



österreichisches
patentamt

(10) **AT 413 619 B** 2006-04-15

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 54/2002
(22) Anmeldetag: 2002-01-14
(42) Beginn der Patentdauer: 2005-08-15
(45) Ausgabetag: 2006-04-15

(51) Int. Cl.⁷: **H02M 5/10**
H01F 27/24

(56) Entgegenhaltungen:
JP 09102430A JP 11135332A
JP 2001135529

(73) Patentinhaber:
SIEMENS AG ÖSTERREICH
A-1210 WIEN (AT).
(72) Erfinder:
ECKL GERALD DIPL.ING. DR.
SCHLEINBACH, NIEDERÖSTERREICH
(AT).

(54) SCHALTWANDLER

(57) Ein Schaltwandler zum Umwandeln einer Eingangsspannung (U_E) in eine Ausgangsspannung (U_A),

mit einem Übertrager (UET), der zumindest eine Primärwicklung (W_1 ; W_{1A} , W_{1B}) und zumindest eine Sekundärwicklung (W_2) sowie einen ferromagnetischen Kern (KH_1 , KH_2) mit einem Luftspalt (LUS) aufweist, und

mit einem ersten, primärseitigen Schaltmittel (S_1 , S_{1A} , S_{1B}), welches, angesteuert von einer Ansteuerschaltung (AST), die Eingangsspannung periodisch an die zumindest eine Primärwicklung schaltet, sowie mit einem zweiten, sekundärseitigen Schaltmittel (S_2), welches in dem Übertrager gespeicherte Energie an den Ausgang weiterschaltet. Dabei sind den Luftspalt (LUS) begrenzende Teile (KH_1 , KH_2 ; KT_1 , KT_2) des Kerns relativ zueinander und gegen die Rückstellkraft einer als Energiespeicher dienenden Federung (FED) beweglich.

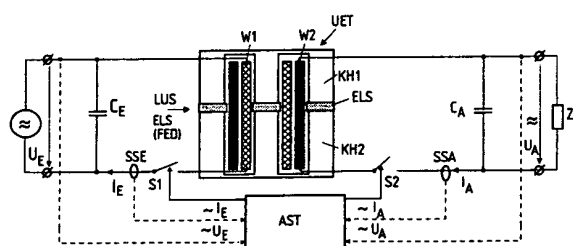


Fig. 1

AT 413 619 B 2006-04-15

DVR 0078018

Die Erfindung bezieht sich auf einen Schaltwandler zum Umwandeln einer Eingangswechselspannung in eine Ausgangsspannung mit einem Übertrager, der zumindest eine Primärwicklung und zumindest eine Sekundärwicklung sowie einen ferromagnetischen Kern mit einem Luftspalt aufweist, und mit einem ersten Schaltmittel, welches, angesteuert von einer Ansteuerschaltung, die Eingangsspannung periodisch an die zumindest eine Primärwicklung schaltet.

Schaltnetzteile zum Anschluss an ein Wechselstromnetz weisen im einfachsten Fall einen Gleichrichter auf, dem ein Elektrolytkondensator nachgeschaltet ist. Der Ladestromverlauf des Kondensators führt zu starken Oberwellen im Netz und belastet dieses durch eine hohe Scheinleistung. Die Massenverwendung von Stromversorgungsgeräten innerhalb der letzten 20 Jahre hat aus diesen Gründen bereits zu ernsthaften Problemen in den Versorgungsnetzen geführt.

Eine kurze Darstellung dieser Problematik und verschiedene Lösungsansätze, die zu einer ausgewogenen Netzbelastung führen sollen, sind in dem Artikel „Comparison of Standards and Power Supply Design Options for Limiting Harmonic Distortion in Power Systems“, von Key and Lai in „IEEE Transactions on Industrial Applications“, Vol. 20, No. 4, July/August 1993, p. 688 bis 695, dargestellt. Eine der dort aufgezeigten und in der Praxis auch angewandten Schaltungen besitzt einen sogenannten „Boost Converter“. Mittels einer aufwändigen Steuerung lässt sich mit diesem sogar ein praktisch sinusförmiger Verlauf des Eingangsstroms erzielen. Wie in dem Artikel bemerkt wird, stehen einer breiten Markteinführung jedoch die höheren Kosten und die geringere Zuverlässigkeit entgegen, die durch zusätzliche Bauteile bedingt ist.

Mit der Verbesserung des Leistungsfaktors und der Verringerung des Oberwellenanteils beschäftigt sich beispielsweise auch die DE 42 43 943 A1, bei welcher unter Verwendung eines LC-Filters so geschaltet wird, dass ein Strom von dem Gleichrichter, an dem die Last liegt, nur fließen kann, wenn die Ausgangsspannung an der Gleichrichterschaltung größer ist als die Spannung an dem Ausgangskondensator des Schaltnetzteils. Durch das LC-Filter ergibt sich allerdings ein erhöhter Schaltungsaufwand.

Bei einem aus der DE 42 14 918 A1 bekannt gewordenen Schaltnetzteil ist ein Ladekondensator über einen gesteuerten Schalter mit dem Gleichrichter verbunden, um durch Ein- und Ausschalten des Schalters in Abhängigkeit von Netzspannung und/oder Last eine Regelung der Ausgangsspannung zu erreichen. Naturgemäß ändert sich in diesem Fall der Leistungsfaktor bzw. der Oberwellenanteil ständig mit Änderungen der Netzspannung bzw. der Lastverhältnisse. Es versteht sich, dass eine derartige, nicht vorhersagbare Änderung des Leistungsfaktors äußerst unerwünscht ist.

Jedenfalls läuft die Forderung nach sinusförmiger Stromaufnahme von Schaltnetzteilen meist auf zusätzliche Energiespeicher im Eingangskreis des Schaltnetzteils hinaus. Die bisher verwendeten zweistufigen Konzepte weisen eine erste Stufe auf, die aktiv ausgebildet sein kann, z. B. als Hochsetzsteller mit sinusförmiger Stromaufnahme, oder passiv, z.B. Eisendrosseln im Eingangskreis sowie eine zweite Stufe, die zur potentialgetrennten Energieübertragung und Anpassung an das ausgangsseitig gewünschte Spannungsniveau dient, und die als Sperr- oder Flusswandler ausgebildet sein kann.

Aus der JP-11135332 A ist es bekannt geworden, zum Ausgleich von mechanischen Spannungen eine Zwischenlage zwischen Kernteile eines Transformators einzufügen, wobei diese Kernteile durch Metallklammern zusammengehalten werden. Dabei soll die Elastizität der Zwischenlage eine vorgegebene Temperaturabhängigkeit aufweisen.

Die JP 2001135529 A beschreibt einen Transformator, bei welchem zwischen dem Spulenkörper und dem Kern sowie zwischen Kernteilen elastische Einlagen vorgesehen sind, um das Tönen des Transformators zu bedämpfen.

In ähnlicher Weise gehen aus der JP 09102430 A elastische Einlagen im Luftspalt zur

Geräuschdämmung hervor. Dabei ist die Einlage im Luftspalt noch von einer aushärtenden Klebmasse umgeben, welche sichtlich zu einem festen, d.h. unveränderbaren Luftspalt führt.

5 Eine Aufgabe der Erfindung liegt in der Schaffung eines kostengünstigen Schaltwandlers mit sinusförmiger Stromaufnahme.

10 Diese Aufgabe wird mit einem Schaltwandler der eingangs genannten Art gelöst, bei welchem erfindungsgemäß den Luftspalt begrenzende Teile des Kerns relativ gegeneinander und gegen die Rückstellkraft einer als Energiespeicher dienenden Federung beweglich sind.

10 Dank der Erfindung sind die Energiespeicherung und die potentialgetrennte Energieübertragung mit Spannungsanpassung in einer einzigen Stufe realisiert, wobei magnetische Energie im Feld des Übertragerluftspaltes und mechanische Energie in einem Masse/Feder-System gespeichert werden kann.

15 Bei einer bezüglich des mechanischen Aufbaues zweckmäßigen Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Kern zwei voneinander durch den Luftspalt getrennte Teile aufweist, wobei die beiden Kernteile im wesentlichen gleiche Gestalt, Größe und Masse aufweisen können.

20 Eine vom energetischen Standpunkt besonders empfehlenswerte Variante zeichnet sich dadurch aus, dass die mechanische Resonanzfrequenz des von der Federung und den gegen die Rückstellkraft der Federung bewegbaren Teilen gebildeten Systems der doppelten Frequenz der Eingangswechselspannung entspricht.

25 Wenn die Federung durch eine den Luftspalt zumindest teilweise ausfüllende elastische Schicht gebildet ist, kann man ohne große Änderungen von herkömmlichen Übertragerbauarten ausgehen.

30 Andererseits kann vorgesehen sein, dass die Federung eine dem Kern inhärente Eigenschaft ist. In diesem Fall sind Federung und Masse in dem Kern realisiert, der sich der Erregung entsprechend ausdehnt bzw. zusammenzieht.

35 Eine in der Praxis besonders wichtige Variante zeichnet sich dadurch aus, dass die Eingangswechselspannung eine netzfrequente Wechselspannung ist und die Schaltfrequenz groß gegen die Netzfrequenz ist.

40 Weiters kann es zweckmäßig sein, wenn die Ausgangsspannung eine Spannung mit Netzfrequenz ist, da auf diese Weise ein symmetrischer Eingangskreis realisierbar ist, der dem Einsatz herkömmlicher bidirektionaler Halbleiterschalter entgegenkommt, wobei einfache Ansteuerungen verwendbar sind.

Die Erfindung samt weiterer Vorteile ist im folgenden anhand beispielsweise Ausführungsformen näher erläutert, die in der Zeichnung veranschaulicht sind. In dieser zeigen

- 45
- Fig. 1 das Prinzipschaltbild eines Schaltwandlers und die Ausbildung des Übertragers einer ersten Ausführungsform der Erfindung
 - Fig. 2 in einer Darstellung wie in Fig. 1 eine zweite Ausführungsform der Erfindung,
 - Fig. 3 den zeitlichen Verlauf von Netzspannung, Netzstrom und Luftspaltmaß bei sinusförmigem Laststrom,

50

 - Fig. 4 eine Darstellung analog zu Fig. 3 bei nicht sinusförmigem Laststrom,
 - Fig. 5 in grob schematischer Darstellung einen Übertrager einer dritten Ausführungsform der Erfindung,
 - Fig. 6 eine Darstellung analog zu Fig. 5 einer vierten Ausführungsform der Erfindung, und
 - Fig. 7 eine Darstellung analog zu Fig. 5 bzw. 6 einer fünften Ausführungsform der Erfindung.

55

Aus Fig. 1 geht zunächst als Kernstück des erfindungsgemäßen Schaltwandlers ein Übertrager UET hervor, dessen ferromagnetischer Kern aus zwei Hälften KH1 und KH2 besteht, wobei der Luftspalt LUS zwischen den Kernhälften KE1 und KE2 mit einer elastischen Schicht ELS ausgefüllt ist, die eine Federung FED bildet.

Der Übertrager UET besitzt im vorliegenden Fall eine Primärwicklung W1 sowie eine Sekundärwicklung W2, wobei eine Eingangswechselspannung U_A , z. B. eine netzfrequente Wechselspannung, mit Hilfe eines ersten Schaltmittels S1 periodisch an die Primärwicklung W1 geschaltet werden kann.

Die in dem Übertrager UET gespeicherte Energie - darauf wird weiter unten näher eingegangen - wird mit Hilfe eines sekundärseitigen zweiten Schaltmittels S2 von der Sekundärwicklung W2 an den Ausgang, hier zu einer Last Z_A , übertragen.

Eingang und Ausgang des Schaltwandlers sind je von einem Kondensator C_E bzw. C_A überbrückt, wobei diese Kondensatoren C_E , C_A so dimensioniert sind, dass sie für Netzfrequenz, z. B. 50 Hz, „klein“ sind, für die Schaltfrequenz, z. B. 100 kHz, jedoch „groß“, d. h. bei Schaltfrequenz-Speicherkondensatoren darstellen. Durch die Kondensatoren C_E , C_A werden die Schaltimpulse bzw. deren Oberwellen von Netz und Verbraucher weitgehend ferngeschaltet, was jedoch die Anwendung weiterer Entstörmittel, z. B. induktiver Art, nicht ausschließt.

Das erste sowie das zweite Schaltmittel S1, S2 werden von einer Ansteuerschaltung AST angesteuert. In bekannter Weise können der Ansteuerschaltung AST Informationen bezüglich Eingangs- und Ausgangsspannung U_E , U_A sowie Eingangs- und Ausgangsstrom I_E , I_A zugeführt sein, was mit strichlierten Leitungen bzw. Stromfühlern SSE, SSA angedeutet ist. Dadurch kann das Tastverhältnis und/oder die Frequenz der Ansteuerimpulse beeinflusst werden, um auf bestimmte Größen, z. B. wie her Ein/Ausgangsspannung/-strom zu regeln bzw. um diese zu begrenzen.

Dem Fachmann stehen viele Schaltungskonzepte bzw. industrielle Bausteine für die Realisierung der Ansteuerschaltung zur Verfügung. Weiters sei angemerkt, dass bei Verwendung einer primär/sekundär-symmetrischen Schaltung bei einem Tastverhältnis der Ansteuerimpulse von 50 % für das erste und zweite Schaltmittel die Ausgangsspannung U_A gleich der Eingangsspannung U_E ist.

Der gezeigte Schaltwandler ist als Sperrwandler konzipiert, bei welchem Energiespeicherung und potentialgetrennte Energieübertragung mit Spannungsanpassung in einer einzigen Stufe realisiert sind. Wesentlich für die Erfindung ist, dass magnetische Energie im Feld des Luftspaltes LUS und mechanische Energie in dem System Kernmasse-Federung FED gespeichert werden kann. Abhängig vom Betrachtungszeitpunkt liegt diese Energie als potentielle Energie in der elastischen Schicht ELS des Luftspaltes - bzw. einer anders ausgebildeten Federung FED - oder als Bewegungsenergie der beiden Kernhälften bzw. des beweglichen Kernteiles vor.

Die elastische Schicht ELS, die von gummiartiger Beschaffenheit ist, sollte eine möglichst geringe Dämpfung besitzen, um Verluste innerhalb der Schicht zu vermeiden. Dem Fachmann steht eine große Auswahl an hierfür geeigneten Kunststoffen zur Verfügung. Natürlich kann die Federung zwischen den Kernhälften auch durch diskrete Federelemente, wie z. B. metallische Schrauben- oder Blattfedern realisiert werden, welche auch außerhalb des Luftspaltes gelegen sein können, wie später in Fig. 5 und 6 angedeutet.

Besonders zu empfehlen ist, die mechanische Resonanzfrequenz des vorliegenden Masse-Feder-Systems auf die doppelte Frequenz der Eingangswechselspannung, hier die Netzfrequenz, abzustimmen.

Im Wesentlichen ist die in dem Kern gespeicherte Energie umgekehrt proportional dem Luft-

spaltmaß und die Kraft auf die Kernhälften ist dem Quadrat des Luftspaltmaßes oder -abstands umgekehrt proportional. Um eine Leistung von z. B. 1 kW bei $\cos \phi = 1$ zu übertragen, muss maximal die Energie einer Netzspannungshalbwelle zwischengespeichert werden, d. h. bei 50 Hz 10 Ws. Demgegenüber werden bei herkömmlichen Schaltwandlern lediglich Energiemengen in der Größenordnung von 0,1 mWs zwischengespeichert.

Zur Veranschaulichung der auftretenden elektrischen und mechanischen Größen sei nachstehend ein möglicher Dimensionierungsfall gegeben.

- Bei einer Windungszahl der Primär- und Sekundärwicklung W1, W2 von $n_1 = n_2 = 10$, einem Kernquerschnitt von $A = 16 \text{ cm}^2$ und einem Spitzenstrom von $I_s = 100 \text{ A}$ liegen die folgenden, im Betrieb periodisch auftretenden Extremwerte vor:

Energiespeicher	„leer“	„voll“
Induktivität	$L = 200 \text{ uH}$	$L = 2 \text{ mH}$
Luftspalt	$d = 1 \text{ mm}$	$d = 0,1 \text{ mm}$
Induktion	$B = 1,2 \text{ Vs/m}^2$	$B = 12 \text{ Vs/m}^2$
Kraft auf die Kernhälften	$F = 10 \text{ N}$	$F = 1 \text{ kN}$
Gespeicherte Energie	1 Ws	10 Ws

Bei Abstimmung auf Resonanz ($f = 100 \text{ Hz}$) ergibt sich eine mittlere Elastizität von $E = 0,5 \text{ kN/mm}$ und eine zu bewegende Masse von $m = 3,53 \text{ kg}$.

Diese Berechnungen werden von der verwendeten Taktfrequenz bzw. Schaltfrequenz nicht berührt.

Die Funktion des Schaltwandlers nach der Erfindung wird zusätzlich noch anhand der Fig. 3 und 4 grafisch erläutert.

- Fig. 3 zeigt die Größen U_E , d. h. die Eingangs- bzw. Netzspannung, I_E , d. h. den Eingangsstrom = Laststrom, sowie d , d. h. das Luftspaltmaß, in ihrem zeitlichen Verlauf bei sinusförmigem Laststrom I_A .

- Demgegenüber zeigt Fig. 4 den zeitlichen Verlauf der genannten Größen bei einem stark von der Sinusform abweichenden Laststrom I_A . Man erkennt, dass der Verlauf des Eingangsstroms I_E dessen ungeachtet sinusförmig verläuft.

- Bei der Ausführung nach Fig. 2 sind zwei Primärwicklungen W1A, W1B mit unterschiedlichem Wickelsinn, jedoch gleicher Windungszahl vorgesehen und jede Primärwicklung W1A, W1B wird mit Hilfe je eines gesteuerten Schalters S1A, S1B an die Eingangswechselspannung U_E geschaltet.

- Während der positiven Netzspannungshalbwelle ist z. B. S1A inaktiv (geöffnet); S1B und S2 schalten abwechselnd - während der negativen Netzspannungshalbwelle ist S1B geöffnet, S1A und S2 schalten abwechselnd. Auf diese Weise ist es möglich, Gleichspannung im Ausgangskreis zu erreichen.

- An dieser Stelle sei erwähnt, dass bei der Ausführung nach Fig. 2 ein bidirektionaler Betrieb möglich ist, d. h. es könnte anstelle des Lastwiderstands R_A eine Gleichspannungsquelle vorgesehen sein, welche Energie von „rechts“ nach „links“, in einen Lastwiderstand an Stelle der Spannungsquelle U_E liefert.

- Anstelle von zwei getrennten Primärwicklungen kann auch eine Primärwicklung mit Mittelanzapfung verwendet werden, wobei ein Pol der Eingangsspannung mit der Mittelanzapfung verbunden ist, Wicklungsanfang und -ende jedoch über je ein bidirektionales Schaltelement, wie S1A,

S1B, mit dem anderen Pol der Eingangsspannung verbunden ist.

Die Ansteuerschaltung AST der Ausführung nach Fig. 2 ist dazu eingerichtet, die gesteuerten Schalter so anzusteuern, dass sekundärseitig eine Gleichspannung U_A für einen Verbraucher bzw. eine Last R_A generiert wird.

Wie oben bereits angedeutet, ist die Ansteuerschaltung AST als solche nicht Gegenstand der Erfindung und kann von einem Fachmann den Erfordernissen entsprechend realisiert werden. Es sei nur so viel gesagt, dass bei einer Schaltung nach Fig. 1 die Schalter S1 bzw. S2 gegenphasig schalten. Lässt man während der positiven Netzhälfte abwechselnd S1A und S2 - während der negativen Netzspannungshälfte abwechselnd S1B und S2 takten, so hat die Magnetisierung des Kerns immer die selbe Richtung - am Ausgang steht somit Gleichspannung zur Verfügung. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass die beiden Primärwicklungshälften W1A und W1B gegensinnigen Wicklungssinn aufweisen.

Fig. 5 zeigt schematisch eine von der Darstellung nach Fig. 1 und 2 abweichende Form des Kerns, wiederum mit zwei Kernhälften KH1, KH2, einer Primär- bzw. einer Sekundärwicklung W1 bzw. W2 und einer ganz allgemein angedeuteten Federung FED.

Fig. 6 zeigt wieder eine andere Ausbildung, aus welcher hervorgeht, dass der Kern des Übertragers UET nicht aus zwei (gleichen) Hälften bestehen muss. Hier liegt ein Kernteil KT1 vor, welcher auch die Primär- und Sekundärwicklung W1, W2 zeigt. Der Kern wird durch einen flachen Kernteil KT2 geschlossen, dessen Größe und Masse hier wesentlich geringer ist, als jene des Kernteils KT1.

Noch eine andere Ausbildung ist der Fig. 7 zu entnehmen, bei welcher zwei Kernteile KT1, KT2 mit einer Primär- bzw. Sekundärwicklung W1, W2 so zusammengefügt sind, dass an einer Seite ein Luftspalt LUS verbleibt. Zur Realisierung der Federung FED ist zumindest der in Fig. 7 obere, waagrechte Schenkel des Kernteils KT1 elastisch ausgebildet, sodass er in Richtung des eingezeichneten Pfeils schwingen kann, wobei sich der Luftspalt LUS entsprechend vergrößert oder verkleinert. Die Federung FED ist somit in diesem Fall einer dem Kern oder einem Kernteil inhärente Eigenschaft.

Mit einem Schaltwandler nach der Erfindung lässt sich prinzipiell eine Eingangswechselspannung in eine Ausgangsspannung wandeln, wobei die Ausgangsspannung eine Gleichspannung (z. B. 50 Hz $\rightarrow$ 0 Hz) eine Wechselspannung der gleichen Frequenz wie die Eingangsspannung (z. B. 50 Hz $\rightarrow$ 60 Hz) sein kann.

Patentansprüche:

1. Schaltwandler zum Umwandeln einer Eingangswechselspannung (U_E) in eine Ausgangsspannung (U_A),
mit einem Übertrager (UET), der zumindest eine Primärwicklung (W1; W1A, W1B) und zumindest eine Sekundärwicklung (W2) sowie einen ferromagnetischen Kern (KH1, KH2) mit einem Luftspalt (LUS) aufweist, und
mit einem ersten, primärseitigen Schaltmittel (S1, S1A, S1B), welches, angesteuert von einer Ansteuerschaltung (AST), die Eingangsspannung periodisch an die zumindest eine Primärwicklung schaltet, sowie mit einem zweiten, sekundärseitigen Schaltmittel (S2), welches in dem Übertrager gespeicherte Energie an den Ausgang weiterschaltet,
dadurch gekennzeichnet, dass
den Luftspalt (LUS) begrenzende Teile (KH1, KH2; KT1, KT2) des Kerns relativ gegeneinander und gegen die Rückstellkraft einer als Energiespeicher dienenden Federung (FED) beweglich sind.

2. Schaltwandler nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Kern zwei voneinander durch den Luftspalt (LUS) getrennte Teile (KH1, KH2; KT1, KT2) aufweist.
3. Schaltwandler nach Anspruch 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass die beiden Kernteile (KH1, KH2) im wesentlichen gleiche Gestalt, Größe und Masse aufweisen.
4. Schaltwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass die mechanische Resonanzfrequenz des von der Federung (FED) und den gegen die Rückstellkraft der Federung bewegbaren Teilen (KH1, KH2; KT1, KT2) gebildeten Systems der Frequenz der Eingangswechselspannung (U_E) entspricht.
5. Schaltwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Federung (FED) durch eine den Luftspalt zumindest teilweise ausfüllende elastische Schicht (ELS) gebildet ist.
6. Schaltwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Federung eine dem Kern (KH1, KH2) inhärente Eigenschaft ist.
7. Schaltwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Eingangswechselspannung (U_A) eine netzfrequente Wechselspannung ist und die Schaltfrequenz groß gegen die Netzfrequenz ist.
8. Schaltwandler nach Anspruch 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Ausgangsspannung (U_A) eine Spannung mit Netzfrequenz ist.
9. Schaltwandler nach Anspruch 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Ausgangsspannung (U_A) eine Gleichspannung ist.
10. Schaltwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 9, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Primärwicklung zwei Wicklungshälften (W1A, W1B) mit umgekehrtem Wicklungssinn aufweist und die Eingangswechselspannung (U_E) mittels zweier Schalter (S1A, S1B), welche das erste Schaltmittel bilden, an die Wicklungshälften legbar ist.

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

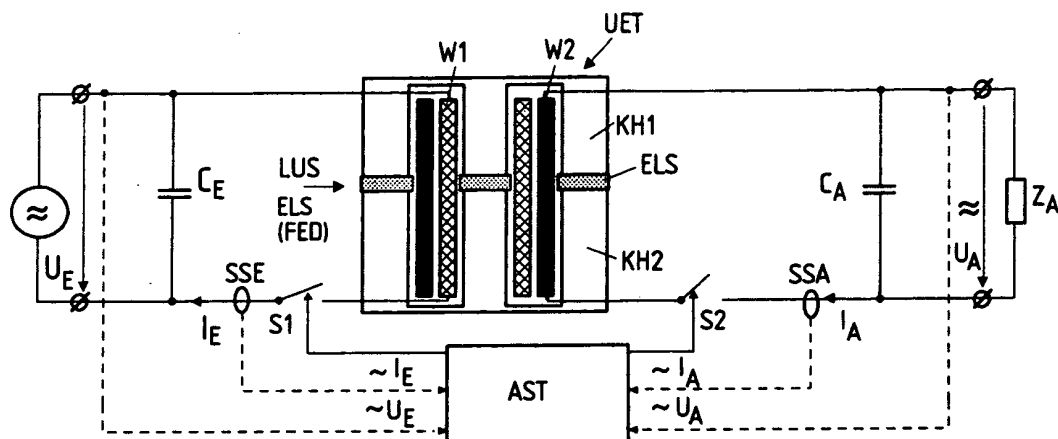


Fig. 1

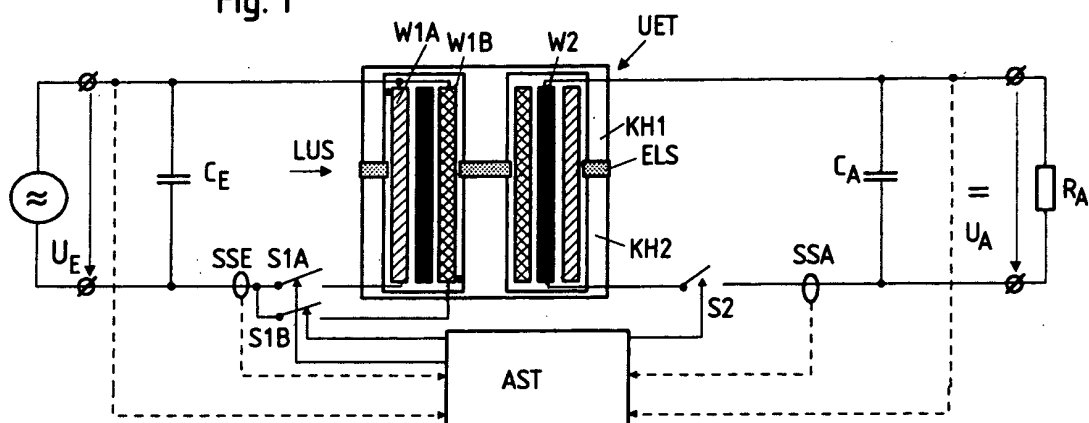


Fig. 2

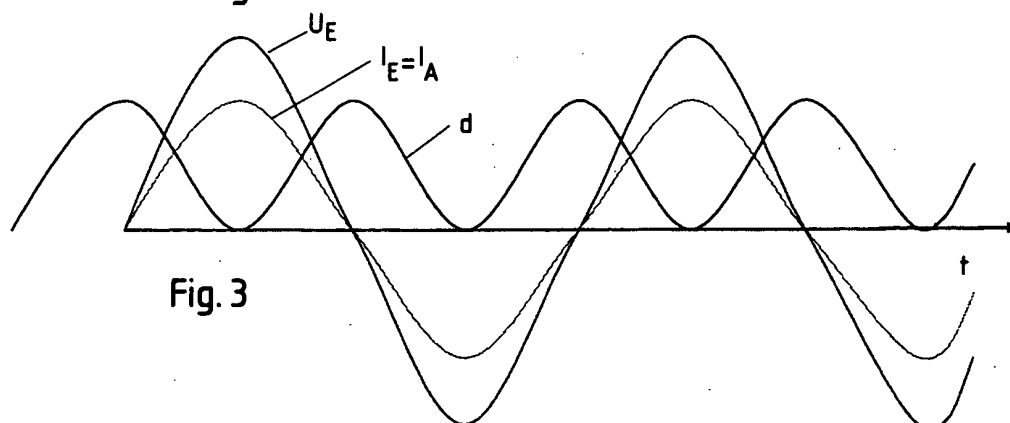


Fig. 3

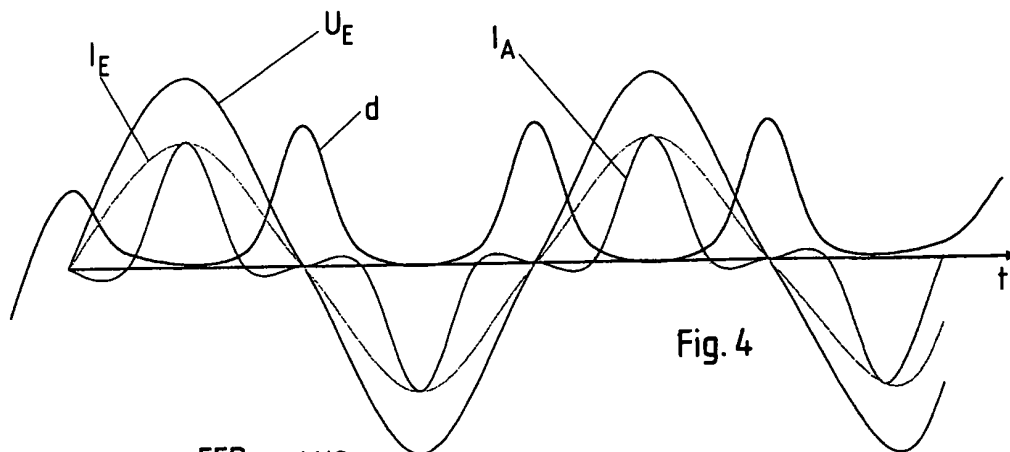


Fig. 4

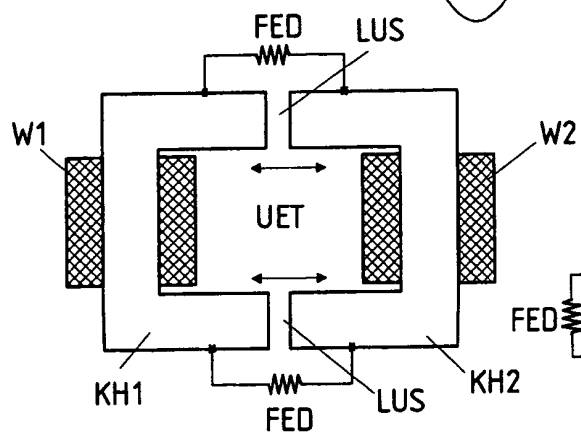


Fig. 5

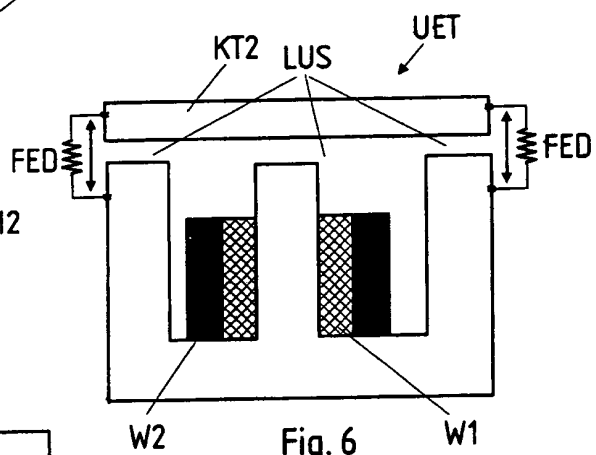


Fig. 6

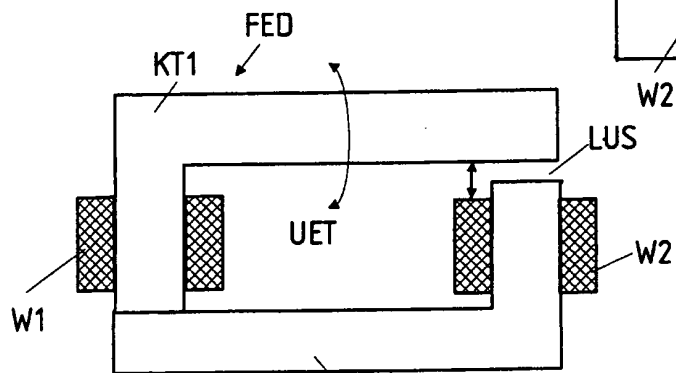


Fig. 7