



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 11 276 T2 2004.06.17**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 938 142 B1**

(51) Int Cl.⁷: **H01L 41/04**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 11 276.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 810 112.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **10.02.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **25.08.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **17.09.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.06.2004**

(30) Unionspriorität:

9802070 20.02.1998 FR

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, DE, ES, FR, GB, IT, LI, NL, SE

(73) Patentinhaber:

SOMFY, Cluses, FR

(72) Erfinder:

**Grehant, Bernard Jean-Pierre, 74300 Nancy sur
Cluses, FR; Petit, Lionel, 69300 Caluire, FR;
Nogarede, Bertrand, 31000 Toulouse, FR**

(74) Vertreter:

Scharlach, D., Rechtsanwalt, 80469 München

(54) Bezeichnung: **Schaltungsanordnung für einen piezoelektrischen Wanderwellenmotor**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Speiseschaltung für einen piezoelektrischen Wanderwellenmotor mit wenigstens einem Läufer, der durch Reibung von einem Ständer mitgenommen wird, welcher von wenigstens zwei piezoelektrischen Elementen erregt wird, wobei diese piezoelektrischen Elemente jeweils einerseits mit dem Ständer und andererseits mit zwei Elektroden verbunden sind, die jeweils durch zwei Wechselspannungen gespeist werden, welche dieselbe Amplitude haben und um etwa 180° phasenverschoben sind, und zwar mit Hilfe einer einzigen Wechselspannungsquelle sowie eines Mittels zum Erzeugen der beiden phasenverschobenen Spannungen.

[0002] Eine derartige Speiseschaltung ist aus dem französischen Patent 2 721 154 bekannt. In diesem Dokument wird vorgeschlagen, die Nachteile der alten Speiseschaltungen mit zwei durch unabhängige Speisevorrichtungen erzeugten Spannungsquellen dadurch zu beseitigen, dass der piezoelektrische Motor mit Hilfe einer einzigen hochfrequenten Wechselspannungsquelle und mit Hilfe eines Anpassmittels gespeist wird, welches einerseits an die Wechselspannungsquelle und andererseits an die Elektroden der piezoelektrischen Elemente angeschlossen ist, um die beiden um etwa 90° phasenverschobenen Spannungen zu erzeugen. Das Anpassmittel besteht aus zwei Vierpolen, von denen der eine eine Induktanz und eine Kapazität und der andere eine Induktanz aufweist. Wenn die Wechselspannungsquelle einen Transformator hat, deren Primär- und Sekundärseiten beide aus zwei Wicklungen bestehen, können die Induktanzen der Vierpole aus den eigenen Streuinduktanzen des Transformators bestehen. Es ist jedoch erforderlich, diese Streuverluste zu beherrschen, indem ein Luftspalt vorgesehen wird, um die Eigenstreuinduktanz zu erhöhen, was die Herstellung spezieller Transformatoren mit stärkerer Strahlung als Standardtransformatoren nötig macht, was wiederum eine Abschirmung der ganzen Schaltung erforderlich machen kann, um die massgebenden Vorschriften einzuhalten. Eine solche Lösung ist daher ziemlich schwer und kostspielig.

[0003] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine möglichst einfache und leichte Speiseschaltung zu schaffen.

[0004] Dazu ist die Speiseschaltung nach der Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zum Erzeugen der beiden phasenverschobenen Spannungen aus einem in Reihe mit einer der erwähnten Elektroden liegenden Kondensator besteht, dessen Wert derart gewählt ist, dass für eine gegebene Frequenz der Quellenspannung die Amplitude der Spannung zwischen dem Ständer und der mit dem Kondensator in Reihe geschalteten Elektrode des piezoelektrischen Elements etwa gleich der Amplitude der Quellenspannung ist, und dass die Phasenverschiebung der Ströme in jedem piezoelektrischen Element

nahe bei 90° liegt.

[0005] Die Erzeugung der beiden Spannungen, welche ungefähr die gleiche Amplitude haben und um ungefähr 90° phasenverschoben sind, erfolgt also einfach dadurch, dass ein Kondensator in Reihe mit einer der Leitungen des Motors geschaltet wird, das heisst ohne zusätzliche Induktanzen.

[0006] Der Wert des Kondensators muss natürlich an die Impedanz der piezoelektrischen Elemente und an die Frequenz der Speisespannung angepasst werden. Dieser Wert kann ohne weiteres durch einen Fachmann so bestimmt werden, dass die beiden phasenverschobenen Spannungen ungefähr die gleiche Amplitude haben und dass die Ströme in jeder Motorleitung um ungefähr 90° phasenverschoben sind.

[0007] Die Speisequelle kann z. B. durch eine ULT (logische Verarbeitungseinheit) gesteuert werden, deren Gegenwart ausserdem den Bewegungszustand des Motors und seine Entwicklung zu bestimmen erlaubt, insbesondere seine Geschwindigkeit und sein Drehmoment.

[0008] In einer ersten Phase des Motorbetriebs kann die ULT zum Steuern der Arbeitsfrequenz des Motors verwendet werden. Gemäss einer Ausführungsform werden zu diesem Zwecke die Spannungen an den beiden Motorphasen, das heisst die Quellenspannung und die Spannung zwischen dem Ständer und der mit dem Kondensator verbundenen Elektrode des piezoelektrischen Elements, an die Eingänge der ULT angeschlossen, welche zwecks Justierung der Quellenfrequenz derart programmiert ist, dass die erwähnten Spannungen die gleiche Amplitude erhalten.

[0009] Die Speisequelle kann auch frequenzgesteuert werden, indem an die Eingänge der ULT die Quellenspannung und die Gesamtspannung gelegt werden, wobei die ULT so programmiert ist, dass die Quellenfrequenz derart justiert wird, dass die Spannung und der Strom ungefähr in Phase sind. Die Quellenspannung und die Gesamtspannung können jeweils durch die Ströme in jeder der Elektroden ersetzt werden; in diesem Falle wird die ULT zwecks Justierung der Frequenz so programmiert, dass die erwähnten Ströme um ungefähr 90° phasenverschoben sind.

[0010] Anstatt einer ULT kann auch eine Phasenverriegelungsschleife (PLL) verwendet werden, die so arbeitet, dass die Quellenspannung und der Gesamtstrom ungefähr in Phase sind.

[0011] Die Erfindung wird im einzelnen in Verbindung mit den Zeichnungen beschrieben.

[0012] **Fig. 1** zeigt das allgemeine Schema eines piezoelektrischen Motors und seiner Speiseschaltung.

[0013] **Fig. 2** zeigt das Ersatzschaltbild einer Motorphase ohne zusätzlichen Kondensator.

[0014] **Fig. 3** zeigt das vereinfachte Ersatzschaltbild.

[0015] **Fig. 4** zeigt das Ersatzschaltbild des in **Fig. 1** dargestellten Motors.

[0016] **Fig. 5** zeigt das dem Schema nach **Fig. 4** entsprechende Vektordiagramm.

[0017] **Fig. 6** zeigt wiederum das Ersatzschaltbild des Motors mit der die Frequenz steuernden ULT, jedoch für die Fälle, bei denen andere Parameter der Motorfunktion an die UTL-Eingängen gelegt werden.

[0018] **Fig. 7** zeigt den von einer Phasenverriegelungsschleife gesteuerten Motor.

[0019] **Fig. 1** zeigt das Schema eines piezoelektrischen Motors mit zwei piezoelektrischen Elementen P1 und P2, die von einer Wechselstromquelle S gespeist werden. Im dargestellten Ersatzschaltbild ist jedes der piezoelektrischen Elemente mit zwei Elektroden a1, b1 bzw. a2, b2 versehen. Bei einem piezoelektrischen Motor, wie er in der Patentanmeldung WO 91/08594 beschrieben ist, werden die Elektroden b1 und b2 in der Tat durch den Ständer gebildet, an den die piezoelektrischen Elemente angeschlossen sind; der Ständer ist an eine der Klemmen der Quelle S angeschlossen. Zur Vereinfachung ist nur ein Paar von piezoelektrischen Elementen dargestellt, es ist jedoch klar, dass dieses Paar durch zwei Gruppen mit jeweils mehreren piezoelektrischen Elementen ersetzt sein könnte, wie im oben erwähnten Patent beschrieben. Die Elektrode a1 des piezoelektrischen Elements P1 ist direkt mit der anderen Klemme der Quelle S verbunden, während die Elektrode a2 des anderen piezoelektrischen Elements P2 über einen Kondensator C an diese Klemme angeschlossen ist.

[0020] In **Fig. 1** ist auch eine ULT (logische Verarbeitungseinheit) dargestellt, deren Rolle weiter unten beschrieben wird.

[0021] Wie später erläutert, erlaubt der Kondensator C für sich allein, auf den beiden durch die piezoelektrischen Elemente gebildeten Motorleitungen zwei Wechselspannungen mit derselben Amplitude V_p und V_a und zwei um ungefähr 90° verschobene Ströme zu erhalten.

[0022] Dieses Ergebnis wird mit Hilfe der **Fig. 2** bis **5** erklärt.

[0023] Das Ersatzschaltbild einer Phase oder Speiseleitung des piezoelektrischen Motors nach **Fig. 1** ohne den Kondensator C ist zur Erinnerung in **Fig. 2** gezeigt. L_m , C_m , R_m sind die Induktanz, die Kapazität bzw. der Widerstand des "motorischen Zweigs", welche den piezoelektrischen Effekt und die elektromechanische Resonanz für eine Frequenz

$$f_0 = 1/2\pi\sqrt{L_m C_m}$$

ausdrücken. L_m ist die Masse, C_m die Elastizität und R_m die Umwandlung in thermische und mechanische Leistung, d. h. der Verlust und die Nutzleistung.

[0024] C_0 ist die "blockierte Kapazität" der Leitung, entsprechend der Kapazität, die durch die Elektroden a1, b1 gebildet wird, welche durch eine Dicke von Isoliermaterial getrennt sind.

[0025] Wenn die Frequenz f etwas grösser ist als f_0 , ist das Verhalten des "motorischen Zweigs" insgesamt induktiv, und U_1 eilt also I_m um einen Winkel

ϕ_m voraus. Es existiert eine Frequenz f_T derart, dass $\phi_m = 45^\circ$. Diese Frequenz ist die Arbeitsfrequenz, für die gilt

$$R_m = L_m \omega_T - 1/C_m \omega_T$$

[0026] Für die meisten Konfigurationen der piezoelektrischen Motoren gilt

$$1/C_0 \omega_T \gg R_m \text{ und daher } I_0 \ll I_m$$

[0027] Die Kapazität C_0 spielt also im Ersatzschaltbild praktisch keine Rolle, so dass es wie in **Fig. 3** gezeigt vereinfacht werden kann, wo

$$X_m = L_m \omega_T - 1/C_m \omega_T$$

[0028] Indem dieses vereinfachte Ersatzschaltbild auf das in **Fig. 1** dargestellte Motorschema angewandt wird, erhält man das in **Fig. 4** gezeigte Schema, in welchem $R_1 = R_2$ und $X_1 = X_2$ ist.

[0029] Man wünscht einerseits, dass die Ströme I_1 und I_2 dieselbe Amplitude haben und um 90° phasenverschoben sind, und andererseits, dass der Gesamtstrom I mit der Spannung U in Phase ist, so dass keine Elemente zur Kompensation der Blindleistung erforderlich sind.

[0030] Diese Bedingungen entsprechen dem Vektordiagramm nach **Fig. 5**; sie sind erfüllt, wenn

$$1/C_0 \omega_T = 2X \text{ und } R_{1,2} = X_{1,2}$$

[0031] Für einen bestimmten Wert von R_m sind die gewünschten Bedingungen also nur für eine bestimmte Arbeitsfrequenz erfüllt. Wenn andererseits die mechanische Leistung variiert, dann ändert sich R_m , und die Bedingung $R = X$ ist nicht mehr erfüllt. Das Diagramm nach **Fig. 5** verformt sich: die Ströme I_1 und I_2 sind nicht mehr um 90° phasenverschoben, und die Spannungen U_1 und U_2 sind nicht mehr gleich.

[0032] Es ist dann bei dieser Art der Speisung, ausgehend von einer einzigen Quelle und einem Kondensator, möglich:

- für einen gegebenen Arbeitspunkt die optimale Frequenz f_T derart zu suchen, dass die Spannungen U_1 und U_2 die gleiche Amplitude haben und daher um ungefähr 90° phasenverschoben sind; und
- die Abweichungen in bezug auf diesen Arbeitspunkt zu überwachen, und zwar ausgehend von der Analyse der Änderung der Amplituden von U_1 und U_2 oder der Änderung der Phasenverschiebung der Spannungen und/oder der Ströme.

[0033] Das genau ist die Rolle der in **Fig. 1** gezeigten ULT.

[0034] In einer ersten Betriebsphase wird die ULT zum Steuern der Arbeitsfrequenz f_T des Motors verwendet. Zu diesem Zwecke werden – gemäss einer

ersten Ausführungsform – die Spannungen V_p und V_a an die Eingänge von ULT gelegt, welche so programmiert ist, dass die Frequenz der Quelle S so justiert wird, dass die Amplituden der Spannungen V_p und V_a gleich sind.

[0035] Nach dieser Justierungsphase wird die Frequenz nicht mehr modifiziert, und die ULT kann dazu verwendet werden, um den Bewegungszustand des Motors zu bestimmen und sein Anhalten und seine Drehrichtungsumkehr zu steuern.

[0036] Die Drehrichtungsumkehr erfolgt durch die Umkehr der Spannungen V_a und V_p mit Hilfe von Umschaltern, die von der ULT gesteuert werden.

[0037] Verschiedene Verfahren können mit der ULT angewendet werden.

[0038] Die Amplitude der Spannung V_a kann mit einem Bezugswert verglichen werden. Wenn V_a abnimmt, bedeutet das, dass das Drehmoment ansteigt. Das gleiche gilt, wenn V_c mit einem Bezugswert verglichen wird.

[0039] Nach anderen Verfahren vergleicht die ULT die Spannungen V_a und V_p , indem die Phasenverschiebung dieser Spannungen oder die Amplitudendifferenz $V_p - V_a$ oder auch der Amplitudenquotient V_p/V_a berechnet wird.

[0040] Es ist möglich, die zeitliche Entwicklung der einen oder anderen dieser Messungen oder Berechnungen festzustellen, indem ihre zeitliche Ableitung berechnet wird; dadurch kann sich die ULT von den natürlichen Messabweichungen, hauptsächlich der Komponenten und der Speisung und den thermischen Abweichungen des Motors, befreien.

[0041] Wie oben erwähnt kann die Frequenzsteuerung der Speisquelle auch durch die Analyse der Änderung der Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom oder zwischen Strömen erfolgen.

[0042] **Fig. 6** zeigt wiederum das Ersatzschaltbild des Motors nach **Fig. 4** und eine ULT zum Steuern der Speisquelle S.

[0043] Gemäss einer zweiten Ausführungsform werden die Spannung V_p der Quelle und der Gesamtstrom I an die Eingänge der ULT gelegt, die so programmiert ist, dass die Frequenz der Quelle S derart justiert wird, dass die Spannung V_p und der Strom I ungefähr in Phase sind. Im Vektordiagramm nach **Fig. 5** entspricht das der Orientierung des Vektors U.

[0044] Gemäss einer dritten Ausführungsform, die ebenfalls in **Fig. 6** gezeigt ist, sind es der Strom I1 im piezoelektrischen Element P1 und der Strom I2 im piezoelektrischen Element P2, welche an die Eingänge der ULT gelegt werden. Diese ULT ist zwecks Justierung der Frequenz der Quelle S so programmiert, dass die Ströme I1 und I2 um ungefähr 90° phasenverschoben sind, wie das im Vektordiagramm nach **Fig. 5** der Fall ist.

[0045] Eine vierte Ausführungsform ist in **Fig. 7** gezeigt, bei welcher der Motor wiederum durch sein Ersatzschaltbild dargestellt ist und die ULT durch eine Phasenverriegelungsschleife PLL ersetzt ist. Pha-

senverriegelungsschleifen wurden bereits zum Steuern der Frequenz eines piezoelektrischen Motors vorgeschlagen. Diese Anwendungen sind in den Patenten US 4 794 294 und 4 833 358 beschrieben. Die Phasenverriegelungsschleife PLL hat ein exklusives ODER-Glied, einen Tiefpassfilter F und einen spannungsgesteuerten Oszillator VCO. An das exklusive ODER-Glied wird einerseits ein für den Gesamtstrom I repräsentatives Signal, das mittels einer Stromsonde SC und einer Filter- und Impulsformerschaltung B (Schmitt-Trigger) für den durch die Sonde gemessenen Strom erhalten wird, und andererseits eine der Quellenspannung V_p entsprechende Spannung gelegt. Die Phasenverriegelungsschleife bewirkt, dass die Spannung V_p und der Gesamtstrom I ungefähr in Phase sind, wie beim zweiten Ausführungsbeispiel.

[0046] Diese letzte Ausführungsform hat Vorteile gegenüber den vorangehenden Ausführungsformen: Die Elektronik ist einfacher als die einer UKT, eine integrierte Schaltung einer Phasenverriegelungsschleife ist gebräuchlich, und man erhält eine galvanische Isolierung zwischen dem Motor und der Elektronik dank der Stromsonde und der Sekundärseite des Transformators der Speisquelle S im Falle, dass diese Quelle S eine Phasenanschnitts-Speisung ist.

[0047] Diese letzte Ausführungsform kann verbessert werden, indem ein Element zur Kompensation der durch den Filter und den Impulsformer B eingeführten Störphasen eingefügt wird.

[0048] Bei allen Ausführungsformen kann es nützlich sein, die Frequenz der Speisquelle in bezug auf die Resonanzfrequenz des piezoelektrischen Motors freiwillig zu verschieben, um die Stabilität des Motors zu verbessern. Diese Verschiebung kann durch die ULT bzw. das Kompensationselement O im Falle der Phasenverriegelungsschleife erfolgen.

Patentansprüche

1. Speiseschaltung für einen piezoelektrischen Wanderwellenmotor mit wenigstens einem Läufer, der durch Reibung von wenigstens einem Ständer mitgenommen wird, welcher von wenigstens zwei piezoelektrischen Elementen erregt wird, wobei diese piezoelektrischen Elemente jeweils einerseits mit dem Ständer und andererseits mit zwei Elektroden verbunden sind, die jeweils durch zwei Wechselspannungen (V_p , V_a) gespeist werden, welche dieselbe Amplitude haben und um etwa 180° phasenverschoben sind, und zwar mit Hilfe einer einzigen Wechselspannungsquelle sowie eines Mittels zum Erzeugen der beiden phasenverschobenen Spannungen, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mittel zum Erzeugen der beiden phasenverschobenen Spannungen aus einem in Reihe mit den erwähnten Elektroden liegenden Kondensator besteht, dessen Wert derart gewählt ist, dass für eine gegebene Frequenz der Quellenspannung die Amplitude der Spannung zwischen dem Ständer und der mit dem Kondensator in Reihe geschalteten Elektrode des piezoelektri-

schen Elements etwa gleich der Amplitude der Quellenspannung ist, und dass die Phasenverschiebung der Ströme in jedem piezoelektrischen Element nahe bei 90° liegt.

2. Speiseschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einer ersten Phase des Motorbetriebs die Speisequelle durch eine ULT (logische Verarbeitungseinheit) frequenzgesteuert wird, an deren Eingänge die Quellenspannung (V_p) und die Spannung (V_a) zwischen dem Ständer und der an den Kondensator angeschlossenen Elektrode des piezoelektrischen Element angelegt sind, und dass die ULT dazu programmiert ist, um die Frequenz der Quelle derart zu justieren, dass die Amplituden der erwähnten Spannungen (V_p , V_a) gleich sind.

3. Speiseschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Speisequelle durch eine ULT gesteuert wird, an deren Eingängen die Spannung (V_a) zwischen dem Ständer und der in Reihe mit dem Kondensator geschalteten Elektrode des piezoelektrischen Elements liegt.

4. Speiseschaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass an den Eingängen der ULT auch die Quellenspannung und/oder die Spannung an den Kondensatorklemmen liegt.

5. Speiseschaltung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die ULT programmiert ist, um die Spannung zwischen dem Ständer und der in Reihe mit dem Kondensator liegenden Elektrode des piezoelektrischen Elements mit einem Bezugswert zu vergleichen.

6. Speiseschaltung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die ULT dazu programmiert ist, um die Spannung zwischen dem Ständer und der mit dem Kondensator in Reihe liegenden Elektrode des piezoelektrischen Elements mit der Quellenspannung zu vergleichen, um die Phasenverschiebung oder die Amplitudendifferenz oder den Quotienten der Amplituden zu berechnen.

7. Speiseschaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die ULT dazu programmiert ist, um die zeitliche Ableitung der an ihren Eingängen liegenden Spannungen bzw. der Differenz zum Bezugswert zu berechnen.

8. Speiseschaltung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die ULT dazu programmiert ist, um die zeitliche Ableitung der erwähnten Phasenverschiebung oder der erwähnten Amplitudendifferenz oder des erwähnten Amplitudenquotienten zu berechnen.

9. Speiseschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Speisequelle (S) durch

eine ULT frequenzgesteuert wird, an deren Eingänge die Quellenspannung (V_p) und der Gesamtstrom (I) angelegt sind, wobei die ULT dazu programmiert ist, um die Frequenz der Quelle (S) so zu justieren, dass die Quellenspannung (V_p) und der Gesamtstrom (I) im wesentlichen in Phase sind.

10. Speiseschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Speisequelle (S) durch eine ULT frequenzgesteuert wird, an deren Eingänge die Ströme (I_1 , I_2) in den beiden Elektroden angelegt sind, wobei die ULT dazu programmiert ist, um die Frequenz der Quelle (S) so zu justieren, dass die Ströme (I_1 , I_2) im wesentlichen um 90° phasenverschoben sind.

11. Speiseschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Speisequelle (S) durch eine Phasenverriegelungsschleife (PLL) so frequenzgesteuert wird, dass die Quellenspannung (V_p) und der Gesamtstrom (I) im wesentlichen in Phase sind.

12. Speiseschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein zusätzliches Mittel (0; ULT) zur freiwilligen Frequenzverschiebung aufweist, wobei die Frequenz der Quelle relativ zur Resonanzfrequenz des Motors leicht verschoben wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Fig 1

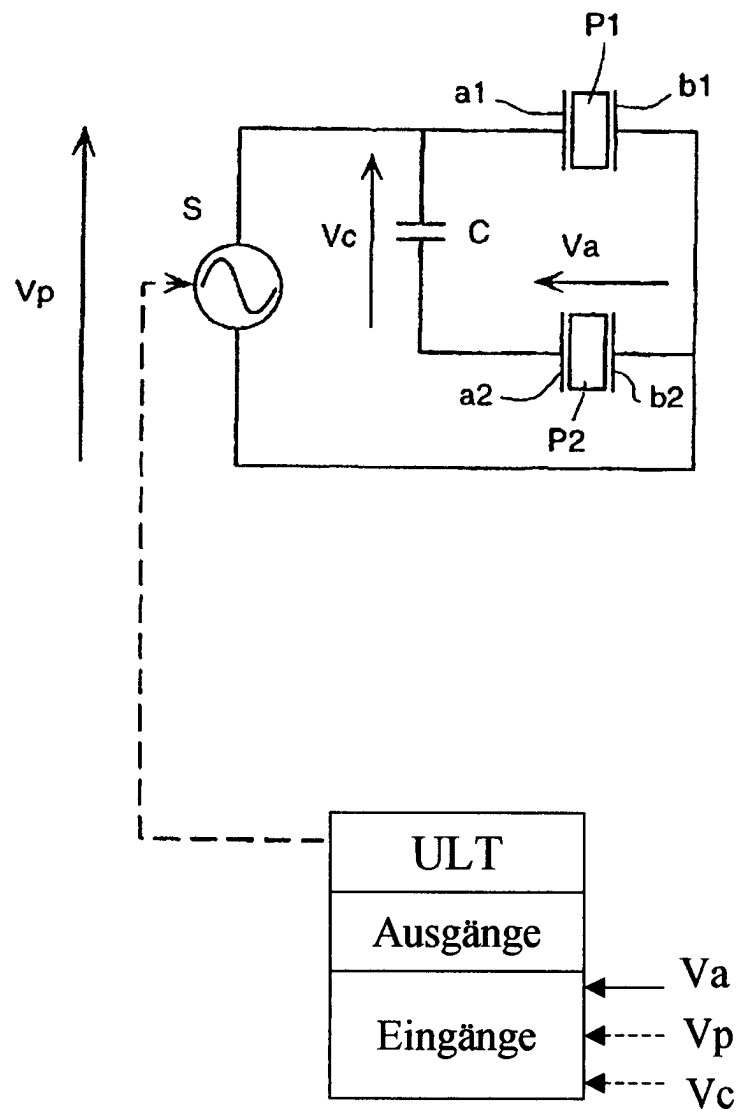


Fig. 2

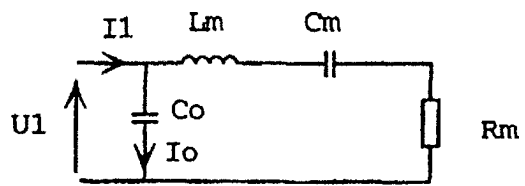


Fig. 3

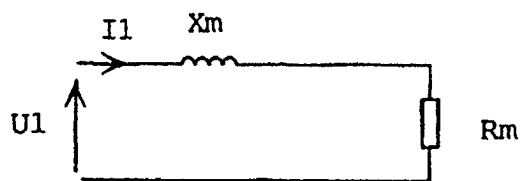


Fig. 4

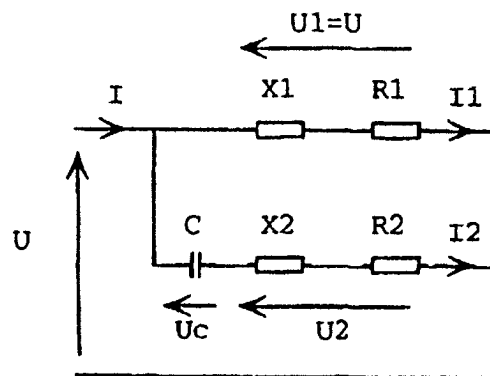


Fig. 5

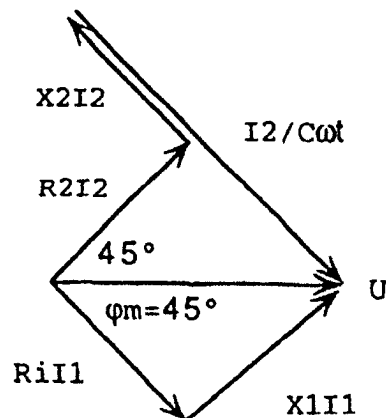


Fig. 6

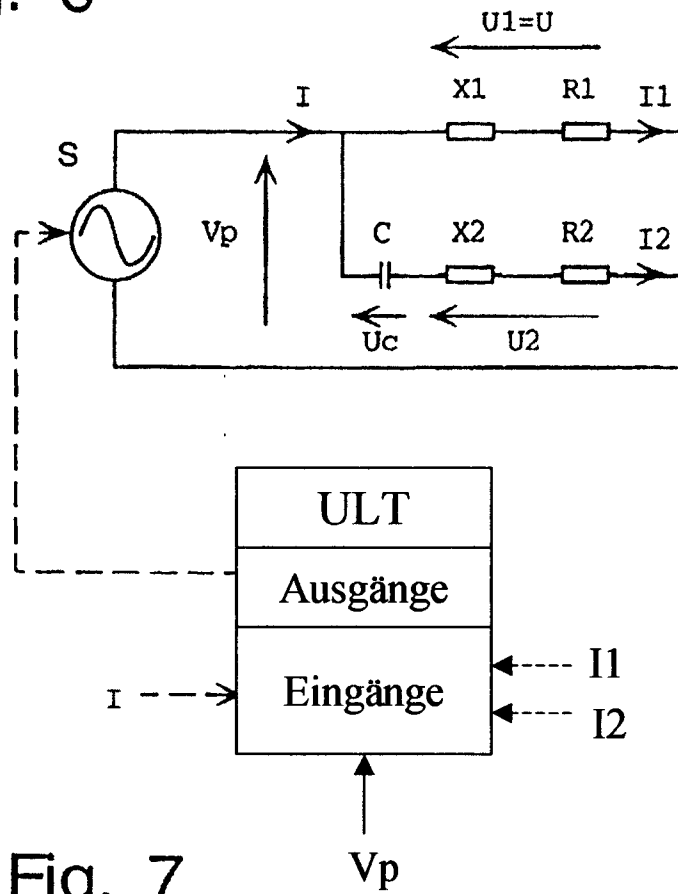


Fig. 7

