



(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1884/99
(22) Anmeldetag: 08.11.1999
(42) Beginn der Patentdauer: 15.09.2001
(45) Ausgabetag: 27.05.2002

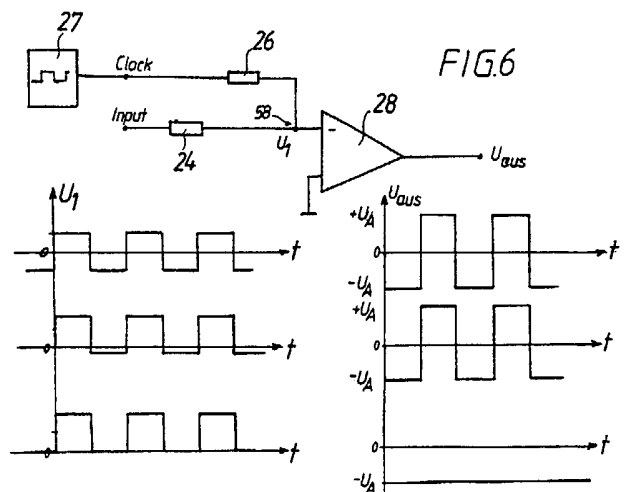
(51) Int. Cl.⁷: **H02H 3/28**

(73) Patentinhaber:
ERICSSON AUSTRIA AKTIENGESELLSCHAFT
A-1121 WIEN (AT).
(72) Erfinder:
WILKINS BARRY NOEL
NAPIER (NZ).

(54) SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR DETEKTION EINES FEHLERSTROMES

AT 409 053 B

(57) Schaltungsanordnung zur Detektion eines Fehlerstromes in einem Stromkreis, mit einem zumindest einen ersten und einen zweiten Eingang aufweisenden Komparator, wobei die Eingänge mit zumindest einem, sein Potential in Abhängigkeit vom Fehlerstrom verändernden Potentialpunkt des Stromkreises, und mit einer Referenzspannungsquelle in Verbindung stehen, und wobei der Komparatorausgang mit einer Einheit zur Abschaltung des den Fehlerstrom führenden Stromkreises verbunden ist, wobei die Referenzspannungsquelle durch eine Spannungsquelle (27) mit einer periodischen Ausgangsspannung gebildet ist.



Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Detektion eines Fehlerstromes in einem Stromkreis, mit einem zumindest einen ersten und einen zweiten Eingang aufweisenden Komparator, wobei die Eingänge mit zumindest einem, sein Potential in Abhängigkeit vom Fehlerstrom verändernden Potentialpunkt des Stromkreises und mit einer Referenzspannungsquelle in Verbindung stehen, und wobei der Komparatorausgang mit einer Steuereinheit zur Abschaltung des den Fehlerstrom führenden Stromkreises verbunden ist.

Bekannte Schaltungsanordnungen zur Fehlerstromdetektion sind für die schnelle Abschaltung des Stromkreises bei Auftreten eines Fehlerstromes ausgelegt. Die zu diesem Zweck verwendeten elektronischen Komparatoren garantieren die dafür erforderlichen niedrigen Reaktionszeiten solcher Schaltungsanordnungen, bilden aber selbst wiederum fehleranfällige Schaltkreise, deren Ausfall schwerwiegende Folgen haben kann, da ein solcher im Regelfall erst dann bemerkt wird, wenn ein Fehlerstrom zu keiner Abschaltung führt.

Die Detektion von Fehlerströmen ist insbesondere in Nachrichtenübertragungssystemen mit Fernversorgung von großer Bedeutung, die Erfindung kann aber für jede Art von Fehlerstromdetektion Anwendung finden.

Bei der Fernspeisung von Teilnehmern wird üblicherweise eine über eine Übertragungsleitung mit einer speisenden Einheit, z.B. einem Amtsteil, verbundene, gespeiste Einheit, z.B. ein Ortsteil, mit Hilfe einer in der speisenden Einheit vorgesehenen Fernspeisespannungsquelle versorgt.

Die Höhe der Fernspeisespannung liegt etwa bei derzeit betriebenen Pair-Gain-Systemen im Bereich zwischen ungefähr 120 V(DC) und ungefähr 360 V(DC). Aus sicherheitstechnischen Gründen ist der in der Übertragungsleitung maximal zulässige Strom mit 60 mA begrenzt. Dies entspricht jenem Wert, den ein in gutem Gesundheitszustand befindlicher Mensch ohne bleibende Schädigungen verträgt. Durch die relativ hohen Spannungswerte kann es zu einer Gefährdung des Montagepersonals kommen, das diesen Spannungen unmittelbar ausgesetzt ist, wenn es beispielsweise den ferngespeisten Ortsteil anschließt bzw. Rangierarbeiten an der Übertragungsleitung durchführt.

Je nach nationalen Schutzvorschriften sind ab einer bestimmten Fernspeisespannung, meistens beträgt dieser Spannungswert 60V, bestimmte Schutzmaßnahmen vorgeschrieben. Diese Maßnahmen betreffen unter anderem auch die Überwachung hinsichtlich eines Überstromes und eines Erdschlusses. Dabei werden zwei Arten von Fehlerströmen, symmetrische und unsymmetrische Fehlerströme, unterschieden, deren Detektion auf unterschiedliche Art geschieht. Symmetrische Fehlerströme sind üblicherweise in beiden Leitungsadern fließende Überströme während unsymmetrische Fehlerströme z.B. infolge von Erdschlüssen entstehen.

Bei Auftreten eines Fehlerstromes wird die Fernspeisespannung sofort abgeschaltet, um das Montagepersonal nicht weiter zu gefährden. Eine elektronische Überwachung dieser auftretenden Fehler hat gegenüber mechanischen Lösungen, z.B. mittels Relais-Abschaltung, den Vorteil, daß die Fehlererkennung und die Abschaltung der Fernspeisespannung weitaus schneller vorgenommen werden kann und kostengünstiger ist.

Bisher fanden Detektoren mit fest eingestellten Referenzspannungen für die Fehlererkennung Anwendung, mit deren Hilfe Schwellwerte definiert werden, die es ermöglichen, einen auftretenden Fehler des überwachten Systems durch einen logischen Ausgangszustand zu erkennen, welcher im Fehlerfall eine entsprechende Änderung erfährt. Dieser den Fehlerstrom anzeigende Ausgangszustand stellt jedoch einen statischen Wert dar, der selbst fehleranfällig ist. Es besteht nämlich die Möglichkeit, daß das Versagen eines Bauelements oder eines Schaltungsteils innerhalb der den Fehlerstrom überwachenden Schaltungsanordnung einen statischen Ausgangszustand hervorruft, der dem eines fehlerfreien Zustandes gleicht, wodurch ein später auftretender Fehlerstrom unbemerkt bleibt und gegebenenfalls Personen gesundheitlich gefährden kann.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art anzugeben, bei der ein Ausfall eines Bauteils oder eines Schaltungsteils der Schaltungsanordnung detektierbar ist, wodurch eine sofortige Unterbrechung des überwachten Stromkreises bzw. eine Abschaltung der im Stromkreis vorherrschenden Spannung ermöglicht wird, sollte es zu einer Fehlfunktion der Schaltungsanordnung kommen.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß die Referenzspannungsquelle durch eine Spannungsquelle mit einer periodischen Ausgangsspannung gebildet ist.

Auf diese Weise wird ein periodisches Signal mit der am abhängigen Potentialpunkt auftreten-

den Spannung des zu überwachenden Stromkreises verglichen, wodurch am Ausgang des Komparators im fehlerfreien Zustand ebenfalls ein periodisches Signal erzeugt wird. Im Falle eines Fehlerstromes geht der Ausgang der erfindungsgemäßen Schaltung in einen statischen Zustand über, der gegenüber dem fehlerfreien Zustand sehr leicht zu detektieren ist. Aber auch ein Ausfall des Komparators oder der mit ihm verbundenen Bauteile bzw. Komponenten führt zum Ausbleiben des periodischen Signals am Komparatorausgang, sodaß die Steuereinheit ebenfalls eine Unterbrechung des überwachten Stromkreises veranlaßt. Somit ist eine erhöhte Sicherheit gegen ein unbemerktes Versagen des Komparators verwirklicht.

In weiterer Ausbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die Referenzspannungsquelle durch eine Rechteckspannungsquelle gebildet ist. Die damit an einem der Komparatoreingänge anliegende periodische Spannung weist während je einer Periodenhälfte eine konstante Amplitude auf, wodurch ein präziser Vergleich mit dem vom Fehlerstrom abhängigen Potentialpunkt möglich ist. Jede andere periodische Signalform ist grundsätzlich ebenfalls für einen Vergleich anwendbar, wengleich der Verlauf des dabei entstehenden Ausgangssignals unter Umständen von der Höhe des Fehlerstromes abhängig ist.

In diesem Zusammenhang kann vorgesehen sein, daß die Rechteckspannungsquelle Spannungsreferenz-Bauelemente umfaßt, sodaß die Amplitude der von der Rechteckspannungsquelle erzeugten Rechteckspannung sowohl absolut als auch relativ zum Nullpunkt innerhalb eines engen Toleranzbereiches liegt. Damit ist sichergestellt, daß das Abschaltverhalten nicht von der Polarität des verglichenen Potentials abhängig ist. Die Frequenzgenauigkeit des verwendeten, periodischen Signals ist hingegen unkritisch.

Ein weiteres Merkmal der Erfindung kann darin bestehen, daß der Komparator durch einen Operationsverstärker gebildet ist, wodurch eine sehr verlässliche Ausbildung des Komparators geschaffen werden kann.

Eine Variante der Erfindung kann darin bestehen, daß zwei über gleich große Widerstände mit dem Nullpunkt verbundene Potentialpunkte vorgesehen sind, deren Potential vom Fehlerstrom abhängig ist, und daß die beiden Potentialpunkte und die Rechteckspannungsquelle jeweils über einen Widerstand mit dem ersten Eingang des Komparators verbunden sind, und daß der zweite Eingang des Komparators mit dem Nullpunkt verbunden ist.

Auf diese Weise folgt die Ausgangsspannung des Komparators solange dem am Eingang liegenden Rechtecksignal bis eine durch einen unsymmetrischen Fehlerstrom hervorgerufene Potentialanhebung oder -absenkung an den Potentialpunkten die Amplitude der Rechteckspannung nach der positiven oder der negativen Seite hin überschreitet und den Komparator damit in einen statischen Ausgangszustand überführt, der von einer nachgeschalteten Steuereinheit als Fehlerstrom interpretiert wird und zur Unterbrechung des überwachten Stromkreises bzw. zur Abschaltung der Fernspeisespannungsquelle führt.

Gemäß einer anderen Variante der Erfindung kann vorgesehen sein, daß ein über einen Widerstand mit dem Nullpunkt verbundener Potentialpunkt, vorzugsweise über einen Spannungsteiler mit einem ersten Eingang und die Rechteckspannungsquelle, vorzugsweise über einen Widerstands-Spannungsteiler, mit einem zweiten Eingang des Komparators verbunden ist.

Der auf diese Weise vorgenommene Spannungsvergleich an den beiden Eingängen des Komparators führt zu einem periodischen Ausgangssignal solange die Spannung am Potentialpunkt die Amplitude des periodischen Signals in der positiven oder in der negativen Richtung nicht überschreitet. Übersteigt der Spannungswert an dem Komparatoreingang, an den der Potentialpunkt angeschlossen ist, die Amplitude des periodischen Signals so geht der Komparatorausgang in einen statischen Zustand über, der von der Steuereinheit detektiert wird, woraufhin die Fernspeisespannungsquelle ausgeschaltet wird.

Weiters kann bei einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung zur Detektion eines Fehlerstromes in einer speisenden Einheit, vorzugsweise in einem Amtsteil, einer Vorfeldeinrichtung, die über eine Übertragungsleitung mit einer gespeisten Einheit, vorzugsweise einem Ortsteil, verbunden ist und diese fernspeist, wobei in der speisenden Einheit ein Übertrager umfassender DC-Wandler mit zumindest einer Primärwicklung und zwei Sekundärwicklungen vorgesehen ist, von denen je ein Sekundärwicklungsanschluß über ein Gleichrichterelement an die Übertragungsleitung angeschlossen ist und die zwei verbleibenden Sekundär-Wicklungsanschlüsse über eine Serienschaltung aus zwei Widerständen verbunden sind, deren Mittenpunkt an den Nullpunkt

angeschlossen ist, vorgesehen sein, daß der zumindest eine vom Fehlerstrom abhängige Potentialpunkt durch einen oder beide Verbindungspunkte der Sekundärwicklungen mit der Widerstand-Serienschaltung gebildet ist.

5 Sowohl ein symmetrischer als auch ein unsymmetrischer Fehlerstrom kann auf diese Weise mit Hilfe der solcherart definierten Potentialpunkte detektiert werden, wobei die verwendete periodische Referenzspannung auch eine Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Komparators selbst ermöglicht.

10 Eine weitere Variante der Erfindung kann darin bestehen, daß beide Potentialpunkte über je einen Widerstand mit dem ersten Eingang des Komparators verbunden sind, daß die Rechteckspannungsquelle über einen Widerstand mit dem ersten Eingang des Komparators verbunden ist, und daß der zweite Eingang des Komparators mit dem Nullpunkt verbunden ist. Eine Anhebung des ersten Eingangs infolge eines unsymmetrischen Fehlerstromes verursacht bei Überschreiten der Rechteckamplitude eine statische Komparatorausgangsspannung und in weiterer Folge eine Unterbrechung des überwachten Stromkreises. Andererseits gelangt die am ersten Eingang ständig vorhandene Rechteckspannung bei Nichtvorliegen eines Fehlerstromes nur dann an den Komparatorausgang, wenn der Komparator voll funktionsfähig ist. Andernfalls tritt nur eine statische Ausgangsspannung auf, die über die Steuereinheit zu einer Unterbrechung des überwachten Stromkreises führt.

20 Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß einer der beiden Potentialpunkte, vorzugsweise über einen Spannungsteiler, mit dem ersten Eingang des Komparators verbunden ist, und daß die Rechteckspannungsquelle, vorzugsweise über einen Spannungsteiler, mit dem zweiten Eingang des Komparators verbunden ist. Ein relativ unempfindlicher Vergleich mit der Rechteckspannung ist dadurch möglich.

25 In weiterer Ausbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß ein erster und ein zweiter Komparator mit jeweils zumindest zwei Eingängen vorgesehen ist, wobei einer der Eingänge des ersten Komparators mit einer Spannungsquelle mit einer periodischen, vorzugsweise einer rechteckförmigen Ausgangsspannung verbunden ist, und der Ausgang des ersten Komparators mit einem der Eingänge des zweiten Komparators verbunden ist.

30 Durch die Hintereinanderschaltung der beiden Komparatoren kann die Ausfallsicherheit erhöht werden, weil die Funktionsfähigkeit des zweiten Komparators, dem zum Beispiel die Überwachung des Überstromes zukommt, von der Funktionsfähigkeit des ersten Komparators, welcher zum Beispiel den Erdschlußstrom überwacht, abhängt. Weist der erste Komparator aufgrund eines Fehlerstromes oder aufgrund seines eigenen Versagens keine periodische Ausgangsspannung auf, erhält der nachfolgende, zweite Komparator keine periodische Spannung an einem seiner Eingänge und kann daher auch nur mehr ein statisches Ausgangssignal erzeugen. Dadurch ist eine UND-Verknüpfung der beiden Komparatorausgänge gegeben, die eine erhöhte Sicherheit bietet, da nur der Zustand des Ausgangs des zweiten Komparators von einer Steuereinheit beurteilt werden muß.

40 Weiters kann gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem über einen Takteingang zwangsgetakteten DC-Wandler vorgesehen sein, daß der Ausgang des zweiten Komparators mit dem Takteingang des DC-Wandlers verbunden ist.

45 Damit ist die Funktion des zwangsgetakteten DC-Wandlers von der Ausgangsspannung des zweiten Komparators abhängig, weswegen der Ausfall des zweiten oder des ersten Komparators eine Abschaltung der DC-Wandler-Ausgangsspannung zur Folge hat. In genau der gleichen Weise wird der DC-Wandler bei Feststellen eines Fehlerstromes abgeschaltet, wodurch sowohl im Falle eines auftretenden Fehlerstromes als auch bei Fehlfunktion des ersten oder des zweiten Komparators die Ausgangsspannung des DC-Wandlers verlässlich auf Null gesetzt wird.

50 Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Detektion eines Fehlerstromes in einem Stromkreis, wobei zumindest ein von dem Fehlerstrom abhängiges Potential mit einer Referenzspannung verglichen und bei Überschreiten der Referenzspannung eine Unterbrechung des den Fehlerstrom führenden Stromkreises vorgenommen wird, bei der zur Lösung der Aufgabe der Erfindung vorgesehen ist, daß das zumindest eine, vom Fehlerstrom abhängige Potential mit einer periodischen, vorzugsweise rechteckförmigen, Referenzspannung verglichen wird.

55 Durch den Vergleich mit einer periodischen Referenzspannung kann sowohl das Auftreten eines Fehlerstromes als auch der Ausfall des vergleichenden Komparators nachgewiesen werden.

Weiters ist die Erfindung auf ein Verfahren zur Detektion eines Fehlerstromes in einem von einer Versorgungs-Spannungsquelle gespeisten Stromkreis mit einer Komparatorschaltung gerichtet, welche Versorgungs-Spannungsquelle zu ihrem Betrieb einen Takteingang zum Anlegen einer Taktspannung aufweist.

5 Erfindungsgemäß wird die am Takteingang anzulegende Taktspannung in einen der Eingänge der Komparatorschaltung eingespeist, an deren Ausgang im wesentlichen unverändert wieder abgegriffen und sodann an den Takteingang der Versorgungs-Spannungsquelle angelegt.

Durch das Hindurchleiten der Taktspannung durch die Komparatorschaltung wird diese auf eine Fehlfunktion hin überprüft. Bei Ausfall der Komparatorschaltung geht deren Ausgang in einen Zustand über, der von der periodischen Taktspannung abweicht, wodurch der Stromkreis nicht mehr versorgt und damit auch der Fehler erkennbar gemacht wird.

10 Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Detektion eines Fehlerstromes in einem von einer Spannungsquelle gespeisten Stromkreis, der über eine Komparatorschaltung auf das Vorliegen eines Fehlerstromes überprüft und bei Vorliegen eines Fehlerstromes über eine Steuerlogik abgeschaltet wird.

15 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, mit dem die Funktionsfähigkeit der Komparatorschaltung ständig überwacht und bei Vorliegen einer Fehlfunktion eine Abschaltung des Stromkreises bewirkt wird.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß in der Steuerlogik ein periodisches Signal erzeugt wird, das an einem der Eingänge der Komparatorschaltung angelegt wird, und welches Signal am Ausgang der Komparatorschaltung auf Phasenlage und Amplitude überprüft wird, und daß bei Auftreten einer Abweichung von einem vorgegebenen Sollwert der Phasenlage und/oder der Amplitude die Versorgung des Stromkreises von der Steuerlogik unterbrochen wird.

25 Das periodische Signal verhindert dabei, daß durch Fehlfunktionen hervorgerufene Gleichspannungspegel fälschlicherweise einen fehlerfreien Betrieb der Komparatorschaltung vortäuschen und dadurch ein Fehlerstrom unentdeckt bleibt.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele eingehend erläutert. Es zeigt dabei

30 Fig.1 ein Blockschaltbild eines Nachrichtenübertragungssystems mit einem unsymmetrischen Fehler;

Fig.2 ein Blockschaltbild eines weiteren Nachrichtenübertragungssystems mit einem symmetrischen Fehler;

Fig.3 eine Schaltungsanordnung des Amtsteils des Übertragungssystems gemäß Fig.1 und Fig.2;

35 Fig.4 eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung;

Fig.5 eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung;

Fig.6 die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung gemäß Fig.4 mit Spannungs-Zeit-Diagrammen;

40 Fig.7 die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung gemäß Fig.5 mit Spannungs-Zeit-Diagrammen;

Fig.8 eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung;

Fig.9 eine Teilschaltung der Schaltungsanordnung gemäß Fig.8;

Fig.10 eine weitere Teilschaltung der Schaltungsanordnung gemäß Fig.8;

Fig.11 eine weitere Teilschaltung der Schaltungsanordnung gemäß Fig.8 und

45 Fig.12 eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung.

Die Fig.1 und Fig.2 zeigen in beispielhafter Weise jeweils eine Vorfeldeinrichtung eines Nachrichtenübertragungssystems mit einem Amtsteil 1 und einem Ortsteil 2, die über eine Übertragungsleitung 3 miteinander verbunden sind. Mittels einer Amtsbatterie 5 und eines DC-Wandlers 4 wird der Ortsteil 2 vom Amtsteil 1 aus ferngespeist. Der Amtsteil stellt dabei die speisende Einheit und der Ortsteil die gespeiste Einheit dar. Genauso kann der Amtsteil durch den Ortsteil ferngespeist sein. Die dabei auf der Übertragungsleitung 3 auftretende Fernspeisespannung ist höher als 60V und kann daher bei Auftreten eines Fehlers für das Montagepersonal eine Gefährdung darstellen. Für mögliche symmetrische oder unsymmetrische Fehlerströme müssen Schutzmaßnahmen vorgesehen sein, die bei Auftreten solcher Fehlerströme eine sofortige Abschaltung der Fernspeisespannung im Amtsteil zur Folge haben, um die Sicherheit des Montagepersonals zu gewähr-

leisten. Eine solche Abschaltung ist seit einiger Zeit Stand der Technik. Um eine ausreichende Empfindlichkeit und Schnelligkeit dieser Sicherheitsmaßnahme zu ermöglichen, sind elektronische Schaltkreise vorgesehen, die Veränderungen an bestimmten Potentialpunkten überwachen und in einem Komparator mit einem Schwellwert vergleichen. Bei Überschreiten des Schwellwertes wird über eine Steuereinheit eine Abschaltung der Fernspeisespannung vorzugsweise durch Abschaltung des DC-Wandlers 4 veranlaßt. Dabei tritt das Problem auf, daß die Fehlerdetektionsschaltung selbst fehleranfällig ist, weil durch Mängel an Bauteilen oder an anderen Komponenten ihre Funktion außer Kraft gesetzt ist. Dieser Eigenfehler kann lange Zeit unbemerkt bleiben und dann akut werden, wenn ein unsymmetrischer Erdschlußfehler oder ein symmetrischer Überstromfehler auf der Teilnehmerleitung auftritt und diese von der Detektionsschaltung nicht erkannt werden, wodurch die Fernspeisespannung auf der Teilnehmerleitung dennoch bestehen bleibt. Insbesondere kann dieser Eigenfehler deshalb unbemerkt bleiben, weil trotz des Versagens eines Bauteils oder eines Schaltungsteils bestimmte Gleichspannungspotentiale innerhalb der Schaltungsanordnung unverändert bestehen bleiben und eine aufrechte Funktionsfähigkeit vortäuschen, obwohl diese nicht gegeben ist.

Fig.1 und 2 zeigen die zwei möglichen Fehlerströme in schematischer Darstellung. Grundsätzlich können diese in jedem beliebigen System entstehen und mit der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung detektiert werden. In Fig.1 und 2 sind diese anhand einer Vorfeldeinrichtung gezeigt, es kann dies aber jede beliebige andere Einrichtung sein, bei der Fehler der gezeigten Art auftreten können.

Fig.1 zeigt einen durch einen Widerstand $6'$ hervorgerufenen, unsymmetrischen Erdschlußfehler, der an irgendeiner Stelle und an einer der Adern oder bei ungleich großer Ableitung an beiden Adern der Übertragungsleitung 3 auftreten kann. Der Widerstand $6'$ kann eine mangelhafte Isolierung oder einen menschlichen Körper darstellen.

Fig.2 zeigt einen durch einen Widerstand $6''$ verursachten symmetrischen Überstromfehler, der dann entstehen kann, wenn z.B. ein Monteur beide Leitungsadern der Übertragungsleitung 3 in die Hand nimmt und dadurch die volle Fernspeisespannung an seinem Körper anliegt. Weiters ergibt sich ein solcher Fehlerfall bei zwischen den Adern auftretenden Leckströmen oder Kurzschlüssen.

Sowohl in dem in Fig.1 als auch in dem in Fig.2 dargestellten Fall muß eine sofortige Abschaltung der Fernspeisespannung durchgeführt werden.

Fig.3 zeigt den Teil des Amtsteils 1, welcher die Fernspeisung des Ortsteils 2 vornimmt. Mittels eines aus einer Primärwicklung 7 und zwei Sekundärwicklungen 8, 9 zusammengesetzten Übertragers 10 wird das Übertragungssignal in die Übertragungsleitung 3 eingekoppelt, während der über die Amtsbatterie 5 betriebene DC-Wandler 4 die Fernspeisespannung über einen Trennkondensator 11 auf der Übertragungsleitung 3 aufrechterhält.

Fig.4 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung zur Detektion eines Fehlerstromes, wie er gemäß Fig.1 bei einem Erdschluß verursacht wird. Es ist dabei ein erster und ein zweiter Eingang 40, 41 aufweisender Komparator 28 zur Detektion eines auf der Übertragungsleitung 3 auftretenden Erdschlusses vorgesehen.

Der Ausgang des Komparators 28 ist mit einer nicht dargestellten Steuereinheit zur Abschaltung des den Fehlerstrom führenden Stromkreises bzw. zur Abschaltung des die Fernspeisespannung erzeugenden DC-Wandlers verbunden. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel nimmt der Komparatorausgang direkt die Abschaltung der Fernspeisespannung und damit eine Unterbrechung des fließenden Fehlerstromes über die nicht dargestellte Steuereinheit vor.

Der Komparator ist durch einen Operationsverstärker 28 ausgebildet, der an seinem ersten Eingang mit insgesamt drei Widerständen 24, 25, 26 verbunden ist, wodurch der erste Eingang 40 über die Widerstände 24, 25 an Potentialpunkte 55, 56 innerhalb des DC-Wandlers 4 und an eine Spannungsquelle 27 mit einer periodischen Ausgangsspannung angeschlossen ist, welche vorzugsweise durch eine Rechteckspannungsquelle gebildet ist. Der zweite Eingang 41 des Komparators 28 ist an Masse bzw. an den Spannungs-Nullpunkt geschaltet.

Die Potentialpunkte 55, 56 dienen der Detektion eines in der Übertragungsleitung fließenden Fehlerstromes, der durch einen in Fig.1 dargestellten Erdschluß hervorgerufen worden ist, weswegen sie über zwei gleich große Widerstände 19, 20 mit dem Nullpunkt verbunden sind, sodaß deren Potential vom auftretenden Fehlerstrom abhängig ist.

Die Erzeugung der Fernspeisespannung erfolgt innerhalb des DC-Wandlers 4, dessen

Bestandteile in Fig.4 teilweise gezeigt sind. Eingänge 52, 53 werden von der Amtsbatterie 5 gespeist und führen deren Gleichspannung einer Wandlereinheit 12 zu, die selbstschwingend oder fremdgetaktet sein kann und mit Hilfe eines Übertragers 13 eine Wandlung und Übertragung der aus der Amtsbatterie stammenden Gleichspannung in eine Wechselspannung vornimmt. Die
 5 mittels Primärwicklung 14 und Sekundärwicklungen 15, 21 erzeugte sekundäre Wechselspannung wird über Gleichrichter-Dioden 16, 23 und Siebkondensatoren 18, 22 gleichgerichtet und an den Ausgängen 50, 51 bereitgestellt, über welche die so gebildete Fernspeisespannung, wie aus Fig.3 ersichtlich, an die Übertragungsleitung 3 gelegt wird.

Die Sekundärwicklungen 15, 21 sind in bekannter Weise über die gleich großen Widerstände
 10 19, 20 an Null Volt bzw. an Masse geschaltet. Damit ist einerseits eine symmetrische, zweipolige Fernspeisespannung verwirklicht und andererseits entstehen dadurch Potentialpunkte 55, 56, an welchen das Auftreten eines Fehlerstromes festgestellt werden kann. Im Falle eines Erdschlusses nach Fig.1 fließt ein asymmetrischer Erdschlußstrom durch Widerstand 6' und verursacht dadurch einen Spannungsabfall an einem der Widerstände 19, 20 je nachdem, in welcher Ader der Erd-
 15 schlußstrom fließt.

Das Prinzip der in Fig.4 gezeigten Schaltung ist in der in Fig.8 angegebenen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung verwirklicht worden. Der für die Detektion eines Erdschlußfehlers verantwortliche Schaltungsteil ist der besseren Übersichtlichkeit wegen in Fig.10
 in komprimierter Form gezeigt.

Die Primärwicklung 14 eines Übertragers T3 bildet mit einem FET-Transistor V29 einen Sperr-
 20 schwinger, der in den zwei Sekundärwicklungen 15, 21 eine Wechselspannung induziert, die im wesentlichen über Gleichrichterdioden V1, V48 und Siebkondensatoren C68 und C69 sowie weitere Siebglieder, z.B. Induktivitäten L5, L6 eine Fernspeisespannung erzeugt, die an Klemmen DSLPSU+ und DSLPSU- anliegt, die den Ausgangsklemmen 50, 51 entsprechen. Eine auftretende
 25 Überspannung wird durch Gleichrichterelement V25, V79 begrenzt. Die vorgenannten Bauelemente sind somit funktionsgleich zu den in Fig.4 gezeigten Schaltungsteilen des DC-Wandlers 4.

Die zwei innen liegenden Anschlüsse der Sekundärwicklungen 15, 21 sind über parallel ge-
 30 schaltete Widerstände R64, R65 bzw. R63, R117 an Masse geschaltet, wobei die Parallelschaltung R64, R65 dem Widerstand 19 und die Parallelschaltung R63, R117 dem Widerstand 20 aus Fig.4 entsprechen. Die jeweils parallel liegenden Kapazitäten C161, C165 sowie Spannungsbegrenzer V55, V601 schneiden Spannungsspitzen ab bzw. beseitigen hochfrequente Störspannungen. An den Potentialpunkten 55, 56 sind Summier-Widerstände R59, R60 angeschlossen, die den Wider-
 35 ständen 24, 25 in Fig.4 entsprechen, und zum ersten Eingang 40 des Komparators 28 geführt sind. Die eine Rechteckspannung am Ausgang aufweisende Spannungsquelle 27 ist über den Widerstand 26 an den ersten Eingang 40 des Komparators 28 geschaltet. Der zweite Eingang des Komparators 28 ist an Masse geschaltet.

Die Spannungsquelle 27 gibt eine Rechteckspannung mit z.B. $\pm 20\text{mV}$ ab, deren Erzeugung in dem in Fig.9 gezeigten Schaltungsteil beschrieben ist. Die über die Summier-Widerstände R59, R60 abgeleitete Spannung wird im Komparator 28 mit der Rechteckspannung der Spannungsquel-
 40 le 27 verglichen. Liegt ein Erdschlußfehler nicht vor, so wird in dem Verbindungspunkt 58 der einen gleich großen Widerstandswert aufweisenden Widerstände R59 und R60 genau das Massepotential anstehen und dieser Punkt somit keine Potentialverschiebung gegenüber dem zweiten Eingang 41 des Komparators 28 aufweisen. Das genau symmetrische Rechtecksignal der Spannungsquelle 27 wird den Komparator 28 voll aussteuern, wie dies in Fig.6 anhand eines vereinfachten Schalt-
 45 bildes dargestellt ist, sodaß am Ausgang des Komparators 28 der Takt der Spannungsquelle 27 ausgegeben wird.

Liegt hingegen ein Erdschlußfehler vor, ergibt sich an dem Verbindungspunkt 58 in Abhängig-
 50 keit von der Höhe des fließenden Fehlerstromes ein vom Nullpotential verschiedener Spannungswert, der die Nullsymmetrie des Rechtecksignals, je nachdem in welcher Ader der Fehlerstrom fließt, in Richtung positiver oder negativer Spannungswerte verschiebt. In Fig.6 wird diese Anhebung in vereinfachter Darstellung nur über den einen Widerstand 24 verursacht. Ist die Spannung am Eingang „Input“ Null Volt so gelangt ein periodisches Ausgangssignal U_{aus} an den Ausgang des Komparators 28 wie aus den beiden oberen Diagrammen in Fig.6 hervorgeht. Bei Anhebung (mittlere Diagramme) oder Absenkung des Rechtecksignals um einen Spannungswert, der kleiner
 55 als dessen Amplitude, z.B. 20 mV ist, ist keine Änderung des Ausgangssignals festzustellen. Erst

wenn die Anhebung bzw. Absenkung die Höhe der Amplitude erreicht bzw. überschreitet, tritt eine Änderung des Ausgangssignals des Komparators 28 ein, das nunmehr in eine statische Spannung bzw. in einen kontinuierlichen High- oder Low-Zustand übergeht, der von einer nicht dargestellten Steuereinheit erkannt und ausgewertet wird. Bei Ausbleiben eines periodischen Signals ist der durch den Erdschluß verursachte Fehlerstrom über den durch die Amplitude des Rechtecksignals eingestellten Schwellwert angestiegen, sodaß eine Abschaltung der Fernspeisespannung, vorzugsweise über den durch die nicht dargestellte Steuereinheit direkt angesteuerten DC-Wandler zu erfolgen hat. Zugleich wird durch die rechteckförmige Spannung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung der Komparator 28 einer ständigen dynamischen Überprüfung unterworfen, sodaß eine Fehlfunktion bzw. ein Eigenfehler des Komparators 28 sofort durch die Steuereinheit erkennbar ist, da in einem solchen Fall auch das sonst am Komparatorausgang auftretende Rechtecksignal ausfallen würde.

Fig.5 zeigt weiters eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung zur Detektion eines symmetrischen Fehlerstromes, wie er gemäß Fig.2 bei einem durch den Widerstand 6" verursachten Überstrom auftritt. Ein Komparator 28 mit einem ersten und einen zweiten Eingang 42, 43 dient dabei der Detektion des in der Übertragungsleitung 3 fließenden Überstromes.

Der Ausgang des Komparators 28 ist mit einer nicht dargestellten Einheit zur Unterbrechung des Fehlerstrom-Stromkreises verbunden. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel steuert der Komparatorausgang zu diesem Zweck die nicht dargestellte Steuereinheit an.

Der Komparator ist durch einen Operationsverstärker 28 gebildet, der an seinem ersten Eingang über einen aus Widerständen 30, 31 gebildeten Spannungsteiler an einem der Potentialpunkte 55, 56 angeschlossen. Da der Überstrom in beiden Adern der Übertragungsleitung gleich groß ist, verursacht er an diesen Potentialpunkten 55, 56 keine Symmetrieabweichungen sondern nur absolute Spannungsänderungen, die auf diesem Weg an den Komparatoreingang 42 geführt werden. An den zweiten Eingang ist über einen aus Widerständen 34, 35 gebildeten Spannungsteiler die Spannungsquelle 27 mit periodischer, insbesondere rechteckförmiger Ausgangsspannung angeschlossen.

Auch die Wirkungsweise der in Fig.5 gezeigten Schaltung ist in der in Fig.8 angegebenen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung enthalten. Der für die Detektion eines Überstromes verantwortliche Schaltungsteil ist der besseren Übersichtlichkeit wegen in Fig.11 gezeigt.

Analog zu Fig.5 wird in der Ausführungsform gemäß Fig.11 der Potentialpunkt 55 (+IDSL) abgegriffen und die dort bestehende Spannung über einen Spannungsteiler R194, R196 an den ersten Eingang 42 des Komparators 28 gelegt. Widerstand 194 dient dabei dem Schutz des Eingangs 42 gegen Spannungsspitzen. Die Möglichkeit eines Ausfalls des letztgenannten Widerstandes wird durch den hochohmigen Widerstand R196 herabgesetzt, welcher den dabei entstehenden Gleichspannungs-Offset aus dem Arbeitsbereich des Komparators 28 nimmt. Der Vergleich wird zwischen dem durch den Überstrom verursachten Spannungsabfall am Eingang 42 und dem Rechtecksignal am zweiten Eingang 43 des Komparators 28, das eine Amplitude von $\pm 1,2V$ aufweist, vorgenommen. Die Widerstände R64, R65 sind so gewählt, daß z.B. bei Überschreiten eines Stromes von 60 mA eine Spannung von 1,2V am ersten Eingang 42 anliegt. Über den Spannungsteiler 34, 35 kann die Amplitude des Rechtecksignals auf den gewünschten Schwellwert eingestellt werden. Ein Optokoppler N44 sorgt für eine galvanische Trennung gegenüber dem Eingang der nicht dargestellten Steuereinheit.

In Fig.7 sind für die Ausführungsbeispiele gemäß Fig.5 und Fig.11 Spannungs-Zeit-Diagramme für drei mögliche Fälle einer am ersten Eingang 42 des Komparators 28 anliegenden Spannung U1 dargestellt. Erst bei Überschreiten der Amplitude des Rechtecksignals durch die Spannung U1 wird der Komparatorausgang statisch.

Fig.9 zeigt jenen Schaltungsteil von Fig.8, der für die Erzeugung einer Rechteckspannung verantwortlich ist, deren Amplitude bzw. deren Symmetrie gegenüber dem Nullpunkt der Spannung bzw. gegenüber Masse in einem sehr engen Toleranzbereich liegt. Dadurch wird die Fehlererkennungsgenauigkeit für unsymmetrische Fehlerströme in beiden Adern der Übertragungsleitung 3 entsprechend gesteigert, wobei die Genauigkeit der Frequenz der Rechteckspannung unbeachtlich ist.

Aus einem System-Referenz-Takt wird dabei eine hochpräzise Rechteckamplitude gewonnen, die in dem gezeigten Ausführungsbeispiel $\pm 1,2V$ bei einem Tastverhältnis von 50% und einer Frequenz von 50 kHz für die Überstrom-Detektion (Fig.11) gewählt ist. Für die empfindlichere Erdschluß-Detektion (Fig.10) wird dieses Signal auf $\pm 20mV$ spannungsgeteilt.

5 Diese beiden Rechtecks-Amplitudenwerte definieren den Fensterbereich, in dem sowohl der Komparator 28 für den Überstrom als auch der Komparator 28 für den Erdschluß ein Rechtecksignal von ihrem Eingang an ihren Ausgang weiterleiten. Daher ist das Vorhandensein dieser beiden Signale an den Ausgängen OVERCURRENT (FIG.11) und EARTH-FAULT (Fig.10) der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung eine Bestätigung dafür, daß zum einen kein Fehler in der zu überwachenden Einheit aufgetreten ist und zum anderen die Schaltungsanordnung selbst funktionsfähig ist.

Der Systemtakt oder auch ein anderer ähnlicher Takt, z.B. aus der Steuereinheit, wird über den Eingang „FAULTCLK“ (Fig.7 und 8) über einen Widerstand R248 an den Eingang eines Optokopplers N18 gelegt, welcher eine galvanische Trennung zwischen dem vorgenannten Eingang und dem nachfolgend erläuterten Schaltungsteil zur Erzeugung des präzisen Rechtecksignals ermöglicht. Der Ausgang des Optokopplers N18 ist an seinem Emitter an $-6,5V$ und an seinem Kollektor über einen Widerstand R 251 an $+6,5V$ gelegt und treibt komplementäre FET-Transistoren V57 und V110, welche die parallelen 2,5V-Präzisions-Spannungs-Referenzelemente V58, V59, die über die Widerstände R262 und R263 auf $+6,5V$ und auf $-6,5V$ liegen abwechselnd an einem Anschluß und an dem gegenüberliegenden Anschluß an Masse legen, wodurch sich über die Teilerwiderstände R260 und 261 die Rechteckspannung von $\pm 1,25V$ ergibt.

Die Symmetrie bezüglich des Null-Volt-Potentials DSL0V und die Genauigkeit der Amplitude der Rechteckspannung ist für die Funktionsfähigkeit der Überstrom- und Erdschluß-Fehlerdetektion entscheidend. Daher ist es vorteilhaft, daß die Spannungs-Referenzelemente V58, V59 vorhanden sind, die jede Asymmetrie der Rechteckspannung relativ zu DSL0V verhindern und auch sicherstellen, daß die Amplitude den kalibrierten Wert nicht überschreitet. Jede Toleranzabweichung in den für die Erzeugung der Rechteckspannung verwendeten Bauteilen, die eine Erhöhung der Amplitude der Rechteckspannung hervorruft, hat eine höhere Toleranz der Fehlererkennung zur Folge und stellt kein Versagen des Sicherheitsstandards dar.

30 Eine unsymmetrische Rechteckspannung kann durch eine Offset-Spannung entstehen, die durch einen fehlerhaften Bauteil bewirkt wird, wenn dieser zum Beispiel eine Unterbrechung oder einen Kurzschluß an seinen Anschlüssen erzeugt. In jedem denkbaren Fall kommt dadurch eine Offset-Spannung zustande, die mehr als $0,6V$ beträgt. Eine solche Offset-Spannung kann durch die Komparatoren N21C und N21D (Fig.8) detektiert werden, die einen Fenster-Komparator bilden, mit z.B. einem Fenster von $\pm 0,13V$. Ein solcher Ausfall kann durch einen Bauteilfehler zustande kommen oder durch mangelhaftes Einlöten dieses Bauteils in die Platine.

Eine besonders kritische Komponente stellt der Widerstand R253 dar, der bei seinem Ausfall eine Offset-Spannung größer als $0,6V$ erzeugt. Sobald dieser Wert überschritten wird, wird die Diode V50 leitend, wodurch einer der Komparatoren N21C, N21D seinen Ausgang auf Null schaltet und die Rechteckausgangsspannung des Komparators 28 über den Opto-Koppler N45 der Erdschluß-Detektorschaltung gegen Null zieht, sodaß die Steuereinheit am Ausgang EARTH FAULT einen Fehlerstrom erkennt und die Abschaltung des Stromkreises bewirkt.

45 Weitere Fehlerquellen können wirksam ausgeschaltet werden, indem die Phasenlage der Eingangsspannung und der Ausgangsspannung der Komparatoren 28, 33 fortwährend überprüft werden und bei Abweichung um einen vorbestimmbaren Maximalwert die Fernspeisungsspannungsquelle bzw. der DC-Wandler abgeschaltet wird.

Fig.12 zeigt eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung, wobei ein erster und ein zweiter Komparator 280, 330 mit jeweils zumindest zwei Eingängen vorgesehen sind. Der erste Eingang des ersten Komparators 280 ist mit der Rechteck-Spannungsquelle 27 und der Ausgang des ersten Komparators mit dem zweiten Eingang des zweiten Komparators 330 verbunden. Daraus ergibt sich eine UND-Verknüpfung der Komparatorausgänge und eine erhöhte Sicherheit gegen einen Funktionsfehler einer der beiden Komparatoren, da der Komparator 330 nur dann funktionsfähig ist, wenn der vorgeschaltete Komparator 280 das Rechtecksignal der Spannungsquelle 27 an dessen Eingang weiterleitet. Sowohl beide Fehlerstromarten, nämlich Erdschlußfehler und Überstromfehler, als auch beide Eigenfehler der Komparatoren 280, 330 können

damit von einer Steuereinheit am Ausgang des Komparators 330 überwacht werden.

Ist ein über einen Takteingang zwangsgetakteter DC-Wandler zur Versorgung des zu überwachenden Stromkreises vorgesehen, kann eine weitere Erhöhung der Fehlersicherheit erreicht werden, indem der Ausgang des zweiten Komparators 330 mit dem Takteingang des DC-Wandlers verbunden ist. Es wird somit der über die beiden Komparatoren geleitete Takt direkt zur Ansteuerung des DC-Wandlers herangezogen, weshalb auf eine Steuereinheit verzichtet werden kann. Bei Ausfall eines der beiden Komparatoren 280, 330 und bei Auftreten eines Fehlerstromes wird die Ausgangsspannung des DC-Wandlers automatisch auf Null gesetzt, weil sein Takteingang ein statisches Potential annimmt.

Eine Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion eines Fehlerstromes in einem von einer Versorgungs-Spannungsquelle gespeisten Stromkreis mit einer Komparatorschaltung, welche Versorgungs-Spannungsquelle zu ihrem Betrieb einen Takteingang zum Anlegen einer Taktspannung aufweist.

Die am Takteingang anzulegende Taktspannung wird in einen der Eingänge der Komparatorschaltung eingespeist, an deren Ausgang im wesentlichen unverändert wieder abgegriffen und sodann an den Takteingang der Versorgungs-Spannungsquelle angelegt.

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion eines Fehlerstromes in einem von einer Spannungsquelle gespeisten Stromkreis, der über eine Komparatorschaltung auf das Vorliegen eines Fehlerstromes überprüft und bei Vorliegen eines Fehlerstromes über eine Steuerlogik abgeschaltet wird.

In der Steuerlogik wird ein periodisches Signal erzeugt, das an einem der Eingänge der Komparatorschaltung angelegt wird, und welches Signal am Ausgang der Komparatorschaltung auf Phasenlage und Amplitude überprüft wird. Bei Auftreten einer Abweichung von einem vorgegebenen Sollwert der Phasenlage und/oder der Amplitude wird die Versorgung des Stromkreises von der Steuerlogik unterbrochen.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Schaltungsanordnung zur Detektion eines Fehlerstromes in einem Stromkreis, mit einem zumindest einen ersten und einen zweiten Eingang aufweisenden Komparator, wobei die Eingänge mit zumindest einem, sein Potential in Abhängigkeit vom Fehlerstrom verändernden Potentialpunkt des Stromkreises und mit einer Referenzspannungsquelle in Verbindung stehen, und wobei der Komparatorausgang mit einer Steuereinheit zur Abschaltung des den Fehlerstrom führenden Stromkreises verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Referenzspannungsquelle durch eine Spannungsquelle (27) mit einer periodischen Ausgangsspannung gebildet ist.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Referenzspannungsquelle durch eine Rechteckspannungsquelle (27) gebildet ist.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Rechteckspannungsquelle (27) Spannungsreferenz-Bauelemente (V58, V59) umfaßt, sodaß die Amplitude der von der Rechteckspannungsquelle erzeugten Rechteckspannung sowohl absolut als auch relativ zum Nullpunkt innerhalb eines engen Toleranzbereiches liegt.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei über gleich große Widerstände (19, 20) mit dem Nullpunkt verbundene Potentialpunkte (55, 56) vorgesehen sind, deren Potential vom Fehlerstrom abhängig ist, und daß die beiden Potentialpunkte (55, 56) und die Rechteckspannungsquelle (27) jeweils über einen Widerstand (24, 25, 26) mit dem ersten Eingang (40) des Komparators (28) verbunden sind, und daß der zweite Eingang (41) des Komparators (28) mit dem Nullpunkt verbunden ist.
5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein über einen Widerstand (19) mit dem Nullpunkt verbundener Potentialpunkt (55), vorzugsweise über einen Spannungsteiler (30, 31) mit einem ersten Eingang (42) und die Rechteckspannungsquelle (27), vorzugsweise über einen Widerstands-Spannungsteiler (34, 35) mit einem zweiten Eingang (43) des Komparators (28) verbunden ist.

- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
6. Schaltungsanordnung zur Detektion eines Fehlerstromes in einer speisenden Einheit, vorzugsweise in einem Amtsteil, einer Vorfeldeinrichtung, die über eine Übertragungsleitung mit einer gespeisten Einheit, vorzugsweise einem Ortsteil, verbunden ist und diese fernspeist, wobei in der speisenden Einheit ein einen Übertrager umfassender DC-Wandler mit zumindest einer Primärwicklung und zwei Sekundärwicklungen vorgesehen ist, von denen je ein Sekundärwicklungsanschluß über ein Gleichrichterelement an die Übertragungsleitung angeschlossen ist und die zwei verbleibenden Sekundär-Wicklungsanschlüsse über eine Serienschaltung aus zwei Widerständen verbunden sind, deren Mittenpunkt an den Nullpunkt angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der zumindest eine vom Fehlerstrom abhängige Potentialpunkt (55, 56) durch einen oder beide Verbindungspunkte der Sekundärwicklungen (15, 21) mit der Widerstand-Serienschaltung (19, 20) gebildet ist.
 7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß beide Potentialpunkte (55, 56) über je einen Widerstand (24, 25; R59, R60) mit dem ersten Eingang (40) des Komparators (28) verbunden sind, daß die Rechteckspannungsquelle (27) über einen Widerstand (26) mit dem ersten Eingang (40) des Komparators (28) verbunden ist, und daß der zweite Eingang (41) des Komparators (28) mit dem Nullpunkt verbunden ist.
 8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß einer der beiden Potentialpunkte (55, 56), vorzugsweise über einen Spannungsteiler (30, 31; R194, R196) mit dem ersten Eingang (42) des Komparators (28) verbunden ist, und daß die Rechteckspannungsquelle (27), vorzugsweise über einen Spannungsteiler (34, 35) mit dem zweiten Eingang (43) des Komparators (28) verbunden ist.
 9. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein erster und ein zweiter Komparator (280, 330) mit jeweils zumindest zwei Eingängen vorgesehen ist, wobei einer der Eingänge des ersten Komparators mit einer Spannungsquelle (27) mit einer periodischen, vorzugsweise einer rechteckförmigen Ausgangsspannung verbunden ist, und der Ausgang des ersten Komparators mit einem der Eingänge des zweiten Komparators verbunden ist.
 10. Schaltungsanordnung nach Anspruch 9 mit einem über einen Takteingang zwangsgetakteten DC-Wandler, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ausgang des zweiten Komparators (330) mit dem Takteingang des DC-Wandlers verbunden ist.
 11. Verfahren zur Detektion eines Fehlerstromes in einem Stromkreis, wobei zumindest ein von dem Fehlerstrom abhängiges Potential mit einer Referenzspannung verglichen und bei Überschreiten der Referenzspannung eine Unterbrechung des den Fehlerstrom führenden Stromkreises vorgenommen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Referenzspannung periodischen, vorzugsweise rechteckförmigen, Verlauf aufweist.

HIEZU 8 BLATT ZEICHNUNGEN

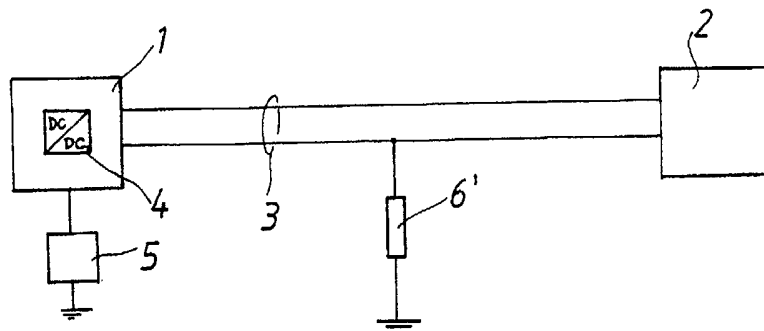


FIG.1

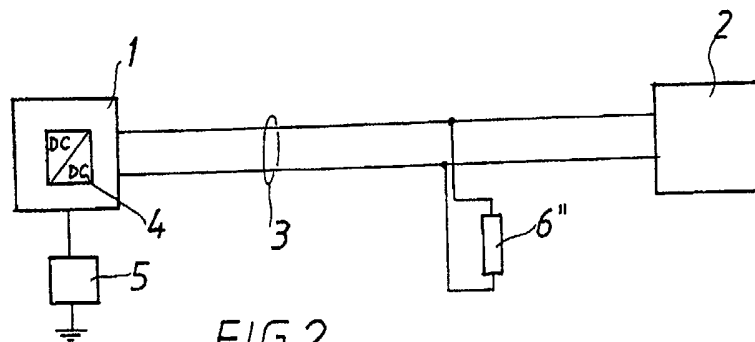


FIG.2

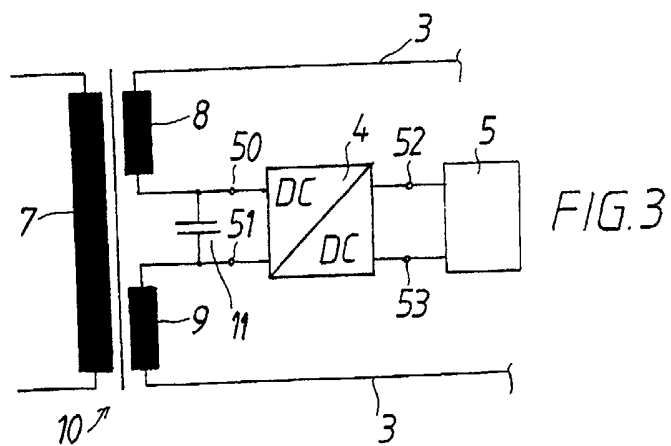
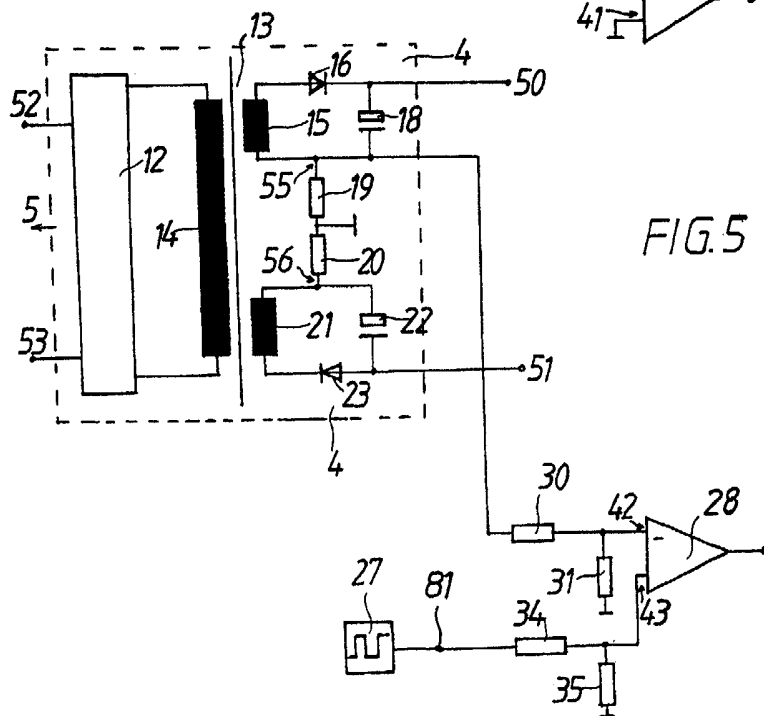
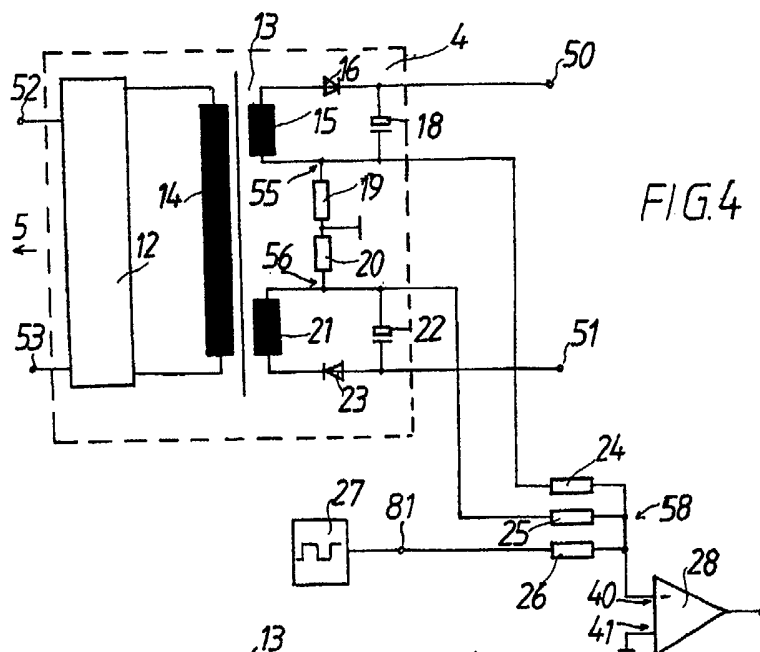


FIG.3



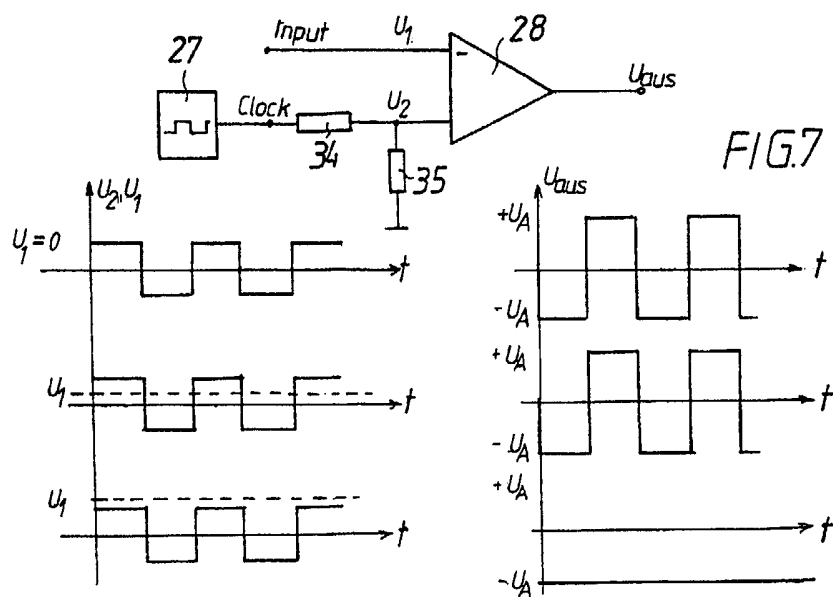
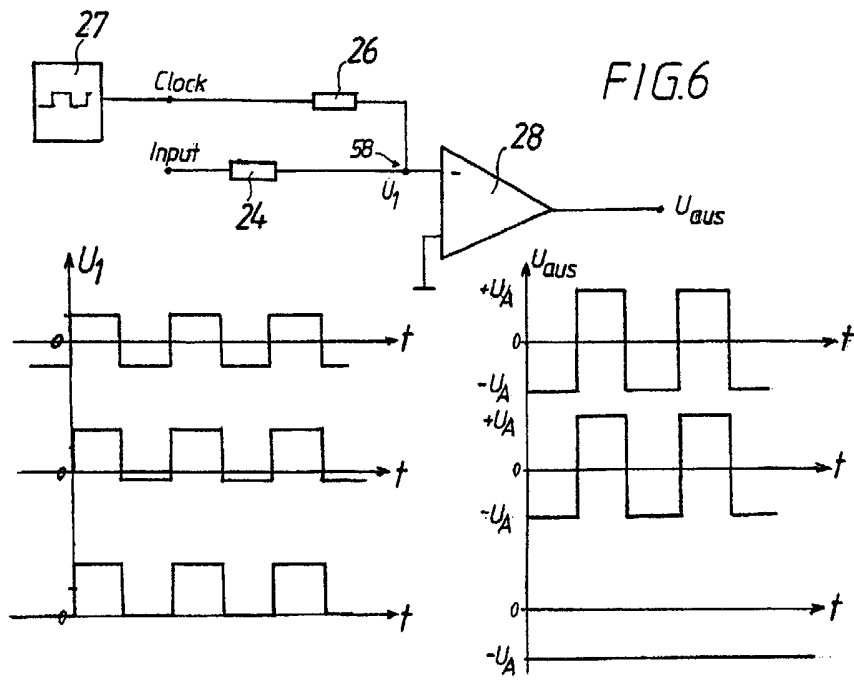
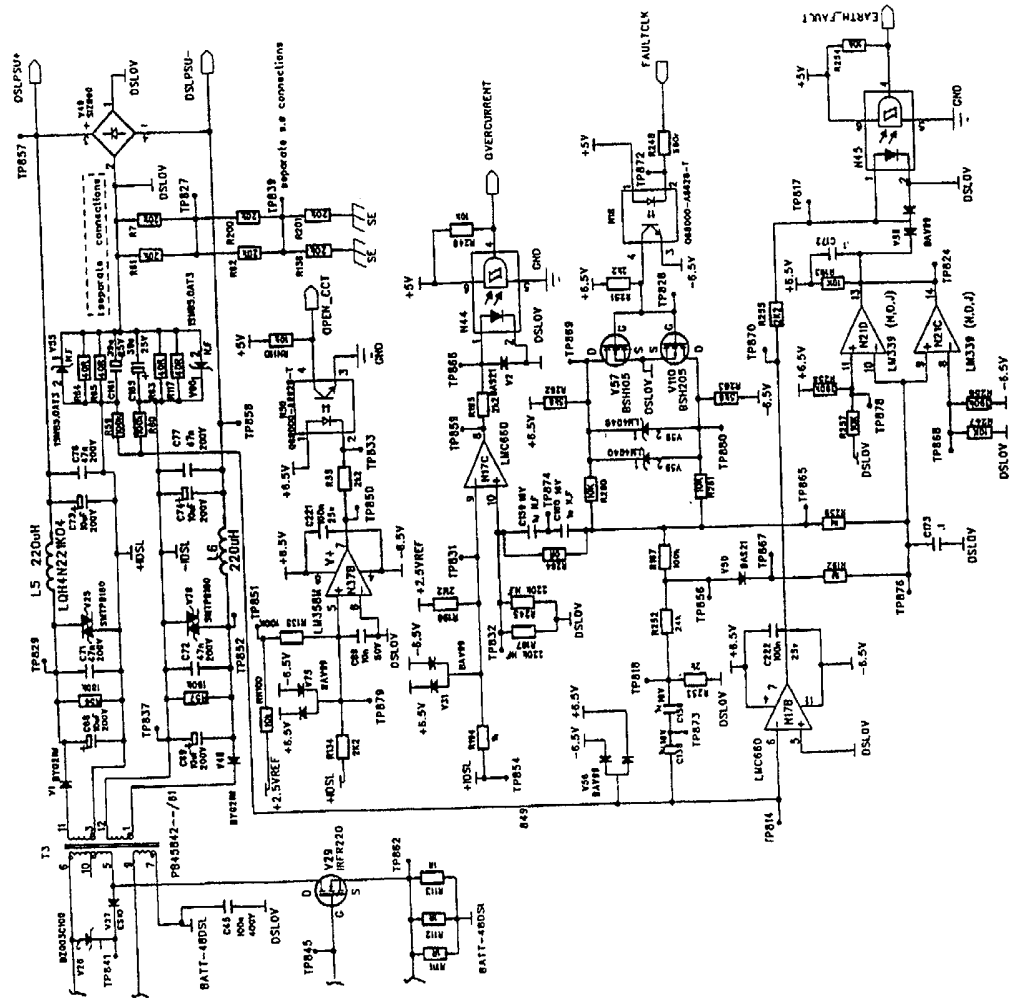


FIG. 8



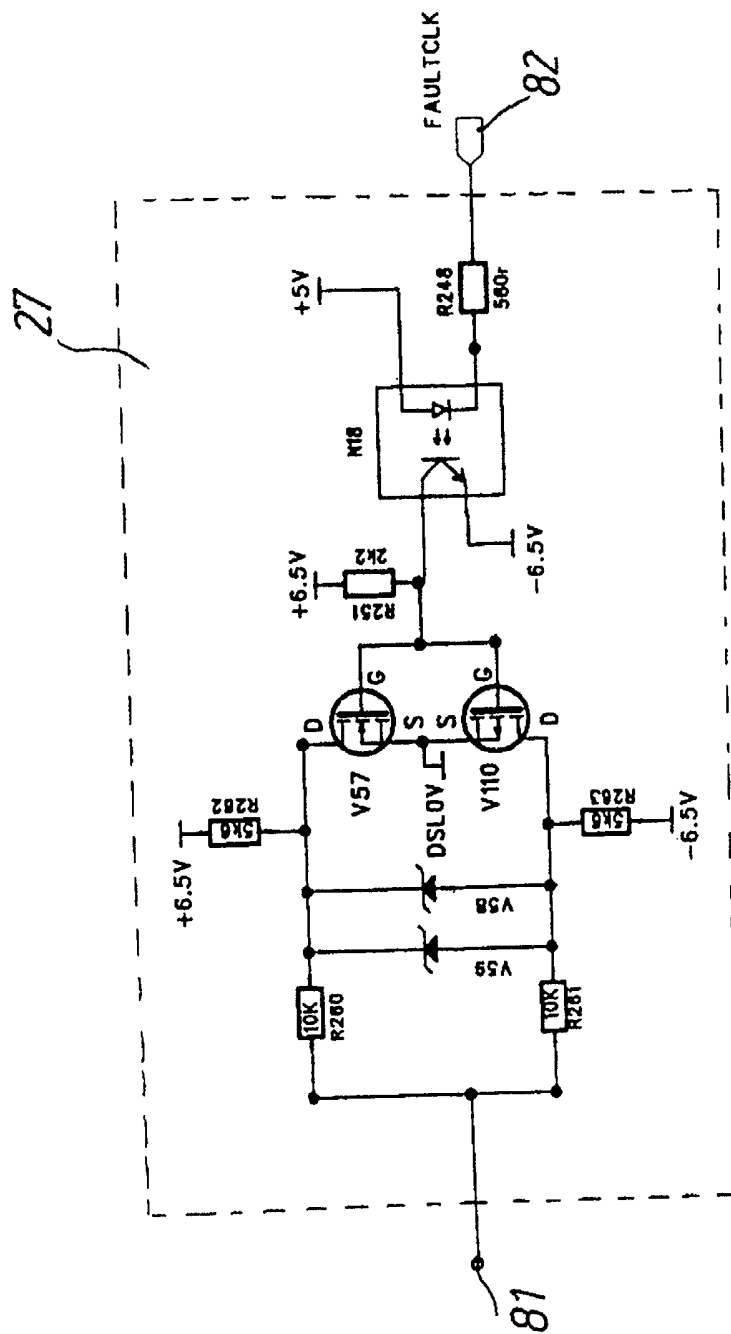


FIG.9

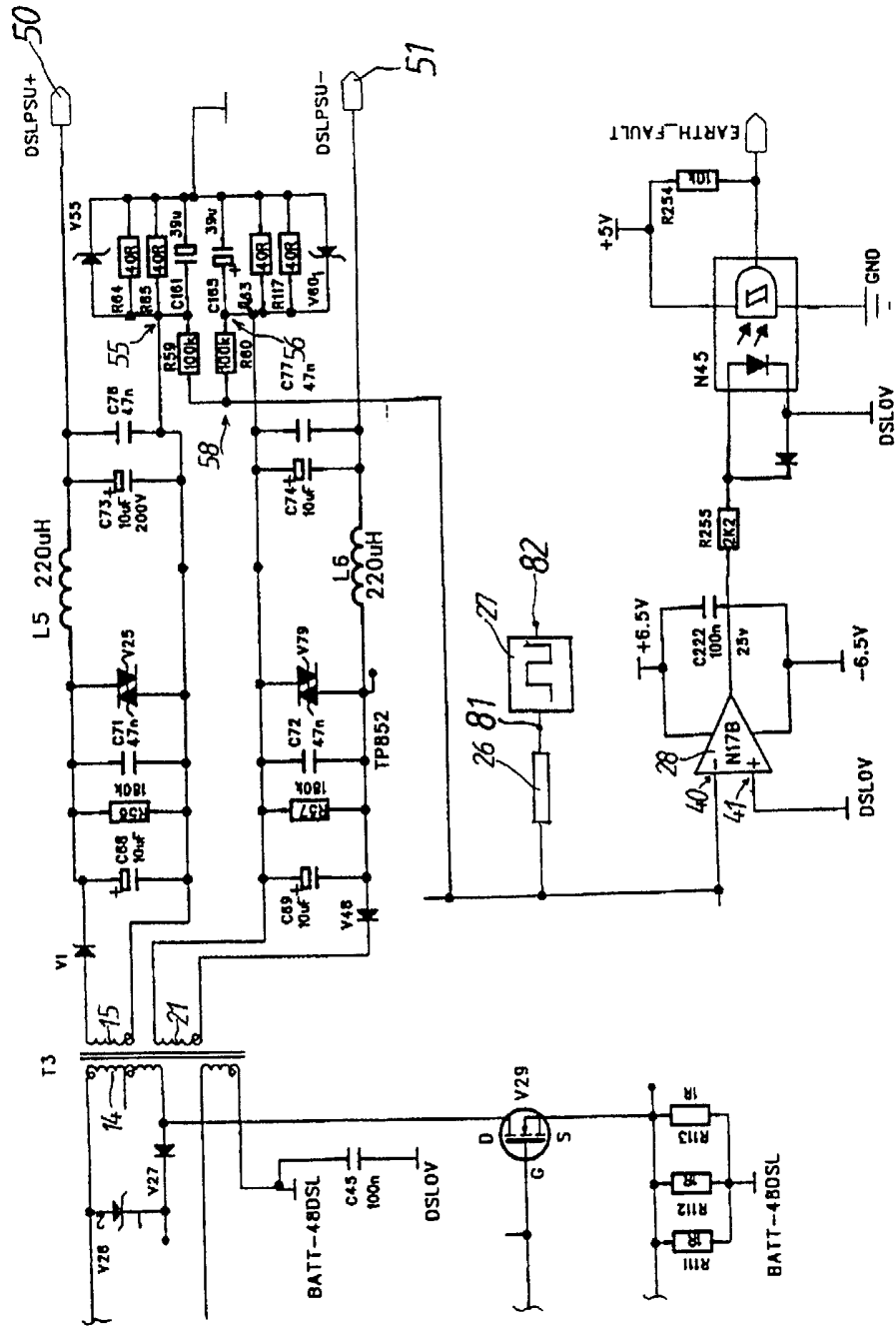


FIG. 10

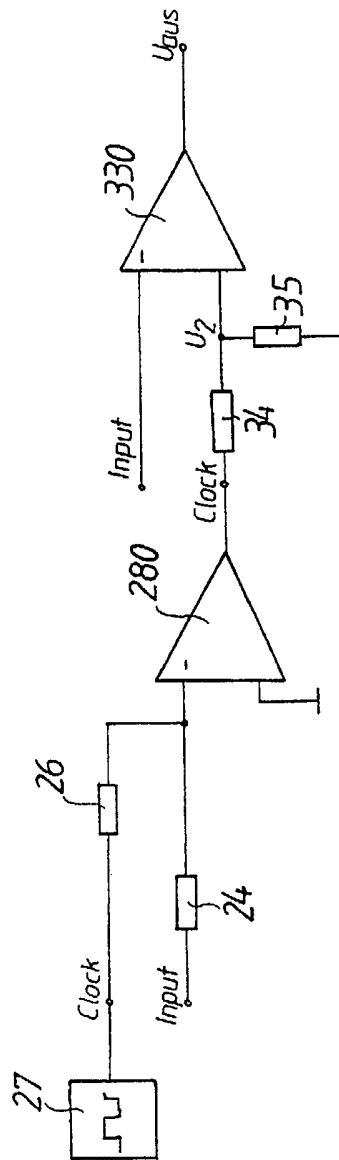


FIG. 12