



**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

Anmeldenummer: **91116091.9**

Int. Cl.<sup>5</sup>: **G05F 1/24**

Anmeldetag: **21.09.91**

Priorität: **20.10.90 DE 4033391**

Anmelder: **MASCHINENFABRIK REINHAUSEN GMBH**  
**Falkensteinstrasse 8**  
**W-8400 Regensburg(DE)**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**29.04.92 Patentblatt 92/18**

Erfinder: **Kugler, Kurt, Dipl.-Ing. (FH)**  
**Hainsacker Kellerweg 12**  
**W-8417 Lappersdorf(DE)**

Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE FR LI NL**

**Verfahren zur Parallelaufregelung von Stufentransformatoren.**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Parallelaufregelung von Stufentransformatoren, die in beliebigen Schaltkombinationen auf ein Zweischienensammelsystem wirken.

Dabei ist jedem Stufentransformator ein separater Regler zugeordnet, der auf den zugehörigen Motorantrieb, der wiederum den zugehörigen Stufenschalter betätigt, einwirkt.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird in einem Parallelsteuergerät zuerst die aktuelle Transformatornkonfiguration erfaßt, anschließend werden diesem Gerät die aktuellen Amplituden- und Phasenwerte von Spannung und Strom aller Stufentransformatoren übermittelt, woraus für jeden Stufentransformator Teillaststrom und Kreisblindstrom ermittelt und daraus eine Störgröße für die jeweiligen Spannungsregler gebildet wird.

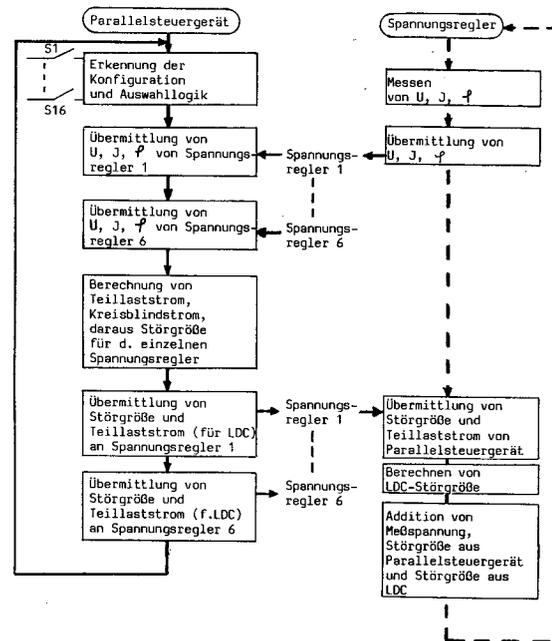


Fig. 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Parallelaufregelung von mit Stufenschaltern ausgestatteten Stufentransformatoren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches.

Verfahren zur Regelung des Parallellaufs von Stufentransformatoren sind bereits in zahlreichen Formen bekannt.

Sind die parallelzuschaltenden Stufentransformatoren hinsichtlich ihrer Spannungsstufen und Stufenzahlen identisch, gestaltet sich das Regelverfahren relativ einfach; hierbei kommt es lediglich darauf an, daß sich alle Stufenschalter jederzeit auf der gleichen Spannungsstufe befinden, da sonst ein Ausgleichsstrom zwischen den Sekundärwicklungen entsteht. Dies ist bereits aus DE 11 39 918 bekannt. Aus AT 126 517 ist es dazu weiterhin bekannt, Hilfsumschalter vorzusehen, die die gleiche Kontaktzahl wie die Stufenschalter aufweisen.

Kompliziertere Regelverfahren ergeben sich hingegen, wenn es sich bei den zu steuernden parallellaufenden Stufentransformatoren um solche mit unterschiedlichen Spannungsstufungen und Stufenzahlen handelt; in diesen Fällen bedarf es einer Regelung im engeren Sinne.

Die dazu bekannten Regelverfahren lassen sich im wesentlichen in zwei Gruppen einteilen:

Zum einen sind, beispielsweise aus DE 11 56 880, die sog. "Master-Slave"-Verfahren bekannt, d.h. es wird eine Gleichlaufsteuerung realisiert, bei der ein Stufentransformator als "Master" ausgewählt wird, dem die anderen Stufentransformatoren "nachlaufen".

Die zweite Möglichkeit ist eine echte Parallelaufregelung, wobei alle Stufentransformatoren im gleichberechtigten Betrieb arbeiten.

Aus der SIEMENS-Zeitschrift 1956, Heft 2, Seiten 100 ff.: "Die Parallelsteuerung von Transformatoren mit Stufenschalter" ist eine entsprechende Regeleinrichtung bekannt, bei der jedem Stufenschalter ein Steuergerät zugeordnet ist; eine ähnliche Einrichtung wird in DE 30 32 874 offenbart.

Schließlich ist aus der Betriebsanweisung 63/82 (BA 63/62 de/en-1088/1000), Stand Oktober 1988, der Maschinenfabrik Reinhausen GmbH eine Einrichtung zur automatischen Parallelaufregelung nach der Ausgleichstrommethode bekannt geworden, die vorsieht, daß jeder Stufentransformator mit einem eigenen Spannungsregler und einem zugehörigen Parallelsteuergerät ausgestattet ist.

Bei dem dieser Einrichtung zugrundeliegenden Verfahren messen die Spannungsregler die jeweilige Spannung mittels eines Spannungswandlers; die nachgeordneten Parallelsteuergeräte sind erforderlich, um zu gewährleisten, daß eine unterschiedliche Stufenstellung der parallelgeschalteten Stufentransformatoren auch dann zur Regelung führt, wenn die Summe der Spannungen der Sollspannung des Systems entspricht.

Die Parallelsteuergeräte generieren bei diesem Verfahren eine Steuergröße, die proportional dem Kreisblindstromanteil des eigenen Stufentransformators ist und auf die Spannungsregler wirkt.

Diese Schaltung und das zugrundeliegende Verfahren sind für die Regelung auf einer Sammelschiene praktikabel. Wenn jedoch eine beliebige Verknüpfung mit Stufentransformatoren, die auf einer zweiten Sammelschiene arbeiten, möglich sein soll, wird die entsprechende Schaltung zur Durchführung des Verfahrens sehr kompliziert und birgt zahlreiche Fehlermöglichkeiten in sich.

Dies dadurch, daß sich zahlreiche Querverbindungen zwischen den Parallelsteuergeräten und für die Erfassung der Systemkonfiguration erforderlichen zugeordneten Hilfs- bzw. Signalkontakten ergeben. Dieser Aufwand steigt entsprechend der bei zunehmender Zahl vorhandener Stufentransformatoren rasch zunehmenden Variantenzahl möglicher Schaltungsanordnungen dieser Stufentransformatoren ebenfalls sehr stark und macht universelle und erweiterungsfähige Schaltungen praktisch unmöglich.

Aufgabe der Erfindung ist es, durch ein neuartiges Verfahren zur Parallelaufregelung ohne Querverbindungen zwischen den jedem Stufentransformator zugeordneten Steuer- und Regeleinrichtungen auszukommen und damit die Möglichkeit zu schaffen, eine universelle Beschaltung des Systems bei jeder beliebigen Stufentransformatoren- und Sammelschienenanzahl zu ermöglichen, die auch nachträglich mit geringem Aufwand erweiterungsfähig ist. Zudem soll der Schaltungsaufwand dadurch weiter gesenkt werden, daß es das neuartige Verfahren gestatten soll, nur mit einem Parallelsteuergerät auszukommen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Verfahren gemäß dem Patentanspruch gelöst.

Das neue Verfahren erfordert bei der schaltungstechnischen Realisierung ein, vorzugsweise mikroprozessorgesteuertes, Parallelsteuergerät, das seriell mit den einzelnen Spannungsreglern, die, wie nach dem Stand der Technik bekannt, weiterhin jeweils jedem Stufentransformator zugeordnet sind, in Verbindung steht. Durch die seriellen Datenleitungen ergibt sich eine geringere Wahrscheinlichkeit von Verdrahtungs- und anderen Fehlern.

Die bisher notwendige Verbindung zum Motorantrieb zur Stufenstellungserfassung entfällt ebenfalls.

Das erfindungsgemäße Verfahren soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden:

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung der ablaufenden Verfahrensschritte

Fig. 2 zeigt ein Prinzipschaltbild von beispielsweise 6 Stufentransformatoren in einem Zweisammelschienenystem

Fig. 3 zeigt die prinzipielle serielle Zusammenschaltung der 6 Stufentransformatoren mit einem einzigen Parallelsteuergerät zur Durchführung des Verfahrens.

Mittels der Meldekontakte S1...S16 der entsprechenden Trenner und Leistungsschalter wird einem Parallelsteuergerät P die aktuelle Stufentransformatorenkonfiguration, d.h. die Information, welche Stufentransformatoren auf welchen Sammelschienen parallelgeschaltet arbeiten, mitgeteilt.

Es ist ersichtlich, daß die Stufentransformatoren T1...T6 dabei in allen denkbaren Schaltkombinationen mit den beiden Sammelschienen verknüpft sein können.

Jedem Stufentransformator T1...T6 ist ein Spannungsregler R1...R6 zugeordnet, der die Amplituden von Spannung und Strom und den Phasenwinkel an jedem Stufentransformator auf an sich bekannte Weise mißt und nacheinander diese Werte über serielle Datenleitungen an ein Parallelsteuergerät P übermittelt.

Anschließend werden daraus für jeden Spannungsregler R1...R6 getrennt Teillaststrom und Kreisblindstrom ermittelt und daraus die Störgröße für jeden Spannungsregler R1...R6 berechnet.

Nachfolgend werden die Störgröße und der Teillaststrom über die seriellen Datenleitungen wiederum den einzelnen Spannungsreglern R1...R6 übermittelt.

Danach wird in jedem Spannungsregler R1...R6 eine Störgröße auf an sich bekannte Weise nach der Methode der Line-drop-compensation (LDC) erzeugt.

Damit ist auf an sich bekannte Weise der Leitungsspannungsabfall kompensierbar.

Dies kann durch eine Schaltungsanordnung, beispielsweise nach DE 26 16 798 oder DE 26 30 933, oder auch durch einen geeigneten Programmteil geschehen.

Schließlich werden für jeden Spannungsregler R1...R6 die Meßspannung, die aus dem Parallelsteuergerät übermittelte Störgröße und die Störgröße aus der Kompensation des Leitungsspannungsabfalls addiert und das Ergebnis wird als neuer Wert auf den entsprechenden Spannungsregler geschaltet.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann die serielle Datenleitung anstatt, wie beschrieben, als Punkt-zu-Punkt-Verbindung auch als Ringleitung (z.B. RS485) ausgeführt sein.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Parallelaufregelung von in beliebiger Schaltkombination in einem Zweisammelschienen-system parallel laufenden mit Stufenschaltern zum Schalten unterschiedlicher

Spannungsstufen unter Last ausgerüsteter Stufentransformatoren, wobei die jeweilige Stellung der Trenn- und Leistungsschalter des Systems durch Meldekontakte erfaßt wird und wobei weiterhin jedem Stufentransformator ein separater Spannungsregler zugeordnet ist, der auf den jeweiligen Motorantrieb, der wiederum den zugehörigen Stufenschalter betätigt, einwirkt,

dadurch gekennzeichnet, daß in einem Parallelsteuergerät durch die Stellung der Meldekontakte erfaßt wird, welche Stufentransformatoren in welcher Konfiguration im Parallellauf arbeiten,

daß anschließend in den Spannungsreglern die aktuellen Werte der Amplitude und des Phasenwinkels von Spannung und Strom des jeweiligen Stufentransformators gemessen und über serielle Datenleitungen dem Parallelsteuergerät übermittelt werden, daß nachfolgend aus diesen einzelnen Werten für jeden Stufentransformator der Teillaststrom und der Kreisblindstrom ermittelt und danach eine Störgröße, d.h. eine Beeinflussungsgröße für die einzelnen Spannungsregler, generiert wird, daß die Werte des Teillaststromes und der Störgröße jeweils über die seriellen Datenleitungen vom Parallelsteuergerät zu den entsprechenden Spannungsreglern übertragen werden, daß anschließend aus dem jeweiligen Teillaststrom im entsprechenden Spannungsregler eine LDC-Störgröße zur Kompensation des Leitungsspannungsabfalls erzeugt wird und daß schließlich die Werte von gemessener Spannung, Störgröße und LDC-Störgröße in jedem Spannungsregler summiert und der Regelgröße aufgeschaltet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die serielle Datenleitung als Ringleitung ausgebildet ist.

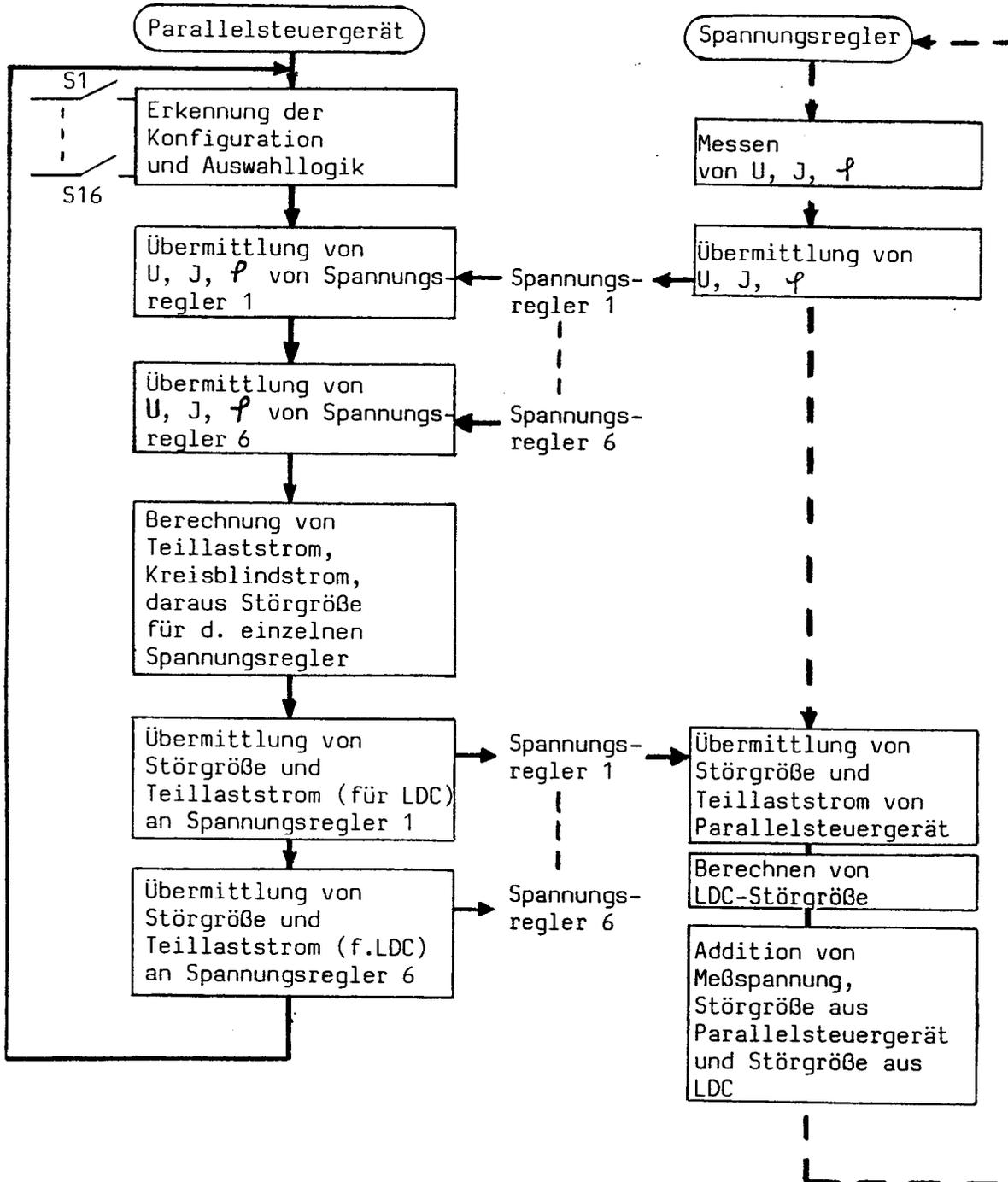


Fig. 1

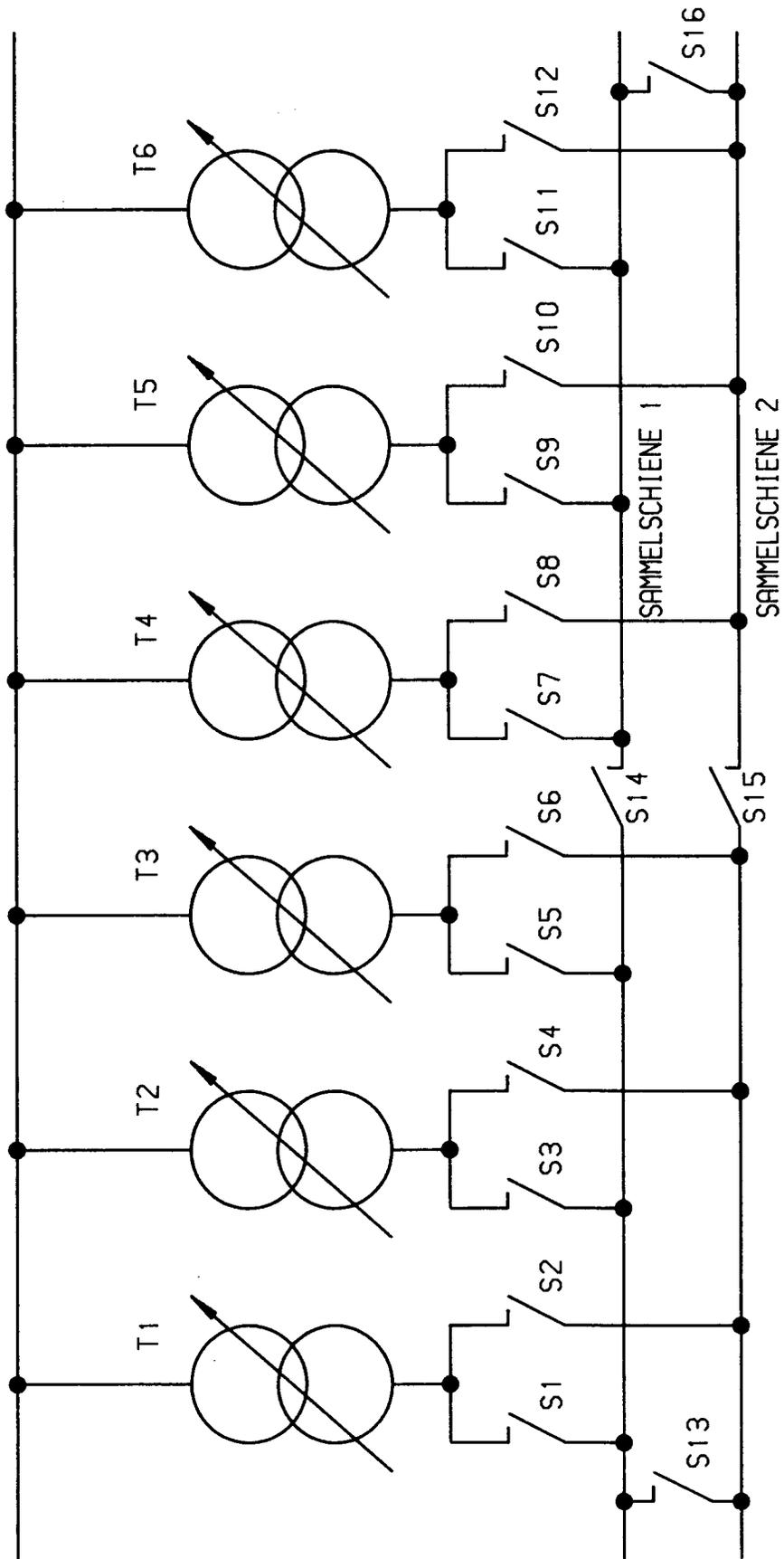


Fig.2

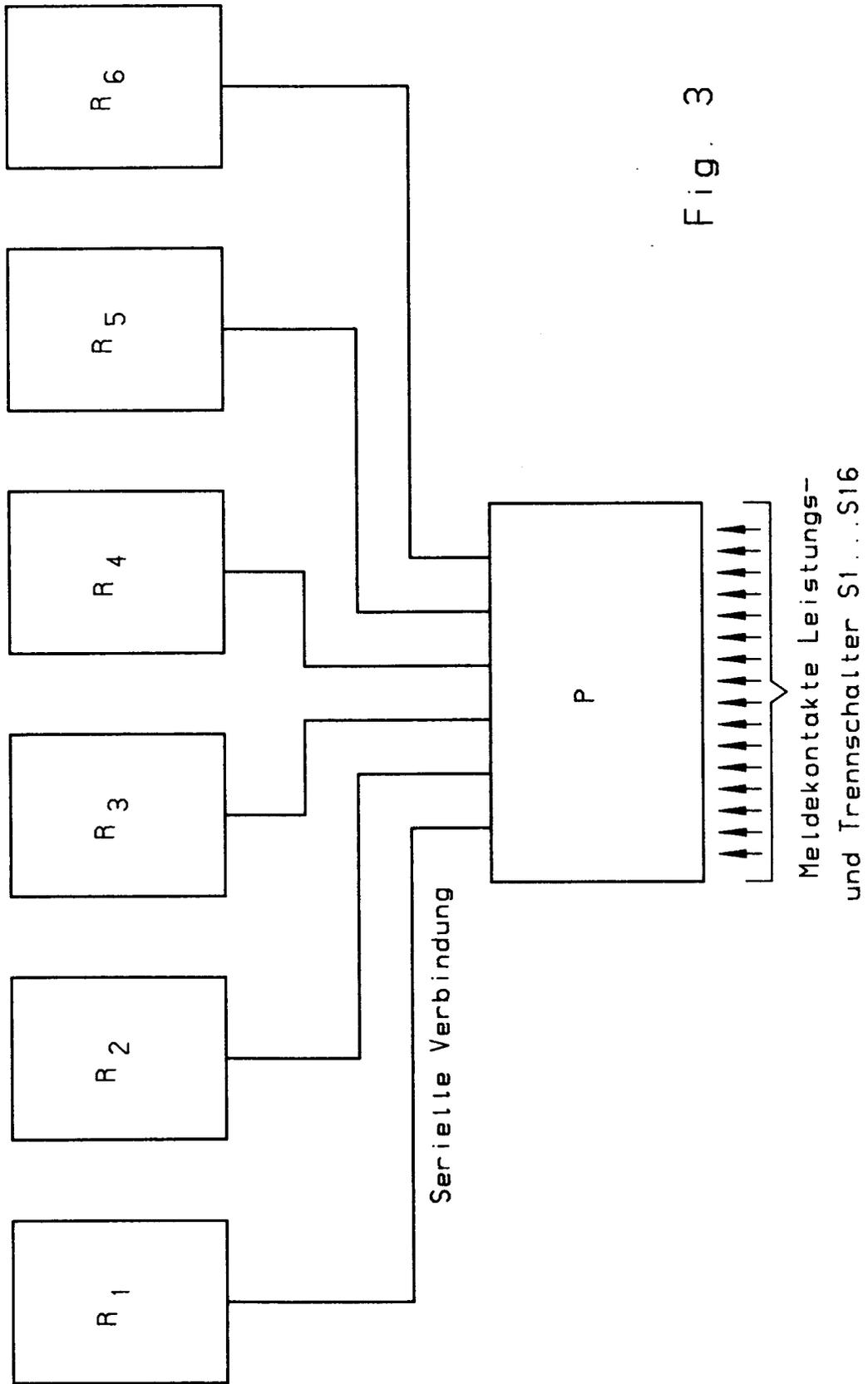


Fig. 3