



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

②① Gesuchsnummer: 853/80

②② Anmeldungsdatum: 01.02.1980

③③ Priorität(en): 12.02.1979 DE 2905195

②④ Patent erteilt: 15.05.1985

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.05.1985

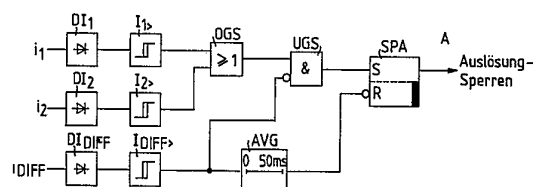
⑦③ Inhaber:
Licentia Patent- Verwaltungs-GmbH, Frankfurt
a.M. (DE)

⑦② Erfinder:
Rijanto, Hendro, Frankfurt a.M. 61 (DE)

⑦④ Vertreter:
Kirker & Cie SA, Genève

⑤④ **Differentialschutzeinrichtung für ein Schutzobjekt mit mindestens zwei Anschlüssen.**

⑤⑦ Den Anschlüssen der Differentialschutzeinrichtung ist jeweils ein Leistungsschalter und ein Stromwandler zugeordnet. Die Sekundärwicklungen der Stromwandler sind mit einem Differentialrelais verbunden. Dieses Differentialrelais löst den zugeordneten Leistungsschalter aus, wenn die Summe der Ströme des Schutzobjekts ungleich null ist. Einer Zusatzschaltung werden Signale zugeführt, die von mindestens einem Wandlersekundärstrom (i_1 , i_2) und der Stromsumme (i_{DIFF}) für beide Halbwellen abgeleitet sind. Diese Signale werden logisch verknüpft. Am Ausgang (A) der Zusatzschaltung steht ein die Auslösung des zugeordneten Leistungsschalters sperrendes Signal an, wenn das vom Summenstrom (i_{DIFF}) abgeleitete Signal zeitlich später als das vom Wandlersekundärstrom (i_1 , i_2) abgeleitete Signal einen zugeordneten Ansprechwert überschreitet. Durch die Zusatzschaltung wird die Differentialschutzeinrichtung so stabilisiert, dass Fehlauslösungen infolge eines stark unterschiedlichen Übertragungsverhaltens der Stromwandler vermieden werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Differentialschutteinrichtung für ein Schutzobjekt mit mindestens zwei Anschlüssen, denen jeweils ein Stromwandler und ein Leistungsschalter zugeordnet ist, wobei die Sekundärwicklungen der Stromwandler mit einem Differentialrelais derart zusammengesaltet sind, dass durch das Relais eine Auslösung des zugeordneten Leistungsschalters erfolgt, wenn die Summe der im Knotenpunkt Schutzobjekt fließenden Wandlerströme, nachfolgend Stromsumme genannt, ungleich Null ist, wobei Mittel zur Stabilisierung des Differentialrelais gegen Fehlauslösungen vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass zur Stabilisierung eine Zusatzschaltung vorgesehen ist, der als Eingangsgrößen von mindestens einem Wandlersekundärstrom (i_1 , i_2) und der Stromsumme (i_{DIFF}) für beide Halbwellen abgeleitete Signale zugeführt sind, die in der Zusatzschaltung in einer Stufe (UGS) derart logisch verknüpft sind, dass am Ausgang der Zusatzschaltung für eine vorgegebene Zeit ein die Auslösung sperrendes Signal ansteht, wenn das vom Summenstrom (i_{DIFF}) abgeleitete Signal ($\bar{i}_{DIFF}$) zeitlich später als das vom Wandlersekundärstrom (i_1 oder i_2) abgeleitete Signal einen zugeordneten Ansprechwert ($\bar{i}_{DIFFA}$ bzw. $\bar{i}_1A$ oder $\bar{i}_2A$) überschreitet.

2. Schutteinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Stufe zur logischen Verknüpfung ein erstes UND-Glied (UGS) vorgesehen ist, von dem ein Eingang mit mindestens einer Schwellwertstufe ($I_1 >$ oder $I_2 >$) verbunden ist, die das vom Wandlersekundärstrom abgeleitete Signal als Eingangsgröße erhält und einen ersten Ansprechwert ($\bar{i}_1A$ oder $\bar{i}_2A$) aufweist, und von dem ein zweiter Eingang über eine logische Negation mit einer Schwellwertstufe ($I_{DIFF} >$) verbunden ist, die das von der Stromsumme (i_{DIFF}) abgeleitete Signal ($\bar{i}_{DIFF}$) als Eingangsgröße erhält und einen zweiten Ansprechwert ($\bar{i}_{DIFFA}$) aufweist, der kleiner als der erste Ansprechwert ist.

3. Schutteinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Ansprechwert etwa um die Hälfte kleiner als der erste Ansprechwert ist.

4. Schutteinrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem ersten UND-Glied (UGS) der Setzeingang (S) eines ausgangsseitigen Speichergliedes (SPA) nachgeschaltet ist, das das Signal «Auslösung sperren» für die vorgegebene Zeit abgibt.

5. Schutteinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem ersten UND-Glied (UGS) und dem ausgangsseitigen Speicherglied (SPA) ein Zähler geschaltet ist, der ein Setzen des Speichergliedes nur dann bewirkt, wenn das erste UND-Glied innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalles mindestens zweimal ein Ausgangssignal abgibt.

6. Schutteinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass dem Rückstelleingang (R) des ausgangsseitigen Speichergliedes (SPA) ein abfallverzögertes Zeitglied (AVG) zugeordnet ist.

7. Schutteinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass dem Rückstelleingang (R) des ausgangsseitigen Speichergliedes (SPA) ein abfallverzögertes Zeitglied (AVG) zugeordnet ist.

8. Schutteinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass dem Rückstelleingang (R) des ausgangsseitigen Speichergliedes (SPA) über ein ODER-Glied (OGR) ein zweites UND-Glied (UGA) zugeordnet ist, das mit einem ersten Eingang über eine Negation mit dem Ausgang des Zwischenspeichers (SPZ) verbunden ist, der zwischen das erste UND-Glied (UGS) und den ausgangsseitigen Speicher (SPA) geschaltet ist und am Rückstelleingang mit dem Ausgang eines dritten UND-Gliedes (UGR) verbunden ist, das zwei negierte Eingänge aufweist, die mit denselben Signalen wie

das erste UND-Glied (UGS) beaufschlagt sind und dass das zweite UND-Glied (UGA) mit seinem anderen Eingang mit der Schwellwertstufe ($I_{DIFF} >$) für die Stromsumme verbunden ist.

5

Differentialschutteinrichtungen sind zum selektiven Schutz von elektrischen Betriebsmitteln in Hoch- und Höchstspannungsnetzen, zum Beispiel Transformatoren, Leitungen bzw. Kabeln und Sammelschienen, bestimmt. Damit haben Differentialschutteinrichtungen die Aufgabe, bei einem Fehler, zum Beispiel Kurzschluss, innerhalb des zu schützenden Betriebsmittels eine schnelle Abschaltung mit den zugeordneten Leistungsschaltern zu veranlassen. Auf diese Weise kann die Auswirkung des Fehlers auf das Betriebsmittel, zum Beispiel die thermische Beanspruchung bei Lichtbogenfehlern, stark herabgesetzt werden.

Dagegen dürfen bei einem Fehler ausserhalb des zu schützenden Betriebsmittels die dem Differentialschutz zugeordneten Leistungsschalter nicht betätigt werden. Eine Abschaltung würde in diesem Fall eine «Fehlauslösung» der Differentialschutteinrichtung, und damit eine unnötige Unterbrechung der Stromversorgung bedeuten.

Differentialschutteinrichtungen arbeiten nach dem Stromvergleichsprinzip, das heisst die Ströme an den zu schützenden Betriebsmitteln werden miteinander nach Grösse und Phase verglichen. In Fig. 1 ist die bekannte prinzipielle Schaltung einer Differentialschutteinrichtung vereinfacht dargestellt.

Es sind Stromwandler SW1 und SW2 vorgesehen, die zur Messung der Ströme I_1 und I_2 am zu schützenden Betriebsmittel, das hier mit dem Schutzobjekt SO bezeichnet wird, dienen. Zum Abschalten des Schutzobjektes sind zwei Leistungsschalter LS1 und LS2 vorgesehen, die von dem Differentialrelais DIFF ausgelöst werden, das in Brücke liegt. Die Strommessgrösse für das Differentialrelais DIFF ist die Summe der Wandlersekundärströme i_1 und i_2 , die den Strömen I_1 und I_2 am Schutzobjekt SO proportional sind. Die Strommessgrösse wird hier i_{DIFF} genannt.

Wird das Schutzobjekt als Knotenpunkt behandelt, so ist durch die getroffene Verschaltung der Stromwandler nach dem Kirchhoffschen Gesetz bei einem Fehler ausserhalb des Schutzobjektes SO die Summe der Ströme I_1 und I_2 bzw. i_1 und i_2 unter der Voraussetzung, dass die Stromwandler SW1 und SW2 ideale Übertragungseigenschaften aufweisen, zu jedem Zeitpunkt Null. Bei einem Fehler ausserhalb des Schutzobjektes haben die Ströme I_1 und I_2 bzw. i_1 und i_2 daher gleiche Grösse, jedoch entgegengesetzte Polarität. Bei einem Fehler innerhalb des Schutzobjektes ist die Summe der Ströme i_{DIFF} dagegen nicht mehr Null. Aus der Summe der Ströme am Schutzobjekt kann das Differentialschutzrelais somit feststellen, ob der Fehler innerhalb oder ausserhalb des Schutzobjektes liegt; ist daher $i_{DIFF} > 0$, so soll das Differentialrelais auslösen.

Theoretisch müsste man daher bei einem Stromvergleichsschutz als Differentialrelais ein Stromrelais mit beliebig hoher Empfindlichkeit verwenden können. Praktisch treten aber bereits im ungestörten Betrieb Differenzströme (Fehlströme) 0040151ren Grösse zum Beispiel im Fall eines Transformators als Schutzobjekt durch den Leerlaufstrom des Transformators und die individuellen Stromfehler und Fehlwinkel der auf den Ober- und Unterspannungsseiten des Transformators verwendeten Stromwandler, deren magnetisches Verhalten unter Umständen stark voneinander abweicht, gegeben ist.

Diese Fehlströme steigen im allgemeinen mit zunehmender Belastung des Transformators an und erreichen besonders

grosse Werte, wenn die Stromwandler bei stromstarken Kurzschlüssen ausserhalb des Schutzbereiches in das Sättigungsgebiet kommen. Zusätzliche Fehlströme entstehen weiterhin bereits im gesunden Betrieb bei Stelltransformatoren, bei denen die Stromwandler-Übersetzungsverhältnisse dem sich ändernden Spannungsübersetzungsverhältnis bei Umstellung nicht angepasst werden, weil dies zu aufwendig und auch störanfällig wäre. Entsprechend liegen die Verhältnisse bei anderen Schutzobjekten, wobei generell der Sättigung der Stromwandler besondere Bedeutung beikommt, die im folgenden kurz betrachtet werden soll.

Da zur Strommessung üblicherweise induktive Stromwandler verwendet werden, ist ihr Übertragungsverhalten von der Magnetisierungskennlinie des Kernmaterials bestimmt. In Fig. 2 ist die bekannte Ersatzschaltung eines Stromwandlers mit der Magnetisierungskennlinie des Kernmaterials dargestellt. Dabei ist I der Primärstrom, i der Sekundärstrom, i_M der Magnetisierungsstrom, R die Bürde des Stromwandlers, Φ der magnetische Fluss und H die magnetische Feldstärke. Der Fluss Φ wird durch das Integral aus dem Produkt von Sekundärstrom i und Bürde R bestimmt (Spannungszeitfläche). Demzufolge nimmt der erforderliche Fluss mit steigendem Kurzschlussstrom bzw. grösser werdender Bürde zu.

Ist der lineare Arbeitsbereich A des Stromwandlers aufgrund des erforderlichen Flusses nicht ausreichend, nimmt der Magnetisierungsstrom, der der Feldstärke H proportional ist, entsprechend der Magnetisierungskennlinie stark zu. Da der Primärstrom I nun als Magnetisierungsstrom i_M fliesst, nimmt der Sekundärstrom i zu diesem Zeitpunkt ab, wie es in Fig. 3 zum Zeitpunkt t_s zu sehen ist. Wenn der Fluss des Kernmaterials im Stromwandler infolge der Grösse des Kurzschlussstromes bzw. der Grösse der Bürde nicht ausreichend ist, treten «Stromwandlersättigungen» auf.

Wenn einer der Stromwandler zur Messung der Summe der Ströme am Schutzobjekt beim Fehler ausserhalb des Schutzobjektes in der Sättigung ist, zum Beispiel der Wandler SW1 in Fig. 1, dann ist die Summe der Ströme i_{DIFF} infolge des nichtsinusförmigen Verlaufs eines der Wandlersekundärströme nicht mehr zu jedem Zeitpunkt Null. In Fig. 4 sind die entsprechenden zeitlichen Verläufe der Wandlersekundärströme i_1 (Zeile a) und i_2 (Zeile b) der Stromwandler SW1 und SW2 nach Fig. 1 und der Summe der Ströme i_{DIFF} (Zeile c) dargestellt. Da der Stromwandler SW1 sich aufgrund des erforderlichen Flusses nach der Zeit t_s im Sättigungszustand befindet (Zeile a), ist die Summe der Ströme i_{DIFF} von diesem Zeitpunkt ab nicht mehr Null. Erst zu Beginn der folgenden Halbschwingung wird die Summe der Ströme i_{DIFF} wieder zu Null. Sobald der Stromwandler SW1 sich wieder im Sättigungszustand befindet, ist die Summe der Ströme i_{DIFF} nicht mehr Null.

Da bei erfolgten Stromwandlersättigungen trotz eines Fehlers ausserhalb des Schutzobjektes die Summe der Ströme, entgegen der eingangs genannten idealen Annahme, zu jedem Zeitpunkt nicht immer Null ist, können Fehler ausserhalb und Fehler innerhalb des Schutzobjektes von Differentialschutzeinrichtungen nicht mehr eindeutig erkannt werden, denn in beiden Fällen fliesst ein Differenzstrom. Folglich würde aufgrund des Stromes i_{DIFF} gemäss Zeile c) in Fig. 4 das Differentialrelais DIFF in Fig. 1 fälschlicherweise ansprechen und damit eine Fehlabschaltung beim Fehler ausserhalb des Schutzobjektes auftreten.

Zur Stabilisierung der Differentialschutzeinrichtungen gegen solche Fehlauflösungen bei Stromwandlersättigungen bzw. anderen Fehlerströme ist es bekannt, das Differentialrelais zu stabilisieren (Firmendruckschrift AEG, Transformator-differentialschutz, 3212.6 51 E251F (1069).

Diese Stabilisierung erfolgt durch eine zweigeteilte Längs-Haltewicklung, die in einer der beiden Verbindungsleitungen

der Sekundärwicklungen des Stromwandlers liegt, also vom Durchgangsstrom durchflossen wird. Der eine Anschluss der Auslösewicklung des Differentialrelais liegt dabei am Knotenpunkt der Haltewicklungen.

Mittels dieses Stabilisierungshaltesystems ist es zwar möglich, Fehlauflösungen, insbesondere bei Wandlersättigung zu vermeiden, jedoch kann es dennoch zu Fehlauflösungen kommen, wenn die Stromwandler stark unterschiedlich gesättigt sind, das heisst unterschiedliches Übertragungsverhalten aufweisen, wie dies in Fig. 4 dargestellt ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Differentialschutzeinrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 so zu stabilisieren, dass auch Fehlauflösungen infolge eines stark unterschiedlichen Übertragungsverhaltens der Stromwandler vermieden werden.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt gemäss der Erfindung entsprechend den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Weitere ausgestaltende Merkmale sowie die Vorteile der Erfindung ergeben sich anhand von in der Beschreibung dargestellten Ausführungsbeispielen der Erfindung. Es zeigen:

Fig. 5 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung, Fig. 6 ein Diagramm, das die Stromverläufe entsprechend denjenigen der Fig. 4 zeigt, zusätzlich jedoch noch in Zeile d den Stromverlauf der Stromsumme für den Fall der Additionen der Ströme, Fig. 7 ein anderes Ausführungsbeispiel der Erfindung, das eine Erweiterung des Ausführungsbeispiels nach Fig. 5 darstellt, Fig. 8 ein Diagramm, das den Signalverlauf an den Stufen der Schaltung nach Fig. 7 für den Fall eines Fehlers ausserhalb des Schutzbereiches zeigt, Fig. 9 ein Diagramm, das den Signalverlauf an Stufen der Fig. 7 für den Fall eines Fehlers innerhalb des Schutzbereiches zeigt.

Die Erfindung sieht neben dem Differentialrelais DIFF in Fig. 1 eine zusätzliche Schaltung entsprechend den vorgenannten Ausführungsbeispielen vor, die die Auslösung dieses Differentialrelais unter gewissen Bedingungen bzw. Zuständen der Ströme im Differentialrelais, die an sich ein fehlerhaftes Auslösen verursachen würden, sperrt. Das Differentialrelais kann dabei zusätzlich auch die bekannte Stabilisierung aufweisen.

Die Schaltung nach Fig. 5 erhält daher als Eingangsgrössen (E) die Sekundärwandlerströme i_1 , i_2 und die Stromsumme i_{DIFF} und wirkt am Ausgang A in nicht dargestellter Weise auf die Auslösung des Differentialrelais DIFF in Fig. 1 «sperrend» bzw. «freigebend» ein. Der Eingriff kann dabei direkt im Relais selbst oder durch logische Verknüpfung seines Ausgangssignales mit dem Auslöse-Sperrsignal am Relaisort oder am Leistungsschalter erfolgen.

Da sowohl die positive als auch die negative Halbwelle der Ströme betrachtet werden muss, müsste an sich die Schaltung doppelt vorgesehen werden. Dieser Aufwand kann vermieden werden, wenn, wie dargestellt, Gleichrichterstufen DI1, DI2, DI_{DIFF} für die einzelnen Ströme vorgesehen sind.

Die gleichgerichteten Ströme $\bar{i}_1$, $\bar{i}_2$, $\bar{i}_{DIFF}$ sind in ihrem zeitlichen Verlauf in Fig. 6 dargestellt, wobei die Zeile a den gleichgerichteten Sekundärstrom $\bar{i}_1$ des sich in Sättigung befindlichen Stromwandlers SW1, die Zeile b den Sekundärstrom $\bar{i}_2$ des nicht in Sättigung befindlichen Wandlers SW2, die Zeile c die Stromsumme für den Fall von gegeneinandergerichteten Wandlerströmen ($\bar{i}_1 - \bar{i}_2$ – äusserer Fehler, keine Auslösung –) und die Zeile d den Summenstrom für den Fall in gleicher Richtung fließender Ströme ($\bar{i}_1 + \bar{i}_2$ – innerer Fehler, Auslösung muss folgen –) zeigt.

Die gleichgerichteten Ströme werden Schwellwertstufen $I1 >$, $I2 >$, $I_{DIFF} >$ zugeführt, die die in der Fig. 6 eingezeichneten Ansprechwerte $\bar{i}_1A$, $\bar{i}_2A$, $\bar{i}_{DIFF}A$, aufweisen.

Die Ansprechwerte der Schwellwertstufen $I1 >$ und $I2 >$

sind dabei auf den gleichen, relativ hohen Wert, zum Beispiel auf $5 \dots 10 I_{\text{Nenn}}$ und die der Schwellwertstufe I_{DIFF} auf etwa den halben Wert eingestellt, damit die Schaltung Fehler innerhalb oder ausserhalb des Schutzobjektes unterscheiden kann, wie später noch erläutert wird.

Die Ausgangssignale der Schwellwertstufen $I_1 >$ und $I_2 >$ werden in einem ODER-Glied OGS miteinander verknüpft. Diese Verknüpfung ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Stehen zum Beispiel beim Leitungsdifferentialschutz nur der Wandlersekundärstrom i_1 oder der Strom i_2 und die Summe der Ströme i_{DIFF} zur Verfügung, so kann auf das ODER-Glied OGS verzichtet werden.

Die Schaltung nach Fig. 5 sieht weiterhin ein UND-Glied UGS mit einem unteren negierten Eingang vor, das das Ausgangssignal des ODER-Gliedes OGS und das der Schwellwertstufe $I_{\text{DIFF}} >$ miteinander verknüpft. Das UND-Glied liefert nur dann ein Ausgangssignal, wenn einer der beiden gleichgerichteten Wandlerströme, oder beide, den zugeordneten Ansprechwert überschreiten und das Schwellwertglied $i_{\text{DIFF}} >$ kein Ausgangssignal liefert, das heisst der gleichgerichtete Strom $\bar{i}_{\text{DIFF}}$ den Ansprechwert $\bar{i}_{\text{DIFFA}}$ nicht überschreitet. Dieser Zustand ist für den Fall gegenläufiger Ströme (Zeile c) aufgrund eines äusseren Fehlers, für den keine Auslösung erfolgen darf, für das Zeitintervall t_2 bis t_3 (Fig. 6) gegeben, das heisst während dieser Zeitspanne führt das UND-Glied UGS das Ausgangssignal «hoch» und setzt einen nachgeschalteten, ausgangsseitigen Speicher SPA, der an seinem Ausgang ein Signal abgibt, der die Auslösung des Differentialrelais damit zutreffend sperrt.

Für den Fall der Zeile d – innerer Fehler, die Auslösung muss kommen – erreicht der Strom i_{DIFF} durch den niedrigeren Ansprechwert $\bar{i}_{\text{DIFFA}}$ bereits zum Zeitpunkt t_1 , das heisst vor den Wandlerströmen den Ansprechwert $\bar{i}_{\text{DIFFA}}$, das heisst vor t_1 und nach t_3 hat der obere Eingang des UND-Gliedes kein Signal «hoch» und von t_1 an bis zum Zeitpunkt t_2 verschwindet das Signal am unteren Eingang des UND-Gliedes, so dass das UND-Glied während der ganzen Halbwelle kein Ausgangssignal führt, so dass damit der Speicher SPA nicht gesetzt werden kann und somit zutreffend keine Sperrung der Auslösung bewirkt.

Die Verknüpfung nach Fig. 5 gewährleistet somit, dass am UND-Glied UGS erst dann ein Ausgangssignal erscheint, wenn eine der Schwellwertstufen $i_1 >$ oder $i_2 >$ vor der Schwellwertstufe $i_{\text{DIFF}} >$ anspricht. Dies ist für den Fall innerer Fehler (Zeile d) nicht gegeben, das heisst der Strom i_{DIFF} löst dann das Differentialrelais DIFF in Fig. 1 zutreffend aus. Bei einem Fehler innerhalb des Schutzobjektes wird daher kein Sperrsignal von der Schaltung nach Fig. 5 gebildet, weil die Schwellwertstufe $i_{\text{DIFF}} >$ aufgrund der gewählten Ansprechwerte stets vor den beiden Schwellwertstufen $i_1 >$ bzw. $i_2 >$ anspricht. Das Ausgangssignal bildet das UND-Glied UGS daher nur beim Fehler ausserhalb des Schutzobjektes, unabhängig davon, ob Stromwandlersättigungen auftreten oder nicht. Ist keine Sättigung vorhanden, ist $\bar{i}_{\text{DIFF}}$ im wesentlichen 0, liegt zumindest unterhalb des Ansprechwertes $\bar{i}_{\text{DIFFA}}$, so dass der untere Eingang des UND-Gliedes UGS immer «hoch» ist; bei Stromwandlersättigung (dargestellter Fall) spricht die Schwellwertstufe $I_{\text{DIFF}} >$, da die Sättigung erst nach dem Maximum der Halbwelle auftritt (und damit erst dann $\bar{i}_{\text{DIFF}}$ ansteigt) erst später als die Stufen $i_1 >$, $i_2 >$ an, das heisst bildet erst ab dem Zeitpunkt t_3 ein Ausgangssignal. Von diesem Zeitpunkt an verschwindet zwar das Ausgangssignal des UND-Gliedes, jedoch hält sich das Ausgangssignal «Auslösung sperren» durch die Speicherwirkung des Speichers SPA auch für die Dauer des Auftretens der Stromspitze $\bar{i}_{\text{DIFF}}$ (Fig. 6, Zeile c), so dass die entsprechende Stromdifferenz $\bar{i}_{\text{DIFF}}$ in erstrebter Weise – da als merkliche

Differenz von äusseren Fehlern herrührend – keine Auslösung des Relais bewirken kann.

Für die Sicherheit der Schutzanordnung ist es zu empfehlen, vor dem Speicher SPA noch einen Zähler vorzuschalten, der den Speicher erst betätigt, wenn das UND-Glied UGS mindestens 2 Ausgangssignale, jeweils 1 Signal während der 1. und der 2. Stromabschwingung, bildet.

Durch die Festlegung der Ansprechwerte der Schwellwertstufe $I_{\text{DIFF}} >$ auf etwa den halben Ansprechwert der Schwellwertstufen $I_1 >$ und $I_2 >$ ist sichergestellt, dass die Schwellwertstufe $I_{\text{DIFF}} >$ auch bei nicht verzerrten Stromeingangssgrössen nicht vor den anderen Schwellwertstufen $I_1 >$ bzw. $I_2 >$ abfällt, so dass das UND-Glied UGS nur ein Ausgangssignal während einer Stromhalbschwingung bildet.

Zur Rückstellung des Speichers SPA (und des etwa vorge-schalteten Zählers) dient das negierte Ausgangssignal eines Abfallverzögerungsgliedes AVG, dessen Eingangssignal das Ausgangssignal der Schwellwertstufe $I_{\text{DIFF}} >$ ist.

Durch die Abfallverzögerung von etwa 50 ms wird sichergestellt, dass der Speicher SPA erst dann gelöscht, das heisst die Sperrung der Auslösung erst dann aufgehoben wird, wenn eine Zeit von etwa 50 ms nach dem Unterschreiten des Ansprechwertes $\bar{i}_{\text{DIFFA}}$ verstrichen ist, das heisst nach dem Abschalten eines Fehlers die Messgrössen im Schutzsystem soweit abgeklungen sind, dass sie keine erneute fehlerhafte Auslösung bewirken können.

Die Stufe AVG verhindert auch, dass gleichzeitig ein Rückstell- und Setzsignal am Speichereingang ansteht. Für den Fall c in Fig. 6 steht zum Beispiel im Intervall t_2 bis t_3 ein Setzsignal an; in diesem Intervall wäre jedoch ohne die Stufe AVG auch ein Rückstellsignal vorhanden, da wegen $\bar{i}_{\text{DIFF}} < \bar{i}_{\text{DIFFA}}$ der Ausgang von $I_{\text{DIFF}} >$ niedrig ist, der Eingang R des Speichers SPA wegen der Negation jedoch «hoch» wäre, das heisst eine Rückstellung erfolgen würde. Wenn man einen Speicher mit dem Verhalten «dominierend setzen» hätte, entstünden keine Probleme. Die Verzögerung der Stufe AVG gewährleistet jedoch, dass das Überschreiten der Schwelle $\bar{i}_{\text{DIFFA}}$ in der vorhergehenden Halbwelle noch in dem Zeitintervall t_2 bis t_3 wirksam ist, das heisst in diesem Intervall steht am Ausgang der Stufe AVG noch ein Signal «hoch» an, das heisst am Eingang R des Speichergliedes SPA durch die Negation das Signal «niedrig», das heisst es steht kein Rückstellsignal an. Damit können beliebige Speicher verwendet werden.

Die lange Verzögerung – hier 50 ms – beim Zurückstellen des Speichers SPA könnte jedoch dazu führen, dass unter Umständen ein Wechsel von einem äusseren Fehler zu einem inneren Fehler bzw. wenn nach dem äusseren Fehler zusätzlich ein innerer Fehler auftritt, nicht erkannt wird bzw. die Auslösung weiterhin für die 50 ms gesperrt bleibt. Durch die Schaltung nach Fig. 7 wird diese Problematik verhindert.

Diese Schaltung zeigt eine Erweiterung nach Fig. 5, wobei die Erweiterung in einem Zwischenspeicher SPZ (zwischen dem UND-Glied UGS und dem ausgangsseitigen Speicher SPA), einem UND-Glied UGR im Rückstellkreis des Zwischenspeichers und einem UND-Glied UGA für die alternative Rückstellung (über das ODER-Glied OGR) des ausgangsseitigen Speichers SPA besteht. Wesentlich ist hierbei die zweite Alternative der Rückstellung des das Auslösesperrsignal liefernden Speichers SPA, abhängig vom Zustand des Zwischenspeichers und dem Wert des Differenzstromes. Es gilt die Gleichung $UGA = \text{hoch}$, wenn $\bar{SPZ}$ und $I_{\text{DIFF}} >$ «hoch» sind, das heisst der Zwischenspeicher zurückgestellt und der Strom $\bar{i}_{\text{DIFF}} > \bar{i}_{\text{DIFFA}}$ ist; dieser Weg sorgt für eine Rückstellung des ausgangsseitigen Speichers SPA und damit für eine Aufhebung der Sperre der Auslösung neben dem Weg über das Verzögerungsglied AVG, das heisst unabhängig von den

50 ms und gewährleistet, dass der Schutz auch innerhalb der 50 ms innere Fehler neben äusseren Fehlern bzw. zu inneren Fehlern gewordene äussere Fehler erkennt und die Auslösung nicht mehr sperrt (Speicher SPA gelöscht). Diese Vorgänge erläutern die Signaldiagramme nach den Fig. 8 und 9, in denen die Signale der angegebenen Stufen der Schaltung nach Fig. 7 bezogen auf die Zeitpunkte entsprechend dem Signaldiagramm nach Fig. 6 dargestellt sind. Die Fig. 8 zeigt dabei die Signale bei einem Fehler ausserhalb des Schutzbereiches, und die Fig. 9 die entsprechenden Signale bei einem Fehler innerhalb des Schutzbereiches.

Die Zeilen 1 der Fig. 8 und 9 zeigen übereinstimmend, dass das ODER-Glied OGS, wie an sich bereits im Zusammenhang mit Fig. 5 erläutert, nach Überschreiten der Ansprechwerte seitens der Wandlerströme, das heisst im Intervall t2 bis t4 und t7 bis t9 ein Ausgangssignal (hoch) liefert. Die Schwellwertstufe $I_{DIFF} >$ liefert bei einem äusseren Fehler (Fig. 8, 2. Zeile bzw. Zeile c in Fig. 6) im Intervall t3 bis t5 bzw. t8 bis t10 und bei einem inneren Fehler (Fig. 9, 2. Zeile bzw. Fig. 6, Zeile d) im Intervall t1 bis t5 und t6 bis t10 ein Ausgangssignal. Das die Signale nach den Zeilen 2 und 3 verknüpfende, den Zwischenspeicher SPZ setzende UND-Glied UGS (seine Signale sind in den Zeilen 3 der Fig. 8 und 9 dargestellt) hat daher bei einem äusseren Fehler (Fig. 8) infolge der Negation am unteren Eingang im Intervall t2 bis t3 bzw. t7 bis t8 und bei einem inneren Fehler (Fig. 9) zu keinem Zeitpunkt ein Ausgangssignal; im ersten Fall wird daher der Zwischenspeicher und damit auch der ausgangsseitige Speicher SPA gesetzt, das heisst die Auslösung gesperrt, wogegen im 2. Fall ebenfalls wie gewünscht, kein Setzen und kein Sperren erfolgt. Für das Setzen des Speichers SPZ gilt daher die Gleichung: $UGS = (I1 > + I2 >) \cdot I_{DIFF} >$.

Die Zeilen 4 der Fig. 8 und 9 zeigen jeweils die Rücksetzbedingung für den Zwischenspeicher, die von dem UND-Glied UGR vorgegeben wird, das zwei negierende Eingänge aufweist, die ebenfalls wie das UND-Glied UGS die Signale der Zeilen 1 und 2 verknüpft. Hierbei lautet die Rückstellgleichung: $UGR = (I1 > + I2 >) \cdot I_{DIFF}$. Diese Bedingung ist bei Fig. 8 in den Intervallen t1 bis t2, t5 bis t7, t10 ... erfüllt, das heisst der Zwischenspeicher wird im Fall äusserer Fehler zwischendurch, das heisst auch innerhalb der 50 ms, die von dem Glied AVG vorgegeben werden, immer wieder gelöscht, damit über die noch zu beschreibende Rückstellung des Speichers SPA ein zwischenzeitlich entstandener innerer Fehler erkannt werden kann und eine Sperrung der Auslösung unterbleibt.

Gemäss Fig. 9 treten zwar auch bei einem inneren Fehler Rücksetzimpulse auf (Zeile 4), jedoch sind sie ohne Wirkung, da der Zwischenspeicher ohnehin rückgestellt ist.

Den Zustand des Zwischenspeichers zeigt dabei jeweils die Zeile 5 der Fig. 8 und 9, das heisst der Zwischenspeicher ist in Fig. 8 in den Intervallen t2 bis t5, t7 bis t10 und in Fig. 9 zu keinem Zeitpunkt gesetzt.

Das UND-Glied UGA (Signale in Zeile 6) gibt in dem Alternativ-Weg über das ODER-Glied OGR zu dem Weg

über das Verzögerungsglied AVG die Löschoption für den ausgangsseitigen Speicher SPA vor, und zwar am negierten oberen Eingang, abhängig vom Zustand des Zwischenspeichers und am unteren Eingang, abhängig vom Zustand der Schwellwertstufe $I_{DIFF} >$. Der ausgangsseitige Speicher SPA wird zurückgestellt, wenn das UND-Glied UGA am Ausgang das Signal hochführt, so dass die Gleichung für das UND-Glied und damit für das Zurückstellen des Speichers lautet: $UGA = \overline{SPZ} \cdot I_{DIFF} >$, das heisst immer dann, wenn der Zwischenspeicher gelöscht ist und die Differenzgrösse I_{DIFF} den Ansprechwert I_{DIFFA} überschreitet (in Fig. 8 zu keinem Zeitpunkt, in Fig. 9 in den Intervallen t1 bis t5, t6 bis t10) wird der ausgangsseitige Speicher SPA zurückgesetzt und damit die Sperrung aufgehoben.

Tritt daher ein äusserer Fehler auf und bleibt dieser Fehler ein äusserer Fehler, dann erfolgt gemäss Fig. 8 keine Zurücksetzung des ausgangsseitigen Speichers über das UND-Glied UGA, sondern nach 50 ms über die Stufe AVG. Die Sperrung der Differentialschutteinrichtung bleibt daher nach dem Abschalten des äusseren Fehlers durch andere Schutzarten für 50 ms erhalten, so dass bis zu diesem Zeitpunkt alle massgebenden Ströme weitgehend abgeklungen sind. Wird der äussere Fehler zu einem inneren Fehler bzw. tritt zusätzlich ein innerer Fehler auf, dann tritt nach einem Zurückstellen des Zwischenspeichers (was gemäss Fig. 8 auch bei einem äusseren Fehler immer wieder auftritt), der Signalzustand entsprechend der Fig. 9 für den Fall eines inneren Fehlers auf, das heisst der Zwischenspeicher wird danach nicht mehr gesetzt und der ausgangsseitige Speicher SPA unmittelbar gelöscht, das heisst die Auslösesperre wird in zutreffender Weise aufgehoben und der Differentialschutz kann den inneren Fehler zutreffend abschalten.

In der Schaltung nach den Fig. 5 und 7 wird das zeitunterschiedliche Ansprechen durch entsprechend gewählte Ansprechwerte vorgegeben. Es ist denkbar, hierzu auch Zeitglieder, analog oder digital, zu verwenden, die ebenfalls die Fälle gemäss den Zeilen c und d der Fig. 6 deutlich unterscheiden.

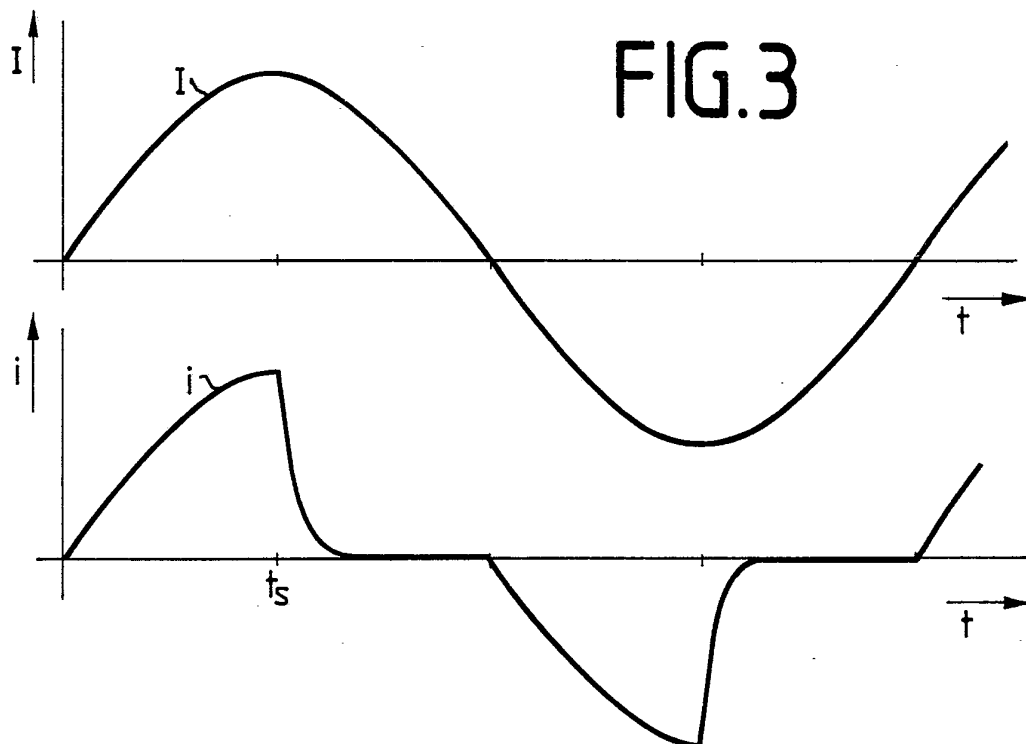
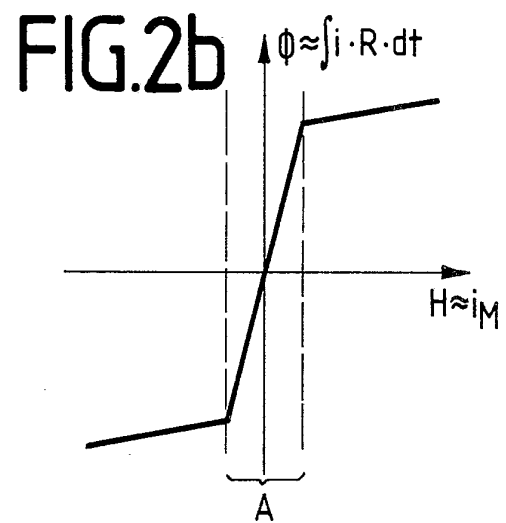
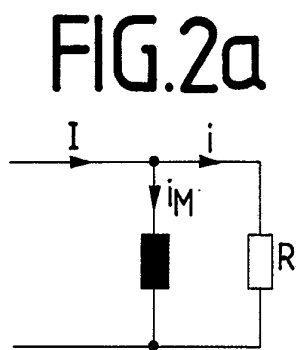
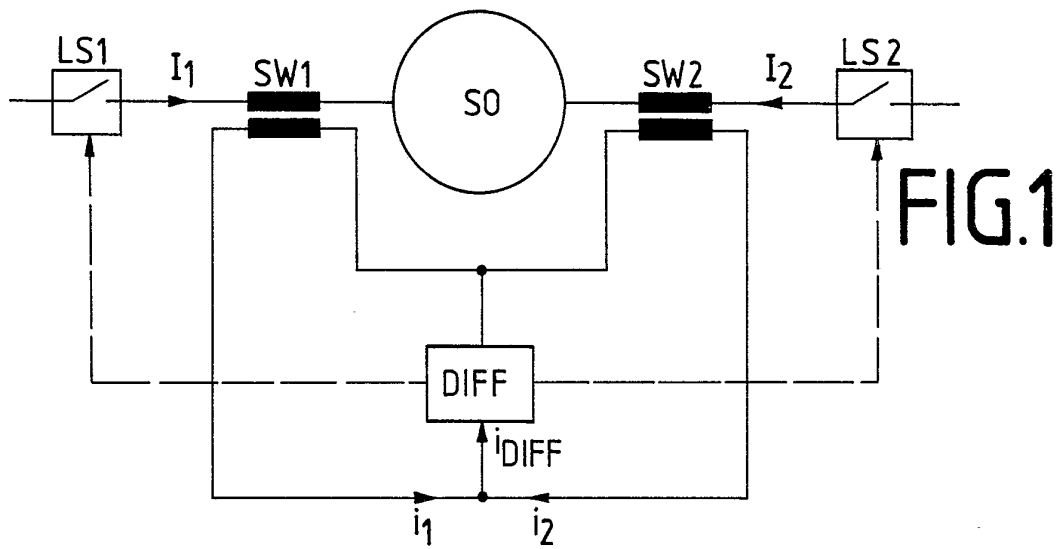
Die Schwellwertstufen müssen nicht unbedingt gesonderte Stufen sein; sie können auch in den Eingängen nachgeschalteten, logischen Gatter integriert sein.

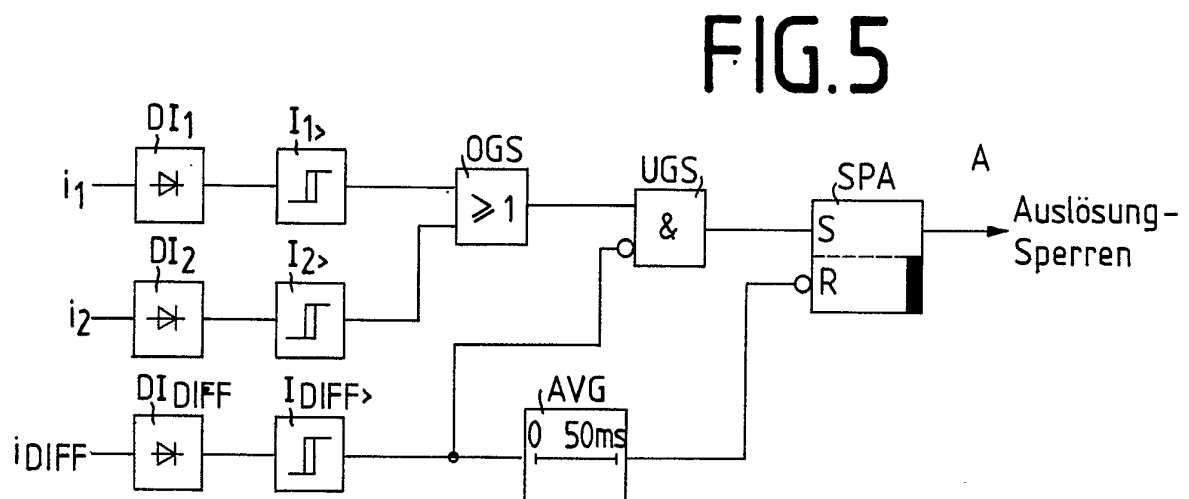
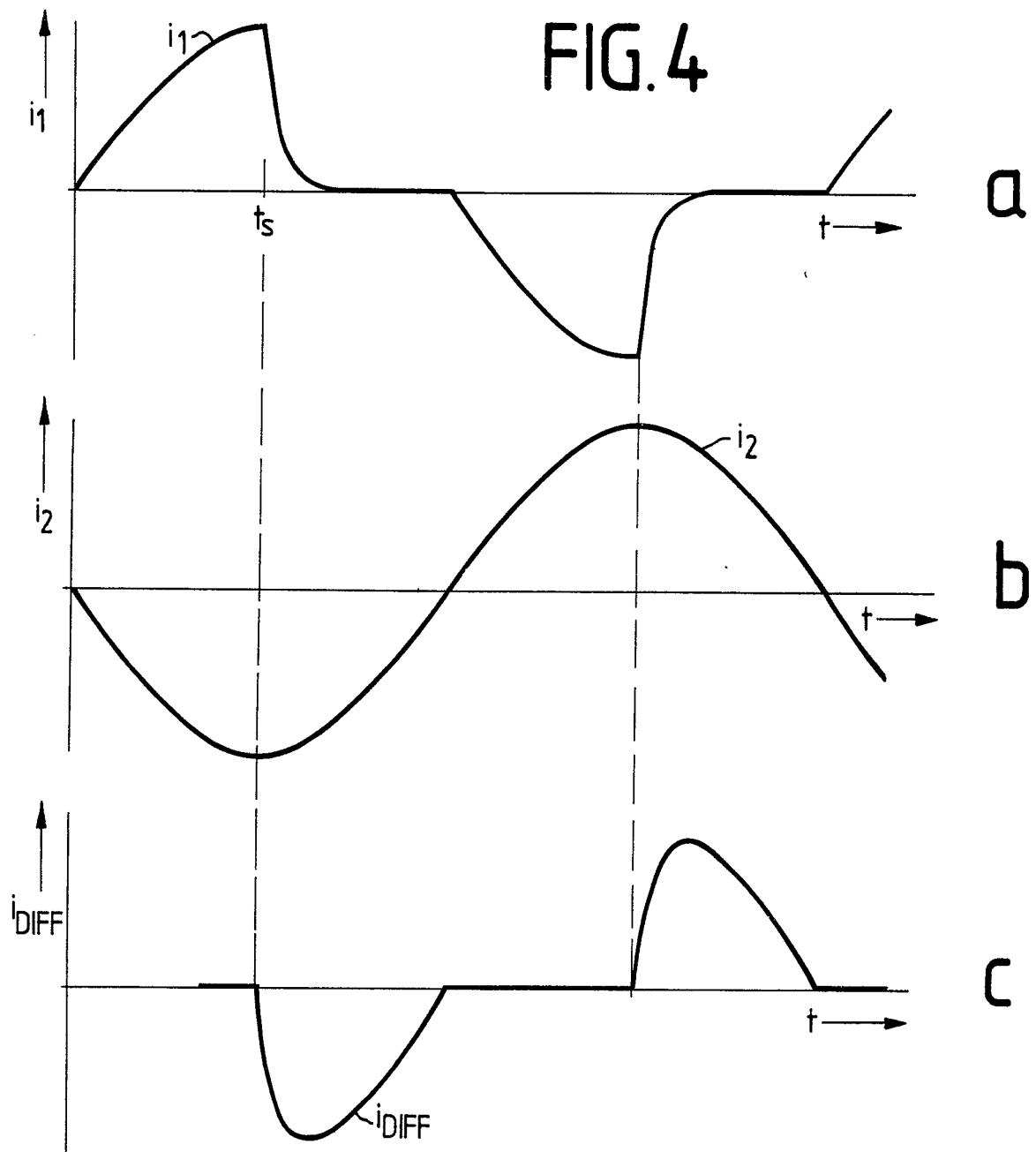
In den Figuren ist ein Schutzobjekt mit zwei Anschlüssen dargestellt. Es versteht sich jedoch, dass die Anzahl der Anschlüsse beliebig (n) sein kann, zum Beispiel kann als Schutzobjekt ein Sammelschienensystem mit einer Vielzahl von Abgängen vorgesehen sein.

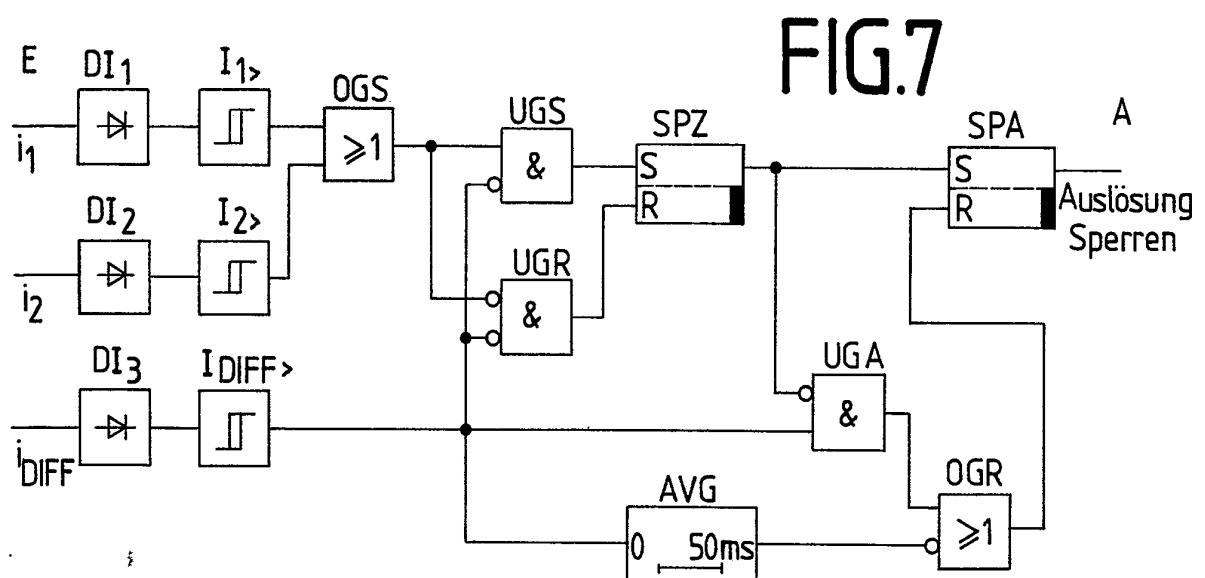
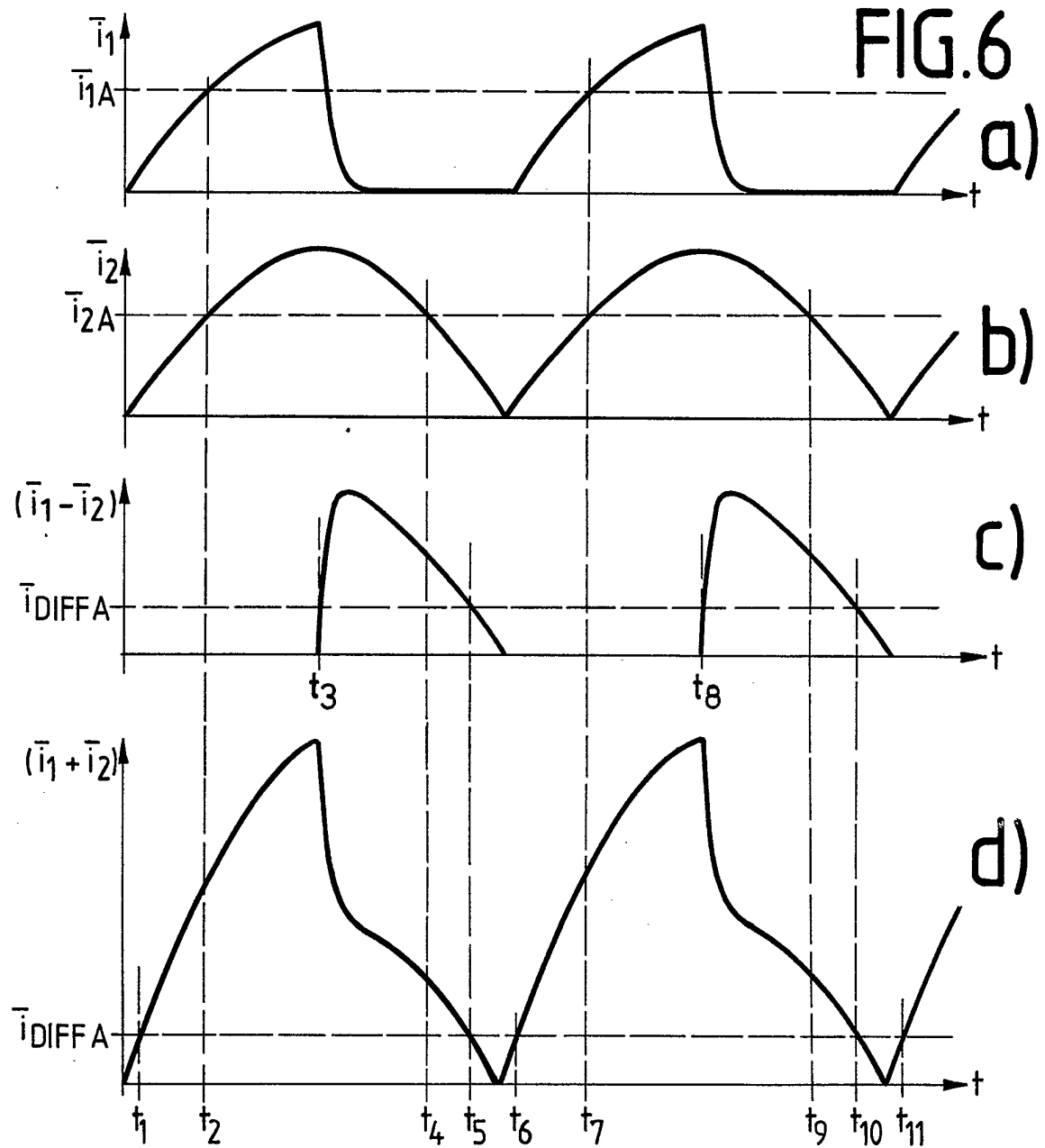
Die Vorteile der Erfindung liegen in folgenden Merkmalen:

1. Die Differentialschutteinrichtung gemäss der Erfindung verhindert auch Fehlauflösungen aufgrund unterschiedlicher Übertragungseigenschaften, insbesondere unterschiedlicher Sättigung der Stromwandler.

2. Die Anforderungen an das Übertragungsverhalten der Stromwandler können daher niedriger gehalten werden, was sich günstig auf den Aufwand bzw. die Kosten auswirkt.







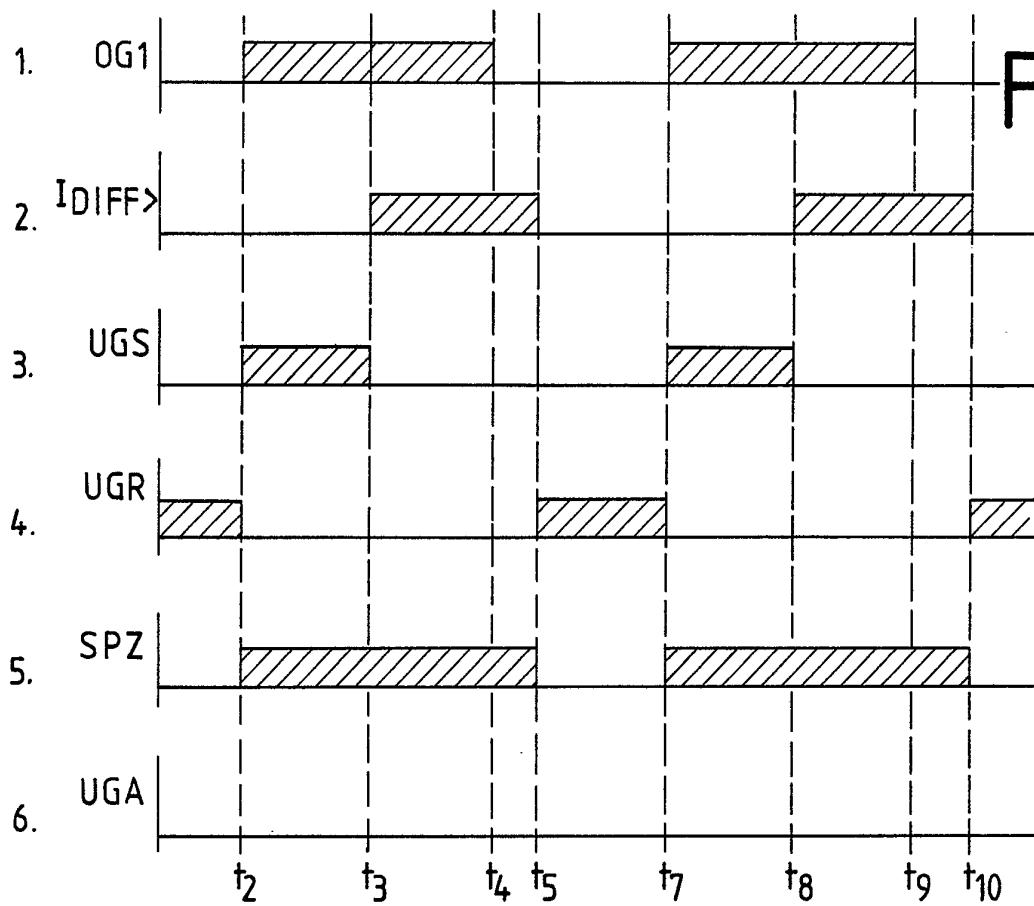


FIG. 8

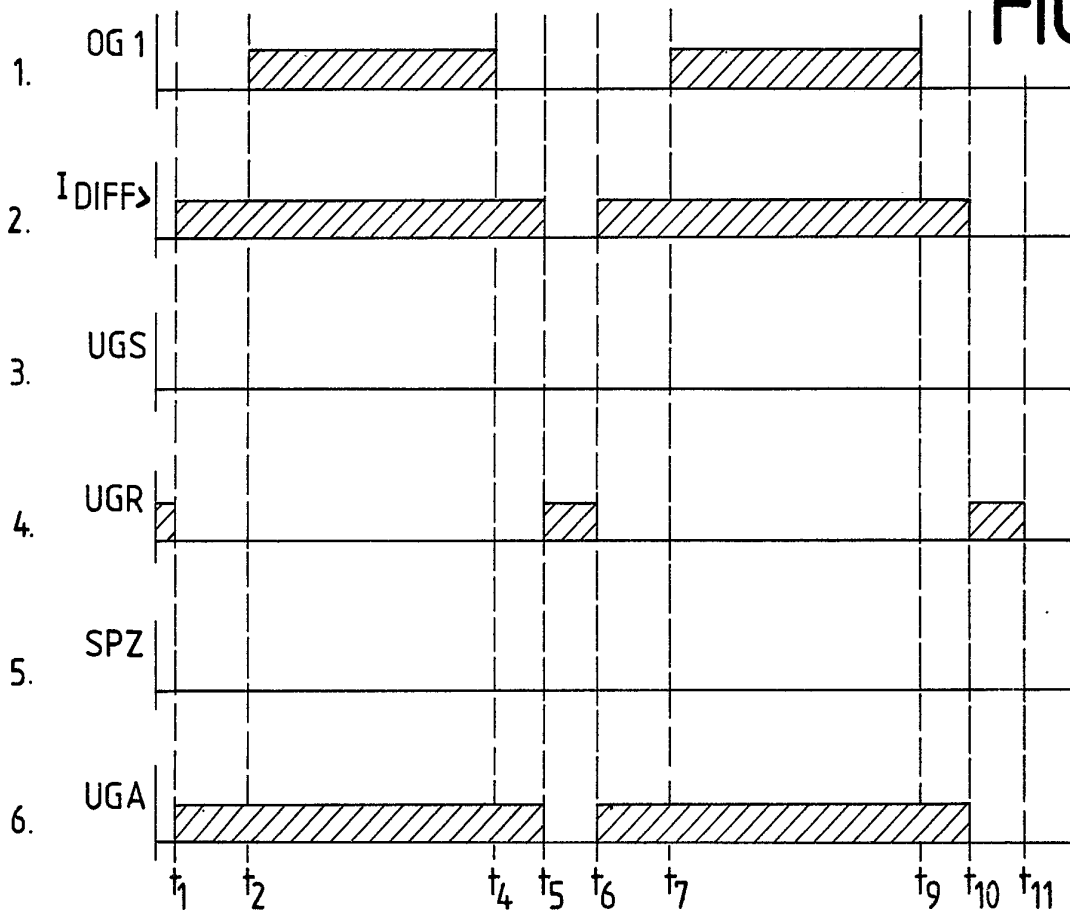


FIG. 9