

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 383/92

(51) Int.Cl.⁶ : G01R 33/10

(22) Anmeldetag: 28. 2.1992

(42) Beginn der Patentdauer: 15.11.1997

(45) Ausgabetag: 27. 7.1998

(56) Entgegenhaltungen:

DE 3324208A EP 363658A FR 2558599A FR 2560388A
US 3777304A

(73) Patentinhaber:

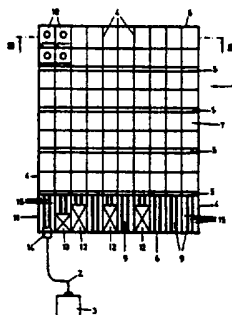
ÖSTERREICHISCHE DRAUKRAFTWERKE AKTIENGESELLSCHAFT
A-9020 KLAGENFURT, KÄRNTEN (AT).

(72) Erfinder:

STÜGNER HERBERT DIPL.ING. DR.
KLAGENFURT, KÄRNTEN (AT).
DARRER FRANZ M. DIPL.ING.
GRAZ, STEIERMARK (AT).

(54) MESSANORDNUNG FÜR DIE MESSUNG DER RÄUMLICHEN VERTEILUNG MAGNETISCHER WECHSELFELDER

(57) Die Erfindung betrifft eine Meßanordnung für die Messung der räumlichen Verteilung technischer magnetischer Wechselfelder, wobei in einer Haltevorrichtung mehrere Magnetfeldsonden angeordnet sind, die jede zur gleichzeitigen oder aufeinanderfolgenden Messung der Feldkomponenten in den drei Raumrichtungen eingerichtet sind, und ist dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetfeldsonden (10) jeweils drei senkrecht aufeinanderstehende Spulen (17,18,19) aufweisen, die derart ausgerichtet sind, daß die Vektoren der gemessenen Felder aller Magnetfeldsonden jeweils die gleichen Richtungen (x,y,z) aufweisen und daß die Magnetfeldsonden innerhalb einer vorgegebenen Fläche rasterförmig angeordnet sind.



Die Erfindung betrifft eine Meßanordnung für die Messung der räumlichen Verteilung magnetischer Wechselfelder, wobei in einer Haltevorrichtung mehrere Magnetfeldsonden angeordnet sind, die jede zur gleichzeitigen oder aufeinanderfolgenden Messung der Feldkomponenten in den drei Raumrichtungen eingerichtet sind.

5 In unserer Umwelt sind natürliche und künstlich hervorgerufene elektrische und magnetische Felder vorhanden. Da natürliche Phänomene immer vorhanden waren, kann man davon ausgehen, daß der menschliche Organismus durch natürliche Felder nicht beeinträchtigt wird bzw. sich im Laufe der Evolution darauf eingestellt hat.

10 Heute entsteht der überwiegende Teil der in der Umwelt vorhandenen ionisierenden Strahlungen und Felder nicht auf natürliche Weise, sondern er ist vielmehr ein Produkt der vom Menschen entwickelten technischen Geräte. Künstlich erzeugte elektromagnetische Felder sind teilweise erwünscht, wie z.B. das Hauptfeld in elektrischen Maschinen. Zu einem anderen Teil sind die Felder aber ein unerwünschtes Nebenprodukt, wie z.B. das Feld elektrischer Zuleitungen.

Bei jeder Art von Umweltverschmutzung (auch Felder können ein "Umweltverschmutzung" sein), ist die 15 Festsetzung der für die Gesundheit des Menschen noch tolerierbaren Grenzwerte ein Problem. Bei radioaktiver Strahlung, die bei Kernspaltungsprozessen entsteht, ist die Gefahr für den Menschen allgemein bekannt und teilweise auch erforscht. Die bisherigen technischen und medizinischen Untersuchungen stellen eine Diskussionsgrundlage für die Beurteilung der Auswirkungen und für die notwendige Festlegung der Grenzwerte dar.

20 Spätestens seit dem Ansteigen der Zahl der Kernkraftwerke in den 70er Jahren und dem damit verbundenen Widerstand der Bevölkerung gegen diese Energieform ist ein allgemein wachsendes Umweltbewußtsein der Menschen zu bemerken. Dabei stößt auch die elektromagnetische Strahlung auf Interesse. Auf diesem Gebiet sind die Forschungen zur Festlegung der Grenzwerte, die für die Physiologie und Psyche des Menschen unbedenklich erscheinen, noch nicht besonders weit gediehen.

25 Alle unter Spannung stehenden Gegenstände sind von einem elektrischen Feld umgeben. Überall wo Strom fließt, ist zugleich ein zugehöriges magnetisches Feld vorhanden.

Das magnetische Feld der Erde ist ein stationäres Gleichfeld. Das bedeutet, daß die Richtung des Magnetismus immer gleich bleibt und seine Größe im wesentlichen konstant ist. Weiters treten z.B. durch 30 Gewitter magnetische Wechselfelder auf. Wechselfelder ändern im Gegensatz zu Gleichfeldern ständig ihre Richtung.

Im Falle der natürlichen Wechselfelder ist die Frequenz der Magnetfelder nicht ein einzelner spezieller Wert. Das Feld setzt sie meist aus einem Gemisch vieler Frequenzen zusammen.

Zusätzlich zu diesen natürlichen Feldern existieren noch technisch bedingte Magnetfelder.

Jeder stromführende Leiter ist von einem kreisförmigen, in sich geschlossen magnetischen Feld 35 umgeben. Dies ist ein physikalisch unabwendbares Phänomen. Da die meisten technischen Einrichtungen mit Wechselstrom arbeiten, sind auch die dabei entstehenden Magnetfelder Wechselfelder. Das bedeutet, daß sie mit derselben Frequenz wie der elektrische Strom ihre Richtung ändern. Auch die Größe der Felder ändert sich in direktem Zusammenhang mit den fließenden Strömen.

40 Befindet sie nun ein elektrisch leitfähiger Körper in einem solchen Magnetfeld, so werden in diesem Körper Spannungen induziert (erzeugt), welche elektrische Ströme treiben.

Auch im Menschen wird aufgrund der Leitfähigkeit des Körpers durch ein vorhandenes natürliches oder auch technisches Wechselfeld Spannung induziert, die in sich geschlossene fließende Ströme (Wirbelströme) hervorruft. Verschiedenste wissenschaftliche Untersuchungen haben folgende Ergebnisse 45 geliefert: Induzierte Wirbelströme beeinflussen das Sehvermögen; Verkrampfungen der Muskulatur treten bei sehr starken Feldern auf; Störungen der Reizleitung entlang der Nervenbahnen können nachgewiesen werden; alle beobachteten Beeinflussungen verschwinden bei Verlassen bzw. bei Abschalten des Magnetfeldes.

Die oben angeführten Erscheinungen treten alle erst bei magnetischen Flußdichten über zwei Millitesla 50 auf. Weder bei natürlichen noch bei technisch erzeugten Feldern, obwohl diese meist erheblich größer als die natürlichen sind, werden solche Flußdichten üblicherweise erreicht, schon gar nicht auf längere Dauer.

Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, daß auch dauernde Einwirkung von Magnetfeldern unter der Wahrnehmbarkeitsschwelle den Menschen physisch wie auch psychisch negativ beeinflusst. Um solche Beeinträchtigungen medizinisch bewerten zu können, muß deren Ursache meßtechnisch erfaßt werden.

55 Durch die FR-OS 2 560 388 ist allerdings bereits eine Meßanordnung für die Messung von Magnetfeldgradienten beschrieben, wobei in einer Haltevorrichtung mehrere Magnetfeldsonden angeordnet sind, die zur Messung der Feldkomponenten in den drei Raumrichtungen eingerichtet sind. Diese bekannte Anordnung dient nicht dazu, die räumliche Verteilung technischer magnetischer Wechselfelder über eine vordefinierte Fläche aufzunehmen.

Die EP 363 658 A offenbart eine Vorrichtung für schwache physiologische Felder, also nicht technische Wechselfelder.

Die US 3 777 304 A zeigt die Anordnung einer einzelnen Dreifachspule als Steuersonde, die aber nicht geeignet ist, das "magnetische Belastungsgebirge" über einer definierten Fläche aufzunehmen, um die Belastung z.B. eines Menschen durch elektrische Felder zu messen.

Mit der vorliegenden Erfindung soll ein geeignetes Meßgerät bereitgestellt werden, das insbesondere zur selbständigen, langfristigen räumlichen Ausmessung von Wohn-, Nutz- und Arbeitsräumen im Bereich der technischen Frequenzen 16 2/3, 50 und 60 Hz konzipiert ist.

Diese Frequenzen stellen den größten Beitrag zu den vom Menschen erzeugten magnetischen Feldern und sind für die Untersuchungen daher die interessantesten. Die Größe dieser netzfrequenten Magnetfelder läßt sich durchaus von jedem Einzelnen beeinflussen, da sie direkt mit der verbrauchten Energie, den technischen Geräten und deren Anordnung zusammenhängt.

Die Messung des Feldes soll vorteilhafter Weise bei einem Meßvorgang eine Fläche von einem Quadratmeter berücksichtigen. Innerhalb dieser Fläche soll sowohl der Betrag als auch die Richtung der magnetischen Flußdichte ermittelt werden. Eine Fläche von einem Quadratmeter stellt z.B. ca. die von einem sitzenden Menschen eingenommene Fläche dar. Auch in liegendem Zustand kann so noch der komplette Brustbereich erfaßt werden. Andere Abmessungen sollen selbstverständlich ebenfalls möglich sein. Weiters soll die Speicherung der Ergebnisse sowie eine selbsttätige Langzeitmessung möglich sein. Die gesamte Meßsondenanordnung soll transportabel und der Meßsondenteil somit möglichst leicht und handlich ausgeführt sein.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, erscheint die Kombination eines analogen Aufnahmerteils mit anschließender digitaler Wandlung und Weiterverarbeitung in einem tragbaren Personalcomputer am zweckmäßigsten.

Gemäß vorliegender Erfindung wird das angestrebte Ziel dadurch erreicht, daß die Magnetfeldsonden jeweils drei senkrecht aufeinanderstehende Spulen aufweisen, die derart ausgerichtet sind, daß die Vektoren der gemessenen Felder aller Magnetfeldsonden jeweils die gleichen Richtungen x,y,z aufweisen und daß die Magnetfeldsonden innerhalb einer vorgegebenen Fläche rasterförmig angeordnet sind. Weiters umfassen erfindungsgemäß die Magnetfeldsonden einen Spulenkörper mit drei Spulen. Weitere vorteilhafte Merkmale der Erfindung sind den Patentansprüchen, der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen zu entnehmen.

Im folgenden wird die Erfindung beispielsweise anhand der Zeichnungen beschrieben. Fig.1 ist die Aufsicht auf ein teilweise dargestelltes Ausführungsbeispiel der Meßanordnung bei abgenommener Abdeckplatte. Fig.2 ist die Aufsicht auf eine Magnetfeldsonde und Fig.3 ein Schnitt nach den Linien III-III in Fig.1 und Fig.2. Fig.4 ist eine schematische teilweise Darstellung eines Verdrahtungsschemas. Die Fig.5 bis 12 veranschaulichen die Elektronik und Fig.13 zeigt den Signalverlauf einer Messung innerhalb der Elektronik. Die Fig.14 und 15 zeigen das Ergebnis einer beispielsweise durchgeführten Messung.

Für eine Magnetfeldmessung unter Verwendung der erfindungsgemäßen Meßanordnung sind drei Geräte notwendig: die Meßanordnung, ein Computer mit A/D- und I/O-Karte und ein Verbindungskabel. In Fig.1 ist die Meßanordnung 1 in Ansicht von oben bei abgenommenen Deckel schematisch dargestellt, wobei aus Gründen der leichteren Darstellung nur wenige der einzelnen Magnetfeldsonden eingezeichnet sind. Das Verbindungskabel 2 leitet die Signale entsprechend den gemessenen Werten an den Computer 3, der mit einer entsprechenden I/O-Karte und einer analog/digital-Karte ausgestattet ist.

Die Meßanordnung umfaßt ein Gehäuse, welches aus einem selbsttragenden Gerippe von elf Längsspannten 4, vier Querrohren 5 und zwei Querspannten 6 besteht. Ein Boden 7 (siehe auch Fig.3) ist fix mit dem Gerippe verklebt. Nach oben hin ist die Meßanordnung durch einen Deckel 8 verschließbar, der auf die Anordnung aufgeschraubt wird. In bevorzugter Weise besteht das Gehäuse aus glasfaserverstärkten Epoxidharzteilen.

Durch diesen Aufbau sind bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig.1 zehn Spalten 9, die durch das untere Querrohr 5 in einen Abschnitt mit den Sonden 10 und in einen Elektronikabschnitt 11 geteilt werden. Im Sondenabschnitt sind bei zehn Spalten und acht Reihen insgesamt achtzig Sonden 10 vorgesehen. Bezüglich der Abmessungen kann von diesen achtzig Sonden z.B. eine Fläche von 1 m² eingenommen werden, sodaß die Magnetfeldverteilung über diesen Quadratmeter meßbar und darstellbar ist.

Der Elektronikabschnitt 11 nimmt die drei Elektronikplatinen 12, eine Batterie 13 und den Steckanschluß 14 für das Verbindungskabel 2 auf. Alle Magnetfeldsonden 10 sind über hier nicht dargestellte Drähte mit den Elektronikplatinen verbunden, wie weiter unten anhand der Fig.4 näher erläutert wird.

Mit dem Bezugszeichen 15 sind Streifen oder Bänder aus Abschirmfolien bezeichnet, die z.B. aus Messing bestehen. Diese Streifen erstrecken sich am Boden 7 über die gesamte Länge der Meßanordnung und sind weiters auch unter dem Deckel 8 angeordnet. Diese schirmen die Sonden und die Elektronik vor

kapazitiven Einstreuungen ab, ohne die zu messenden Magnetfelder wesentlich zu beeinflussen. Die Folien oder Messingbänder in Deckel und Boden sind auf der Elektronikseite mit dem Masseanschluß des Steckers 14 verbunden, wobei die Verbindung zum Deckel vorzugsweise steckbar ist.

Wie der Fig.1 zu entnehmen ist, finden die Elektronikplatinen 12 und der Batteriesatz 13 zwischen den Längsspannten 4 Platz. Es handelt sich bei den Elektronikplatinen beispielsweise um solche im Europakartenformat 160x100 mm.

Der Aufbau der einzelnen Sonden 10 wird anhand der Fig.2 und 3 beschrieben. Die Magnetfeldsonde umfaßt einen Spulenkörper 16, der bevorzugt aus Holz oder aus Kunststoff besteht. Der Spulenkörper 16 weist drei orthogonal aufeinander stehende Spulen 17, 18, 19 auf. Der Spulenkörper 16 sitzt auf einer Grundplatine 20 und ist mit dieser verklebt. Weiters weist die Grundplatine 20 sechs Lötösen 21 auf, an denen sowohl die Enden der Drähte der Spulen 17, 18 und 19 befestigt sind, als auch die Leitungen zur Elektronik.

Die Kanten 22 der Grundplatine 20 oder wenigstens zwei dieser Kanten sind parallel zu den eingezeichneten Raumrichtungen x, y ausgerichtet, entsprechend den Feldvektoren x, y. Parallel dazu liegen die Achsen der Spulen 17 und 18. Die Achse der Spule 19 steht senkrecht auf beiden Kanten. Mit dieser Maßnahme sind die Sonden in exakter Ausrichtung in das Gehäuse gemäß Fig.1 einsetzbar. Die Ausnehmung 26 ermöglicht die Anbringung der für die Verschraubung des Deckels notwendigen Gewindestangen und erleichtert die Montage und Demontage der Sonde im Gehäuse.

Der Fig.3 ist der Aufbau des Gehäuses und einer Meßsonde bei geschlossenem Deckel 8 zu entnehmen. Auf dem Boden 7 sind streifenförmig die Abschirmfolien 15 angeordnet. Darüber liegt eine Schaumstoffschicht 23, die eingeprägte Kanäle 24 genau über den Abschirmfolien 15 zur Führung von Leitungsbahnen aufweist. Auf der Schicht 23 liegt die Grundplatine 20 mit dem aufgeklebten Spulenkörper 16. Der Spulenkörper 16 ist von einer Schaumstoffkappe 25 nach oben hin abgedeckt. Durch Aufpressen des Deckels 8 wird die Sonde fixiert und gegen Erschütterungen geschützt. Die am Deckel 8 angeordneten Abschirmstreifen 15 sind ebenfalls zu sehen, wie auch die Längsspannten 4 und ein Querrohr 5.

Fig.4 zeigt schematisch die Verdrahtung der Magnetfeldmeßsonden 10 der einzelnen Spalten 0 bis 9, wobei zur klareren Darstellung lediglich die Leitungsführungen der beiden äußeren linken Spalten 9 und 8 eingezeichnet wurden.

Je eine Elektronikplatine 12 ist den Spulen 17, 18 oder 19 aller Sonden zugeordnet. Von jeder Spule jeder Sonde führt ein verdrehtes Drahtpaar zur zugehörigen Elektronikplatine. Jeder Leitungsstrich in Fig.4 entspricht somit acht Leitungspaaren, da in jeder Spalte bei der Anordnung gemäß Fig.1 acht Feldmeßsonden angeordnet sind. Die Platinen 12 werden im folgenden als y-Platine, x-Platine und z-Platine bezeichnet.

Die jeweils sechs Anschlüsse jeder Sonde sind durch verdrehte Drahtpaare mit Steckern verbunden, die auf die Platinen gesteckt sind. Es ergeben sie für die zehn Kanäle zu je drei Koordinaten insgesamt dreißig Kabelbündel aus je sechzehn Einzeldrähten. Diese sind laut Verdrahtungsschema, also leicht kontrollierbar, mit den entsprechenden Platinen verbunden. Um die drei Kabelbündel pro Kanal zuverlässig den richtigen Koordinatenanschlüssen zuzuordnen, laufen sie in eigenen Rinnen. Die korrekte Verbindung jeweils einer aus acht Sonden in einem Kanal ist durch Farbcodierung gewährleistet: vier zur Verfügung stehende Drahtfarben ergeben zehn mögliche Farbpaare, acht davon wurden beim vorliegenden Ausführungsbeispiel benutzt.

Die drei Platinen sind mit dem Sub-D-Stecker und dem Batteriefach mittels eines Kabelbaums verbunden, der am elektronikseitigen Querträger 6 entlanggeführt ist.

Die Fig.5 zeigt eine Übersicht über die Elektronik im Blockschaltbild, für jeweils 80 Spulen der Koordinatenrichtungen x, y und z. Auf jeder der Platinen 12 ist diese Elektronik ausgeführt.

Die achtzig Spulen 27 (x oder y oder z) der achtzig Magnetfeldsonden 10 sind über achtzig verdrehte Leiterpaare 28 mit einem Multiplexer MUX 29 verbunden, der zeitlich aufeinanderfolgend jeweils eine der 80 Spulen auswählt und deren Signale über die Leitung 30 dem Integrator 31 zuleitet. Über drei steuerbare Verstärker 32 mit Bandpaß gelangen die Signale in das rücksetzbare LC-Filter 33, den Gleichrichter und rücksetzbaren Spitzenwertdetektor 34 in einen Buffer 35 und zum Ausgang 36, von wo das Signal über den Stecker 14 und das Kabel 2 (Fig.1) zum Computer gelangt und ausgewertet wird. Mit 37 ist die Spannungsversorgung bezeichnet. Die Schaltung sieht dreizehn Pegelkonverter 50 und elf Speicher 51 sowie Einheiten zur Adressendecodierung 52, Verstärkerdecodierung 53 und Frequenzdecodierung 54 vor.

Die Spannungsversorgung der Meßsonde erfolgt gemäß Fig.6 über zwei 9 V E-Block-Batterien, vorzugsweise vom Alkali-Mangan-Typ, die neben der Sub-D-Buchse in ein Schnappgehäuse eingesetzt sind. Sie verbleiben im Normalfall (außer bei längerer Nichtbenutzung) im Gerät, auch wenn damit nicht gemessen wird. Die Schaltung ist so konstruiert, daß sie keinen Strom braucht, solange sie nicht mit dem Computer verbunden ist und dieser die Sonde über einen High-Pegel an PB5 einschaltet. Tut er dies, wird die Schaltung mit ± 9 V und -5 V versorgt.

Fig.7 zeigt die TTL zu CMOS-Konverter. Die Sondenelektronik erhält Befehle vom ansteuernden Computer über 13 digitale Eingänge. Die Information liegt mit TTL-Pegel bei 38 an. Innerhalb der Sondenelektronik wird stromsparende CMOS-Logik eingesetzt. Die Fig.7a zeigt den Schaltplan des Konverters für den Reset-Eingang, Fig.7b den Schaltplan der zwölf anderen Konverter und Fig.7c das Symbol dafür, das in den weiteren Abbildungen benutzt wird. Wenn ein Konverter am Eingang offen ist, ist sein Zustand logisch Low. Ein Konverter braucht ca. 150 μ A im High-Zustand, im Low-Zustand ist er stromlos. Der Reset-Konverter braucht etwa doppelt so viel Strom.

Fig.8 zeigt den Schaltplan zur Sondenauswahl mit dem Multiplexer 29 (Fig.5). Mit der steigenden Flanke des Reset-Signals wird die Information a0 bis a6 in die D-Flip-Flops IC1 und IC2 übernommen und liegt dann an A0 bis A6. Die binäre Information an A4-A6 kann 8 Zustände annehmen, davon wurden in dieser Anwendung 5 benutzt:

von A6,A5,A4 = 000 binär $\rightarrow$ 0 dekadisch

bis A6,A5,A4 = 100 binär $\rightarrow$ 4 dekadisch.

Der 1 aus 10-Decoder IC3 legt logisch "1" an den Ausgang Q_n, wobei n der Information an A4-A6 entspricht. Die anderen Ausgänge liegen auf logisch "0".

A6	A5	A4		e4	e3	e2	e1	e0
0	0	0		0	0	0	0	1
0	0	1		0	0	0	1	0
0	1	0		0	0	1	0	0
0	1	1		0	1	0	0	0
1	0	0		1	0	0	0	0

IC4 invertiert die logischen Zustände der Ausgänge, so daß genau einer von den fünf Ausgängen E0 bis E4 logisch "0" ist, alle anderen sind "1".

Die Multiplexer-ICs Nr.6-10 verbinden den Eingang Y_n mit Z (wobei n der Information an A0 bis A3 entspricht), solange am Enable-Eingang E logisch "0" anliegt. Liegt "1" an E, so sind alle Verbindungen Y bis Z unabhängig von der Information an A0 bis A3 hochohmig. Somit ist in dieser Schaltung höchstens genau eine von 80 Spulen (Sp1,...,Sp80) mit "AC in" verbunden: Die Information 0 an A0 bis A6 verbindet Spule Nr.1 (Sp1) mit "AC in", die Information 79 verbindet Spule Nr.80 (Sp80) mit "AC in".

Der Integrator 31 und Verstärker 32 ist in Fig.9 dargestellt. Das vom Multiplexer kommende Signal, bei 100 μ T magnetische Flußdichte und 50 Hz Frequenz etwa 16 mV, ist der Flußdichteänderung proportional, da es von Spulen aufgenommen wird. Bei konstantem Effektivwert der Flußdichte ist die Spannung frequenzproportional. Dieses Signal wird erst bandpaßgefiltert (TP 1500; HP 8,83 $\pm$ 20%; TP 100) und gelangt dann an den Integrator 31, eine Kunstschaltung um IC1, die in Bereich der zu messenden Frequenzen integrierendes Verhalten aufweist, Gleichgrößen aber nicht verstärkt. Nach dieser Stufe ist die Spannung bei einer Flußdichte von 100 μ T frequenzunabhängig etwa 0,64 V.

Nach dem Integrator folgen mit OP2 bis OP4 drei gleich aufgebaute steuerbare Verstärker mit Eingangsbandpaß, deren Verstärkung mittels High-Pegel am Steuereingang S1 bis S3 verzehnfacht werden kann. Die möglichen Verstärkungsfaktoren sind also 1, 10, 100 und 1000, die mit den Meßbereichsendwerten 100 μ T, 10 μ T, 1 μ T und 100 nT korrespondieren. So gilt $U(S_1) = +9V \rightarrow A_v = 12,55$ und $U(S_1) = -5V \rightarrow A_v = 1,255$.

Die Gesamtcharakteristik der Bandpässe ist so beschaffen, daß Signale der Frequenzen 16 2/3 Hz und 50 Hz gleich stark verstärkt werden, Signale mit 60 Hz hingegen nur mit dem 5/6-fachen. Damit kann das nachfolgende Filter einfach gestaltet werden. Dies ist ein besonders vorteilhaftes Merkmal der beschriebenen Vorrichtung.

Die Gesamtverstärkung ist mit dem 500 Ω -Trimmer 39 einzustellen, die Übereinstimmung der Verstärkungsfaktoren bei 50 Hz und 16 2/3 Hz mit dem 2 k Ω -Trimmer 40.

Das Filter ist gemäß Fig.10 ein rücksetzbares, umschaltbares 16 2/3 Hz/50 Hz/60 Hz LC-Filter mit der Güte 15. Die Induktivität, 30 oder 90 H, wird durch den Gyrator OP5/OP6 realisiert. Die Versorgung von OP5, 6 ist +9/-5V. Die Ausgangsspannung bei 60 Hz ist gleich der Eingangsspannung, bei den anderen Frequenzen ist sie 5/6 der Eingangsspannung.

Somit ist im Zusammenwirken der Filtereigenschaften mit der Bandpaßcharakteristik wieder eine frequenzunabhängige Ausgangsspannung erreicht. Die Filtergüte ist so gewählt, daß bei einer zulässigen Meßfrequenzabweichung von $\pm 1\%$ die Ausgangsspannung um nicht mehr als 5 % zurückgeht. Über den vom computer angesteuerten Eingang FR 41 kann das schwingende Filter innerhalb kurzer Zeit rückgesetzt und eine neue Messung begonnen werden.

Bis vor dem Filter ist der Signalweg bei einer Flußdichte, die dem Meßbereichsendwert entspricht, nur zu 20 % angesteuert, so daß die Flußdichte nicht zu messender Störfrequenzen 500 % des Meßbereichsendwertes betragen kann, ohne die Messung wesentlich zu stören. Nach dem Filter, wenn nur mehr Signale der Meßfrequenz vorhanden sind, wird der Pegel mit OP7 auf ca 5,3 V_{ss} bei Vollasssteuerung angehoben.

- 5 Die Resonanzfrequenz 16 2/3 Hz wird mit dem 100 kΩ-Trimmer 42 eingestellt, die Resonanzfrequenz 50 Hz mit dem 10 kΩ-Trimmer 42. Durch Verwendung zweier ausgesuchter Kondensatoren ist damit gleichzeitig auf die Frequenz 60 Hz korrekt eingestellt.

50 Hz-Signale werden vom 16 2/3 Hz-Filter auf 2,5 % abgeschwächt und umgekehrt.

Neu und besonders vorteilhaft ist dabei folgende Schaltungskombination:

- 10 Mit zwei Operationsverstärkern OP5 und OP6 sowie nur drei Analogschaltern LSB, LSB und MSB (siehe Fig.10) und einigen passiven Bauteilen wird ein LC-Filter simuliert, das bei konstanter Güte mit den Analogschaltern auf drei verschiedene Resonanzfrequenzen einstellbar ist. Es gilt

$$\begin{array}{l}
 15 \quad \left. \begin{array}{l} U(\text{MSB}) = -5\text{V}, U(\text{LSB}) = -5\text{V} \rightarrow f_{\text{res}} = 16 \frac{2}{3} \text{Hz} \\ U(\text{MSB}) = -5\text{V}, U(\text{LSB}) = +9\text{V} \rightarrow f_{\text{res}} = 50 \text{ Hz} \end{array} \right\} \begin{array}{l} U_{\text{LC}}(f_{\text{res}}) = 0,8 \cdot U_2 \\ U_{\text{LC}}(f_{\text{res}} \pm 1\%) = 0,96 \cdot U_{\text{LC}}(f_{\text{res}}) \end{array} \quad Q = 15 \\
 20 \quad U(\text{MSB}) = +9\text{V}, U(\text{LSB}) = -5\text{V} \rightarrow f_{\text{res}} = 60 \text{ Hz} \quad U_{\text{LC}}(f_{\text{res}}) = U_2
 \end{array}$$

- In dieser Schaltung werden dabei Signale der Frequenz 60 Hz gegenüber 16 2/3 Hz und 50 Hz um den Faktor 5/6 verstärkt. Indem nun der sowieso notwendige Bandpaß vor dem Filter so dimensioniert ist, daß
 25 Signale der Frequenz 60 Hz gegenüber 16 2/3 Hz und 50 Hz um den Faktor 5/6 abgeschwächt werden, erreicht man mit geringstem Aufwand an aktiven Elementen (wichtig für batteriebetriebene Geräte) bei allen drei Resonanzfrequenzen gleiche Filtereigenschaften.

Der Vollweggleichrichter OP8/OP9 gemäß Fig.11 ist eine Standardschaltung, die Spannung wird allerdings um den Faktor 1,5 auf 4 V_s bei Vollasssteuerung angehoben.

- 30 Der nachfolgende Spitzenwertdetektor OP10/OP11 speichert den Spitzenwert der Spannung am Eingang und gibt ihn niederohmig an den Ausgang weiter. Die Spannung kann über den Reset-Eingang auf 0 V rückgesetzt werden.

- In Fig.12 ist die Ansteuerung von Filter und Verstärker dargestellt. Die Decodierung der Filterfrequenzen erfolgt dadurch, daß mit PB3 und PB4 die drei Meßfrequenzen eingestellt und das Filter asynchron
 35 rückgesetzt werden können:

PB4	PB3	Frequenz/Funktion
0	0	16 2/3 Hz
0	1	50 Hz
1	0	60 Hz
1	1	Filter reset

- 45 Mit PB1 und PB2 können die 4 Verstärkungen eingestellt werden.

PB2	PB1	Verstärkung
0	0	1
0	1	10
1	0	100
1	1	1000

- 55 Vor Beginn einer Meßserie wird die Elektronik vom Computer eine Sekunde lang eingeschaltet und Filter und Spitzenwertdetektor rückgesetzt. Dann folgen mindestens 80, bei Verstärkungsumschaltung entsprechend mehr, Messungen nach dem in Fig.13 dargestellten Timing.

Es ergibt sie folgender Vorgang:

- (1) Adressen- und Kontrollinformationen werden angelegt, 1 ms Wartezeit

- (2) Der Reset-Eingang geht auf High, Informationen werden gespeichert, 1 ms Wartezeit
- (3) Filter und Spitzenwertdetektor werden 10 ms lang rückgesetzt
- (4) Das Filter wird für die Einschwingzeit freigegeben
- (5) RESET geht auf Low, Wartezeit eine Periode der Meßfrequenz
- 5 (6) Das Filter wird rückgesetzt, die Spitzenspannung ist gespeichert
- (7) Zweimalige Messung der gespeicherten Spannung (50 Hz-Brummunterdrückung)

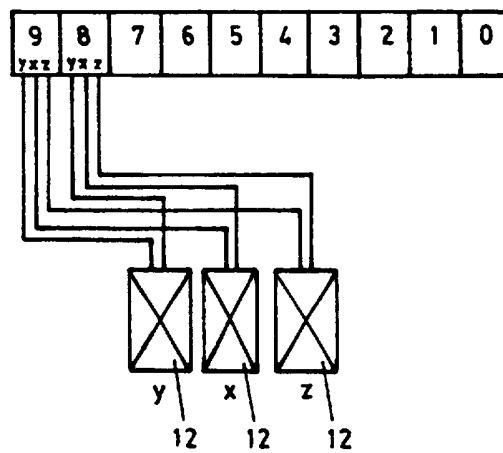
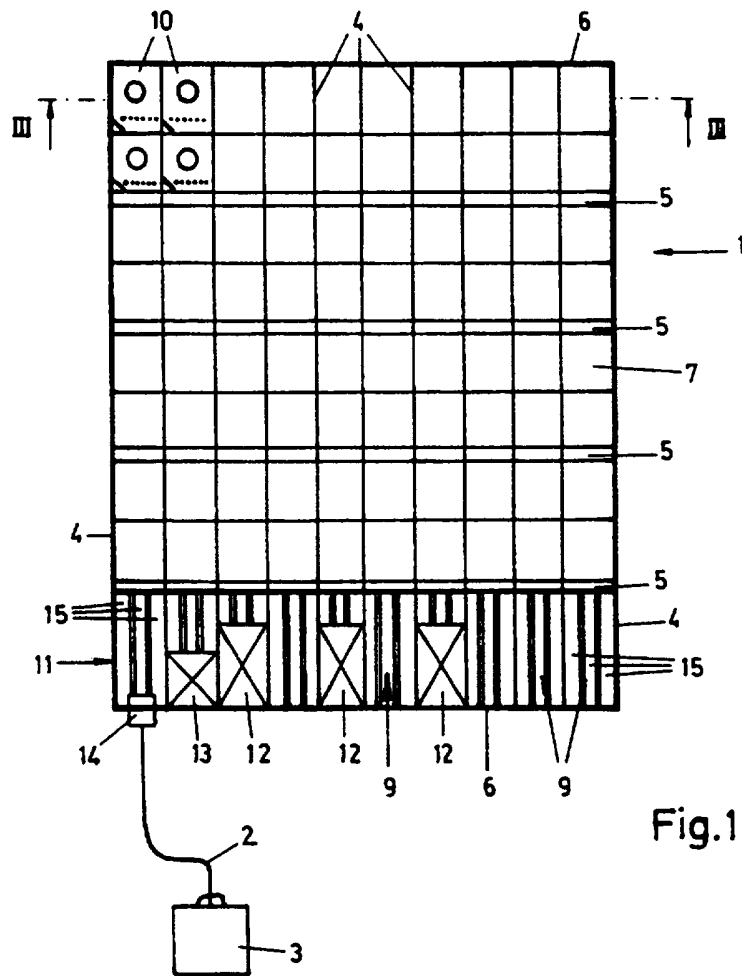
Die zuvor beschriebenen Schaltungen arbeiten auf jeder der Platinen 12 auf gleiche Weise. Die so erhaltenen Signale werden digitalisiert vom Computer gespeichert und weiterverarbeitet und z.B. in graphischer Darstellung ausgegeben.

- 10 Die Fig.14 und 15 zeigen das Ergebnis einer beispielhaft durchgeführten Messung der Feldstärkeverteilung über eine Fläche von etwa 1m² die von der x-Achse aufgespannt wird, wobei die Werte für die Feldstärke auf der z-Achse in Mikrottesla (μ T) aufgetragen sind und zwischen 131 nano Tesla und 816 nano Tesla variieren.

15 Patentansprüche

1. Meßanordnung für die Messung der räumlichen Verteilung technischer magnetischer Wechselfelder, wobei in einer Haltevorrichtung mehrere Magnetfeldsonden angeordnet sind, die jede zur gleichzeitigen oder aufeinanderfolgenden Messung der Feldkomponenten in den drei Raumrichtungen eingerichtet
20 sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Magnetfeldsonden (10) jeweils drei senkrecht aufeinanderstehende Spulen (17,18,19) aufweisen, die derart ausgerichtet sind, daß die Vektoren der gemessenen Felder aller Magnetfeldsonden jeweils die gleichen Richtungen (x,y,z) aufweisen und daß die Magnetfeldsonden innerhalb einer vorgegebenen Fläche rasterförmig angeordnet sind.
- 25 2. Meßanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Magnetfeldsonden einen Spulenkörper (16) mit drei Spulen (17,18,19) umfassen.
3. Meßanordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Spulenkörper (16) kugelförmig ist.
- 30 4. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Spulenkörper (16) auf einer Grundplatte (20) befestigt ist, die sechs Kontakte (21) für den Anschluß der Drähte der drei Spulen (17,18,19) aufweisen.
- 35 5. Meßanordnung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß wenigstens zwei der Kanten (22) der Grundplatte (20) nach zwei der Feldvektorrichtungen (x,y,z) ausgerichtet sind.
6. Meßanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß über eine Multiplexschaltung MUX (29) in zeitlich aufeinanderfolgender Reihe die Sonden (10) abgefragt werden,
40 wobei die x-Spulen, y-Spulen und z-Spulen jeweils einem Multiplexer zugeordnet sind, und daß die Signale nach A/D-Umwandlung einem Computer zur Auswertung übergeben werden.
7. Meßanordnung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das vom Multiplexer (29) kommende Signal über einen Integrator, einen Verstärker mit Bandpaß, gegebenenfalls einen rücksetzbaren LC-Filter, Gleichrichter und rücksetzbaren Spitzenwertdetektor geführt ist.
- 45 8. Meßanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Kombination Bandpaß-LC-Filter vorgesehen ist, bei dem sich der Frequenzgang des Bandpasses und die resonanzfrequenzabhängige Signalabschwächung des LC-Filters so kompensieren, daß ohne Mehraufwand das Verhalten der Bandpaß-Filter-Kombination bei allen Resonanzfrequenzen gleich oder
50 annähernd gleich ist.

Hiezu 8 Blatt Zeichnungen



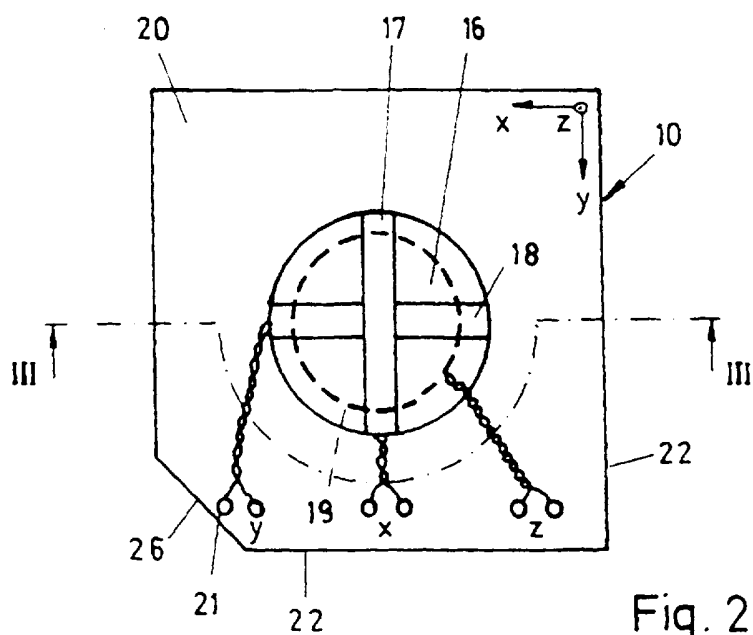


Fig. 2

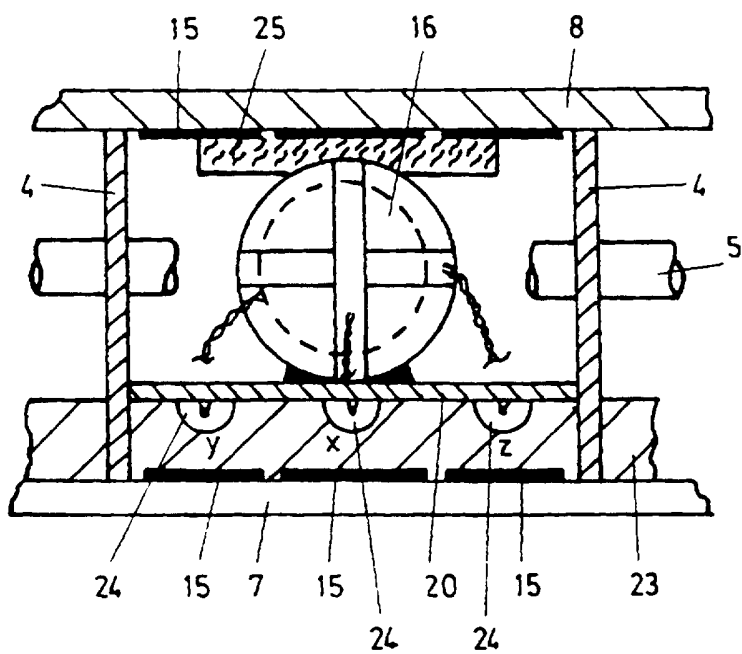


Fig. 3

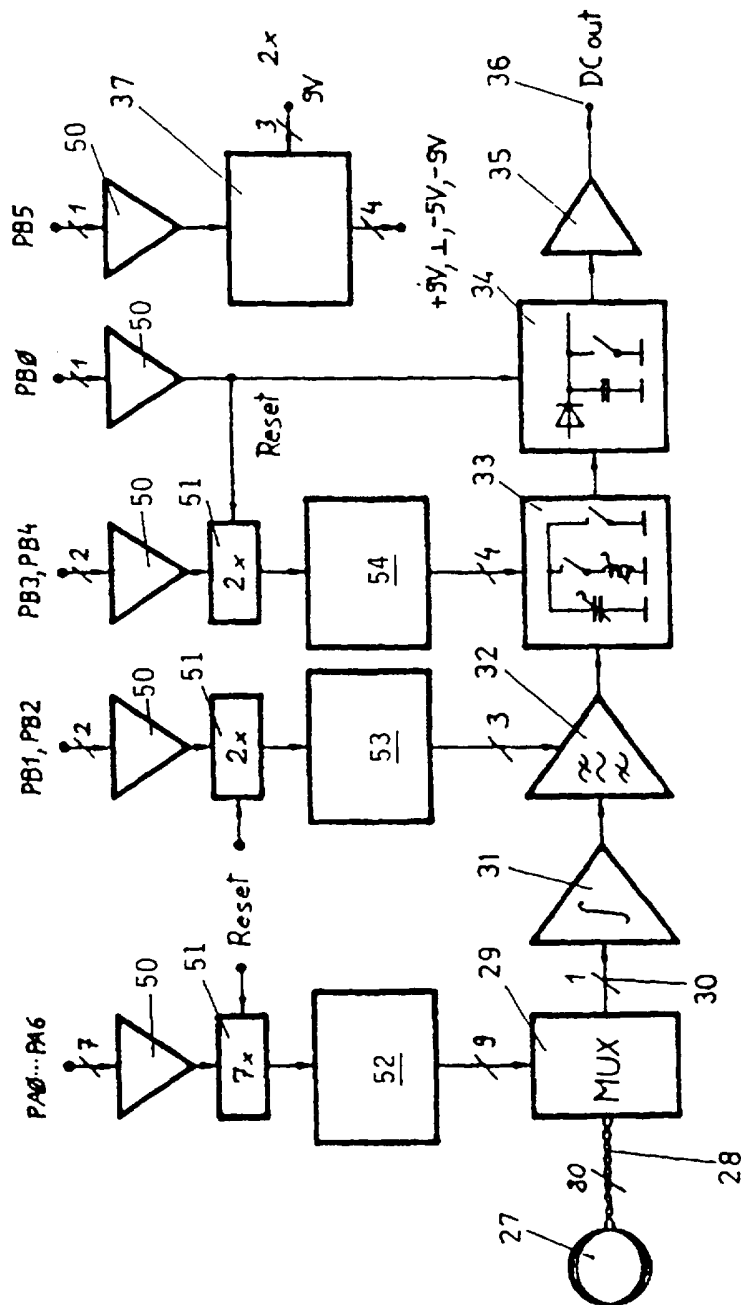


Fig. 5

Fig. 6

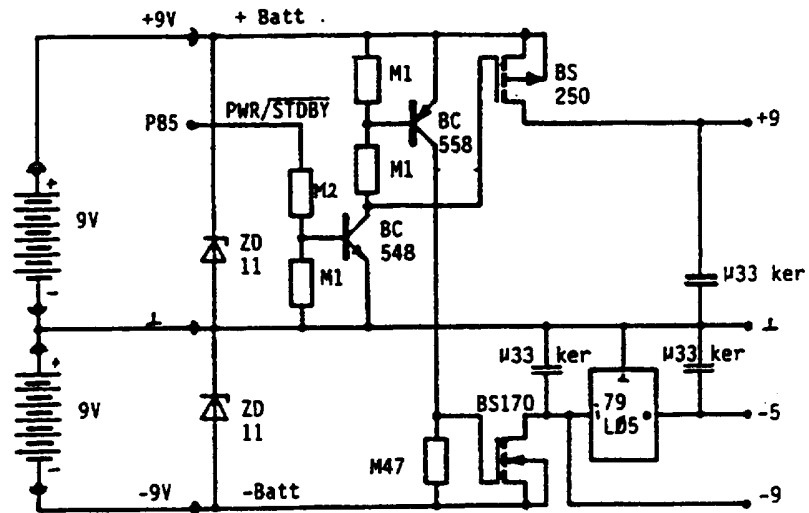
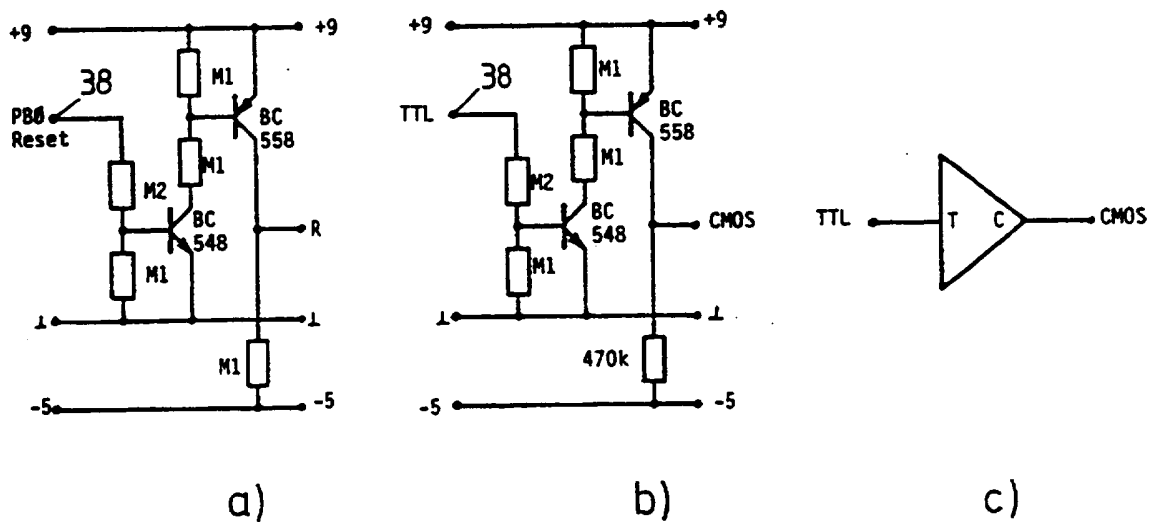


Fig. 7



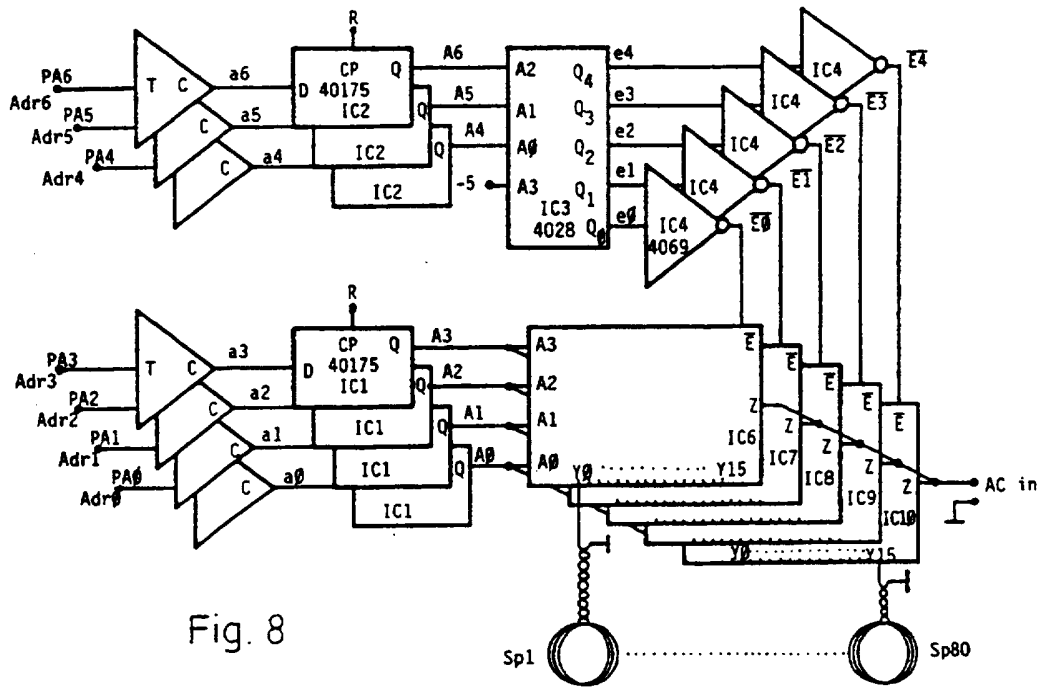


Fig. 8

Fig. 9

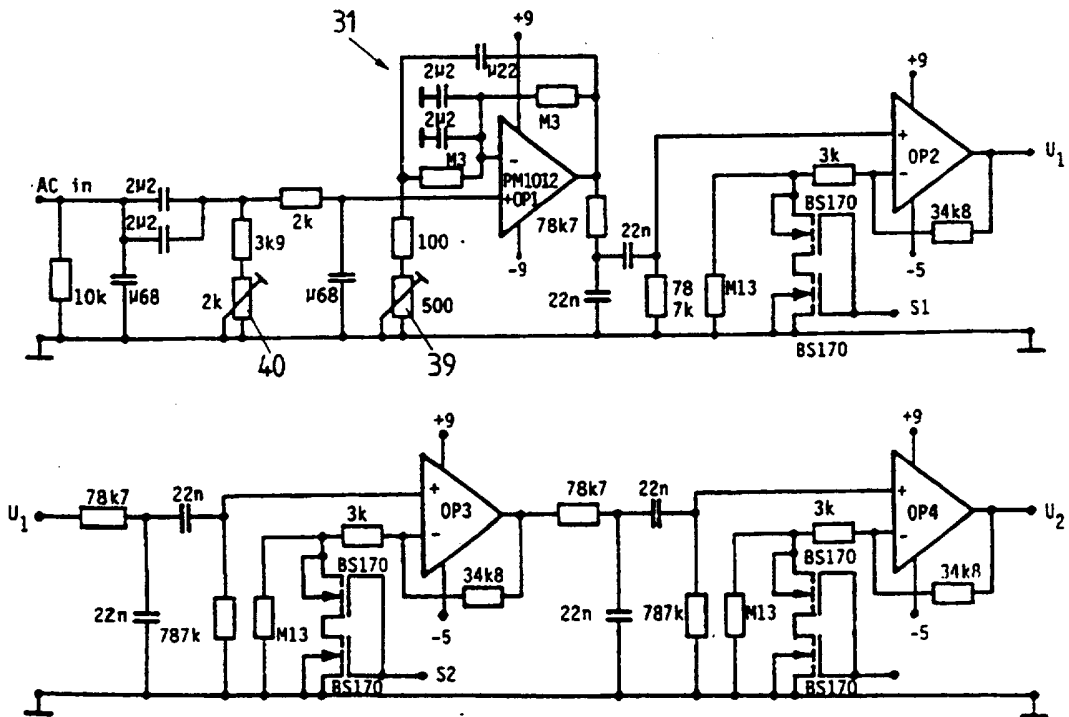


Fig. 10

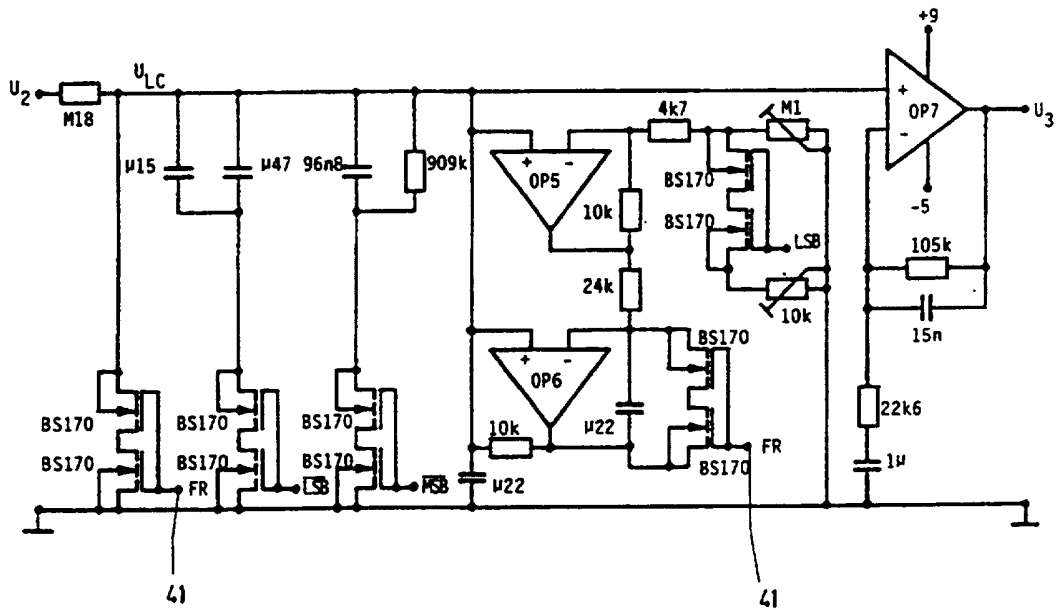


Fig. 11

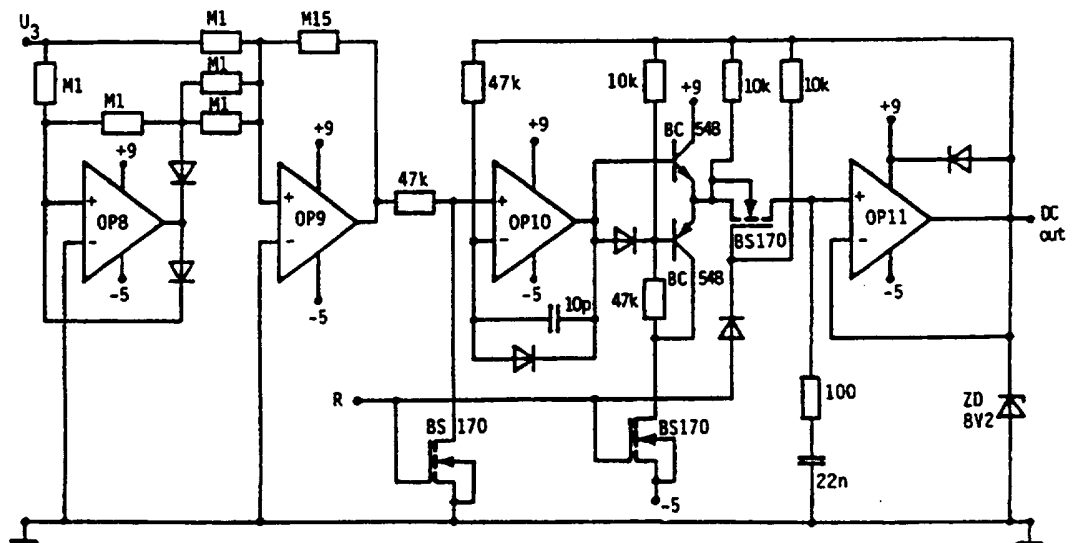


Fig. 12

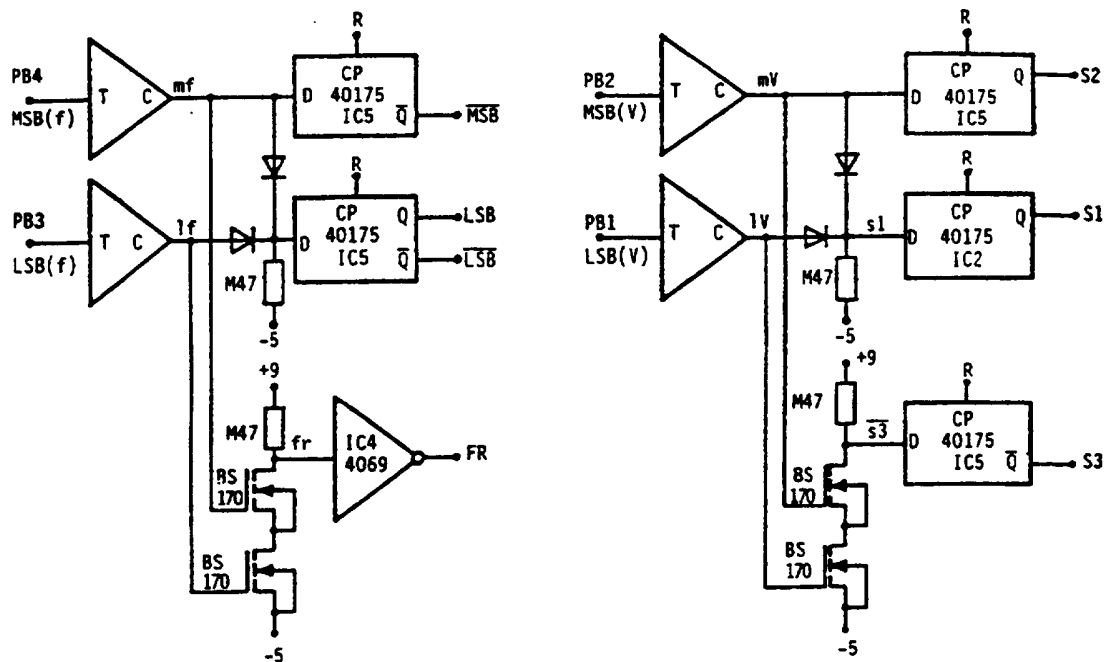


Fig. 13

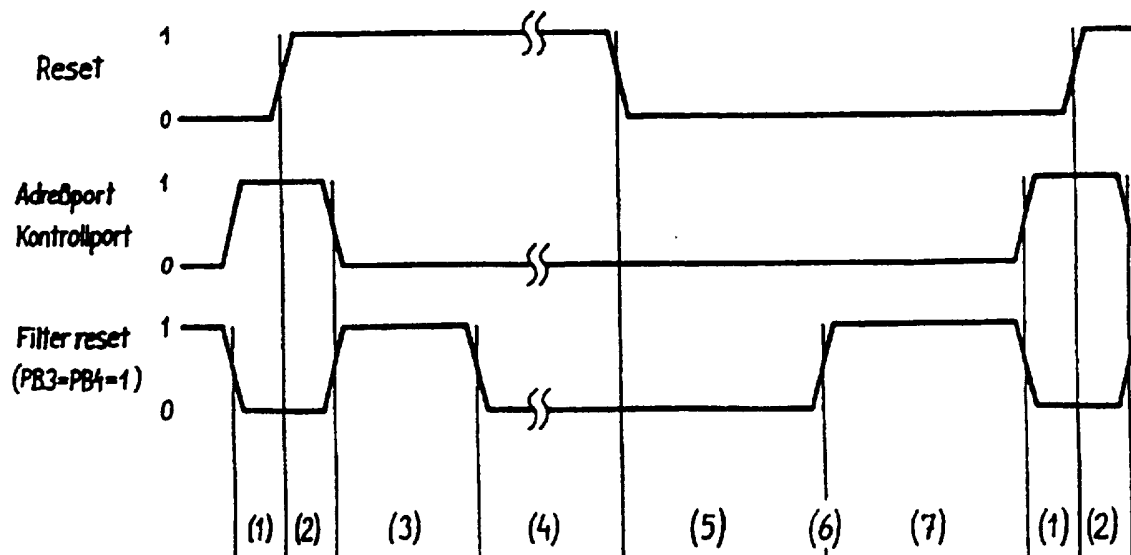


Fig.14

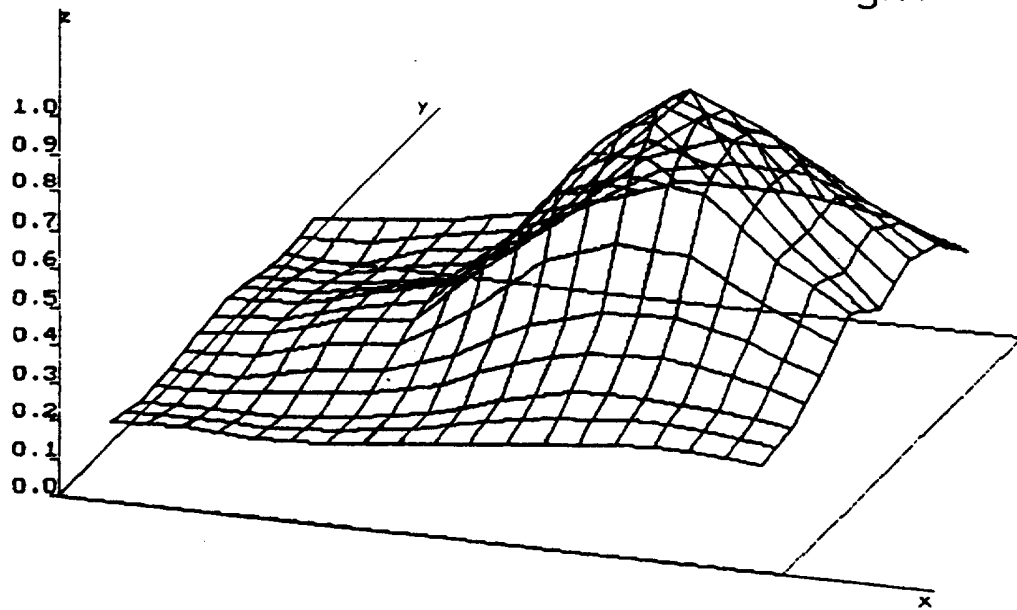


Fig.15

