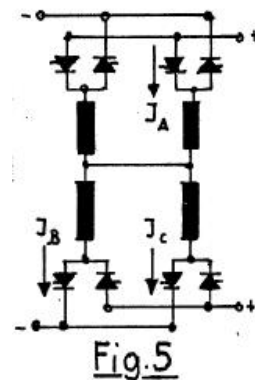
Allerdings lassen sich genormte EI- und UI-Kerne kaum verwenden, so lange wir von den Werkstoffeigenschaften heutiger Ferritmagnete auf der Basis  $\text{MeO-6 Fe}_2\text{O}_3$  abhängig sind. Seltenerde-Magnete und metallische AlNiCo- Legierungen dürften wegen ihrer hohen Wirbelstromverluste, die quadratisch 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 Geometrieanpassung an die Kennwerte heutiger Ferritmagnete mit Daten ähnlich Fig.1.





Dauermagnetständerfelder zwecks Erzeugen eines umlaufenden Drehfelds in der Ständerbohrung, dem der Käfigläufer mit Schlupf unter Abgabe von mechanischer Arbeit an der Welle naheilt. 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 einen Bruchteil. Die Drehzahlstellung erfolgt lediglich über die elektronische Impulsfolgesteuerung. Der Steuereffizienz 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 das Kreisintegral von  $H_2dB_2$  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 Impulsummagnetisierkreis 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 in den kA-Bereich an den Impulsmagnetisiererspulen 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 U/min. sind Stand der Technik. Dem entspricht 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.

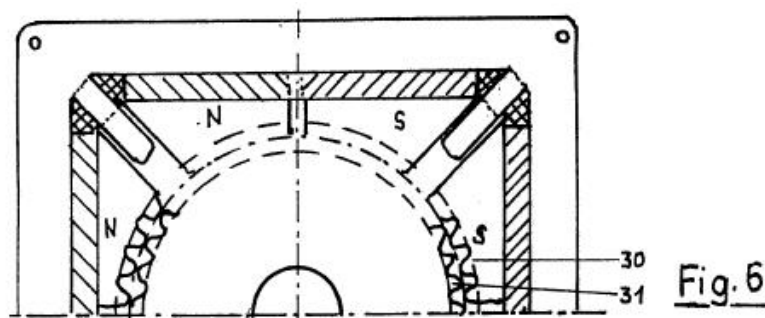




Fig.6 zeigt einen Motor, der nach dem Reluktanz-Interferenz-Prinzip arbeitet, im Halbschnitt. Der Dauermagnetkreis des Ständers und die zugehörige Impulssteuerelektronik entsprechen den von Fig.4 und Fig.5. Die Ständerflussleitstücke zur Bohrung haben eine gleichmässige Nutung 30. Die gegenüberliegende 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 der Drehzahl  $n$ . Hieraus ergibt sich für einen mit 5000 Hz bis  $n = 6000$  U/min 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  $\text{kW min/m}_3$  liegt bei Reluktanz-Mittelfrequenzmaschinen in herkömmlicher Bauweise bei etwa einem Zehntel von der von Induktionsmaschinen. Bei letztgenannten stellten wir eine mechanisch maximal zulässige Impulsmagnetisierungsfrequenz 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 ansteuerbarer Schrittmotor und als eine Art rotierender 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 Magnetkernzwischenpeicher 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 MAGNETKERN-ZWISCHENSPEICHER wurde u.a. nachfolgende Literatur verwertet:**

**Eigene Veröffentlichungen über Dauermagnettechnik**

Volkrodt, W.: Eigenschaften eines neuartigen Synchronmotors mit Erregung durch Bariumferrit - magnete, Diss.TH. Brswg 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) 5.125-131

Volkrodt, W., Spingler, H.: Gleichstrommaschinen kleinerer Leistungen mit Erregung durch Barium ferritmagnete, Siemens-Z. 42(1968), 5.839-843

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 umrichtergespeisten Dauermagnetmotoren, Masch.-MarktWü. 81(1975) H.79

Volkrodt, W.: Spulenwicklungen um einen Zahn, ETZ 8, 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.1Z(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.197B, Si91-98

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) 5.289-296

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 vom 27./28.Nov.1980 vom Mittelstandsinsitut Niedersachsen

Röschlau, H.: Ohne Energie läuft nichts, 1984, raum & zeit-Verlag

Röthlein/Pohl : TeslasErbe.. 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.