

PATENTCHRIFT 145 478

Wirtschaftspatent

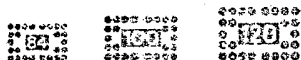
Erteilt gemäß § 29 Absatz 1 des Patentgesetzes

(11) 145 478 (45) 17.12.80 Int. Cl.³ 3(51) G 01 B 11/00
(21) WP G 01 B / 201 583 (22) 19.10.77

-
- (71) Technische Hochschule Ilmenau, Sektion TBK, Ilmenau, DD
(72) Jäger, Gerd, Dr.sc.techn.; Irrgang, Klaus, Dipl.-Ing.;
Heydenbluth, Detlef, Dipl.-Ing., DD
(73) siehe (72)
(74) Dipl.-Ing. Freitag, TH Ilmenau, 6300 Ilmenau, Am Ehrenberg,
Block G
-

(54) Vorrichtung zur Interpolation

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Interpolation in periodischen Intensitätsverteilungen. Ziel der Erfindung ist es, funktionssichere Interpolationseinrichtungen mit hohem Interpolationsgrad zu schaffen. Fotoelektrische Empfänger nach Fig.1, die gegenüber dem Bild der Intensitätsverteilung relativ verschoben werden können, dienen einmal der Ermittlung der Grobwerte und zum anderen der der Feinwerte. Zu Beginn der Messung und nach bzw. während der Messung werden die Abtastelemente in definierte Lagen bezüglich definierter äquidistanter Bezugspunkte positioniert. Die Feinwerte werden durch digitale Messung des Relativweges zwischen Abtastelement und Bild der Intensitätsverteilung gewonnen. Der Grobwert ergibt sich aus der Zählung von Grobimpulsen. Bei einer bestimmten Steuerrichtung des Nachlaufsystems werden Grob- und Feinimpulse in dieser Richtung mit umgekehrten Vorzeichen zur Bildung der Meßergebnisse addiert. Zur Verhinderung der Auswanderung der Abtastelemente aus dem Bildausschnitt sind Begrenzungskontakte angebracht. Die Erfindung ist für die Anwendung in optischen Meßvorrichtungen, in denen periodische Intensitätsverteilungen auftreten, vorgesehen.



Titel der Erfindung

Vorrichtung zur Interpolation

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Interpolation in periodischen Verteilungen, z.B. interferentiellen, die in optischen Meßvorrichtungen zur Messung der Größen Weg, Winkel, Brechzahl sowie der daraus ableitbaren Größen Kraft, Druck, Geschwindigkeit, Härte, Mischungsverhältnisse, Konzentration usw. auftreten.

Ein besonderes Anwendungsgebiet ergibt sich für interferentielle Messungen, wenn eine sehr hohe Auflösung gefordert wird.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Interpolationseinrichtungen dienen der Unterteilung der Primärsignalperiode in äquidistante Abstände. Für diese Unterteilung benötigen die bekanntesten Interpolationseinrichtungen zwei Primärsignale $U_1 \sim \sin x$ und $U_2 \sim \cos x$. Die interpolierten Analogsignale werden an den Nulldurchgängen getriggert, wodurch sich die äquidistante Unterteilung ergibt. Interpolationsfehler treten auf, wenn eine Verschiebung der Nulldurchgänge auftritt, ohne daß eine Meßgrößenänderung vorliegt. Solche Interpolationsfehler können durch Veränderungen der Primärsignalparameter Amplitude, Phase, Gleichanteil und Spektrum hervorgerufen werden.

Zur Charakterisierung der bekannten technischen Lösungen werden zwei Beispiele angeführt.

Der Netzwerkinterpolator (Johannsen, TH.: Zum Verhalten der Signalperioden eines Theodoliten mit elektrooptischer Kreisteilablesung, Universität Bonn, 1967) nutzt die Überlagerung der Primärsignalspannungen U_1 und U_2 und deren Negationen in geeigneten Widerstandsnetzwerken aus, um daraus Nulldurchgänge und somit Interpolationspunkte zu gewinnen.

Dieser Interpolator ist geeignet für kleine Interpolationsfaktoren. Veränderungen der Amplitude, der Phase und des Gleichanteiles rufen Interpolationsfehler hervor.

Weiter ist ein Kathodenstrahlinterpolator bekannt, mit dem höhere Interpolationsfaktoren erzielt werden können

(Trötscher, O.: Über Fragen der digitalen Wegmessung mit fotoelektrischen Wegmeßgeräten hoher Auflösung, Optik 28, Heft 8, 1968/69; Trötscher, O.: Einrichtung zur Interpolation, Auslegeschrift 1266989, BRD).

Hier liegt das Prinzip zugrunde, daß zwei um 90° verschobene Primärsignale ein Drehfeld mit festgelegter Drehrichtung bilden. Die Signalspannungen werden auf die Ablenkplatten einer Kathodenstrahlröhre gegeben und der volle Umlauf des Elektronenstrahles entspricht einer stark vergrößerten Rasterperiode. Verwendet man anstelle des Leuchtschirmes leitende Rasterscheiben, so erhält man interpolierte Ausgangssignale.

Die Leistungsfähigkeit einer solchen Anordnung wird begrenzt durch die Geometrie der Röhre, durch die Justierfehler der Rasterscheiben sowie durch die Genauigkeit von Kathoden-, Gitter- und Anodensystem. Veränderungen der Amplitude, der Phase und des Gleichanteiles rufen auch hier - im Unterschied zur Erfindung - Interpolationsfehler hervor.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, in Abhängigkeit zu einer Meßgröße sich ändernde periodische Intensitätsverteilungen mit einem hohen Interpolationsgrad (> 100) zu interpolieren, wobei der gerätetechnische Aufwand unabhängig von der Höhe des Interpolationsgrades und die Funktionstüchtigkeit von der Art der periodischen Verteilung ist. Die Vorrichtung funktioniert fehlerfrei, auch wenn sich der Differenzwert zwischen maximaler und minimaler Intensität (bei interferentiellen Verteilungen der Differenzwert zwischen maximaler und minimaler Bestrahlungsstärke) sowie der absolute Wert der Intensität (bei interferentiellen Verteilungen der absolute Wert der Bestrahlungsstärke) der periodischen Verteilungen ändert. Obwohl die Grobwerte (Grobimpulse) und die interpolierten Feinwerte (Feinimpulse) in getrennten Systemen separat gebildet werden, erfolgt durch eine entsprechende logische Verknüpfung, auch bei relativ großen Lageunsicherheiten der Grobimpulse (Schaltunsicherheiten der Schaltflanken) eine fehlerfreie Addition der Grob- und Feinimpulse. Neben der Möglichkeit der Erzielung eines hohen Interpolationsgrades, kann jeder beliebige Interpolationsgrad in einfacher Weise eingestellt werden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Interpolationseinrichtung zu schaffen, die auf der Grundlage sich in fester Abhängigkeit zu einer Meßgröße ändernder Intensitätsverteilungen mit einem hohen Interpolationsgrad bei vergleichsweise gerätetechnisch geringem Aufwand und hoher Betriebssicherheit interpoliert.

Solche periodischen Intensitätsverteilungen treten z.B. in interferentiellen Meßeinrichtungen auf. So kann mittels einer Interferometeranordnung, die Interferenzen gleicher Dicke ausnutzt, eine Längenmessung durchgeführt werden. Schließen beide Interferometerspiegel einen kleinen Winkel

miteinander ein und ändert ein Spiegel seine Lage in Licht-
richtung parallel zu sich selbst, dann entstehen solche peri-
odischen Intensitätsverteilungen. Hierbei ist die Änderung
der Interferenzordnungszahl ein genaues Maß für den Meßwert.
Der Abstand zwischen zwei benachbarten Maxima- bzw. Minima
entspricht einer Ordnung. Um die Meßwertänderung bestimmen
zu können, müssen also die zugeordnete Anzahl der ganzen
Ordnungen und die Bruchteile bestimmt werden. Die Anzahl der
ganzen Ordnungen stellt in diesem Fall den Grobwert und die
verbleibenden Bruchteile stellen den Feinwert dar. Damit ist
in diesem Fall der Grobwert ein ganzzahliges Vielfaches ei-
ner Ordnung. Natürlich kann die Zuordnung auch so gewählt
werden, daß der Grobwert einem ganzzahligen Vielfachen eines
beliebigen Ordnungswertes entspricht.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß foto-
elektrischen Abtastelementen, insbesondere fotoelektrischen
Empfängern, ein Verstärker, ein Trigger, ein Grobzähler und
eine Nachlauflogik nachgeschaltet sind. Ein weiterer Trigger
ist zwischen Verstärker und einer Nachlauflogik geschaltet.
Die notwendigen Kontakte sind mit einer Begrenzungslogik
und diese Begrenzungslogik mit der Nachlauflogik verbunden.
An die Nachlauflogik ist eine Motorsteuerung angeschlossen.
Die Motorsteuerung ist mit einem mit einem Getriebe verse-
henen Motor verbunden. Außerdem sind eine Gewindespindel
und ein Mutterstück zwischen Getriebe und den Kontakten
vorgesehen.

Einem digitalen Längen- bzw. Winkelmeßsystem ist ein Fein-
zähler nachgeschaltet.

Die Signalverarbeitung zwischen Abtastung und Anzeige des
Meßwertes wird wie folgt vorgenommen.

Fotoelektrische Abtastelemente, z.B. fotoelektrische Emp-
fänger, die die Intensitätsverteilung abtasten, werden zu
Beginn, während und nach der Messung relativ zum Bild der
Intensitätsverteilung so zueinander bewegt, daß die Abtast-

elemente in definierten Lagen bezüglich definierter äquidistanter Bezugspunkte der Intensitätsverteilung positioniert werden. Solche definierten äquidistanten Bezugspunkte können die Maxima und Minima selbst sein oder beliebige Stellen, die in festem Abstand zu diesen gewählt werden. Die Abtastelemente dienen einmal in Verbindung mit einem Zähler, der als Grobzähler bezeichnet werden soll, zur Ermittlung des Grobwertes und zum anderen zur Nachlaufsteuerung. Mittels dieser Steuerung werden die Abtastelemente in definierte Lagen bezüglich der äquidistanten Bezugspunkte gebracht. Diese Lagen sollen als Nachlaufstellen bezeichnet werden. Der Relativweg, der während des Nachlaufvorganges zwischen den Abtastelementen und dem Bild der Intensitätsverteilung zurückgelegt wird, kann mittels bekannter Längen- bzw. Winkelmeßgeräte gemessen werden.

Mißt man den Relativweg, z.B. inkremental, so werden die dem Feinwert entsprechenden Impulse, im folgenden Feinimpulse genannt, in einem weiteren Zähler, dem sogenannten Feinzähler, registriert.

Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Grobwert (Grobimpulsen) und Feinwert (Feinimpulsen) - auch bei fehlerhafter Lage der Schaltflanken - sowie ein funktionssicheres Arbeiten in einem beliebigen Maßbereich wird folgendermaßen erreicht:

Es wird angenommen, daß sich zwischen zwei benachbarten Nachlaufstellen eine beliebige von Null verschiedene feste Anzahl von Grobimpulsen befindet.

Die Anzahl der Feinimpulse f_G , die einen Grobimpuls entsprechen, ergibt sich aus der Division der Anzahl der Feinimpulse f_N , die dem Abstand zweier benachbarter Nachlaufstellen zugeordnet sind, durch die Anzahl der Grobimpulse x , die zwischen zwei benachbarten Nachlaufstellen vorhanden sind, d.h.

$$f_G = \frac{f_N}{x} .$$

Bei der Dimensionierung der zur Erzeugung der Grobimpulse und Nachlaufstellen verantwortlichen Einrichtungen ist die Forderung zu beachten, daß sich das Toleranzfeld der Lage der Grobimpulse, das sich durch die Schaltflankenunsicherheit ergibt, und das Toleranzfeld, das aus der Nachlaufunsicherheit an den definierten Nachlaufstellen resultiert, nicht überdecken.

Die Grob- und Feinimpulse werden richtungsabhängig gezählt. Das Vorzeichen, mit denen die Feinimpulse zu den Grobimpulsen zur Bildung des Meßergebnisses addiert werden müssen, ergibt sich aus folgender Festlegung:

Wird bei bezüglich des Bildausschnittes feststehender Intensitätsverteilung das Nachlaufsystem so gesteuert, daß positive Grobimpulse entstehen, so sind alle in dieser Steuerrichtung auftretenden Feinimpulse negativ zu zählen und umgekehrt. Da somit nach bzw. während einer Meßgrößenänderung, wenn eine der benachbarten Nachlaufstellen angefahren ist, entweder die Summe der Grobimpulse innerhalb des Nachlaufbereiches Null ergibt und der Nachlaufwert (Anzahl der Feinimpulse) angezeigt wird oder von der Summe aller Grobimpulse, die den dem Abstand zweier benachbarter Nachlaufstellen zugeordneten Wert repräsentiert, der Nachlaufwert subtrahiert wird, erfolgt eine fehlerfreie Anzeige.

Hierbei ist es gleichgültig, zu welcher der benachbarten Nachlaufstellen der Nachlauf erfolgt. Bezüglich der Nachlaufzeiten günstige Verhältnisse erhält man, wenn annähernd in der Mitte zwischen zwei benachbarten Nachlaufstellen die Entscheidung getroffen wird, die linke bzw. die rechte Nachlaufstelle anzufahren.

Bei entsprechend langsamen Änderungen der Meßgröße kann der Fall eintreten, daß beispielsweise der mechanische Teil der Nachlaufeinrichtung, der alle Abtastelemente trägt, synchron mit der Wanderungsbewegung der Intensitätsverteilung läuft. Da aber der Bildausschnitt der Intensitätsverteilung flächenmäßig begrenzt ist, werden die Abtastelemente aus dem Bildausschnitt herauswandern. In diesem Fall wäre der Meßbereich durch die Größe des Bildausschnittes begrenzt. Der Meßbereich kann nun beliebig erweitert werden, wenn man Begrenzungs-

kontakte anbringt, die bewirken, daß der mechanische Teil der Nachlaufeinrichtung, der die Abtastelemente trägt, etwa zur Mitte des Bildausschnittes zurückgefahren wird. Während des Zurücklaufens ist die Nachlaufsteuerung blockiert. Nach dem Zurückfahren wird die Begrenzungssteuerung ausgeschaltet und der Nachlaufmechanismus wieder in Gang gesetzt. Hierbei kommt es nicht auf eine genaue Lage der Kontaktstellen an. Dieser Eingriff von außen, der eine örtliche Verlagerung der Abtastelemente nach oder während einer Meßwertveränderung bewirkt, ist ohne Einfluß auf die richtige Anzeige des Meßwertes, da während dieses Steuervorganges auch die Werte im Feinzähler mit umgekehrtem Vorzeichen wie die im Grobzähler registriert werden und so der Einfluß der Steuerung bei der Bildung der Meßergebnisse eliminiert wird.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Die zugehörige Zeichnung zeigt:

Fig. 1: Prinzipielle Anordnung zur Durchführung des Verfahrens

Fig. 2: Signalfolgen.

Nach Fig. 1 sind vier fotoelektrischen, paarweise in Differenz geschalteten, Empfängern 1, Verstärker 3, Trigger 4, Grobzähler 8 und Nachlauflogik 7 nachgeschaltet. Trigger 5 ist sowohl mit den Verstärker 3 als auch mit der Nachlauflogik 7 verbunden. Die Kontakte 16, 17, 18 führen zur Begrenzungslogik 6 und letztere ist mit der Nachlauflogik 7 verschaltet. Der Nachlauflogik 7 folgt die Motorsteuerung 10. Mit der Motorsteuerung 10 ist der Motor 11 verbunden. An das an den Motor 11 angeschlossene Getriebe 12 sind eine Spindel 13 und ein Mutterstück 14 angeordnet. Einem digitalen Längen- bzw. Winkelmeßsystem ist ein Feinzähler 9 nachgeschaltet.

Im folgenden wird der dynamische Meßablauf beschrieben:

Vier fotoelektrische Empfänger 1 tasten das Interferenzbild 2 ab. Die Lage der vier Empfänger zeigt auch Fig. 2 a. Mit Hilfe des Motors 11, des Getriebes 12, der Gewindespindel 13 und des drehgesicherten Mutterstückes 14, in dem die Empfänger 1 fest angeordnet sind, können die Empfänger 1 translatorisch bewegt werden.

Fig. 2 b zeigt die von den Empfängern 1 gelieferten und durch die Verstärker 3 verstärkten Spannungen U_1 und U_2 . Die in Fig. 2 b dargestellten Spannungsverläufe ergeben sich bei Auswanderung des Interferenzbildes 2 bei einer Änderung der Meßgröße. Die Spannungsverläufe werden gemäß Fig. 1 mittels der Trigger 4 und 5 in Rechtecksignale umgeformt. Der Trigger 4 liefert die zur Grobzählung dienenden Signalfolgen (Fig. 2 c). Dabei werden jeweils die ganzen Perioden nur an den negativen Schaltflanken des Signals x_2 gezählt. Die Anzahl der so im Grobzähler 8 gezählten Impulse repräsentiert den Grobwert. Der Trigger 5, bestehend aus zwei Komparatorstufen, wandelt das Signal U_2 in die Signalfolgen x_3 und x_4 um (Fig. 2 e). Entsprechend Fig. 2 f sind die Nachlaufstellen durch den Zustand

$$\overline{x_1} \cdot \overline{x_3} \cdot \overline{x_4} = L$$

gekennzeichnet. Um den Nachlaufbereich des Mutterstückes 14 zu begrenzen, sind an den Enden des Bereiches die Kontakte 16 und 17 angebracht. Wird der Seitenkontakt 16 oder 17 betätigt, so steuert die Begrenzungslogik 6 mit dem Signalwert $x_5 = L$ das Mutterstück 14 in Richtung Nachlaufbereichsmitte. Das Ausgangssignal der Begrenzungslogik 6 nimmt den Wert Null an und die Begrenzungslogik 6 tritt außer Kraft, wenn sich das Mutterstück 14 in der Bereichsmitte befindet, d.h., wenn der Kontakt 18 betätigt wird. Im Schaltungsteil Nachlauflogik 7 werden die Signale $x_1 \dots x_6$ zu den Signalen x_L und x_R , wobei x_L Linkslauf des Mutterstückes 14 und x_R Rechtslauf des Mutterstückes 14 bedeutet, in folgender Weise gemäß Fig. 2 d, e, f verknüpft:

$$x_L = x_6 \vee \overline{x_5} \cdot x_2 \cdot x_1 \vee \overline{x_5} \cdot x_3 \cdot \overline{x_1}$$

$$x_R = x_5 \vee x_6 \cdot x_2 \cdot x_1 \vee x_6 \cdot x_4 \cdot x_1$$

Für $\overline{x_1} \cdot \overline{x_3} \cdot \overline{x_4} = L$ bleibt das Mutterstück 14 an der Nachlaufstelle stehen.

Die Ausgangssignale der Nachlauflogik 7 steuern mittels der Motorsteuerung 10 den Motor 11. Die Motordrehung wird mit Hilfe des Getriebes 12 und der Gewindespindel 13 auf das drehgesicherte Mutterstück 14, das sich translatorisch bewegt, übertragen. Um den Betrag der translatorischen Bewegung zu erfassen, der als Nachlaufweg praktisch den Feinwert darstellt, werden die Drehbewegungen der Gewindespindel 13 mit dem Inkremental-Geber-Rotatorisch 15 in die Feinimpulse umgewandelt. Die Feinimpulse werden vorzeichenrichtig im Feinzähler 9 registriert.

Erfindungsanspruch

Vorrichtung zur Interpolation unter Verwendung von interferometrischen Anordnungen, fotoelektrischen Empfängern, Verstärkern, Triggern, Logikschaltungen, Zählern, digitalen Längen- bzw. Winkelmeßsystemen und Antriebsmechanismen, dadurch gekennzeichnet, daß den fotoelektrischen Tastelementen, insbesondere fotoelektrischen Empfängern (1), Verstärker (3), Trigger (4), Grobzähler (8) und Nachlauflogik (7) nachgeschaltet sind, daß ein Trigger (5) an den Verstärker (3) angeschlossen ist, der Trigger (5) mit der Nachlauflogik (7) verbunden ist, daß die Kontakte (16; 17; 18) mit der Begrenzungslogik (6) und die Begrenzungslogik (6) mit der Nachlauflogik (7) verbunden sind, daß der Nachlauflogik (7) die Motorsteuerung (10) folgt, daß die Motorsteuerung (10) mit dem Motor (11) verbunden ist, daß an dem Motor (11) ein Getriebe (12) angeschlossen ist sowie eine Gewindespindel (13) und ein Mutterstück (14) angeordnet sind und daß einem digitalen Längen- bzw. Winkelmeßsystem ein Feinzähler (9) nachgeschaltet ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

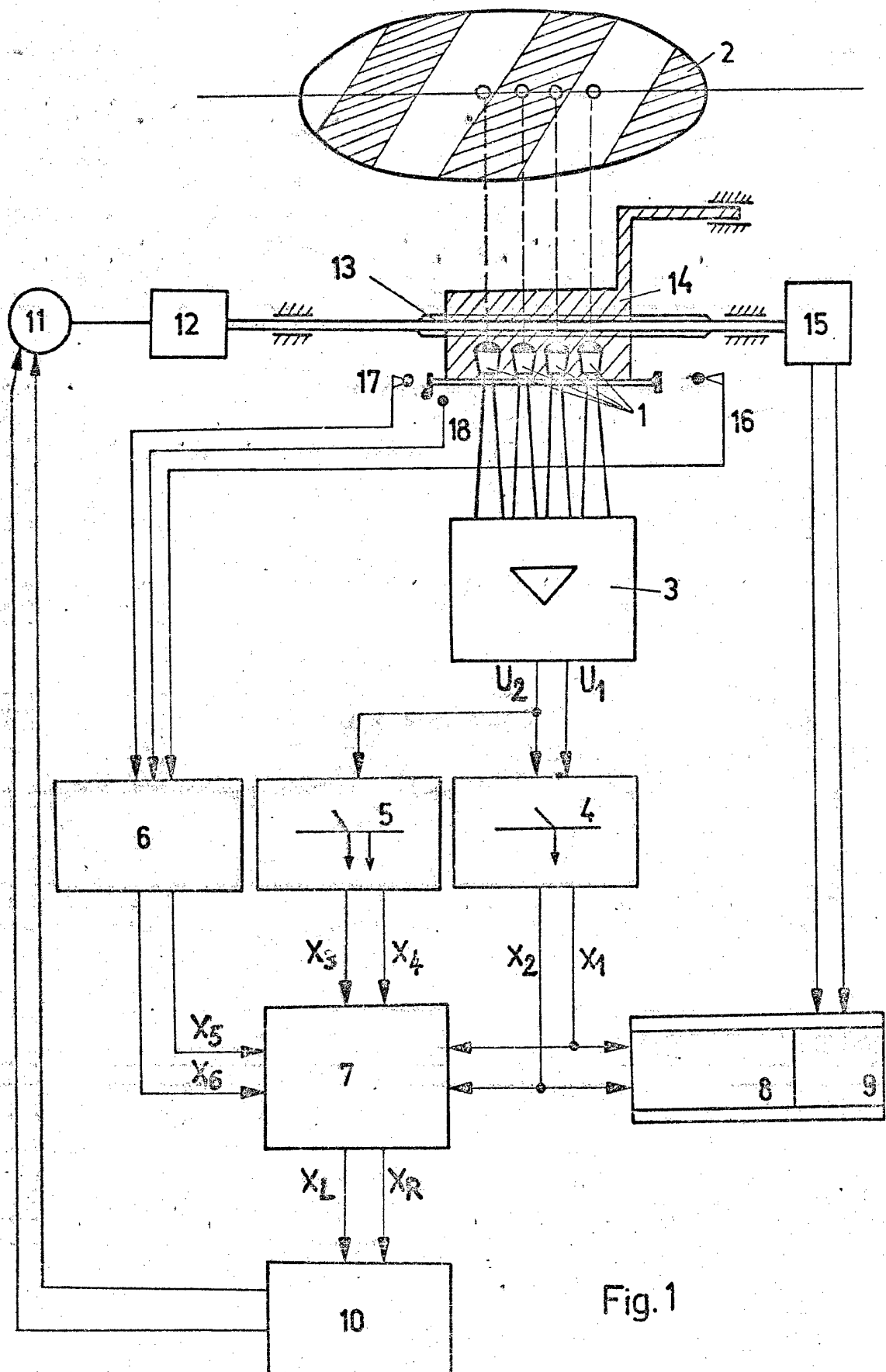


Fig. 1

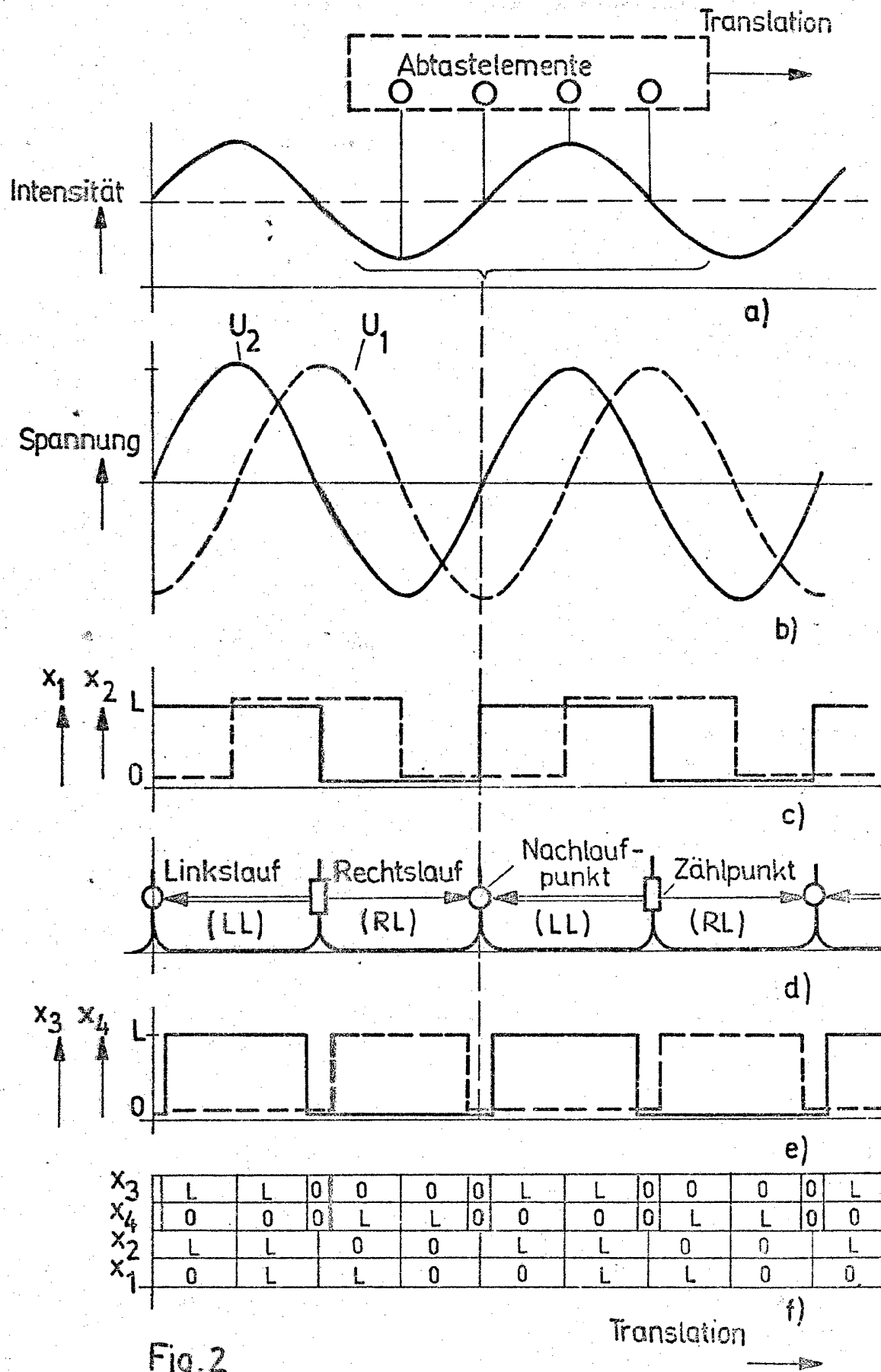


Fig. 2