

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 90250033.9

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: H01H 33/59, //H01H33/66

22 Anmeldetag: 08.02.90

30 Priorität: 22.02.89 DE 3905822

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
29.08.90 Patentblatt 90/35

64 Benannte Vertragsstaaten:  
**BE DE FR GB IT NL**

71 Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**  
**Wittelsbacherplatz 2**  
**D-8000 München 2(DE)**

72 Erfinder: **Huhse, Peter, Dr.**  
**Leubachstrasse 6**  
**D-1000 Berlin 41(DE)**  
Erfinder: **Kopplin, Horst, Dr.**  
**Rieppellstrasse 13**  
**D-1000 Berlin 13(DE)**  
Erfinder: **Niewisch, Joachim, Dr.**  
**Strahlsunder Strasse 14**  
**D-8500 Nürnberg(DE)**  
Erfinder: **Trott, Josef**  
**Fasanenweg 16**  
**D-8522 Herzogenaurach(DE)**

54 **Verfahren zum Betrieb eines Leistungsschalters.**

57 2.1 Es wird ein Verfahren beschrieben, das unter Verwendung eines Vakuumschalters induktive Stromkreise ohne störende Überspannungen zu unterbrechen vermag.

2.2 Der Schaltvorgang des Vakuumschalters (2) wird durch ein Auslösesteuergerät (4) beeinflusst, dem ein Meßwert des Auslöseverzuges des Vakuumschalters vom Zeitpunkt der Abgabe des Auslösesignals bis zum Zeitpunkt der Trennung der Kontaktstücke bei einer vorangegangenen Ausschaltung als Korrekturgröße zugeführt wird. Als weitere Korrekturgrößen (44, 45, 46) können die Temperatur der Antriebsvorrichtung (35) des Vakuumschalters, die Stillstandszeit des Schalters sowie Betriebsspannung und Temperatur eines Auslösemagneten eingesetzt werden.

2.3 Das beschriebene Verfahren eignet sich zum Einsatz bei Vakuum-Leistungsschaltern in Stromkreisen mit induktiven Verbrauchern.

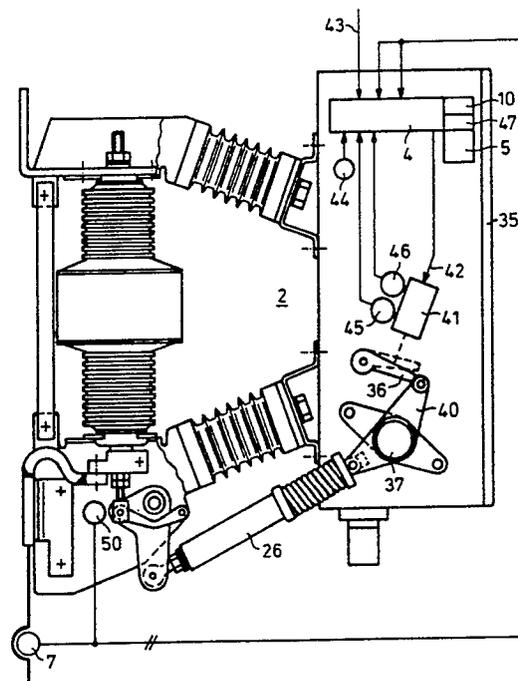


FIG 5

EP 0 384 552 A2

## Verfahren zum Betrieb eines Leistungsschalters

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Leistungsschalters, insbesondere eines Vakuumschalters, unter Verwendung eines Auslösesteuergerätes, das unabhängig vom Zeitpunkt einer Befehls-gabe zum Ausschalten die Öffnung der Schaltstücke zu einem in fester Beziehung zum Nulldurchgang des Stromes stehenden Zeitpunkt veranlaßt.

Ein Verfahren dieser Art ist beispielsweise durch die US-A-3 555 354 bekannt geworden. Zweck dieses Verfahrens ist es, die Dauer der Lichtbogenentladung zwischen den Schaltstücken des Leistungsschalters möglichst zu beschränken, andererseits zum Zeitpunkt des Stromnulldurchganges eine ausreichende Kontaktöffnung sicherzustellen. Das Auslösesteuergerät erfaßt hierzu über Wandler den fließenden Strom und gewinnt hieraus periodische Impulse jeweils beim Nulldurchgang des Stromes und im Maximum bzw. Minimum der Stromkurve. Beide Impulse werden über ein Zeitglied einem UND-Glied zugeführt, das zusätzlich durch ein Signal beaufschlagbar ist, das von der absoluten Höhe des Stromes abgeleitet ist. Das von dem UND-Glied ausgehende Auslösesignal gelangt in üblicher Weise zu einem Auslösemagneten, der ein Ventil oder eine Verklünnungsanordnung zur Freigabe des Schaltmechanismus bzw. des Schalterantriebes betätigt.

Vakuumschalter haben in ähnlicher Weise wie bestimmte Arten von Druckgasschaltern die Eigenschaft, daß ihre Schaltstrecken nach einer Stromunterbrechung in außerordentlich kurzer Zeit eine hohe dielektrische Festigkeit erlangen. Sie neigen daher insbesondere in stark induktiven Stromkreisen zu sogenannten multiplen Wiederzündungen, die eine rasche Folge von Lös- und Zündvorgängen zwischen den geöffneten Schaltstücken darstellen. Mit diesem Vorgang können hohe Überspannungen verbunden sein. In Drehstromnetzen kann es darüberhinaus aufgrund multipler Wiederzündungen im erstlöschenden Pol des Leistungsschalters zu einem virtuellen Stromabriß in den letztlöschenden Polen des Leistungsschalters kommen, wodurch gleichfalls Überspannungen erzeugt werden.

Zur Vermeidung solcher Überspannungen ist bereits versucht worden, in Vakuumschaltern Kontaktwerkstoffe einzusetzen, die aufgrund des relativ hohen Dampfdruckes einzelner Komponenten einen Schaltlichtbogen bis möglichst nahe dem Nulldurchgang des Stromes aufrechtzuerhalten. Dieser vorteilhaften Eigenschaft steht jedoch ein vermindertes Vermögen zur Unterbrechung hoher Schaltleistungen gegenüber, woraus sich die Schwierigkeit ergibt, einen zur Unterbrechung hoher Schalt-

leistungen geeigneten Leistungsschalter zu schaffen, der gleichzeitig die Entstehung von Überspannungen vermeidet.

Ferner ist es bekannt, die insbesondere beim Schalten von Motorstromkreisen auftretenden Überspannungen durch Überspannungsbegrenzer oder durch Kombinationen von Widerständen, Kondensatoren und Drosselspulen mit ähnlichen Eigenschaften zu vermeiden. Abgesehen von der Schwierigkeit, solche Elemente an einer zur Sicherstellung ihrer Wirksamkeit geeigneten Stelle einer Schaltungsanordnung unterzubringen, müssen diese Bauteile auch individuell an die Eigenschaften des jeweils vorliegenden Stromkreises angepaßt werden.

Mit dem Ziel einer Vermeidung der vorstehend beschriebenen Schwierigkeiten ist bereits ein Schaltverfahren bekannt, bei dem zwei der Schaltstrecken eines dreipoligen Leistungsschalters mindestens um ein Drittel eines Zyklus der Netzfrequenz später geöffnet werden, als die erste Schaltstrecke, zuzüglich der minimalen Lichtbogendauer in der ersten Schaltstrecke (DE-C-28 54 092). Dieses Verfahren verhindert grundsätzlich das Auftreten des sogenannten virtuellen Stromabrisse in den beiden letztlöschenden Polen des Leistungsschalters. Aufgrund der Tatsache, daß der Schaltvorgang zu einem beliebigen Zeitpunkt beginnen kann, lassen sich jedoch nicht die multiplen Wiederzündungen im erstlöschenden Pol verhindern, die ebenfalls Ursache von Überspannungen sind.

Wird ein Leistungsschalter unter Verwendung eines Auslösesteuergerätes betrieben, so ist es prinzipiell möglich, auch in Drehstromnetzen Schalthandlungen ohne Überspannungen vorzunehmen, wenn die Steuerung derart erfolgt, daß im Stromnulldurchgang aller Pole des Leistungsschalters ein solcher Abstand zwischen den Kontaktstücken besteht, daß der Lichtbogen unter dem Einfluß der wiederkehrenden Spannung nicht neu zünden kann. Ein solches Schaltverfahren erweist sich als außerordentlich schwierig durchführbar, weil das sogenannte Öffnungsfenster, d. h. der Zeitraum, in welchem die Öffnung der Schaltstücke erfolgen muß, in einem Netz mit einer Frequenz von 50 Hz eine Breite von lediglich etwa 2 ms hat. Übliche Leistungsschalter sind nicht in der Lage, einen Öffnungsvorgang mit einer solchen Präzision durchzuführen. Hinzu kommt, daß sich die mechanischen Eigenschaften von Leistungsschaltern im Laufe ihrer Benutzungsdauer soweit ändern können, daß sie das Öffnungsfenster nach längerer Betriebsdauer und veränderten Umgebungsbedingungen nicht mehr einzuhalten vermögen, selbst wenn sie dazu im Neuzustand geeignet sind.

Der Erfindung liegt hiervon ausgehend die Aufgabe zugrunde, das Verfahren zum Betrieb eines Leistungsschalters so auszugestalten, daß im Laufe der Benutzungsdauer eines Leistungsschalters auftretende Änderungen von Eigenschaften selbsttätig berücksichtigt werden und hierdurch das Öffnungsfenster auch nach langer Betriebszeit eingehalten werden kann.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß dem Auslösesteuergerät ein Meßwert des Auslöseverzuges des Leistungsschalters vom Zeitpunkt der Abgabe des Auslösesignals bis zum Zeitpunkt der Trennung der Kontaktstücke bei einer vorangegangenen Ausschaltung als Korrekturgröße zugeführt wird. Der Auslöseverzug stellt nämlich das Ergebnis einer ganzen Reihe mechanischer Einflußgrößen dar, die einzeln nur schwierig zu erfassen sind. Der Auslöseverzug dagegen ist auf unterschiedliche Weise mit ausreichender Genauigkeit bei verhältnismäßig geringem Aufwand zu ermitteln. Damit ist die Möglichkeit geschaffen, das von Überspannungen freie Schalten insbesondere von Motorstromkreisen und Drosselspulen mit Vakuumschaltern mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand durchzuführen.

Im Rahmen der Erfindung eignet sich zur Durchführung des neuen Verfahrens ein Leistungsschalter, dem zur Ermittlung des Auslöseverzuges eine Meßeinrichtung zugeordnet ist, die durch den Empfang eines Auslösesignals in Lauf gesetzt und bei der Trennung der Kontaktstücke angehalten wird und daß eine Speichereinrichtung vorgesehen ist, die den Meßwert des Auslöseverzuges wenigstens bis zum nächsten Ausschaltvorgang speichert. Obwohl somit als Korrekturgröße für die Steuerung des Leistungsschalters unter Umständen ein Auslöseverzug herangezogen wird, der auf einer bereits eine gewisse Zeit zurückliegenden Ausschaltung beruht, so erweist es sich dennoch, daß diese Vorgehensweise geeignet ist, daß relativ schmale Öffnungsfenster bei der Ausschaltung zu treffen.

Zur Messung des Auslöseverzuges sind sowohl elektrische als auch elektromechanisch bzw. elektronisch-mechanisch wirkende Auswerteeinrichtungen geeignet. Insbesondere kann beim Schalten mit Strom das Auftreten einer Lichtbogenspannung zwischen den Kontaktstücken als Kriterium für die Kontakttrennung herangezogen werden.

Anstelle der vorstehend erläuterten Meßeinrichtung oder zusätzlich zu dieser kann die Auswerteeinrichtung zur Erfassung der Kontaktöffnung eine Schaltungsanordnung zur Messung der Kapazität zwischen den Kontaktstücken enthalten. Auch dieses Meßverfahren arbeitet berührungslos und erfordert somit keine Änderungen am Kontaktsystem selbst.

Es ist jedoch auch möglich, den zur Ermittlung

des Auslöseverzuges zu ermittelnden Zeitpunkt der Kontaktöffnung unmittelbar aus der Relativbewegung der Kontaktstücke zu ermitteln. Hierzu kann ein unmittelbar mit einem bewegbaren Kontaktstück verbundenes Antriebsorgan mit einem Reflektor versehen und diesem mit geringem Abstand gegenüberstehend ein Lichtwellenleiter ortsfest angebracht sein, der an seinem dem Reflektor abgewandten Ende mit einer Lichtquelle und einer Empfangsschaltung für reflektiertes Licht zusammenwirkt.

Wie bereits eingangs dargelegt, wird durch die Messung des Auslöseverzuges bereits eine Vielzahl miteinander verknüpfter Einflußgrößen für den mechanischen Ablauf des Schaltvorganges berücksichtigt. Ist aber beispielsweise damit zu rechnen, daß ein Leistungsschalter an seinem Aufstellungs-ort stark wechselnden Temperaturen ausgesetzt ist, so kann sich die einmal ermittelte Größe des Auslöseverzuges als nicht ausreichend genau zur Steuerung des Leistungsschalters erweisen. In diesem Fall kann es vorteilhaft sein, dem Auslösesteuergerät als weitere Korrekturgröße die Temperatur der Antriebsvorrichtung des Leistungsschalters zuzuführen. Dies kann auf verhältnismäßig einfache Weise durch einen in dem Antriebsgehäuse angebrachten Temperaturfühler geschehen. Wird nun durch eine Versuchsreihe ermittelt, welchen Einfluß die Temperatur auf den Auslöseverzug hat, so kann durch eine Zuordnung der jeweils vorliegenden Temperatur zu einem Standardwert des Auslöseverzuges die voraussichtliche positive oder negative Abweichung von dem Standardwert ermittelt werden.

Ein weiteres Kriterium für den mechanischen Ablauf des Schaltvorganges bildet die seit der letzten Schalthanlung verstrichene Zeit. Grundsätzlich hält ein regelmäßig benutzter Leistungsschalter den einmal bestimmten Wert des Auslöseverzuges eher bei als ein nur selten und möglicherweise nur im Abstand von Monaten oder Jahren betätigter Leistungsschalter. Dieser Einfluß kann durch eine geeignete Korrekturgröße berücksichtigt werden. Hierzu kann die seit der letzten Schalthanlung vergangenen Zeit gemessen werden, wobei auch hier durch Versuche festzustellen ist, wie sich der Auslöseverzug ausgehend von einem Standardwert in Abhängigkeit von der Stillstandszeit verändert.

Die Freigabe des Schaltmechanismus von Leistungsschaltern erfolgt im allgemeinen durch einen Elektromagnet, der aus einem Hilfsnetz gespeist wird. Da die Spannung dieses Hilfsnetzes schwanken kann und die Ansprechgeschwindigkeit des Auslösemagneten hiervon abhängig ist, hat auch der Wert der Versorgungsspannung des Auslösemagneten einen unmittelbaren Einfluß auf den Auslöseverzug. Nach einer Weiterbildung der Erfindung kann auch dieser Einfluß berücksichtigt wer-

den, indem die Versorgungsspannung des Auslösemagneten dem Auslösesteuergerät zur Gewinnung einer weiteren Korrekturgröße zugeführt wird. Ebenso kann die Temperatur der Wicklung des Auslösemagneten erfaßt werden, da hiervon der Widerstand und somit bei gegebener Spannung der Strom durch die Wicklung abhängt.

Alle genannten Meßwerte bzw. Korrekturgrößen können zweckmäßig einem Echtzeitmikroprozessor zugeführt werden, der durch Vergleich mit aus einem Speicher entnommenen Meßwerten bzw. Standardwerten ein Auslösesignal für den Leistungsschalter bereitstellt. Im Zusammenhang hiermit können Schwellwertglieder vorgesehen sein, die bei einer Unterschreitung eines unteren Grenzwertes des Stromes oder bei einer Überschreitung eines oberen Grenzwertes des Stromes eine unverzögerte Auslösung bewirken.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Die Figur 1 zeigt als Blockschaltbild die grundsätzliche Anordnung der Komponenten eines Leistungsschalters.

Die Figur 2 zeigt vereinfacht eine Anordnung zur Messung des Auslöseverzugs, bei der die Änderung der Kapazität von Schaltstücken bei deren Trennung ausgewertet wird.

In der Figur 3 ist das Prinzip der Erfassung des Zeitpunktes der Trennung von Schaltstücken mittels der Lichtbogenspannung dargestellt.

Die Figur 4 zeigt die Anordnung einer optoelektronischen Meßeinrichtung zur Erfassung der Trennung der Kontaktstücke.

Die Figur 5 zeigt schematisch einen Antriebskasten eines Vakuum-Leistungsschalters mit einem Auslösesteuergerät, dem wahlweise eine oder mehrere Korrekturgrößen zuführbar sind.

In der Figur 6 ist ein Blockschaltbild des Programmablaufes bei der Auslösung eines Leistungsschalters unter Verwendung eines Echtzeit-Mikroprozessors dargestellt.

In der Figur 1 ist ein Drehstrommotor 1 gezeigt, der mittels eines dreipoligen Vakuum-Leistungsschalters 2 ein- und ausschaltbar ist. Mit dem Symbol für ein Schaltschloß ist eine Verklüpfungseinrichtung 3 bezeichnet, der die Freigabe der Schaltkontakte des Leistungsschalters 2 zum Ausschalten obliegt. Die Verklüpfungseinrichtung 3 ist nur durch ein Auslösesteuergerät 4 betätigbar, das seinerseits durch einen Auslöser 5 oder handbetätigte Befehlsgeber 6 zu beaufschlagt ist. Dem Auslösesteuergerät 4 werden stromabhängige Signale zugeführt, die an Stromwandlern 7 gewonnen werden.

Das Auslösesteuergerät 4 enthält eine Speichereinheit 10, die zur Speicherung wenigstens eines Meßwertes für den Auslöseverzug des Lei-

stungsschalters 2 bei der vorangehenden Ausschaltung vorgesehen ist. Darüber hinaus kann die Speichereinheit 10 so ausgebildet sein, daß sie sowohl weitere Meßwerte des Auslöseverzuges von früheren Schaltvorgängen als auch zusätzliche, für den mechanischen Ablauf des Schaltvorganges wesentliche Größen aufnehmen kann.

Ein Beispiel für die Messung des Zeitpunktes der Öffnung der Schaltstücke des Leistungsschalters 2 ist in der Figur 2 dargestellt. Über Schutzwiderstände 14 und Stützisolatoren 11 und 12, deren Eigenkapazität mit dem Symbol für einen Kondensator gestrichelt dargestellt ist, wird an die Schaltstrecke des Leistungsschalters 2 eine hochfrequente Meßspannung aus einer Spannungsquelle 13 angelegt. Geeignet ist beispielsweise eine Spannung mit einer Frequenz von 5 MHz. An den Klemmen 15 wird eine Hochfrequenzspannung zur Auswertung abgenommen. Im zeitlichen Verlauf dieser Hochfrequenzspannung entsteht ein charakteristischer Sprung durch die Änderung der Kapazität des Meßkreises infolge der Öffnung der Schaltstücke des Leistungsschalters 2. Zum Verständnis dieses Vorganges sei erwähnt, daß die Schaltstücke eines Vakuumschalters ebene Kontaktflächen aufweisen, die entweder kreis- oder kreisringförmig beschaffen sein können. Während im geschlossenen Zustand der Schaltstücke keine Kapazität vorhanden ist, entsteht eine solche durch die Bildung eines Plattenkondensators, sobald sich die Schaltstücke voneinander trennen. Die Einschaltung dieser Kapazität in den Meßkreis wird in einem mit einer Schutzeinrichtung 17 versehenen Auswertegerät 16 durch Vergleich mit dem Zeitpunkt der Freigabe der Verklüpfungseinrichtung 3 ausgewertet und ergibt den Auslöseverzug des Leistungsschalters 2.

In der Figur 3 ist ein weiteres Beispiel für die Messung des Auslöseverzuges des Leistungsschalters 2 schematisch dargestellt. Hierbei wird mittels geeigneter Trennglieder 20 und 21, bei denen es sich beispielsweise um optoelektronische Einrichtungen handeln kann, die an der Schaltstrecke des Leistungsschalters 2 liegende Spannung einer Meßeinrichtung 22 zugeführt. Diese erhält somit das Spannungssignal "0", wenn die Schaltstücke des Leistungsschalters 2 geschlossen sind und ein der Lichtbogenspannung entsprechendes Spannungssignal, wenn die Schaltstücke des Leistungsschalters 2 bei fließendem Strom geöffnet werden. Der Auslöseverzug des Leistungsschalters 2 ergibt sich durch Vergleich der Zeitpunkte des Auftretens dieser Lichtbogenspannung und dem Zeitpunkt der Entklüpfung des Schaltschlosses 3. Durch die gestrichelte Verbindung zwischen dem Schaltschloß 3 und der Meßeinrichtung 22 ist der Vergleich der genannten Zeitpunkte angedeutet.

Während die anhand der Figuren 2 und 3

erläuterten Einrichtungen den Auslöseverzögerung auf elektrischem Wege messen, kommt auch eine opto-elektronische Erfassung in Betracht. Diese hat den Vorteil, daß kein Aufwand für die galvanische Trennung zwischen der an dem Leistungsschalter liegende Hochspannung und der Meßeinrichtung erforderlich ist. Anhand der Figur 4 wird dieses Meßverfahren erläutert. Diese Figur zeigt teilweise im Schnitt einen Vakuum-Leistungsschalter bekannter Bauart (vgl. DE-B-27 17 958), dessen Schaltröhren 25 durch je eine isolierende Antriebsstange 26 betätigbar sind. Diese Antriebsstangen greifen über einen Winkelhebel 27 an einem geradlinig verschiebbaren Tragbolzen 30 des bewegbaren Schaltstückes 31 an. Wird beispielsweise dieser Tragbolzen mit einer reflektierenden Markierung versehen und dieser gegenüberstehend ein Sensor angebracht, so kann eine Bewegung des Tragbolzens und damit des Schaltstückes 31 festgestellt werden. In der Figur 4 ist hierzu angedeutet, daß die Zuführung des Lichtes und die Rückleitung der Reflektion durch einen Lichtwellenleiter 32 erfolgt, der mit einer aus Sender und Empfänger bestehenden Auswerteeinheit 33 verbunden ist. Die Auswerteeinheit 33 ermittelt den Auslöseverzögerung wiederum durch Vergleich des Zeitpunktes einer Bewegung des Tragbolzens 30 mit dem Zeitpunkt der Freigabe der Verklammerung im Antriebskasten des Leistungsschalters 2. Die Auswerteeinheit 33 kann im Auslösesteuergerät 4 (Figur 1) integriert sein.

In der Figur 5 ist teilweise im Schnitt ein Vakuum-Leistungsschalter 2 ähnlich der Figur 4 gezeigt, der ein Auslösesteuergerät 4 sowie Sensoren für Einflußgrößen aufweist, die den Auslöseverzögerung beeinflussen können. Das Auslösesteuergerät 4 ist in dem Antriebskasten 35 des Leistungsschalters 2 untergebracht. In der eingeschalteten Stellung ist die Schaltröhre 25 durch einen Klinkenhebel 36 gehalten, der am einen Ende eines auf einer Schaltwelle 37 sitzenden zweiarmigen Hebels 40 angreift. Wie bereits anhand der Figur 4 erläutert wurde, wird das bewegliche Schaltstück 31 durch eine Antriebsstange 26 sowie einen Winkelhebel betätigt. In der dargestellten Einschaltstellung ist die Schaltwelle 37 mittels des zweiarmigen Hebels 40 und des Klinkenhebels 36 gegen eine Drehung im Sinne des Ausschaltens gesperrt.

Der Klinkenhebel 36 ist durch einen Ausschaltmagnet 41 in die strichpunktiert gezeigte Ausschaltstellung bewegbar, in der die Schaltwelle 37 zum Ausschalten freigegeben ist. Durch nicht dargestellte Ausschaltfedern wird dann die Schaltwelle 37 entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht und dabei die Antriebsstange 26 mitgenommen. Der Ausschaltmagnet 41 ist, wie durch einen Pfeil 42 angedeutet, durch das Auslösesteuergerät 4 zu betätigen. Dies geschieht dann, wenn durch den Auslö-

ser 5 oder durch einen von Hand eingegebenen Befehl (Pfeil 42) die Durchführung eines Ausschaltvorganges angefordert worden ist und das Auslösesteuergerät 4 den hierfür geeigneten Zeitpunkt ermittelt hat. Hierzu bestimmt das Auslösesteuergerät 4 zunächst die Zeitpunkte der folgenden Stromnulldurchgänge aufgrund der von den Stromwandlern 7 übermittelten Meßwerte. Die Weitergabe des Auslösebefehles an den Auslösemagneten 41 geschieht nun unter Berücksichtigung des in dem Auslösesteuergerät 4 gespeicherten Wertes des Auslöseverzögerung bei der vorangegangenen Ausschaltung sowie weiterer, durch Sensoren bereitgestellter Größen. Hierzu gehört ein Temperaturgeber 44 für die gerade vorhandene Temperatur im Antriebskasten des Leistungsschalters 2 sowie ein weiterer Temperaturgeber 24 für die Temperatur der Wicklung des Auslösemagneten 41. Ferner wird durch einen weiteren Sensor die zur Speisung des Auslösemagneten 41 zu Verfügung stehende Spannung erfaßt. Ein Zeitgeber 47 als Bestandteil des Auslösesteuergerätes 4 stellt die seit der letzten Ausschalthandlung verstrichene Zeit zur Korrektur des Auslöseverzögerung bereit.

Je nach für einen bestimmten Leistungsschalter gewonnenen Ergebnissen können alle erwähnten Sensoren oder nur ein Teil derselben eingesetzt werden. Ist beispielsweise ein Leistungsschalter nur geringen Temperaturänderungen ausgesetzt, so kann der Einfluß der Temperatur auf den Zustand der Schaltmechanik vernachlässigt werden und der Sensor 44 ist demgemäß entbehrlich.

Beim nun folgenden Ausschalten wird der Auslöseverzögerung mittels eines Sensors 50 erneut festgestellt und dem Auslösesteuergerät zum Vergleich mit dem in dem Speicher 10 des Auslösesteuergerätes 4 befindlichen Wert des Auslöseverzögerung eingegeben. Dabei kann entweder der vorherige Speicherwert durch den neuen Meßwert ersetzt werden oder aber der neue Meßwert kann zusätzlich gespeichert werden, um im Verlauf mehrerer Schaltungen die Veränderung des Auslöseverzögerung festzustellen und durch Extrapolation der gespeicherten Meßwerte den jeweils zu erwartenden Auslöseverzögerung mit möglichst großer Wahrscheinlichkeit zu berechnen.

Der Auslösemagnet 41 kann sowohl ein Arbeitsstromauslöser als auch ein Unterspannungsauslöser sein. Da Unterspannungsauslöser nach dem Prinzip des Haltemagneten arbeiten, läßt sich im allgemeinen eine höhere Ansprechgeschwindigkeit als bei einem Arbeitsstromauslöser erreichen. Jedoch hängt es von dem jeweils gegebenen Zusammenwirken zwischen dem Auslösemagneten und dem Schaltmechanismus ab, ob die eine oder andere Art eines Magneten geeigneter ist.

In der Figur 6 ist ein Blockschaltbild des Programmablaufes dargestellt, wie er mit Hilfe eines

Echtzeit-Mikroprozessors durchgeführt wird. Der Funktionsablauf ist aus der eingetragenen Beschriftung der Blöcke unmittelbar ersichtlich. Es sei jedoch erwähnt, daß anhand der von den Stromwandlern übermittelten Signale zunächst mittels eines Schwellwertgliedes  $I_u$  ermittelt wird, ob ein sehr kleiner Strom vorliegt bzw. dieser unter einer bestimmten niedrigen Grenze liegt. Der Funktionsablauf für diesen Fall ist in dem Blockschaltbild mit "A" bezeichnet. In dem Fall, daß der gemessene Strom oberhalb eines bestimmten Grenzwertes liegt (Schwellwertglied  $I_o$ ), der einem Kurzschluß zugeordnet werden kann, erfolgt die Auslösung entsprechend dem mit B bezeichneten Funktionsablauf unverzögert. Für die zwischen diesen Grenzwerten liegende Ströme wird in der schon beschriebenen Weise der Zeitpunkt der Weitergabe des Auslösebefehles an den Auslösemagneten berechnet.

Wie schon einleitend bemerkt, ist das sogenannte Öffnungsfenster für überspannungsfreie Abschaltungen in Drehstromnetzen sehr schmal. Wird jedoch von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, die Pole eines Leistungsschalters nicht, wie gewöhnlich aus mechanischen Gründen gegeben, gleichzeitig, sondern gestaffelt oder versetzt öffnen zu lassen, so kann das Öffnungsfenster bis auf etwa 8,5 msec verbreitert werden. Dementsprechend werden die Anforderungen an die Genauigkeit der mechanischen Steuerung und die elektronische Erfassung von Veränderungen des Auslöseverzuges gemildert. Das Verfahren des versetzten Schaltens ist an sich bekannt (DE-C-28 54 092).

## Ansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Leistungsschalters, insbesondere eines Vakuumschalters (2), unter Verwendung eines Auslösesteuergerätes (4), das unabhängig vom Zeitpunkt einer Befehls-gabe zum Ausschalten die Öffnung der Schaltstücke (31) zu einem in fester Beziehung zum Nulldurchgang des Stromes stehenden Zeitpunkt veranlaßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Auslösesteuergerät (4) ein Meßwert des Auslöseverzuges des Leistungsschalters vom Zeitpunkt der Abgabe des Auslösesignals bis zum Zeitpunkt der Trennung der Kontaktstücke bei einer vorangegangenen Ausschaltung als Korrekturgröße zugeführt wird.

2. Leistungsschalter für das Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Leistungsschalter (2) zur Ermittlung des Auslöseverzuges eine Auswerteeinrichtung (16; 22; 33) zugeordnet ist, die durch den Empfang eines Auslösesignals in Lauf setzbar und bei der Trennung der Kontaktstücke (31) stillsetzbar ist und daß eine Speichereinrichtung (10) zur Speicherung des Meß-

wertes des Auslöseverzuges wenigstens bis zum nächsten Ausschaltvorgang vorgesehen ist.

3. Leistungsschalter nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Auswerteeinrichtung (22) eine Schaltungsanordnung zur Erfassung des Auftretens einer Lichtbogenspannung zwischen den Kontaktstücken (31) enthält.

4. Leistungsschalter nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Auswerteeinrichtung (16) zur Erfassung der Kontaktöffnung eine Schaltungsanordnung zur Messung der Kapazität zwischen den Kontaktstücken (31) enthält.

5. Leistungsschalter nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Ermittlung des Zeitpunktes der Trennung der Kontaktstücke (31) eine Einrichtung (33) zur Erfassung einer Relativbewegung der Kontaktstücke vorgesehen ist.

6. Leistungsschalter nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein unmittelbar mit einem bewegbaren Kontaktstück (31) verbundenes Antriebsorgan (30) mit einem Reflektor versehen und diesem mit geringem Abstand gegenüberstehend ein Lichtwellenleiter (32) ortsfest angebracht ist, der an seinem dem Reflektor abgewandten Ende mit einer Lichtquelle und einer Empfangsschaltung für reflektiertes Licht (33) zusammenwirkt.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Auslösesteuergerät (4) als weitere Korrekturgröße die Temperatur (Sensor 44) der Antriebsvorrichtung des Leistungsschalters (2) zugeführt wird.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Auslösesteuergerät (4) als weitere Korrekturgröße die seit der letzten Schalthandlung vergangene Zeit (Zeitgeber 47) zugeführt wird.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Auslösesteuergerät (4) die Versorgungsspannung (Spannungs-Sensor 45) eines Auslösemagneten (41) des Leistungsschalters (2) zur Gewinnung einer weiteren Korrekturgröße zugeführt wird.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Auslösesteuergerät (4) die Temperatur der Wicklung eines Auslöse magneten (41) zur Gewinnung einer weiteren Korrekturgröße zugeführt wird (Temperatur-Sensor 46).

11. Auslösesteuergerät für das Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Echtzeitmikroprozessor (P) mit Eingangssignalen entsprechend einer oder mehrerer Korrekturgrößen beaufschlagt ist und durch Vergleich mit aus einem Speicher entnommenen Meßwerten bzw. Standardwerten ein verzögertes Auslösesignal für den Leistungsschalter bereitstellt und daß Schwellwertglieder ( $I_u$ ;  $I_o$ ) eine

Unterschreitung eines unteren Grenzwertes des Stromes und eine Überschreitung eines oberen Grenzwertes des Stromes erfassen und eine unverzögerte Auslösung bewirken.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

7

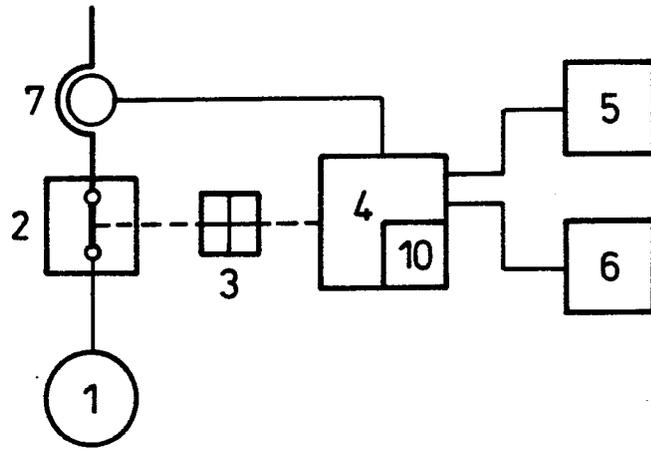


FIG 1

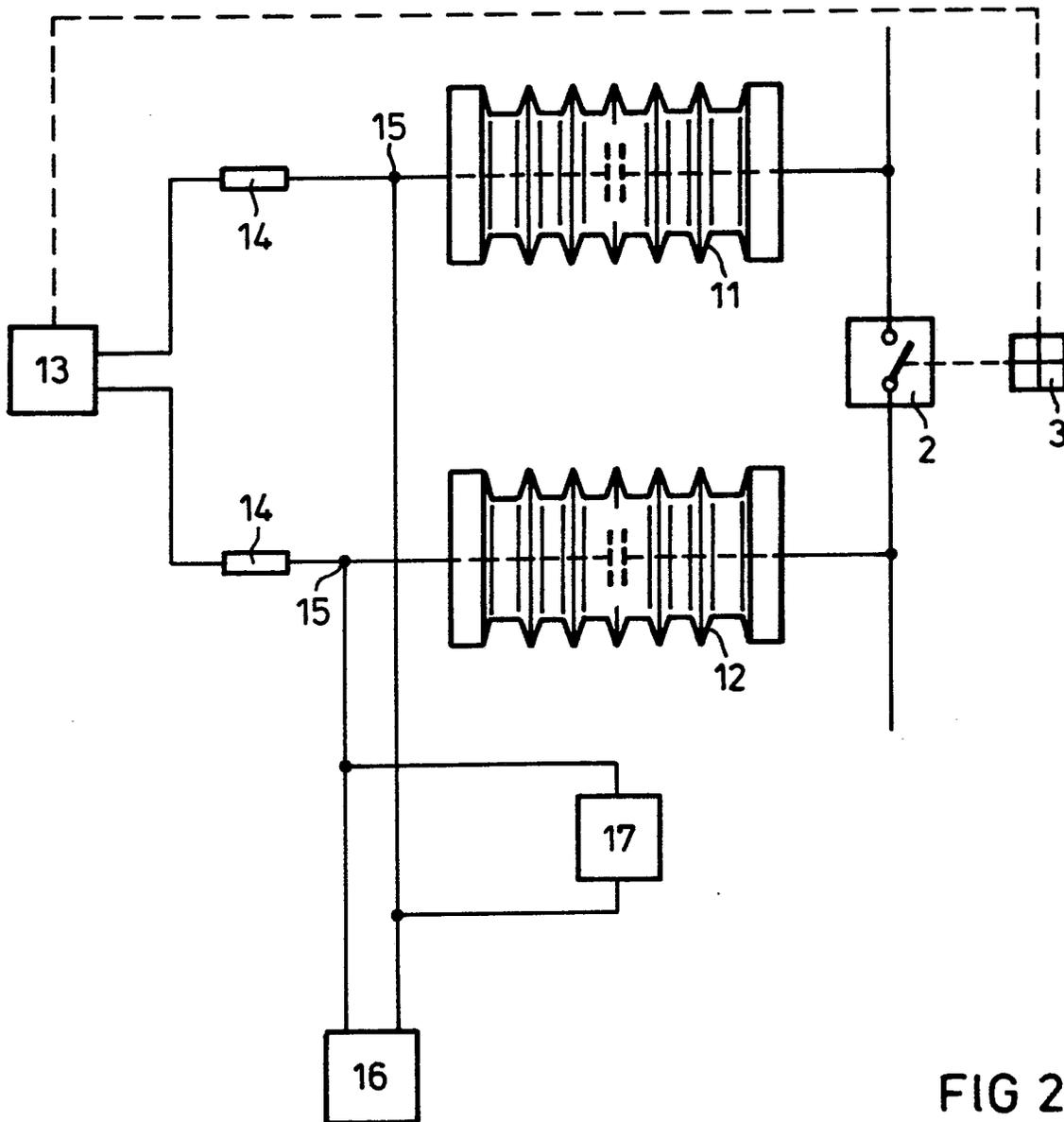


FIG 2

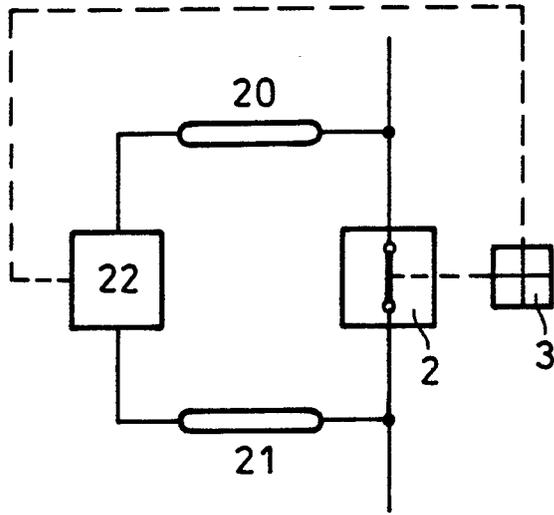


FIG 3

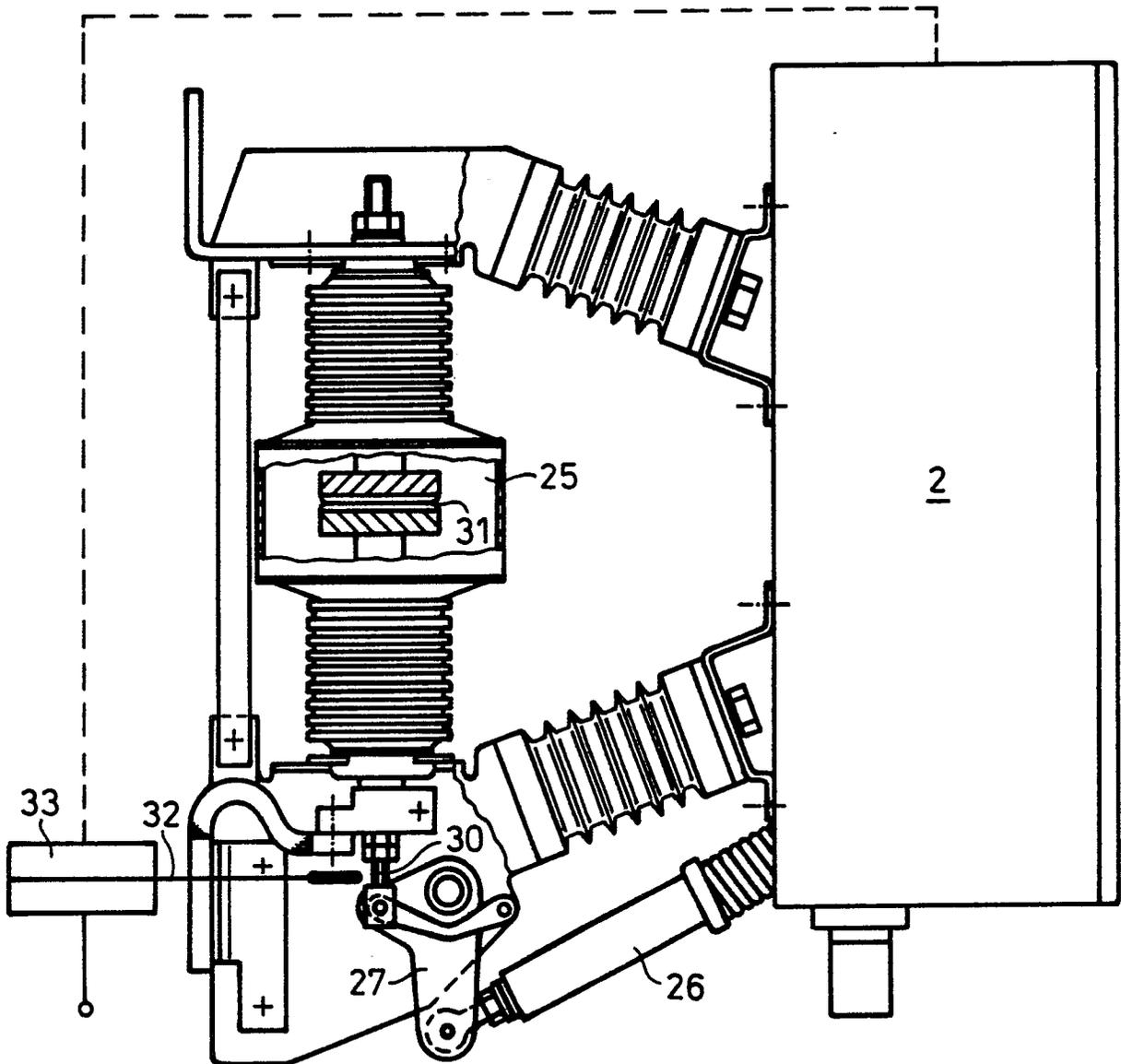


FIG 4

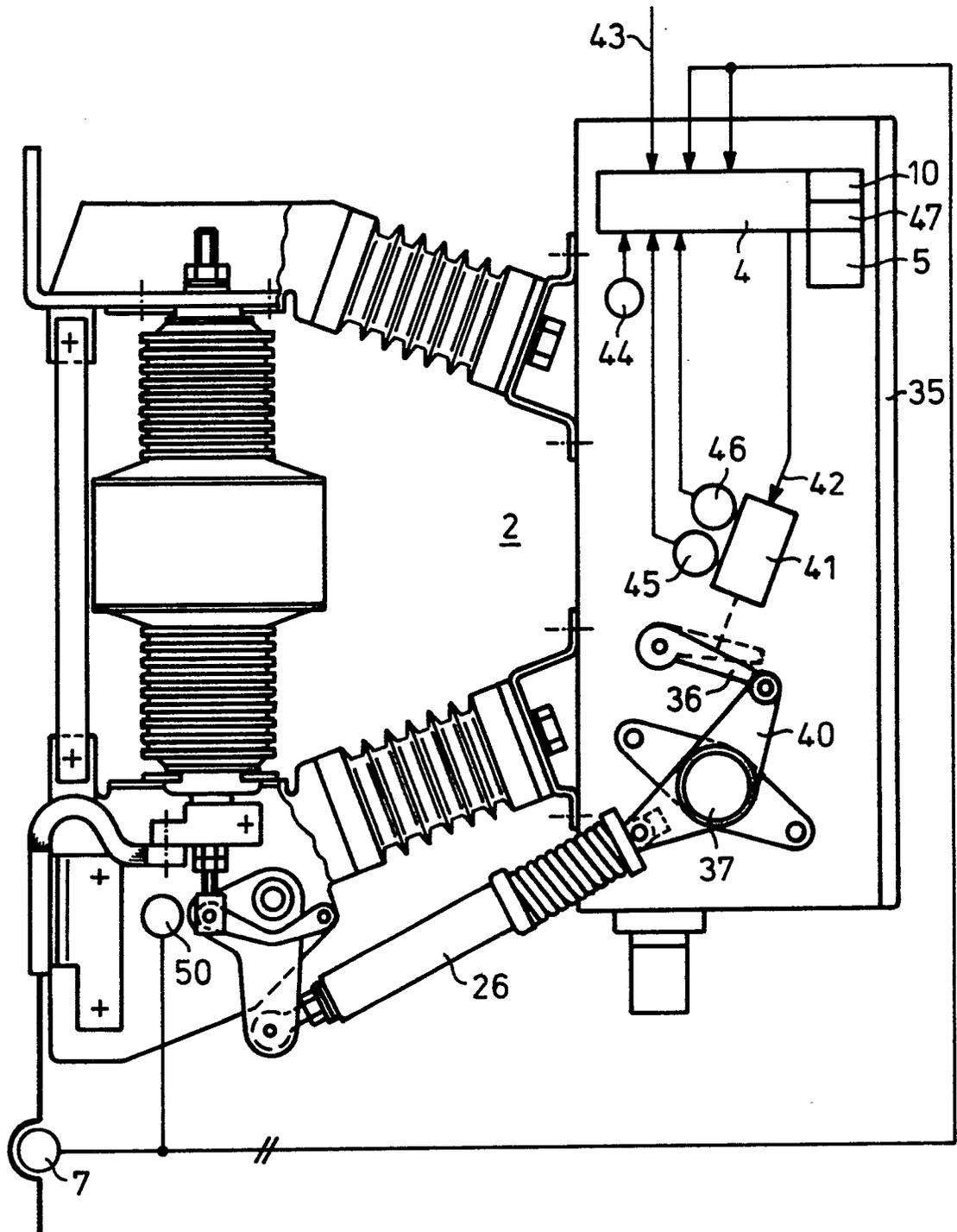


FIG 5

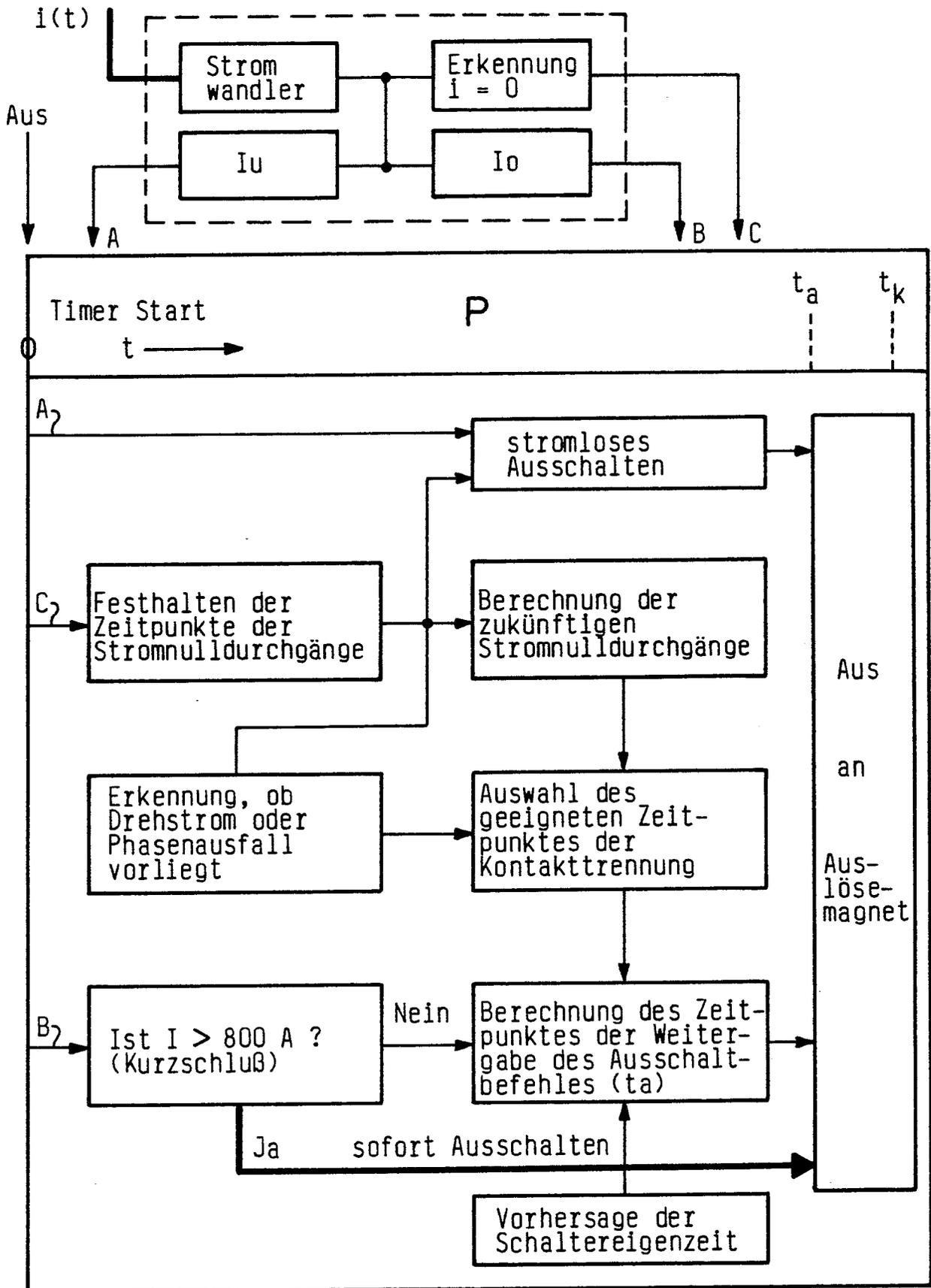


FIG 6