



Patent
aufrechterhalten nach
§ 12 Abs. 3 ErstrG

(51) Int. Cl.⁵: H02P 8/00
G01J 3/02

DEUTSCHES PATENTAMT

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Aufrechterhaltung kann Einspruch eingelegt werden

(21) Aktenzeichen:	(22) Anmeldetag:	(44) Veröff.-tag der DD-Patentschrift:	(45) Veröff.-tag der Aufrechterhaltung:
DD H 02 P / 298 921 8	31. 12. 86	11. 05. 88	20. 01. 94

(30) Unionspriorität:

(72) Erfinder: Heinrich, Winfried, Dipl.-Ing., Jena, DE; Schmidt, Nikolaus, 07745 Jena, DE
(73) Patentinhaber: Carl Zeiss Jena GmbH, Tatzendpromenade 1 A, 07745 Jena, DE

(54) Verfahren zur Phasensynchronisation von schrittantriebsgesteuerten Einrichtungen

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 3 528 345 A 1 DE 3 202 807 A 1 DD 242 089 A 1

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Phasensynchronisation von schrittantriebgesteuerten Einrichtungen, insbesondere von optischen Modulationseinrichtungen für Mehrstrahl-Spektralfotometer, bei dem ein Schrittmotor, angesteuert durch Kommutatorsignale, eine Einrichtung antreibt, deren Phasenlage zu Signalen oder anderen Einrichtungen synchronisiert wird, indem aus der Phasenlage eines durch die Einrichtung erzeugten Sensorsignales ein Synchronisationssignal erzeugt wird zur Synchronisation von einem oder mehreren Nutzsignalen der Einrichtung zu deren Auswertesignalen, insbesondere von aus optischen Signalen einer Modulationseinrichtung abgeleiteten elektrischen Analogsignalen, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Phasenlage des Synchronisationssignales ständig mit einem vorgegebenen Phasenbezugssignal und damit zu den Auswertesignalen verglichen wird, daß in Abhängigkeit der Phasenlage des Synchronisationssignales zum Phasenbezugssignal bei einer toleranzüberschreitenden Abweichung die Phasenlage der Kommutatorsignale für den Schrittmotor möglichst feinstufig verändert wird und daß die Phasenlage des Synchronisationssignales synchron zur Phasenlage der Nutzsignale durch einen Justierabgleich des Synchronisationssignales einmalig eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß für den exakten Justierabgleich das Synchronisationssignal in seinem Phasenbezug unmittelbar mit dem Phasenbezugssignal verglichen wird und daß für den ständigen Phasenvergleich zwischen Synchronisations- und Phasenbezugssignal innerhalb eines Toleranzbereiches aus dem Phasenbezugssignal ein symmetrisch zur synchronisationswirksamen Flanke des Phasenbezugssignales liegendes Kontrollsignal gebildet wird, das mit dem Synchronisationssignal verglichen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Phasenlage der Kommutierungssignale für den Schrittmotor in Abhängigkeit des Phasenvergleiches von Synchronisations- und Phasenbezugssignal richtungsabhängig verändert wird.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung kann allgemein zur Phasensynchronisation von schrittantriebgesteuerten Einrichtungen zu Signalen oder zu anderen Einrichtungen angewendet werden.

Spezielles Anwendungsgebiet sind optische Modulationseinrichtungen für Mehrstrahl-Spektralfotometer, die durch Schrittmotoren angetrieben werden.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Vielfach sind kontinuierlich laufende Einrichtungen bekannt, bei denen Signale synchron zum Lauf erzeugt werden. Beispielsweise werden Auswertesignale zu Modulationseinrichtungen, insbesondere für Mehrstrahl-Spektralfotometer, benötigt, unabhängig davon, ob die Modulationseinrichtungen wie bisher allgemein üblich von Synchronmotoren (z. B. DD-PS 65468) oder Schrittmotoren (z. B. DE-OS 3202807, DD-PS 228058) angetrieben werden. Bei der DE-OS 3202807 wird ein höherfrequentes Taktsignal benutzt, um daraus mit einer Teilerseinrichtung die Steuerfrequenz des Schrittantriebes zu erzeugen und außerdem, um über einen weiteren Teiler, synchronisiert vom optischen Signal mittels Nulldurchgangsdetektor, ein Demodulationssignal zu bilden.

Diese Lösung, die nur für Einstrahlgeräte anwendbar ist, hat außerdem den wesentlichen Nachteil, daß bei höheren Absorptionen der optischen Probe durch das Rauschen die Demodulation verschlechtert wird.

In der DD-PS 228058 werden die Impulse der Schrittantriebs-Steuerfrequenz dem Schrittantrieb zugeführt, aber auch über eine einstellbare Verzögerungsstufe mit nachfolgender Impulsverkürzung geführt und steuern eine Zähler-Logik-Schaltung so an, daß die dabei gebildeten Auswertesignale, die der analogen Meßwertverarbeitung dienen, phasenrichtig zu den aus den optischen Signalen gebildeten elektrischen Analogsignalen liegen.

Ein mit dem Modulationsspiegel zusammenwirkender Optokoppler liefert dazu ein Synchronisationssignal, das zu Beginn jeder Modulationsperiode die Zähler-Logik-Schaltung rücksetzt. Damit werden zwar die Nachteile der DE-OS 3202807 beseitigt, da aber mit der einstellbaren Verzögerungsstufe nur innerhalb eines Schrittes justiert werden kann, ist es notwendig, Modulationsspiegel und Optokoppler mit definiert erregtem Schrittmotor vorzujustieren oder in einer Vorrichtung mit hinreichender Genauigkeit zusammenzubauen.

Neben dem Aufwand bei der Geräteherstellung erschwert die notwendige Vorjustierung den Service an der Modulationseinrichtung einschließlich des Optokopplers.

Außerdem treten z. B. bei Alterungserscheinungen mit sich änderndem Lastmoment am Schrittmotor Phasenverschiebungen zwischen optischen Signalen und Auswertesignalen und damit Meßfehler auf, die eine manuelle Nachjustierung erfordern. Es ist bereits vorgeschlagen worden (DD 242089), daß zur Synchronisierung, bezogen auf ein vorgegebenes Soll-Phasensignal, durch von der Synchronfrequenz abweichende Steuerfrequenzen der Schrittmotor solange um einen Schritt je Zyklus langsamer oder schneller läuft, bis Soll-Phasen- und Sensorsignal hinreichend genau übereinstimmen. Hier treten die gleichen Nachteile auf wie in der DD-PS 228058.

Weiterhin ist allgemein bekannt, einen Schrittantrieb nicht durch Impulse einer Steuerfrequenz anzusteuern, sondern beispielsweise durch einen Rechner Kommutatorsignale zu erzeugen, mit denen die Wicklungen des Schrittmotors geschaltet werden.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Verringerung des Herstellungs- und Justieraufwandes der schrittantriebsgesteuerten Einrichtung sowie die Erhöhung der Genauigkeit, Reproduzierbarkeit und Zuverlässigkeit der Signalverarbeitung.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein aufwandgeringes, technologisch gut beherrschbares und langzeitstables Phasensynchronisationsverfahren zu schaffen, bei dem ohne optische und mechanische Justiervorgänge phasenrichtige Auswertesignale gebildet werden und auch momentenbedingte Lastwinkeländerungen am Schrittmotor in ihrem Einfluß auf die Phasenlage der Einrichtung ohne erforderlichen erneuten Justierabgleich kompensiert werden können.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einem Verfahren zur Phasensynchronisation von schrittantriebsgesteuerten Einrichtungen, insbesondere von optischen Modulationseinrichtungen für Mehrstrahl-Spektralfotometer, bei dem ein Schrittmotor, angesteuert durch Kommutatorsignale, eine Einrichtung antreibt, deren Phasenlage zu Signalen oder anderen Einrichtungen synchronisiert wird, indem aus der Phasenlage eines durch die Einrichtung erzeugten Sensorsignales ein Synchronisationssignal erzeugt wird zur Synchronisation von einem oder mehreren Nutzsignalen der Einrichtung zu deren Auswertesignalen, insbesondere von aus optischen Signalen einer Modulationseinrichtung abgeleiteten elektrischen Analogsignalen, dadurch gelöst, daß die Phasenlage des Synchronisationssignales ständig mit einem vorgegebenen Phasenbezugssignal und damit zu den Auswertesignalen verglichen wird, daß in Abhängigkeit der Phasenlage des Synchronisationssignales zum Phasenbezugssignal bei einer toleranzüberschreitenden Abweichung die Phasenlage der Kommutatorsignale für den Schrittmotor feinstufig verändert wird und daß die Phasenlage des Synchronisationssignales synchron zur Phasenlage der Nutzsignale durch einen Justierabgleich des Synchronisationssignales einmalig eingestellt wird. Es ist vorteilhaft, wenn für den exakten Justierabgleich das Synchronisationssignal in seinem Phasenbezug unmittelbar mit dem Phasenbezugssignal verglichen wird und daß für den ständigen Phasenvergleich zwischen Synchronisations- und Phasenbezugssignal innerhalb eines Toleranzbereiches aus dem Phasenbezugssignal ein symmetrisch zur synchronisationswirksamen Flanke des Phasenbezugssignales liegendes Kontrollsignal gebildet wird, das mit dem Synchronisationssignal verglichen wird.

Von Vorteil ist auch, wenn die Phasenlage der Kommutatorsignale für den Schrittmotor in Abhängigkeit des Phasenvergleiches von Synchronisations- und Phasenbezugssignal richtungsabhängig verändert wird.

Die Phasenlage der Kommutatorsignale für den Schrittmotor wird zum Zwecke der Selbstsynchronisation solange möglichst feinstufig verändert, bis Synchronisations- und Phasenbezugssignal in ihrer Phasenlage hinreichend übereinstimmen. Die Stufigkeit der Phasensteuerung entsteht durch die der Digitaltechnik eigenen Informationsquantelung. Die Steuerfunktion übernimmt eine vorzugsweise rechentechnisch realisierte Phasensteuerstufe, die unmittelbar Kommutatorsignale für den Schrittmotor ausgibt und die den Phasenvergleich zwischen Synchronisations- und Bezugssignal durchführt.

Liegt eine Phasenabweichung zwischen Synchronisationssignal und Phasenbezugssignal vor, so wird die Auswertung der Nutzsignale der Einrichtung gesperrt, bis sich die Einrichtung wieder phasensynchronisiert hat.

Die genannte ständige Phasensteuerung erfolgt regelungstechnisch innerhalb eines definierten Toleranzbereiches. Aus diesem Grunde ist es zweckmäßig, das Synchronisationssignal nicht unmittelbar mit dem Phasenbezugssignal, sondern mit einem von diesem abgeleiteten Kontrollsignal zu vergleichen, das signalsymmetrisch zur synchronisationsrelevanten Flanke des Phasenbezugssignales erzeugt wird (z. B. durch Zeitverzögerung der nicht synchronisationswirksamen Signalfanke des Phasenbezugssignales).

Die Justierung der Einrichtung, um phasenrichtige Nutzsignale zu erhalten, erfolgt durch einen einmaligen rein elektrischen Abgleich der Phasenlage des Synchronisationssignales unmittelbar zur Phasenlage eines oder mehrerer Nutzsignale, insbesondere zur Phasenlage von aus den optischen Signalen der Einrichtung gewonnenen elektrischen Analogsignalen. Auf diese Art und Weise entfallen jegliche Aufwände für eine optische bzw. mechanische Justierung bei der Herstellung einschließlich entsprechender Konstruktionsmerkmale der Einrichtung.

Ein zweiter vorteilhafter Effekt der Erfindung ist, daß auch Änderungen des Lastwinkels, also momentenbedingte Verschiebungen in der Phasenlage zwischen Kommutatorsignal und Rotorlage, wie sie z. B. bei Langzeitänderungen des Reibmomentes auftreten, keinen Phasenfehler zwischen den elektrischen Analogsignalen und ihren Auswertesignalen verursachen, da die Kommutatorsignale solange selbsttätig verschoben werden, bis das zu den Analogsignalen phasenstarre Synchronisationssignal in Phase zu einem Phasenbezugssignal und damit zu den Auswertesignalen liegt. Damit werden eventuelle Langzeitphasenfehler selbsttätig durch die Veränderung der Phasenlage der Schrittmotor-Kommutatorsignale kompensiert, ohne daß eine manuelle elektrische, optische oder mechanische Nachjustierung als erneuter Abgleich erforderlich ist. Die Einrichtung besitzt für einen langen Zeitraum eine hohe Genauigkeit, Reproduzierbarkeit und Zuverlässigkeit in bezug auf die Informationsverarbeitung.

Es ist vorteilhaft, bei der Montage der Modulationseinrichtung den zulässigen Bereich im Phasenunterschied zwischen Nutzsignal und Sensorsignal so zu begrenzen, daß der beispielsweise temperaturbedingte Fehler der elektrischen Justierung hinreichend klein bleibt. Diese zu beachtende Zweckmäßigkeit bei der Herstellung steht jedoch in keinem Verhältnis zu den Aufwänden, die für eine mechanische oder optische Justierung erforderlich sind.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1: Schaltungsanordnung zur Phasensynchronisation einer schrittmorgesteuerten Modulationseinrichtung

Fig. 2: Signalverlauf nach beendetem Hochlauf des Schrittmotors einer Modulationseinrichtung

Fig. 3: Signalverlauf nach selbsttätiger Synchronisation

Fig. 4: Signalverlauf nach abgeschlossener elektrischer Justierung.

In der schematischen Darstellung nach Fig. 1 liefert ein Einchip-Mikrorechner 1 programm- und zeitablaufvereinfachend 2-Bit-Zählersignale 2^1 und 2^0 , aus denen mittels einer Logik 2 Kommutatorsignale für einen Schrittmotor 3 (vierphasig, unipolar) gewonnen werden.

Das höherwertige Zählersignal 2^1 wird direkt als Kommutatorsignal W1 einem Treiber 4 für die Wicklungsströme des Schrittmotors 3 zugeführt. Durch Negation an einem Negator 5 entsteht daraus ein dazu alternatives Kommutatorsignal $\overline{W1}$. Die Zählersignale 2^1 und 2^0 werden weiterhin durch ein EX-OR-Gatter 6 verknüpft, so daß ein Kommutatorsignal W2 und durch dessen Negation mittels eines Negators 7 ein Kommutatorsignal $\overline{W2}$ entstehen.

Entsprechend des 2-Bit-Zählerstandes werden über den Treiber 4 die entsprechenden Wicklungen des Schrittmotors 3 angesteuert.

Bei laufendem Software-Zähler des Einchip-Mikrorechners 1 läuft der Schrittmotor 3 mit entsprechender Geschwindigkeit und so ebenfalls ein mit dem Schrittmotor 1 gekoppelter Sektorspiegel 8 einer Modulationseinrichtung. Dabei finden, aus Übersichtsgründen nicht dargestellt, Strahlumschaltung und -modulation statt.

Außerdem wird von einem Sensor, ausgeführt als Reflexkoppler 9, im Zusammenwirken mit dem Sektorspiegel 8 ein Optokopplersignal OK gebildet. Dieses, dem zur Logik 2 gehörenden Monoflop 10 zugeführt, erzeugt an dessen Ausgang ein Synchronisationssignal SY, das im Einchip-Mikrorechner 1 verarbeitet wird.

An einem veränderbaren Widerstand 11 läßt sich zum Zwecke der elektrischen Phasenjustierung die Haltezeit des Monoflops 10 einstellen.

Wenn, gesteuert vom Einchip-Mikrorechner 1, Synchronisation zwischen einem rechnerinternen Bezugssignal BS und dem Synchronisationssignal SY erreicht ist und gegebenenfalls dazu noch eine andere, nicht in der Zeichnung dargestellte Modulationseinrichtung synchronisiert wurde, liefert der Einchip-Mikrorechner 1 Analogauswertesignale AWS.

Fig. 2 zeigt vor einer elektrischen Justierung, aber nach beendetem Hochlauf des Schrittmotors 3, seine Kommutatorsignale W1 und W2, beispielhaft ein aus den optischen Signalen abgeleitetes elektrisches Analogsignal AS der nicht dargestellten Modulationseinrichtung, das Optokopplersignal OK als Sensorsignal zur Synchronisierung der Analogsignale AS zum Bezugssignal BS und damit zu den Analogauswertesignalen AWS und das Bezugssignal BS für alle Auswertesignale und gegebenenfalls Taktsignale von Lampen der Einrichtung.

Die Zuordnung der Kommutatorsignale W1 und W2 zum Analogsignal AS, Optokopplersignal OK bzw. Bezugssignal BS sei hierbei willkürlich angenommen.

Bei der Selbstsynchronisation wird die Phasenlage der Kommutatorsignale W1, W2 feinstufig solange verschoben, bis die davon abhängende Phasenlage des Optokopplersignales OK mit der des Bezugssignales BS hinreichend genau übereinstimmt. Um den gleichen Betrag verschiebt sich auch die Phasenlage des elektrischen Analogsignales AS. Die Pfeile deuten die Signalverschiebung an.

Nach der Selbstsynchronisation ergibt sich der Zeitablauf von Fig. 3. Wird hierbei durch elektrische Justierung das Optokopplersignal OK beispielsweise zeitlich verlängert, um daraus das Synchronisationssignal SY (gestrichelter Verlauf) zu gewinnen, verschieben sich wegen der weiterhin wirkenden Selbstsynchronisation die Kommutatorsignale W1, W2 und mit der Phasenlage des Rotors das elektrische Analogsignal AS zum Bezugssignal BS.

Auf diese Weise wird die Phasenlage des Analogsignales AS zu der des Bezugssignales BS und damit zu der der Auswertesignale erfindungsgemäß justiert.

Der justierte Zustand ist in Fig. 4 dargestellt.

Nach Justierung und abgeschlossener Selbstsynchronisation kann das Bezugssignal BS als Kontrollsignal KS für den Synchronlauf benutzt werden, innerhalb dessen H-Zustand beispielsweise die H/L-Flanke des Synchronisationssignales SY liegen muß, wobei es zweckmäßig ist, die Zeit des H-Impulses gegenüber dem Bezugssignal BS zu vergrößern, beispielsweise zu verdoppeln.

Andererseits bestimmt die Impulsbreite des Kontrollsignales KS die maximal zulässige Abweichung in der Phasenlage. Um die Motorfrequenz im Synchronisationszustand konstant zu halten, ist es zweckmäßig, bei allen Programmverzweigungen gleiche Abarbeitungszeiten zu benutzen und Interrupts nicht zu verwenden.

Aus der zu Beginn einer Synchronisation ermittelten Differenz von Ist- zu Soll-Phasenlage wird vom Rechner berechnet, um wieviel Teilschritte die Kommutatorsignale zu verschieben sind.

Eine Verschiebung der Kommutatorsignale wird durch Variation der für einen Vollschritt notwendigen Rechnerzyklen erreicht. Dazu kann eine Liste mit beispielsweise 32 Plätzen für die 32 Teile eines Vollschrittes zyklisch vor- oder rückwärts durchlaufen werden. Ein einziger Platz ist markiert.

Soll die Phasenlage des entsprechenden Kommutatorsignales nicht verschoben werden, bleibt der markierte Platz in seiner Lage erhalten und bewirkt beim fortlaufenden Durchlauf der Liste jeweils einen Zählimpuls für den 2-Bit-Zähler.

Es läßt sich aber auch durch Verschieben der markierten Stelle in der Liste einfach die Phasenlage dieses Zählimpulses und damit die der Kommutatorsignale verändern. Mit Hilfe einer weiteren Liste, die ebenfalls zyklisch durchlaufen wird, können die Auswertesignale gebildet werden.

Um die Phasenlage zweier Schrittantriebe mit je einer zugehörigen Liste zueinander zu synchronisieren, können Listenlänge und/oder Taktfrequenz für den Listendurchlauf zeitweise variiert werden.

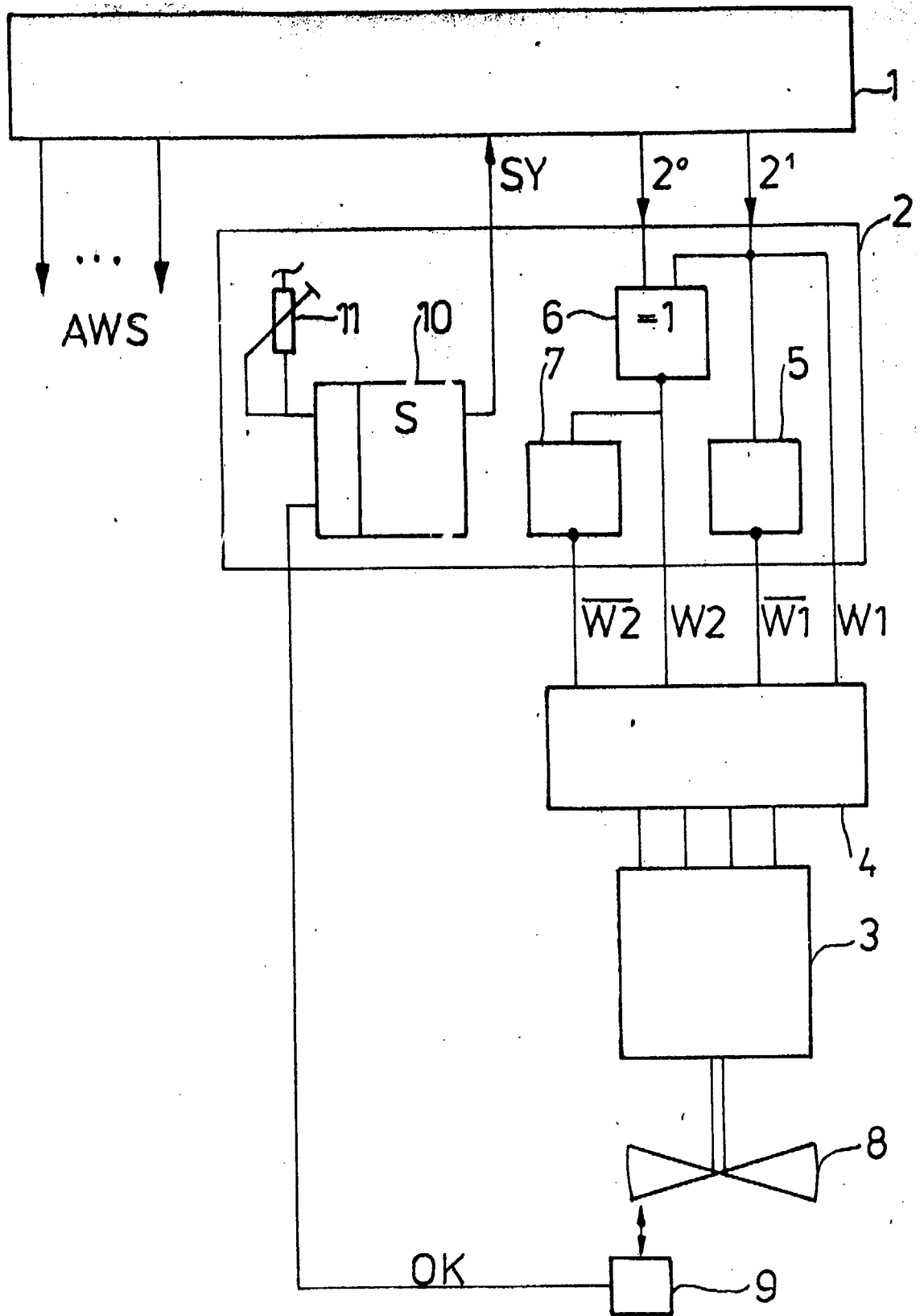


Fig.1

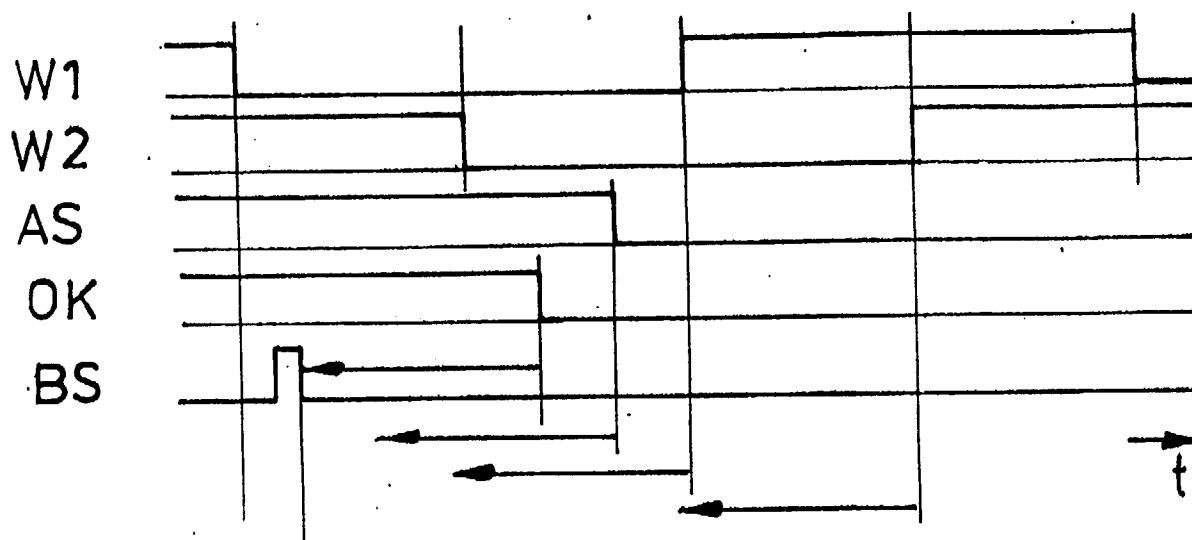


Fig. 2

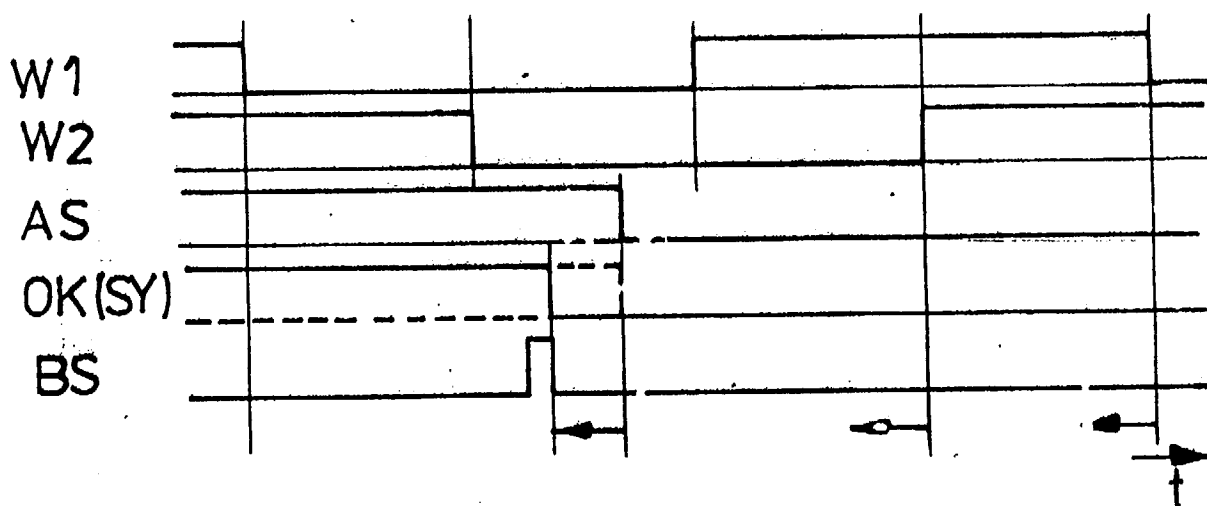


Fig. 3

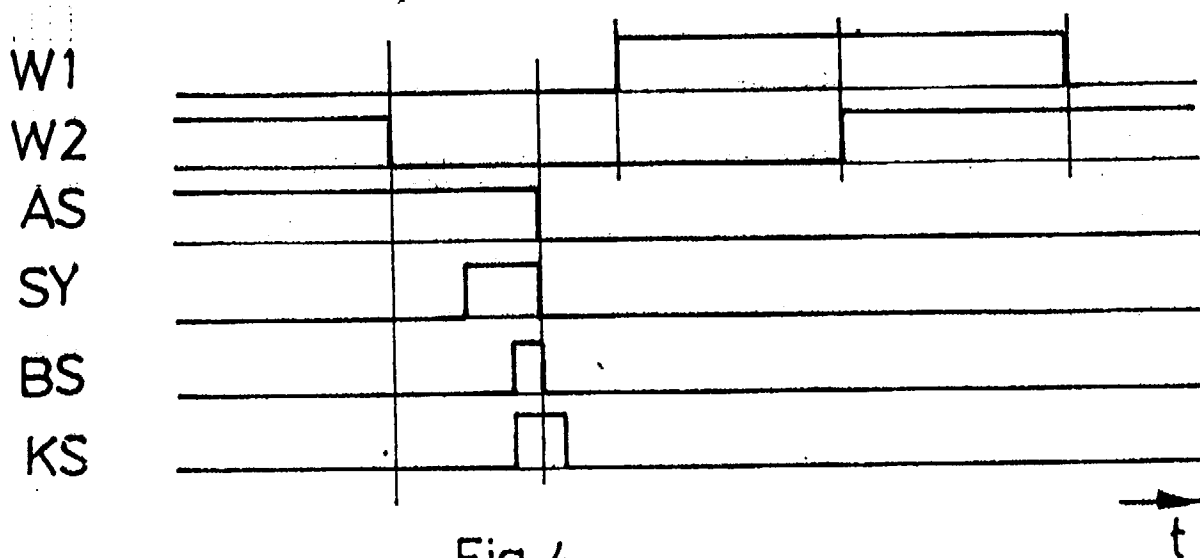


Fig. 4