CH 635 695 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(51) Int. Cl.³: G 08 C 19/00
H 04 Q 1/44
H 04 Q 9/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

ETH-BIBLIOTHEK

(12) PATENTSCHRIFT A5

(11) 635 695

(21) Gesuchsnummer: 9196/78

(22) Anmeldungsdatum: 31.08.1978

(24) Patent erteilt: 15.04.1983

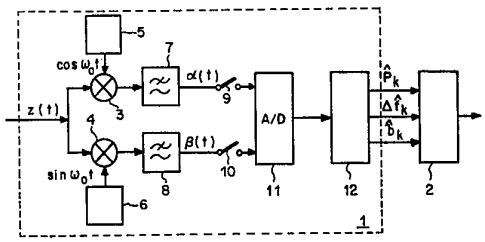
(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.04.1983

(73) Inhaber:
LGZ Landis & Gyr Zug AG, Zug

(72) Erfinder:
Jean-Gabriel Gander, Zug
Ralph Aubert, Zug

(54) Detektor zur Feststellung der Anwesenheit mindestens eines elektrischen Signals mit einer vorbestimmten Charakteristik.

(57) Der Detektor, z.B. in Fernsteuer- oder Fernmesseinrichtungen, in Telefon-Tastenwahlempfängern oder in Alarmanlagen, enthält ein Merkmalstransformationsglied (1) zur Gewinnung von je n unabhängigen Schätzungswerten ($\hat{P}_k$, $\Delta\hat{f}_k$, $\hat{b}_k$) von drei charakteristischen Merkmalen (P_k, Δf_k, b_k) des elektrischen Signals (z). Ein Klassifikationsglied (2) teilt die Schätzungswerte in mindestens zwei Klassen ein und gibt ein Ja-Signal ab, wenn die Anzahl der Schätzungswerte innerhalb einer vorbestimmten Klasse eine vorbestimmte Anzahl überschreitet. Die je n Schätzungswerte werden bei einem Tondetektor von mindestens zwei der drei Merkmale Tonleistung, Tonfrequenz und Tonschwankungen des Tonfrequenzsignals (z) durch n Abtastungen gewonnen. Die Schätzungswerte werden aus der komplexen Umhüllenden ($\underline{Z}$) des Tonfrequenzsignals (z) ermittelt. Das Merkmaltransformationsglied (1) besteht aus zwei Multipliziergliedern (3, 4) zum Multiplizieren zweier Referenzsignale ($\cos \omega_0 t$, $\sin \omega_0 t$) mit dem elektrischen Signal (z), aus zwei Referenzsignalquellen (5, 6) zur Erzeugung der beiden Referenzsignale, aus zwei Tiefpassfiltern (7, 8) zur Eliminierung unerwünschter Frequenzen, aus zwei mit einer Abtastfrequenz gesteuerten Schaltern (9, 10) zur Realisierung der n Abtastungen, aus einem Analog/Digital-Wandler (11) zur Umwandlung in Digitalwerten und aus einem Rechenglied (12) zur Ermittlung der Schätzungswerte ($\hat{P}_k$, $\Delta\hat{f}_k$, $\hat{b}_k$). Am Ausgang der beiden Tiefpassfiltern (7, 8) erscheint der Realteil (α) bzw. der Imaginärteil (β) der komplexen Umhüllenden ($\underline{Z}$) des Tonfrequenzsignals (z), welche nach ihrer Abtastung durch die beiden Schalter (9, 10) und ihrer Umwandlung in Digitalwerten im Rechenglied (12) aufbereitet werden und anschliessend der Ermittlung der Schätzungswerte ($\hat{P}_k$, $\Delta\hat{f}_k$, $\hat{b}_k$) dienen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Detektor zur Feststellung der Anwesenheit mindestens eines elektrischen Signals mit vorbestimmten Charakteristiken, gekennzeichnet durch ein Merkmalstransformationsglied (1; 25) zur Gewinnung von n unabhängigen Schätzungswerten ($\underline{\hat{m}}_k$; $\hat{P}_k, f_k$ bzw. $\Delta f_k, \hat{b}_k$; $\hat{P}_k, \hat{a}_k$) von mindestens zwei charakteristischen Merkmalen (P, f, b; P, a) des elektrischen Signals (z; x) und durch ein Klassifikationsglied (2; 26) zur Einteilung der n Schätzungswerte in jeweils mindestens zwei Klassen (V_T, V_o; F_1, F_2) und zur Abgabe eines Ja-Signals, wenn die Anzahl (k_T) der Schätzungswerte innerhalb einer vorbestimmten Klasse (V_T; F_1) eine vorbestimmte Anzahl (k_{ST}) überschreitet.

2. Detektor nach Anspruch 1 zur Feststellung der Anwesenheit eines Tonfrequenzsignals, dadurch gekennzeichnet, dass das Merkmalstransformationsglied (1) zur Erzeugung von jeweils n Schätzungswerten ($\underline{\hat{m}}_k$; $\hat{P}_k, f_k$ bzw. $\Delta f_k, \hat{b}_k$) von mindestens zwei der drei Merkmale Tonleistung (P), Tonfrequenz (f) und Tonschwankungen (b) eingerichtet ist.

3. Detektor nach Anspruch 1 zur Feststellung der Anwesenheit eines Gleichstromes oder einer Gleichspannung, dadurch gekennzeichnet, dass das Merkmalstransformationsglied (25) zur Erzeugung von jeweils n Schätzungswerten von mindestens zwei der drei Merkmale

Leistung (P) des Eingangssignals (x),

Bandbreite (a) des Eingangssignals (x) und

zeitliche Ableitung ($\dot{x}$) des Eingangssignals (x)

eingerichtet ist.

4. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest Teile des Merkmalstransformationsgliedes (1; 25) und das Klassifikationsglied (2; 26) durch einen Mikrocomputer gebildet sind.

5. Detektor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Merkmalstransformationsglied (1) zur Ermittlung der Tonfrequenz (f) aus dem Imaginärteil des Quotienten $\dot{\underline{Z}}(t)/\underline{Z}(t)$ sowie zur Ermittlung der Tonschwankungen (b) aus dem Realteil des Quotienten $\dot{\underline{Z}}(t)/\underline{Z}(t)$ eingerichtet ist, wobei $\underline{Z}(t)$ die komplexe Umhüllende des Tonfrequenzsignals (z) und $\dot{\underline{Z}}(t)$ die zeitliche Ableitung der komplexen Umhüllenden bedeutet.

6. Detektor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Merkmalstransformationsglied (1) zwei Multiplizierglieder (3, 4; 21, 22) aufweist, wobei das eine Multiplizierglied (3; 21) das Produkt aus dem Tonfrequenzsignal (z) und einem ersten sinusförmigen Referenzsignal ($\cos \omega_o t$) und das andere Multiplizierglied (4; 22) das Produkt aus dem Tonfrequenzsignal (2) und einem zweiten, gegenüber dem ersten Referenzsignal um 90° phasenverschobenen sinusförmigen Referenzsignal ($\sin \omega_o t$) bildet, und dass jedem Multiplizierglied (3, 4; 21, 22) ein Tiefpassfilter (7, 8) oder Integrationsglied (23, 24) nachgeschaltet ist.

7. Detektor nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch digitale Multiplizierglieder (21, 22) und durch einen digitalen Signalgenerator (20) zur Erzeugung der Referenzsignale.

8. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Feststellung der Anwesenheit und Unterscheidung von mindestens zwei elektrischen Signalen mit unterschiedlichen Charakteristiken, dadurch gekennzeichnet, dass das Klassifikationsglied (2; 26) zur Einteilung der n Schätzungswerte ($\underline{\hat{m}}_k$; $\hat{P}_k, f_k$ bzw. $\Delta f_k, \hat{b}_k$; $\hat{P}_k$, $\hat{a}_k$) in verschiedene, je einem der zu unterscheidenden elektrischen Signale zugeordnete Klassen und zur Abgabe verschiedener, je einem der zu unterscheidenden elektrischen Signale zugeordneter Ja-Signale eingerichtet ist.

Stand der Technik

Detektoren zur Feststellung der Anwesenheit eines Tonfrequenzsignals, sog. Tondetektoren, weisen meistens ein auf die erwartete Tonfrequenz abgestimmtes Bandpassfilter auf. Mit einem dem Bandpassfilter nachgeschalteten Auswerteglied wird festgestellt, ob die Umhüllende des Tonfrequenzsignals am Ausgang des Bandpassfilters oberhalb oder unterhalb eines vorgegebenen Schwellenwertes liegt, und dementsprechend ein Ja-Signal oder ein Nein-Signal abgegeben. Solche Tondetektoren werden häufig in Fernsteuerempfängern verschiedenster Art eingesetzt, die über einen drahtgebundenen oder drahtlosen Übertragungskanal mit einem Fernsteuersender in Verbindung stehen. Sie arbeiten zufriedenstellend, solange an ihrem Eingang nur Störsignale auftreten, die aus weissem oder thermischem Rauschen bestehen. Eine zuverlässige Ja/Nein-Entscheidung ist jedoch nicht gewährleistet, wenn dem zu detektierenden Tonfrequenzsignal hohe Impulsstörsignale oder schmalbandige Interferenzstörsignale überlagert sind.

Es sind auch Detektoren zur Feststellung der Anwesenheit eines Gleichstromes oder einer Gleichspannung bekannt, die aus einem Integrator und einem Schwellenschalter bestehen. In Alarmanlagen dienen diese Detektoren zum Empfang von Alarmmeldungen, die durch einen Gleichstrom übertragen werden. Eine durch Störsignale verursachte Fehlmeldung eines solchen Detektors kann schwerwiegende Folgen nach sich ziehen.

Darstellung der Erfindung

Der im Anspruch 1 angegebenen Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Detektor zur Feststellung der Anwesenheit eines elektrischen Signals mit vorbestimmten Charakteristiken zu schaffen, der sich durch eine sehr hohe Immunität gegen Störsignale (Störimpulse, Interferenzen usw.) auszeichnet und dessen Entscheidungskriterien auf einfache Weise an die zu erwartenden Störsignale angepasst werden können.

Mit dem Detektor nach der Erfindung ist es möglich, entsprechend den Charakteristiken des zu detektierenden Signals und den zu erwartenden Störsignalen Schätzungswerte von geeignet gewählten Merkmalen zu gewinnen, diese in Klassen einzuteilen und anhand der Anzahl der in die einzelnen Klassen fallenden Schätzungswerte eine zuverlässige Ja/Nein-Entscheidung zu treffen. Durch Festlegung der Grenzen der einzelnen Klassen hat man es in der Hand, die Entscheidungskriterien an die zu erwartenden Störsignale anzupassen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

Nachfolgend werden einige Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild eines Detektors,

Fig. 2 eine dreidimensionale Merkmalsdarstellung,

Fig. 3 eine Darstellung von Schätzungswerten,

Fig. 4 ein Prinzipschaltbild eines Tondetektors,

Fig. 5 ein Schaltbild des Rechengliedes eines Merkmalstransformtionsgliedes,

Fig. 6 ein Flussdiagramm für ein Klassifikationsglied,

Fig. 7 ein Schaltbild eines digitalen Teils eines Merkmalstransformationsgliedes,

Fig. 8 ein Prinzipschaltbild eines Gleichstromdetektors und

Fig. 9 eine Darstellung von Schätzungswerten.

In der Fig. 1 bedeutet 1 ein Merkmalstransformationsglied zur Gewinnung von jeweils n unabhängigen Schätzungswerten von $M \geq 2$ charakteristischen Merkmalen eines zu detektierenden elektrischen Eingangssignals z (t). Im dargestellten Beispiel werden Schätzungswerte $\hat{m}_1(t), \hat{m}_2(t), \ldots, \hat{m}_M(t)$ von M charakteristischen Merkmalen $m_1(t), m_2(t), \ldots, m_M(t)$ des Eingangssignals z (t) gewonnen; diese Schätzungswerte stellen Merkmalsvektoren $\underline{\hat{m}}(t) = [\hat{m}_1(t), \hat{m}_2(t), \ldots, \hat{m}_M(t)]$ dar. Das Symbol ^ bezeichnet dabei den Schätzungswert. Wenn das Eingangssignal z (t) mit der Abtastfrequenz f_T abgetastet wird, so werden der Beobachtungsdauer D insgesamt $n = D \cdot f_T$ Merkmalsvektoren $\underline{m}_k$ gewonnen mit $k = 1, 2, \ldots, n$. Es werden jedoch nicht die Augenblickswerte dieser n Merkmalsvektoren verwendet, sondern bei jeder Abtastung wird, z.B. mittels einer Integration über

einen bestimmten Zeitbereich, der als Schätzungswert bezeichnete Mittelwert eines jeden der M charakteristischen Merkmale $m_1(t), m_2(t), \ldots, m_M(t)$ des Eingangssignals z (t) ermittelt, so dass n Schätzungswerte $\hat{\underline{m}}_k$ der Merkmalsvektoren $\underline{m}_k$ entstehen. In einem Klassifikationsglied 2 werden die n Schätzungswerte der Merkmalsvektoren in mindestens zwei Klassen eingeteilt, und es wird geprüft, ob die Anzahl Merkmalsvektoren innerhalb einer vorbestimmten Klasse einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet. Zutreffendenfalls wird am Ausgang des Klassifikationsgliedes 2 ein Ja-Signal abgegeben, das die Anwesenheit des erwarteten Eingangssignals z (t) anzeigt. Aufgrund der Anzahl der in eine zweite Klasse fallenden Merkmalsvektoren kann eine Nein-Entscheidung getroffen werden.

Die Wahl der charakteristischen Merkmale richtet sich nach der Art des zu detektierenden Eingangssignals z (t) und der Art der zu erwartenden Störung, die in der Regel alle für sie charakteristische physikalische Parameter besitzen, die als Merkmale bezeichnet werden. Anhand der Fig. 2 bis 7 wird dies am Beispiel der Detektion eines Tonfrequenzsignals erläutert. Die Tondetektion erfolgt vorzugsweise anhand der drei charakteristischen Merkmale

Tonleistung	P_0
Tonfrequenz	f_0
Tonschwankungen	b_0

Es können auch noch weitere Merkmale des Tonfrequenzsignals berücksichtigt werden, wenn diese wesentlichen Charakteristiken des Tonfrequenzsignals entsprechen, beispielsweise seine Zeitstelle und/oder seine Zeitdauer.

Im Idealfall ist die Tonfrequenz f_0 bekannt und konstant und die Tonschwankungen b_0 – auch Bandbreite oder spektrale Konzentration genannt – sind null. Das Merkmalstransformationsglied 1 bildet innerhalb der Beobachtungsdauer D nacheinander n unabhängige Schätzungswerte $\hat{\underline{m}}_k = (\hat{b}_k, \hat{f}_k, \hat{P}_k), k = 1 \ldots n$ der Merkmalsvektoren dieser drei Merkmalen. Jede Messung k ergibt einen Tonschätzungspunkt $\hat{T}_k (\hat{b}_k, \hat{f}_k, \hat{P}_k)$ entsprechend dem Merkmalsvektor $\hat{\underline{m}}_k$.

Wie die Fig. 2 zeigt, können die Tonschätzungspunkte $\hat{T}_k$ in einem dreidimensionalen Raum mit den Achsen b, f und P dargestellt werden. In der Darstellung nach der Fig. 2 ist als Ursprung 0 der f-Achse der Punkt $f = f_0$ gewählt. Für den Fall, dass keine Störsignale vorliegen und die Messung fehlerfrei durchgeführt wird, ergibt die Tonschätzung einen Punkt T (0, 0, P_0) auf der P-Achse. Eine Gruppierung der Tonschätzungspunkte $\hat{T}_k$ in der Umgebung des Punktes T weist auf die Anwesenheit des erwarteten Tonfrequenzsignals hin und eine Gruppierung in der Umgebung des Ursprungs 0 ist als Absenz des erwarteten Tonfrequenzsignals zu deuten.

Mit dem Klassifikationsglied 2 wird festgestellt, ob eine Gruppierung in der Umgebung des Punktes T oder des Ursprungs 0 auftritt, und dementsprechend ein Ja-Signal bzw. ein Nein-Signal abgegeben. Ein einfaches Ausführungsbeispiel für die Erkennung von Gruppierungen kann mittels eines Entscheidungsraumes V_T realisiert werden, der den Punkt T einschliesst. Hierbei wird die Anzahl k_T der in diesen Entscheidungsraum V_T fallenden Tonschätzungspunkte $\hat{T}_k$ gezählt. Ist k_T grösser als ein vorbestimmter Schwellenwert k_{ST}, so wird dies als Anwesenheit des erwarteten Tonfrequenzsignals interpretiert. Auf die Absenz des erwarteten Tonfrequenzsignals kann geschlossen werden, wenn $k_T \leq k_{ST}$ ist. Ferner besteht die bevorzugte Möglichkeit, auch einen den Ursprung 0 einschliessenden Entscheidungsraum V_0 zu definieren und auf die Absenz des erwarteten Tonfrequenzsignals zu schliessen, wenn die Anzahl k_0 der in diesen Entscheidungsraum fallenden Tonschätzungspunkte $\hat{T}_k$ grösser als ein vorbestimmter Schwellenwert k_{S_0} ist. Dies gestattet, einen Fehler im System, d.h. im Sender, im Übertragungskanal oder im Detektor, zu erkennen, wenn sowohl k_T als auch k_0 zu klein sind.

Die Entscheidungsräume V_T und V_0 können entsprechend den Besonderheiten der Störsignale eine beliebige, beispielsweise sphärische Form aufweisen. Im dargestellten Beispiel bilden sie aber parallel zu den Achsen P, Δf und b orientierte Quader, was eine voneinander unabhängige Klassierung der Schätzungswerte $\hat{P}_k$, Δf_k und $\hat{b}_k$ sowie eine sehr einfache Realisierung ermöglicht.

In der Fig. 3 sind Messresultate für den Fall der Anwesenheit eines Tonfrequenzsignals und für den Fall von weissem Rauschen abgebildet. Jeder abgebildete Punkt stellt einen Tonschätzungspunkt $\hat{T}_k$ in den Ebenen P, Δf (Fig. 3a), b, Δf (Fig. 3b) und P, b (Fig. 3c) dar. Es ist augenscheinlich, dass durch die beschriebene statistische Auswertung eine sehr zuverlässige Detektion des Tonfrequenzsignals gewährleistet ist. Auch im Falle von Impulsstörungen und Interferenzstörungen ergibt sich eine leicht feststellbare Gruppierung in der Umgebung des Punktes T (Fig. 2). Die Grenzen der durch die Entscheidungsräume V_T und V_0 gegebenen Klassen können den jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden, so dass in jedem Störungsfall eine optimale Entscheidung möglich ist. In der Fig. 3 sind als Beispiel eine untere Grenze P_{S1} sowie eine obere Grenze P_{S2} für die Tonleistung, eine Grenze Δf_S für die Tonfrequenz und eine Grenze b_S für die Tonschwankungen eingetragen. Aus der Fig. 3 ist auch ersichtlich, dass es in einfacheren Fällen genügen kann, nur zwei der drei Merkmale P, Δf (bzw. f) und b auszuwerten.

Zur Gewinnung der Schätzungswerte $\hat{P}_k$, f_k und $\hat{b}_k$ im Merkmalstransformationsglied 1 bieten sich verschiedene Möglichkeiten an. Im folgenden wird eine besonders vorteilhafte Möglichkeit beschrieben.

Für das zu detektierende Tonfrequenzsignal z (t) gilt

$$z(t) = A(t) \cdot \cos(2\pi f t + \varphi) \qquad (1)$$

wobei A die Amplitude, t die Zeit, f die Frequenz und φ den Phasenwinkel bedeutet. Das Tonfrequenzsignal z (t) lässt sich durch die komplexe Umhüllende $\underline{Z}(t)$ des aus dem Tonfrequenzsignal und den Störsignalen bestehenden Eingangssignals beschreiben. Das Tonfrequenzsignal z (t) entspreche dem Realteile Re des komplexen Signals $\underline{Z}(t) \cdot e^{j\omega_0 t}$:

$$z(t) = \mathrm{Re}\left\{\underline{Z}(t) \cdot e^{j\omega_0 t}\right\} \qquad (2)$$

wobei $\omega_0 = 2\pi f_0$ ist. Mit $\Delta\omega = 2\pi(f - f_0)$ gilt dann für die komplexe Umhüllende $\underline{Z}(t)$:

$$\underline{Z}(t) = A(t) \cdot e^{j\varphi} \cdot e^{j\Delta\omega t} \qquad (3)$$

Berechnet man die Grösse (t) zu

$$\dot{\underline{Y}}(t) = \frac{d\left[\ln \underline{Z}(t)\right]}{dt} = \frac{\dot{\underline{Z}}(t)}{\underline{Z}(t)} \qquad (4)$$

so ergibt sich

$$\dot{\underline{Y}}(t) = \frac{\dot{A}(t)}{A(t)} + j\Delta\omega \triangleq 2\pi b + 2\pi j \Delta f \qquad (5)$$

Die Tonschwankungen b lassen sich also aus dem Realteil Re der Grösse $\dot{\underline{Y}}$, die Tonfrequenzabweichung Δf aus dem Imaginärteil in der Grösse $\dot{\underline{Y}}$ und die Tonleistung P aus der komplexen Umhüllenden $\underline{Z}(t)$ wie folgt bestimmen:

$$\hat{b}_k = \frac{1}{2\pi} \mathrm{Re} \left\{ \hat{\dot{\underline{Y}}}(t_k) \right\} \quad (6)$$

$$\Delta\hat{f}_k = \frac{1}{2\pi} \mathrm{Im} \left\{ \hat{\dot{\underline{Y}}}(t_k) \right\} \quad (7)$$

$$\hat{P}_k = \frac{1}{2} \left| \hat{\underline{Z}}(t_k) \right|^2 \quad (8)$$

In der Fig. 4 besteht das Merkmalstransformationsglied 1 aus zwei Multipliziergliedern 3, 4, zwei Referenzsignalquellen 5, 6, zwei Tiefpassfiltern 7, 8, zwei von einer nicht dargestellten Steuerschaltung mit der Abtastfrequenz f_T gesteuerten Schaltern 9, 10, einem Analog/Digital-Wandler 11 und einem Rechenglied 12. Die Referenzsignalquelle 5 bzw. 6 erzeugt ein Referenzsignal cos $\omega_0 t$ bzw. sin $\omega_0 t$, das im Multiplizierglied 3 bzw. 4 mit dem Tonfrequenzsignal z (t) multipliziert wird. Die den Multipliziergliedern 3, 4 nachgeschalteten Tiefpassfilter eliminieren die Doppelfrequenzterme der am Ausgang der Multipliziergleder 3, 4 entstehenden Signale, filtern hochfrequente Störsignale aus, welche die Zeitdifferentiation stören würden, und bestimmen die Anzahl n der unabhängigen Schätzungen innerhalb der Beobachtungsdauer D. Am Ausgang des Tiefpassfilters 7 bzw. 8 entsteht ein Signal $\alpha(t)$ bzw. $\beta(t)$, das dem Realteil Re bzw. dem Imaginärteil Im der komplexen Umhüllenden $\underline{Z}(t) = \alpha(t) + j\beta(t)$ entspricht. Über die von einem nicht gezeichneten Steuerglied gesteuerten Schalter 9, 10 werden die Signale $\alpha(t)$ und $\beta(t)$ in den Analog/Digital-Wandler 11 eingegeben und dort in digitale Signale umgeformt. Das Rechenglied 12 berechnet aus den Digitalwerten der Signale $\alpha(t)$ und $\beta(t)$ die zeitliche Abteilung $\dot{\underline{Z}}(t)$ der komplexen Umhüllenden $\underline{Z}(t)$, nach Gleichung (4) die Grösse $\dot{\underline{y}}$ (t) und schliesslich nach Gleichung (6), (7) und (8) die n unabhängigen Schätzungswerte $\hat{b}_k$, Δf_k und P_k.

Die Fig. 5 zeigt den prinzipiellen Aufbau des Rechengliedes 12. Zwei digitale Differenzierglieder 13, 14 bilden die zeitliche Ableitung $\dot{\alpha}(t)$ und $\dot{\beta}(t)$. In einem Rechenblock 15 wird aus den Grössen $\alpha(t)$, $\beta(t)$, $\dot{\alpha}(t)$ und $\dot{\beta}(t)$ die Grösse $\dot{\underline{y}}$ (t) nach Gleichung (4) berechnet. Die hierzu erforderliche komplexe Division erfolgt nach bekannten Rechenregeln und wird daher hier nicht näher erläutert. Der Realteil der Grösse $\dot{\underline{y}}$ (t) ergibt die n Schätzungswerte $\hat{b}_k$ und der Imaginärteil die n Schätzungswerte Δf_k. Ein Rechenblock 16 ermittelt aus den Grössen $\alpha(t)$ und $\beta(t)$ die n Schätzungswerte $\hat{P}_k$ nach der Beziehung $P = \alpha^2 + \beta^2$ oder $\sqrt{P} \cong |\alpha| + |\beta|$.

Zur Bildung der zeitlichen Ableitung $\dot{\alpha}(t)$ und $\dot{\beta}(t)$ können anstelle der digitalen Differenzierglieder 13, 14 auch analoge Differenzierglieder verwendet werden, die in der Anordnung nach der Fig. 4 an den Ausgang der Tiefpassfilter 7, 8 anzuschliessen sind. Das Rechenglied 12 kann durch eine festverdrahtete Logik oder durch einen Digitalrechner gebildet sein. Vorzugsweise sind das Rechenglied 12 und allenfalls weitere Teile des Merkmalstransformationsgliedes 1 sowie das Klassifikationsglied 2 durch einen Mikrocomputer gebildet.

Anhand des Flussdiagramms der Fig. 6 wird die Arbeitsweise des Klassifikationsgliedes 2 für den Fall erläutert, dass der Entscheidungsraum V_T quaderförmig ist, die Schätzungswerte für $\hat{P}_k$, Δf_k und $\hat{b}_k$ also unabhängig klassiert werden können. Im Flussdiagramm steht der Buchstabe Y für «ja» und der Buchstabe N für «nein». Innerhalb der Beobachtungsdauer D wird in M Durchläufen jeder der n Tonschätzungspunkte $\hat{T}_k$ daraufhin geprüft, ob die Bedingungen

$$P_{S1} \leq \hat{P}_k \leq P_{S2}$$

$$-\Delta f_S \leq \Delta \leq \Delta f_S$$

$$-b_S \leq \hat{b}_k \leq b_S$$

erfüllt sind und somit der betreffende Schätzungswert in die durch den Entscheidungsraum V_T gegebene Klasse fällt oder nicht. Sodann wird festgestellt, ob die Anzahl k_T der in den Entscheidungsraum V_T fallenden Tonschätzungspunkte $\hat{T}_k$ den Schwellenwert k_{ST} überschreitet, und zutreffendenfalls ein Signal «Ton vorhanden» abgegeben.

Auf analoge, in der Fig. 6 nicht dargestellte Weise kann geprüft werden, ob die Anzahl k_0 der innerhalb des Entscheidungsraumes V_0 liegenden Schätzungswerte den Schwellenwert k_{S0} überschreitet, und zutreffendenfalls ein Signal «kein Ton» erzeugt werden noch eine Entscheidung «kein Ton» getroffen, so ist dies als Rückweisung zu werten. Mit der Dimensionierung der Entscheidungsräume V_T und V_0 hat man es in der Hand, das Verhältnis der Rückweisungsrate zur Fehlentscheidungsrate zu optimieren. In einfachen Fällen kann es genügen, die Entscheidung «Ton vorhanden» bzw. «kein Ton» gemäss der Fig. 6 allein anhand des Entscheidungsraumes V_T zu treffen.

Die anhand der Fig. 6 erläuterte Klassifikation und Zählung der Schätzungswerte und die Entscheidung aufgrund des Zählergebnisses kann mittels eines Mikrocomputers oder mittels einer festverdrahteten Logik erfolgen.

Anhand der Fig. 4 wurde die analoge Bildung der Grössen $\alpha(t)$ und $\beta(t)$ beschrieben. Die Fig. 7 zeigt eine Anordnung zur digitalen Bildung dieser Grössen. Das Tonfrequenzsignal z (t) wird in einem Analog/Digital-Wandler 17 laufend in ein entsprechendes digitales Signal umgeformt. Ein aus einer Steuerschaltung 18 und einem Festwertspeicher (ROM) 19 bestehender Signalgenerator 20 erzeugt die Referenzsignale cos $\omega_0 t$ und sin $\omega_0 t$ in digitaler Form. Digitale Multiplizierglieder 21, 22 bilden das Produkt aus dem digitalisierten Tonfrequenzsignal z(t) und dem Referenzsignal cos $\omega_0 t$ bzw. sin $\omega_0 t$. Digitale Akkumulatoren 23, 24 erfüllen die Funktion der Tiefpassfilter 7, 8 (Fig. 4) sowie der Differenzierglieder 13, 14 (Fig. 5), indem sie die Ausgangssignale der Multiplizierglieder 21, 22 einerseits zur Bildung der Grössen $\alpha(t)$ und $\beta(t)$ während einer vorbestimmten Zeitdauer T_1 und andererseits zur Bildung der Grössen $\dot{\alpha}(t)$ und $\dot{\beta}(t)$ während einer vorbestimmten Zeitdauer T_2 integrieren, wobei $T_2 < T_1$ ist.

Der Signalgenerator 20, die Multiplizierglieder 21, 22 und die Akkumulatoren 23, 24 können durch den gleichen Mikrocomputer gebildet sein, der auch das Rechenglied 12 (Fig. 4) und das Klassifikationsglied 2 bildet. Bei der Durchführung der Klassierung ist keine grosse Genauigkeit erforderlich, so dass bei der digitalen Darstellung der Schätzungswerte kurze Wortlängen möglich sind.

Die Wortlänge kann durch die Anwendung bekannter stochastischer Methoden weiter verkürzt werden, so dass die Datenverarbeitung im Grenzfall mit einer Wortlänge von einem einzigen Bit erfolgen kann. Im letztgenannten Fall kann das Tonfrequenzsignal z(t) auf bekannte Weise (z.B. IEEE Transactions on Communications, Vol. Com-24, No. 12, Dec. 1976, S. 1291–1300) dadurch in eine binäre Signalfolge umgewandelt werden, dass mit einem Addierglied zum Tonfrequenzsignal ein erstes Hilfssignal addiert, mit einem Vergleichsglied das Vorzeichen des Summensignals detektiert und mit einem Abtastglied das binäre Vorzeichensignal mit verhältnismässig hoher Frequenz abgetastet wird. Auf entsprechende Weise können aus den analogen Referenzsignalen cos $\omega_0 t$ und sin $\omega_0 t$ binäre Referenzsignalfolgen gewonnen werden, indem zu den Referenzsignalen jeweils ein zweites Hilfssignal addiert, das Vorzeichen der so erhaltenen Summensignale detektiert und die binären Vorzeichensignale abgetastet werden. Als erstes und zweites

Hilfssignal können sogenannte «random», «pseudo random» oder «shift invariant independent» Funktionen dienen. Anstatt die Werte der binären Referenzsignalfolgen laufend zu berechnen, können diese auch in einem Speicher (ROM) zur Verfügung gehalten werden. Die Multiplikation der dem Tonfrequenzsignal entsprechenden binären Signalfolge mit der binären Referenzsignalfolge kann jeweils mit Hilfe eines Exklusive-Oder-Gatters und die Integration mit Hilfe eines Vorwärts-Rückwärts-Zählers erfolgen.

Für den beschriebenen Tondetektor eröffnen sich zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten. Er kann in drahtlosen und drahtgebundenen Fernsteuer- und Fernmesseinrichtungen, auf dem Gebiet der Telefonie usw. eingesetzt werden, wo es darum geht, ein elektrisches Tonfrequenzsignal auch bei hohem Störpegel, insbesondere bei Impuls- und Interferenzstörungen, zuverlässig zu detektieren. In Rundsteuerempfängern gewährleistet der beschriebene Tondetektor eine einwandfreie Trennung der Rundsteuersignale von Netzoberwellen und anderen Störgrössen. In der Telefonie eignet er sich vorzüglich in sog. Tastenwahlempfängern nach dem Mehrfrequenzverfahren, bei denen zur Erzielung einer optimalen Sicherheit des Signalisationsverfahrens sichergestellt werden soll, dass während der Tastenbetätigungsdauer das Nutzsignal nicht durch Störspannungen unterdrückt und während der Zeichenpause keine Zeichenimitation durch Raumgeräusche hervorgerufen wird. Weitere vorteilhafte Anwendungsmöglichkeiten auf dem Gebiet der Telefonie ergeben sich bei Taximpulszählern und bei Einrichtungen zur Identifikation der rufenden oder der benützten Sprechstelle durch aufmodulierte Tonfrequenzsignale.

Der Gleichstromdetektor nach Fig. 8 besteht aus einem Merkmalstransformationsglied 25 und einem Klassifikationsglied 26. Das Merkmalstransformationsglied 25 weist ein Differenzierglied 27, zwei von einer nicht gezeichneten Steuerschaltung mit der Abtastfrequenz f_T gesteuerte Schalter 28, 29, einen Analog/Digital-Wandler 30 und ein Rechenglied 31 auf.

Das Eingangssignal x(t) des Gleichstromdetektors und die im Differenzierglied 27 aus dem Eingangssignal gebildete zeitliche Ableitung $\dot{x}(t)$ gelangen über die Schalter 28, 29 zum Analog/Digital-Wandler 30, wo sie in entsprechende digitale Signale umgeformt werden. Im Rechenglied 31 werden jeweils n Schätzungswerte $\underline{\hat{m}}_k = [\hat{P}_k, \hat{a}_k]$ für die Leistung P und die Bandbreite a nach den Beziehungen

$$P(t) = x^2(t)$$

und

$$a(t) = \frac{\dot{x}(t)}{x(t)}$$

gebildet. Im Klassifikationsglied 26 werden die Schätzungswerte $\hat{P}_k$ und $\hat{a}_k$ in mindestens zwei Klassen eingeteilt, die gemäss der Fig. 9 durch rechteckförmige Flächen F_1 und F_2 oder durch Flächen beliebiger Form gebildet sein können. Die Schätzungswerte $\hat{T}_k$, ($\hat{a}_k$, $\hat{P}_k$) ergeben in der Fig. 9 einen Punkt T(0, P_0) auf der P-Achse, wenn kein Störsignal vorliegt und die Messung fehlerfrei durchgeführt wird. Im Falle eines Störsignals ist bei vorhandenem Gleichstromsignal immer noch eine Gruppierung der Schätzungswerte um den Punkt T erkennbar. Liegt eine vorgegebene minimale Anzahl der Schätzungswerte $\hat{T}_k$ innerhalb der den Punkt T einschliessenden Fläche F_1, so wird am Ausgang des Klassifikationsgliedes 26 ein Ja-Signal abgegeben.

Es ist auch möglich, anstelle der Bandbreite a(t) die Grösse $\dot{x}(t)$ als charakteristisches Merkmal auszuwerten, wodurch das Rechenglied 31 einfacher wird. Das Rechenglied 31 und das Klassifikationglied 26 können wiederum durch einen Mikrocomputer gebildet sein. Auch das Differenzierglied 27 kann in den digitalen Teil des Detektors verlegt werden. Ferner kann der Analog/Digital-Wandler 30 weggelassen und das Rechenglied 31 und das Klassifikationsglied 26 aus analog arbeitenden Bauteilen aufgebaut werden.

Der beschriebene Gleichstrom- bzw. Gleichspannungsdetektor eignet sich vorzüglich zum Empfang von Meldungen z.B. in Alarmanlagen und anderen Nachrichtenübermittlungsanlagen, bei denen Meldungen durch Gleichstromsignale übermittelt werden und eine sichere Unterscheidung der Gleichstromsignale von Störsignalen gewährleistet sein muss.

Die beschriebenen Detektoren können auch derart weiter ausgestaltet werden, dass sie zur Feststellung der Anwesenheit und Unterscheidung von mindestens zwei verschiedenen elektrischen Signalen mit unterschiedlichen Charakteristiken eingesetzt werden können. Hierzu werden die Schätzungswerte im Klassifikationsglied 2 bzw. 26 in verschiedene, je einem der zu unterscheidenden elektrischen Signale zugeordnete Klassen eingeteilt. Für jedes der zu unterscheidenden elektrischen Signale wird ein Ja-Signal abgegeben, wenn die Anzahl der Schätzungswerte, welche in die dem betreffenden Signal zugeordnete Klasse fallen, einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet. Beispielsweise können bei einem Tondetektor für einen Telefonie-Tastenwahlempfänger vier verschiedene Entscheidungsräume V_{T1} bis V_{T4} festgelegt werden, was gestattet, vier verschiedene Tonfrequenzsignale, die sich durch ihre Frequenz voneinander unterscheiden, zu detektieren. Auf ähnliche Weise können z.B. auch Gleichstromsignale unterschiedlicher Stärke detektiert und voneinander unterschieden werden.

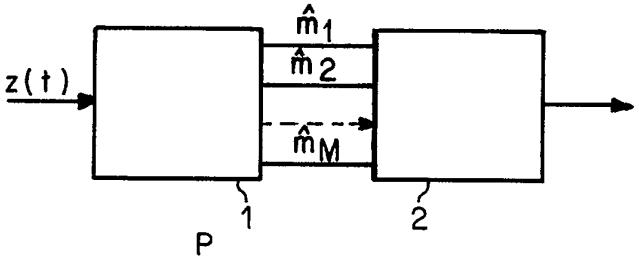


Fig. 1

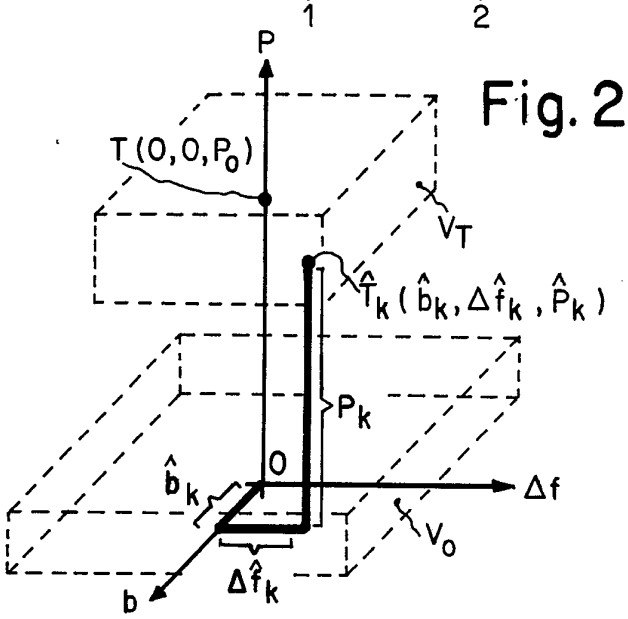


Fig. 2

Fig. 3a

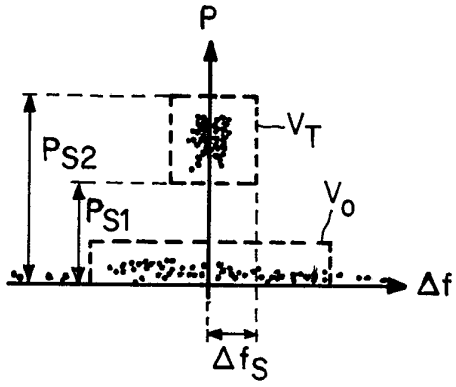


Fig. 3b

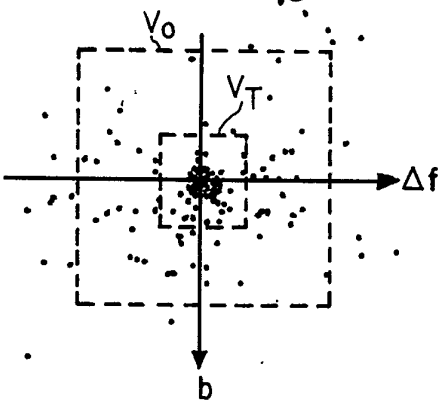


Fig. 3c

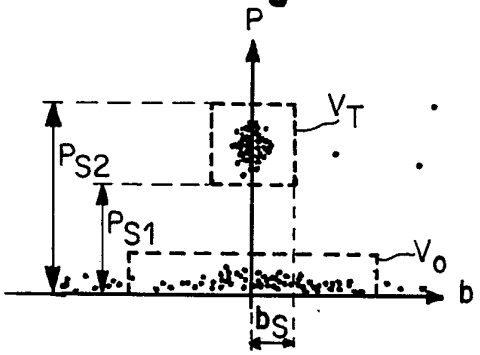


Fig. 4

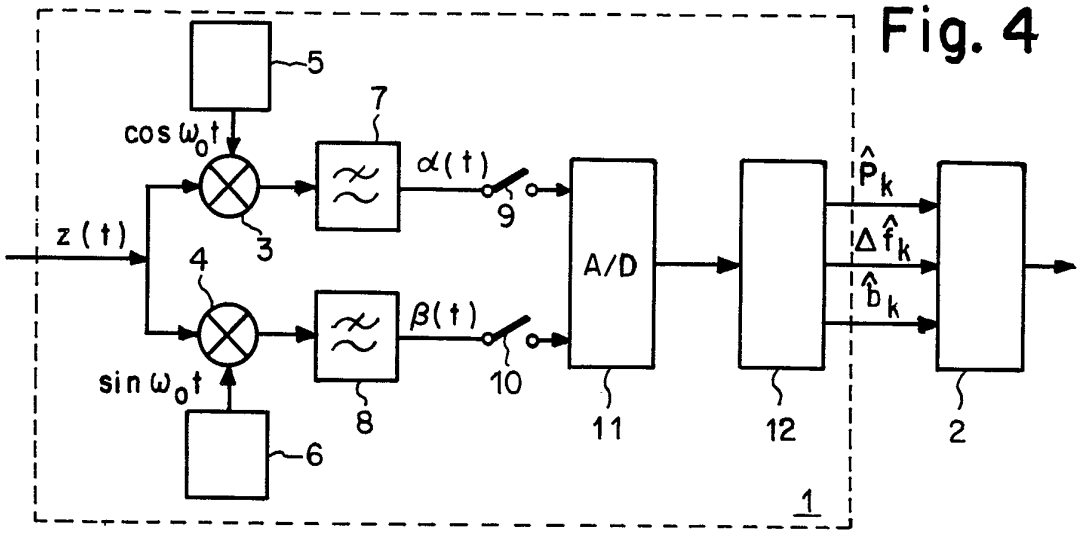


Fig. 5

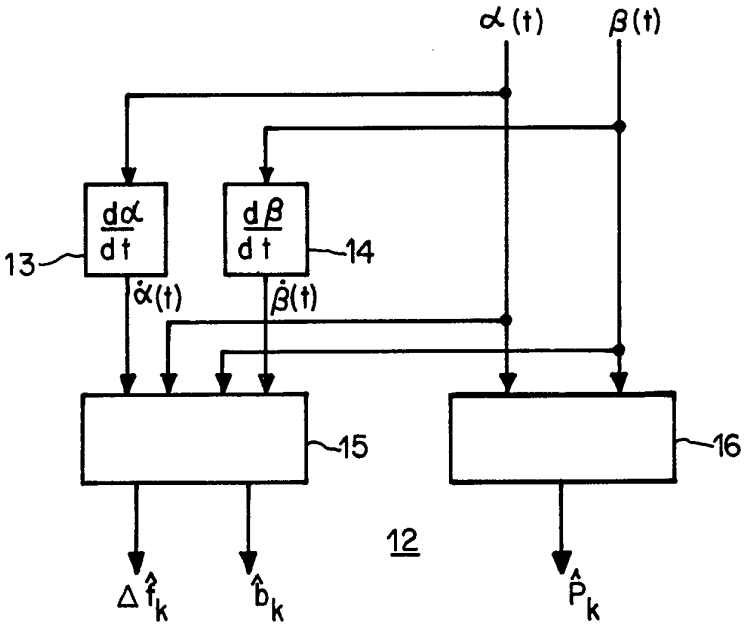

α(t)
β(t)
dα/dt
dβ/dt
13
14
α̇(t)
β̇(t)
15
16
12
Δf̂k
b̂k
P̂k

Fig. 6

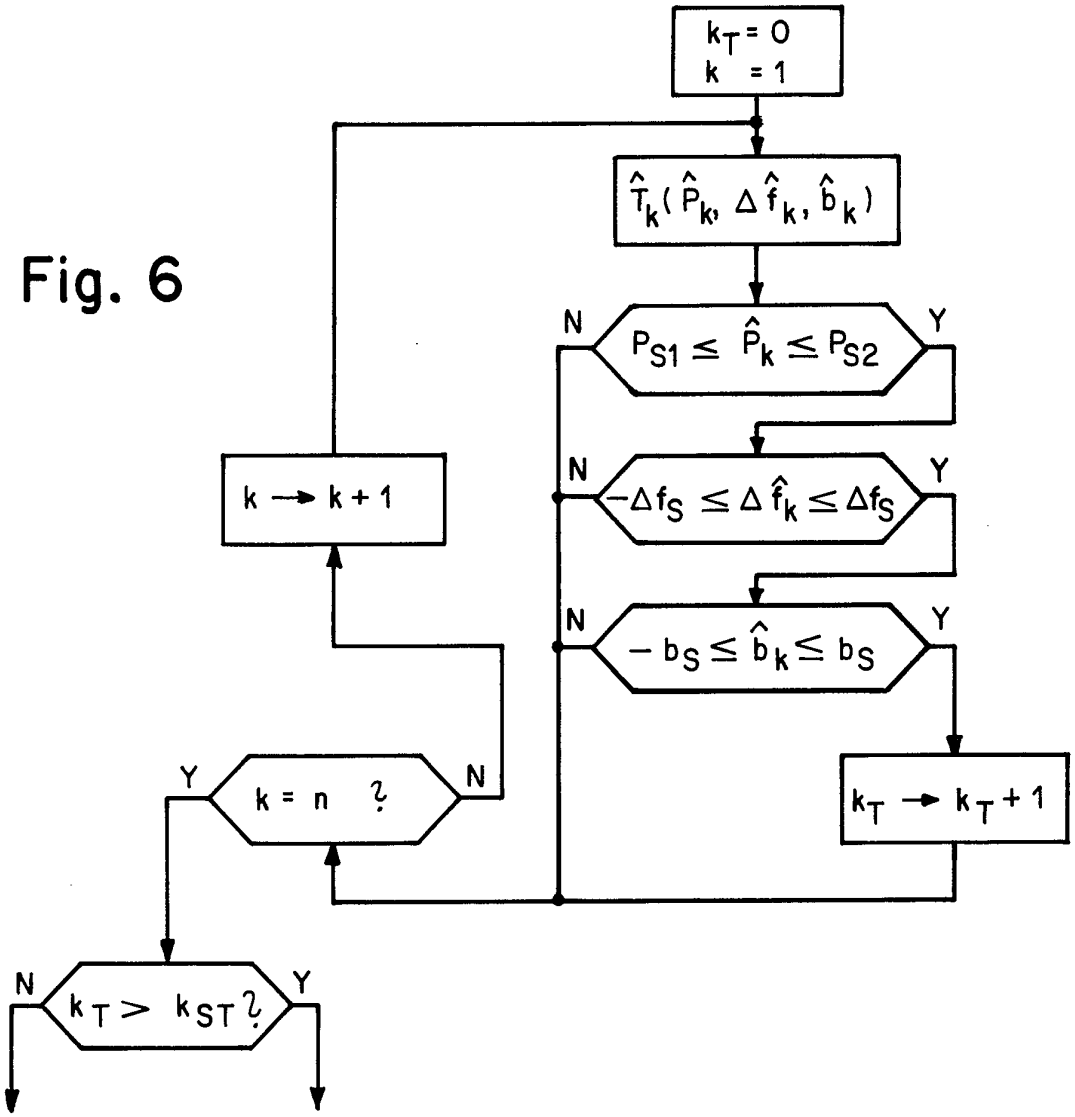

kT = 0
k = 1
T̂k(P̂k, Δf̂k, b̂k)
N
PS1 ≤ P̂k ≤ PS2
Y
N
−ΔfS ≤ Δf̂k ≤ ΔfS
Y
N
− bS ≤ b̂k ≤ bS
Y
k → k + 1
Y
k = n ?
N
kT → kT + 1
N
kT > kST ?
Y

Fig. 7

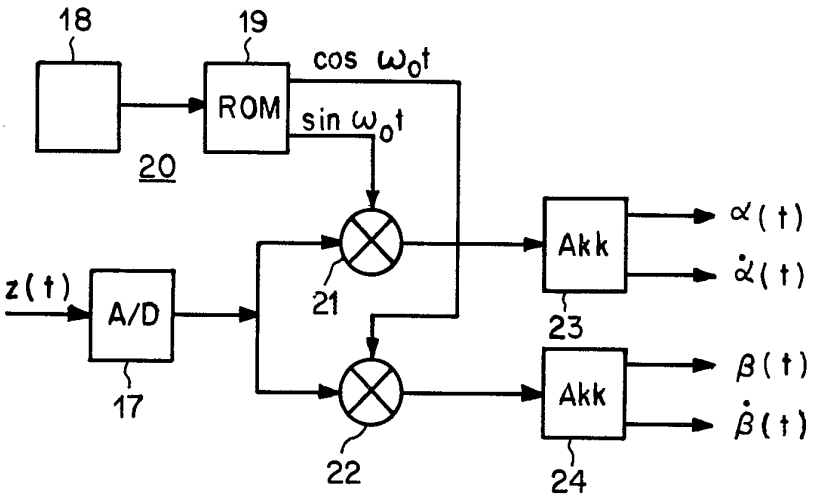


Fig. 8

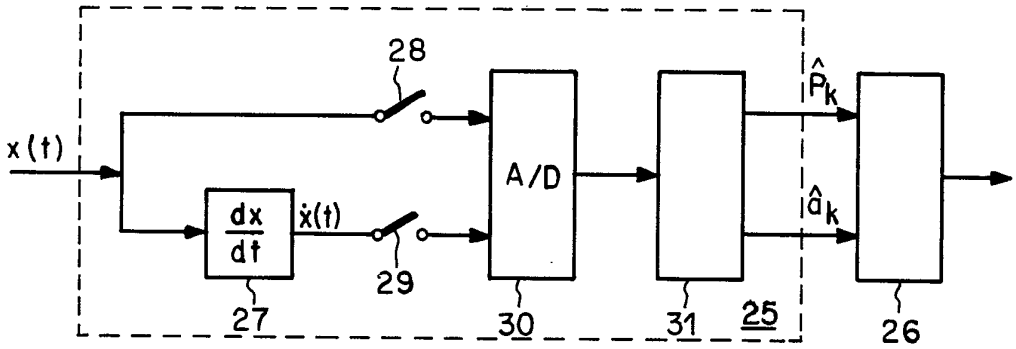


Fig. 9

