



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤① Int. Cl.³: G 01 R 31/00
G 01 R 31/02
H 01 H 83/04
H 02 H 3/16



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

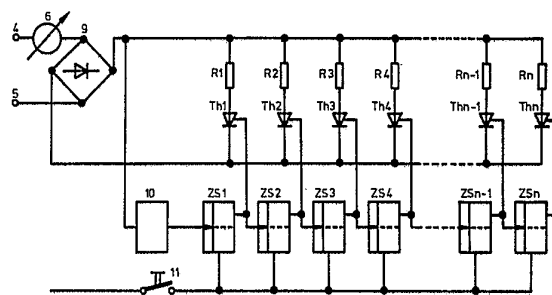
⑪

638 054

②① Gesuchsnummer:	15853/77	⑦③ Inhaber:	ITT Industries, Inc., New York/NY (US)
②② Anmeldungsdatum:	22.12.1977		
③① Priorität(en):	04.01.1977 DE 2700081	⑦② Erfinder:	Walter Lengenfelder, Nürnberg (DE)
②④ Patent erteilt:	31.08.1983		
④⑤ Patentschrift veröffentlicht:	31.08.1983	⑦④ Vertreter:	Dipl.-El.-Ing. Hans F. Bucher, Bern

⑤④ **Prüf Widerstandsvorrichtung an einem Wechselspannungsnetz mit Schutzleiter.**

⑤⑦ Die Prüf Widerstandsvorrichtung besteht aus einer Vielzahl von parallel zu- und abschaltbaren Festwiderständen (R_1 - R_n). Die Zu- und Abschaltung der Festwiderstände erfolgt jeweils im Nulldurchgang der Netzspannung mittels steuerbarer Halbleiterschalter (Th_1 - Th_n). Die Halbleiterschalter sind über einen durch eine netzfrequente Impulsfolge getakteten Dualzähler (10) mit einer der Anzahl der Festwiderstände entsprechenden Anzahl von Zählstufen (ZS_1 - ZS_n) gesteuert. Damit kann ein sinusförmiger und -bei einer entsprechenden Anzahl von Festwiderständen- kontinuierlich sich verändernder Fehlerstrom zum Prüfen von Fehlerstrom- und Fehlerspannungs-Schutzschaltungen erzeugt werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. An ein Wechselspannungsnetz mit Schutzleiter angeschlossene Prüf Widerstandsvorrichtung mit veränderbarem Widerstandswert, insbesondere zur Erzeugung eines Fehlerstromes bei der Prüfung von Fehlerstrom- und Fehlerspannungs-Schutzschaltungen, dadurch gekennzeichnet, dass die Prüf Widerstandsvorrichtung aus einer Vielzahl von Festwiderständen gebildet ist, die mittels steuerbarer Halbleiterschalter jeweils im Nulldurchgang der Netzspannung so zu- und abschaltbar und so dimensioniert sind, dass durch jede Zu- und Abschaltung in gleichen Zeitabständen eine gleiche Stromänderung eintritt.

2. Prüf Widerstandsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterschalter über einen Dualzähler mit einer der Anzahl der Festwiderstände entsprechenden Anzahl von Zählstufen gesteuert sind.

3. Prüf Widerstandsvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Dualzähler durch eine netzfrequente Impulsfolge getaktet ist, dass der jeweils nicht invertierende Ausgang jeder Zählstufe mit der Steuerelektrode des den entsprechenden Festwiderstand schaltenden Halbleiterschalters verbunden ist und an den Takteingang der folgenden Zählstufe geschaltet ist, dass die Festwiderstände einander parallel zu- und abschaltbar sind, und dass das Verhältnis des durch eine Zählstufe zu- bzw. abgeschalteten Widerstandwertes zu dem durch die erste Zählstufe zu- bzw. abgeschalteten Widerstandswert dem Verhältnis der Impulsfolgefrequenz am Takteingang dieser Zählstufe zur Impulsfolgefrequenz am Eingang der ersten Zählstufe entspricht.

4. Prüf Widerstandsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die steuerbaren Halbleiterschalter aus Triacs gebildet sind und dass jeweils ein Triac in Reihe zu dem entsprechenden Festwiderstand geschaltet ist.

5. Prüf Widerstandsvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Netzleiter und den Takteingang der ersten Stufe des Dualzählers ein Vollweggleichrichter und eine Triggerstufe geschaltet sind.

6. Prüf Widerstandsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die steuerbaren Halbleiterschalter aus Thyristoren gebildet sind, dass zwischen den Netzleiter und den Schutzleiter der Wechselstromeingang eines Brückengleichrichters geschaltet ist, und dass an den Gleichstromausgang des Brückengleichrichters aus jeweils einem Festwiderstand und einem Thyristor gebildete Reihenschaltungen parallel angeordnet sind.

7. Prüf Widerstandsvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den einen Pol des Gleichstromausgangs des Brückengleichrichters und den Takteingang der ersten Zählstufe des Dualzählers eine Triggerstufe geschaltet ist.

8. Prüf Widerstandsvorrichtung nach Anspruch 5 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils zwischen zwei Zählstufen des Dualzählers ein elektronischer Umschalter vorgesehen ist, der entweder den nicht invertierenden oder den invertierenden Ausgang der vorhergehenden Zählstufe an den Takteingang der folgenden Zählstufe schaltet.

9. Prüf Widerstandsvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Taktung des Dualzählers mit einer Impulsfolge mit der Frequenz $f' = f/2^m$ erfolgt, wobei m ganzzahlig und f die Netzfrequenz ist.

Die Erfindung betrifft eine an ein Wechselspannungsnetz mit Schutzleiter angeschlossene Prüf Widerstandsvorrichtung mit veränderbarem Widerstandswert, insbesondere zur Erzeugung eines Fehlerstromes bei der Prüfung von Fehlerstrom-

und Fehlerspannungs-Schutzschaltungen.

Bei der Prüfung solcher Schutzschaltungen wird über einen veränderbaren Prüf Widerstand ein langsam ansteigender Schluss zwischen Netzleiter und Schutzleiter erzeugt. Dabei wird die auftretende maximal mögliche Berührungsspannung, das ist die Spannung, die der Schutzleiter gegen Erde führt, und der Auslösestrom des Schutzschalters gemessen. Die Berührungsspannung kann direkt zwischen Schutzleiter und Erde mittels einer als entsprechend weit von Erde entfernter Erdspeiss ausgebildeten Sonde oder durch eine Messung der Spannungsabsenkung zwischen dem Netzleiter und dem Schutzleiter erfasst werden. Der Auslösestrom kann beispielsweise mittels eines in Reihe zum Prüf Widerstand geschalteten Strommessers erfasst werden.

Für eine solche Prüfung muss zum einen die Einstellung des Stromes kontinuierlich möglich sein. Unter kontinuierlicher Einstellung wird dabei verstanden, dass die bei der Veränderung des Prüf Widerstandes auftretenden Sprünge so klein sind, dass sie innerhalb der geforderten Fehlergrenzen für die Messung der Berührungsspannung liegen. Zum anderen soll der zu erzeugende Strom sinusförmig sein, um eine Verfälschung des Abschaltpunktes des Schutzschalters zu vermeiden.

Bisher wurde zum Prüfen solcher Schutzschaltungen als Prüf Widerstand ein manuell einstellbarer Dreh- oder Schiebewiderstand, für grössere Ströme ein manuell einstellbarer Zementdrehwiderstand verwendet.

Ein solches Bauteil ist nicht nur teuer, sondern es erfordert auch einen grossen Raumbedarf. Es ist umständlich zu bedienen, und die Anstiegsgeschwindigkeit des zu erzeugenden Fehlerstromes ist daher auch nur sehr schwer konstant zu halten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Prüf Widerstandsvorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die ohne grossen technischen Aufwand zu realisieren ist, einen nur geringen Raumbedarf aufweist, einfach zu bedienen ist, und mittels welcher ein sinusförmiger und kontinuierlich sich verändernder Strom eingestellt werden kann.

Diese Aufgabe wird gemäss der Erfindung dadurch gelöst, dass die Prüf Widerstandsvorrichtung aus einer Vielzahl von Festwiderständen gebildet ist, die mittels steuerbarer Halbleiterschalter jeweils im Nulldurchgang der Netzspannung so zu- und abschaltbar und so dimensioniert sind, dass durch jede Zu- und Abschaltung in gleichen Zeitabständen eine gleiche Stromänderung eintritt.

Damit ist eine einfache Prüf Widerstandsvorrichtung geschaffen, bei welcher eine umständliche Bedienung entfällt, und die einen selbsttätigen Ablauf der Prüfung ermöglicht. Im Gegensatz zu den teuren und voluminösen Dreh- und Schiebewiderständen ist die erfindungsgemässe Prüf Widerstandsvorrichtung preisgünstig, gewichtsparend und verschleissfrei. Durch das netzsynchrone Schalten der Festwiderstände wird ein symmetrischer sinusförmiger Strom erzeugt, der ein exaktes und fehlerfreies Abschalten des Schutzschalters gewährleistet. Die kontinuierliche Einstellung des Stromes wird durch die stets gleiche Stromänderung in gleichen Zeitabständen erzielt.

Gemäss einer Weiterbildung der Erfindung sind die Halbleiterschalter über einen Dualzähler mit einer der Anzahl der Festwiderstände entsprechenden Anzahl von Zählstufen gesteuert. Damit ist eine technisch einfach zu verwirklichende Ansteuerung erzielt. Die Anzahl der für eine kontinuierliche Einstellung des Fehlerstromes notwendigen Festwiderstände kann dadurch erheblich reduziert werden.

Es ist besonders vorteilhaft, den Dualzähler durch eine netzfrequente Impulsfolge zu takten, den jeweils nicht invertierenden Ausgang jeder Zählstufe mit der Steuerelektrode des den entsprechenden Festwiderstand schaltenden Halbleiter-

schalters zu verbinden und an den Takteingang der folgenden Zählstufe zu schalten, die Festwiderstände einander parallel zu- und abschaltbar anzuordnen, und das Verhältnis des durch eine Zählstufe zu- bzw. abgeschalteten Widerstandswertes zu dem durch die erste Zählstufe zu- bzw. abgeschalteten Widerstandswert dem Verhältnis der Impulsfolgefrequenz am Takteingang dieser Zählstufe zur Impulsfolgefrequenz am Eingang der ersten Zählstufe gleichzusetzen. Damit lässt sich ein besonders einfacher Aufbau erzielen.

Die elektronische Prüf Widerstandsvorrichtung mit veränderbarem Widerstandswert gemäss der Erfindung kann neben Fehler-Schutzschaltungen auch in anderen Schaltungen zur Anwendung kommen, bevorzugt überall dort, wo ein kontinuierlich einzustellender, sinusförmiger Strom auftritt, beispielsweise bei der Überprüfung von Anzeigengeräten in elektrischen Geräten, bei der Stabilisierung von Wechselstrom und Wechselspannung und anderweitig.

Weitere Merkmale und Ausgestaltungen der Erfindung sind durch die abhängigen Ansprüche gekennzeichnet.

Die Erfindung ist nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen in der Zeichnung näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 eine Schaltungsanordnung zum Prüfen von FI- und FU-Schutzschaltungen;

Fig. 2 eine erfindungsgemässe Prüf Widerstandsvorrichtung;

Fig. 3 eine Variante zur Fig. 2.

In der Zeichnung sind jeweils gleiche Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Gemäss der Fig. 1 sind mit R, S, T die Netzleiter, mit Mp der Sternpunkt und mit SL der Schutzleiter eines dreiphasigen Netzes bezeichnet. Das Netz ist über den Schutzleiter SL starr geerdet; der Erdungswiderstand ist mit 1 bezeichnet. In die Netzleiter R, S, T und in den Sternpunkt Mp des Netzes ist ein Fehlerstrom-Schutzschalter 2 geschaltet. Der Fehlerstrom-Schutzschalter 2 schaltet das Netz innerhalb einer definierten kurzen Zeitspanne ab, sobald Fehlerströme auftreten, die grösser sind als der Nennfehlerstrom des Schutzschalters.

Zwischen den Netzleiter R und den Schutzleiter SL ist eine «veränderbare» Prüf Widerstandsvorrichtung 3 mit «...» Widerstandswert angeordnet. Die veränderbare Prüf Widerstandsvorrichtung 3 soll eine kontinuierliche Einstellung des Stromes ermöglichen, ohne dabei dessen Sinusform zu verändern. In Reihe zur Prüf Widerstandsvorrichtung 3 ist ein Strommesser 6 geschaltet, um den Auslösestrom des Fehlerstrom-Schutzschalters 2 zu erfassen. Die Prüf Widerstandsvorrichtung 3 ist zusammen mit dem Strommesser 6 an die Schaltklemmen 4 und 5 geschaltet. Zur Erfassung der Berührungsspannung ist ein Spannungsmesser 7 vorgesehen, der entweder zur Messung der Spannungsabsenkung zwischen den Schutzleiter SL und den Netzleiter R (strichliert gezeichnet) oder über eine Sonde 8 zwischen Schutzleiter und Erde (strichpunktiert gezeichnet) geschaltet ist. Die Schaltungsanordnung gemäss der Figur 1 stellt ein Beispiel einer Anwendung der erfindungsgemässen veränderbaren Prüf Widerstandsvorrichtung dar. Diese kann daneben aber auch in anderen Schaltungen zur Anwendung kommen.

Gemäss der Figur 2 ist an die Schaltklemmen 4 und 5, also zwischen den Netzleiter R und den Schutzleiter SL, in Reihe zum Strommesser 6 der Wechselstromeingang eines Brückengleichrichters 9 geschaltet. Der Brückengleichrichter 9 soll alle Halbwellen der Netzspannung gleichrichten. An den Gleichstromausgang des Brückengleichrichters 9 sind jeweils aus einem Festwiderstand R1, R2, R3, R4, Rn-1, Rn und einem Halbleiterschalter, im Beispiel einem Thyristor Th1, Th2, Th3, Th4, Thn-1, Thn gebildete Reihenschaltungen parallel zueinander angeordnet. Die Thyristoren Th1 bis Thn sind über einen Dualzähler mit einer der Anzahl der Festwiderstände R1

bis Rn bzw. der Thyristoren Th1 bis Thn entsprechenden Anzahl von Zählstufen ZS1, ZS2, ZS3, ZS4, ZSn-1, ZSn angesteuert. Die einzelnen Zählstufen ZS1 bis ZSn sind in an sich bekannter Weise als T-Flip-Flop ausgebildet. Der Dualzähler ist als Aufwärtszähler ausgebildet, d.h. der nicht invertierende Ausgang der vorangehenden Zählstufe ist jeweils mit dem Takteingang der folgenden Zählstufe verbunden. Die zweiten Eingänge aller Zählstufen ZS1 bis ZSn sind zusammengeschaltet und über eine Schalttaste 11 an ein definiertes Potential schaltbar. Der nicht invertierende Ausgang der Zählstufen ZS1 bis ZSn ist jeweils an die Steuerelektrode des entsprechenden Thyristors Th1, Th2, Th3, Th4, Thn-1, Thn geschaltet. Die invertierenden Ausgänge der Zählstufen ZS1 bis ZSn sind nicht beschaltet. Zwischen den die gleichgerichteten sinusförmigen Halbwellen der Netzspannung führenden positiven Gleichstromausgang des Brückengleichrichters 9 und die erste Zählstufe ZS1 des Dualzählers ist eine Triggerstufe 10 geschaltet. Die Triggerstufe 10 wandelt die gleichgerichteten sinusförmigen Halbwellen in eine netzsynchrone Rechteckimpulsfolge um. Die Triggerstufe 10 ist beispielsweise als Schmitt-Trigger ausgebildet. Die Triggerstufe 10 ist an dem Takteingang der ersten Zählstufe ZS1 geschaltet, so dass der Dualzähler mit netzfrequenten Rechteckimpulsen getaktet ist.

Bei geschlossener Schalttaste 11 sind alle Zählstufen ZS1 bis ZSn des Dualzählers an gleiches Potential geschaltet und somit betriebsbereit. Sind die Netzleiter R, S, T stromführend, so liegt bei Strom Null über den Strommesser 6 und den Brückengleichrichter 9 die volle sinusförmige Netzspannung an; am Gleichstromausgang des Brückengleichrichters 9 liegt eine gleichgerichtete sinusförmige und netzfrequente Impulsfolge an. Die Triggerstufe 10 wandelt diese sinusförmige Impulsfolge in eine netzsynchrone Rechteckimpulsfolge um, so dass der Dualzähler mit der Frequenz der anliegenden Netzwechselspannung in deren Nulldurchgang fortgeschaltet wird. Wenn am Takteingang der ersten Zählstufe ZS1 eine periodische Impulsfolge der Frequenz f anliegt, so erscheinen am Ausgang periodische Impulsfolgen der Frequenz f/2. Mit jeder L-0-Flanke (abfallenden Impulsflanke) des Taktimpulses am Takteingang verändert der Ausgang seinen Zustand, d.h. nach dem ersten Taktimpuls springt der Ausgang nach L, nach dem zweiten Taktimpuls nach 0. Der Thyristor Th1 zündet mit jeder 0-L-Flanke des Ausgangsimpulses und schaltet den Festwiderstand R1 zu; er wird mit jeder L-0-Flanke des Ausgangsimpulses gelöscht und schaltet den Festwiderstand R1 wieder ab. Nach dem zweiten Taktimpuls aus der Triggerstufe 10 erhält der Ausgang der zweiten Zählstufe ZS2 einen Sprungbefehl nach L, der Thyristor Th2 zündet und schaltet den Festwiderstand R2 zu. Nach dem dritten Taktimpuls springt der Ausgang der ersten Zählstufe ZS1 nach L und der Ausgang der zweiten Zählstufe ZS2 bleibt auf L; der Thyristor Th1 zündet erneut und schaltet den Festwiderstand R1 zu. Nach dem vierten Taktimpuls aus der Triggerstufe 10 springt der Ausgang der ersten Zählstufe ZS1 wieder auf Null, der Thyristor Th1 wird gelöscht und der Festwiderstand R1 wieder abgeschaltet. Damit erhält auch der Ausgang der zweiten Zählstufe einen Sprungbefehl von L nach 0, der Thyristor Th2 wird gelöscht und der Festwiderstand R2 wird abgeschaltet. Gleichzeitig aber bekommt der Takteingang der dritten Zählstufe ZS3 eine L-0-Flanke, d.h. der Ausgang der dritten Zählstufe ZS3 springt nach L. Dann zündet der Thyristor Th3 und schaltet den Festwiderstand R3 zu, usw. Die Frequenz der Impulsfolge am Takteingang jeder Zählstufe bestimmt die Zeit, nach welcher der dem Ausgang dieser Zählstufe über den Thyristor zugeordnete Festwiderstand jeweils zu- bzw. abgeschaltet wird: Nach Ablauf des 2ⁿ-ten Taktimpulses aus der Triggerstufe 10 wird der Festwiderstand Rn durch den Thyristor Thn im Takte der Frequenz f/2ⁿ zu- und abgeschaltet.

Der Fehlerstrom ergibt sich als Summe aus den einzelnen

durch die zugeschalteten Festwiderstände fließenden Teilströme. Infolge der netzsynchronen Taktung des Dualzählers schalten die Halbleiterschalter die Festwiderstände stets im Nulldurchgang der sinusförmigen Netzspannung. Damit ist gewährleistet, dass der durch die Festwiderstände fließende Strom gleichfalls sinusförmig ist.

Die Festwiderstände R_1 bis R_n sind so dimensioniert, dass infolge der Zu- und Abschaltung der Strom durch jeden zweiten von der Triggerstufe 10 abgegebenen Taktimpuls um den jeweils gleichen Betrag ansteigt: Bezeichnet man den Widerstandswert des Festwiderstandes R_1 mit R , so ist der Widerstandswert von R_2 gleich $R/2^1$, der von R_3 gleich $R/2^2$, der von R_4 gleich $R/2^3$, der von R_{n-1} gleich $R/2^{n-2}$, der von R_n gleich $R/2^{n-1}$, d.h. das Verhältnis des durch eine Zählstufe geschalteten Widerstandswertes zu dem durch die erste Zählstufe geschalteten Widerstandswert entspricht dem Verhältnis der Impulsfolgefrequenz am Takteingang dieser Zählstufe zur Impulsfolgefrequenz am Eingang der ersten Zählstufe.

Wird der Dualzähler mit beispielsweise $n = 12$ Zählstufen ausgebildet, so kann der Strom in bis zu 2^{12} Schritten verändert werden, wobei jeder Schritt im gleichen Zeitabstand (zwei Taktimpulse aus der Triggerstufe) eine gleiche Stromänderung erbringt. Eine solche Kontinuität der Stromänderung lässt sich mit den bekannten Mitteln nicht erreichen. Soll ein langsamer Stromanstieg in der gleichen Zeiteinheit erfolgen, so lässt sich dies in einfacher Weise dadurch erreichen, dass der Dualzähler nicht, wie im Ausführungsbeispiel vorgesehen, mit einer

netzfrequenten Impulsfolge, sondern mit einer Impulsfolge mit der Frequenz $f' = f/2^m$ getaktet ist, m ist dabei ganzzahlig.

Die Schaltungsanordnung gemäss der Figur 3 unterscheidet sich von der gemäss der Figur 2 lediglich dahingehend, dass anstelle der Thyristoren Th_1 bis Th_n als gesteuerte Halbleiterschalter Triacs Tr_1 bis Tr_n angeordnet sind. Die jeweils aus einem Festwiderstand R_1 bis R_n und einem Triac Tr_1 bis Tr_n gebildeten Reihenschaltungen sind wiederum parallel zueinander angeordnet und zusammen mit dem Strommesser 6 direkt an die Schaltklemmen 4 und 5 geschaltet. Der Triggerstufe 10 ist ein Vollwellengleichrichter 12 vorgeschaltet, der alle Halbwellen der anliegenden Netzspannung gleichrichtet und der Triggerstufe 10 zuführt, die wiederum diese sinusförmige Impulsfolge in eine netzsynchrone Rechteckimpulsfolge zur Taktung des Dualzählers umwandelt.

Es ist vorgesehen, anstelle eines die Thyristoren bzw. die Triacs steuernden Aufwärtszählers einen Vor-Rückwärts-Dualzähler zu verwenden. Dann kann der Strom bei Bedarf nach grösseren und kleineren Werten hin gesteuert werden. Dies wird in einfacher Weise dadurch vorgenommen, dass jeweils zwischen zwei Zählstufen ein elektronischer Umschalter geschaltet ist, welcher entweder den nicht invertierenden oder den invertierenden Ausgang der vorherigen Zählstufe an den Takteingang der folgenden Zählstufe schaltet. Die Steuerelektroden der steuerbaren Halbleiterschalter bleiben jeweils an die nicht invertierenden Ausgänge der Zählstufen geschaltet.

FIG. 1

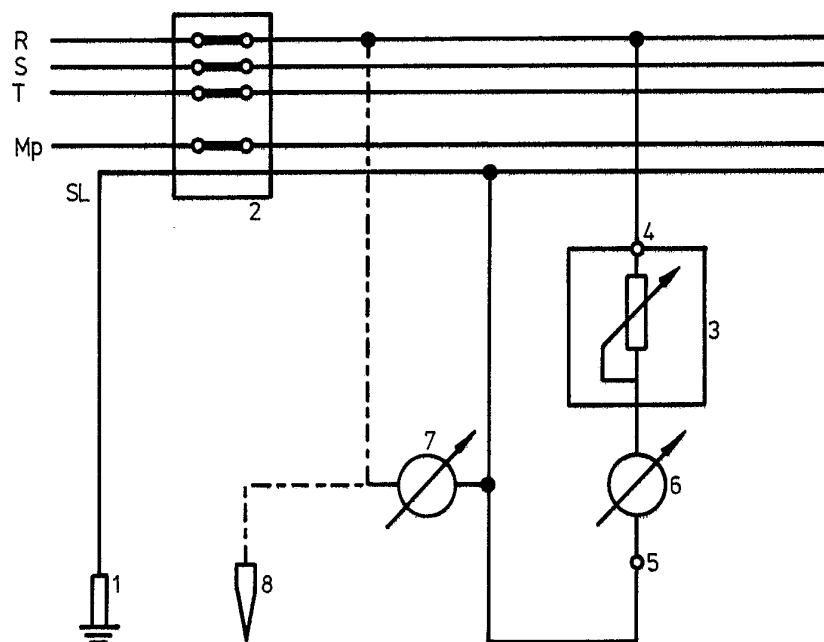


FIG. 2

