



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 042 725 B3** 2006.04.06

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 042 725.9**
 (22) Anmeldetag: **03.09.2004**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **06.04.2006**

(51) Int Cl.º: **F15B 15/28** (2006.01)
G05B 23/00 (2006.01)
G01B 17/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Jäger, Frank-Michael, 04416 Markkleeberg, DE

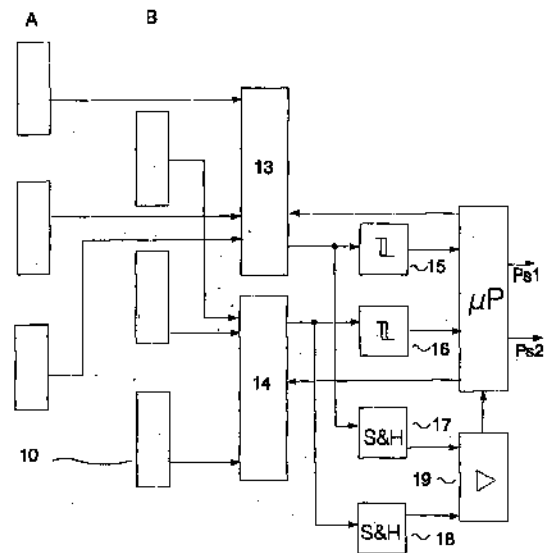
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
US 54 63 596 A
EP 01 82 140 A1

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung von Hydraulikzylindern**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung der Position eines bewegbaren Kolbens in einem druckbeaufschlagten Zylinder.

Nach der Erfindung wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass wenigstens zwei oder mehrere auf der Zylinderwand anliegende piezoelektrische Elemente in einem ersten Verfahrensschritt abgefragt werden. In einem zweiten Verfahrensschritt wird durch die Bewertung der Ultraschallamplituden an den Segmenten eine Ortsbestimmung durchgeführt. Durch die erfindungsgemäße geometrische Anordnung der Sensorelemente wird eine hohe Ortsauflösung erreicht. Derartige Verfahren werden zur Überwachung von Hydraulikzylindern allgemein, aber auch für Energiespeicher und Umformmaschinen benötigt.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung der Position eines in einem druckbeaufschlagten Zylinder bewegbaren Kolbens. Eine derartige Vorrichtung bzw. ein derartiges Verfahren ist aus der US 5463 596 A bekannt.

[0002] Neben mechanischen Systemen gibt es elektrische Systeme zur Laufzeitmessung.

[0003] Außer der Messung der Laufzeit in einer Messstange, wie bei magnetoresistiven Systemen kann in Ölen mit elektromagnetischen Wellen gemessen werden. Bei Wasser versagen aber elektromagnetische Wellen.

[0004] Neuere Positionsmesssysteme erfassen die Position des Kolbens mit Ultraschall-Messsystemen. Derartige Systeme müssen meist in den Zylinderboden eingeschraubt werden. Durch spezielle Impedanzanpassungen für den Einsatz in Hydraulikölen werden die Ultraschallwandler für diese Systeme optimiert.

[0005] Die Zuverlässigkeit dieser System wird durch die Temperaturabhängigkeit stark eingeschränkt. Die Ultraschallgeschwindigkeit ist stark temperaturabhängig. Über den Einsatztemperaturbereich können Fehler bis zu 30% oder mehr auftreten. So ändert zum Beispiel eine Ölart ihre Schallgeschwindigkeit von 1550 m/s bei -20°C auf 1250 m/s bei +80°C. Weiterhin ist die Viskosität des Hydrauliköles auch stark temperaturabhängig. Die erhöhte Viskosität bewirkt wiederum eine erhöhte Dämpfung der Ultraschallwellen. Damit wird bei tiefen Temperaturen die Reichweite dieser Systeme eingeschränkt.

[0006] Zur Minimierung des Temperaturfehlers werden mehrere Maßnahmen vorgeschlagen.

[0007] So können Referenzmessstrecken mit in das Hydrauliköl eingebaut werden. Dazu wird ein fest mit dem Sensor verbundener Referenzreflektor in den Hydraulikkolben eingebaut. Andere Ultraschallmesssysteme verwenden einen zweiten Ultraschallsensor zur Kompensation. Auch mit einer zusätzlichen Temperaturmessung wird versucht, diese Fehlermöglichkeit zu minimieren.

[0008] Der oben genannte Temperaturfehler der Ultraschallmessung ist aber bei schnell bewegten Hydrauliksystemen nur einer von mehreren Mängeln. Bedingt durch die Laufzeit der Ultraschallimpulse ergibt sich ein zusätzlicher Fehler für die genaue Positionierung der Hydraulikkolben.

[0009] Nachfolgend wird an einem Beispiel dieser

grundsätzliche Mangel näher beschrieben. Gegeben sei ein Hydraulikzylinder oder auch ein Hydrospeicher mit einer Kolbengeschwindigkeit von 3,5 m/s und einer Fahrlänge des Kolbens vom Ultraschallsensor bis zum Messpunkt von 2,5 Metern. Das reflektierte Signal würde bei einer Öltemperatur von ca. 80°C und einer Ultraschallgeschwindigkeit von 1250 m/s eine Zeit von 4 Millisekunden vom Aussenden bis zum Empfang benötigen. Wenn die Wiederholfrequenz der Sendesignale zwischen 10 Hz und 100 Hz beträgt, kann der Kolben schon eine Weglänge von 35 mm bis 350 mm zurückgelegt haben.

[0010] Zu diesem nur aus der Positionsmessung herrührenden Fehler kommen weitere Fehler, so die für die Signalverarbeitungszeit und die Reaktionszeit für das Hydraulikventil.

[0011] Die Positionierung des Kolbens ist damit auf jeden Fall mit einem erheblichen Fehler belastet.

[0012] Wird die Weglänge für das Ultraschallsignal wesentlich verkürzt, kann dadurch auch der absolute Messfehler verringert werden.

[0013] Die Messung dieser Sensoren erfolgt nur punktweise und ist meist nur auf eine Position beschränkt. Der Messtakt (Wiederholfrequenz des Sendesignals) kann beträchtlich erhöht werden. Über 1000 Messungen pro Sekunde sind so möglich.

Aufgabenstellung

[0014] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde die Bewegung des Hydraulikzylinders durch ein Verfahren und durch eine Vorrichtung zur Positionsmessung mit wenigstens zwei oder mehreren Sensoren aus piezoelektrischen Elementen mit wesentlich verbesserter Ortsauflösung die Kolbenposition zu erfassen. Die Sensoren werden seitlich auf dem Hydraulikzylinder angebracht. Dabei sind die Sensoren in wenigstens zwei seitlich versetzten Reihen angeordnet. Je nach geometrischer Größe der Sensoren und deren Abstrahl- und Empfangscharakteristik kann zwischen ungestörtem Echo und mehr oder weniger durch den Kolben bedämpftem Echo unterschieden werden. Die Bedämpfung ist ein Maß für den seitlichen Abstand des Kolbens vom Sensor. Um andere Einflüsse auf die Signalstärke (zum Beispiel durch eine temperaturbedingte Änderung der Dämpfung des Hydraulikmediums) zu kompensieren, ist die erfindungsgemäße Auswertung wenigstens zweier Signalamplituden angeraten.

[0015] Dazu werden die in wenigstens zwei Reihen angeordneten Sensoren in definierten und bekannten Abständen positioniert. Die Überlappung der Sensoren wird so gewählt, dass möglichst von zwei Sensoren Signale ausgewertet werden können. Die Verarbeitung der Signale kann zum Beispiel als Diffe-

renz oder als Quotient erfolgen.

[0016] Vorher kann eine logarithmische Verstärkung des Signals erfolgen. Die Verarbeitung wenigstens zweier Sensoren eliminiert den Einfluss der Temperatur auf die Transmissionseigenschaften der Hydraulikflüssigkeit.

[0017] Das erfindungsgemäße Verfahren der Positionsbestimmung von Kolben durch Amplitudenauswertung des empfangenen Echos kann in zwei Schritten erfolgen. In einem ersten Schritt wird durch Ermittlung der bedeckten und unbedeckten Sensoren die grobe Sensorposition ermittelt. In einem zweiten Schritt werden die ersten beiden auf einen voll bedeckten Sensor folgenden Sensoren bezüglich ihrer Amplitude verglichen.

Ausführungsbeispiel

[0018] Im Folgenden soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen beschrieben werden. Es zeigen:

[0019] **Fig. 1** eine Sensoranordnung auf der Wand eines Hydraulikzylinders mit 2 Sensorreihen

[0020] **Fig. 2** eine schematische Darstellung der Amplituden der Sensorreihen bei verschiedenen Kolbenpositionen

[0021] **Fig. 3** eine Vorrichtung zur Ermittlung der Kolbenpositionen

[0022] In **Fig. 1** ist die Anordnung der Ultraschallsensoren **10** in zwei Reihen A und B auf der Zylinderwand des Hydraulikzylinders dargestellt. Die Ultraschallsensoren **10** sind innerhalb der Sensorreihen A und B in der Bewegungsrichtung **12** des Kolbens **11** in gleichmäßigen Abständen angeordnet. Die Position des Kolbens **11** im Zylinder kann durch die Unterbrechung oder Schwächung des Ultraschallsignals, zum Beispiel des Echos der Zylinderwand beim Signaldurchgang durch den Zylinder, festgestellt werden. Die im Impuls-Echo-Betrieb arbeitenden Ultraschallsensoren **10** empfangen das Echo der gegenüberliegenden Zylinderwand. Der Kolben und die Kolbenstange unterbrechen den Schalldurchgang durch das Hydraulikmedium. Mögliche Kolbenpositionen sind mit **1, 2** und **3** dargestellt.

[0023] Beide Sensorreihen A und B können einzeln oder gemeinsam mit dem Sendetakt angesteuert werden. Je nach Art der Ansteuerung, ist der Abstand zwischen beiden Reihen zu wählen.

[0024] Die Leitungen für die Signalzuführung und die Signalabgriffe sind hier nicht mit dargestellt. Diese Leitungen können auf dem Trägermaterial der Sensorstreifen angebracht werden. Sollen mehrere

erfindungsgemäße Vorrichtungen in Längsrichtung aneinander gereiht werden, kann die Zusammenschaltung dieser Vorrichtungen mit bekannten und üblichen Kontaktierungen (z.B. wie in der Montage von SMD-Bauteilen) erfolgen.

[0025] Für die weitere Signalverarbeitung sind die notwendigen Multiplexer/Demultiplexer nicht mit dargestellt.

[0026] Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in einem ersten Schritt die Kolbenposition festgestellt. Befindet sich zum Beispiel der Hydraulikkolben in der Kolbenposition **1**, ermittelt der erste Verfahrensschritt, dass in Sensorreihe A alle weiteren Sensoren nach A.10 alle zu 100 % bedeckt sind (Schallweg zur gegenüberliegenden Zylinderwand ist nicht frei).

[0027] Für die Sensorreihe B wird festgestellt, dass bis zum Sensor B.10 alle Sensoren zu 0 % bedeckt sind.

[0028] Die logische Abfrage ist hier nur Beispielhaft dargelegt. Es können natürlich mehrere Kriterien zur Abfrage herangezogen werden. So zum Beispiel: Bedeckung 0 % oder größer, Bedeckung 100 % oder kleiner, Bedeckung 0 % oder 100 %.

[0029] Auch die logische Verknüpfung mehrerer Kriterien (zum Beispiel: UND, ODER) ist geeignet die (grobe) Sensorposition auf ein oder zwischen zwei Sensoren festzulegen.

[0030] In einem zweiten Verfahrensschritt werden die Signalamplituden der Sensoren an der Kolbenposition ausgewertet.

[0031] Die Auswertung kann zum Beispiel nur als Wertepaar, Tripel oder auch als Quadrupel erfolgen.

[0032] **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung der Amplituden der Sensorreihen A und B bei verschiedenen Kolbenpositionen P. In der Position **1** ist in der Reihe A der Sensor A.10 zu 50 % bedeckt. Alle anderen Sensoren dieser Reihe sind entweder 100 % frei, zeigen also 100 % Signal, oder sind zu 100 % bedeckt und zeigen 0 % Signal.

[0033] In der Reihe B ist dagegen der Sensor B.10 zu 100 % frei und der Sensor B.11 zu 100 % bedeckt. Dargestellt ist in der Reihe B der Signalverlauf für Sensor B.10 mit 0 % Bedeckung " (hier im Beispiel auch 100 % frei).

[0034] Verändert sich die Kolbenposition **1** zur Kolbenposition **2**, ist die Bedeckung des Sensors A.10 nur noch 20 %. Bei der hier beispielhaft dargestellten Überdeckung (oder auch Überlappung der Sensoren

der Reihen A und B in Kolbenbewegungsrichtung) ist Sensor B.11 jetzt ebenfalls zu 20 % bedeckt.

[0035] Bewegt sich der Kolben von Kolbenposition 2 zur Kolbenposition 3, so verändert sich das Signal von Sensor A.10, da dieser nun zu 0 % bedeckt bzw. zu 100 % frei ist.

[0036] Sensor B.11 ist nun zu 50 % bedeckt.

[0037] Alle Positionen zwischen den hier aufgeführten Beispielen sind natürlich ebenso erfassbar.

[0038] Werden die Bedeckungsgrade der Sensoren als Signalamplituden gemessen, ist damit eine Zuordnung zur Sensorposition möglich. In Abhängigkeit der gewählten Auflösung der Amplitudenmessung und der Schallkeule ist die Messung der Kolbenposition zwischen den Sensoren möglich.

[0039] Die geometrischen Abmessungen der Sensoren können je nach Wellenlänge des abgestrahlten Ultraschallsignals und der Schallkeule variieren.

[0040] Eine Erhöhung der Anzahl der Sensorreihen zur Vergrößerung der Auflösung ist ebenfalls möglich.

[0041] Eine kostengünstige Fertigung des Designs der Sensoranordnung kann zum Beispiel mit Folien Sensoren aus PVDF erfolgen.

[0042] **Fig. 3** zeigt eine Ausführungsform mit 2 Sensorreihen A und B von piezoelektrischen Elementen. Diese werden über die Analog-Schalter 13 und 14 abgefragt. Die piezoelektrischen Elemente werden zum Beispiel von einem Mikroprozessor μP angesteuert. Der hier nicht dargestellte Ultraschallsender (Impulsgenerator) kann zur Ansteuerung mehrerer piezoelektrischer Elemente benutzt werden. Die von den piezoelektrischen Elementen empfangenen Ultraschallechos werden über die Analogschalter 13 und 14 in einem ersten Verfahrensschritt über die Trigger 15 und 16 dem Mikroprozessor μP zugeführt. Eventuell notwendige Signalverstärker sind hier nicht mit dargestellt. In einem zweiten Verfahrensschritt werden die Amplituden der ausgewählten Sensoren ermittelt. Über Sample & Hold-Stufen 17 und 18 erfolgt die Ermittlung der Signalunterschiede. Das kann beispielsweise in einem Differenzverstärker 19 durchgeführt werden.

[0043] In dem μP erfolgt die Linearisierung des Positionsmesssignals.

[0044] Das im ersten Verfahrensschritt grob ermittelte Positionssignal Ps_1 und das Positionssignal Ps_2 für die Kolbenposition zwischen den Sensoren 10 in den Sensorreihen A und B kann je nach Notwendigkeit zur Steuerung des Hydraulikkreislaufes verwen-

det werden.

[0045] Die hier dargestellten Signalverarbeitungseinheiten sind nur als schematische Darstellung zu verstehen. Weiter eventuell notwendige Einheiten wie Multiplexer/Demultiplexer, Impulserzeuger usw. sind hier nicht mit dargestellt.

[0046] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Positionsüberwachung von Hydraulikkolben und die Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens ist mit allen Sensoren, die Körperschall erzeugen und empfangen können, unabhängig von deren Aufbau, anwendbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung der Position eines in einem druckbeaufschlagten Zylinder bewegbaren Kolbens mittels außerhalb des Zylinders angebrachter Ultraschallsensoren für den Impuls-Echo-Betrieb mit Amplitudenbewertung **dadurch gekennzeichnet**, dass der Vergleich der normierten Amplituden der Empfangssignale wenigstens zweier, in Bewegungsrichtung des Kolbens in zwei benachbarten Reihen angeordneten Ultraschallsensoren auf der Zylinderwand, die Ortsauflösung der Kolbenposition zwischen diesen Ultraschallsensoren gestattet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Differenz der Empfangsamplituden zweier, in zwei räumlichen Dimensionen beabstandeten Sensoren, proportional zur Kolbenposition zwischen den Ultraschallsensoren ist.

3. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 1 bis 2 dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren in den Reihen so angeordnet sind, dass sich die Sensoren wenigstens zweier benachbarter Reihen so überschneiden, dass das obere Ende der Sensoren der einen Reihe über das untere Ende der Sensoren der benachbarten Reihe in Kolbenbewegungsrichtung in beiden Bewegungsrichtungen hinwegreicht.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

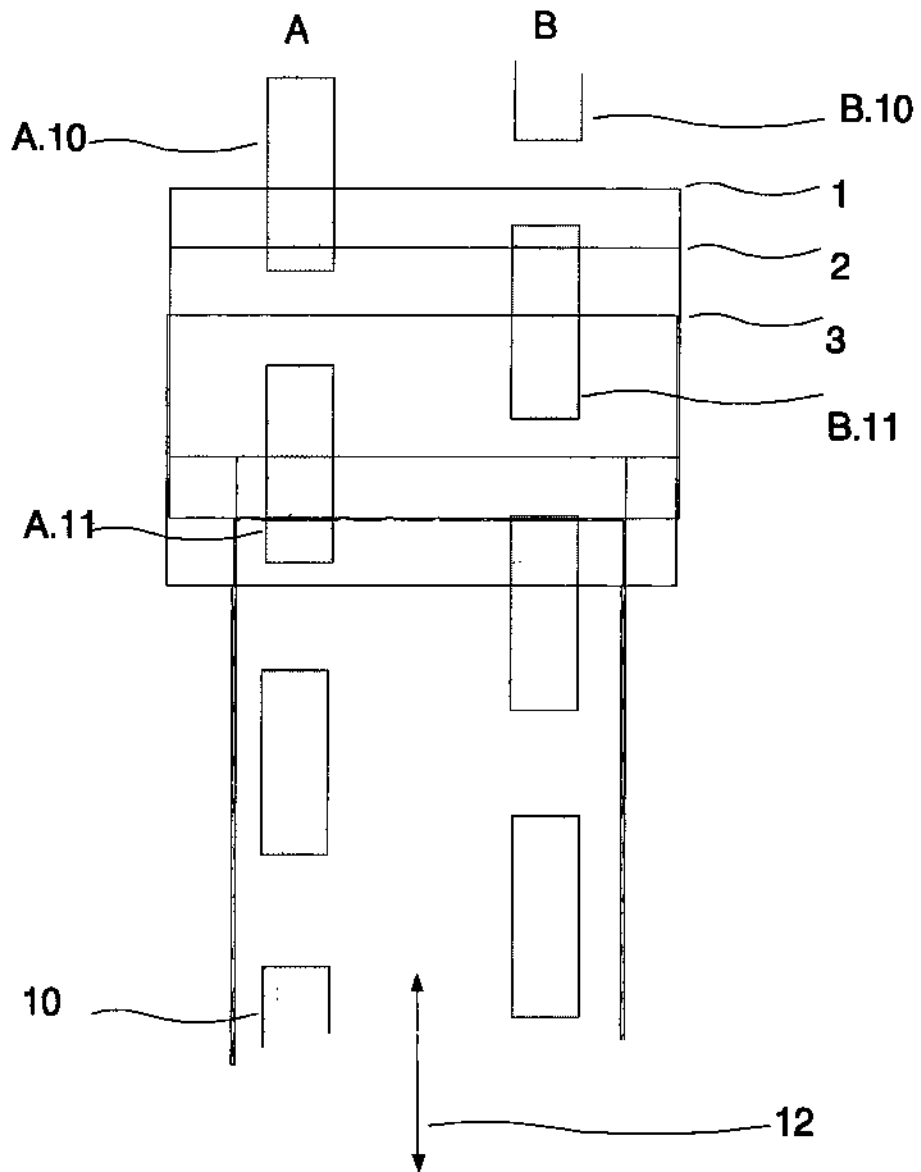


Fig. 1

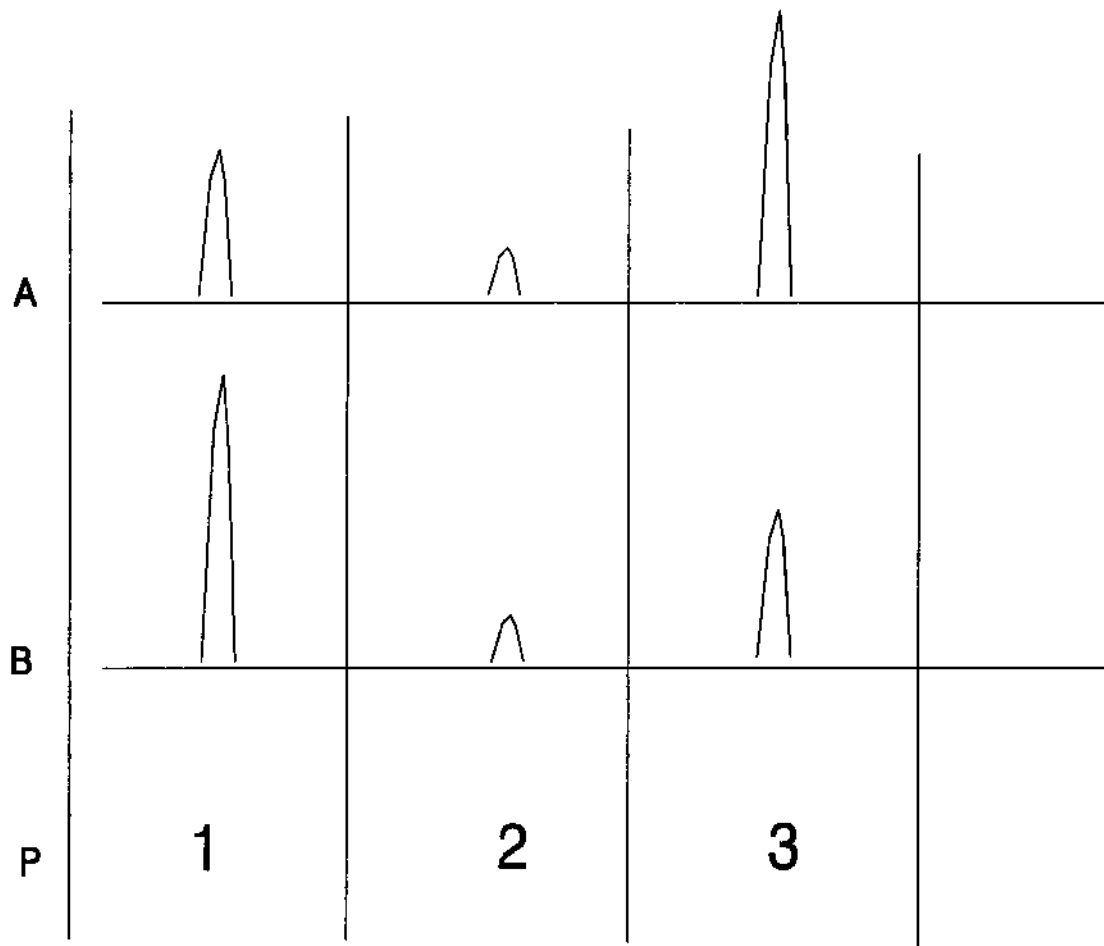


Fig. 2

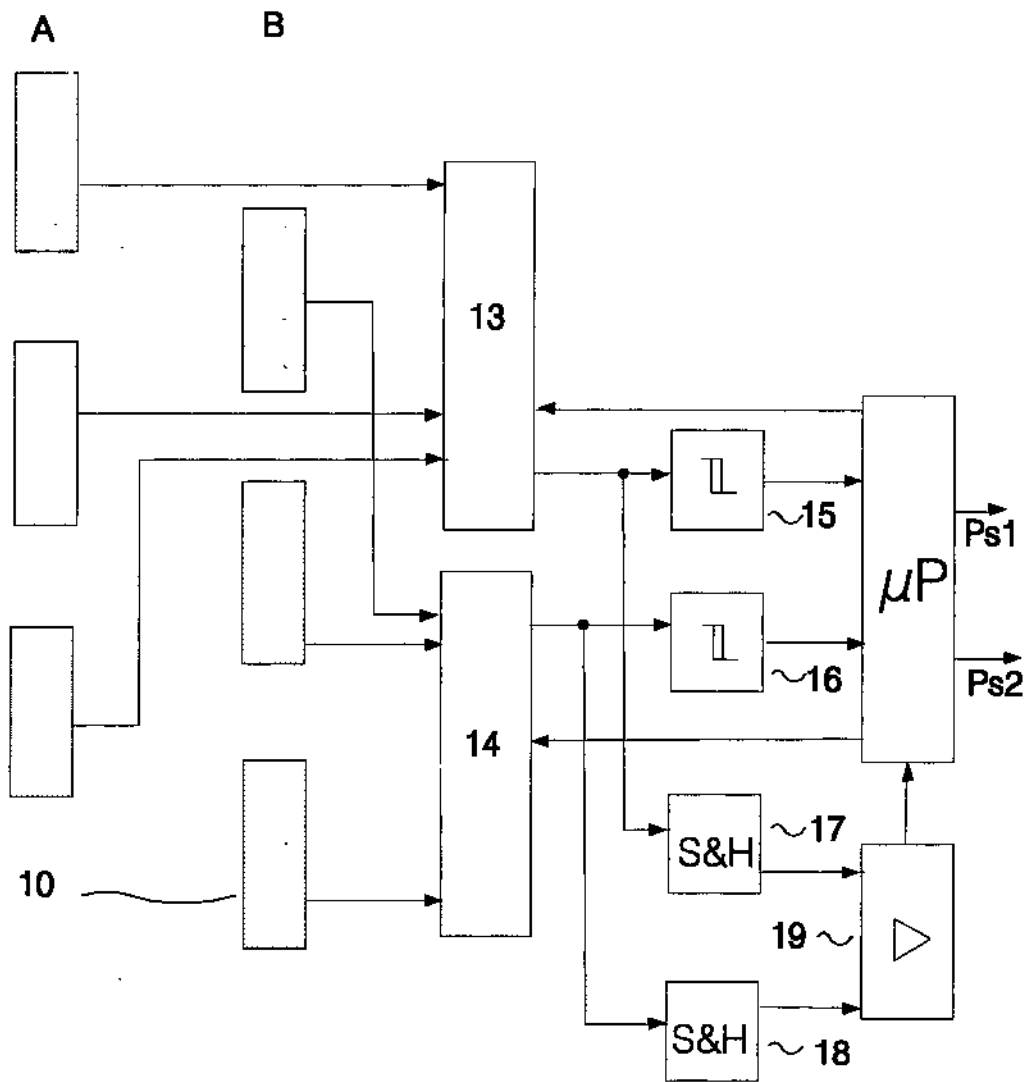


Fig. 3